

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038017**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.06.23

(21) Номер заявки
201490916

(22) Дата подачи заявки
2012.11.05

(51) Int. Cl. *E21B 47/26* (2012.01)
E21B 47/01 (2012.01)
E21B 47/04 (2012.01)

(54) **ЭКСПЛУАТАЦИОННО-КАРОТАЖНЫЙ ЗОНД**

(31) **61/555,100; 61/624,080**

(32) **2011.11.03; 2012.04.13**

(33) **US**

(43) **2014.10.30**

(86) **PCT/US2012/063621**

(87) **WO 2013/067540 2013.05.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФАСТКЭП СИСТЕМЗ
КОРПОРЕЙШН (US)**

(72) Изобретатель:

**Синьорелли Риккардо, Кули Джон
Дж., Грин Моррис, Куттипиллаи
Падманабан Састхан, Макграт
Дженна, Дин Кристофер Джон
Сиббалд, Тернер Ира М. (US)**

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(56) US-B2-6843119
US-B2-7699102
US-A1-20110080689
EP-A1-1918508
WO-A1-0165054

(57) Каротажная система и способ эксплуатации каротажной системы типично используются в стволе скважины. Каротажная система может включать каротажный зонд, включающий перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство и каротажное электронное устройство, и кабель, конфигурированный для компенсационного подзаряда перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства. Перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство может включать суперконденсатор. Перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство может заряжаться в режиме компенсационного подзаряда через кабель от удаленного источника питания.

B1

038017

**038017
B1**

Настоящая заявка устанавливает приоритет на основе предварительной заявки № 61/555100, поданной 3 ноября 2011 г., и предварительной заявки № 61/624080, поданной 13 апреля 2012 г., которые тем самым включены здесь ссылкой во всей своей полноте.

Область техники

Раскрытое здесь изобретение относится к поисково-разведочным работам на нефть и газ и, в частности, к скважинному прибору для каротажа эксплуатационной скважины.

Уровень техники

В поисково-разведочных работах на нефть и газ необходимо пробуривать скважину в горной породе. Оценку горной породы и окружающих пластов часто производят с использованием сложно устроенного оборудования, опускаемого в ствол скважины. Оценки, или скважинный каротаж, могут выполняться в процессе бурения (измерение в процессе бурения (MWD или LWD)) или после бурения, таким образом, как опускание на талевом канате.

Могут быть использованы многообразные инструменты. Инструменты, которые ориентированы на технологии, такие как радиационное измерение (генерирование гамма-квантов и нейтронов), и измерения, включающие акустический каротаж, сейсмический каротаж, резистивность, магнитный резонанс, часто применяются с отбором образцов флюидов, и с разнообразными другими формами спектроскопии. К сожалению, разнообразные приборы и инструменты, которые применимы для скважинного каротажа, как правило, включают сложное оборудование, которое требует соединения с источником энергоснабжения и другим вспомогательным оборудованием на поверхности. Поэтому каротажное оборудование извлекают из ствола скважины перед началом ее эксплуатации.

Однако извлечение каротажного оборудования из ствола скважины ставит операторов в такое положение, что невозможно охарактеризовывать балансовые запасы буровой скважины. Соответственно этому операторы периодически останавливают добычу для проведения каротажа и оценки технического состояния соответствующей эксплуатационной скважины. Конечно, остановка добычи оказывает огромное негативное влияние на экономические показатели для оператора.

Таким образом, требуются способы и устройства, пригодные для проведения скважинного каротажа в условиях эксплуатации. Способы и устройства предпочтительно должны обеспечивать выполнение анализов разнообразных типов с минимальным влиянием на добычу.

Сущность изобретения

Зонд для выполнения измерений в стволе скважины во время эксплуатации скважины включает компоненты для геофизического исследования скважины, канал связи, скважинное электронное устройство и силовой блок. Силовой блок снабжает электроэнергией эксплуатационно-каротажный зонд. Силовой блок может включать генератор, соединение с источником питания (таким как источник питания на поверхности), первичную батарею и высокотемпературное перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство. В энергоаккумулирующем устройстве могут быть применены суперконденсаторы (ионисторы).

Согласно первому аспекту изобретения способ эксплуатации каротажной системы включает стадии, в которых проводят компенсационный подзаряд перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства в течение первого периода времени; и эксплуатируют каротажное электронное устройство с использованием электроэнергии от перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства в течение второго периода времени, который является более коротким, чем первый период времени.

Согласно второму аспекту изобретения способ эксплуатации каротажной системы включает стадии, в которых проводят компенсационный подзаряд перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства каротажного зонда, размещенного в стволе скважины; и эксплуатируют каротажное электронное устройство каротажного зонда с использованием электроэнергии от перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства в течение выбранных периодов времени.

Согласно третьему аспекту изобретения каротажная система включает каротажный зонд, включающий перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство, кабель и электронное устройство, конфигурированное для зарядки перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства от удаленного источника питания.

Согласно четвертому аспекту изобретения каротажный зонд включает каротажное электронное устройство, конфигурированное для выполнения каротажных работ; и перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство, конфигурированное для получения компенсационного подзаряда от удаленного источника питания и для снабжения электроэнергией каротажного электронного устройства в течение выбранных периодов времени.

Согласно пятому аспекту изобретения каротажный зонд включает каротажное электронное устройство, конфигурированное для выполнения каротажных работ, и один или более датчиков, выбранных из датчиков типов, включающих датчики давления, температуры, локатор муфтовых соединений обсадной колонны, акселерометр, измерители плотности акустической энергии, сейсмические датчики, огражденные и встроенные расходомеры, твердотельные расходомеры, датчики для измерения емкости, индуктивности, удельного сопротивления, передачи и/или приема акустической энергии, пассивного гамма-излучения, активного гамма-излучения, устройства для отбора образцов флюидов, отбора образцов пласта, построения магнитно-резонансного изображения, регистрации ядерного магнитного резонанса, дат-

чики направления или инерциальные датчики, магнитные датчики и гироскопы; и высокотемпературное перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство, конфигурированное для снабжения электроэнергией каротажного электронного устройства.

Согласно шестому аспекту изобретения способ эксплуатации каротажной системы включает стадию, в которой перемещают каротажный зонд вертикально в стволе скважины с помощью кабеля, который механически поддерживает каротажный зонд и обеспечивает передачу информации и/или передачу электроэнергии, причем каротажный зонд включает высокотемпературное перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство.

Согласно седьмому аспекту изобретения способ эксплуатации каротажной системы включает стадии, в которых перемещают каротажный зонд вертикально в стволе скважины в течение по меньшей мере одного периода времени с помощью кабеля, который поддерживает каротажный зонд и обеспечивает передачу информации и/или передачу электроэнергии; и удерживают каротажный зонд в фиксированном положении в стволе скважины в течение второго периода времени, причем каротажный зонд включает высокотемпературное перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство.

Согласно восьмому аспекту изобретения распределенная каротажная система включает многочисленные каротажные зонды, размещенные на различных участках внутри ствола скважины, причем по меньшей мере один из каротажных зондов включает высокотемпературное перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство.

Согласно девятому аспекту изобретения каротажная система включает источник подводимой мощности, включающий первичную батарею, удаленный источник и/или генератор; высокотемпературное перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство и нагрузку для принятия энергии от перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства.

Краткое описание чертежей

Предмет обсуждения, который рассматривается как изобретение, главным образом показан в описании. Вышеуказанные и прочие признаки и преимущества изобретения очевидны из нижеследующего подробного описания, приведенного в сочетании с сопроводительными чертежами, на которых

фиг. 1 иллюстрирует один примерный вариант исполнения буровой колонны, которая включает каротажный зонд;

фиг. 2 иллюстрирует один примерный вариант исполнения скважинного каротажа с зондом, размещенным на талевом канате;

фиг. 3 изображает один примерный вариант исполнения скважинного каротажа с эксплуатационно-каротажным зондом;

фиг. 4 изображает компоненты эксплуатационно-каротажного зонда из фиг. 3;

фиг. 5 изображает примерную конфигурацию с использованием многочисленных эксплуатационно-каротажных зондов;

фиг. 6 изображает еще один вариант исполнения эксплуатационно-каротажного зонда;

фиг. 7 изображает еще один вариант исполнения эксплуатационно-каротажного зонда;

фиг. 8 иллюстрирует формы примерного суперконденсатора;

фиг. 9 изображает варианты исполнения первичных структур катионов, которые могут входить в состав примерного суперконденсатора;

фиг. 10 изображает один вариант исполнения оболочки для примерного суперконденсатора;

фиг. 11 иллюстрирует один вариант исполнения аккумуляторного элемента для примерного суперконденсатора;

фиг. 12 изображает барьер, размещенный на внутренней части корпуса оболочки;

фиг. 13А и 13В, совокупно называемые здесь как фиг. 13, изображают формы крышки для оболочки;

фиг. 14 изображает сборку суперконденсатора согласно приведенным здесь инструкциям;

фиг. 15А и 15В, совокупно называемые здесь как фиг. 15, представляют графики, изображающие рабочую характеристику суперконденсатора для одного варианта исполнения без барьера, и одного подобного варианта исполнения, который включает барьер соответственно;

фиг. 16 изображает барьер, размещенный вокруг аккумуляторного элемента в виде обертки;

фиг. 17А, 17В и 17С, совокупно называемые здесь как фиг. 17, изображают варианты исполнения крышки, которая включает многослойные материалы;

фиг. 18 представляет вид в разрезе электродного сборного узла, который включает стекло-металлическое уплотнение;

фиг. 19 представляет вид в разрезе электродного сборного узла согласно фиг. 18, вставленного в крышку согласно фиг. 17В;

фиг. 20 изображает расположение аккумуляторного элемента в процессе сборки;

фиг. 21А, 21В и 21С, совокупно называемые здесь как фиг. 21, изображают варианты исполнения собранного аккумуляторного элемента;

фиг. 22 изображает применение полимерной изоляции поверх электродного сборного узла;

фиг. 23А, 23В и 23С, совокупно называемые здесь как фиг. 23, изображают формы шаблона для еще

одного варианта исполнения крышки энергоаккумулирующего устройства;

фиг. 24 представляет перспективный вид электродного сборного узла, который включает материал полусферической формы;

фиг. 25 представляет перспективный вид крышки, включающей электродный сборный узел согласно фиг. 24, вставленный в шаблон согласно фиг. 23С;

фиг. 26 представляет вид в разрезе крышки из фиг. 25;

фиг. 27 представляет прозрачную изометрическую проекцию аккумуляторного элемента, размещенного в цилиндрической оболочке;

фиг. 28 представляет изометрическую проекцию одного варианта исполнения аккумуляторного элемента перед сворачиванием его в рулонный аккумуляторный элемент;

фиг. 29 представляет вид сбоку аккумуляторного элемента, показывающий разнообразные слои согласно одному варианту исполнения;

фиг. 30 представляет изометрическую проекцию рулонного аккумуляторного элемента, который включает установочные метки для размещения многочисленных выводов;

фиг. 31 представляет изометрическую проекцию аккумуляторного элемента согласно фиг. 30 с установочными метками перед сворачиванием его в рулон;

фиг. 32 изображает свернутый в рулон аккумуляторный элемент с многочисленными размещенными выводами;

фиг. 33 изображает Z-образную складку, придаваемую упорядоченным выводам (то есть клеммный контакт), связанных с аккумуляторным элементом;

фиг. 34-42 представляют графики, изображающие аспекты рабочих характеристик примерных суперконденсаторов;

фиг. 43 изображает один вариант исполнения источника питания, который включает генератор и суперконденсатор;

фиг. 44-50 представляют варианты исполнения схем управления для источника питания.

Подробное описание изобретения

Здесь представлены разнообразные конфигурации эксплуатационно-каротажного зонда, предназначенного для применения в среде ствола скважины. Эксплуатационно-каротажный зонд сообщает пользователям каротажную информацию во время добычи из буровой скважины. Для представления контекста, касающегося эксплуатационно-каротажного зонда и способов его применения, приведена некоторая базовая информация и определения.

С привлечением теперь фиг. 1 показаны аспекты устройства для бурения ствола 1 скважины (также называемого "буровой скважиной"). По традиции, глубина ствола 1 скважины описывается вдоль Z-оси, тогда как поперечное сечение представлено в плоскости, описываемой X-осью и Y-осью.

В этом примере ствол 1 скважины пробурен в горной породе 2 с использованием бурильной колонны 11, приводимой в действие буровой установкой (не показана), которая, помимо всего прочего, подводит энергию для вращения и создает направленное вниз усилие. Как правило, ствол 1 скважины пересекает подповерхностные породы, которые могут включать разнообразные пласты 3 (показанные как пласты 3А, 3В, 3С). Квалифицированному специалисту в этой области технологии будет понятно, что разнообразные геологические тела, которые могут встречаться в подповерхностной среде, могут быть названы "пластами", и что серия пород вниз по буровой скважине (то есть стволу скважины) может называться "подповерхностными породами". То есть пласты 3 сформированы из подповерхностных пород. Соответственно этому, как это применяется здесь, следует принимать во внимание, что термин "пласт" в основном относится к геологической формации, и "подповерхностная порода" включает любые породы, и может включать такие материалы, как твердые породы, флюиды, газы, жидкости и тому подобные.

В этом примере бурильная колонна 11 включает отрезки бурильной трубы 12, которая приводит в действие буровое долото 14. Буровое долото 14 также обеспечивает протекание бурового раствора 4, такого как глинистый раствор. Буровой раствор 4 часто нагнетают в буровое долото 14 через бурильную трубу 12, где текучая среда выходит в ствол 1 скважины. Это приводит к восходящему потоку бурового раствора 4 внутри ствола 1 скважины. Как правило, восходящий поток охлаждает бурильную колонну 11 и ее компоненты, выносит наружу обломки выбуренной породы из бурового долота 14 и предотвращает прорыв находящихся под давлением углеводородов 5.

Буровой раствор 4 (также называемый "глинистым буровым раствором"), как правило, включает смесь таких жидкостей, как вода, буровой раствор, промывочная жидкость, нефть, газы и пластовые флюиды, которые могут находиться в местной окружающей среде. Хотя буровой раствор 4 может подаваться для бурильных работ, нет ни нужды, ни необходимости в исключении применения или присутствия бурового раствора 4 при работах по скважинному каротажу. Как правило, между наружной поверхностью бурильной колонны 11 и стенкой ствола 1 скважины будет существовать слой материалов. Этот слой называется "слоем скважинного зазора" и предусматривает толщину, называемую "зазором, S".

Бурильная колонна 11 обычно включает оборудование для выполнения "измерения во время бурения" (MWD), также называемого "каротажем во время бурения" (LWD). Выполнение MWD или LWD, как правило, требует действия каротажного зонда 10, который введен в бурильную колонну 11 и рассчи-

тан на работу во время бурения. Как правило, каротажный зонд 10 для выполнения MWD связан с электронным модулем, который также является компонентом бурильной колонны 11 и поэтому называется "скважинным электронным устройством 13". Как правило, скважинное электронное устройство 13 обеспечивает по меньшей мере одно из сбора данных, анализа данных и оперативного управления, такого как электромеханическое(-ие) срабатывание(-ия), передача информации, распределение мощности и тому подобное. Зачастую каротажный зонд 10 и скважинное электронное устройство 13 связаны с поверхностным оборудованием 7. Поверхностное оборудование 7 может быть привлечено для дополнительных операций управления, обеспечивая расширенные аналитические возможности, а также регистрацию данных и тому подобное. Канал связи (обсуждаемый ниже) может быть предусмотрен для передачи данных на поверхностное оборудование 7 и может действовать посредством импульсов в буровом растворе через проводную трубу электромагнитной (ЕМ) телеметрией с помощью волоконной оптики и другими способами, как это известно в технологии и является практически применимым для данной заявки.

Теперь со ссылкой на фиг. 2 показан примерный каротажный зонд 10 для кабельного каротажа ствола 1 скважины. Традиционно глубина ствола 1 скважины описывается вдоль Z-оси, тогда как поперечное сечение представлено в плоскости, описываемой X-осью и Y-осью. Перед проведением с помощью каротажного зонда 10 скважинного каротажа пробуривают ствол 1 скважины в горную породу 2 с использованием такого бурильного оборудования, как показанное в фиг. 1.

В некоторых вариантах исполнения ствол 1 скважины был заполнен, по меньшей мере, до некоторой степени буровым раствором 4. Буровой раствор 4 (также называемый "глинистым буровым раствором") обычно включает смесь таких жидкостей, как вода, буровой раствор, промывочная жидкость, нефть, газы, и пластовые флюиды, какие могут находиться в местной окружающей среде. Хотя буровой раствор 4 может подаваться для бурильных работ, нет ни нужды, ни необходимости в исключении применения или присутствия бурового раствора 4 при работах по скважинному каротажу с использованием кабельного каротажа. Как правило, между наружной поверхностью каротажного зонда 10 и стенкой ствола 1 скважины будет существовать слой материалов. Этот слой называется "слоем скважинного зазора" и предусматривает толщину, называемую "зазором, S".

Обсадная колонна 21 может быть вставлена в ствол 2 скважины для обеспечения его физической целостности. Обсадная колонна может быть сформирована в стволе 1 скважины, вставлена в него или иным образом размещена в стволе 1 скважины. Обсадная колонна 21 может быть сегментной или сплошной. Для целей обсуждаемой здесь темы обсадная колонна 21, как правило, включает разнообразные устройства для цементации снаружи обсадной колонны 21, а также внутреннюю трубу для добычи (такую как эксплуатационную насосно-компрессорную колонну).

Как правило, при кабельном каротаже каротажный зонд 10 опускают в ствол 1 скважины с использованием талевого каната 8, подаваемого буровой вышкой 6 или подобным оборудованием. Как правило, талевый канат 8 включает подвесное устройство, такое как несущий нагрузку трос, а также другое устройство. Другое устройство может включать источник питания, канал связи (такой как проводной или оптический) и прочее такое оборудование. Как правило, талевый канат 8 выпускается из грузовика 9 с оборудованием для техобслуживания или другого подобного устройства (такого как станция технического обслуживания, опорный пункт и т.д.). Зачастую талевый канат 8 связан с поверхностным оборудованием 7. Поверхностное оборудование 7 может подавать электроэнергию на каротажный зонд 10, а также содержать средства для расчета и обработки информации по меньшей мере для одного из управления работой и анализа данных.

При непрерывном каротаже каротажный зонд может перемещаться в стволе скважины несколькими путями. В некоторых вариантах исполнения каротажный зонд является "перемещаемым на трубе", что означает то, что по меньшей мере часть каротажного зонда закрепляют на участке эксплуатационной насосно-компрессорной колонны перед опусканием в ствол скважины. Когда трубопроводную систему опускают в ствол скважины, каротажный зонд перемещается вместе с ней. В некоторых вариантах исполнения каротажный зонд перемещают на талевом канате, то есть опускают в ствол скважины подобным образом, как при кабельном каротаже. В некоторых вариантах исполнения каротажный зонд является "перемещаемым на обсадной колонне", что означает то, что по меньшей мере часть каротажного зонда закрепляют на участке эксплуатационной обсадной колонны перед опусканием в ствол скважины. Возможны другие способы перемещения, как покажется целесообразным конструктору. Как перемещение на трубе, так и перемещение на талевом канате предусматривают модифицируемые конструкции, тогда как перемещение на обсадной колонне обычно требует, чтобы каротажный зонд был смонтирован во время заканчивания буровой скважины.

Как правило, прибор для непрерывного каротажа может быть соединен с постоянным скважинным кабелем (PDC). PDC может быть одно- или многожильным. Каждый провод может быть сплошным или многопроволочным. Провода могут быть изолированными, инкапсулированными, армированными или некоторыми комбинациями таковых. Кабель может быть рассчитан на передачу электроэнергии, либо мощности, либо информации, либо обеих; он также может быть предназначен для выдерживания значительной механической нагрузки, например, в вариантах исполнения с перемещением на талевом канате.

В некоторых вариантах исполнения мощность передается к эксплуатационно-каротажному зонду

100 по оптоволоконному кабелю. Одно примерное устройство для передачи мощности по волокну представлено фирмой RLH Industries в Ориндж, Калифорния и продается как "Power Over Fiber System (PoF)".

Электронное устройство 13 может включать по меньшей мере один компонент из преобразователя мощности, контроллера, процессора и тому подобных. Как правило, электронное устройство 13 предусматривает управление распределением мощности от силового блока 44 по меньшей мере на один из канала 43 связи и компонентов 15 обследования ствола скважины. Электронное устройство 13 может инициировать действия для сохранения энергии, такие как отключение по меньшей мере одного из канала 43 связи и компонентов 15 обследования ствола скважины. Сохранение энергии (также называемое "режимом ожидания" или "спящим режимом") может быть инициировано, когда мощностный режим (такой как состояние зарядки) в силовом блоке 44 не отвечает желательному пороговому состоянию.

В некоторых вариантах исполнения электронное устройство 13 регулирует разряд с подачей электроэнергии от энергоаккумулирующих устройств 42 многочисленных типов. Например, электронное устройство 13 может отводить мощность по меньшей мере из одного суперконденсатора для удовлетворения начальной пусковой нагрузки, которая может быть связана с некоторыми устройствами (такими как гидравлический канал 43 связи импульсами давления в буровом растворе). Таким образом, электронное устройство 13 может обеспечивать "плавный пуск", тем самым увеличивая эксплуатационный срок службы по меньшей мере одной батареи в энергоаккумулирующем устройстве 42.

Электронное устройство 13 может надлежащим образом модифицировать мощность от силового блока 44. Например, электронное устройство 13 может моделировать мощность, производимую источником определенного типа (например, может моделировать мощность, подводимую батареей, в то же время выводимую на суперконденсатор); электронное устройство 13 может буферизовать мощность, генерировать импульсы мощности и иным образом в целом подавать мощность в режиме, который считается надлежащим.

Как правило, каротажный зонд 10 включает устройство для выполнения измерений "в забое скважины" или в стволе 1 скважины. Такое устройство включает, например, разнообразные компоненты 15 обследования ствола скважины. Примерные компоненты 15 обследования ствола скважины могут включать детекторы радиации, экранирование, датчики, преобразователи и многие из других разнообразных компонентов 15 обследования ствола скважины, известных в технологии. Компоненты 15 могут надлежащим образом сообщаться со скважинным электронным устройством 13. Измерения и прочие последовательные действия, которые могут быть проведены с использованием каротажного инструмента 10, главным образом выполняются для регистрации и квалификации присутствия углеводородов 5.

С обращением теперь к фиг. 3 показан один примерный эксплуатационно-каротажный зонд 100. Эксплуатационно-каротажный зонд 100 может быть размещен внутри ствола 1 скважины, где его оставляют после того, как другое оборудование извлечено. Эксплуатационно-каротажный зонд 100 может быть размещен в забое скважины с использованием другого оборудования, такого как устройство для позиционирования (не показано). В некоторых вариантах исполнения эксплуатационно-каротажный зонд 100 может включать элементы устройства для позиционирования (такие как двигатель и гусеничная цепь), так, чтобы эксплуатационно-каротажный зонд 100 был самоустанавливающимся.

Как только начинается добыча, буровой раствор 4 удаляют из ствола 1 скважины. Устанавливается течение углеводородов 5. Во время начала добычи поверх ствола 1 скважины размещают оборудование устья 30 ствола скважины. Оборудование устья 30 ствола скважины обеспечивает регулирование течения из ствола 1 скважины и предусматривает длительные периоды извлечения углеводородов 5. Как показано направленной вверх стрелкой, когда эксплуатационно-каротажный зонд 100 находится на своем месте, добыча (извлечение углеводородов 5) может продолжаться без ослабления.

Со ссылкой теперь на фиг. 4, показаны компоненты одного примерного эксплуатационно-каротажного зонда 100. В этом примере эксплуатационно-каротажный зонд 100 включает компоненты 15 обследования ствола скважины, канал 43 связи, скважинное электронное устройство 13 и силовой блок 44. Силовой блок 44 снабжает электроэнергией эксплуатационно-каротажный зонд 100.

Источник 401 питания, который включен в систему 115 энергоснабжения, может предусматривать разнообразные источники подводимой мощности. Источники подводимой мощности, как правило, могут быть подразделены на три категории. Категории включают первичные батареи, удаленные системы и генераторы.

Генератор 41 может включать генератор, приводимый в действие потоком (такой как генератор, приводимый в действие течением при добыче). Например, генератор 41 может включать роторный генератор, генератор, использующий энергию вибрации (такой как генератор деформационного типа), или генераторы мощности других типов. Устройства генерирования энергии других типов могут быть использованы по отдельности или в комбинации друг с другом. Примерные типы генераторов включают, без ограничения, роторные генераторы, электромагнитные деформационные генераторы, магнитоэлектрические деформационные генераторы, пьезоэлектрические деформационные генераторы, термоэлектрические генераторы, термофотогальванические генераторы и могут включать соединения с удаленными генераторами, такие как кабельное соединение с генератором или источником питания, которое находится на поверхности. Такие генераторы хорошо известны в промышленности. Как правило, выходная мощ-

ность генератора 41 регулируется скважинным электронным устройством 13. Однако выходная мощность может регулироваться встроенным генератором 41, тем самым обеспечивая прямое соединение от генератора 41 с энергоаккумулирующим устройством 42. Примерное энергоаккумулирующее устройство 42 включает батареи разнообразных форм, суперконденсаторы и тому подобные. В некоторых вариантах исполнения энергоаккумулирующее устройство 42 (и/или другие компоненты эксплуатационно-каротажного зонда 100) являются заменяемыми и могут быть отключены в ходе технического обслуживания буровой скважины, например, с помощью кабельного инструмента, который позволяет оператору проводить дистанционное управление.

Один примерный канал 43 связи включает компоненты для выполнения электромагнитной (ЕМ) телеметрии, где сигналы могут быть переданы через обсадную колонну 21 и/или окружающую среду с использованием электрических, магнитных или электромагнитных полей. Подобным образом, канал связи может действовать через обсадную колонну 21 (более конкретно, например, через металлическую насосно-компрессорную колонну или с использованием обсадной колонны 21 в качестве волновода). Связь может быть организована посредством гидравлических импульсов в текучей среде, через оптические каналы, через проводные системы и другими способами, как это может быть известно в технологии или будет разработано позже.

Некоторые варианты исполнения эксплуатационно-каротажного зонда 100 включают такие, которые размещены в оболочке, который представляет собой кольцеобразный цилиндр, тем самым с проведением потока через эксплуатационно-каротажный зонд 100. Другие варианты исполнения могут включать сплошную цилиндрическую форму с малой площадью поперечного сечения (то есть с малым диаметром). Эксплуатационно-каротажный зонд 100 может включать раздвижные кронштейны или другие компоненты (не показаны), которые содействуют, например, размещению и/или удерживанию в стволе скважины. Короче говоря, эксплуатационно-каротажный зонд 100 в общем может иметь любую физическую форму, желательную для конструкторов, изготовителей, операторов и тому подобных.

В некоторых вариантах исполнения каротажный зонд перемещают с помощью "носителя" - специально предназначенной секции насосно-компрессорной колонны, которая несет на себе каротажный зонд, когда насосно-компрессорную колонну опускают в ствол скважины. Носитель представляет собой кольцеобразный цилиндр, который обеспечивает протекание потока через свою центральную часть. Носитель может быть рассчитан на фиксирование каротажного зонда так, чтобы он имел сплошную цилиндрическую форму. В альтернативном варианте каротажный зонд может быть спроектирован как часть носителя. В любом случае носитель может быть предназначен для обеспечения доступа каротажного зонда как к внутренности насосно-компрессорной колонны, так и к наружному затрубному пространству. Доступ через стенку насосно-компрессорной колонны может быть достигнут с помощью "проема", предусмотренного в носителе - механически выполненного отверстия или иным образом пассивного участка носителя для пропускания разнообразных параметров, будь то электрические, термические, имеющие отношение к давлению, или прочие.

Как было упомянуто выше, примерное энергоаккумулирующее устройство 42 включает суперконденсатор. В некоторых вариантах исполнения энергоаккумулирующее устройство 42 приспособлено для работы при высокой температуре (например, вплоть до около 210°C). Другие компоненты, которые могут быть использованы в энергоаккумулирующем устройстве 42, включают, например, перезаряжаемые батареи, обратимые топливные элементы и тому подобные. Короче говоря, разнообразные варианты исполнения энергоаккумулирующего устройства 42 включают формы, пригодные для работы при повышенных температурах и проявляющие длительный срок службы. Один примерный суперконденсатор описан здесь далее со ссылкой на фиг. 8.

В некоторых вариантах исполнения каротажное оборудование 100 для эксплуатационных скважин приспособлено для применения без энергоаккумулирующего устройства 42 (или с неработающим энергоаккумулирующим устройством 42). В некоторых из этих вариантов исполнения мощность из других компонентов силового блока 44 используется для питания скважинного электронного устройства 13 и других компонентов, которые нуждаются в электропитании.

Скважинный каротажный зонд 100 может быть использован в качестве автономной системы, в комбинации с другими скважинными каротажными зондами 100 (такими, чтобы обеспечивать локальные измерения, а также передачу данных между другими скважинными каротажными зондами 100) или в любой конфигурации, которая представляется целесообразной. В некоторых вариантах исполнения может быть желательным исключение канала 43 связи и для упрощения применения эксплуатационно-каротажного зонда 100 в качестве каротажного устройства, которое позже извлекают. В этих вариантах исполнения данные могут быть скачаны из эксплуатационно-каротажного зонда 100, когда эксплуатационно-каротажный зонд 100 оказывается на поверхности.

Как правило, варианты исполнения эксплуатационно-каротажного зонда 100 предусматривают оснащение для регистрации по меньшей мере одного параметра из температуры окружающей среды, величины расхода потока, давления в окружающей среде, уровней радиации в окружающей среде и/или индуцированной (например, гамма-излучения), удельного сопротивления, плотности текучих сред, емкостных характеристик текучих сред, диэлектрических свойств текучих сред и пористости окружающих пла-

стов 3.

В некоторых вариантах исполнения соединение 45 с источником питания включает проводное соединение с источником энергоснабжения на поверхности. В некоторых вариантах исполнения беспроводные (ЕМ (электромагнитные)) сигналы (такие как сигнал с очень низкой частотой) могут быть использованы для передачи мощности, где эксплуатационно-каротажный зонд 100 включает приемник для получения мощности. В дополнительных вариантах исполнения для передачи мощности могут быть применены талевый канат или трубопровод для прокладки провода. В некоторых дополнительных вариантах исполнения можно рассчитывать на волновод (такой как обсадная колонна 21), чтобы обеспечить передачу мощности.

С обращением теперь к фиг. 5 показана одна примерная конфигурация с использованием многочисленных эксплуатационно-каротажных зондов 100. В этом примере многочисленные эксплуатационно-каротажные зонды 100 распределены внутри ствола 1 скважины. Эксплуатационно-каротажный зонд 100 первого типа размещен в забойной зоне ствола 1 скважины. Этот тип преимущественно может включать компоненты, которые нецелесообразно размещать в промежуточном месте в стволе 1 скважины. Например, эксплуатационно-каротажный зонд 100 донного типа может включать дополнительное энергоаккумулирующее устройство 42, дополнительные компоненты 15 обследования ствола скважины и/или генераторы 41 других типов, которые обычно не размещают на промежуточном участке ствола 1 скважины. Применяется эксплуатационно-каротажный зонд 100 второго типа (для удобства называемый "промежуточным типом" или другими подобными терминами). В этом примере эксплуатационно-каротажные зонды 100 обоих типов жестко закреплены внутри обсадной колонны. Один вариант исполнения устройства для размещения эксплуатационно-каротажного зонда 100 внутри обсадной колонны 12 предусматривает, например, центратор 69. Промежуточный тип может быть выполнен имеющим малую площадь поперечного сечения и поэтому создающим минимальные сокращения добычи или течения углеводородов 5.

Промежуточный эксплуатационно-каротажный зонд 100 может быть использован для проведения скважинного каротажа на участках вдоль длины ствола 1 скважины. Это может быть полезным, помимо всего прочего, для охарактеризования или обнаружения истощения углеводородов 5 в окружающей горной породе 2. Дополнительно, каждый из промежуточных эксплуатационно-каротажных зондов 100 может быть оснащен двусторонней связью, чтобы каждый соответствующий промежуточный эксплуатационно-каротажный зонд 100 мог пропускать данные от еще одного эксплуатационно-каротажного зонда 100 вдоль ствола 1 скважины и в конечном итоге в приемник на поверхности. Этот последний вариант исполнения может быть применен, например, для улучшения надежности связи, диапазона и/или ширины полосы пропускания.

Один пример эксплуатационно-каротажного зонда 100 показан более подробно с дополнительным привлечением фиг. 6.

Теперь с привлечением также фиг. 6 показан один вариант исполнения эксплуатационно-каротажного зонда 100. В этом примере эксплуатационно-каротажный зонд 100 включает многочисленные генераторы 41 (то есть генераторы роторного типа). Поток углеводородов 5 внутри ствола 1 скважины направляется в кожух, который окружает лопасти турбины и обуславливает выработку генератором 41 электроэнергии. После протекания через лопасти турбины поток выходит через боковые выпускные отверстия 71 и продолжает подниматься вдоль ствола 1 скважины. В этом варианте исполнения эксплуатационно-каротажный зонд 100 может быть удобно и надежно размещен по центру ствола 1 скважины с помощью центратора 69 (как показано в фиг. 6).

Когда в эксплуатационно-каротажный зонд 100 включены многочисленные генераторы 41 (некоторые варианты исполнения предусматривают только один генератор 41), поток углеводородов 5 может быть направлен вокруг каждого из генераторов 41. То есть серия боковых выпускных отверстий 71 может быть выполнена таким образом, чтобы быть согласованной с каждым из генераторов 41. Каждая серия боковых выпускных отверстий 71 в основном включает заслонку (такую как поворотная заслонка, не показано) для закрывания соответствующих боковых выпускных отверстий 71. Соответственно этому оператор может избирательно приводить в действие каждый из генераторов 41 (или электронное устройство 13 может быть конфигурировано для автоматического переключения между генераторами 41). Таким образом, когда каждый из генераторов 41 достигает конца своего срока службы, еще один из генераторов 41 может быть введен в эксплуатацию, тем самым обеспечивая длительный срок службы эксплуатационно-каротажного зонда 100.

С обращением теперь к фиг. 7 показан еще один вариант исполнения эксплуатационно-каротажного зонда 100. Будучи размещенным на своем месте, эксплуатационно-каротажный зонд 100 начинает проводить каротаж и отслеживать значения разнообразных параметров. В этом варианте исполнения эксплуатационно-каротажный зонд 100 включает модульный канал 43 связи, который содержит многочисленные отдельные и физически отделяемые элементы (то есть модули 81). Связь обеспечивается с периодическими интервалами, такими как раз в месяц, когда эксплуатационно-каротажный зонд 100 записывает объединенные данные в один из многочисленных модулей 81. Каждый модуль 81 может включать, например, источник питания (такой как керамический конденсатор), блок памяти (такой как микро-SD-карта или эквивалентный) и устройство дистанционной идентификации (такое как устройство радио-

частотной идентификации (RFID, радиометка) (или антенну)). Каждый из модулей 81 может быть связан с эксплуатационно-каротажным зондом 100 посредством шины 82. Как правило, шина 82 включает компоненты для распределения мощности и сообщения с каждым из модулей 81. Дополнительно, шина 82 включает многочисленные высвобождающие устройства (такие как электромагнитные или электромеханические спусковые устройства) для избирательного высвобождения каждого из модулей 81.

Когда завершается каждый интервал, эксплуатационно-каротажный зонд 100 обеспечивает то, что подходящий набор данных сохраняется в выбранном блоке памяти, например, один из многочисленных модулей 81 может быть запитан зарядом от встроенного источника питания, запрограммирован блок памяти (то есть данные записаны в память), и затем модуль 81 высвобожден в поток углеводородов 5. Затем поток выносит модуль 81 вдоль ствола 1 скважины. Как только высвобожденный модуль 81 приближается к устью 30 ствола скважины, где производится извлечение углеводородов 5, срабатывает устройство дистанционной идентификации модуля 81. Например, RFID-детектор (не показан) обнаруживает радиометку (не показана). Будучи зарегистрированным, обнаруженный сигнал может быть послан оператору и/или в автоматизированную систему (такую как клапан с приводом от двигателя) для отведения модуля 81 в пункт приема.

Когда оператор извлекает модуль 81, он затем может скачать данные. Из буровой скважины преимущественно могут быть получены очень высокодетализированные данные (данные, полученные при частом отборе образцов и/или регистрации многообразных характеристик и параметров). Кроме того, данные могут быть коррелированы с другими буровыми скважинами, такими как другие близко расположенные скважины. Соответственно этому тогда может быть охарактеризована динамика добычи для всего нефтепромысла. Это дает нефтепромышленникам понимание для разработки дополнительных скважин, истощения существующих скважин и прочие представления о производственной деятельности.

В некоторых вариантах исполнения канал 43 связи включает оптоволоконный элемент (не показан). Оптоволоконный элемент может быть использован для сообщения непосредственно от эксплуатационно-каротажного зонда 100 с оптоволоконным приемником сигнала на поверхности. Оптоволоконный элемент также может быть применен в качестве интерферометра и дает пользователям дополнительную информацию, которая может быть собрана из него. Один примерный вариант исполнения оптоволоконного интерферометра приведен в патентной заявке США № 12/368576, озаглавленной "Fiber Optic Sensor System Using White Light Interferometry" ("Оптоволоконная сенсорная система с использованием интерферометрии белого света"), которая включена здесь ссылкой во всей своей полноте.

В качестве источника питания 115 обычно включает энергоаккумулирующее устройство и генератор для выработки электрической энергии. Энергоаккумулирующее устройство может включать любой практикуемый в технологии тип. В разнообразных вариантах исполнения энергоаккумулирующее устройство включает по меньшей мере один суперконденсатор (который описывается ниже со ссылкой на фиг. 3). Как правило, в каждом примере энергоаккумулирующее устройство предусматривает Высокотемпературное Перезаряжаемое Устройство для Хранения Энергии (HTRES). В некоторых вариантах исполнения HTRES конфигурировано для работы при температуре, которая находится в диапазоне температур между около 80 до около 210°C.

Дополнительные варианты исполнения HTRES включают, без ограничения, химические батареи, алюминиевые электролитические конденсаторы, танталовые конденсаторы, керамические и металлопленочные конденсаторы, гибридные конденсаторы для хранения энергии магнитного поля, например катушки индуктивности с воздушным сердечником или с высокотемпературным материалом сердечника. Другие типы, которые также могут быть пригодными, включают, например, устройства для хранения механической энергии, такие как маховики, пружинные системы, пружинно-массовые системы, массовые системы, термемкостные системы (например, такие, которые основаны на жидкостях или твердых материалах с высокой теплоемкостью или на материалах с легким переходом из одной фазы в другую), гидравлические или пневматические системы. Один пример представляет высокотемпературный гибридный конденсатор, производимый фирмой Evans Capacitor Company, Провиденс, Род-Айленд, США, каталожный номер HC2D060122 DSCC10004-16, рассчитанный на температуру 125°C. Еще одним примером является высокотемпературный танталовый конденсатор, производимый фирмой Evans Capacitor Company, Провиденс, Род-Айленд, США, каталожный номер HC2D050152HT, рассчитанный на температуру 200°C. Еще один дополнительный пример представляет алюминиевый электролитический конденсатор от фирмы EPCOS, Мюнхен, Германия, каталожный номер B41691A8107Q7, который рассчитан на температуру 150°. Еще один дополнительный пример представляет индуктор от фирмы Panasonic, Токио, Япония, каталожный номер ETQ-P5M470YFM, рассчитанный на температуру 150°C. Дополнительные варианты исполнения доступны от фирмы Saft, Баньоле, Франция (каталожный номер Li-ion VL 32600-125), действующий при температуре до 125°C с 30 циклами заряда-разряда, а также Li-ионная батарея (экспериментальная), работающая при температуре до около 250°C и находящаяся в стадии экспериментов, проводимых сотрудниками Sadoway, Hu, фирмы Solid Energy, в Кембридже, Массачусетс.

В качестве предмета рассматриваемой темы варианты исполнения обсуждаемого здесь источника питания 115 включают применение высокотемпературного суперконденсатора, однако это не ограничи-

вается технологиями, которые могут быть привлечены в энергоаккумулирующем устройстве источника 115 питания. Теперь приводятся примерные формы суперконденсатора, пригодного для применения в качестве высокотемпературного энергоаккумулирующего устройства.

Здесь представлен конденсатор, который обеспечивает для пользователей улучшенные технические характеристики в пределах широкого диапазона температур. Например, конденсатор может действовать при температурах, варьирующих от столь низких, как около -40°C , до таких высоких, как около 210°C . В некоторых вариантах исполнения конденсатор работоспособен при температурах, варьирующих от около 80°C до столь высоких, как около 210°C .

Как правило, конденсатор включает энергоаккумулирующую среду, которая приспособлена для создания высокой удельной мощности и высокой плотности энергии по сравнению с прототипными устройствами. Конденсатор включает компоненты, которые конфигурированы для обеспечения работы в температурном диапазоне, и включает любые одну или более из разнообразных форм электролита, которые подобным образом рассчитаны на температурный диапазон. Комбинация конструкции, энергоаккумулирующей среды и электролита дает в результате емкости для обеспечения устойчивой работы при экстремальных условиях. Чтобы обрисовать некоторые перспективы, теперь приведены аспекты одного примерного варианта исполнения.

Как показано в фиг. 8, изображен один примерный вариант исполнения конденсатора. В этом случае конденсатор представляет собой "суперконденсатор 210". Примерный суперконденсатор 210 представляет собой конденсатор с двойным электрическим слоем (ELDC). ELDC включает по меньшей мере одну пару электродов 203 (где электроды 203 могут называться по отдельности как один из "отрицательного электрода 203" и "положительного электрода 203", однако это справедливо только для целей упоминания здесь). Будучи введенным при сборке в суперконденсатор 210, каждый из электродов 203 имеет двойной электрический слой из зарядов на поверхности раздела с электролитом. В некоторых вариантах исполнения присутствуют многочисленные электроды 203 (например, в некоторых вариантах исполнения включены по меньшей мере две пары электродов 203). Для целей обсуждения показана только одна пара электродов 203. По традиции, здесь по меньшей мере для одного из электродов 203 используют энергоаккумулирующую среду 201 на углеродной основе (как здесь обсуждается далее) для обеспечения хранения энергии. Однако для целей обсуждения здесь в общем предполагается, что каждый из электродов включает энергоаккумулирующую среду 201 на углеродной основе. Следует отметить, что электролитический конденсатор отличается от суперконденсатора, поскольку в электролитическом конденсаторе металлические электроды обычно значительно различаются (по меньшей мере, на порядок величины) по площади.

Каждый из электродов 203 включает соответствующий токовый коллектор 202 (также называемый "зарядным коллектором"). В некоторых вариантах исполнения электроды 203 разделены сепаратором 205. Как правило, сепаратор 205 представляет собой тонкий конструкционный материал (обычно лист), используемый для отделения отрицательного электрода 203 от положительного электрода 203. Сепаратор 205 также может служить для разделения участков электродов 203. Будучи в собранном состоянии, электроды 203 и сепаратор 205 образуют аккумуляторный элемент 212. Следует отметить, что в некоторых вариантах исполнения энергоаккумулирующая среда 201 на углеродной основе может быть не включена в один или оба из электродов 203. То есть в некоторых вариантах исполнения соответственный электрод 203 мог бы состоять только из токового коллектора 202. Материал, используемый для формирования токового коллектора 202, мог бы быть сделан шероховатым, анодированным или тому подобным для увеличения его площади поверхности. В этих вариантах исполнения токовый коллектор 202 сам по себе может служить в качестве электрода 203. Однако, имея это в виду, как применяемый здесь термин "электрод 203" в целом имеет отношение к сочетанию энергоаккумулирующей среды 201 и токового коллектора 202 (но это не является ограниченным, по меньшей мере, по вышеуказанным соображениям).

Суперконденсатор 210 содержит электролит 206 по меньшей мере в одной форме. Электролит 206 заполняет поровые пространства в электродах 203 и между ними и сепаратором 205. Как правило, электролит 206 представляет собой вещество, которые диссоциирует на электрически заряженные ионы. В некоторых вариантах исполнения, если уместно, электролит может содержать растворитель, в котором растворено вещество. Электролит 206 проводит электрический ток в результате ионного транспорта.

Как правило, аккумуляторный элемент 212 формируют с приданием одной из рулонной формы или призматической формы, который затем помещают в цилиндрическую или призматическую оболочку 207. После того как был введен электролит 206, оболочка 207 может быть герметично закрыта. В разнообразных примерах сборный узел герметично закупоривают способами, в которых используют лазерные, ультразвуковые и/или сварочные технологии. В дополнение к созданию прочной физической защиты аккумуляторного элемента 212 оболочка 207 конфигурирована для наружного контактирования, обеспечивая электрическое соединение с соответствующими выводами 208 внутри оболочки 207. Каждый из выводов 208, в свою очередь, создает электрический доступ к энергии, сохраняемой в энергоаккумулирующей среде 201, как правило, через электрические проводники, которые присоединены к энергоаккумулирующей среде 201.

Как обсуждаемый здесь, термин "герметично" имеет отношение к уплотнению, качество которого (то есть скорость утечки) определяется в единицах "атм-см³/с", которые означают один кубический сантиметр газа (например, гелия (He)) в секунду при атмосферном давлении и температуре окружающей среды. Это эквивалентно выражению в единицах "стандартный He-см³/с". Кроме того, понятно, что величина 1 атм-см³/с равна 1,01325 мбар-л/с. В общем, представляемый здесь суперконденсатор 210 способен обеспечивать герметичное уплотнение, которое имеет скорость утечки не более чем около $5,0 \times 10^{-6}$ атм-см³/с и может проявлять скорость утечки не выше чем около $5,0 \times 10^{-10}$ атм-см³/с. Также предполагается, что об эффективности успешного герметичного уплотнения должны судить пользователь, конструктор или изготовитель, насколько это уместно, и что "герметично" в конце концов подразумевает стандарт, который должен определяться пользователем, конструктором или изготовителем или другой заинтересованной стороной.

Обнаружение утечки может быть реализовано, например, с использованием газообразного индикатора. Применение газообразного индикатора, такого как гелий, для испытания на утечку является преимущественным, поскольку оно является сухим, быстрым, точным и неразрушающим методом. В одном примере этого способа суперконденсатор 210 размещают в среде гелия. Суперконденсатор 210 подвергают воздействию сжатого гелия. Затем помещают суперконденсатор 210 в вакуумную камеру, которая соединена с детектором, способным отслеживать присутствие гелия (таким как атомно-абсорбционное устройство). При знании продолжительности воздействия повышенного давления, величины давления и внутреннего объема может быть определена скорость утечки суперконденсатора 210.

В некоторых вариантах исполнения по меньшей мере один проводник (который может быть также назван здесь "контактным столбиком") электрически соединен с соответствующим одним из токовых коллекторов 202. Многочисленные проводники (соответственно полярности суперконденсатора 210) могут быть сгруппированы вместе и присоединены к соответствующему выводу 208. В свою очередь, вывод 208 может быть соединен с электрическим доступом, называемым здесь "контактом" (например, один компонент из оболочки 207 и внешнего электрода (также для удобства называемого здесь "проходным контактом" или "штекером"). Можно было бы сослаться на фиг. 18-20. Теперь следует более подробно рассмотреть энергоаккумулирующую среду 201.

В примерном суперконденсаторе 210 энергоаккумулирующую среду формируют из углеродных нанотрубок. Энергоаккумулирующая среда 201 может содержать другие углеродистые материалы, включающие, например, активированный уголь, углеродные волокна, вискозу, графен, аэрогель, углеродную ткань и углеродные нанотрубки самых разнообразных форм. Электроды с активированным углем могут быть изготовлены, например, в ходе производства углеродного базового материала, в котором проводят первую активационную обработку углеродного материала, полученного обугливанием углеродсодержащего соединения, получают формованное изделие при добавлении связующего материала к углеродному базовому материалу, выполняют карбонизацию сформованного изделия и, наконец, формируют электрод с активированным углем проведением второй активационной обработки карбонизированного формованного изделия. Электроды с углеродным волокном могут быть получены, например, с использованием бумажной или тканевой заготовки с большой площадью поверхности углеродных волокон.

В одном примерном способе изготовления углеродных нанотрубок установка для получения агрегата из упорядоченных углеродных нанотрубок включает устройство для синтеза агрегата из упорядоченных углеродных нанотрубок на основе материала, имеющего катализатор на его поверхности. Устройство включает блок формирования, который проводит стадию формирования, в которой создают среду, окружающую катализатор, которая представляет собой среду из восстановительного газа, и нагревают, по меньшей мере, либо катализатор, либо восстановительный газ; ростовой блок, в котором проводят стадию роста в процессе синтеза агрегата из упорядоченных углеродных нанотрубок, для чего создают среду, окружающую катализатор, которая представляет собой среду из газообразного сырьевого материала, и нагревают, по меньшей мере, либо катализатор, либо газообразный сырьевой материал; и передаточный блок, который переносит базовый материал, по меньшей мере, из блока формирования в ростовой блок. Для получения агрегата из упорядоченных углеродных нанотрубок могут быть применены разнообразные другие способы и устройства.

В некоторых вариантах исполнения материал, используемый для формирования энергоаккумулирующей среды 201, может включать иной материал, нежели чистый углерод (и разнообразные формы углерода, которые могут существовать в настоящее время или будут разработаны позже). То есть энергоаккумулирующая среда 210 может содержать разнообразные составы из других материалов. Более конкретно и не в качестве ограничивающего примера в энергоаккумулирующей среде 201 может быть применен по меньшей мере один связующий материал, однако добавление других материалов (таких как связующий материал) не рекомендуется или не требуется. Однако, как правило, энергоаккумулирующая среда 201, по существу, сформирована из углерода и поэтому может называться здесь "углеродистым материалом", "углеродсодержащим слоем" и другими подобными наименованиями. Короче говоря, хотя будучи сформированной главным образом из углерода, энергоаккумулирующая среда 1 может включать углерод в любой форме (а также любые добавки или загрязняющие примеси, которые считаются надле-

жащими или приемлемыми) для получения желательной функциональности как энергоаккумулирующей среды 201.

В одной серии вариантов исполнения углеродистый материал включает по меньшей мере около 60 мас.% элементарного углерода и в других вариантах исполнения по меньшей мере около 75, 85, 90, 95 или 98 мас.% элементарного углерода.

Углеродистый материал может включать углерод в разнообразных формах, в том числе сажу, графит и прочие. Углеродистый материал может включать частицы углерода, в том числе наночастицы, такие как нанотрубки, наностержни, графеновые листки и листовой форме и/или сформованные в виде нуса, сферы (фуллерены) и тому подобные.

Некоторые варианты исполнения углеродистого материала в разнообразных формах, пригодного для применения в энергоаккумулирующей среде 201, приведены здесь в качестве примеров. Эти варианты исполнения обеспечивают надежное хранение энергии и весьма пригодны для использования в электроде 203. Следует отметить, что эти примеры являются иллюстративными и не ограничивают варианты исполнения углеродистого материала, пригодного для применения в энергоаккумулирующей среде 201.

Как правило, термин "электрод" имеет отношение к электрическому проводнику, который используют для создания контакта с еще одним материалом, который часто является неметаллическим, в устройстве, которое может быть введено в электрическую цепь. В общем и целом, термин "электрод", как применяемый здесь, упоминается со ссылкой на токовый коллектор 202 и дополнительные компоненты, которые могут быть связаны с токовым коллектором 202 (такие как энергоаккумулирующая среда 201) для создания желательной функциональности (например, энергоаккумулирующая среда 201, которая сопряжена с токовым коллектором 202, чтобы обеспечивать хранение энергии и передачу энергии).

Что касается токового коллектора 202, то в некоторых вариантах исполнения токовый коллектор 202 имеет толщину между около 0,5 до около 25 мкм. В некоторых вариантах исполнения токовый коллектор 202 имеет толщину между около 20 до около 40 мкм. Токовый коллектор 202 может выглядеть как тонкий слой, такой как слой, который нанесен методом химического осаждения из паровой фазы (CVD), напылением, действием электронного пуска, термическим испарением или другим подходящим способом. Как правило, токовый коллектор 202 выбирают по его характеристикам, таким как удельная проводимость, чтобы он был электрохимически инертным и совместимым с энергоаккумулирующей средой 201 (например, CNT (углеродные нанотрубки)). Некоторые примерные материалы включают алюминий, платину, золото, тантал, титан и могут включать другие материалы, а также разнообразные сплавы.

Когда токовый коллектор 202 соединяют с энергоаккумулирующей средой 201 (например, CNT), образуется электродный элемент 215. Каждый электродный элемент 215 может быть использован индивидуально в качестве электрода 203 или же может быть связан по меньшей мере с еще одним электродным элементом 215 с образованием электрода 203.

Сепаратор 205 может быть изготовлен из разнообразных материалов. В некоторых вариантах исполнения сепаратор 205 представляет собой нетканый материал из стекловолокна. Сепаратор 205 также может быть изготовлен из стекловолокна, керамических материалов и фторполимеров, таких как политетрафторэтилен (PTFE), обычно продаваемый на рынке как TEFLON™ фирмой DuPont Chemicals, Уилмингтон, Делавэр. Например, при использовании нетканого материала из стекловолокна сепаратор 5 может включать основные волокна и связующие волокна, из которых каждое имеет меньший диаметр волокна, чем диаметр каждого из основных волокон, и обеспечивает связывание основных волокон между собой.

Для долговечности суперконденсатора 210 и для обеспечения работоспособности при высокой температуре сепаратор 205 должен иметь пониженное количество загрязняющих примесей и, в частности, очень ограниченное количество содержащейся в нем влаги. В частности, было обнаружено, что ограничение влажности до величины около 200 млн⁻¹ является желательным, чтобы сократить химические реакции и улучшить срок службы суперконденсатора 210 и чтобы обеспечить хорошие технические характеристики в вариантах высокотемпературного применения. Некоторые варианты исполнения материалов для использования в сепараторе 205 включают полиамид, политетрафторэтилен (PTFE), простой полиэфирэфиркетон (PEEK), оксид алюминия (Al₂O₃), стекловолокно и армированный стекловолокном пластик (GRP).

Как правило, применяемые для сепаратора 205 материалы выбирают сообразно содержанию влаги, пористости, температуре плавления, содержанию загрязняющих примесей, результирующим электрическим характеристикам, толщине, стоимости, доступности и тому подобному. В некоторых вариантах исполнения сепаратор 205 формируют из гидрофобных материалов.

Соответственно этому могут быть применены процедуры, чтобы обеспечить устранение избыточной влаги из каждого сепаратора 205. Среди других способов может быть использована методика вакуумной сушки.

Следует отметить, что в некоторых вариантах исполнения суперконденсатор 210 не требует присутствия сепаратора 205 или не содержит его. Например, в некоторых вариантах исполнения, таких, где физическое разделение электродов 203 достигается геометрической формой конструкции, этого доста-

точно, чтобы между электродами 203 находился только электролит 206. Более конкретно и в качестве одного примера физического разделения один такой суперконденсатор 210 может включать электроды 203, которые размещены внутри оболочки так, что разделение обеспечивается на постоянной основе. Лабораторный пример включал бы суперконденсатор 210, размещенный в стакане.

Суперконденсатор 210 может быть выполнен в нескольких различных форм-факторах (то есть иметь определенный внешний вид). Примеры потенциально применимых форм-факторов включают цилиндрический элемент, круговой или кольцеобразный элемент, плоский призматический элемент или батарею из плоских призматических элементов, включающую коробчатый элемент и плоский призматический элемент, который сформован для соответствия конкретной геометрической форме, такой как искривленное пространство. Цилиндрический форм-фактор может быть наиболее применимым в сочетании с цилиндрическим инструментом или инструментом, смонтированным в цилиндрическом форм-факторе. Круговой или кольцеобразный форм-фактор может быть наиболее применимым в сочетании с инструментом, который имеет кольцеобразную форму или смонтирован в кольцеобразном форм-факторе. Плоский призматический элемент, сформованный для соответствия конкретной геометрической форме, может быть применимым, чтобы эффективно использовать "мертвое пространство" (то есть пространство в инструменте или в оборудовании, которое иным путем не занято и может быть в принципе недоступно).

Будучи в общем раскрытым здесь в виде "рулета", вариант применения (то есть аккумуляторный элемент 212, который конфигурирован для оболочки 207 цилиндрической формы), свернутый в рулон аккумуляторный элемент 223 может принимать любую желательную форму. Например, в отличие от сворачивания аккумуляторного элемента 212 в рулон аккумуляторный элемент 212 может быть выполнен многократно сложенным в складки с образованием рулонного аккумуляторного элемента 223. Могут быть применены другие типы сборки. В качестве одного примера аккумуляторный элемент 212 может представлять собой плоский элемент, называемый элементом "таблеточного типа". Соответственно этому сворачивание в рулон представляет собой только один вариант сборки рулонного аккумуляторного элемента 223. Поэтому, хотя здесь обсуждается вариант в плане "рулонного аккумуляторного элемента 223", он этим не ограничивается. Можно считать, что термин "рулонный аккумуляторный элемент 223" в общем и целом включает любую подходящую форму упаковки или сборного узла аккумуляторного элемента 212, чтобы быть успешно вставленной в оболочку 207 данной конструкции.

Разнообразные формы суперконденсатора 210 могут быть соединены между собой. Разнообразные формы могут быть соединены с использованием известных способов, таких как сварка контактов друг с другом, с применением по меньшей мере одного механического соединителя, размещением контактных выводов в электрическом контактировании друг с другом и так далее. Многочисленные суперконденсаторы 210 могут быть электрически соединены по меньшей мере одним вариантом из параллельного и последовательного.

Электролит 206 включает парное сочетание катионов 209 и анионов 211 и может включать растворитель. Электролит 206 может быть назван "ионной жидкостью", насколько это уместно. Могут быть применены разнообразные комбинации катионов 209, анионов 211 и растворителя. В примерном суперконденсаторе 210 катионы 209 могут включать по меньшей мере один из катионов 1-(3-цианопропил)-3-метилимидазолия, 1,2-диметил-3-пропилимидазолия, 1,3-бис-(3-цианопропил)имидазолия, 1,3-диэтоксиимидазолия, 1-бутил-1-метилпиперидиния, 1-бутил-2,3-диметилимидазолия, 1-бутил-3-метилимидазолия, 1-бутил-4-метилпиридиния, 1-бутилпиридиния, 1-децил-3-метилимидазолия, 1-этил-3-метилимидазолия, 3-метил-1-пропилпиридиния и их комбинации, а также прочие эквиваленты, насколько это представляется приемлемым. Дополнительные примерные катионы 209 включают катионы имидазолия, пиразиния, пиперидиния, пиридиния, пиримидиния и пирролидиния (структуры которых изображены в фиг. 4). В примерном суперконденсаторе 210 анионы 211 могут включать по меньшей мере один из бис-(трифторметансульфонат)имида, трис-(трифторметансульфонат)метида, дицианамида, тетрафторбората, гексафторфосфата, трифторметансульфоната, бис-(пентафторэтансульфонат)имида, тиоцианата, трифтор(трифторметил)бората и их комбинаций, а также других эквивалентов, насколько это представляется приемлемым.

Растворитель может включать ацетонитрил, амиды, бензонитрил, бутиролактон, циклический простой эфир, дибутилкарбонат, диэтилкарбонат, диэтиловый простой эфир, диметоксизтан, диметилкарбонат, диметилформамид, диметилсульфон, диоксан, диоксолан, этилформиат, этиленкарбонат, этилметилкарбонат, лактон, линейный простой эфир, метилформиат, метилпропионат, метилтетрагидрофуран, нитрил, нитробензол, нитрометан, N-метилпирролидон, пропиленкарбонат, сульфолан, сульфон, тетрагидрофуран, тетраметилсульфон, тиофен, этиленгликоль, диэтиленгликоль, триэтиленгликоль, полиэтиленгликоли, сложный эфир карбоновой кислоты, γ -бутиролактон, нитрил, трицианогексан, любую их комбинацию или другой(-ие) материал(-ы), который(-ые) проявляет(-ют) надлежащие технологические характеристики.

С обращением теперь к фиг. 9 показаны разнообразные дополнительные варианты исполнения катионов 209, пригодных для применения в ионной жидкости для создания электролита 206. Эти катионы 209 могут быть использованы по отдельности или в комбинации друг с другом, в комбинации, по меньшей мере, с некоторыми из вышеуказанных вариантов исполнения катионов 209 и также могут быть

применены в комбинации с другими катионами 209, которые представляются совместимыми и подходящими с точки зрения пользователя, конструктора, изготовителя или другой подобным образом заинтересованной стороны. Катионы 209, изображенные в фиг. 9, включают, без ограничения, катионы аммония, имидазолия, оксазолия, фосфония, пиперидиния, пиразиния, пиразиния, пиридазиния, пиридиния, пиримидиния, пирролидиния, сульфония, тиазолия, триазолия, гуанидиния, изохинолиния, бензотриазолия, катионы виологенного типа и катионы функционализированного имидазолия.

В структуры катионов 209, показанных в фиг. 9, входят разнообразные боковые группы (R_1 , R_2 , R_3 ,... R_x). В случае катионов 209 каждая боковая группа (R_x) может представлять собой одну из алкильной, гетероалкильной, алкенильной, гетероалкенильной, алкинильной, гетероалкинильной групп, атома галогена, аминогруппы, нитрогруппы, цианогруппы, гидроксильной, сульфатной, сульфонатной или карбонильной группы, любая из которых необязательно может иметь заместители.

Термин "алкил" является общепризнанным в технологии и может включать насыщенные алифатические группы, в том числе линейно-цепочечные алкильные группы, алкильные группы с разветвленными цепями, циклоалкильные (алициклические) группы, алкилзамещенные циклоалкильные группы и алкильные группы с циклоалкильными заместителями. В определенных вариантах исполнения алкил с линейной цепью или с разветвленной цепью имеет около 20 или менее атомов углерода в своем скелете (например, C_1 - C_{20} для линейной цепи, C_1 - C_{20} для разветвленной цепи). Подобным образом, циклоалкилы имеют от около 3 до около 10 атомов углерода в своей циклической структуре и, альтернативно, около 5, 6 или 7 атомов углерода в кольцевой структуре. Примеры алкильных групп включают, но не ограничиваются таковыми, метил, этил, пропил, бутил, пентил, гексил, этилгексил, циклопропил, циклобутил, циклопентил, циклогексил и тому подобные.

Термин "гетероалкил" является общепринятым в технологии и имеет отношение к алкильным группам, как здесь описываемым, в которых один или более атомов представляют собой гетероатом (например, кислорода, азота, серы и тому подобных). Например, алкоксигруппа (например, -OR) представляет собой гетероалкильную группу.

Термины "алкенил" и "алкинил" являются общепринятыми в технологии и имеют отношение к ненасыщенным алифатическим группам, аналогичным по длине и возможной степени замещения описанным выше алкилам, но которые содержат по меньшей мере одну двойную или тройную связь соответственно.

"Гетероалкенил" и "гетероалкинил" являются общепризнанными в технологии и имеют отношение к алкенильным и алкинильным группам, как здесь описанным, в которых один или более атомов представляет собой гетероатом (например, кислорода, азота, серы и тому подобных).

Как правило, любой ион с отрицательным зарядом может быть использован в качестве аниона 211. Выбранный анион 211 обычно является парным крупному органическому катиону 209 с образованием ионной соли с низкой температурой плавления. Соли, которые плавятся при комнатной температуре (и ниже), получаются главным образом с крупными анионами 209 с зарядом -1. Соли, которые плавятся даже при более низких температурах, обычно получаются с анионами 211, в которых электроны легко делокализируются. Что бы то ни было, что будет повышать сродство между ионами (расстояние, делокализация заряда), будет соответственно снижать температуру плавления. Хотя возможный выбор анионов является практически бесконечным, только небольшая группа их будет эффективной в низкотемпературных вариантах применения ионных жидкостей. Приведен неограничивающий обзор возможных структур анионов для ионных жидкостей.

Обычные замещающие группы (α), пригодные для применения в анионах 211, приведенных в табл. 1, включают $-F^-$, $-Cl^-$, $-Br^-$, $-I^-$, $-OCH_3^-$, $-CN^-$, $-SCN^-$, $-C_2H_3O_2^-$, $-ClO^-$, $-ClO_2^-$, $-ClO_3^-$, $-ClO_4^-$, $-NCO^-$, $-NCS^-$, $-NCSe^-$, $-NCN^-$, $-OCH(CH_3)_2^-$, $-CH_2OCH_3^-$, $-COOH^-$, $-OH^-$, $-SOCH_3^-$, $-SO_2CH_3^-$, $-SOCH_3^-$, $-SO_2CF_3^-$, $-SO_3H^-$, $-SO_3CF_3^-$, $-O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O^-$, $-CF_3^-$, $-CHF_2^-$, $-CH_2F^-$, $-CH_3^-$, $-NO_3^-$, $-NO_2^-$, $-SO_3^-$, $-SO_4^{2-}$, $-SF_5^-$, $-CB_{11}H_{12}^-$, $-CB_{11}H_6C_{16}^-$, $-CH_3BC_{11}H_{11}^-$, $-C_2H_5CB_{11}H_{11}^-$, $-A-PO_4^-$, $-A-SO_4^-$, $-A-SO_3^-$, $-A-SO_3H^-$, $-A-COO^-$, $-A-CO^-$ (где "A" представляет фенил (фенильная группа, или фенильный цикл, представляет собой циклическую группу атомов с формулой C_6H_5), или замещенный фенил, алкил (радикал, который имеет общую формулу C_nH_{2n+1} , образованный удалением атома водорода из алкана) или замещенную алкильную группу, отрицательно заряженные радикалы алканов (алканы представляют собой химические соединения, которые состоят только из атомов водорода и углерода, и имеют исключительно ординарные связи), галогенированные алканы и простые эфиры (которые представляют собой класс органических соединений, которые содержат атом кислорода, соединенный с двумя алкильными или арильными группами).

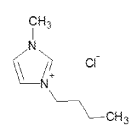
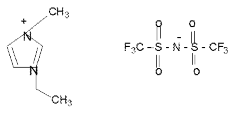
Что касается анионов 211, пригодных для применения в ионной жидкости, которая образует электролит 206, могут быть использованы разнообразные органические анионы 211. Примерные анионы 211 и их структуры приведены в табл. 1. В первом варианте исполнения (№ 1) примерные анионы 211 составлены из вышеуказанного списка замещающих групп (α) или их эквивалентов. В дополнительных вариантах исполнения (№№ 2-5) примерные анионы составлены из соответствующей базовой структуры (Y_2 , Y_3 , Y_4 ,... Y_n) и соответственного числа анионных замещающих групп (α_1 , α_2 , α_3 ,... α_n), где соответственное число анионных замещающих групп (α) может быть выбрано из вышеуказанного списка заме-

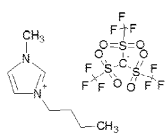
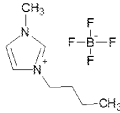
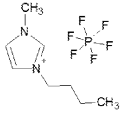
шающих групп (α), или их эквивалентов. Следует отметить, что в некоторых вариантах исполнения многочисленных анионных замещающих группы (α) (то есть по меньшей мере одна отличающаяся анионная замещающая группа (α)) могут быть использованы в любом варианте исполнения аниона 11. Кроме того, следует отметить, что в некоторых вариантах исполнения базовая структура (Y) представляет собой одиночный атом или обозначенную молекулу (как описано в табл. 1) или может быть эквивалентом.

Более конкретно и в качестве примера в отношении примерных анионов, приведенных в табл. 1, могут быть реализованы определенные комбинации. В порядке одного примера, в случае № 2, базовая структура (Y_2) включает единственную структуру (например, атом или молекулу), которая связана с двумя анионными замещающими группами (α_2). В то время как это показано как имеющее две идентичных анионных замещающих группы (α_2), это не является обязательным. То есть базовая структура (Y_2) может быть связана с варьирующими анионными замещающими группами (α_2), такими как любая из анионных замещающих групп (α), перечисленных выше. Подобным образом, базовая структура (Y_3) включает единственную структуру (например, атом), которая связана с тремя анионными замещающими группами (α_3), как показано в случае № 3. Опять же, каждая из анионных замещающих групп (α), включенных в анион, может варьировать или отличаться и не обязательно повторяться (быть повторяющейся или симметричной), как показано в табл. 1. В общем, в отношении обозначений в табл. 1 подстрочный индекс при одной из базовых структур означает число связей, которые соответствующая базовая структура может иметь с анионными замещающими группами (α). То есть подстрочный индекс при соответствующей базовой структуре (Y_n) означает число сопутствующих анионных замещающих групп (α_n) в соответственном анионе.

Таблица 1

Примерные органические анионы для ионной жидкости

№	Ион	Правила для анионной структуры и примерных ионных жидкостей
1	$-\alpha_1$	<p>Некоторые из вышеуказанных «α» могут сочетаться с органическими катионами с образованием ионной жидкости. Один примерный анион: Cl^-.</p> <p>Примерная ионная жидкость: $[BMI^+][Cl^-]$;</p> <p>*BMI - бутилметилимидазолий</p> 
2	$-Y_2\alpha_2$	<p>Y_2 может быть любой из следующих: N, O, C=O, S=O. Примерные анионы включают: $B(CF_3CO_2)_4^-$, $N(SO_2CF_3)_2^-$.</p> <p>Примерная ионная жидкость: $[EMI^+][NTF_2^-]$;</p> <p>*EMI - этилметилимидазолий</p> 

3	$-Y_3\alpha_3$	<p>Y_3 может быть любой из следующих: Be, C, N, O, Mg, Ca, Ba, Ra, Au.</p> <p>Примерные анионы включают: $-C(SO_2CF_3)_3^-$.</p> <p>Примерная ионная жидкость: [BMI]$C(SO_2CF_3)_3^-$.</p> 
4	$-Y_4\alpha_4$	<p>Y_4 может быть любой из следующих: B, Al, Ga, Th, In, P.</p> <p>Примерные анионы включают: $-BF_4^-$, $-AlCl_4^-$.</p> <p>Примерная ионная жидкость: [BMI]$[BF_4]^-$.</p> 
5	$-Y_6\alpha_6$	<p>Y_6 может быть любой из следующих: P, S, Sb, As, N, Bi, Nb, Sb.</p> <p>Примерные анионы включают: $-P(CF_3)_4F_2^-$, $-AsF_6^-$.</p> <p>Примерная ионная жидкость: [BMI]$[PF_6]^-$.</p> 

Термину "цианогруппа" придают его обычное значение в технологии, и он имеет отношение к группе CN. Термин "сульфат" имеет свое обычное в технологии значение и означает группу SO_2 . Термин "сульфонат" имеет свое обычное в технологии значение и означает группу SO_3X , где "X" может представлять собой электронную пару, атом водорода, алкил или циклоалкил. Термин "карбонил" является общепринятым в технологии и имеет отношение к группе $C=O$.

Важным аспектом из соображений конструкции суперконденсатора 210 является поддержание хорошей химической чистоты. Для обеспечения чистоты компонентов в разнообразных вариантах исполнения активированный уголь, углеродные волокна, вискозу, углеродную ткань и/или нанотрубки, составляющие энергоаккумулирующую среду 201 для двух электродов 203, высушивают при повышенной температуре в вакуумированной среде. Сепаратор 205 также высушивают при повышенной температуре в вакуумированной среде. Как только электроды 203 и сепаратор 205 высушены в вакууме, их заключают в оболочку 207 без конечного уплотнения или крышки в атмосфере с содержанием воды менее 50 частей на миллион ($млн^{-1}$). Не закрытый крышкой суперконденсатор 210 может быть высушен, например, в вакууме при температуре в диапазоне от около 100 до около 300°C. По завершении конечного высушивания может быть добавлен электролит 206, и оболочку 207 герметизируют в относительно сухой атмосфере (такой, как атмосфера с содержанием влаги менее чем около 50 $млн^{-1}$). Конечно, могут быть применены другие методы сборки, и вышеизложенное приводит только немного примерных аспектов сборки суперконденсатора 210.

Как правило, содержание загрязняющих примесей в электролите 206 поддерживают на минимальном уровне. Например, в некоторых вариантах исполнения общую концентрацию галогенид-ионов (хлорида, бромида, фторида, иодида) поддерживают ниже около 1000 $млн^{-1}$. Совокупную концентрацию металлических частиц (например, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mo, Na, Ni, Pb, Zn, в том числе по меньшей мере одного из их сплавов и оксидов) поддерживают ниже около 1000 $млн^{-1}$. Кроме того, загрязняющие примеси из растворителей и прекурсоров, использованных в процессе синтеза, поддерживают на уровне ниже около 1000 $млн^{-1}$, и они могут включать, например, бромэтан, хлорэтан, 1-бромбутан, 1-хлорбутан, 1-метилимидазол, этилацетат, метилхлорид и т.д.

В некоторых вариантах исполнения содержание загрязняющих примесей в суперконденсаторе 210 измеряли с использованием ион-селективных электродов и методом титрования по Карлу Фишеру, который применяли на электролите 206 суперконденсатора 210. Было найдено, что общее содержание галогенидов в суперконденсаторе 210 согласно приведенным здесь указаниям было обнаружено меньшим чем около 200 $млн^{-1}$ галогенидов (Cl^- и F^-) и содержание воды менее чем около 100 $млн^{-1}$.

Загрязняющие примеси могут быть измерены с использованием разнообразных методов, например таких как атомно-абсорбционная спектрометрия (AAS), масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICPMS), или в упрощенном варианте солюбилизацией и электрохимическим детектированием следовых количеств дисперсных оксидов тяжелых металлов. AAS представляет собой спектрально-аналитический метод для качественного и количественного определения химических элементов с использованием поглощения излучения в оптическом диапазоне (света) свободными атомами в газообраз-

ном состоянии. Метод применяют для определения концентрации конкретного элемента (аналита) в анализируемом образце. Метод AAS может быть применен для определения свыше 70 различных элементов в растворе или непосредственно в твердых образцах. ICPMS представляет собой тип масс-спектрометрии, который является высокочувствительным и способным определять широкий круг металлов и некоторых неметаллов при концентрациях ниже одной части в 10^{12} (частей на триллион). Этот метод основывается на сочетании друг с другом индуктивно связанной плазмы как метода получения ионов (ионизации) с масс-спектрометром как методом разделения и регистрации ионов. Метод ICPMS также способен отслеживать изотопное распределение для избранных ионов.

Для анализа загрязняющих примесей могут быть применены дополнительные способы. Некоторые из этих способов в особенности полезны для анализа загрязняющих примесей в твердых образцах. Ионная хроматография (IC) может быть применена для определения следовых уровней загрязняющих примесей галогенов в электролите 206 (например, ионной жидкости). Одним преимуществом ионной хроматографии является то, что целевые галогенидные производные могут быть измерены в единственном хроматографическом анализе. Один пример прибора, который может быть использован для количественного определения галогенидов в ионных жидкостях, представляет собой колонка Dionex AS9-HC с использованием элюента, состоящего из 20 мМ раствора NaOH и 10% (об./об.) ацетонитрила. Еще одним методом является рентгеновская флуоресценция.

Приборы для рентгеновской флуоресценции (XRF) могут быть применены для измерения содержания галогенов в твердых образцах. В этом методе анализируемый образец помещают в чашечку для образца, и затем чашечку с образцом помещают в анализатор, где ее облучают рентгеновскими лучами со специальной длиной волны. Любые атомы галогенов в образце поглощают часть рентгеновского излучения и затем отражают излучение с длиной волны, которая является характеристической для данного галогена. Затем детектор в приборе количественно регистрирует величину излучения, поступающего обратно от атомов галогенов, и измеряет интенсивность излучения. Зная площадь подвергаемой облучению поверхности, можно определить концентрацию галогенов в образце. Еще одним методом оценки загрязняющих примесей в твердом образце является пиролиз.

Адсорбция загрязняющих примесей может быть эффективно измерена путем применения пиролиза и микрокулометров. Микрокулометры способны тестировать материал почти любого типа на общее содержание хлора. В качестве одного примера малое количество образца (менее 10 мг) либо впрыскивают, либо помещают в кварцевую трубку для сжигания, где температура варьирует от около 600 до около 1000°C. Через кварцевую трубку пропускают чистый кислород, и любые содержащие хлор компоненты полностью выгорают. Полученные продукты сгорания выносятся в титрационную ячейку, где хлорид-ионы улавливаются раствором электролита. Раствор электролита содержит ионы серебра, которые немедленно соединяются с любыми хлорид-ионами и образуют осадок, выпадающий из раствора в виде нерастворимого хлорида серебра. Серебряный электрод в титрационной ячейке электрически замещает израсходованные ионы серебра, пока концентрация ионов серебра не возвратится до уровня, который был перед началом титрования. Отслеживая количество электричества, необходимое для генерирования нужного количества серебра, прибор может определять, сколько хлора присутствовало в исходном образце. Делением общего количества присутствующего хлора на вес образца получают фактическую концентрацию хлора в образце. Могут быть применены другие методы оценки загрязняющих примесей.

Охарактеризование поверхности и содержание воды в электроде 201 могут быть испытаны, например, методом инфракрасной спектроскопии. Имеются четыре основных полосы поглощения в области 1130, 1560, 3250 и 2300 см^{-1} , которые соответствуют $\nu\text{C}=\text{O}$, $\nu\text{C}=\text{C}$ в ариле, $\nu\text{O}-\text{H}$ и $\nu\text{C}-\text{N}$ соответственно. Измерением интенсивности и положения полосы можно количественно идентифицировать поверхностные загрязняющие примеси внутри электрода 203.

Еще одним методом идентификации загрязняющих примесей в электролите 206 и суперконденсаторе 210 является Рамановская спектроскопия. Этот спектроскопический метод основывается на неупругом рассеянии, или Рамановском рассеянии, монохроматического света, обычно от лазера, в видимой ближней инфракрасной или ближней ультрафиолетовой области спектра. Свет лазера взаимодействует с молекулярными колебаниями, фононами или прочими возбужденными состояниями в системе, приводя к тому, что энергия фотонов лазера сдвигается вверх или вниз. Таким образом, этот метод может быть использован для охарактеризования атомов и молекул внутри суперконденсатора 210. Применяют ряд вариантов Рамановской спектроскопии, которые могут оказаться полезными для определения содержания компонентов в суперконденсаторе 210.

Как только суперконденсатор 210 изготовлен, он может быть использован в вариантах высокотемпературного применения при малом или отсутствующем токе утечки и незначительном возрастании удельного сопротивления. Описываемый здесь суперконденсатор 210 может эффективно работать при температурах от около -40 до около 210°C, при токе утечки, нормированном по объему устройства, менее 1 А/л объема устройства, в пределах всего диапазона рабочего напряжения и температурного диапазона.

При снижении содержания влаги в суперконденсаторе 210 (например, до уровня менее 500 частей

на миллион (млн^{-1}) по весу и объему электролита, и загрязняющих примесей до содержания менее 1000 млн^{-1}) суперконденсатор 210 может эффективно действовать в температурном диапазоне, при токе утечки (I/L) менее чем около 1000 мА на литр, в пределах температурного диапазона и диапазона напряжения.

В одном варианте исполнения ток утечки (I/L) при заданной температуре измеряют поддерживанием напряжения суперконденсатора 210 постоянным при номинальном напряжении (то есть максимальном номинальном рабочем напряжении) в течение 72 ч. На протяжении этого периода температура остается относительно постоянной при заданном значении температуры. В конце интервала измерения определяют ток утечки суперконденсатора 210.

В некоторых вариантах исполнения максимально допустимое напряжение суперконденсатора 210 составляет около 4 В при комнатной температуре. Один подход к обеспечению работоспособности суперконденсатора 210 при повышенных температурах (например, свыше 210°C) состоит в уменьшении (т.е. сокращении) максимально допустимого напряжения суперконденсатора 210. Например, максимально допустимое напряжение может быть скорректировано на более низкое значение, примерно на 0,5 В, чтобы достигать большей продолжительности работы при более высокой температуре.

Еще один вариант исполнения для обеспечения высокой степени чистоты включает примерный способ очистки электролита 206. Следует отметить, что, хотя способ представлен в плане конкретных параметров (таких как количества, составы, продолжительности и т.п.), это представление способа очистки электролита является только примерным и иллюстративным и не ограничивает его.

В первой стадии способа очистки электролита электролит 206 (в некоторых вариантах исполнения ионную жидкость) смешивают с деминерализованной водой и затем повышают температуру до умеренного значения в течение некоторого периода времени. Для подтверждения концепции 50 мл ионной жидкости смешали с 850 мл деминерализованной воды. Температуру смеси повышали до постоянной температуры в 60°C в течение около 12 ч и подвергали постоянному перемешиванию (со скоростью около 120 об/мин).

Во второй стадии смесь ионной жидкости с деминерализованной воды оставили стоять для расслоения. В этом примере смесь перенесли в делительную воронку и оставили стоять на время около 4 ч.

В третьей стадии отделяют ионную жидкость. В этом примере водная фаза смеси находилась на дне с плавающей поверхностью фазой ионной жидкости. Фазу ионной жидкости перенесли в еще один стакан.

В четвертой стадии с ионной жидкостью смешивали растворитель. В этом примере с ионной жидкостью смешивали этилацетат объемом около 25 мл. Эту смесь опять нагрели до умеренной температуры и в то же время перемешивали.

Хотя в качестве растворителя использовали этилацетат, растворитель может представлять собой по меньшей мере один из простого диэтилового эфира, пентана, циклопентана, гексана, циклогексана, бензола, толуола, 1,4-диоксана, хлороформа или любой их комбинации, а также другого(-их) материала(-ов), который(-ые) проявляет(-ют) надлежащие технические характеристики. Некоторые из желательных технических характеристик включают такие, как неполярный растворитель, а также высокая степень летучести.

В пятой стадии к смеси ионной жидкости и растворителя добавляют угольный порошок. В этом примере к смеси добавляли около 20 вес.% углерода (с частицами диаметром около 0,45 мкм).

В шестой стадии ионную жидкость опять перемешивают. В этом примере смесь с угольным порошком затем подвергали постоянному перемешиванию (со скоростью 120 об/мин) в течение ночи при температуре около 70°C .

В седьмой стадии углерод и этилацетат отделяют от ионной жидкости. В этом примере углерод отделяли с использованием фильтрации через воронку Бюхнера со стеклянным микроволоконным фильтром. Выполняли многократные (трижды) фильтрации. Затем собранную ионную жидкость пропустили через шприцевой фильтр с порами величиной 0,2 мкм, чтобы удалить, по существу, все угольные частицы. В этом примере растворитель затем последовательно отделили от ионной жидкости с использованием роторного испарителя. Более конкретно образец ионной жидкости перемешивали, в то же время повышая температуру от 70 до 80°C , и завершили нагревание при температуре 100°C . Выпаривание выполняли в течение около 15 мин при каждой соответственной температуре.

Способ очистки электролита оказался весьма эффективным. Для образца ионной жидкости содержание воды измеряли титрованием с помощью титратора, производимого фирмой Mettler-Toledo Inc., Коламбус, Огайо (модель № AQC22). Содержание галогенидов измеряли на приборе ISE (ион-селективный электрод) производства фирмы Hanna Instruments, Вунсокет, Род-Айленд (модель № AQC22). Стандартный раствор для прибора ISE был получен от фирмы Hanna и включал стандарты HI 4007-03 (хлоридный стандартный раствор 1000млн^{-1}), HI 4010-03 (фторидный стандартный раствор 1000млн^{-1}), HI 4000-00 (ISA (раствор для корректировки ионной силы) для галогенидных электродов) и HI 4010-00 (раствор TISAB (смесь уксусной кислоты, ацетата и цитрата натрия) только для фторидного электрода). Перед выполнением измерений прибор ISE калибровали по стандартным растворам с использованием 0,1, 10, 100 и 1000 частей на миллион (млн^{-1}) стандартов, смешанных с деминерализован-

ной водой. ISA-буфер добавляли к стандарту в соотношении 1:50 для измерения ионов Cl^- . Результаты показаны в табл. 2.

Таблица 2

Данные об очистке электролита		
Загрязняющая примесь	До (млн^{-1})	После (млн^{-1})
Cl^-	5300,90	769
F^-	75,61	10,61
H_2O	1080	20

Для измерения галогенид-ионов использовали четырехстадийный процесс. Во-первых, измерили содержание ионов Cl^- и F^- в деминерализованной воде. Затем приготовили 0,01 М раствор ионной жидкости с деминерализованной водой. Затем измерили содержание ионов Cl^- и F^- в растворе. Затем провели оценку содержания галогенидов вычитанием количества ионов в воде из количества ионов в растворе.

В порядке обзора представлен способ сборки суперконденсатора 210 с цилиндрической формой. Начиная с электродов 203, каждый электрод 203 изготавливают, как только энергоаккумулирующая среда 201 была объединена с токовым коллектором 202. Затем к каждому электроду 203 в надлежащих местах присоединяют многочисленные проводники. Затем многочисленные электроды 203 ориентируют и собирают с надлежащим числом сепараторов 205, размещаемых между ними, с образованием аккумуляторного элемента 212. Аккумуляторный элемент 212 затем может быть свернут в цилиндрический рулон и может быть закреплен в обертке. Как правило, соответствующие проводники затем скручивают в жгут с образованием каждого из выводов 208.

Перед введением электролита 206 в суперконденсатор 210 (например, перед сборкой аккумуляторного элемента 212 или после этого) каждый компонент суперконденсатора 210 может быть высушен для удаления влаги. Это может быть выполнено с несобранными компонентами (то есть с пустой оболочкой 207, а также с каждым из электродов 203 и каждым из сепараторов 205), и затем с собранными компонентами (в таком виде, как аккумуляторный элемент 212).

Высушивание может быть выполнено, например, при повышенной температуре в вакуумной камере. Как только высушивание было завершено, затем аккумуляторный элемент 212 может быть упакован в оболочку 207 без финальной герметизации или закрывания крышкой. В некоторых вариантах исполнения упаковку выполняют в атмосфере с содержанием воды менее 50 частей на миллион (млн^{-1}). Затем незакрытый суперконденсатор 210 может быть опять подвергнут высушиванию. Например, суперконденсатор 210 может быть высушен в вакууме при температуре в диапазоне от около 100 до около 300°C. Как только это конечное высушивание завершается, оболочка 207 затем может быть герметизирована, например, в атмосфере с содержанием влаги менее 50 млн^{-1} .

В некоторых вариантах исполнения, как только процесс высушивания (который также может называться процессом "обжига") был завершен, окружающая компоненты среда может быть заполнена инертным газом. Примерные газы включают аргон, азот, гелий и прочие газы, проявляющие подобные свойства (а также их комбинации).

Как правило, в оболочке 207 предусматривается заливочное отверстие (перфорация в поверхности оболочки 207) или может быть добавлено позже. Как только суперконденсатор 210 был заполнен электролитом 206, заливочное отверстие может быть затем закрыто. Закрывание заливочного отверстия может быть выполнено, например, сварочным материалом (например, металлом, который совместим с оболочкой 207), вводимым в заливочное отверстие или поверх него. В некоторых вариантах исполнения заливочное отверстие может быть временно закрыто перед заполнением, так что суперконденсатор 210 может быть перемещен в еще одну окружающую среду, с последующими повторным открыванием, заполнением и закрыванием. Однако, как обсуждается здесь, считается, что суперконденсатор 210 высушивают и заполняют в одной и той же окружающей среде.

Для заполнения оболочки 207 желательным количеством электролита 206 могут быть применены многообразные способы. Как правило, регулирование процесса заполнения может, помимо всего прочего, обеспечить повышение емкости, сокращение эквивалентного последовательного сопротивления (ESR) и ограничение отходов электролита 206. Способ вакуумного заполнения приведен в качестве неограничивающего примера способа заполнения оболочки 207 и смачивания аккумуляторного элемента 212 электролитом 206.

Однако, во-первых, следует отметить, что могут быть приняты меры для обеспечения того, что любой материал, который проявляет возможность загрязнения компонентов суперконденсатора 210, является чистым, совместимым и сухим. По традиции можно считать, что "хорошая гигиена" практикуется для обеспечения того, что в процессе сборки и с компонентами в суперконденсатор 210 не попадут загрязнения. Кроме того, традиционно можно принять, что "загрязнение" может быть определено как любой нежелательный материал, который, будучи введенным, будет оказывать негативное влияние на работоспособность суперконденсатора 210. Также следует отметить, что здесь в общем загрязнения могут быть оценены по концентрации, такой как "частей на миллион" (млн^{-1}). Концентрация может быть рассчитана по весу, объему, весу образца или любым иным способом выражения, определенным как приемлемый.

В "вакуумном методе" контейнер помещают на оболочку 207 вокруг заливочного отверстия. Затем порцию электролита 206 помещают в контейнер в среде, которая, по существу, не содержит кислорода и воды (то есть влаги). Затем в окружающей среде создают вакуум, тем самым вытягивая любой воздух из оболочки и тем самым одновременно втягивая электролит 206 в оболочку 207. Затем, если желательное, окружающая среда может быть заполнена инертным газом (таким как аргон, азот, или тому подобные, или некоторые комбинации инертных газов). Суперконденсатор 210 может быть проверен, чтобы увидеть, было ли введено желательное количество электролита 206. Процесс может быть повторен при необходимости, пока желательное количество электролита 206 не будет находиться в суперконденсаторе 210.

После заполнения электролитом 206 в некоторых вариантах исполнения в заливочное отверстие может быть введен материал для закупоривания суперконденсатора 210. Материал может представлять собой, например, металл, который совместим с оболочкой 207 и электролитом 206. В одном примере материал с тугой посадкой вводят в заливочное отверстие, по существу, выполняя "холодную сварку" пробки в заливочном отверстии. Конечно, тугая посадка может быть дополнена другими способами сварки, как обсуждается здесь далее.

Чтобы показать, как производится процесс заполнения суперконденсатора 210, были выполнены два варианта исполнения суперконденсатора 210. В одном заполнение проводили без вакуума, в другом заполняли в вакууме. Электрические характеристики двух вариантов исполнения приведены в табл. 3. При повторяющемся проведении таких измерений было отмечено, что повышенные технические характеристики достигаются при заполнении суперконденсатора 210 с применением вакуума. Было определено, что, как правило, желательно, чтобы давление внутри оболочки 207 снижалось до уровня ниже чем около 150 мТорр (20 Па) и более конкретно ниже чем около 40 мТорр (5,3 Па).

Таблица 3

Сравнительная эффективность способов заполнения

Параметр (при 0,1 В)	Без вакуума	С вакуумом	Расхождение
Эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) при температуре 45°Ф (7,2°С)	3,569 Ом	2,568 Ом	(-28%)
Емкость при 12 мГц	155,87 мФ	182,3 мФ	(+14,49%)
Фаза при 12 мГц	79,19 градусов	83 градусов	(+4,59%)

Чтобы оценить эффективность способа вакуумного заполнения, были испытаны две различных пакетных ячейки. Пакетные ячейки включали два электрода 203, причем каждый электрод 203 был основан на углеродистом материале. Электроды 203 были размещены каждый напротив друг друга и обращены друг к другу. Между ними был помещен сепаратор 205 для предотвращения короткого замыкания, и все компоненты были пропитаны электролитом 206. Два внешних столбиковых вывода были предусмотрены для четырех точек измерения. Применяемый сепаратор 205 представлял собой полиэтиленовый сепаратор 205, и ячейка имела общий объем около 0,468 мл. Это имело результатом значительное снижение начального тока утечки, а также снижение тока утечки на протяжении последующей части интервала измерения.

Ток утечки может быть определен несколькими путями. Качественно ток утечки можно рассматривать как ток, выводимый в устройство, когда устройство достигло состояния равновесия. На практике всегда или почти всегда необходимо оценивать фактический ток утечки как состояние равновесия, которое в принципе может достигаться только асимптотически. Таким образом, ток утечки в данном измерении может быть аппроксимирован измерением тока, подводимого в суперконденсатор 210, тогда как суперконденсатор 210 поддерживается, по существу, при фиксированном напряжении и подвергается воздействию, по существу, фиксированной температуры окружающей среды в течение относительно длительного периода времени. В некоторых ситуациях относительно длительный период времени может быть определен аппроксимированием функции "ток-время" как экспоненциальной функции, тогда обеспечивая прохождение нескольких (например, от около 3 до 5) характеристических постоянных констант. Часто такие диапазоны продолжительности варьируют от около 50 до около 100 ч для многих технологий суперконденсаторов. В альтернативном варианте, если такой длительный период времени является непрактичным по любой причине, ток утечки может быть просто экстраполирован, опять же, возможно, аппроксимированием функции "ток-время" как экспоненциальной функции, если это представляется допустимым. А именно ток утечки в общем будет зависеть от температуры окружающей среды. Таким образом, для охарактеризования работоспособности устройства при температуре или в температурном диапазоне, как правило, важно подвергать устройство воздействию представляющей интерес температуры окружающей среды, когда измеряют ток утечки.

С обращением теперь к фиг. 10 показаны формы примерной оболочки 207. Помимо всего прочего оболочка 207 обеспечивает структуру и физическую защиту суперконденсатора 210. В этом примере

оболочка 207 включает кольцеобразный корпус 220 цилиндрической формы и соответствующую ему крышку 224. В этом варианте исполнения крышка 224 включает центральный участок, который был удален и заполнен электрическим изолятором 226. Проходной контакт 219 крышки проходит через электрический изолятор 226 для обеспечения пользователю доступа к сохраняемой энергии.

Общепотребительные материалы для оболочки 207 включают нержавеющую сталь, алюминий, тантал, титан, никель, медь, олово, разнообразные сплавы, многослойные материалы и т.п. Для оболочки могут быть использованы конструкционные материалы, такие как материалы на полимерной основе (как правило, в комбинации, по меньшей мере, с некоторыми металлическими компонентами).

Хотя этот пример изображает только проходной контакт 219 на крышке 224, должно быть понятно, что конструкция оболочки 207 не ограничивается обсуждаемыми здесь вариантами исполнения. Например, крышка 224 может включать многочисленные проходные контакты 219. В некоторых вариантах исполнения корпус 220 включает вторую, подобную крышку 224 на противоположном конце кольцеобразного цилиндра. Кроме того, должно быть понятно, что оболочка 207 не ограничивается вариантами исполнения, имеющими кольцеобразный корпус 220 цилиндрической формы. Например, оболочка 207 может иметь створчатую конструкцию, призматическую конструкцию, представлять собой пакет или любую другую форму, которая является подходящей для нужд конструктора, изготовителя или пользователя.

В этом примере крышку 224 изготавливают с наружным диаметром, который рассчитан на плотную посадку внутри внутреннего диаметра корпуса 220. В собранном состоянии крышка 224 может быть приварена к корпусу 220, тем самым обеспечивая для пользователя герметичное уплотнение.

Со ссылкой теперь на фиг. 11 показан примерный аккумуляторный элемент 212. В этом примере аккумуляторный элемент 212 относится к "рулетному" типу энергоаккумулирующего устройства. В этих вариантах исполнения материалы энергоаккумулирующего устройства намотаны с образованием туго упакованного рулона. Как правило, многочисленные проводники формируют каждый концевой вывод 208 и обеспечивают электрический доступ к надлежащему слою аккумуляторного элемента 212. В общем, в собранном состоянии каждый вывод 208 электрически соединен с оболочкой 207 (таким образом, как соответствующим проходным контактом 219 и/или непосредственно на оболочку 207). Аккумуляторный элемент 212 может принимать разнообразные формы. Как правило, имеются по меньшей мере две группы многочисленных проводников (например, выводов 208), по одному для каждого токового коллектора 202. Для простоты в ряде иллюстрируемых здесь вариантов исполнения показан только один из выводов 208.

Желательно высокоэффективное уплотнение оболочки 207. То есть предотвращение проникновения наружной среды (такой воздух, влага, и т.д.) способствует поддержанию в чистоте компонентов аккумуляторного элемента 212. Кроме того, этим предотвращается утечка электролита 206 из аккумуляторного элемента 212.

С обращением теперь к фиг. 12 оболочка 207 может включать внутренний барьер 230. В некоторых вариантах исполнения барьер 230 представляет собой покрытие. В этом примере барьер 230 сформирован из политетрафторэтилена (PTFE). Политетрафторэтилен (PTFE) проявляет разнообразные свойства, которые делают эту композицию весьма пригодной для барьера 30. PTFE имеет температуру плавления около 327°C, обладает превосходными диэлектрическими свойствами, имеет коэффициент трения между около 0,05 и 0,10, который является втрое более низким, чем у любого известного твердого материала, имеет высокую коррозионную стойкость и прочие благоприятные характеристики. Как правило, внутренний участок крышки 224 может включать размещенный на ней барьер 230.

Для барьера 230 могут быть использованы другие материалы. К этим другим материалам относятся формы керамических материалов (керамический материал любого типа, который может быть пригодным для нанесения и удовлетворяет критериям работоспособности), другие полимеры (предпочтительно высокотемпературные полимеры) и т.п. Примерные другие полимеры включают перфторалкоксилированный (PFA) и фторированный этиленпропиленовый сополимер (FEP), а также этилентетрафторэтиленовый сополимер (ETFE).

Барьер 230 может включать любой материал или комбинацию материалов, которые обеспечивают уменьшение электрохимических или других типов реакций между аккумуляторным элементом 212 и оболочкой 207 или компонентами оболочки 207. В некоторых вариантах исполнения комбинации проявляются как однородные дисперсии различных материалов в одиночном слое. В других вариантах исполнения комбинации проявляются как различающиеся материалы внутри многочисленных слоев. Могут быть применены другие комбинации. Короче говоря, барьер 230 можно рассматривать как по меньшей мере одно из электрического изолятора и химически инертного покрытия (то есть проявляющего низкую реакционную способность), и поэтому, по существу, противостоит или препятствует по меньшей мере одному из электрического и химического взаимодействий между аккумуляторным элементом 212 и оболочкой 207. В некоторых вариантах исполнения термины "низкая реакционная способность" и "низкая химическая реакционная способность" в особенности имеют отношение к скорости химического взаимодействия, которая является ниже уровня, создающего проблемы для заинтересованной стороны.

Как правило, внутренность оболочки 207 может заключать в себе барьер 320 таким образом, что

покрыты все поверхности оболочки 207, которые открыты к внутренности. По меньшей мере один необработанный участок 231 может содержаться внутри корпуса 220 и на наружной поверхности 236 крышки 224 (см. фиг. 13А). В некоторых вариантах исполнения необработанные участки 231 (см. фиг. 13В) могут быть предусмотрены в расчете на требования к сборке, такие как участки, которые будут герметизироваться или соединяться (например, сваркой).

Барьер 230 может быть нанесен на внутренние участки с использованием общепотребительных способов. Например, в случае PTFE барьер 230 может быть нанесен окрашиванием или напылением барьера 230 на внутреннюю поверхность в виде покрытия. Чтобы обеспечить сохранение желательной целостности необработанных участков 231, в качестве части процесса может быть применена маска. Коротко говоря, для создания барьера 230 могут быть использованы разнообразные способы.

В одном примерном варианте исполнения барьер 230 имеет толщину от около 3 до около 5 мил (76,2-127 мкм), тогда как материал, используемый для барьера 230, представляет собой материал на основе PFA. В этом примере поверхности для размещения материала, который составляет барьер 230, подготавливают пескоструйной обработкой, такой как обработка струей оксида алюминия. Когда поверхности очищены, наносят материал, сначала в виде жидкости, затем в форме порошка. Материал отверждают в процессе термической обработки. В некоторых вариантах исполнения продолжительность цикла нагревания составляет от около 10 до около 15 мин, при температуре около 370°C. Это приводит к получению конечного сплошного барьера 230, который, по существу, не содержит точечных отверстий или мелких дефектов. Фиг. 14 изображает сборку в одном варианте исполнения суперконденсатора 210 согласно приведенным здесь указаниям. В этом варианте исполнения суперконденсатор 210 включает корпус 220, который включает размещенный в нем барьер 230, крышку 224 с размещенным в ней барьером 230 и аккумуляторный элемент 212. Во время сборки крышку устанавливают поверх корпуса 220. Первый из выводов 208 электрически соединяют с проходным контактом 219 крышки, тогда как второй из выводов 208 электрически соединяют с оболочкой 207, обычно в донной части, на боковой стороне или на крышке 224. В некоторых вариантах исполнения второй из выводов 208 соединен с еще одним проходным контактом 219 (таким как на противоположной крышке 224).

С барьером 230, размещенным на внутренней(-их) поверхности(-ях) оболочки 207, электрохимические и другие реакции между оболочкой 207 и электролитом значительно сокращаются или, по существу, устраняются. Это является в особенности важным при более высоких температурах, где скорость химических и прочих реакций, как правило, возрастает.

Со ссылкой теперь на фиг. 15 показана относительная производительность суперконденсатора 210 в сравнении с эквивалентным в остальном суперконденсатором. В фиг. 15А показан ток утечки для прототипного варианта исполнения суперконденсатора 210. В фиг. 15В показан ток утечки для эквивалентного суперконденсатора 210, который включает барьер 230. В фиг. 15В суперконденсатор 210 является электрически эквивалентным суперконденсатору, ток утечки которого показан в фиг. 15А. В обоих случаях оболочка 207 была из нержавеющей стали, и подводимое на ячейку напряжение составляло 1,75 В, и электролит не был очищен. Температуру поддерживали постоянной при 150°C. Примечательно, что ток утечки в фиг. 15В проявляет сравнительно более низкое начальное значение и отсутствие значительного возрастания со временем, тогда как ток утечки в фиг. 15А показывает сравнительно более высокое начальное значение, а также существенное увеличение со временем.

Как правило, барьер 230 создает надлежащую толщину надлежащего материала между аккумуляторным элементом 212 и оболочкой 207. Барьер 230 может включать однородную смесь, неоднородную смесь и/или по меньшей мере один слой материалов. Барьер 230 может создавать полное покрытие (т.е. создавать покрытие на всей площади внутренней поверхности оболочки, за исключением электродных контактов), или частичное покрытие. В некоторых вариантах исполнения барьер 230 формируют из многочисленных компонентов. Например, следует рассмотреть вариант исполнения, представленный ниже в фиг. 16.

С привлечением фиг. 16 показаны аспекты дополнительного варианта исполнения. В некоторых вариантах исполнения аккумуляторный элемент 212 размещают внутри пакета 233. То есть аккумуляторный элемент 212 имеет размещенный на нем барьер 230 обернутым вокруг него или иным образом нанесенный для отделения аккумуляторного элемента 212 от оболочки 207 в собранном состоянии. Пакет 233 может быть нанесен задолго до укладки аккумуляторного элемента 212 в оболочку 207. Поэтому применение пакета 233 может создавать определенные преимущества, такие как для изготовителей (Следует отметить, что для целей иллюстрации пакет 233 показан свободно уложенным поверх аккумуляторного элемента 212).

В некоторых вариантах исполнения пакет 233 применяют в сочетании с покрытием, причем покрытие размещают поверх по меньшей мере части внутренних поверхностей. Например, в одном варианте исполнения покрытие размещают внутри внутренней оболочки 207 только на участках, где пакет 233 может быть, по меньшей мере частично поврежден (например, быть пробитым выводом 208). Совместно пакет 233 и покрытие формируют эффективный барьер 230.

Соответственно этому введение барьера 230 может давать суперконденсатор, который проявляет

ток утечки со сравнительно низкими начальными значениями и с гораздо более медленным возрастанием тока утечки со временем, принимая во внимание прототип. Важно то, что ток утечки суперконденсатора остается на практически приемлемых (то есть желательно низких) уровнях, когда суперконденсатор подвергается воздействию температур окружающей среды, при которых прототипные конденсаторы проявляли бы недопустимо высокие начальные значения тока утечки и/или неприемлемо быстрые возрастания тока утечки со временем.

Традиционно термин "ток утечки" в общем относится к току, выводимому конденсатором, который измеряют после данного периода времени. Это измерение выполняют, когда выводы конденсатора поддерживаются, по существу, при фиксированной разности потенциалов (напряжении на клеммах). При оценке тока утечки типичный период времени составляет 72 ч, хотя могут быть применены различные периоды. Отмечено, что ток утечки для конденсаторов согласно прототипу, как правило, возрастает с увеличением объема и площади поверхности энергоаккумулирующей среды и сопутствующим повышением площади внутренней поверхности оболочки. Как правило, возрастание тока утечки рассматривается как показатель прогрессивно нарастающих скоростей реакций внутри суперконденсатора 210. Требования к рабочим характеристикам в отношении тока утечки в основном определяются условиями окружающей среды, преобладающими при конкретном применении. Например, в отношении суперконденсатора 210, имеющего объем 20 мл, практический предел тока утечки может падать ниже 100 мА.

Имея в распоряжении описываемые здесь варианты исполнения барьера 230 и его разнообразные формы, должно быть понятно, что суперконденсатор 210 может создавать другие преимущества как результат подавления реакции между оболочкой 207 и энергоаккумулирующей средой 201. Например, эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) суперконденсатора 210 может проявлять сравнительно более низкие значения со временем. Кроме того, нежелательные химические реакции, которые происходят в конденсаторе согласно прототипу, часто создают нежелательные эффекты, такие как газообразование, или в случае герметично закрытой оболочки раздутие оболочки. В обоих случаях это ведет к нарушению структурной целостности оболочки и/или герметичного уплотнения конденсатора. В конечном итоге это может приводить к утечке или катастрофическому отказу прототипного конденсатора. В некоторых вариантах исполнения эти эффекты могут быть в значительной мере сокращены или устранены применением представляемого барьера 230.

Должно быть понятно, что термины "барьер" и "покрытие" не ограничиваются изложенными здесь указаниями. То есть может быть применен любой способ нанесения надлежащего материала на внутренность оболочки 207, корпуса 220 и/или крышки 224. Например, в других вариантах исполнения барьер 230 фактически вводят в материал или на материал, составляющий корпус 220 оболочки, причем затем материал обрабатывают или придают ему форму, как требуется для формирования разнообразных компонентов оболочки 207. При рассмотрении некоторых из многих возможных способов нанесения барьера 230 может быть в равной степени подходящим способ накатывания, напыления, спекания, наслоения, напечатания или иным путем нанесения материала (-ов). Короче говоря, барьер 230 может быть нанесен с использованием любого способа, который представляется подходящим для изготовителя, конструктора и/или пользователя.

Используемые в барьере 230 материалы могут быть выбраны сообразно таким свойствам, как реакционная способность, диэлектрическая постоянная, температура плавления, адгезия к материалам оболочки 207, коэффициент трения, стоимость и прочие такие факторы. Для создания желательных свойств могут быть применены комбинации материалов (такие как наслоенные, смешанные или объединенные иным образом).

Применение усиленной оболочки 207, такой как оболочка с барьером 230, в некоторых вариантах исполнения может ограничить деградацию электролита 206. В то время как барьер 230 представляет один способ создания усиленной оболочки 207 могут быть использованы другие способы. Например, применение оболочки 207, выполненной из алюминия, было бы благоприятным благодаря электрохимическим характеристикам алюминия в присутствии электролита 206. Однако с учетом затруднений с изготовлением из алюминия была невозможной (до сих пор) разработка вариантов исполнения оболочки 207, которая имела бы достоинства алюминия.

Дополнительные варианты исполнения оболочки 207 включают такие, в которых алюминий присутствует на всех внутренних поверхностях, которые могут быть обращены к электролиту, в то же время оставляя пользователям возможность проводить сварку и герметичное закупоривание оболочки. Улучшенная работоспособность суперконденсатора 210 может быть достигнута в результате уменьшения внутренней коррозии, устранения проблем, связанных с применением разнородных металлов в проводящей среде, и по иным соображениям. Преимущественно в оболочке 7 используют существующую технологию введения такого доступного электрода, который включает стеклометаллические уплотнения (и может включать электроды, выполненные из нержавеющей стали, тантала или других предпочтительных материалов и компонентов), и поэтому изготовление получается экономичным.

Хотя здесь представлены варианты исполнения оболочки 207, которые пригодны для суперконденсатора 10, эти варианты исполнения (как в случае с барьером 230) могут быть применены с энергоаккумулирующим устройством любого типа, который представляется целесообразным, и могут предусматри-

вать практикуемую технологию любого типа. Например, могут быть использованы другие формы энергоаккумулирующего устройства, включающие электрохимические батареи, в частности батареи на основе лития.

В некоторых вариантах исполнения материал, применяемый для конструирования корпуса 220, включает алюминий, который может включать любой тип алюминия или алюминиевого сплава, считающийся подходящим для конструктора или изготовителя (все из которых в широком смысле называются здесь просто "алюминием"). Разнообразные сплавы, ламинаты и тому подобные могут быть размещены поверх (например, плакированием) алюминия (причем алюминий обращен во внутренность корпуса 220). Дополнительные материалы (такие как конструкционные материалы или электрически изоляционные материалы, такие как некоторые материалы на основе полимеров) могут быть использованы в дополнение к корпусу и/или оболочке 207. Материалы, размещенные поверх алюминия, могут быть выбраны подобным образом, как представляется целесообразным конструктору или изготовителю.

Как правило, материал(-ы), обращенный(-ые) внутрь оболочки 207, проявляют надлежащим образом низкую реакционную способность в отношении электролита 206 и поэтому являются только иллюстративными в некоторых вариантах исполнения и не ограничивающими приведенные здесь инструкции.

Хотя этот пример изображает только один проходной контакт 219 на крышке 224, должно быть понятно, что конструкция оболочки 207 не ограничивается обсуждаемыми здесь вариантами исполнения. Например, крышка 224 может включать многочисленные проходные контакты 219. В некоторых вариантах исполнения корпус 220 включает вторую подобную крышку 224 на противоположном конце кольцеобразного цилиндра. Кроме того, должно быть понятно, что оболочка 207 не ограничивается вариантами исполнения, имеющими корпус 220 кольцеобразной цилиндрической формы. Например, оболочка 207 может иметь створчатую конструкцию, призматическую конструкцию, пакетную или любую другую форму, которая является подходящей для нужд конструктора, изготовителя или пользователя.

Желательно высокоэффективное уплотнение оболочки 207. То есть предотвращение проникновения наружной среды (такой воздух, влага, и т.д.) способствует поддержанию в чистоте компонентов аккумуляторного элемента 212. Кроме того, этим предотвращается утечка электролита 206 из аккумуляторного элемента 212.

С привлечением теперь фиг. 17 показаны аспекты вариантов исполнения заготовки 234 для крышки 224. В фиг. 17А заготовка 234 включает многослойный материал. Слой первого материала 241 представляет собой алюминий. Слой второго материала 242 представляет собой нержавеющую сталь. В вариантах исполнения согласно фиг. 17 нержавеющая сталь составляет плакирующий слой на алюминии, тем самым создавая материал, который проявляет желательную комбинацию металлургических свойств. То есть в приведенных здесь вариантах исполнения алюминий обращен внутрь аккумуляторного элемента (т.е. оболочки), тогда как нержавеющая сталь обращена наружу. Этим путем используются благоприятные электрические свойства алюминия, в то время как конструкционные характеристики (и металлургические свойства, то есть свариваемость) нержавеющей стали составляют основу конструкции. Многослойный материал может включать дополнительные слои, насколько это представляется целесообразным.

Как было упомянуто выше, слой первого материала 241 является плакированным (или нанесенным на него) слоем второго материала 242. Как используемые здесь, термины "плакированный", "плакирование" и тому подобные имеют отношение к связыванию между разнородными металлами. Плакирование часто производят экструдированием двух металлов через фильеру, а также спрессовыванием или прокаткой листов совместно под высоким давлением. Могут быть применены другие способы, такие как лазерное плакирование. Результатом является лист материала, состоящего из многочисленных слоев, где многочисленные слои материала связаны между собой так, что материал может быть подвергнут обработке как единый цельный лист (например, формуется так, как если бы формовался единый лист однородного материала).

Со ссылкой еще на фиг. 17А в одном варианте исполнения лист плоского сырьевого материала (как показано) используют при получении заготовки 234 для создания плоской крышки 224. Часть слоя второго материала 242 может быть удалена (такая как по окружности крышки 224), чтобы облегчить присоединение крышки 224 к корпусу 220. В фиг. 17В показан еще один вариант исполнения заготовки 234. В этом примере заготовка 234 представлена как лист плакированного материала, который сформирован в вогнутой конфигурации. В фиг. 17С заготовка 234 представлена как лист плакированного материала, сформированный в выпуклой конфигурации. Крышка 224, которую изготавливают из заготовки 234 в разнообразных вариантах исполнения (таких как показанные в фиг. 17), рассчитана на то, чтобы обеспечивать возможность приваривания к корпусу 220 оболочки 207. Более конкретно вариант исполнения согласно фиг. 17В приспособлен для вставления внутрь внутреннего диаметра корпуса 220, тогда как вариант исполнения согласно фиг. 17С рассчитан на надевание поверх наружного диаметра корпуса 220. В разнообразных альтернативных вариантах исполнения слои плакированного материала внутри листа могут быть размещены в обратном порядке.

В собранном состоянии крышка 224 может быть приварена к корпусу 220, тем самым обеспечивая для пользователя герметичное уплотнение. Примерные способы сварки включают лазерную сварку и

аргонно-дуговую (TIG) сварку и могут включать другие формы сварки, насколько представляется целесообразным.

С обращением теперь к фиг. 18 показан вариант исполнения электродного сборного узла 250. Электродный сборный узел 250 предназначен для вставки в заготовку 234 и для электрического сообщения энергоаккумулирующей среды с потребителем. Как правило, электродный сборный узел 250 включает втулку 251. Втулка 251 охватывает изолятор 226, который, в свою очередь, окружает проходной контакт 219. В этом примере втулка 251 представляет собой кольцеобразный цилиндр с отогнутым в виде фланца верхним краем.

Для сборки крышки 224 в заготовке 234 проделывают отверстие (не показано). Отверстие имеет геометрическую форму, которая по размеру соответствует электродному сборному узлу 250. Соответственно этому электродный сборный узел 250 вставляют в отверстие в заготовке 234. Как только электродный сборный узел 250 вставлен, электродный сборный узел 250 может быть прикреплен к заготовке таким способом, как сварка. Сварка может представлять собой лазерную сварку, которая создает сварной шов по окружности фланца втулки 251. Со ссылкой на фиг. 29 показаны точки 261, где выполняют сварку. В этом варианте исполнения точки 261 представляют собой участки, пригодные для сварки нержавеющей стали с нержавеющей сталью, относительно простой процедуры сварки. Соответственно этому приведенные здесь инструкции обеспечивают надежное приваривание электродного сборного узла 250, посаженного на заготовку 234.

Материал для изготовления втулки 251 может включать металлы или металлические сплавы разнообразных типов. Как правило, материалы для втулки 251 выбирают сообразно, например, конструктивной целостности и способности связываться (с заготовкой 234). Примерные материалы для втулки 251 включают нержавеющую сталь марки 304 или нержавеющую сталь марки 316. Материал для формирования проходного контакта 219 может включать металлы или металлические сплавы разнообразных типов. Как правило, материалы для проходного контакта 219 выбирают соответственно, например, конструктивной целостности и электрической проводимости. Примерные материалы для электрода включают нержавеющую сталь марки 442 или сплав 52.

Как правило, изолятор 226 соединяют с втулкой 251 и проходным контактом 219 известным способом (т.е. в виде стеклометаллического уплотнения). Материал для формирования изолятора может включать, без ограничения, стекло разнообразных типов, изоляционное высокотемпературное стекло, керамическое стекло или керамические материалы. Как правило, материалы для изолятора выбирают сообразно, например, конструктивной целостности и удельному электрическому сопротивлению (т.е. характеристикам электрической изоляции).

Применение компонентов (таких как вышеуказанный вариант исполнения электродного сборного узла 250), которые основаны на соединении стекла с металлом, а также применение разнообразных способов сварки, обеспечивают герметичное уплотнение энергоаккумулирующего устройства. Для создания герметичного уплотнения могут быть также применены другие компоненты. Как используемый здесь, термин "герметичное уплотнение" в основном имеет отношение к уплотнению, которое проявляет скорость утечки не более чем такая, которая здесь определена. Однако предполагается, что фактическая эффективность уплотнения может быть достигнута лучшей, чем этот стандарт.

Дополнительные или прочие способы связывания электродного сборного узла 250 с заготовкой 234 включают применение связующего агента под фланцем втулки 251 (между фланцем и слоем второго материала 242), когда такие способы считаются приемлемыми.

Со ссылкой теперь на фиг. 20 аккумуляторный элемент 212 размещают внутри корпуса 220. При соединяют надлежащим образом по меньшей мере один вывод 208 (такой как проходной контакт 219), и крышку 224 сопрягают с корпусом 220 с образованием суперконденсатора 210.

В собранном состоянии крышка 224 и корпус 220 могут быть загерметизированы. Фиг. 21 изображает разнообразные варианты исполнения собранного энергоаккумулирующего устройства (в этом случае суперконденсатора 210). В фиг. 21А для создания плоской крышки 224 используют плоскую заготовку 234 (смотри фиг. 17А). Когда крышка 224 установлена на корпус 220, крышку 224 и корпус 220 сваривают для создания уплотнения 262. В этом случае, поскольку корпус 220 представляет собой кольцеобразный цилиндр, сварку выполняют по окружности вокруг корпуса 220 и крышки 224 для создания шва 262. Во втором варианте исполнения, показанном в фиг. 21В, для создания вогнутой крышки 224 применяют вогнутую заготовку 234 (см. фиг. 17В). Когда крышка 224 установлена на корпусе 220, крышку 224 и корпус 220 сваривают для создания герметичного уплотнения 262. В третьем варианте исполнения, показанном в фиг. 21С, для создания выпуклой крышки 224 используют выпуклую заготовку 234 (см. фиг. 17С). Когда крышка 224 установлена на корпусе 220, крышка 224 и корпус 220 могут быть сварены для создания герметичного уплотнения 262. Насколько это целесообразно, лакирующий материал может быть удален (например, таким способом, как станочная обработка или травление и т.д.) для обнажения другого металла в многослойном материале. Соответственно этому в некоторых вариантах исполнения уплотнение 62 может предусматривать сварку алюминия с алюминием. Сварка алюминия с алюминием может быть дополнена другими крепежными средствами, насколько это уместно.

Для герметизации оболочки 207 могут быть применены другие способы. Например, могут быть ис-

пользованы лазерная сварка, TIG-сварка, контактная сварка, ультразвуковая сварка и другие формы механической герметизации. Однако следует отметить, что традиционные формы механического уплотнения по отдельности не являются достаточными для обеспечения прочного герметичного уплотнения, предлагаемого в суперконденсаторе 210.

В некоторых вариантах исполнения для внутренних компонентов используют многослойный материал. Например, алюминий может быть плакирован нержавеющей сталью для создания многослойного материала по меньшей мере у одного из выводов 208. В некоторых из этих вариантов исполнения часть алюминия может быть удалена для обнажения нержавеющей стали. Затем открытая нержавеющая сталь может быть использована для присоединения вывода 208 к проходному контакту 219 с использованием простых сварочных процедур.

Применение плакированного материала для внутренних компонентов может потребовать конкретных вариантов исполнения плакированного материала. Например, может быть благоприятным применение плакированного материала, который включает алюминий (нижний слой), нержавеющую сталь и/или тантал (промежуточный слой) и алюминий (верхний слой), что тем самым ограничивает воздействие внутренней среды суперконденсатора 210 на нержавеющую сталь. Эти варианты исполнения могут быть усилены, например, дополнительным покрытием из полимерных материалов, таких как PTFE.

Как правило, сборка оболочки часто включает стадии, в которых размещают аккумуляторный элемент 212 внутри корпуса 220 и заполняют корпус 220 электролитом 206. Может быть выполнен процесс высушивания. Примерное высушивание включает нагревание корпуса 220 с аккумуляторным элементом 212 и электролитом 206 в нем, часто при пониженном давлении (например, в вакууме). Когда было проведено надлежащее (необязательное) высушивание, могут быть выполнены конечные стадии сборки. В конечных стадиях производят внутренние электрические соединения, устанавливают крышку 224 и крышку 224 герметично уплотняют на корпусе 220, например привариванием крышки 224 к корпусу 220.

Соответственно этому создание оболочки 207, которая обладает преимуществами многослойного материала, приводит к энергоаккумулирующему устройству, которое проявляет ток утечки со сравнительно низкими начальными значениями и значительно более медленным возрастанием тока утечки со временем по сравнению с прототипом. Важно то, что ток утечки энергоаккумулирующего устройства остается на практически приемлемых (т.е. желательных низких) уровнях, когда суперконденсатор 210 подвергается воздействию температур окружающей среды, при которых прототипные конденсаторы проявляли бы недопустимо высокие начальные значения тока утечки и/или неприемлемо быстрые возрастания тока утечки со временем.

В дополнение суперконденсатор 210 может проявлять другие благоприятные свойства как результат подавления реакции между оболочкой 207 и аккумуляторным элементом 212. Например, эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) энергоаккумулирующего устройства может проявлять сравнительно более низкие значения со временем. Кроме того, нежелательные химические реакции, которые происходят в конденсаторе согласно прототипу, часто создают нежелательные эффекты, такие как газы, выделение, или в случае герметично закрытой оболочки раздутие оболочки 207. В обоих случаях это ведет к нарушению структурной целостности оболочки 207 и/или герметичного уплотнения энергоаккумулирующего устройства. В конечном итоге это может приводить к утечкам или катастрофическому отказу прототипного конденсатора. Эти эффекты могут быть в значительной мере сокращены или устранены применением представляемого барьера.

Соответственно этому пользователи теперь имеют в распоряжении оболочку 207 энергоаккумулирующего устройства, где значительная часть внутренних поверхностей вплоть до всех таковых оболочки 207 составлены алюминием (и могут включать индифферентный материал, как описано ниже). Таким образом, предотвращаются проблемы с внутренней коррозией, и конструкторы получают большую свободу действий в выборе надлежащих материалов для электролита 206.

Применением многослойного материала (например, плакированного материала) в оболочку 207 может быть введена нержавеющая сталь, и такие компоненты могут быть использованы со стеклометаллическими уплотнениями. Компоненты могут быть приварены к состоящей из нержавеющей стали стороне плакированного материала с использованием таких способов, как лазерная или контактная сварка, тогда как алюминиевая сторона плакированного материала может быть сварена с другими алюминиевыми деталями (например, корпусом 220).

В некоторых вариантах исполнения для покрытия частей оболочки 207 может быть использована полимерная изоляция. Этим путем можно обеспечить то, что компоненты энергоаккумулирующего устройства находятся в контакте только с металлами приемлемых типов (такими как алюминий). Примерные полимеры для изоляции включают PFA, FEP, TFE (тетрафторэтиленовый сополимер) и PTFE. Пригодные полимеры (или другие материалы) ограничены только нуждами конструктора системы или изготовителя и свойствами соответствующих материалов. Могла бы быть сделана ссылка на фиг. 22, где небольшое количество изоляционного материала 239 предусмотрено для ограничения воздействия электролита 206 на нержавеющую сталь втулки 251 и проходного контакта 219. В этом примере вывод 208 соединяют с проходным контактом 219 таким способом как сварка и затем покрывают изоляционным материалом 239.

С привлечением теперь фиг. 23 изображены аспекты сборки крышки 224 в еще одном варианте исполнения. Фиг. 23А изображает шаблон (т.е. заготовку 234), которую используют для создания корпуса крышки 224. Шаблон в основном имеет размеры для соответствия оболочке 207 аккумуляторного элемента (такого как суперконденсатор 210) надлежащего типа. Крышка 224 может быть сформирована способом, в котором сначала создают шаблон с образованием заготовки, включающей куполообразный выступ 237 внутри шаблона (показано в фиг. 23В), и затем проделывают отверстие в куполообразном выступе 237 для образования прохода 232 (показано в фиг. 23С). Конечно, заготовка 234 (например, круглый кусок сырьевого материала) может быть сформирована прессованием или иным образом изготовлена, чтобы одновременно образовать вышеуказанные геометрические элементы.

Как правило, и в отношении этих вариантов исполнения крышка может быть сформирована из алюминия или из его сплава. Однако крышка может быть выполнена из любого материала, который представляется пригодным изготовителю, пользователю, конструктору и тому подобным. Например, крышка 224 может быть изготовлена из стали и пассивирована (то есть покрыта инертным покрытием), или иным путем приготовлена для применения в оболочке 207.

Теперь опять со ссылкой на фиг. 24 показан еще один вариант исполнения электродного сборного узла 250. В этих вариантах исполнения электродный сборный узел 250 включает проходной контакт 219 и материал полусферической формы, размещенный вокруг проходного контакта 219. Материал полусферической формы служит в качестве изолятора 226 и, как правило, имеет форму для соответствия куполообразному выступу 237. Полусферический изолятор 226 может быть изготовлен из любого подходящего материала для создания герметичного уплотнения, в то же время выдерживающего химическое воздействие электролита 206. Примерные материалы включают PFA (перфторалкоксиполимер), FEP (фторированный этиленпропиленовый сополимер), PVF (поливинилфторид), TFE (тетрафторэтилен), CTFE (хлортрифторэтилен), PCTFE (полихлортрифторэтилен), ETFE (полиэтилентетрафторэтиленовый сополимер), ECTFE (полиэтиленхлортрифторэтиленовый сополимер), PTFE (политетрафторэтилен), еще один материал на основе фторполимера, а также любой другой материал, который может проявлять сходные свойства (в переменной степени) и обеспечивать удовлетворительные технические характеристики (например, проявляя, помимо всего прочего, высокую устойчивость к растворителям, кислотам и основаниям при высоких температурах, низкую стоимость, и т.п.).

Проходной контакт 210 может быть сформирован из алюминия или его сплава. Однако проходной контакт 219 может быть выполнен из любого материала, который представляется пригодным изготовителю, пользователю, конструктору и т.п. Например, проходной контакт 219 может быть изготовлен из стали и пассивирован (то есть покрыт инертным покрытием, таким как кремний) или иным образом приготовлен для применения в электродном сборном узле 250. Один примерный способ пассивации включает стадии, в которых осаждают покрытие из гидрированного аморфного кремния на поверхность подложки и функционализируют покрытую подложку воздействием на подложку сшивающего реагента, имеющего по меньшей мере одну ненасыщенную углеводородную группу, под давлением и при повышенной температуре в течение эффективного периода времени. Покрытие из гидрированного аморфного кремния осаждают способом, в котором подвергают подложку воздействию газообразного гидрида кремния под давлением и при повышенной температуре в течение эффективного периода времени.

Полусферическому изолятору 226, сравнительно с куполообразным выступом 237, могут быть приданы такие размеры, чтобы достигалась скользящая посадка (то есть герметичное уплотнение) при сборке в крышке 224. Полусферический изолятор 226 не обязательно должен иметь идеально симметричные или классические полусферические пропорции. То есть полусферический изолятор 226 является, по существу, полусферическим и может включать, например, незначительные корректировки размеров, небольшой фланец (такой как у основания) и прочие особенности, насколько это представляется целесообразным. Полусферический изолятор 226, как правило, формируют из однородного материала, однако это не является обязательным условием. Например, полусферический изолятор 226 может включать тороидальную структуру (не показано), заполненную воздухом или газом, для обеспечения желательного расширения или способности к сжатию.

Как показано в фиг. 25, электродный сборный узел 250 может быть вставлен в шаблон (то есть в формованную заготовку 234) для создания крышки 224 согласно одному варианту исполнения, который предусматривает полусферическое герметичное уплотнение.

Как показано в фиг. 26, в разнообразных вариантах исполнения фиксатор 243 может быть соединен или иным образом сопряжен с дном крышки 224 (то есть участком крышки 224, которая обращена к внутренности оболочки 207 и обращена к аккумуляторному элементу 212). Фиксатор 243 может быть связан с крышкой 224 с помощью разнообразных способов, таких как сварка алюминия (такая как лазерная, ультразвуковая и т.п.). Для соединения могут быть применены другие способы, включающие, например, штампование (то есть механическое связывание) и пайку твердым припоем. Соединение может быть выполнено, например, вдоль периметра фиксатора 243. Как правило, соединение производят по меньшей мере в одной точке связывания для создания желательного уплотнения 271. По меньшей мере один фиксатор, такой как многочисленные заклепки, может быть использован для уплотнения изолятора 226 внутри фиксатора 243.

В примере согласно фиг. 26 крышка 224 имеет вогнутую конструкцию (смотри фиг. 17В). Однако могут быть применены другие конструкции. Например, может быть предусмотрена выпуклая крышка 224 (фиг. 17С) и также может быть применена надеваемая поверх крышка 224 (вариант варианта исполнения из фиг. 17С, который конфигурирован для монтажа, как изображено в фиг. 21С).

В некоторых вариантах исполнения по меньшей мере одна деталь из оболочки 207 и крышки 224 включает материалы, которые содержат многочисленные слои. Например, первый слой материала может включать алюминий, со вторым слоем материала, выполненным из нержавеющей стали. В этом примере нержавеющая сталь представляет собой плакирующее покрытие на алюминии, тем самым создавая материал, который проявляет желательную комбинацию металлургических свойств. То есть в приводимых здесь вариантах исполнения алюминий обращен к внутренности аккумуляторного элемента (то есть оболочки), тогда как нержавеющая сталь обращена наружу. Этим путем используются выгодные электрические свойства алюминия, в то время как конструкционные характеристики (и металлургические свойства, то есть свариваемость) нержавеющей стали составляют основу конструкции. Многослойный материал может включать дополнительные слои, насколько это представляется целесообразным. Это благоприятным образом обеспечивает возможность сварки нержавеющей стали с нержавеющей сталью, что является относительно простой процедурой сварки.

Материал, применяемый для крышки, а также для проходного контакта 219, может быть выбран с учетом теплового расширения полусферического изолятора 226. Кроме того, способ изготовления также может быть рассчитан с учетом теплового расширения. Например, когда собирают крышку 224, изготовитель может прилагать давление к полусферическому изолятору 226, тем самым, по меньшей мере, в какой-то мере сжимая полусферический изолятор 226. Этим путем, по меньшей мере, при некотором тепловом расширении крышки 224 это происходит без опасности влияния на эффективность герметичного уплотнения.

В то время как материал, используемый для формирования корпуса 220, включает алюминий, пригоден алюминий или алюминиевый сплав любого типа (все из которых в широком смысле называются здесь "алюминием"), который представляется подходящим конструктору или изготовителю. Разнообразные сплавы, многослойные композиты и тому подобные могут быть размещены поверх (то есть в виде плакирования) алюминия (причем алюминий обращен внутрь корпуса 220). Дополнительные материалы (такие как конструкционные материалы или электрически изоляционные материалы, такие как некоторые материалы на основе полимеров) могут быть использованы в дополнение к корпусу и/или оболочке 207. Материалы, размещенные поверх алюминия, могут быть выбраны подобным образом, как представляется целесообразным конструктору или изготовителю.

Применение алюминия не является обязательным или требуемым. Короче говоря, выбор материала может предусматривать применение любого материала, который представляется подходящим конструктору, изготовителю или пользователю и т.п. Могут быть приняты во внимание разнообразные факторы, например, такие как сокращение электрохимического взаимодействия с электролитом 206, конструкционные характеристики, стоимость и т.п..

Теперь будет приведено более подробное обсуждение аккумуляторного элемента 212. С привлечением фиг. 27 представлен вид в разрезе суперконденсатора 210. В этом примере аккумуляторный элемент 212 вставлен внутрь корпуса 220 и содержится в нем. Многочисленные проводники объединены вместе в жгут и соединены каждый с оболочкой 207 как одним из выводов 208. В некоторых вариантах исполнения многочисленные проводники соединены с дном корпуса 220 (на внутренней стороне), тем самым превращая корпус 220 в отрицательный контакт 255. Подобным образом, другие многочисленные проводники объединены в жгут и соединены с проходным контактом 219, образуя положительный контакт 256. Электрическая изоляция отрицательного контакта 255 и положительного контакта 256 обеспечивается электрическим изолятором 226. Как правило, присоединение проводников выполняют с помощью сварки, такой как по меньшей мере одна из лазерной и ультразвуковой сварки. Конечно, могут быть применены другие способы, насколько это представляется целесообразным.

Должно быть понятно, что для обеспечения высокоэффективного хранения энергии требуются надежные способы сборки. Соответственно этому теперь обсуждаются некоторые из способов сборки.

Со ссылкой теперь на фиг. 28 показаны компоненты примерного электрода 203. В этом примере электрод 203 будет использован в качестве отрицательного электрода 203 (однако, это обозначение является произвольным и предназначено только для упоминания).

Как можно отметить из иллюстрации, по меньшей мере, в этом варианте исполнения сепаратор 205, как правило, является более длинным и более широким, чем энергоаккумулирующая среда 201 (и токовый коллектор 202). При использовании более обширного сепаратора 205 обеспечивается защита от короткого замыкания отрицательного электрода 203 с положительным электродом 203. Также предусматривается применение дополнительного материала в сепараторе 205 для лучшей электрической защиты проводников и вывода 208.

Теперь с привлечением фиг. 29 представлен вид сбоку одного варианта исполнения аккумуляторного элемента 212. В этом примере слоистая стопа энергоаккумулирующей среды 201 включает первый сепаратор 205 и второй сепаратор 205 таким образом, что электроды 203 электрически разделены, когда

аккумуляторный элемент 212 собирают в рулонный аккумуляторный элемент 223. Следует отметить, что термин "положительный" и "отрицательный" в отношении электрода 203 и сборки суперконденсатора 210 является исключительно произвольным, и имеет отношение к функциональности, когда суперконденсатор 210 собран, и в нем сохраняется заряд. Эта договоренность, которая стала общепринятой в технологии, не означает того, что заряд сохраняется до сборки, или подразумевает любой другой аспект, иной, нежели указание на физическую идентификацию различных электродов.

Перед сматыванием аккумуляторного элемента 212 отрицательный электрод 203 и положительный электрод 203 выравнивают относительно друг друга. Выравнивание электродов 203 обеспечивает лучшую производительность суперконденсатора 210, так как длина пути ионного транспорта, как правило, сводится к минимуму, когда достигается наивысшая степень выравнивания. Кроме того, при соблюдении высокой степени выравнивания не требуется избыточный сепаратор 205, и в результате не ухудшается эффективность суперконденсатора 210.

С обращением теперь также к фиг. 30 показан один вариант исполнения аккумуляторного элемента 212, в котором электроды 203 были скатаны с образованием рулонного аккумуляторного элемента 212. Один из сепараторов 205 присутствует в качестве самого наружного слоя аккумуляторного элемента 212 и отделяет энергоаккумулирующую среду 201 от внутренней поверхности оболочки 201.

"Согласование по полярности" может быть выполнено для согласования полярности самого наружного электрода в рулонном аккумуляторном элементе 223 с полярностью корпуса 220. Например, в некоторых вариантах исполнения отрицательный электрод 203 находится на самой наружной стороне плотно скатанной упаковки, которая образует рулонный аккумуляторный элемент 223. В этих вариантах исполнения обеспечивается еще одна степень гарантии против короткого замыкания. То есть где отрицательный электрод 203 соединен с корпусом 220, отрицательный электрод 203 является таким, который размещен как самый наружный электрод в рулонном аккумуляторном элементе 223. Соответственно этому, если бы сепаратор 205 оказался непригодным, например, вследствие механического износа, обусловленного вибрацией суперконденсатора 210 во время применения, суперконденсатор 210 не выйдет из строя в результате короткого замыкания между самым наружным электродом в рулонном аккумуляторном элементе 223 и корпусом 220.

Для каждого варианта исполнения рулонного аккумуляторного элемента 223, по меньшей мере, на сепараторе 205 может быть установочная метка 272. Установочная метка 272 будет использована для указания местоположения проводников на каждом из электродов 203. В некоторых вариантах исполнения местоположение проводников задается расчетом. Например, если принимать во внимание внутренний диаметр скатанного рулона и общую толщину объединенных сепараторов 205 и электродов 203, то может быть оценено местоположение для размещения каждого из проводников. Однако практика показала, что более результативным и эффективным является применение установочной метки 272. Установочная метка 272 может включать, например, прорезь на кромке сепаратора(-ов) 205.

Как правило, установочную метку 272 используют для каждой новой спецификации аккумуляторного элемента 212. То есть когда в новой спецификации аккумуляторного элемента 212 может потребоваться иная толщина по меньшей мере одного слоя в нем (сравнительно с предыдущим вариантом исполнения), применение прежних установочных меток может быть, по меньшей мере, несколько неточным.

Как правило, установочная метка проявляется как одиночная радиальная линия, которая пересекает рулон от его центра до его периферии. Соответственно этому, когда проводники монтируют вдоль установочной метки 272, каждый проводник будет выровнен в одну линию с остальными проводниками (как показано в фиг. 32). Однако когда аккумуляторный элемент 212 является размотанным (в вариантах исполнения, где аккумуляторный элемент 212 является или будет становиться рулоном), установочную метку 272 можно рассматривать как многочисленные маркировки (как показано в фиг. 31). По традиции независимо от варианта исполнения или внешнего вида маркировки аккумуляторного элемента 212 идентификация местоположения для введения проводника рассматривается как включающая определение "установочной метки 272" или "набора установочных меток 272".

С привлечением теперь фиг. 31, как только была выполнена установочная метка 272 (такая как маркировкой размотанного аккумуляторного элемента 212), определяется местоположение монтажа для размещения каждого из проводников (то есть описываемое установочной меткой 272). Когда было идентифицировано местоположение монтажа для любой данной спецификации по сборке аккумуляторного элемента 212, относительное положение каждого места монтажа может быть повторено для дополнительных примеров конкретной конструкции аккумуляторного элемента 212.

Как правило, каждый проводник соединяют с соответствующим токовым коллектором 202 в аккумуляторном элементе 212. В некоторых вариантах исполнения как токовый коллектор 202, так и проводник изготавливают из алюминия. Как правило, проводник соединяют с токовым коллектором 202 по ширине, W , однако проводник может быть присоединен только на участке ширины, W . Соединение может быть выполнено, например, с помощью ультразвуковой сварки для крепления проводника к токовому коллектору 202. Для выполнения присоединения, по меньшей мере, некоторая часть энергоаккумулирующей среды 201 может быть удалена (насколько целесообразно), чтобы каждый проводник надлежа-

шим образом был присоединен к токовому коллектору 202. Могут быть сделаны другие приготовления и операции, насколько это представляется уместным, для выполнения присоединения.

Разумеется, могут быть включены противоположащие установочные метки 273. То есть таким же образом, как сформированы установочные метки 272, может быть выполнен набор противоположащих установочных меток 273 для расчета монтажа проводников противоположной полярности. То есть установочные метки 272 могут быть использованы для монтажа проводников к первому электроду 203, такому как отрицательный электрод 203, тогда как противоположащие установочные метки 273 могут быть использованы для монтажа проводников к положительному электроду 203. В варианте исполнения, где рулонный аккумуляторный элемент 212 является цилиндрическим, противоположащие установочные метки 273 располагаются на противоположной стороне энергоаккумулирующей среды 201 и смещены в продольном направлении относительно установочных меток 272 (как изображено).

Следует отметить, что в фиг. 31 как установочные метки 272, так и противоположащие установочные метки 273 показаны размещенными на одиночном электроде 203. То есть фиг. 31 изображает вариант исполнения, который приведен только для иллюстрации пространственного (то есть линейного) соотношения установочных меток 272 и противоположащих установочных меток 273. Это не означает того, что положительный электрод 203 и отрицательный электрод 203 совместно используют энергоаккумулирующую среду 201. Однако следует отметить, что в ситуациях, где установочные метки 272 и противоположащие установочные метки 273 размещают сворачиванием аккумуляторного элемента 212 и затем маркируют сепаратор 205, эти установочные метки 272 и противоположащие установочные метки 273 действительно могут быть размещены на одиночном сепараторе 205. Однако на практике использовали бы только один набор установочных меток 272 и противоположащих установочных меток 273 для монтажа проводников для любого данного электрода 203. То есть должно быть понятно, что изображенный в фиг. 31 вариант исполнения должен быть дополнен еще одним слоем энергоаккумулирующей среды 201 для еще одного электрода 203, который будет иметь противоположную полярность.

Как показано в фиг. 32, вышеуказанный способ сборки приводит к аккумуляторному элементу 212, который включает по меньшей мере один набор упорядоченных проводников. Первый набор упорядоченных проводников 291 в особенности полезен при соединении аккумуляторного элемента 212 в его форме рулонного аккумуляторного элемента 223 с одним из отрицательного контакта 255 и положительного контакта 256, тогда как набор противоположащих упорядоченных проводников 292 предназначен для соединения энергоаккумулирующей среды 201 с противоположным контактом (255, 256).

Рулонный аккумуляторный элемент 223 может быть заключен в обертку 293. Обертка 293 может быть образована в виде ленты КАРТОН™ (которая представляет собой полиимидную пленку, разработанную фирмой DuPont, Уилмингтон, Делавэр), или ленты из PTFE. В этом примере лента КАРТОН™ охватывает рулонный аккумуляторный элемент 223 и приклеена к нему. Обертка 293 может быть предусмотрена без клеящего средства, будучи плотно посаженной оберткой 293, которую натянули на рулонный аккумуляторный элемент 223. Обертка 293 может представлять собой более, чем мешочек, такой как мешочек, который в основном охватывает рулонный аккумуляторный элемент 223 (например, такой как обсуждаемый выше пакет 273). В некоторых из этих вариантов исполнения обертка 293 может включать материал, который действовал бы как усадочный упаковочный материал, и тем самым обеспечивал бы эффективное физическое (и в некоторых вариантах исполнения, химическое) ограждение рулонного аккумуляторного элемента 223. Как правило, обертку 293 формируют из материала, который не препятствует электрохимическим функциям суперконденсатора 210. Обертка 293 также может создавать частичное покрытие, если необходимо, например, чтобы способствовать вставлению рулонного аккумуляторного элемента 223.

В некоторых вариантах исполнения отрицательные проводники и положительные проводники размещают на противоположных сторонах рулонного аккумуляторного элемента 223 (в случае рулонного аккумуляторного элемента 223 типа "рулета", проводники с отрицательной полярностью и проводники с положительной полярностью могут быть расположены диаметрально). Как правило, размещение проводников с отрицательной полярностью и проводников с положительной полярностью на противоположных сторонах рулонного аккумуляторного элемента 212 выполняют для упрощения конструкции рулонного аккумуляторного элемента 223, а также для создания улучшенной электрической изоляции.

В некоторых вариантах исполнения после сборки упорядоченных проводников 291, 292 каждый из многочисленных упорядоченных проводников 291, 292 скручивают в жгут с другими (в этом месте) так, чтобы вокруг многочисленных упорядоченных проводников 291, 292 могла быть расположена усадочная обертка (не показана). Как правило, усадочную обертку формируют из PTFE, однако может быть использован любой совместимый материал. В некоторых вариантах исполнения, когда усадочный оберточный материал был размещен вокруг упорядоченных проводников 291, 292, упорядоченные проводники 291 складывают в форме, которая предполагается для собранного суперконденсатора 210. То есть со ссылкой на фиг. 33 можно видеть, что упорядоченные проводники принимают форму "Z". После придания формы "Z-складки" упорядоченным проводникам 291, 292 и нанесения усадочной обертки усадочная обертка может быть нагрета или иным образом активирована так, чтобы обертка претерпела усадку на месте во-

круг упорядоченных проводников 291, 292. Соответственно этому в некоторых вариантах исполнения упорядоченные проводники 291, 292 могут быть упрочнены и защищены оберткой. Применение формы "Z-складки" в особенности полезно при присоединении энергоаккумулирующей среды 201 к проходному контакту 219, размещенному внутри крышки 224.

Конечно, могут практиковаться другие варианты исполнения для присоединения каждого набора упорядоченных проводников 291, 292 (то есть каждого вывода 208) к соответствующему контакту 255, 256. Например, в одном варианте исполнения промежуточный проводник присоединяют к одному из проходных контактов 210 и к оболочке 207, чтобы упростить соединение с соответственным набором упорядоченных проводников 291, 292.

Применяемые материалы могут быть выбраны соответственно таким свойствами, как реакционная способность, диэлектрическая проницаемость, температура плавления, адгезия к другим материалам, свариваемость, коэффициент трения, стоимость и прочие такие факторы. Для создания желательных свойств могут быть применены комбинации материалов (такие как наслоенные, смешанные или объединенные иным путем).

В разнообразных вариантах исполнения полезно применение многочисленных суперконденсаторов 210 совместно для создания источника питания. Для обеспечения надежной работы индивидуальные суперконденсаторы 210 могут быть заблаговременно испытаны до применения. Для выполнения тестирования разнообразных типов каждый из суперконденсаторов 210 может быть испытан как одиночная ячейка в последовательном или в параллельном соединении с многочисленными суперконденсаторами 210. Применение различных металлов, соединенных разнообразными способами (такими как сварка), может снизить ESR соединения, а также повысить прочность соединений. Теперь приводятся некоторые аспекты соединений между суперконденсаторами 210.

В некоторых вариантах исполнения суперконденсатор 210 включает два контакта. Два контакта представляют собой штекер (то есть проходной контакт 219) со стеклометаллическим уплотнением и всю остальную оболочку 207. При последовательном соединении многочисленных суперконденсаторов 210 часто желательно предусматривать межсоединение между дном оболочки 207 (в случае цилиндрической формы оболочки 207), чтобы минимизировать расстояние до внутренних проводников, и поэтому достигнуть минимального сопротивления. В этих вариантах исполнения противоположный конец межсоединения обычно соединяют со штекером стеклометаллического уплотнения.

Что касается межсоединений, сварное соединение общеупотребительного типа включает применение сварочного устройства с параллельным наконечником для контактной сварки. Сварной шов может быть выполнен размещением одного конца межсоединения над штекером и сваркой межсоединения непосредственно со штекером. Применение нескольких сварных швов будет повышать прочность и связывание между межсоединением и штекером. Как правило, при приваривании к штекеру конфигурирование конца межсоединения для лучшего сопряжения со штекером служит для обеспечения того, что, по существу, никакой избыточный материал не перекрывает штекер так, что это вызвало бы короткое замыкание.

Противоположный наконечник сварочного устройства для контактной сварки может быть использован для приваривания межсоединения к штекеру, тогда как ультразвуковое сварочное устройство может быть применено для приваривания межсоединения к дну оболочки 207. Может быть использован способ пайки, когда применяемые металлы являются совместимыми.

В отношении материалов, используемых в межсоединениях, материалом обычного типа, применяемого для межсоединения, является никель. Никель может быть использован потому, что он хорошо сваривается с нержавеющей сталью и создает прочный стык. Вместо никеля могут быть применены другие металлы и сплавы, например, для снижения сопротивления в межсоединении.

Как правило, материал, выбранный для межсоединения, подбирают по совместимости с материалами штекера, а также материалами оболочки 207. Примерные материалы включают медь, никель, тантал, алюминий и плакированную никелем медь. Дополнительные металлы, которые могут быть применены, включают серебро, золото, латунь, платину и олово.

В некоторых вариантах исполнения, таких, где штекер (то есть проходной контакт 219) изготовлен из тантала, для межсоединения может быть использован промежуточный металл, такой как при соединении соединения перемычкой. Одно примерное соединение перемычкой включает полосу из тантала, которая была модифицирована применением противоположного наконечника сварочного устройства для контактной сварки, чтобы приварить полосу из алюминия/меди/никеля к перемычке. Затем используют параллельное контактное сварочное устройство для приваривания танталовой полоски к танталовому штекеру.

Перемычка также может быть использована на контакте, который представляет собой оболочку 207. Например, ко дну оболочки 207 может быть контактной сваркой приварен кусочек никеля. Этот способ помогает снизить сопротивление межсоединений между ячейками. Применение различных металлов для каждого соединения может снизить ESR межсоединений между последовательно соединенными ячейками.

Имея в виду описанные таким образом аспекты надежного суперконденсатора 210, который приме-

ним для высокотемпературных условий окружающей среды (то есть до около 210°C), теперь приведены и/или определены некоторые дополнительные аспекты.

В конструкции суперконденсатора 210 могут быть использованы многообразные материалы. Целостность суперконденсатора 210 является существенной, если должен быть исключен доступ кислорода и влаги и должна быть предотвращена утечка электролита 206. Для выполнения этого герметизирующие сварные швы и любые другие точки уплотнения должны соответствовать стандартам для герметичности в пределах предполагаемого эксплуатационного температурного диапазона. Кроме того, выбранные материалы должны быть совместимы с другими материалами, такими как ионные жидкости и растворители, которые могут быть применены в составе электролита 206.

В некоторых вариантах исполнения проходной контакт 219 сформируют из такого металла, как по меньшей мере один из сплавов KOVAR™ (торговая марка фирмы Carpenter Technology Corporation, Пенсильвания, где KOVAR представляет собой выплавляемый в вакууме железо-никель-кобальтовый сплав с низким коэффициентом теплового расширения, химический состав которого регулируется в пределах узкого диапазона для обеспечения точных равномерных характеристик теплового расширения), сплав 252 (железоникелевый сплав, пригодный для герметичного соединения стекла и керамики с металлом), тантал, молибден, ниобий, вольфрам, нержавеющая сталь марки 446 (ферритная, не подвергаемая термической обработке нержавеющей сталь, которая обеспечивает хорошую устойчивость к высокотемпературной коррозии и окислению) и титан.

Корпуса стеклометаллических уплотнений, которые имеют вышеуказанные преимущества, могут быть изготовлены из нержавеющей стали 300 серии, таких как сплавы 304, 304L, 316 и 316L. Корпуса также могут быть сделаны из такого металла, как по меньшей мере один из разнообразных никелевых сплавов, таких как Inconel (семейство аустенитных жаропрочных сплавов на хромоникелевой основе, которые представляют собой устойчивые к окислению и коррозии материалы, хорошо пригодные для работы в экстремальных условиях окружающей среды, будучи подвергаемыми воздействию давления и тепла), и Hastelloy (металлический сплав с высокой коррозионной стойкостью, который включает никель и присутствующие с разнообразным процентным содержанием молибден, хром, кобальт, железо, медь, марганец, титан, цирконий, алюминий, углерод и вольфрам).

Изоляционный материал между проходным контактом 219 и окружающим корпусом в стеклометаллическом уплотнении типично представляет собой стекло, состав которого является собственностью каждого изготовителя уплотнений и зависит от того, находится ли уплотнение под давлением или является пригнанным. В стеклометаллическом уплотнении могут быть применены другие изоляционные материалы. Например, в уплотнении могут быть использованы разнообразные полимеры. Как таковой, термин "стеклометаллическое" уплотнение является исключительно описательным для типа уплотнения и не обязательно предусматривает то, что уплотнение должно включать стекло.

Оболочка 207 для суперконденсатора 210 может быть выполнена, например, из нержавеющей стали марок 304, 304L, 316 и 316L. Она также может быть сформирована, без ограничения этим, из некоторых алюминиевых сплавов, таких как 1100, 3003, 5052, 4043 и 6061. Могут быть применены разнообразные многослойные материалы и могут включать, например, алюминиевое плакирование на нержавеющей стали. Другие неограничивающие совместимые металлы, которые могут быть применены, включают платину, золото, родий, рутений и серебро.

Конкретные примеры стеклометаллических уплотнений, которые были использованы в суперконденсаторе 210, включают стеклометаллические уплотнения двух различных типов. Первый тип производится фирмой SCHOTT, находящейся в США, Элмсфорд, штат Нью-Йорк. В этом варианте исполнения используют штекер из нержавеющей стали, стеклянный изолятор и корпус из нержавеющей стали. Второе стеклометаллическое уплотнение производится фирмой HERMETIC SEAL TECHNOLOGY, Цинциннати, Огайо. В этом втором варианте исполнения применяют танталовый штекер, стеклянный изолятор и корпус из нержавеющей стали. Могут быть представлены разнообразные размеры в различных вариантах исполнения.

Один дополнительный вариант исполнения стеклометаллического уплотнения включает вариант исполнения, в котором применяют алюминиевое уплотнение и алюминиевый корпус.

Еще один дополнительный вариант исполнения стеклометаллического уплотнения включает алюминиевое уплотнение с использованием эпоксидных или других изоляционных материалов (таких как керамические материалы или кремний).

Ряд аспектов стеклометаллического уплотнения может быть конфигурирован сообразно желательной цели. Например, надлежащим образом могут быть модифицированы размеры оболочки и штекера и материал штекера и оболочки. Штекер также может представлять собой трубчатый или сплошной штекер, а также представлять многочисленные штекеры в одной крышке. В то время как большинство общепотребительных типов материалов, используемых для штекера, представляют собой сплавы нержавеющей стали, могут быть использованы омедненная нержавеющая сталь, молибден, платино-иридиевый сплав, разнообразные железоникелевые сплавы, тантал и прочие металлы, некоторые нетрадиционные материалы (такие как алюминий). Оболочку обычно формируют из нержавеющей стали, титана и/или

разнообразных других материалов.

При сборке суперконденсатора 210 могут быть применены многообразные способы крепления. Например, и в отношении сварки могут быть использованы разнообразные способы сварки. Нижеизложенное представляет иллюстративный список типов сварки и разнообразных целей, для которых может быть использована сварка каждого типа.

Ультразвуковая сварка, помимо всего прочего, может быть применена для: приваривания алюминиевых контактных выводов к токовому коллектору; привариванию столбиковых выводов к донному лакирующему покрытию; приваривания навесного соединительного провода (джампера) к лакированной перемычке, соединенной со штекером стеклометаллического уплотнения; и приваривания контактных выводов рулонного элемента друг к другу. Импульсная или контактная сварка может быть применена, помимо всего прочего, для приваривания проводников к дну крышки или к штекеру; приваривания проводников к токовому коллектору; приваривания джампера к лакированной перемычке; приваривания лакированной перемычки к выводу 208; приваривания проводников к донной крышке. Лазерная сварка, помимо всего прочего, может быть использована для приваривания крышки из нержавеющей стали к стакану из нержавеющей стали; приваривания перемычки из нержавеющей стали к выполненному из нержавеющей стали штекеру стеклометаллического уплотнения и приваривания пробки к заливочному отверстию. Аргонно-дуговая (TIG) сварка, помимо всего прочего, может быть использована для герметизации алюминиевых крышек с алюминиевым стаканом и наваривания герметизирующего сварного шва на алюминии, где он находится. Холодная сварка (спрессовывание металлов между собой с большим усилием) может быть применена, помимо всего прочего, для: уплотнения заливочного отверстия путем вдавливания с натягом алюминиевого шарика/кнопки в заливочное отверстие.

Теперь представлены физические аспекты одного примерного суперконденсатора 210. Следует отметить, что в нижеследующих таблицах терминология "контактный вывод" в основном имеет отношение к "проводнику", как обсуждалось выше; термины "перемычка" и "навесной соединительный провод (джампер)" также ссылаются на формы проводника (например, перемычка может быть соединена с проходным контактом, или "штекером", тогда как джампер применим для соединения перемычки с контактными выводами или проводниками). Применение разнообразных соединений может упрощать процесс сборки и использовать преимущества определенных способов сборки. Например, перемычка может быть приварена с помощью лазера или контактной сваркой к штекеру, и ультразвуковой сваркой соединена с джампером.

Фиг. 34-42 представляют графики, изображающие эксплуатационные характеристики примерных суперконденсаторов 210, и иллюстрируют технические характеристики суперконденсатора 210 при напряжении 1,75 В и температуре 125°C, а также технические характеристики суперконденсатора 210 при напряжении 1,5 В и температуре 150°C, и технические характеристики суперконденсатора 210 при напряжении 0,5 В и температуре 210°C. В этих последних примерах (при температуре 210°C) суперконденсатор 210 представлял собой закрытую ячейку (то есть оболочку). Суперконденсатор был циклирован 10 раз с зарядным и разрядным током 100 мА, заряжен до 0,5 В, подвергнут измерению сопротивления, разряжен до 10 мВ, оставлен стоять на 10 с и затем циклирован опять.

Как правило, суперконденсатор 210 может быть использован при разнообразных условиях окружающей среды и требованиях. Например, напряжение на выводах может варьировать от около 100 мВ до 10 В. Температуры окружающей среды могут варьировать от около -40 до 210°C. Типичные высокие температуры окружающей среды варьируют от 60 до 210°C.

С привлечением теперь фиг. 43 показаны примерные электронные устройства в сообщении по меньшей мере с одним источником 401 и по меньшей мере одним высокотемпературным перезаряжаемым энергоаккумулирующим устройством 402 (HTRES, которое может представлять собой, например, суперконденсатор 210). В этом неограничивающем примере источник 115 питания включает зарядное устройство (первая подсистема) для зарядки HTRES в сообщении с источником и HTRES. Вторая подсистема в сообщении с HTRES и нагрузкой может включать DC/DC-источник питания ("постоянный ток/постоянный ток") и/или DC/AC-источник питания ("постоянный ток/переменный ток"). В источник 115 питания могут быть включены разнообразные преобразователи мощности и могут быть использованы между источником и HTRES, а также между HTRES и нагрузкой.

Источник 401 энергии, который включен в источник 115 питания, может предусматривать разнообразные источники подводимой мощности. Источники подводимой мощности, как правило, могут быть подразделены на три категории. Категории включают первичные батареи, удаленные системы и генераторы.

В некоторых вариантах исполнения источник питания включает первичную батарею как часть источника 401 энергии. Примерные батареи включают такие, которые приспособлены к работе в суровых условиях. Конкретные примеры включают разнообразные химические батареи, в том числе батареи с литием. Более конкретные примеры включают литий-тионилхлоридные (Li-SOCl₂) батареи и батареи, основанные на подобных технологиях и/или химических принципах. Однако понятно, что некоторые из таких технологий могут оказаться непригодными для достижения желательных температурных показате-

телей, и что некоторые из этих технологий могут поддерживать хранение энергии только в течение короткого периода времени (то есть хранение энергии может предусматривать, например, элементы, которые не являются перезаряжаемыми или которые имеют укороченный срок службы по сравнению с другими элементами). Другие примерные батареи, которые могут быть включены в источник 115 питания, включают литий-бром-хлоридные, а также литий-сульфурилхлоридные и с расплавленной солью.

Источник 401 может предусматривать по меньшей мере одно соединение с удаленным источником питания. То есть энергия может подводиться от внешнего источника, например, по кабелю. Принимая во внимание, что внешние источники энергии не ограничены скважинным оборудованием, основная проблема в отношении принятия энергии включает способы и устройства для подведения энергии в ствол скважины. Примерные способы передачи энергии на каротажный зонд 100 и источник 115 питания включают трубу для прокладки проводов, трубопроводную систему с проводами, гибкие насосно-компрессорные трубы малого диаметра и прочие способы, какие могут быть известны в технологии.

Со ссылкой теперь на фиг. 44-50 показаны аспекты электрических схем преобразования энергии. Как показано в фиг. 44, один примерный вариант исполнения первой подсистемы 152 включает первое переключающее устройство 161 и второе переключающее устройство 162, а также дроссель фильтра 163. Внешний источник 151 энергии может соединяться с первой подсистемой 152 и с HTRES 402 (например, высокотемпературным суперконденсатором). Действие первого переключающего устройства 161 и второго переключающего устройства 162 может регулироваться для достижения характеристик ограничения тока и кондиционирования батареи, описанных выше. Более конкретно относительное функционирование во включенном состоянии первого переключающего устройства 161 и второго переключающего устройства 162 во взаимодополняющем режиме (продолжительность включения) может быть использовано для корректирования коэффициента преобразования и протекания тока. Примерная первая подсистема 152, показанная в фиг. 44, может быть применимой, когда напряжение внешнего источника 151 энергии является большим по значению по сравнению с напряжением на HTRES 402. Ограничение или регулирование тока может быть достигнуто с помощью системы управления с обратной связью (не показана).

Один примерный вариант исполнения второй подсистемы 153 включает преобразователи энергии, либо DC-DC, либо DC-AC, в зависимости от требований к оборудованию. Назначение второй подсистемы 153 может состоять в регулировании напряжения или тока, подаваемого на нагрузку (например, каротажный зонд 100 и/или скважинное электронное устройство 113). Благодаря емкостной природе HTRES 402, когда оно встроено с суперконденсатором, напряжение HTRES 402 может снижаться приблизительно линейно по мере выведения заряда из HTRES 402. Назначение второй подсистемы 153 тогда может состоять в регулировании напряжения или тока, подводимого к каротажному зонду 100, несмотря на варьирующее напряжение, поставляемое от HTRES 402. Ограничение или регулирование напряжения может быть достигнуто с помощью системы управления с обратной связью (не показана).

Как показано в фиг. 45, один примерный вариант исполнения второй подсистемы 153 может включать соответствующие варианты исполнения первого переключающего устройства 161, второго переключающего устройства 162, а также дроссель фильтра 163. Нагрузка может быть связана со второй подсистемой 153 и с HTRES 402. Действием соответствующих вариантов исполнения первого переключающего устройства 161 второго переключающего устройства 162 можно управлять для достижения желательных характеристик регулирования тока или напряжения, описанных выше. Более конкретно продолжительность включения относительного функционирования во включенном состоянии соответствующих вариантов исполнения первого переключающего устройства 161 и второго переключающего устройства 162 может быть использована для корректирования коэффициента преобразования и протекания тока или имеющегося напряжения. Примерная вторая подсистема 153, показанная в фиг. 45, может быть применимой, когда требуемое напряжение является большим по значению по сравнению с напряжением на HTRES 402. Ограничение или регулирование напряжения может быть достигнуто с помощью системы управления с обратной связью (не показана).

Как показано в фиг. 46, первая подсистема 152 и вторая подсистема 153 могут быть связаны между собой и с HTRES 402, а также составлять вариант исполнения источника 115 питания. В этом варианте исполнения примерный источник 115 питания может быть в особенности полезным, когда напряжение на клеммах внешнего источника 151 энергии является либо более высоким по значению, либо меньшим по значению по сравнению с напряжением на выводах нагрузки, пока напряжение на выводах HTRES 402 является меньшим по значению, чем эти оба.

Преобразователи энергии, как правило, могут иметь любую топологию. Неограничивающие примеры включают преобразователи, обычно называемые "buck", "boost", "buck-boost", "Cúk", "коммутируемый конденсатор" и изолированные варианты неизолированных преобразователей (например, "flyback", "forward"), а также каскадные схемы любых таких преобразователей (например, buck+boost).

Один примерный преобразователь 181 показан в фиг. 47. В этом примере преобразователь 181 представляет собой двунаправленный buck-конвертер. Этот вариант исполнения, помимо всего прочего, пригоден для применения в качестве преобразователя энергии, когда требуется меньшее выходное напряжение, чем входное напряжение.

Еще один примерный конвертер 181 показан в фиг. 48. В этом примере конвертер 181 представляет

собой двунаправленный boost-конвертер. Один дополнительный примерный преобразователь 181 показан в фиг. 49. В этом примере конвертер 181 представляет собой объединенный двунаправленный buck-boost-конвертер.

Один примерный вариант исполнения управляющего устройства 182 с обратной связью приведен в фиг. 50. Показанные в нем компоненты могут быть встроены в аналоговые или цифровые домены или в комбинацию, как определяется приемлемым для конструктора, изготовителя или пользователя. Управляющее устройство 182 с обратной связью может включать элементы для мониторинга и регулирования разнообразных характеристик. Например, управляющее устройство 182 с обратной связью может включать компоненты для частотной коррекции, широтно-импульсной модуляции, времени запаздывания для срабатывания защиты, ограничения коэффициента заполнения, обеспечения плавного пуска (то есть линейного повышения напряжения) и тому подобные.

Высокотемпературные электронные устройства применяются для обеспечения преобразования сигнала, телеметрии и силовой электроники и, как правило, приспособлены для работы при температурах вплоть до столь высоких, как около 200°C и в некоторых вариантах исполнения вплоть до 300°C. Неограничивающие варианты исполнения высокотемпературных электронных устройств включают активные устройства на основе дискретных и интегрированных стандартных микросхем с бескорпусными кремниевыми кристаллами и структур типа "кремний на диэлектрике", а также активные силовые модули на основе карбида кремния. Могут быть использованы некоторые имеющиеся в продаже на рынке рассчитанные на высокие температуры и низкотемпературные керамические пассивные компоненты (COG или NPO диэлектрики) и высокотемпературные магнитные пассивные компоненты. В примерных вариантах исполнения материал подложки для электрической схемы будет представлять собой полиимид, высокотемпературную эпоксидную смолу или керамические материалы на основе AlN (нитрида алюминия), которые выбирают за превосходную термическую стабильность и теплопроводность. В некоторых из этих вариантов исполнения межсоединения в схеме будут представлять собой межсоединения из устойчивого к окислению Au. В стратегиях монтажа будут использоваться методы перевернутого кристалла или соединения из золотой (Au) проволоки для активных компонентов на основе бескорпусных кристаллов с использованием высокотемпературного AuGe-припоя и/или подобные типы связывания. Однако для некоторых вариантов осуществления предполагается, что соединение Au-проволокой было бы преимущественным перед монтажом с перевернутым кристаллом вследствие дополнительного механического соответствия при наличии теплового расширения и ударных нагрузок и вибрации. Неисчерпывающий список поставщиков всех таких вышеуказанных компонентов приведен ниже в таблице.

Таблица 5

Поставщики высокотемпературных схемных элементов

Компонент	Поставщик
Транзисторы с бескорпусными SiC-кристаллами	Micross Components, Los Angeles, CA
Диоды Шоттки с бескорпусными SiC-кристаллами	Micross Components, CA
Линейные и цифровые схемы с бескорпусными Si- и SOI- («кремний-на-изоляторе»)-кристаллами	Minco Technology Labs LLC, Austin, TX
Керамические конденсаторы для поверхностного монтажа на основе COG, NPO-диэлектриков	Digikey, Minneapolis, MN
Керамические резисторы для поверхностного монтажа	Digikey, Minneapolis, MN
Магнетики с бескорпусными кристаллами	Minco Technology Labs LLC, Austin, TX
Керамическая печатная плата	Complete Hermetics, Santa Ana, CA
Контактные выводы, кристаллодержатели, корпуса Au-Ge-припой	HCC Ametek Ind., New Bedford, MA Hi-Rel Alloys, Ontario CA

В одном варианте исполнения зарядного устройства по меньшей мере для одного суперконденсатора 10 электронные устройства включают двухрежимный buck(понижающий)-конвертер с обратной связью, который ограничивает свой собственный ток в случае низкого напряжения по меньшей мере на одном суперконденсаторе 10, и в остальном регулирует его напряжение. В некоторых вариантах исполнения управляемый DC/DC-конвертер имеет надлежащую топологию для применения в регулируемом boost(повышающем)-конвертере с обратной связью в широком диапазоне входного напряжения для создания шины стабильного напряжения.

Квалифицированному специалисту в этой области технологии будет понятно, что источник 115 питания может быть использован в сочетании с технологиями и оборудованием в поддержании удельного сопротивления, емкостных характеристик, ядерных измерений, включающих импульсные нейтронные и гамма-измерения, пассивных измерений гамма-излучения, а также других, получения картин магнитного резонанса, акустических и/или сейсмических измерений, измерений потока, разнообразных протоколов отбора образцов, связи, обработки и хранения данных, работы забойной системы контроля параметров бурения и множества других требований для скважинного потребления энергии. Источник 115 питания также может снабжать энергией большое число дополнительных компонентов. Неограничивающие примеры включают акселерометры, магнитометры, датчики, преобразователи, цифровые и/или аналоговые устройства (в том числе такие, как перечисленные ниже) и тому подобные.

Помимо всего прочего, эксплуатационно-каротажный зонд 100 позволяет применять более дешевые, более прочные, более тонкие и более широкополосные кабели и линии связи. Благодаря, по меньшей мере, частично, свойствам энергоаккумулирующего устройства 42, применение традиционного медного кабеля 8 может быть заменено стальным кабелем, оптоволоконной линией и кабелями и линиями других типов. В некоторых вариантах исполнения эксплуатационно-каротажный зонд 100 действует независимо, например, когда оборудован автономным генератором 41. Примерные стали включают стали марок 304, 304L, 316 и 316L, а также углеродистую сталь. Как правило, тип стали будут выбирать по ее устойчивости к коррозии, механической прочности и электрической проводимости. Нержавеющая сталь марки 316 представляет собой наиболее подходящий вариант для некоторых долговечных скважинных компонентов, в том числе брони кабеля.

При включении HTRES в каротажный зонд становятся практичными новые типы кабелей и передающих сред. Например, HTRES может медленно заряжаться в режиме "компенсационного подзаряда" на протяжении относительно длительного периода времени, например в течение нескольких часов, и затем подавать энергию на остальной каротажный зонд для нормальной работы в относительно коротких всплесках, например в течение нескольких минут. В этом режиме работы сопротивление кабеля для передачи мощности может быть значительно более высоким, чем в прототипе. Например, кабель может использоваться со стальным внутренним проводником вместо прототипного кабеля с медным внутренним проводником. При поддержании фиксированного диаметра и выборе внутреннего проводника из углеродистой стали стоимость материала внутреннего проводника будет составлять приблизительно 13% от стоимости медного внутреннего проводника. Предел прочности на разрыв внутреннего проводника из углеродистой стали будет составлять приблизительно 7000% величины для внутреннего проводника из меди. Однако сопротивление внутреннего проводника из углеродистой стали будет составлять приблизительно 8500% сопротивления медного внутреннего проводника.

Для внутреннего проводника с сечением 22 AWG (Американский сортамент проводов) медный проводник проявлял бы сопротивление приблизительно 16,14 Ом на 1000 футов (304,8 м), тогда как внутренний проводник из углеродистой стали проявлял бы сопротивление приблизительно 137 Ом на 1000 футов (304,8 м). Типичная буровая скважина может потребовать применение кабеля длиной приблизительно 10000 футов (3048 м), давая соответственные величины сопротивления кабеля 161 и 1370 Ом соответственно. Для источника питания с напряжением 48 В на поверхности максимальные мощности, доступные на концах кабелей, составляют 3,57 Вт и 420 мВт соответственно. В то время как 3,57 Вт может быть достаточным для работы типичных каротажных приборов, 420 мВт были бы недопустимо ограниченными. С другой стороны, имея связанное с каротажным зондом HTRES, система может проводить компенсационный подзаряд с доступными 420 мВт, пока не будет накоплена достаточная энергия, и затем питать нагрузки в типичном каротажном зонде. Этот анализ предполагает, что кабель включает наружную проводящую броню, которая служит в качестве второго проводника, и что броня представляет незначительное сопротивление по сравнению с сопротивлением внутреннего проводника.

Вышеуказанный пример конструкции может быть подвергнут перестановке любым числом вариантов. Например, кабель может быть спроектирован имеющим меньший наружный диаметр, чем кабели согласно прототипу, опять же благодаря тому обстоятельству, что метод компенсационного подзаряда допускает более высокое сопротивление в кабеле. Например, кабель может быть спроектирован с внутренним проводником из проволоки размера 22 AWG, где внутренний проводник из проволоки с сечением 10 AWG требовался для прототипной конструкции. В этом примере полученный диаметр кабеля составляет приблизительно 25% прототипного кабеля. Преимущество меньшего диаметра кабеля проявляется в снижении помех для течения флюидов.

В кабеле также могут быть использованы более тонкие медные внутренние проводники. Может быть применено меньшее число проводников, например, в которых один проводник скорее передает всю необходимую мощность для нагрузок, нежели передает энергию через многочисленные проводники.

В одном варианте исполнения преимущество меньшего упрощенного кабеля может быть расширено полифункциональностью одного или немногих (по сравнению с прототипными конструкциями) проводников. Например, в то время как в конструкциях согласно прототипу многочисленные проводники использовались для подведения энергии для многочисленных форм работы каротажного прибора, одиночный проводник может быть применен для передачи всей требуемой мощности. В еще одном примере

одиночный проводник может быть использован для подведения всей нужной мощности для многочисленных каротажных приборов, таких как зонды, размещенные в различных местоположениях внутри ствола скважины. В такой конструкции каждый из каротажных зондов может включать управление своим соответствующим электронным устройством для выполнения компенсационного подзаряда соответствующего HTRES, в то же время снабжая энергией другие приборы. Например, алгоритм контроля может ограничивать отбор тока от кабеля таким образом, что результирующее напряжение на других приборах обеспечивает надлежащий ток на них. Такой алгоритм контроля может использовать изначально известные номинальные значения сопротивления кабеля, применяемого в этой ситуации, длину указанного кабеля, соответствующие длины указанного кабеля между приборами, и физический порядок следования соответствующих приборов вдоль ствола скважины. В еще одном примере одиночный проводник может быть монофункциональным для передачи как мощности, так и информации. Передача информации может быть двунаправленной, то есть от поверхности к зонду и от зонда к поверхности, или может быть однонаправленной. К примеру, электрический сигнал, например синусоидный, может быть наложен на номинальное напряжение постоянного (DC) тока. Указанная наложенная синусоида может быть модулирована по амплитуде или частоте для передачи информации на прибор. Еще один способ включает временное мультиплексирование мощности и передачи информации. Например, мощность может передаваться в течение периода времени, после которого информация передается в течение отдельного периода времени. Любое число других способов может быть использовано для комбинирования передачи информации и мощности в один групповой электрический сигнал или для монофункциональности одного или нескольких кабелей для передачи информации и мощности.

Поскольку сталь, как правило, является более устойчивой к коррозии и механическим напряжениям по сравнению с медью, также становятся практичными разнообразные конфигурации кабеля. Например, кабель может представлять собой простые витые жилы изолированных и стальных проводников с инкапсулированием или без него, но без брони, когда сероводород (H_2S) не присутствует в значительных концентрациях.

Могут стать практически целесообразными другие методы передачи мощности и информации. Например, оптоволоконный кабель может обеспечивать минимальное количество энергии и высокую скорость передачи информации с использованием лазерного излучения. Относительно минимальное количество передаваемой мощности может быть использовано как источник питания для компенсационного подзаряда HTRES. Например, преобразователи мощности излучения в электрическую энергию включают фотодиоды и фототранзисторы. Встраивание такого преобразователя в каротажный зонд, присоединение указанного зонда к оптоволоконной линии и присоединение указанной оптоволоконной линии к источнику света на поверхности создают средство для передачи как мощности, так и информации между поверхностью и зондом. Преимущественно то, что материалы, типично применяемые для изготовления оптоволоконной линии, как правило, менее чувствительны к коррозии по сравнению с электрическими (металлическими) проводниками и тем самым требуют меньшей защиты от воздействия скважинной среды.

Применение более прочных материалов кабеля, несмотря на более высокое удельное электрическое сопротивление, также может обеспечить возможность двойного использования кабеля для передачи электроэнергии и для механических целей. Например, броня, или инкапсулирование, или иным образом добавленная механическая поддержка кабеля для защиты или добавления прочности на растяжение в разнообразных методах транспортирования может не потребоваться, когда вместо медного внутреннего проводника применяют стальной внутренний проводник. В постоянном скважинном каротажном зонде с перемещением на трубе постоянный скважинный кабель (PDC) в прототипных конструкциях может быть бронированным для предотвращения механических напряжений на медном внутреннем проводнике во время опускания в ствол скважины, даже если PDC может не обеспечивать существенной поддержки при растяжении. В данной же конструкции стальной внутренний проводник создает до 150% большую прочность на сдвиг по сравнению с медными прототипными конструкциями, устраняя или сокращая необходимость в дополнительной защите. В еще одном примере кабель с внутренним проводником, сделанным из стального материала, может быть использован в каротажных работах в условиях эксплуатации, в которых прибор перемещается вертикально в стволе скважины. В этом примере кабель обеспечивает значительную поддержку против растяжения. Такая система может быть применена как для вертикального зондирования, так и для операций постоянного каротажа, например, она может перемещаться вертикально путем наматывания кабеля на барабан на поверхности, и затем он может быть оставлен в стволе скважины в фиксированном положении в течение длительного периода времени, например на несколько недель или месяцев. В некоторых вариантах исполнения в кабеле могут быть использованы стальные внутренние проводники или стальные проводники в параллельной, скрученной или иным образом спаренных конфигурациях. Другие материалы для указанного проводника также могут быть применены, как покажется целесообразным конструктору, для достижения компромисса между механической прочностью, коррозионной стойкостью, температурной стабильностью, электрическим сопротивлением, механической плотностью или ином. Примеры других потенциально применимых материалов включают титан, алюминий, никель, серебро, золото и сплавы.

В энергоаккумулирующем устройстве 42 могут быть использованы другие варианты исполнения суперконденсатора. Кроме того, варианты исполнения батарей могут быть применены с суперконденсатором или вместо него.

Имея в виду описанные аспекты эксплуатационно-каротажного зонда 100 и некоторых его способностей, теперь должно быть очевидно, что нефтепромышленники могут использовать данные, собранные при эксплуатационном каротаже, разнообразными путями. Например, может быть реализовано динамическое картирование эксплуатируемых месторождений, где соотносят уровни добычи среди различных скважин. Разнообразные отслеживаемые и оцениваемые параметры могут быть использованы для прогнозирования значимой информации, такой как местоположения будущих скважин, истощение скважин, оценка текущего статуса и тому подобные. Такие действия могут быть весьма значительно подкреплены применением программного обеспечения, исполняемого на компьютере (то есть исполняемых машиной команд, сохраняемых на машиночитаемом носителе).

Принимая во внимание описанные здесь определенные аспекты изобретения, теперь будут обсуждены дополнительные преимущества и признаки. При использовании представленного здесь эксплуатационно-каротажного зонда пользователи приобретают возможность охарактеризовывать и отслеживать условия в стволе скважины на постоянной основе. Измерения могут выполняться в режиме реального времени, почти в режиме реального времени, или периодически, как определяется целесообразным, и как иным образом описано здесь.

В поддержку приведенным здесь указаниям могут быть применены разнообразные аналитические устройства, в том числе цифровая система и/или аналоговая система. Система(-ы) может(-гут) иметь такие компоненты, как процессор, носители информации, память, вход, выход, разнообразные линии связи (проводные, беспроводные, передаваемые по текучей среде импульсы, оптические или другие), пользовательский интерфейс, программное обеспечение и встроенные программы, блоки обработки сигналов (цифровые или аналоговые) и прочие такие компоненты (такие как резисторы, конденсаторы, индукторы, насосы, датчики, хранилища текучей среды, устройства для отбора образцов и другие такие компоненты), для обеспечения работы и анализа раскрытых здесь устройств и способов в любых из многочисленных подходов, общепринятых в технологии. Предполагается, что эти указания могут быть, но не обязательно должны быть, реализованы в сочетании с набором исполняемых машиной команд, сохраняемых на машиночитаемом носителе, в том числе в памяти (ROM, RAM), на оптических дисках (CD-ROM), или магнитных носителях (дисках, жестких дисках), или на носителях любого другого типа, которые при исполнении побуждают компьютер исполнять способ согласно настоящему изобретению. Эти команды могут быть ориентированы на работу оборудования, управление, сбор и анализ данных и прочие функции, которые представляется относящимися к системе для конструктора, владельца, пользователя или другого такого персонала, в дополнение к функциям, описанным в этом изобретении.

Квалифицированному специалисту в этой области технологии будет понятно, что разнообразные компоненты или технологии могут предусматривать определенные необходимости, или выгодную функциональность, или признаки. Соответственно этому эти функции и признаки, которые могут потребоваться в поддержку пунктов прилагаемой патентной формулы и ее вариаций, рассматриваются как, по существу, включенные как часть приведенных здесь указаний и часть раскрытого изобретения.

В то время как изобретение было описано со ссылкой на примерные варианты осуществления, квалифицированным специалистам в этой области технологии будет понятно, что разнообразные изменения могут быть сделаны, и эквиваленты могут замещать его элементы без выхода за пределы области изобретения. В дополнение, многие модификации будут понятны квалифицированным специалистам в этой области технологии для приспособления конкретного прибора, ситуации или материала к указаниям изобретения без выхода за пределы его существенной области. Поэтому предполагается, что изобретение не ограничивается конкретным раскрытым вариантом осуществления как лучшим вариантом исполнения для реализации этого изобретения, но что изобретение будет включать все варианты осуществления, попадающие в пределы области пунктов прилагаемой патентной формулы.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Каротажная система, выполненная с возможностью постоянной установки у местоположения на забое скважины, содержащая
 каротажный зонд, включающий перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство и электронное устройство; при этом
 электронное устройство содержит средство передачи электромагнитной телеметрии, выполненное с возможностью передачи информации к местоположению у поверхности,
 перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство содержит по меньшей мере один перезаряжаемый суперконденсатор, присоединенный к источнику энергии, постоянно установленному у местоположения на забое скважины, при этом перезаряжаемый суперконденсатор содержит множество электродов, погруженных в электролит, причем каждый электрод содержит токовый коллектор, на котором расположены углеродные нанотрубки,

перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство выполнено с возможностью повторной зарядки с использованием энергии из источника энергии в периоды времени первой продолжительности на первом энергетическом уровне и повторного предоставления энергии электронному устройству в периоды времени второй продолжительности на втором энергетическом уровне, причем первая продолжительность длиннее, чем вторая продолжительность, а первый энергетический уровень ниже, чем второй энергетический уровень, и

перезаряжаемый суперконденсатор выполнен с возможностью обеспечения тока утечки менее 1 А/л и максимально допустимого рабочего напряжения по меньшей мере 0,5 В, причем перезаряжаемый суперконденсатор имеет рабочий температурный диапазон от 80 до 210°C.

2. Каротажная система по п.1, в которой перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство дополнительно содержит по меньшей мере одно из батареи, электролитического конденсатора, танталового конденсатора, керамического конденсатора, металлопленочного конденсатора и гибридного конденсатора.

3. Каротажная система по п.1, в которой перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство дополнительно содержит по меньшей мере одно из устройства для хранения магнитной энергии, устройств для хранения механической энергии, пружинные системы, пружинно-массовые системы, массовые системы, термемкостные системы, гидравлические системы или пневматические системы.

4. Каротажная система по п.1, в которой электронные устройства выполнены с возможностью работы в течение выбранных периодов времени.

5. Каротажная система по п.1, в которой электронные устройства выполнены с возможностью передачи данных по кабелю.

6. Каротажная система по п.1, в которой перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство выполнено с возможностью подзарядки в режиме компенсационного подзаряда в течение первой продолжительности времени.

7. Каротажная система по п.1, в которой каротажный зонд предназначен для работы в стволе скважины, при этом кабель выполнен с возможностью компенсационного подзаряда перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства от удаленного источника питания, размещенного снаружи ствола скважины.

8. Каротажная система по п.5 или 7, в которой кабель, по меньшей мере, частично механически поддерживает каротажный зонд.

9. Каротажная система по п.5 или 7, в которой кабель включает по меньшей мере один стальной проводник.

10. Каротажная система по п.5 или 7, в которой кабель включает витую пару проводников.

11. Каротажная система по п.5 или 7, в которой кабель включает коаксиальный кабель.

12. Каротажная система по п.5 или 7, в которой кабель включает по меньшей мере один проводник с сечением 22 AWG.

13. Каротажная система по п.5 или 7, в которой кабель включает оптоволоконный кабель.

14. Способ эксплуатации каротажной системы по любому из пп.1-13, включающий стадии, на которых

проводят компенсационный подзаряд перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства в течение первого периода времени; и

эксплуатируют электронное устройство с использованием электроэнергии от перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства в течение второго периода времени, который является более коротким, чем первый период времени, причем

каротажная система выполнена с возможностью мониторинга технического состояния в нефтяной скважине во время производственной операции нефтяной скважины.

15. Способ эксплуатации каротажной системы по п.14, в котором компенсационный подзаряд перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства включает зарядку энергоаккумулирующего устройства от удаленного источника питания через кабель.

16. Способ эксплуатации каротажной системы по п.15, дополнительно включающий электронное устройство, передающее данные по кабелю.

17. Способ эксплуатации каротажной системы по п.16, в котором данные передаются по кабелю одновременно с компенсационным подзарядом перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства.

18. Способ эксплуатации каротажной системы по п.16, в котором передача данных и компенсационный подзаряд перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства проводятся в режиме временного мультиплексирования.

19. Способ эксплуатации каротажной системы по п.14, в котором компенсационный подзаряд перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства проводится непрерывно.

20. Способ эксплуатации каротажной системы по п.14, в котором компенсационный подзаряд перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства включает зарядку суперконденсатора.

21. Способ эксплуатации каротажной системы по п.14, в котором электронное устройство и перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство представляют собой компоненты каротажного зонда, раз-

мещенного в стволе скважины, при этом перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство заряжают в режиме компенсационного подзаряда от источника питания снаружи ствола скважины.

22. Способ эксплуатации каротажной системы по любому из пп.15-18, в котором кабель, по меньшей мере, частично механически поддерживает скважинное электронное устройство и перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство во время работы.

23. Способ эксплуатации каротажной системы по любому из пп.15-18, в котором кабель включает по меньшей мере один стальной проводник.

24. Способ эксплуатации каротажной системы по любому из пп.15-18, в котором кабель включает витую пару проводников.

25. Способ эксплуатации каротажной системы по любому из пп.15-18, в котором кабель включает коаксиальный кабель.

26. Способ эксплуатации каротажной системы по любому из пп.15-18, в котором кабель включает одно из сплошного проводника и многожильного проводника.

27. Способ эксплуатации каротажной системы по любому из пп.15-18, в котором кабель включает оптоволоконный кабель.

28. Способ эксплуатации каротажной системы по любому из пп.1-13, включающий в себя этапы, на которых

осуществляют постоянную установку каротажной системы у местоположения на забое скважины, причем каротажная система содержит перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство и электронное устройство; при этом

перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство содержит по меньшей мере один перезаряжаемый суперконденсатор, присоединенный к источнику энергии, постоянно установленному у местоположения на забое скважины, причем перезаряжаемый суперконденсатор выполнен с возможностью обеспечения тока утечки менее 1 А/л и максимально допустимого рабочего напряжения по меньшей мере 0,5 В и работы в температурном диапазоне от 80 до 210°C, при этом перезаряжаемый суперконденсатор содержит множество электродов, погруженных в электролит, причем каждый электрод содержит токовый коллектор, на котором расположены углеродные нанотрубки; и

электронное устройство содержит средство передачи электромагнитной телеметрии, выполненное с возможностью передачи информации к местоположению у поверхности,

повторно заряжают перезаряжаемое энергоаккумулирующее устройство с использованием энергии из источника энергии в периоды времени первой продолжительности на первом энергетическом уровне, и

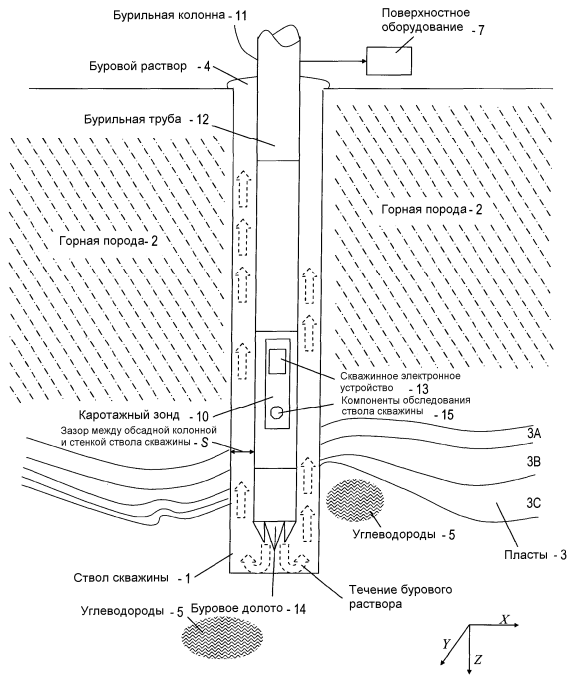
повторно предоставляют энергию из перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства к электронному устройству в периоды времени второй продолжительности на втором энергетическом уровне, причем первая продолжительность длиннее, чем вторая продолжительность, а первый энергетический уровень ниже, чем второй энергетический уровень.

29. Способ по п.28, включающий в себя осуществление работы перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства при температуре выше 125°C.

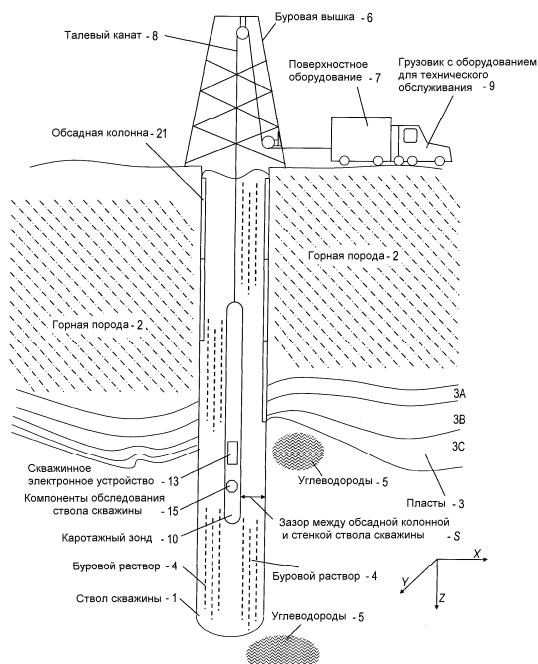
30. Способ по п.28, включающий в себя осуществление работы перезаряжаемого энергоаккумулирующего устройства при температуре выше 150°C.

31. Способ по п.28, дополнительно включающий в себя этап, на котором используют источник энергии для выработки электрической энергии в ответ на поток флюида по скважине.

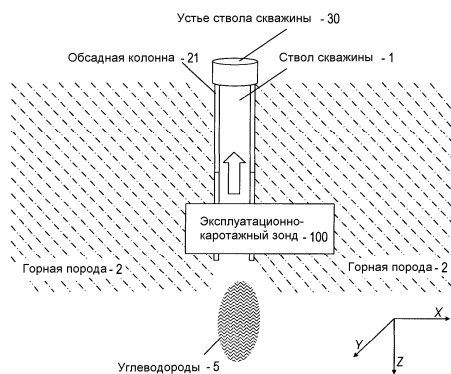
32. Способ по п.28, в котором, по меньшей мере, участок каротажной системы прикреплен к участку обсадной колонны, при этом этап постоянной установки каротажной системы у местоположения на забое скважины включает в себя этап введения участка обсадной колонны в скважину.



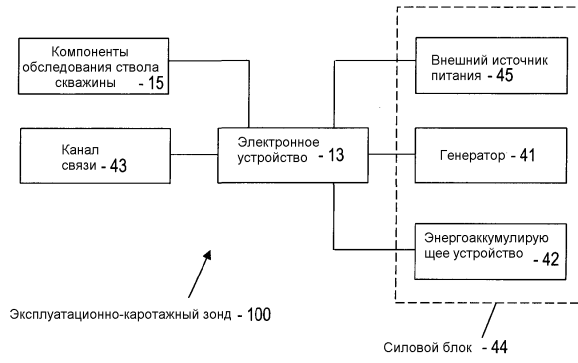
Фиг. 1



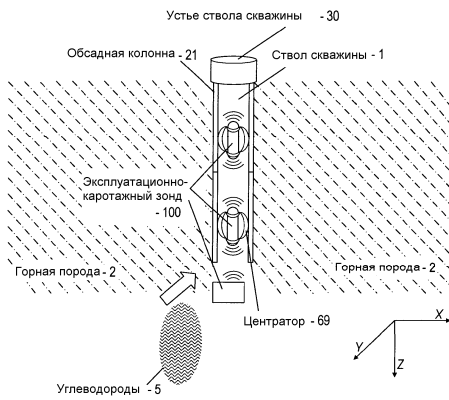
Фиг. 2



Фиг. 3



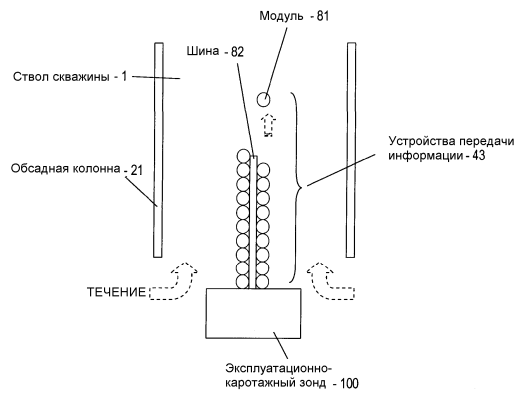
Фиг. 4



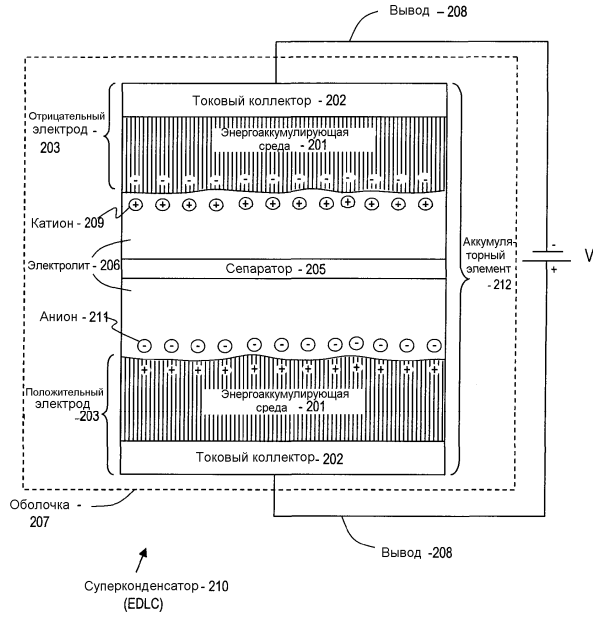
Фиг. 5



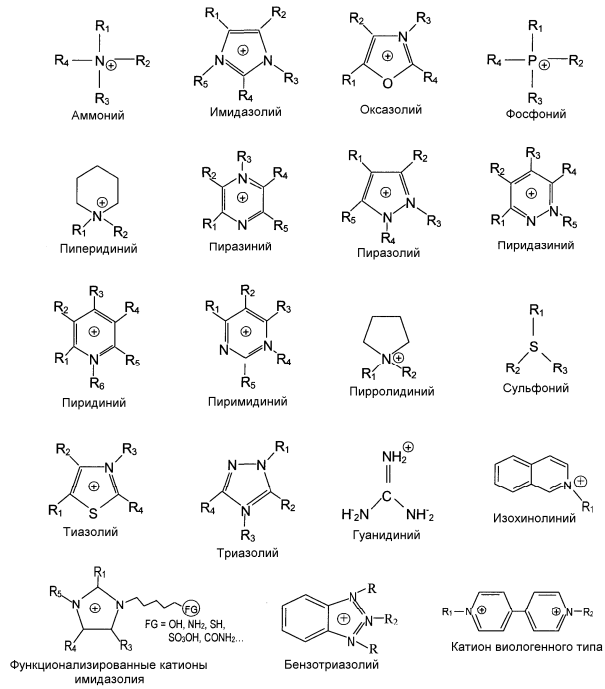
Фиг. 6



Фиг. 7

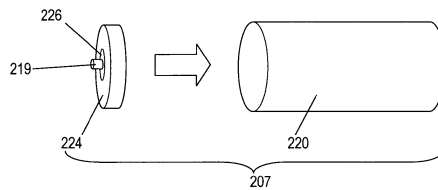


Фиг. 8

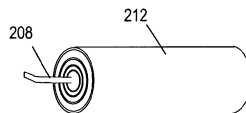


Первичные структуры катионов

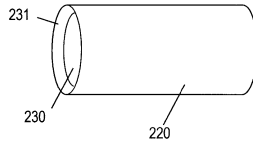
Фиг. 9



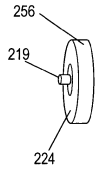
Фиг. 10



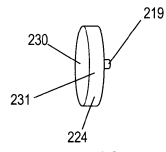
Фиг. 11



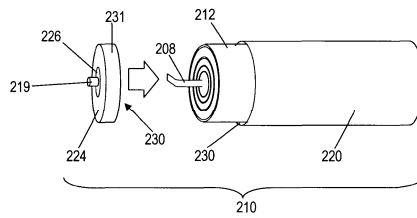
Фиг. 12



Фиг. 13А



Фиг. 13В

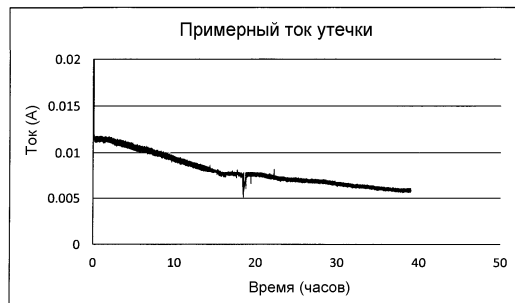


Фиг. 14



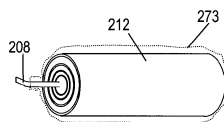
ОБОЛОЧКА С ОТКРЫТЫМИ ВНУТРЕННИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Фиг. 15А



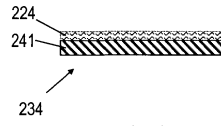
ОБОЛОЧКА С БАРЬЕРОМ ПОВЕРХ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Фиг. 15В

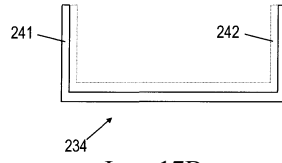


Фиг. 16

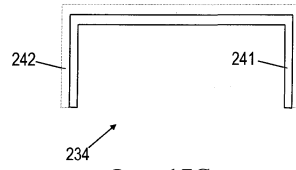
038017



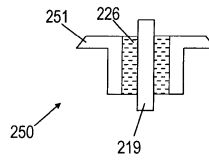
Фиг. 17А



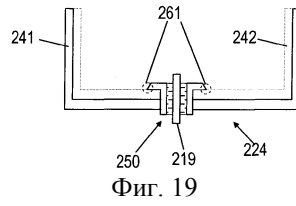
Фиг. 17В



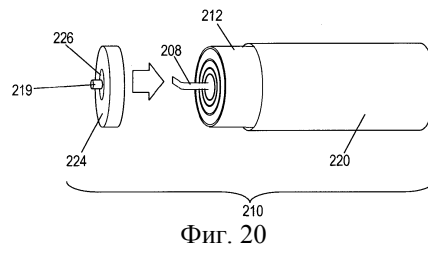
Фиг. 17С



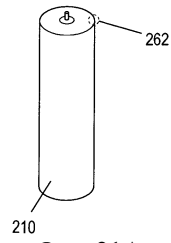
Фиг. 18



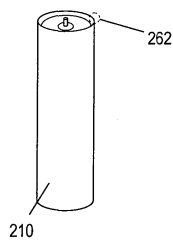
Фиг. 19



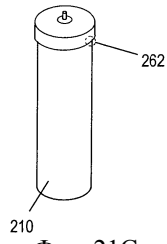
Фиг. 20



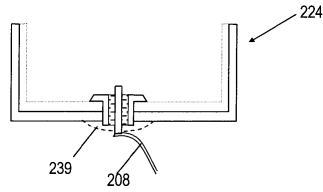
Фиг. 21А



Фиг. 21В



Фиг. 21С



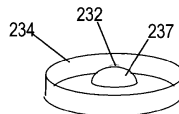
Фиг. 22



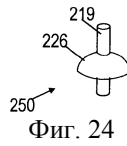
Фиг. 23А



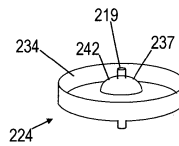
Фиг. 23В



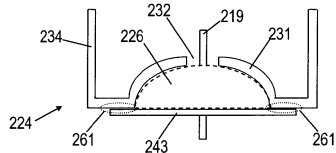
Фиг. 23С



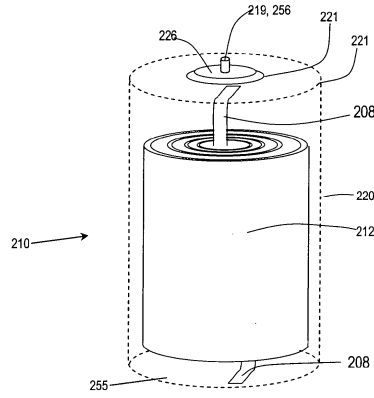
Фиг. 24



Фиг. 25



Фиг. 26



Фиг. 27



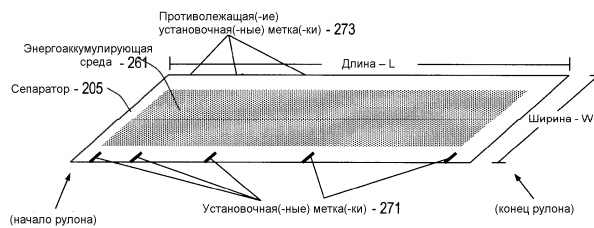
Фиг. 28



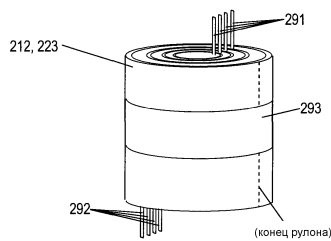
Фиг. 29



Фиг. 30

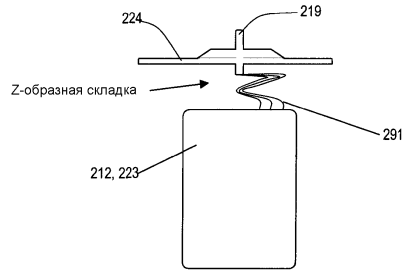


Фиг. 31

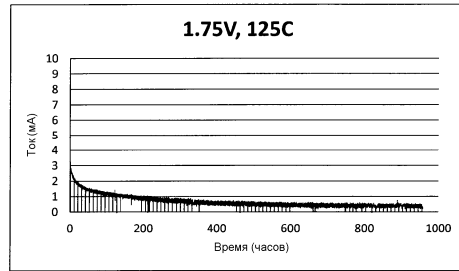


Фиг. 32

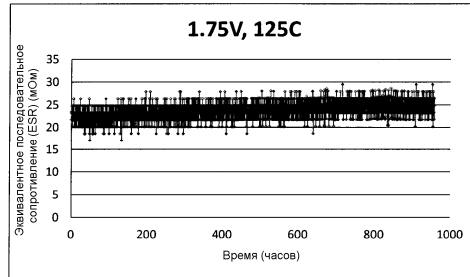
038017



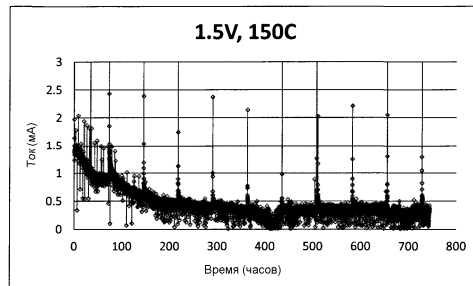
Фиг. 33



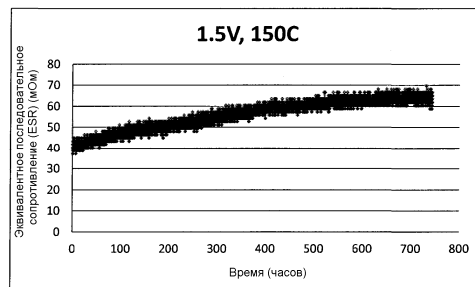
Фиг. 34



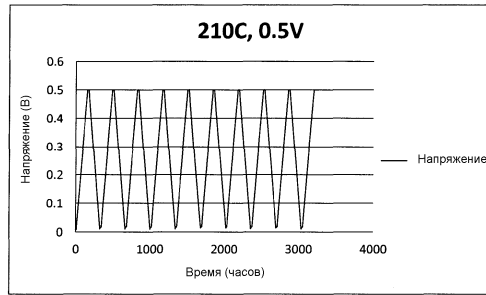
Фиг. 35



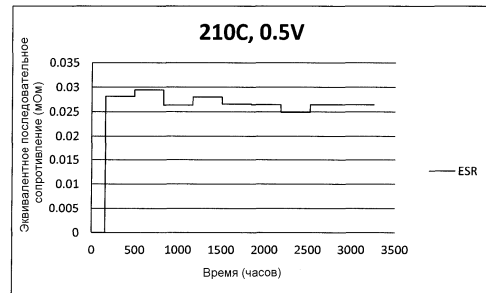
Фиг. 36



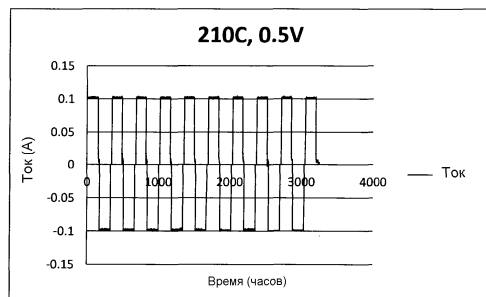
Фиг. 37



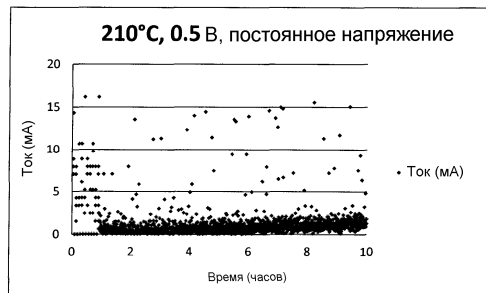
Фиг. 38



Фиг. 39



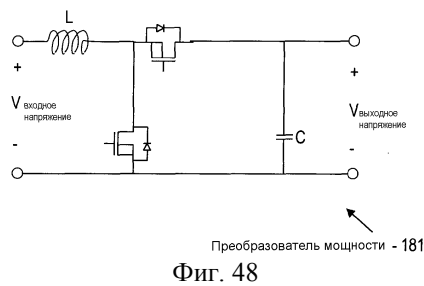
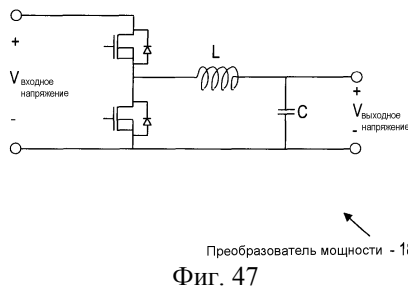
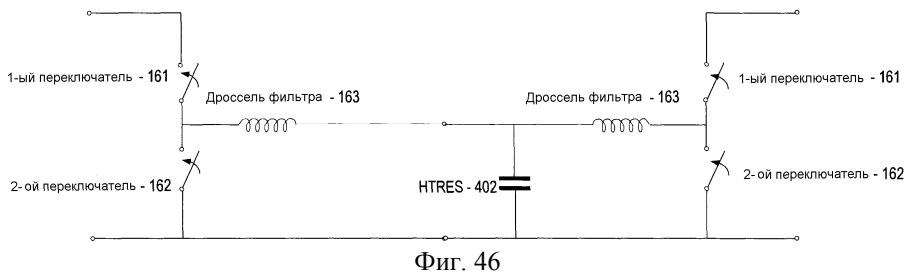
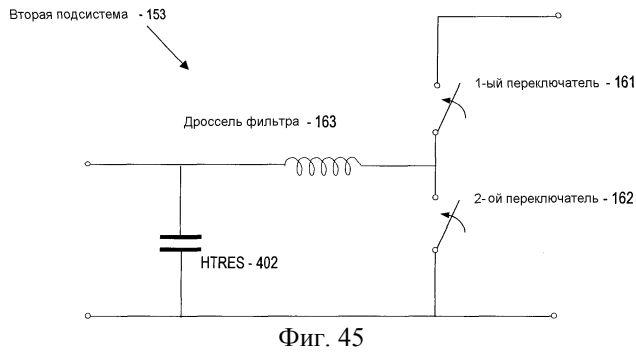
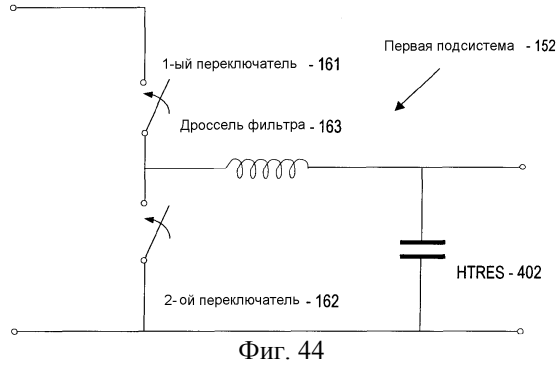
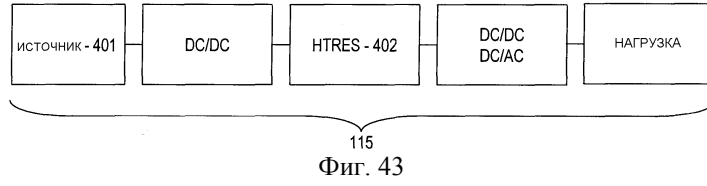
Фиг. 40

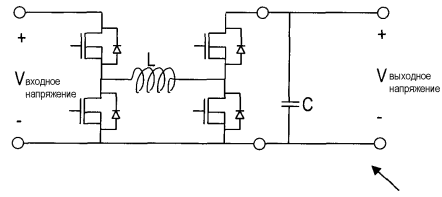


Фиг. 41



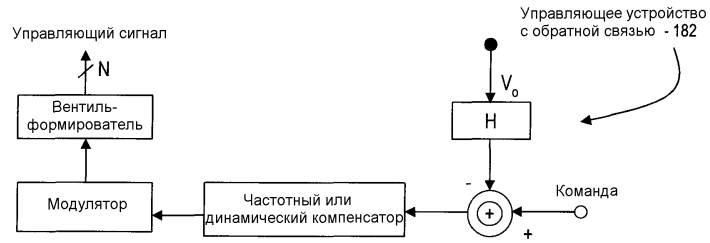
Фиг. 42





Преобразователь мощности - 181

Фиг. 49



Фиг. 50

