(19) Евразийское патентное ведомство

(11) 043036 (13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.04.19

(21) Номер заявки
202291691

(22) Дата подачи заявки
2020.11.10

(51) Int. Cl. ***H01M 4/66*** (2006.01)
H01M 10/058 (2010.01)
H01M 50/536 (2021.01)

(54) СОЕДИНЕНИЯ БАТАРЕЙ И МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ ПЛЕНОЧНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В УСТРОЙСТВАХ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ, ИМЕЮЩИХ ВНУТРЕННИЕ ПЛАВКИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

(31) **16/698,936; 16/732,139**
(32) **2019.11.27; 2019.12.31**
(33) **US**
(43) **2022.08.17**
(86) **PCT/US2020/059794**
(87) **WO 2021/108119 2021.06.03**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
СОТЕРИА БЭТТЕРИ ИННОВЕЙШН ГРУП ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Морин Брайан Г., Ху Карл С. (US)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) CN-A-108963311
EP-A1-2219248
US-A1-2019319312
US-A1-2013022865

(57) Предложено устройство накопления энергии, содержащее анод, катод, по меньшей мере один разделитель, присутствующий между указанными анодом и катодом, электролит, по меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник, находящийся в контакте по меньшей мере с одним из указанного анода и указанного катода, по меньшей мере один вывод, прикрепленный по меньшей мере к одному указанному металлизированному тонкопленочному токосъемнику, при этом указанный по меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник имеет слой полимерной подложки, имеющий верхнюю и нижнюю поверхность, причем первый металлизированный слой помещен на указанный верхний слой полимерной подложки, а второй металлизированный слой прикреплен к указанному нижнему слою полимерной подложки, и при этом указанный токосъемник имеет в себе такую сварную выемку, что по меньшей мере часть указанного первого и второго металлизированных слоев находится в контакте друг с другом.

043036 B1

043036 B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к усовершенствованию структурных компонентов и физических характеристик изделий из литиевых батарей. Настоящая технология относится к соединениям батареи и металлизированным пленочным компонентам в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, для использования в связи с применением тонких композитных токосъемников с металлизированной поверхностью (например, алюминиевой и/или медной), материалов с высокой скоростью усадки, материалов, которые становятся непроводящими при воздействии высоких температур, и их комбинаций. Такие усовершенствования обеспечивают возможность противостоять определенным недостаткам (дендриты, неожиданные выбросы тока и т.д.) в целевой литиевой батарее за счет обеспечения якобы внутреннего плавкого предохранителя в самих целевых литиевых батареях, который предотвращает нежелательные последствия высокой температуры в результате короткого замыкания. В настоящем изобретении охвачены также батарейные изделия и способы их использования, включающие такие усовершенствования.

Уровень техники

Стандартные литий-ионные батареи, например, подвержены определенным явлениям, связанным с коротким замыканием, в результате чего возникали высокие температуры и, в конечном счете, возгорание. Было установлено, что возникновению таких проблем способствуют конструкционные проблемы с компонентами батареи.

Литиевые батареи по-прежнему широко распространены во всем мире в качестве источника электроэнергии в огромном количестве продуктов. От перезаряжаемых электроинструментов до автомобилей с электронным управлением и вездесущих сотовых телефонов (а также планшетов, портативных компьютеров и т.д.) литий-ионные батареи (различных ионных типов) используются в качестве основного источника питания благодаря надежности, вышеупомянутой возможности перезарядки и долговечности при использовании. Однако с такими широко используемыми источниками питания возникают определенные проблемы, некоторые из которых становятся все более серьезными. А именно, стали известны проблемы безопасности, при которых определенные несовершенства в таких литиевых батареях, будь то из-за первоначальных производственных проблем или проблем с деградацией с течением времени, делают их уязвимыми к возможному возгоранию при коротких замыканиях. По сути, было обнаружено, что внутренние дефекты проводящих материалов создают нежелательное высокое тепло и, в конечном итоге, приводят к возгоранию внутри таких конструкций батареи. В результате определенные продукты, использующие литиевые батареи, от портативных компьютеризованных устройств (Samsung Galaxy Note 7, в качестве одной печально известной ситуации) до целых самолетов (Boeing 787), были запрещены к продаже и/или использованию до тех пор, пока не будут найдены решения для скомпромитировавших себя литиевых батарей, используемых в них и вместе с ними (вплоть до того, что Samsung Galaxy Note 7 был запрещен к использованию в самолетах в некоторых регионах). Даже в линейке электромобилей Tesla наблюдались значительные проблемы с компонентами литиевых батарей, что привело к появлению привлекающих внимание сенсационными заголовками историй о том, как такие дорогостоящие автомобили взрывались как огненные шары из-за проблем с батареями. Таким образом, масштабные изъятия с рынка или прямые запреты в связи с такими проблемами литиевых батарей сегодня по-прежнему актуальны, что приводит к насущной потребности в преодолении таких проблем.

Наличие этих проблем в основном обусловлено производственными проблемами, идет ли речь об изготовлении отдельных компонентов батарей или построении из таких компонентов самих отдельных батарей. При более внимательном рассмотрении литиевые батареи в настоящее время изготавливают из шести основных компонентов: катодного материала, токосъемника катода (например, алюминиевой фольги), на который нанесен катодный материал, анодного материала, токосъемника анода (например, медной фольги), на который нанесен анодный материал, разделителя, расположенного между каждым слоем анода и катода и обычно изготовленного из пластмассового материала, и электролита - проводящего органического растворителя, который насыщает другие материалы, тем самым обеспечивая механизм для проведения ионов между анодом и катодом. Эти материалы обычно свертывают вместе в виде цилиндра, как показано в известном уровне технике на фиг. 1, или складывают стопкой. Существует множество других конфигураций, которые используются или могут быть использованы в целях производства таких батарей, в том числе пакетные элементы, призматические элементы, дисковые элементы, цилиндрические элементы, намотанные призматические элементы, намотанные пакетные элементы - и этот список можно продолжить. При правильном изготовлении и бережном обращении эти элементы батареи могут обеспечивать энергию в различных областях применения в течение тысяч циклов зарядки-разрядки без какого-либо существенного происшествия, связанного с безопасностью. Однако, как уже упоминалось выше, определенные события и, в частности, определенные дефекты могут вызвать внутреннее короткое замыкание между внутренними проводящими материалами, что может привести к выделению тепла и внутреннему тепловому разгону, который, как известно, является основной причиной пожароопасных ситуаций в таких литиевых батареях. Такие события также могут быть вызваны, как отмечалось выше, внутренними дефектами, в том числе наличием металлических частиц внутри батареи, заусенцами на материалах токосъемника, тонкими местами или дырами в разделителе (внесенными или

вызванными последующей обработкой), смещением слоев батареи (оставляющими "отверстия" для возникновения нежелательной проводимости), проникновением внешнего мусора в батарею (например, дорожного мусора, попавшего в движущийся автомобиль), разрушением и/или дестабилизацией самого элемента (например, в результате аварии), зарядкой элемента в ограниченном пространстве и т.п. Вообще говоря, дефекты этих типов вызывают формирование небольшого электронного проводящего пути между анодом и катодом. При возникновении такого события и последующей зарядке элемента такой проводящий путь может вызвать разрядку элемента через него с выделением, в конечном счете, чрезмерного тепла, что приводит к нарушению конструкции батареи и ставит под угрозу питающееся от нее устройство. В сочетании с присутствием легковоспламеняющихся органических растворителей в качестве электролитов батарей (которые обычно необходимы для работоспособности батареи) такое избыточное тепло, как было показано, может привести к их воспламенению, что в конечном итоге создает очень опасную ситуацию. Такие проблемы, как минимум, трудно контролировать после их начала, и они уже привели к значительным травмам потребителей. Такой потенциально катастрофической ситуации, безусловно, следует избегать посредством создания батареи, которая подает электрическую энергию, не подвергая легковоспламеняющийся органический электролит опасности таким образом.

Выделение избыточного тепла внутри батареи может привести к усадке пластмассового разделителя, в результате чего он может отойти, отсоединиться или иным образом увеличить площадь короткого замыкания внутри батареи. В такой ситуации большая оголенная площадь короткого замыкания внутри батареи может привести к непрерывному току и повышенному нагреванию внутри нее, приводящему к возникновению высокой температуры, которая вызывает значительное повреждение элемента, в том числе пробой, выброс газов и даже задымление и пожар.

Такое повреждение создает особую проблему из-за потенциально быстрого возникновения возгорания и более серьезных последствий и в результате может привести к взрыву батареи и использующего ее устройства, подвергая пользователя серьезной опасности.

Литиевые батареи (самых разных типов) особенно подвержены проблемам, связанным с коротким замыканием. Типичные батареи имеют склонность к повышенной скорости разрядки при воздействии высоких температур, что приводит к неконтролируемому (быстро разрастающемуся) вспыхиванию и возгоранию, как отмечалось выше. В связи с этими возможностями были введены в действие определенные правила, регулирующие фактическое использование, хранение и даже транспортировку таких изделий с батареями. Способность осуществлять надлежащий протокол для предотвращения таких неуправляемых событий, связанных с коротким замыканием, безусловно, имеет огромное значение. Вместе с тем сохраняется проблема, связанная с тем, как на самом деле решать такие проблемы, особенно в тех случаях, когда производство компонентов обеспечивается множеством поставщиков и из самых разных точек мира.

Некоторые сосредоточились на попытках создания надлежащих и/или улучшенных разделителей в качестве средства, помогающего уменьшить вероятность таких возгораний литиевых батарей. По-видимому, более высокий потенциал для таких случаев возгорания батареи создают пластмассовые мембраны с низкой температурой плавления и/или скоростью усадки. Поэтому общая идея заключалась в том, чтобы нанести определенные покрытия на такие разделительные материалы без снижения их возможностей отделять электролит во время фактического использования. Так, в качестве покрытий для полипропиленовых и/или полиэтиленовых пленок как средства для увеличения размерной стабильности таких пленок (например, повышения температуры плавления) были использованы керамические частицы. Также в качестве компонента для улучшения сцепления между керамическими частицами и прилипания к пластмассовой мембране (пленке) были включены связующие полимеры. В действительности, однако, было обнаружено, что увеличение температуры, сообщаемой общей структуре пленки с покрытиями из керамических частиц, относительно низкое, что делает преобладающим фактором для такой проблемы с разделителем сам фактический материал (материалы) разделителя.

В результате были разработаны и внедрены, по меньшей мере в определенной степени, разделительные материалы, которые гораздо более термически стабильны, чем полиэтиленовые и полипропиленовые пористые пленки, составляющие базовый слой таких типичных разделителей с керамическим покрытием. Эти малоусадочные, стабильные по размерам разделители имеют усадку менее 5% при воздействии температур не менее 200°C (до температур 250, 300 и даже выше), что намного лучше высоких скоростей усадки, демонстрируемых голыми полимерными пленками (усадка примерно 40% при 150°C) и пленками с керамическим покрытием (более 20% при 180°C) (такие сравнения измерений усадки приведены на фиг. 2, иллюстрирующей известный уровень техники). Такая низкая скорость усадки может изменить механизм термической деградации внутри целевого элемента при возникновении короткого замыкания. Вообще говоря, при возникновении короткого замыкания внутри такого элемента батареи тепло будет выделяться всегда. Если разделитель не сжимается в результате возникновения такого короткого замыкания, тепло будет продолжать выделяться и "накапливаться" до тех пор, пока другой материал внутри батареи не разрушится. Это явление было смоделировано с помощью стандартного отраслевого испытания на проникновение гвоздя. Например, даже в случае разделителя, содержащего параарамидное волокно и демонстрирующего устойчивость к усадке при температурах до 550°C, испытуемая батарея показала склонность к короткому замыканию с уникальными внутренними результатами. Такой

элемент был исследован более тщательно после подобной обработки: элемент вскрыли, избыток электролита выпарили, элемент заполнили эпоксидной смолой и затем разрезали перпендикулярно гвоздю, который оставался в элементе. Затем на растровом электронном микроскопе были получены изображения с использованием визуализации обратно рассеянных электронов (backscattered electron imaging, BEI), позволившие картировать различные элементы батареи, чтобы показать влияние такого действия проникновения гвоздя. Они показаны на фиг. 3 и 3А, иллюстрирующих известный уровень техники.

Следует отметить, что на фиг. 3, иллюстрирующей известный уровень техники, слои меди неизменно находятся ближе к гвоздю, чем слои алюминия. Также следует отметить, что высокоустойчивый разделитель между электродами по-прежнему остается неповрежденным. На фиг. 3А, иллюстрирующей известный уровень техники, показано более сильное увеличение конца одного алюминиевого слоя, на котором видно, что он заканчивается в слое растрескавшегося серого вещества. Это исследовали с помощью BEI, которая показала, что получающееся в результате вещество в действительности представляет собой оксид алюминия - изолирующую керамику. Данные факты привели к предлагаемому выводу о том, что, когда сам разделитель является термически стабильным, алюминиевый токосъемник будет окисляться, фактически разрывая цепь (и в результате прекращая любое короткое замыкание после образования изолирующего оксида алюминия). После того, как цепь разорвана, ток перестает протекать, и тепло больше не выделяется, обращая процесс, который при менее стабильном разделителе приводит к тепловому разгону.

Однако это возможное решение ограничено простой заменой только лишь разделителя с более низкими характеристикам скорости усадки. Хотя такое простое решение, казалось бы, имеет большую ценность, все равно остаются другие производственные процедуры и определенные компоненты (например, разделители с керамическим покрытием), которые широко используются, и могут возникнуть трудности с вытеснением их из распространенных батарейных продуктов. Таким образом, несмотря на очевидные выгоды использования и включения термически стабильных разделителей, нежелательные возгорания батарей могут по-прежнему возникать, в частности, когда продуты, имеющие разделитель с керамическим покрытием, считаются безопасными для таких целей. Таким образом, было определено, что помимо использования таких материалов разделителя с высокой термической стабильностью существует по меньшей мере еще один исключительно внутренний структурный механизм элемента батареи, который может устранить или по меньшей мере уменьшить вероятность выделения тепла из-за внутреннего короткого замыкания. В такой ситуации возникновение короткого замыкания в подобном элементе батареи не приведет к разрушительному повреждению из-за высокой температуры ввиду прерывания замкнутой внутренней цепи посредством фактического создания внутреннего плавкого предохранителя. Однако до сих пор в области литиевых батарей не было представлено ничего, что позволило бы легко решить эти проблемы. В настоящем изобретении предложен такой весьма желательный способ, который делает литиевые элементы батареи чрезвычайно безопасными и надежными на множестве рынков.

Дополнительный и особый интерес представляет рассмотрение надлежащего обеспечения возможности передачи электрического заряда от рассматриваемой литий-ионной батареи к внешнему источнику. Обычного это достигается путем использования вывода, который находится в контакте с токосъемником и прикреплен к нему, или, возможно, каким-либо образом, и к анодному, и к катодному токосъемникам для обеспечения требуемого свойства проводимости с внешним источником. Вывод якобы функционирует как контакт с такими внутренними компонентами батареи и проходит наружу корпуса элемента батареи контактными точками для таких целей проводимости. Поэтому вывод должен оставаться на месте и не отсоединяться от токосъемника (токосъемников) и обеспечивать непрерывный доступ к внутреннему источнику без, опять же, смещения внутри или отсоединения от него снаружи. Не было ни раскрыто никаких сведений о таких тонкопленочных токосъемниках в области литий-ионных батарей, ни предпринято никаких попыток улучшения или оптимизации в таких вопросах соединения вывода. Конечно, хорошо известны стандартные типы выводов, которые соединяют с крупными токосъемниками стандартных элементов батареи; однако они не обеспечивают никаких аспектов в отношении защиты от воздействия тонкопленочных токосъемников (например, внутренний плавкий предохранитель) с обеспечением при этом стабильности размеров в целом для защиты от выхода батареи из строя из-за конструкционных нарушений.

Особенно важна возможность приваривания к выводу, который состоит из тонких слоев металла, прикрепленных к более толстому слою электрически изолирующего материала, такого как пластмасса. Приваривание цельнометаллических выводов к металлическим фольгам требует лишь поверхностного соединения, которое затем обеспечивает электрические соединения со всей противолежащей фольгой или выводом. Однако, когда две лицевые поверхности токосъемника электрически изолированы поддерживающими изолирующими слоями, создание поверхностного соединения с одной стороной неэффективно и оставляет другую сторону электрически изолированной. Фактически в рамках современного уровня техники или отрасли литий-ионных батарей ничего подобного не обсуждалось и не было раскрыто. Однако настоящее изобретение преодолевает такие парадигмы и обеспечивает результат, до сих пор не исследованный и/или понятый в соответствующей отрасли.

Таким образом, существует потребность в новых и усовершенствованных соединениях батареи и

металлизированных пленочных компонентах в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, которые могут использовать тонкие композитные токосъемники с металлизированной поверхностью (например, алюминиевой и/или медной), материалы с высокой скоростью усадки, материалы, которые становятся непроводящими при воздействии высоких температур, и их комбинаций. В этом отношении настоящая технология в значительной степени удовлетворяет данную потребность. В этом смысле соединения батарей и металлизированные пленочные компоненты в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители в соответствии с настоящей технологией, существенно отличаются от традиционных концепций и конструкций известного уровня техники, и при этом обеспечивают устройство, в первую очередь разработанное с целью использования тонких композитных токосъемников с металлизированной поверхностью (например, алюминиевой и/или медной), материалов с высокой скоростью усадки, материалов, которые становятся непроводящими при воздействии высоких температур, и их комбинации.

Сущность изобретения

Принимая во внимание вышеуказанные недостатки, присущие известным типам соединений литиевых батарей, настоящая технология обеспечивает усовершенствованные соединения батареи и металлизированные пленочные компоненты в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, и преодолевает вышеупомянутые изъяны и недостатки известного уровня техники. Таким образом, общая задача настоящей технологии, которая будет описана далее более подробно, заключается в создании новых и усовершенствованных соединений батареи и металлизированных пленочных компонентов в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, и способа, который обладает всеми преимуществами известного уровня техники, упомянутыми ранее, и многими новыми признаками, которые приводят к соединениям батареи и металлизированным пленочным компонентам в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, которые не предполагаются, не представляются очевидным, не предлагаются или даже не подразумеваются известным уровнем техники, как по отдельности, так и в любой их комбинации.

Один аспект настоящей технологии может включать в себя элемент литиевой батареи, который включает в себя необходимые провода вывода для обеспечения проводимости от его внутренней части наружу для питания соответствующего устройства, что может быть нетривиальной задачей из-за тонкой природы электродов и потенциального отсутствия проводимости между двумя сторонами электродного материала. Согласно настоящей технологии предложены выводы, которые имеют достаточные уровни безопасности в сочетании с характеристиками внутреннего плавкого предохранителя, отмеченными выше, и одновременно демонстрируют прочность на отрыв, чтобы оставаться на месте во время использования, а также полное покрытие тонкопленочными металлизированными токосъемниками для получения в результате такой электропроводимости. Такие выводы также предусматривают эффективные сварные соединения с необходимыми контактами и на уровнях, которые демонстрируют удивительные уровни силы тока и термостойкости для достижения основного результата в виде внутреннего плавкого предохранителя с вышеупомянутой достаточной проводимостью к внешнему устройству. Благодаря такому компоненту в виде провода вывода и сварной конструкции отрасль получает еще одно усовершенствование в области литиевых батарей.

Кроме того, внутренние плавкие предохранители, разработанные в рамках настоящей технологии и имеющие чрезвычайно тонкие структуры токосъемника, также допускают возможность их многократного сгибания внутри одного элемента. Такая возможность сгибания обеспечивает возможность соединения двух сторон токосъемника, которые в противном случае были бы электрически изолированы полимерным слоем, расположенным между двумя проводящими слоями, без необходимости предъявления чрезмерных требований в внутреннему весу и/или объему батареи. По всей видимости, согнутый токосъемник сохраняет характеристики внутреннего плавкого предохранителя, одновременно делая возможным такое увеличение мощности, потенциально допуская любое количество увеличений мощности в любом количестве батарей нужного размера без необходимости в вышеупомянутых чрезмерных требованиях к весу и объему, создавая новые батарейные изделия различного назначения с целевыми высокими уровнями мощности и максимально возможными преимуществами безопасности.

В соответствии с одним аспектом настоящая технология может включать в себя устройство накопления энергии, содержащее анод, катод, по меньшей мере один разделитель, присутствующий между анодом и катодом, электролит, по меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник, находящийся в контакте по меньшей мере с одним из анода и катода, и по меньшей мере один вывод, прикрепленный по меньшей мере к одному металлизированному тонкопленочному токосъемнику. По меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник имеет слой полимерной подложки, имеющий верхнюю и нижнюю поверхность. На верхнем слое полимерной подложки помещен первый металлизированный слой, а к нижнему слою полимерной подложки прикреплен второй металлизированный слой. Токосъемник имеет в себе такую сварную выемку, что по меньшей мере часть первого и второго металлизированного слоя находятся в контакте друг с другом.

В соответствии еще с одним аспектом настоящая технология может включать в себя устройство накопления энергии, содержащее анод, катод, по меньшей мере один разделитель, присутствующий между

анодом и катодом, электролит, по меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник, находящийся в контакте по меньшей мере с одним из анода и катода, и по меньшей мере один вывод, прикрепленный по меньшей мере к одному металлизированному тонкопленочному токосъемнику. По меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник имеет слой полимерной подложки, имеющий верхнюю и нижнюю поверхность, причем к верхнему слою полимерной подложки прикреплен первый металлизированный слой, а на нижнем слое полимерной подложки помещен вывод, при этом на токосъемнике имеется сварная выемка, такая что по меньшей мере часть первого металлизированного слоя находится в контакте с выводом.

В соответствии еще с одним аспектом настоящая технология может включать в себя систему вывода токосъемника для использования с устройством накопления энергии, включающим в себя анод и катод. Система вывода токосъемника может содержать по меньшей мере один токосъемник, находящийся в контакте по меньшей мере с одним из анода и катода, по меньшей мере одним выводом и одной или более сварными выемками. Токосъемник может быть в контакте по меньшей мере с одним из анода и катода. Токосъемник может включать в себя слой полимерной подложки, имеющий верхнюю и нижнюю поверхность. На верхнем слое полимерной подложки может быть прикреплен первый металлизированный слой, а к нижнему слою полимерной подложки может быть прикреплен второй металлизированный слой. Вывод может быть прикреплен к верхней поверхности полимерной подложки или нижней поверхности полимерной подложки. Сварные выемки могут быть расположены на токосъемнике таким образом, что вывод находится в контакте по меньшей мере с частью первого металлизированного слоя или частью второго металлизированного слоя, соответственно. Сварные выемки могут быть выполнены с возможностью переместить слой полимерной подложки так, чтобы первый металлизированный слой и второй металлизированный слой находились в контакте.

В соответствии еще с одним аспектом настоящая технология может включать в себя способ изготовления литий-ионной батареи, включающий: a) получение электрода, имеющего по меньшей мере одну металлизированную подложку с покрытием из материала для хранения ионов; b) получение противоэлектрода; c) послойная укладка электрода и противоэлектрода напротив друг друга с разделительным компонентом, расположенным между электродом и противоэлектродом; d) получение упаковочного материала, включающего компонент электрического контакта, причем контакт включает в себя часть, находящуюся внутри упаковочного материала, и часть, находящуюся снаружи упаковочного материала; e) электрическое соединение электрического контакта с металлизированной подложкой; f) введение по меньшей мере одного жидкого электролита с ионами внутрь в упаковочный материал; и g) герметизация упаковочного материала. Электрическое соединение на этапе e) включает процесс, при котором по меньшей мере один металлический слой металлизированной подложки продавливают через полимерную подложку металлизированной подложки для создания электрического соединения с сопротивлением меньше 1 Ом с электрическим контактом.

В соответствии еще с одним аспектом настоящая технология может включать в себя способ производства вывода токосъемника литий-ионной батареи. Способ может включать в себя этапы прикрепления первого металлизированного слоя к верхнему слою полимерной подложки токосъемника и прикрепление второго металлизированного слоя к нижнему слою полимерной подложки. Приведение в контакт токосъемника по меньшей мере с одним из анода и катода. Приваривание части вывода к одному из первого металлизированного слоя и второго металлизированного слоя с образованием сварной выемки, приводящей в контакт вывод с первым металлизированным слоем и вторым металлизированным слоем, соответственно.

Некоторые или все варианты реализации настоящей технологии могут включать в себя по меньшей мере один вывод электрического соединения, прикрепленный посредством сварной выемки к металлизированному слою токосъемника.

В некоторых или всех вариантах реализации сварная выемка может быть связана с одним из анода и катода.

В некоторых или всех вариантах реализации вывод может быть электрически соединен посредством сварной выемки с анодом или катодом.

Некоторые или все варианты реализации настоящей технологии могут включать в себя усиливающие элементы, предусмотренные поверх сварных швов.

В некоторых или всех вариантах реализации металлизированная пленка содержит до 25 ее слоев.

В некоторых или всех вариантах реализации вывод может представлять собой множество выводов, число которых может достигать 25.

В некоторых или всех вариантах реализации по меньшей мере некоторые из металлических слоев продавлены через примыкающие токосъемники для приведения в контакт с металлизированными слоями других токосъемников, которые в противном случае не имеют контакта "поверхность к поверхности" с продавленными металлическими слоями.

В некоторых или всех вариантах реализации сварная выемка может представлять собой множество выемок, которые выполнены в виде узора, полностью заполняющего, разреженно заполняющего, частично заполняющего в шахматном порядке сетку или частично выровненного по сетке.

В некоторых или всех вариантах реализации сварная выемка может иметь линейную, усеченную пирамидальную, закругленную пирамидальную или сферическую форму.

В некоторых или всех вариантах реализации слой полимерной подложки может включать в себя многослойную металлизированную пленочную структуру с полимерной подложкой между каждой отдельной металлизированной пленкой, а крайняя снизу металлизированная пленка многослойной металлизированной пленочной конструкции представляет собой второй металлизированный слой. Многослойная металлизированная пленочная структура может быть выполнена управляемой с перемещением ее посредством сварной выемки для соединения многослойной пленочной структуры вместе на поверхности контакта между свариваемыми деталями.

В некоторых или всех вариантах реализации сварная выемка может быть выполнена с возможностью формирования ступенчатого контура, окружающего сварную выемку, для облегчения полного приложения давления при сварке через многослойную металлизированную пленочную структуру. Ступенчатый контур сварной выемки может включать в себя приподнятый периферийный край на верхней кромке сварной выемки.

Таким образом, были обрисованы, довольно широко, признаки технологии, чтобы можно было лучше понять последующее ее описание, и чтобы можно было лучше оценить действительный вклад в данную область техники.

Многочисленные цели, признаки и преимущества настоящей технологии будут совершенно очевидны специалистам в данной области по прочтении следующего подробного описания предпочтительных в настоящее время, но, тем не менее, иллюстративных вариантов реализации настоящей технологии при рассмотрении в сочетании с прилагаемыми чертежами. В связи с этим, прежде чем подробно объяснять текущий вариант реализации настоящей технологии, следует понимать, что настоящая технология не ограничена в своем применении деталями конструкции и расположением компонентов, изложенными в следующем описании или проиллюстрированными на чертежах. Настоящая технология может быть реализована в других вариантах, а также может быть применена на практике и осуществлена различными способами. Кроме того, следует понимать, что фразеология и терминология, используемые в настоящем документе, предназначены для целей описания и не должны рассматриваться как ограничивающие.

Соответственно, специалистам в данной области понятно, что концепция, на которой основано настоящее изобретение, может быть легко использована в качестве основы для разработки других конструкций, способов и систем для осуществления нескольких целей настоящей технологии. Поэтому важно рассматривать формулу изобретения как включающую все такие эквивалентные конструкции в той мере, в какой они не отклоняются от сущности и объема настоящей технологии.

Еще одной задачей настоящей технологии является создание новых и усовершенствованных соединений батареи и металлизированных пленочных компонентов в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, которые могут быть легко и эффективно изготовлены и реализованы на рынке.

Еще одной задачей настоящей технологии является создание новых и усовершенствованных соединений батареи и металлизированных пленочных компонентов в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, которые имеют низкую стоимость изготовления, как с точки зрения материалов, так и с точки зрения рабочей силы, и которые, соответственно, поэтому могут продаваться по низким ценам для потребителей, благодаря чему такие соединения батареи и металлизированные пленочные компоненты в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, экономически доступны для покупателей.

Еще одной задачей настоящей технологии является создание новых соединений и металлизированных пленочных компонентов в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, которые обеспечивают в устройствах и способах известного уровня техники некоторые из их преимуществ, одновременно преодолевая некоторые из недостатков, обычно связанных с ними.

Еще одной задачей настоящей технологии является создание соединений батареи и металлизированных пленочных компонентов в устройствах накопления энергии, имеющих внутренние плавкие предохранители, для использования тонких композитных токосъемников с металлизированной поверхностью (например, алюминиевой и/или медной), материалов с высокой скоростью усадки, материалов, которые становятся непроводящими при воздействии высоких температур, и их комбинаций.

Эти и другие задачи настоящей технологии наряду с различными признаками новизны, отличающими настоящую технологию, подробно указаны в формуле изобретения, прилагаемой к настоящему описанию и составляющей его часть. Для лучшего понимания настоящей технологии, ее эксплуатационных преимуществ и конкретных целей, достигаемых путем ее использования, следует обратиться к прилагаемым чертежам и описательной части, иллюстрирующим варианты осуществления настоящей технологии.

Краткое описание чертежей

Технология будет лучше понята, а другие цели, отличные от изложенных выше, станут очевидными при рассмотрении последующего подробного ее описания. Это описание ссылается на прилагаемые чертежи, на которых:

На фиг. 1 показана архитектура намотанного элемента известного уровня техники, такого как элемент 18650.

На фиг. 2, иллюстрирующей известный уровень техники, изображена усадка как функция от температуры, измеренная с помощью динамического механического анализа нескольких разделителей литий-ионных батарей в соответствии с техническим меморандумом NASA/TM-2010-216099 "Battery Separator Characterization and Evaluation Procedures for NASA's Advanced Lithium Ion Batteries", раздел 3.5, который включен в настоящий документ путем ссылки. Включены разделители первого поколения (Celgard PP, Celgard tri-layer), разделители 2-го поколения (керамический PE) и разделители 3-го поколения (серебро, золото, серебро AR).

На фиг. 3, иллюстрирующей известный уровень техники, показана растровая электронная микрофотография (scanning electron micrograph, SEM) поперечного сечения пакетного элемента, подвергнутого испытанию на проникновение гвоздя. Слои представляют собой алюминий и медь, картированные с помощью BEI (визуализации обратно рассеянных электронов). Гвоздь расположен вертикально на левой стороне. В каждом случае алюминиевый слой отошел от гвоздя, оставляя после себя "шкурку" из оксида алюминия, представляющего собой изолятор.

На фиг. 3A, иллюстрирующей известный уровень техники, показано увеличение одного из слоев с изображения на фиг. 3. Показан крупный план слоя оксида алюминия, а также видно, что разделитель совсем не дал усадки и по-прежнему разделяет электроды до самого края.

На фиг. 4 показана металлизированная пленка, используемая в настоящем изобретении, в которой тонкий слой проводящего материала находится снаружи, а центральная подложка представляет собой слой, который термически нестабилен при температурах, требуемых для теплового разгона. Эта подложка может быть плавящимся слоем, усаживающимся слоем, растворяющимся слоем, окисляющим слоем или другим слоем, который подвергнется термической нестабильности при температуре от 100 до 500°C.

На фиг. 5, иллюстрирующей известный уровень техники, показан толстый алюминиевый токосъемник, обычно имеющий толщину 12-20 мкм.

На фиг. 5A показана металлизированная пленка, используемая в настоящем изобретении, имеющая подложку толщиной 14 мкм и слой алюминия толщиной 1 мкм на каждой стороне. Токосъемник в соответствии с настоящим изобретением не способен переносить высокие токи, связанные с коротким замыканием, в то время как толстый токосъемник известного уровня техники может и делает это.

На фиг. 6 и 6A показаны изображения сравнительных примеров 1-2, каждый из которых после касания наконечником горячего паяльника. В сравнительных примерах после касания горячим паяльником изменений нет.

На фиг. 7, 7A и 7B приведены изображения примеров 1-3, каждый из которых после касания кончиком горячего паяльника. Примеры 1-3 демонстрируют усадку, как описано в настоящем документе для подложек, подлежащих металлизации.

На фиг. 8, 8A и 8B приведены изображения примеров 4-6, каждый из которых после касания кончиком горячего паяльника. Пример 4 демонстрирует усадку, как описано в настоящем документе для подложек, подлежащих металлизации. В примере 5 имеется волокно, которое растворится под действием тепла в литий-ионных электролитах. Пример 6 является примером термически стабильной подложки, для функционирования которой в соответствии с настоящим изобретением потребуется тонкий проводящий слой.

На фиг. 9, 9A и 9B приведены снимки SEM с разным увеличением в поперечном сечении и один снимок, показывающий металлизированную поверхность одного возможного варианта реализации одного токосъемника в соответствии с настоящим изобретением, как описано в примере 9. Металл явно гораздо тоньше первоначальной подложки, которая имела ширину 20 мкм.

На фиг. 10 и 10A приведены оптические микрофотографии сравнительных примеров 3 и 4 после короткого замыкания, показывающие абляцию области вокруг короткого замыкания, но без отверстия.

На фиг. 11 и 11A приведены оптические микрофотографии двух областей из примера 14 после короткого замыкания, показывающие явные отверстия в материале, вызванные высокой плотностью тока короткого замыкания.

На фиг. 12 показаны размер и форма тестовой полоски для испытания на допустимую нагрузку по току токосъемника, используемого в вышеуказанных примерах.

На фиг. 13 показан вид сбоку в перспективе однослойного токосъемника с приваренным выводом в качестве одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 14 показан вид сбоку в перспективе однослойного токосъемника с прикрепленным лентой выводом в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 15 показан вид сбоку в перспективе однослойного токосъемника с прикрепленным скобами выводом в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 16 показан вид сбоку в перспективе однослойного токосъемника с одинарной закругленной складкой на нем и прикрепленным лентой выводом в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 17 показан вид сбоку в перспективе однослойного токосъемника с двойной закругленной складкой на нем и прикрепленным лентой выводом в качестве еще одного потенциального предпочти-

тельного варианта реализации.

На фиг. 18 показан вид сбоку в перспективе однослойного токосъемника с двумя параллельными приваренными выводами в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 19 показан вид сбоку в перспективе однослойного токосъемника с однократно сложенным приваренным выводом в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 20 показан вид сбоку в перспективе однослойного токосъемника с двойной закругленной складкой на нем и приваренным выводом в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 21 показан вид сбоку в перспективе множества однослойных токосъемников, каждый с двойной закругленной складкой на нем и приваренным выводом в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 22 показан вид сбоку в перспективе множества однослойных токосъемников, каждый с двойной закругленной складкой на нем и двумя противолежащими приваренными выводами в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 23 показан вид сбоку в перспективе множества однослойных токосъемников, находящихся в контакте с многократно сложенным гармошкой зажатым выводом в качестве еще одного потенциального предпочтительного варианта реализации.

На фиг. 24 показан вид в перспективе спереди композитного токосъемника, имеющего полимерную подложку с двумя отдельными слоями металлизированной пленки и одним сварным швом.

На фиг. 25 показан вид сбоку композитного токосъемника, имеющего полимерную подложку и два отдельных слоя металлизированной пленки с хорошо присоединенным выводом, прикрепленным к ним.

На фиг. 26 приведен полученный с помощью электронного микроскопа с большим увеличением вид в перспективе в поперечном сечении 100-микронного участка сварного композита токосъемника/полимерной подложки (как на фиг. 25).

На фиг. 26A приведен вид в перспективе 50-микронного участка композита, изображенного на фиг. 26.

На фиг. 27 приведен вид сбоку в перспективе композитного токосъемника, имеющего полимерную подложку и два отдельных слоя металлизированной пленки с приваренным выводом, прикрепленным к ним.

На фиг. 27A приведен полученный с помощью электронного микроскопа с большим увеличением вид в поперечном сечении 500-микронного участка поверхности раздела между металлизированной пленкой, полимерной подложкой и выводом, как показано в месте сварки на фиг. 27.

На фиг. 27B приведен 100-микронный участок поверхности раздела, показанной на фиг. 27A.

На фиг. 28 приведен вид сбоку в перспективе композитного токосъемника, имеющего полимерную подложку и множество слоев металлизированной пленки с приваренным выводом, прикрепленным к ним.

На фиг. 28A приведен полученный с помощью электронного микроскопа с большим увеличением вид в перспективе в поперечном сечении 500-микронного участка сварного композита многослойной металлизированной пленки/полимерной подложки, как показано на фиг. 28.

На фиг. 28B приведен вид в перспективе 200-микронного участка композита, изображенного на фиг. 28A.

На фиг. 29 показан развернутый вид в перспективе многослойного металлизированного пленочного токосъемника, приваренного к выводу.

На фиг. 30 показан прозрачный вид сбоку в перспективе батареи с жесткой пластмассовой оболочкой, содержащей композит из металлизированного пленочного токосъемника и приваренного вывода.

На фиг. 31 показан прозрачный вид сбоку цилиндрической батареи с композитным токосъемником типа "желейный рулет" с приваренным выводом.

На фиг. 32 показан прозрачный вид в перспективе батареи с пакетной оболочкой, содержащей композит из металлизированного пленочного токосъемника и приваренного вывода.

На фиг. 33 показан вид в перспективе спереди многослойного композита батареи с множеством слоев металлизированных пленочных токосъемников и приваренных выводов.

На фиг. 33A приведен другой вид сбоку в перспективе композита батареи, показанной на фиг. 33.

На фиг. 34 показаны различные потенциальные варианты реализации альтернативных сварочных конструкций в сочетании с металлизированными пленочными токосъемниками и выводами, описанными в настоящем документе.

На фиг. 35 показана возможная конфигурация варианта реализации конструкции полностью заполненной сварной сетчатой конструкции.

На фиг. 35A показана возможная конфигурация варианта реализации конструкции разреженно заполненной сварной сетчатой конструкции.

На фиг. 36 показана возможная конфигурация варианта реализации конструкции частично заполненной в шахматном порядке сварной сетчатой конструкции.

На фиг. 37 показана возможная конфигурация варианта реализации частично выровненной сварной сетчатой конструкции.

На фиг. 38 показан вид сбоку в перспективе батарейного композита из токосъемника и вывода, имеющего сварной шов с верхней стороны.

На фиг. 39 показан вид сбоку в перспективе батарейного композита из токосъемника и вывода, имеющего сварной шов со стороны пленки.

На фиг. 40 показан вид сбоку в перспективе композита из однократно сложенного приваренного вывода и токосъемника.

На фиг. 41 показан частично развернутый вид сбоку в перспективе композита из многослойного токосъемника и множества выводов.

На фиг. 42 показан вид сбоку в перспективе композита из электрода и приварного вывода, содержащего разделяющую плавкую предохранительную конструкцию.

На фиг. 43 показан вид сбоку в перспективе части композита в виде токосъемник/электрод/вывод с лентой для прикрепления.

На фиг. 44 показан вид сбоку в перспективе батарейного композита, имеющего многослойные токосъемники и соединение обматыванием лентой для приваренного вывода.

На фиг. 45 показан вид сбоку в перспективе батарейного композита, имеющего многослойные токосъемники и зажимное ленточное соединение для приваренного вывода.

На всех различных фигурах одинаковые номера позиций относятся к одним и тем же частям.

Осуществление изобретения

Отличительным преимуществом настоящего изобретения является возможность обеспечения посредством конструкционных компонентов механизма для разрыва проводящего пути при возникновении внутреннего короткого замыкания, останавливающего или значительно уменьшающего протекание тока, который может вырабатывать тепло внутри целевого элемента батареи.

Еще одним преимуществом является возможность создания такого защитного структурного формата в элементе литиевой батареи, который также обеспечивает выгодные с точки зрения веса и стоимости усовершенствования для всего производства, транспортировки и использования элемента. Таким образом, еще одним преимуществом является формирование и сохранение внутренней структуры плавкого предохранителя в целевом элементе батареи до тех пор, пока не возникнет необходимость в его активации. Еще одним преимуществом является создание батареи с меньшим весом за счет использования тонкого токосъемника на основе пленки, который предотвращает тепловой разгон во время короткого замыкания или подобного события. Еще одним преимуществом является возможность использования легковоспламеняющихся органических электролитических материалов в батарее без какой-либо заметной склонности к их воспламенению во время короткого замыкания или подобного события. Еще одним отличительным преимуществом является возможность обеспечения достаточного количества проводящих выводных компонентов, приваренных или иным образом контактирующих с внутренним плавким токосъемником, в частности, контактирующих одновременно с его верхней и нижней поверхностью. Еще одним преимуществом является возможность создания складок на тонких токосъемных компонентах, раскрытых в настоящем документе, для обеспечения возможности совокупной выработки энергии в последовательности из множества токопроводящих внутренних структур для обеспечения надежных результатов работы запрашиваемой батареи без необходимости чрезмерных размеров по весу или объему.

Соответственно, раскрытие настоящего изобретения охватывает устройство накопления энергии, содержащее анод, катод, по меньшей мере один полимерный или волоконный разделитель, присутствующий межу указанным анодом и указанным катодом, электролит и по меньшей мере один токосъемник, находящийся в контакте по меньшей мере с одним из указанного анода и указанного катода; при этом либо указанный анод, либо указанный катод расположен между по меньшей мере частью указанного токосъемника и указанного разделителя, причем указанный токосъемник содержит проводящий материал, нанесенный на подложку из полимерного материала, и при этом указанный токосъемник перестает проводить ток в точке контакта открытого короткого замыкания при рабочем напряжении указанного устройства накопления энергии, причем указанное напряжение составляет по меньшей мере 2,0 вольта. Одним из примеров может быть плотность тока в точке контакта, составляющая 0,1 ампер/мм^2 при размере наконечника 1 мм^2 или меньше. Конечно, в случае более крупных элементов требуемая пороговая плотность тока может быть выше, и элемент может переставать проводить ток при плотности тока по меньшей мере 0,3 ампер/мм^2, например, по меньшей мере 0,6 ампер/мм^2, или даже по меньшей мере 1,0 ампер/мм^2. Такая покрытая подложка из полимерного материала должна также иметь общую толщину не более 25 мкм, как описано более подробно ниже. Способы использования такого выгодного токосъемного компонента в устройстве накопления энергии (будь то батарея, такая как литий-ионная батарея, конденсатор и т.п.) тоже охватываются в настоящем раскрытии. Кроме того, такое батарейное изделие с тонкопленочным токосъемником может быть также снабжено по меньшей мере одним выводом, находящимся в контакте с основным тонкопленочным токосъемником посредством от 2 до 50 сварных швов (которые могут быть равномерно разнесены и иметь одинаковый размер), расположенными вдоль указанного токосъемника, причем указанный по меньшей мере один вывод наложен на указанную тонкую пленку так, что указанный по меньше мере один вывод имеет оголенную верхнюю поверхность или нижнюю поверхность, находящуюся в контакте с покрытой поверхностью указанного тонкопленочного токосъемника, при этом в указанных сварных швах проводящий материал проходит через указанный вывод от его оголенной верхней поверхности к указанной покрытой поверхности указанного тонкопле-

ночного токосъемника. В настоящем документе также охвачено использование множества токосъемников, как описано выше, которые могут быть сложены для обеспечения отдельных областей выработки энергии, которые соединены последовательно внутри одного батарейного изделия.

Кроме того, гораздо более высокие плотности тока могут поддерживаться в течение очень коротких периодов времени или в щупе с очень маленьким наконечником. В такой ситуации более высокий ток, такой как 5 ампер, или 10 ампер, или даже 15 ампер, может быть подсоединен на очень короткий период времени (например, меньше с, или, в качестве альтернативы, меньше 0,1 с, или даже меньше 1 мс (0,001 с)). В рамках настоящего изобретения, несмотря на возможность измерения более высокого тока, время подачи такого тока достаточно короткое, так что общая доставляемая энергия очень мала и недостаточна для выделения достаточного количества тепла, чтобы вызвать тепловой разгон в целевом элементе батареи. Например, известно, что при коротком замыкании в элементе с обычной архитектурой вырабатывается 10 ампер в течение 30 с при напряжении 4,2 вольта, в результате чего в небольшую локальную область внутри такой батареи подается энергия 1200 джоулей. Это получающееся в результате измерение может повысить температуру 1-граммовой секции испытуемой батареи примерно на 300°C, что является достаточно высокой температурой, чтобы не только расплавить обычный материал разделителя, присутствующий в ней, но и привести весь элемент в ситуацию теплового разгона (что, как отмечено выше, может вызвать вышеупомянутое разрушение материалов электролита, присутствующих в нем, и потенциально пагубно сказаться не только на испытуемой батарее, но и на устройстве/инструменте, в котором она находится, а также на окружающей среде. Таким образом, несомненно, существует возможность того, что способность уменьшить время короткого замыкания, а также получающийся в результате уровень энергии, связанный с таким коротким замыканием, до низких значений в джоулях, позволит избежать, если не полностью предотвратить, тепловой разгон (и связанную с ним потенциальную аварийную ситуацию). Поэтому, например, уменьшение продолжительности короткого замыкания в токосъемнике до 1 мс или менее может тогда уменьшить количество передаваемой энергии до 0,04 джоуля (в отличие от 1200 джоулей, как отмечалось выше, приводящим к чрезмерной температуре 300° Цельсия или более, например, в 1-граммовой локальной области испытуемой батареи). Такой низкий уровень приведет к увеличению температуры на 0,01°C в пределах такой 1-граммовой области батареи, тем самым предотвращая тепловой разгон в элементе батареи и, следовательно, во всей батарее.

Следовательно, еще одним значительным преимуществом раскрытия настоящего изобретения является обеспечение батареи токосъемником, который резко ограничивает время доставки уровня тока, приложенного к поверхности целевого токосъемника посредством наконечника щупа (для управляемого имитирования эффекта внутреннего производственного дефекта, дендрита или внешнего события, которые вызывают внутреннее короткое замыкание в рассматриваемой батареи) менее чем 1 с, предпочтительно менее чем 0,01 с, более предпочтительно менее чем 1 мс и наиболее предпочтительно, возможно, даже менее чем 100 мкс, особенно для более высоких токов. Конечно, такой ток будет ограничен внутренним напряжением элемента, которое может составлять 5,0 В, или 4,5 В, или 4,2 В или даже меньше, например, 4,0 В или 3,8 В, но не менее 2,0 В.

Такой новый токосъемный компонент действительно противоречит здравому смыслу с точки зрения компонентов, ныне используемых и встречающихся в литиевых (и другого типа) батареях и устройствах накопления энергии. Стандартные токосъемники представляют собой проводящие металлические конструкции, например, алюминиевые и/или медные панели такой толщины, которая, как считается, обеспечивает необходимую прочность для выдерживания процесса производства. Прочность этих металлов требует толщины, значительно превышающей электрические потребности элемента. Например, электрические потребности элемента требуют толщины металла порядка 500 нм в алюминиевом эквиваленте, в то время как самая тонкая сплошная алюминиевая фольга, которая выдерживает процесс производства, составляет около 10 мкм. Однако, похоже, что такое первоначальное предположение было в действительности неправильно понято, в частности, потому, что толстые панели, преобладающие в современных устройствах накопления энергии, на самом деле будут поддерживать любой ток, который обычно может выдать элемент с низким импедансом при возникновении короткого замыкания, и, таким образом, будут в значительной степени способствовать повышению температур, если и когда такая ситуация возникает. Такое замыкание может быть вызвано, например, дендритным образованием между анодом и катодом. Такой дефект (вызван ли он при или во время изготовления или в результате длительного использования и, следовательно, потенциальной деградации) может позволить напряжению неожиданно перейти от анода к катоду, тем самым создавая увеличение тока и, следовательно, температуры в том месте, где это происходит. Действительно, одним из дефектов, являющихся потенциальным источником короткого замыкания, являются заусеницы, которые образуются на краях этих толстых типичных токосъемников, когда их разрезают или вырезают изношенными лезвиями во время многократных процессов изготовления множества продуктов (как это часто бывает в наши дни). Однако было неоднократно проанализировано и понято, что стандартные материалы токосъемников просто имеют склонность к созданию длительного короткого замыкания и допускают повышение температуры, и также позволяют току, имеющему место во время такого события, продолжать проходить через устройство, что позволяет беспрепятственно вырабатываться и перемещаться току, не оставляя средств для уменьшения тока и, следовательно,

от повышения температуры. Это проблема приводит непосредственно к разгону высокой температуры без каких-либо внутренних средств прекращения такой ситуации, и потенциальное возгорание и, в конечном счете, самосожжение и разрушение устройства, как правило, неизбежно. Кроме того, путь тока (направление заряда) стандартного токосъемника остается довольно статичным, как до, так и во время короткого замыкания, в основном демонстрируя такое же потенциальное перемещение электрического заряда, которое ожидается при перемещении от катода к аноду, а затем горизонтально вдоль токосъемника в определенном направлении. Однако, при коротком замыкании этот путь тока не может предотвратить или по меньшей мере ограничить или задержать такое перемещение заряда, позволяя, иначе говоря, быстро разряжаться неуправляемым образом по всей самой батарее. В сочетании с высокой температурой, связанной с таким быстрым разрядом, это приводит к катастрофическим проблемам (пожарам, взрывам и т.д.), указанным выше.

Напротив, и, опять же, весьма неожиданно и нелогично, по меньшей мере с точки зрения типичных структур и конфигураций литиевых батарей, использование токосъемника в соответствии с настоящим изобретением приводит к измерению чрезвычайно высокой плотности тока (благодаря уменьшенной толщине проводящего элемента) и предотвращению перемещения заряда (например, отсутствию направления заряда) в случае короткого замыкания. Другими словами, при определенных структурных ограничениях, налагаемых на раскрытый в настоящем документе токосъемный компонент, плотность тока возрастает до такой степени, что материал не может оставаться невредимым и разрушается за счет испарения.

Общее количество энергии, необходимое для того, чтобы вызвать этот отказ проводника, невелико, как обсуждалось выше, и приводит к очень низким температурам, возникающим в результате этого события. В сочетании с другими конструктивными особенностями такого токосъемного компонента, а именно, фактическим отсутствием стабильного по размерам полимерного материала в контакте с таким слоем проводящего материала, проводящий материал мгновенно окисляется в точке заряда на нем, оставляя, например, оксид алюминия или меди, которые оба являются непроводящими материалами. Благодаря такому мгновенному образованию непроводящего материала заряд короткого замыкания, по-видимому, рассеивается, поскольку нет направления, доступного для его перемещения. Таким образом при использовании описываемого токосъемника возникновение внутреннего короткого замыкания приводит к немедленному прекращению тока фактически за счет использования высокой температуры, мгновенно возникающей в результате такого короткого замыкания, для создания барьера для дальнейшего перемещения заряда. Соответственно, отсутствие дальнейшего тока по всему корпусу устройства накопления энергии (имеющего отношение к короткому замыканию, конечно) подавляет такое нежелательное событие до такой степени, что короткое замыкание полностью локализуется, после чего не возникает быстро возрастающего тока или высокой температуры и, возможно, самое главное, токосъемник остается пригодным для своих первоначальных и защитных целей, поскольку присутствующий после этого локализованный непроводящий материал не приводит к сколь-либо заметному сокращению протекания тока при использовании устройства накопления энергии (батарея и т.д.) по назначению. Кроме того, относительно небольшая площадь формирования непроводящего материала сохранят значительную площадь поверхности и т.д. на токосъемнике для дальнейшего использования без какой-либо необходимости в ремонте, замене или других мерах по исправлению. Необходимо застраховаться от такой ситуации, которая, конечно, происходит не всегда, но без определенных мер предосторожности и корректив, о которых идет речь, вероятность возникновения такой угрозы и разрушения из-за высокой температуры действительно остается намного выше, чем в целом приемлемо. Таким образом, весь токосъемник, благодаря своей нестабильности в условиях короткого замыкания, становится двумерным электрическим плавким предохранителем, предотвращающим потенциально катастрофические высокие токи, связанные с коротким замыканием, за счет использования мгновенного воздействия этого высокого тока для сведения на нет способности токосъемника проводить ток в точке короткого замыкания.

Такие преимущества становятся возможными в связи с таким новым получающимся в результате токосъемником, который может быть обеспечен, с аналогичными конечными результатами, посредством ряда различных альтернатив. В любой из этих альтернативных конфигураций такой токосъемник, описанный в настоящем документе, функционирует, по всей видимости, как внутренний плавкий предохранитель в целевом устройстве накопления энергии (например, литиевой батарее, конденсаторе и т.д.). Однако, в каждом случае (альтернативном варианте) имеется токосъемник, содержащий полимерный слой, который металлизирован с одной или обеих его сторон, причем по меньшей мере одна металлизированная сторона находится в контакте с анодом или катодом целевого устройства накопления энергии. В одном из вариантов общая толщина всей металлизированной (покрытой) полимерной подложки токосъемника составляет меньше 20 мкм, потенциально предпочтительно меньше 15 мкм, и потенциально более предпочтительно меньше 10 мкм, причем все это при показании измерения сопротивления меньше 1 Ом/квадрат, потенциально предпочтительно меньше 0,1 Ом/квадрат, и потенциально более предпочтительно меньше 50 мОм/квадрат. Типичные токосъемники могут обладать такими признаками, но при этом имеют гораздо больший вес, чем те, которые изготовлены с использованием армирующих полимерных подложек, и не обладают преимуществами безопасности, присущими данному раскрытому в настоящее время варианту. Например, медная фольга толщиной 10 мкм может весить 90 грамм/м^2. Однако

омедненная фольга может весить всего лишь 50 грамм/м^2, или даже всего лишь 30 грамм/м^2, или даже меньше 20 грамм/м^2, обеспечивая при этом адекватные электрические характеристики, требуемые для функционирования элемента. Однако в этой альтернативной конструкции очень тонкий компонент также делает возможным реагирование короткого замыкания с металлическим покрытием и, в зависимости от общих уровней сопротивления, формирования, за счет чрезвычайно высокой температуры из-за всплеска тока во время короткого замыкания, локализованной области оксида металла, которая сразу же предотвращает любое дальнейшее перемещение тока из нее.

Еще одной возможной альтернативой такому новому токосъемнику является обеспечение зависящего от температуры металлического (или металлизированного) материала, который либо дает усадку под действием источника тепла во время короткого замыкания, либо легко разлагается в конкретном месте материала в непроводящий материал (например, оксид алюминия из алюминиевого токосъемника, в качестве одного примера, и как упоминалось выше иным образом). Таким образом, токосъемник становится термически слабым, что резко отличается от используемых сегодня алюминиевых и медных токосъемников, которые достаточно термически устойчивы к высоким температурам. В результате сплав металла с более низкой собственной температурой плавления может разрушаться при более низких плотностях тока короткого замыкания, повышая преимущества безопасности раскрытого в настоящем документе энергетического устройства на основе лития. Еще одной альтернативой является изготовление токосъемника путем нанесения слоя проводящего материала, например меди или алюминия, на волокна или пленки, которые имеют относительно высокие скорости усадки при относительно низких температурах. В число их примеров входят термопластические пленки с температурами плавления ниже 250°C или даже 200°C, и в качестве не имеющих - ограничительного характера примеров могут входить полиэтилентерефталат, нейлон, полиэтилен или полипропилен. Еще один возможной способ достижения такого результата заключается в изготовлении токосъемника путем нанесения слоя проводящего материала, например, меди или алюминия, как и выше, на волокна или пленки, которые могут разбухать или растворяться в электролите при нагреве материалов до относительно высоких температур по сравнению с рабочими температурами элементов, но низких по сравнению с температурами, которые могут вызвать тепловой разгон. В число примеров таких полимеров, которые могут набухать в литий-ионных электролитах, входят поливинилиденфторид и полиакрилонитрил, но специалистам в данной области известны и другие. Еще один способ получения такого альтернативного процесса формирования внутреннего электрического плавкого предохранителя может представлять собой нанесение на подложку металла, например, алюминия, который может окисляться под действием тепла, причем общая толщина металла гораздо ниже обычно используемой для литиевых батарей. Например, очень тонкий алюминиевый токосъемник, используемый сегодня, может иметь толщину 20 мкм. Толщина покрытия в общей сложности меньше 5 мкм разорвет цепь быстрее, а толщина меньше 2 мкм, или даже меньше 1 мкм разорвет цепь даже еще быстрее. Еще один способ достижения разрыва проводящего пути заключается в обеспечении токосъемника с ограниченной проводимостью, который будет разлагаться при высоких плотностях тока вокруг короткого замыкания аналогично разложению, наблюдаемому сегодня в имеющихся в продаже плавких предохранителях. Это может быть достигнуто путем обеспечения токосъемника с удельным сопротивлением больше 5 мОм/квадрат, или 10 мОм/квадрат, или потенциально предпочтительно больше 20 мОм/квадрат, или потенциально более предпочтительно больше 50 мОм/квадрат. Эти измерения могут быть на одной стороне или на обеих сторонах материала, нанесенного на обе стороны. Использование токосъемников с разными удельными сопротивлениями также может быть выбрано по-разному для батарей, рассчитанных на высокую мощность, которые могут использовать относительно низкое сопротивление по сравнению с элементами, рассчитанными на меньшую мощность и более высокую энергию, и/или которые могут использовать относительно высокое сопротивление. Еще один способ достижения разрыва проводящего пути заключается в обеспечении токосъемника, который будет окисляться в непроводящий материал при температурах, которые гораздо ниже температуры алюминия, тем самым позволяя токосъемнику становиться инертным в области короткого замыкания раньше разложения разделителя. Некоторые сплавы алюминия будут окисляться быстрее самого алюминия, и эти сплавы будут приводить к ухудшению проводящего пути более быстрыми темпами или при более низкой температуре. В качестве возможных альтернатив в такой емкости тонкого слоя может быть использован металл любого типа, который обладает электрической проводимостью, в том числе, без ограничений, золото, серебро, ванадий, рубидий, иридий, индий, платину и другие (в принципе, при очень тонком слое затраты, связанные с использованием такого металла, могут быть значительно снижены без ущерба для удельной проводимости, но с обеспечением при этом защиты от потенциального теплового разгона при коротком замыкании или подобном событии). Также могут быть использованы слои различных металлов или даже дискретные области металла, осажденные внутри слоя или в качестве его отдельных компонентов. Разумеется, также, одна сторона такой покрытой подложки токосъемника может содержать различные виды металлов, отличные от противоположной стороны, и также может иметь другую толщину слоя по сравнению с ней.

Одним из способов улучшения электрических свойств элемента могло бы стать обеспечение того, чтобы токосъемник с покрытием имел две стороны с проводящим покрытием, якобы обеспечивающие

проводимость от покрытия на одной стороне к покрытию на другой стороне. Такой результат невозможен, например, для полимерной пленки без покрытия. Однако пришло осознание того, что такая двусторонняя проводимость может быть достигнута посредством, в качестве одного не ограничивающего примера, нетканого материала, содержащего определенный процент проводящих волокон, или нетканого материала, наполненного проводящими материалами, или нетканого материала, изготовленного из проводящего материала (такого, как углеродные волокна или металлические волокна), или, как отмечено выше, нетканого материала, содержащего волокна, покрытые проводящим материалом (таким, как волокна с металлическим покрытием на поверхности). Другим типом нового тонкого токосъемного материала, имеющего проводимость сверху вниз, может быть пленка, которая была выполнена проводящей, например, путем использования проводящего по своей природе материала (такого как, например, проводящие полимеры, такие как полиацетилен, полианилин или поливинилпирролидон) или путем наполнения проводящим материалом (таким как графит или графен, или металлические частицы или волокна) во время или после изготовления пленки. Кроме того, другим возможным двусторонним тонким токосъемным материалом является полимерная подложка, имеющая небольшие перфорационные отверстия, покрытые внутри металлом (алюминием или медью) во время процесса металлизации. Получающаяся в результате проводимость от одной стороны к другой стороне не обязательно должны быть такой же, как у проводящих покрытий.

Таким образом, подобные альтернативные конфигурации, обеспечивающие, предположительно, одинаковые результаты и физические свойства токосъемника, включают: a) токосъемник, в котором общая толщина покрытой полимерной подложки составляет меньше 20 мкм при сопротивлении меньше 1 Ом/квадрат, b) токосъемник, содержащий проводящий материал, нанесенный на подложку, содержащую полимерный материал, причем термоусадка полимерного материала при температуре 225°C составляет по меньшей мере 5%, c) токосъемник, металлизированный полимерный материал которого набухает в электролите батареи, причем набухание увеличивается по мере нагревания полимерного материала, d) токосъемник, общая толщина проводящего материала которого, нанесенного на полимерную подложку, составляет меньше 5 мкм, e) токосъемник, проводимость которого составляет от 10 мОм/квадрат до 1 Ом/квадрат, и f) токосъемник, металлизированная полимерная подложка которого имеет пористость 60%. Использование любой из этих конфигураций в устройстве накопления энергии с разделителем, имеющим термоусадку меньше 5% после пребывания в течение 1 ч при температуре 225°C, также входит в объем настоящего изобретения. Общее использование (способ использования) устройства накопления энергии такого типа (батареи, конденсатор и т.д.) также охватывается настоящим изобретением.

Хотя основным преимуществом настоящего изобретения является повышенная безопасность элемента, существуют и другие преимущества, упомянутые выше, в том числе уменьшенный вес всего устройства накопления энергии за счет уменьшения количества металла в связи к такими токосъемными компонентами. Опять же, использование тонких металлизированных полимерных слоев с покрытием, особенно с низкими характеристиками размерной стабильности, в качестве токосъемников в таких батарейных изделиях представляется совершенно противоречащим здравому смыслу. В настоящее время в этой отрасли сохраняется мнение, что для достижения желаемых результатов защиты (особенно от возможного короткого замыкания) необходимо большее количество фактического металла и/или изоляционных компонентов. Теперь неожиданно пришло понимание, что такая парадигма не только неверна, но и эффективным средством решения проблем короткого замыкания в литиевых батареях и т.д. является уменьшение количества металла, а не увеличение, и использование его вместе с термически нестабильными базовыми слоями. Таким образом, теперь стало понятно, опять же, совершенно неожиданно, что тонкие металлические слои с такими нестабильными базовыми слоями обеспечивают возможность бороться и эффективно прекращать события разрядки во время коротких замыканий, и общий эффект заключается не только в получаемой в результате гораздо большей безопасности и надежности, но и в значительно снижении общего веса и объема таких комплектующих деталей. Поэтому, неожиданные преимущества улучшенных свойств при сниженных требованиях к весу и объему в продуктах для накопления энергии (батареях и т.д.), дают гораздо больше пользы отрасли, чем было понятно изначально.

Для наглядности, алюминий плотностью 2,7 г/см^3 при толщине 20 мкм будет весить 54 г/м^2. Однако тот же металл, нанесенный слоем толщиной 1 мкм на толстую полимерную пленку толщиной 10 мкм (и плотностью 0,9 г/см^3) будет весить 11,7 г/м^2. Снижение веса токосъемника может уменьшить вес всего целевого устройства накопления энергии (например, батареи), повышая мобильность, увеличивая пробег электромобиля на одну зарядку, и в целом повышая ценность мобильных электрических приложений.

Кроме того, благодаря высокой прочности пленок, описанный выше пример можно сделать тоньше, например, общей толщиной 11 мкм по сравнению с 20 мкм, опять же уменьшая объем элемента, тем самым эффективно увеличивая плотность энергии. Таким образом, может быть изготовлен и использован для такой цели и функции токосъемник общей толщиной меньше 15 мкм, предпочтительно меньше 12, более предпочтительно меньше 10, а наиболее предпочтительно меньше 8 мкм. При объемном удельном сопротивлении алюминия $2{,}7\times10^{-8}$ Ом·м и меди $1{,}68\times10^{-8}$ Ом·м может быть изготовлено тонкое покрытие с сопротивлением меньше 1 Ом/квадрат, или меньше 0,5 Ом/квадрат, или даже меньше 0,1 Ом/квадрат, или меньше 0,05 Ом/квадрат. Толщина этих проводящих покрытий может быть меньше 5 мкм, предпоч-

тительно меньше 3 мкм, более предпочтительно меньше 2 мкм, потенциально наиболее предпочтительно меньше 1 мкм. Крайне нелогично, что стандартные материалы, обычно встречающиеся на рынке, содержат 10 мкм или более металла, когда подходящие характеристики могут быть получены при использовании гораздо меньшего количества металла. Действительно, большая часть металла, присутствующего в типичных устройствах накопления, включена для обеспечения подходящих механических свойств для высокоскоростной и автоматизированной обработки. Одним из преимуществ настоящего изобретения является именно то, что для обеспечения механических свойств используется полимерный материал гораздо меньшей плотности, что позволяет уменьшить толщину металла до уровня, при котором безопасность элемента повышается из-за неспособности токосъемника поддерживать опасно высокие плотности тока, являющиеся результатом внутренних электрических коротких замыканий и приводящие к тепловому разгону, задымлению и возгоранию.

Кроме того, эти проводящие слои могут состоять из множества слоев. Например, слой алюминия может быть базовым слоем, покрытым тонким слоем меди. Таким образом, объемное удельное сопротивление может быть обеспечено алюминием, который мало весит, недорогой и может быть легко осажден методами осаждения из паровой фазы. Медь может обеспечивать дополнительную проводимость и пассивирование анода без значительного удорожания или увеличения веса. Этот пример приведен исключительно для иллюстрации, и специалисты в данной области могут предложить много других многослойных проводящих структур, каждые из которых служат отличными примерам настоящего изобретения.

Эти тонкие металлические покрытия приведут, как правило, к более высокому сопротивлению, чем в алюминиевом или медном токосъемнике, обычно используемом на практике, что является отличительным признаком настоящего изобретения по сравнению с ним. Такие новые подходящие токосъемники могут быть изготовлены с сопротивлением больше 10 мОм/квадрат, предпочтительно больше 20 мОм/квадрат, более предпочтительно больше 50 мОм/квадрат и потенциально наиболее предпочтительно даже больше 100 мОм/квадрат.

Кроме того, элементы, изготовленные с термически слабыми токосъемниками, описанными выше, могут быть выполнены даже более безопасными, если разделитель имеет высокую термическую стабильность, например, потенциально имеет низкую усадку при высоких температурах, в том числе усадку меньше 5% после воздействия температурой 200°C в течение 1 ч, предпочтительно после воздействия температурой 250°C в течение 1 ч и потенциально более предпочтительно после воздействия температурой 300°C в течение 1 ч. Существующие разделители выполнены из полиэтилена с температурой плавления 138°C и полипропилена с температурой плавления 164°C. Эти материалы имеют усадку >50% при температуре 150°C, как показано на фиг. 2; такой результат слишком высок для использования с тонким токосъемником, как описано в настоящем документе. Пришло понимание, что для решения этой проблемы необходимо использовать определенные разделители с усадкой меньше 50% при температуре 150°C, или даже меньше 30%, или меньше 10%, при измерении согласно техническому меморандуму NASA TM-2010-216099, раздел 3.5. Даже разделители с керамическим покрытием демонстрируют значительную усадку при относительно умеренных температурах, либо разрушаются полностью, либо дают усадку более 20% при температуре 180°C. Поэтому желательно использовать разделитель, который не выходит из строя при испытании, не дает усадку больше 20% под воздействием температуры 180°C (как минимум), более предпочтительно больше 10% при измерении в соответствии с тем же стандартом испытания. Наиболее предпочтительным будет использование разделителя, который дает усадку меньше 10% при воздействии температурой 200°C, или 250°C, или даже 300°C.

Для любой из этих металлизированных подложек желательно иметь низкую толщину, чтобы способствовать повышению плотности энергии элемента. Для получения такой толщины могут быть использованы любые средства, включая каландрование, горячее прессование или даже абляция материала с поверхности таким образом, чтобы уменьшить общую толщину. Эти процессы для уменьшения толщины могут быть выполнены до или после металлизации. Таким образом, желательно иметь общую толщину металлизированной подложки меньше 25 мкм, предпочтительно меньше 20 мкм, более предпочтительно меньше 16 мкм и потенциально наиболее предпочтительно меньше 14 мкм. Имеющиеся в продаже полиэфирные пленки выпускаются толщиной не более 3 мкм и даже ниже, 1,2 мкм. Пленки этих типов могут служить в качестве подходящих подложек и обеспечивать общую толщину токосъемника меньше 10 мкм, предпочтительно меньше 6 мкм и более предпочтительно меньше 4 мкм. Такие сверхтонкие токосъемники (с надлежащей проводимостью, как описано выше и повсюду в настоящем документе) могут сделать возможной гораздо более высокую плотность энергии при улучшенных характеристиках безопасности - результат, который до сих пор остается неизученным.

Также желательно, чтобы эти металлизированные подложки мало весили. Это может быть достигнуто путем использования полимерных материалов низкой плотности, таких как полиолефины или другие полимеры низкой плотности, в том числе, только в качестве примера, полиэтилен, полипропилен и полиметилпентен. Это также может быть достигнуто за счет наличия открытой пористой структуры в подложке или даже путем использования подложек с низким базовым весом. Таким образом, плотность полимера, используемого в материале подложки, может быть меньше 1,4 г/см^3, предпочтительно меньше 1,2 г/см^3 и потенциально наиболее предпочтительно меньше 1,0 г/см^3. Кроме того, поверхностная плот-

ность материала подложки может быть меньше 20 г/м^2, предпочтительно меньше 16 г/м^2 и потенциально наиболее предпочтительно меньше 14 г/м^2. Кроме того, поверхностная плотность покрытой металлом полимерной подложки может быть меньше 40 г/м^2, предпочтительно меньше 30 г/м^2, более предпочтительно меньше 25 г/м^2 и потенциально наиболее предпочтительно меньше 20 г/м^2.

Низкий вес также может быть достигнут за счет пористой подложки. Однако пористость должна быть не слишком высокой для этих материалов, поскольку это может привести к низкой прочности и большой толщине, в результате чего достижение поставленных целей фактически сводится на нет. Поэтому такие базовые материалы будут иметь пористость ниже примерно 60%, предпочтительно ниже 50% и потенциально наиболее предпочтительно ниже 40%. Поскольку для этого типа токосъемников с металлическим покрытием могут быть использованы твердые материалы, нижнего предела пористости не существует.

Для обеспечения возможности высокоскоростной обработки материалов для изготовления батарей требуется высокая прочность. Это может быть достигнуто путем использования удлиненных полимеров, либо из тянутых волокон, либо из одноосно - или двуоснотянутых пленок.

Как представлено ниже на прилагаемых чертежах и их описаниях, в соответствии с настоящим изобретением изготовлено и, таким образом, предложено устройство накопления энергии, будь то батарея, конденсатор, суперконденсатор и т.п., в котором предусмотрены по меньшей мере один токосъемник, который имеет свойства, связанные с отсутствием заметного протекания тока после короткого замыкания, и находится в контакте с катодом, анодом, или два отдельных токосъемника, находящиеся в контакте с обоими, а также разделитель и электролиты, причем все они находятся и герметично закрыты в стандартном (подходящем) контейнере для устройства накопления энергии. Катод, анод, контейнер, электролиты и, в некоторых ситуациях, разделитель - все эти компоненты по большей части являются стандартными. Однако используемый при этом и в настоящем документе токосъемник является, как было описано, не только новым и неизученным в данной области техники, но и противоречащим здравому смыслу в качестве реального компонента устройства накопления энергии. Это, опять же, более подробно описано ниже.

Как отмечено выше, чтобы уменьшить вероятность теплового разгона, если не полностью предотвратить его, в элементе батареи (особенно в литий-ионной перезаряжаемого типа, но, безусловно, возможны и другие), необходимо средство, специально обеспечивающее, чтобы любое короткое замыкание в нем существовало, по сути, в течение короткого периода времени, с уменьшенным временем пребывания внутри рассматриваемого токосъемника или на нем, и, в конечном счете, имело получаемый в результате незначительный уровень энергии в джоулях (т.е. меньше 10, предпочтительно меньше 1, а наиболее предпочтительно меньше 0,01). Поэтому в такой ситуации, когда, как упоминалось раньше, электрический путь проходит от анода к катоду и через разделитель, с тонким проводящим токосъемникам на своем месте и в присутствии органического легковоспламеняющегося электролита, было замечено, что тонкий токосъемник малого веса позволяет достичь такого желаемого результата, особенно в плане рассеивания быстро возрастающих зарядов на поверхности токосъемника и отсутствия заметного повышения температуры настолько, что воспламенение компонента электролита было бы неизбежным. К удивлению, и без привязки к какому-либо конкретному научному объяснению или теории, считается, что проводящая природа тонкого материала токосъемника позволяет электрическим зарядам короткого замыкания просто достигать тонкого проводящего токосъемника и моментально создавать кратковременную высокую энергию, которая приводит к реакции между металлом на поверхности токосъемника и самим электрическим зарядом с образованием оксида металла в этой конкретной точке на поверхности токосъемника. Оксид металла обеспечивает изоляцию для дальнейшей электрической активности, и приложенный ток мгновенно рассеивается, оставляя потенциальную деформацию внутри самого токосъемника, но с наличием вышеупомянутого оксида металла для защиты от любой дальнейшей активности электрического заряда в этом конкретном месте. Таким образом, оставшийся токосъемник остается неповрежденным и может обеспечивать те же возможности, что и раньше, тем самым дополнительно обеспечивая защиту от любых других потенциальных коротких замыканий или подобных явлений. В случае теплового разгона в батарейных продуктах известного уровня техники анод, катод, токосъемники и разделитель содержат электрический путь, который вырабатывает тепло и дает искру для возгорания элемента, например, в ответ на короткое замыкание. Таким образом, также присутствующие электролиты, транспортирующие ионы, фактически создают аварийные ситуации с получением в результате высокой температуры, связанной с такими неожиданными электрическими зарядами. По сути, тепло, выделяемое при токосъемнике известного уровня техники, вызывает первоначальные химические реакции в материалах электролита, приводящие, в конечном счете, к быстро разрастающемуся воспламенению самих материалов электролита. Следовательно, раскрытый в настоящем документе токосъемник согласно настоящему изобретению особенно ценен при использовании в элементах батареи, содержащих такие легковоспламеняющиеся электролиты. Таким образом, такие электролиты обычно содержат, например, органические растворители, такие как карбонаты, в том числе пропиленкарбонат этиленкарбонат, этилметилкарбонат, диэтилкарбонат, диметилкарбонат и другие. Эти электролиты обычно присутствуют в виде смесей вышеупомянутых материалов и, возможно, с другими растворяющими материалами, содержащи-

ми добавки различных типов. Компонентом этих электролитов также является соль лития, например, гексафторфосфат лития, $LiPF_6$. Такие электролиты предпочтительны в отрасли батарей, но, как отмечалось, действительно способствуют возникновению опасных ситуаций. Опять же, токосъемник в соответствии с настоящим изобретением в совокупности с другими компонентами батареи решает эти проблемы в значительной степени и к удивлению.

Одним из способов демонстрации полезности такого токосъемника является следующее испытание. Источник тока с предельными значениями напряжения и тока может быть установлен на предельное значение напряжения, аналогичное рабочему напряжению рассматриваемого накопителя энергии. Затем ток можно отрегулировать, и испытать токосъемник минимум в двух конфигурациях. В первой короткую полоску токосъемника известной ширины приводят в контакт посредством двух металлических соединителей, которые контактируют с образцом по всей его ширине. Предел тока источника тока может быть повышен, чтобы определить, существует ли предел способности материала проводить ток, который может быть измерен как общий ток, деленный на ширину, с получением результата в А/см, определяемого в настоящем документе как горизонтальная плотность тока. Вторая конфигурация заключается в приведении в контакт заземления источника тока с одним из металлических контактов полной ширины и последующим касанием наконечником щупа, площадью приблизительно 0,25 $мм^2$, в каком-либо месте вдоль полоски токосъемника. Если ток слишком высокий, он разрушит локальную область, и ток не потечет. Если ток не слишком высокий для токосъемника, то полный ток, до предела источника тока, потечет. Результат представляет собой предел тока в $А/мм^2$, в настоящем документе определяемый как вертикальная плотность тока. Таким образом, токосъемник, который может достигать высокого тока в обеих конфигурациях, будет аналогичен токосъемнику известного уровня техники, а токосъемник, который может поддерживать горизонтальный ток при контакте на всю ширину, но не поддерживает аналогичный вертикальный ток при точечном контакте, будет примером токосъемника в соответствии с настоящим изобретением, описанным в настоящем документе.

Например, может быть желательно, чтобы токосъемник был в состоянии поддерживать горизонтальную плотность тока 0,1 А/см, или 0,5 А/см, или 1 А/см, или 2 А/см, или даже 5 А/см. И для токосъемника, который может поддерживать горизонтальную плотность тока, указанную выше, было бы желательно, чтобы он не поддерживал вертикальную плотность тока 0,1 $А/мм^2$, или 0,5 $А/мм^2$, или 1 $А/мм^2$, или 2 $А/мм^2$, или даже 5 $А/мм^2$.

Как указано выше, в элементах литий-ионной батареи также обычно имеется вывод, приваренный для соединения вместе внутренних компонентов, в частности, токосъемников, чтобы соединить с проводом вывода для передачи заряда внешнему источнику. В этой ситуации, когда токосъемники очень тонкие, крайне важно, чтобы такой провод вывода эффективно контактировал с внутренними металлизированными пленочными токосъемниками и в достаточной степени оставался на месте, чтобы контактировать также с внешним источником. Кроме того, благодаря эффективности вышеупомянутых и неожиданно хороших металлизированных тонкопленочных токосъемников, обеспечивающих необходимые операции самого элемента батареи, а также способность обеспечивать внутренние характеристики плавкого предохранителя для предотвращения быстро возрастающего тока во время возможной проблемы (образование дендрита и т.д.), такой вывод не должен сколь-либо смещаться или неэффективно бороться с самими потенциальными проблемами неудержимого роста заряда. Другими словами, эффективность внутреннего плавкого предохранителя не должна ослабевать или нарушаться из-за проблем с выводом. К удивлению, было установлено, что такие необходимые характеристики допустимы при таких компонентах вывода.

Таким образом, на этом уровне было осознано, что металлизированные тонкопленочные токосъемники действительно позволяют эффективно и прочно приваривать вывод к ним и с возможностью фактически обеспечивать проводимость с обеих сторон пленки. Сам вывод в действительности толще каждого отдельного токосъемника, и при приведении в контакт друг с другом сварной шов может быть выполнен на глубину, которая частично проходит через материал вывода в зависимости от формы и глубины самого сварного шва. Однако, удивительный результат заключается в том, что сварной шов может действительно проходить через вывод в виде тонкой "протоки" или подобного образования, тем самым обеспечивая проводимость через материал такого сварного шва к выводу. Таким образом, создается ограниченный, хотя и эффективный, путь проводимости, чтобы не только обеспечить необходимую проводимость в месте сварки к выводу (и затем из корпуса элемента батареи к внешнему источнику), но также обеспечивается средство для ограничения фактической силы тока и температуры, создаваемой таким проводящим потоком в каждом месте сварки. Такой результат позволяет обеспечить вышеупомянутый контроль быстро возрастающей проводимости от токосъемников из металлизированной пленки в случае возникновения короткого замыкания (образование дендритов и т.д.), поскольку электрический заряд остановится на фактической поверхности токосъемника и не будет обеспечен другой путь для быстро возрастающего заряда. Таким образом, сварные швы могут быть предусмотрены по всей длине компонента вывода, проходящей вдоль токосъемника, причем в одном примере их число может доходить до пяти швов, равномерно разнесенных друг от друга, что обеспечивает эффективную проводимость от токосъемников из фольги к выводу через корпус батареи к внешнему источнику. Таким образом, ограничен-

ное количество сварных швов также ограничивает количество возможных участков быстрого возрастания заряда, хотя каждый из них имеет ограниченную силу тока, но при кратном увеличении такие уровни в некоторых ситуациях, безусловно, увеличиваются. Однако для батарей высокой мощности или с высоким током количество сварных швов на выводе может быть увеличено, чтобы обеспечить высокую величину тока, необходимую для эффективности батареи при ее применении. В этом случае можно потребовать большего количества сварных швов, потенциально целых 10, или 20, или даже 50 сварных швов на вывод. В редких случаях в элементах с очень высокой мощностью или очень высоким током может понадобиться даже больше 50 сварных швов. Сварные швы обеспечивают базовую прочность в дополнение к предотвращению перемещения вывода во время использования. Стабильность и жесткость необходимы для обеспечения правильной работы батареи в целом. Ограниченные сварные швы действительно обеспечивают определенный уровень надежности в этом отношении, в то время как добавление поверх них стяжной ленты, наложенной на пленки токосъемника, также помогает защитить от таких потенциальных проблем.

На самом деле, металлизированные тонкопленочные токосъемники неожиданно хороши для предотвращения быстро возрастающих зарядов во время короткого замыкания. Однако необходимость в проводах вывода, имеющих достаточный контакт с такими токосъемниками для обеспечения эффективной проводимости наружу элемента батареи, требует такой структуры, которая позволяет использовать такой металлизированный тонкий токосъемник вместе со стандартными компонентами вывода. Как отмечено выше, оказалось трудно обеспечить возможность определять правильные размеры, как пленки (пленок) токосъемника, так и выводов с подходящими сварными швами для эффективного прикрепления и контакта для эффективного протекания электрического тока, чтобы батарея работала, с сохранением при этом надлежащей низкой возможности для быстрого возрастающего заряда, особенно с учетом конкретных и принятых толстых монолитных компонентов токосъемника современного уровня техники. Этот неожиданно эффективный результат, особенно с учетом характеристик контакта и прочности на отрыв вывода, определенных, как указано выше, позволяет создать полноценную литий-ионную батарею, которая может иметь меньший вес или большую внутреннюю емкость для других компонентов без ущерба для способности батареи вырабатывать энергию, одновременно обеспечивая полную защиту от быстро возрастающих зарядов во время коротких замыканий.

Кроме того, важна возможность использования ранее неисследованных сварочных операций и методов для обеспечения эффективного и надежного соединения между такими металлическими проводниками (опять же, выводами) и электродами внутри тонких металлизированных пленочных токосъемников, содержащих элементы, вырабатывающие энергию. Такие эффективные соединениях необходимы не только для обеспечения аспектов безопасности таких элементов (с тонкопленочными токосъемниками, описанными в настоящем документе), но и для обеспечения важной проводимости от электрода к внешнему миру (другими словами, для обеспечения надлежащего и эффективного использования такого элемента, вырабатывающего энергию, т.е. батареи, конденсатора и т.п.). Такие элементы питания, которые могут быть сконфигурированы и структурированы с использованием контейнеров, упомянутых выше, а также, без ограничения, металлизированных пластмассовых пакетов, металлических банок и жестких/полужестких пластмассовых корпусов, опять же, будут иметь значительно улучшенные возможности в отношении теплового разгона с учетом металлизированных тонкопленочных токосъемников. Поэтому надлежащее соединение между такими элементами питания и внешними контактами крайне необходимо для реальных функциональных целей, особенно с учетом сложности обеспечения таких надежных и безопасных соединений с тонкопленочными материалами.

С этой целью и, опять же, в дополнение к описаниям и раскрытиям металлизированных тонкопленочных токосъемников и общим возможностям выводов, указанных выше, пришло осознание, что некоторые конфигурации сварных швов и фактические сварочные инструменты обеспечивают такие выгодные и удивительно эффективные соединения выводов и электродов для таких уникальных конструкций элементов питания. К числу особо важных батарей (элементов питания) относятся, без ограничений, пакетные, цилиндрические, призматические конструкции и конструкции типа "желейный рулет", поскольку элементы этих типов наиболее преобладают в определенных отраслях промышленности и также обеспечивают большую универсальность соответствующих устройств.

Динамика таких уникальных способов и операций сварки учитывает металлизированный тонкопленочный токосъемник в конкретной конфигурации, в частности, имеющий по меньшей мере один слой металлизированной пленки, по меньшей мере с двумя слоями металлизации, разделенными полимерной подложкой. При этом сварному шву должна быть придана такая структура, чтобы выемка сварного шва проникала из первого металлизированного слоя через полимерную подложку во второй металлизированный слой. Таким образом, использование соответствующей сварочной опоры создает определенную трехмерную выемку в подлежащей области токосъемника так, что верхний (первый) металлизированный слой контактирует с нижним (вторым) металлизированным слоем, полимерная подложка перемещается в противоположном направлении к сварочной выемке и в пределах двух металлизированных слоев, а полученная сварная конструкция удерживает верхний и нижний металлизированные слои, разделенные полимерной подложкой за пределами сваренной области. Таким образом, в результате такой сварки

обеспечивается возможность создания соединения между токосъемником и конструкцией вывода без потери необходимых преимуществ безопасности самого тонкопленочного токосъемника в целевом элементе. Конечно, это может быть применимо также к пленке, которая металлизирована только с одной стороны, и электрический контакт желателен с компонентом на другой стороне полимерной подложки, таким как вывод или металлизированная сторона последующего металлизированного тонкопленочного токосъемника. В этом случае сварной шов должен быть тогда нанесен таким образом, чтобы выемка сварного шва проникала из металлизированного слоя через полимерную подложку к компоненту, с которым требуется электрический контакт.

Таким образом, включение материала вкладки в сварной шов позволяет сварочной опоре продавливать вывод и перемещать токосъемник (опять же, тонкую пленку по меньшей мере из двух металлизированных слоев, разделенных полимерной подложкой) таким же образом, тем самым создавая выемку в выводе и токосъемнике одновременно для возможности соединения обеих конструкций с образованием композита для целей проводимости. Такое присоединение вывода сваркой может быть осуществлено как сверху, так и снизу такого тонкопленочного токосъемника, тем самым, по существу, обеспечивая возможность соединения вывода с верхним и нижним металлизированными слоями одновременно любым из двух способов. Таким образом, при дальнейшем присоединении электрода (нанесением или иным образом) к токосъемнику достигается возможность надлежащего и эффективного соединения всей конструкции элемента питания (по меньшей мере, электрода/токосъемника) с целевым выводом для дальнейшего обеспечения проводимости наружу такого улучшенного безопасного (с тонкопленочным токосъемником) элемента питания. Эта возможность подходящего и эффективного обеспечения проводимости от токосъемника (обоих слоев металлизированной пленки) одновременно к такому выводу для передачи энергии наружу позволяет обеспечить общую функциональность и, собственно говоря, надлежащее использование такого безопасного батарейного устройства, которое, опять же, до сих пор не было изучено. Без эффективной операции сварки обоих слоев металлизированной пленки базового токосъемника такая передача энергии была бы, по сути, затруднена. Конечно, как указано выше, токосъемник может представлять собой многослойные конструкции из одной полимерной подложки, разделяющей два металлизированных слоя в каждой такой конструкции(другими словами, повторяющиеся блоки их тонкопленочной полимерной подложки с верхней и нижней металлизированными пленками по желанию; по меньшей мере, одна такая базовая конструкция может присутствовать в виде любого количества слоев, наложенных друг на друга, до приблизительно 12-15 или более, в зависимости от ее конечного использования). Такие элементы питания с несколькими базовыми конструкциями потребовали бы одного и того же необходимого сварного соединения (соединений) по меньшей мере с одной базовой структурой в виде подложки/верхней и нижней металлизированной пленки для функциональности целевого элемента питания. Количество слоев металлизированной пленки, которые сварены вместе, может быть 15, а может быть и больше, до 25 или даже 50 в одной стопке. Если число становится слишком большим, расстояние, на которое продавливают металлизированную пленку для установления контактов с нижележащими слоями, может стать очень большим. Таким образом, максимальное количество слоев в стопке может быть меньше 250, или предпочтительно меньше 100 или даже более предпочтительно меньше 50.

В целях такого соединения между тонкопленочным токосъемником (опять же, по меньшей мере одной конструкцией в виде полимерной подложки с верхней и нижней металлизированными пленками) и выводом могут быть использованы больше одной сварной выемки. Такие сварные швы могут быть предусмотрены внутри небольшой области токосъемника (и, следовательно, вывода), или могут быть предусмотрены в виде узоров из повторяющихся выемок одинаковой трехмерной конструкции, или, возможно, в виде узорчатых или случайных конфигураций из различных трехмерных конструкций. Кроме того, могут быть использованы также случайные конфигурации из одинаковых трехмерных сварных конструкций. Важность таких сварных выемок заключается в том, чтобы, опять же, обеспечить надлежащие и эффективные соединения между выводом и токосъемником, позволяя тонкой пленке сохранять необходимые аспекты безопасности, связанные с ней (уменьшить склонность к тепловому разгону) с сохранением при этом надлежащей способности передавать заряд и, следовательно, проводимости наружу самого элемента питания. Такие сварные конструкции позволяют, опять же, создавать трехмерные конструкции, которые делают возможным контакт ограниченных областей вывода и токосъемника с определенной равномерностью смещения полимерной подложки, позволяя верхнему и нижнему слоям металлизированной пленки контактировать друг с другом, а также перемещать при этом вывод для приведения в контакт с таким контактом верхнего и нижнего слоев металлизированной пленки. Множественные выемки при необходимости позволяют повышать проводимость, а также увеличивать площадь поверхности соединений для более надежного крепления между выводом и токосъемником. Такие трехмерные сварные выемки могут быть выполнены с использованием любого количества конструкций сварочной опоры, включая, без ограничений прямоугольные (линейные) трехмерные опоры, сферические (или полусферические), усеченные пирамидальные (с квадратной нижней частью и квадратной верхней частью меньшего размера), закругленные пирамидальные (с изогнутыми краями в их верхней части) и т.п. Такие конструкции обеспечивают выемки, которые позволяют верхнему металлизированному слою (или нижнему металлизированному слою в зависимости от местоположения фактического сварного шва, сверху или

снизу токосъемника) деформироваться в нижнем направлении без разрыва пленки и контакта определенной области с нижним металлизированным слоем, в то время как полимерная подложка смещается, но остается в контакте с перемещаемыми слоями металлизированной пленки для приложения усилия к такой перемещаемой их области, чтобы достичь размерной стабильности после такой сварочной операции. Как отмечено выше, такие сварочные швы могут быть предусмотрены в одном экземпляре в такой композитной конструкции в виде вывода/токосъемника, или могут быть нанесены многократно для увеличения площади поверхности контакта между двумя компонентами композита, либо равномерно, либо случайным образом, либо всплошную (по всей определенной области), либо разреженно (в пределах области). Опять же, возможность обеспечивать такие аспекты безопасности токосъемной конструкции в целевом элементе питания с одновременной возможностью надлежащего и эффективного соединения с выводом в целях проводимости является первостепенной в такой ситуации. Таким образом, тонкопленочные токосъемники, неожиданно, могут быть использованы с такой получающейся в результате эффективностью в этой операции сварки с выводом с большой пользой.

В такой операции сварки могут быть использованы ультразвук, подвод тепла (например, через наконечник) или приложение давления (опять же, путем использования опоры). При этом могут быть использованы одна опора или несколько опор одновременно в пределах сетки, которую наносят на и сверху определенной области вывода, а также блоков токосъемник/электрод (как отмечено выше). Таким образом, такие возможности сварки позволяют использовать ряд других полезных возможностей, которые не были изучены в прошлом. К ним относится возможность конфигурации из множества токосъемников и множества выводов, сваренных вместе, как целиком, так и по отдельности. Один вывод также может быть соединен сваркой с множеством слоев токосъемников, что позволяет соединять такие верхние и нижние металлизированные слои в таких многослойных конструкциях (по меньшей мере, с двумя и любым количеством слоев, например до 25). Кроме того, при необходимости может быть использована конструкция токосъемников и выводов, расположенных в шахматном порядке, также без ущерба для безопасности или передачи энергии. Такой вывод электрода может иметь расширенную область для обеспечения большего количества сварных швов, опять же, для увеличения площади поверхности в целях обеспечения проводимости и/или соединения. Кроме того, соединение вывод/электрод может сочетаться с суженной областью вывода для обеспечения "встроенного" плавкого предохранителя элемента. Такой плавкий предохранитель элемента также может способствовать даже еще большему повышению безопасности. Между слоями пленки токосъемника могут быть также вставлены дополнительные металлические слои, чтобы способствовать возможностям сварки между такими стопками пленки (особенно при наличии нескольких слоев, опять же, до примерно 25).

Кроме того, что касается самого вывода (или электрического соединителя, как его еще называют), такой компонент, как отмечалось выше, приваривают к электроду и впоследствии соединяют либо с другими компонентами элемента (внутри контейнера), либо присоединяют к корпусу элемента (и, возможно, через него), для функционирования тем самым в качестве внешнего электрода для соединения с внешним устройством (для передачи ему энергии, другими словами).

Как упоминалось выше, сварочные операции и процессы могут проводиться как сверху (со стороны вывода), так и снизу (со стороны пленки токосъемника) целевой композитной конструкции элемента. В таких ситуациях сварные швы могут выполняться со стороны вывода (посредством использования на такой поверхности подвижного рожкового устройства), при этом опору (неподвижную) прижимают со стороны пленки (как отмечено выше). Однако можно использовать и обратный вариант, когда опору вдавливают в вывод с подвижным рожком под ним со стороны пленки (для обеспечения гладкой конструкции, к которой в конечном итоге прижимается опора). В любой ситуации допускается возможность обеспечения требуемой сварной выемки с целью соединения и склеивания по отношению к тонкому металлизированному токосъемнику для такого безопасного, надежного и эффективного соединения снаружи посредством вывода.

Кроме того, была осознана возможность обеспечения дополнительных полезных сварочных возможностей в отношении конфигураций пакетной сварки, которые до сих пор не изучены, опять же, в любых ситуациях с тонкопленочными токосъемниками. Например, один вывод может быть использован по меньшей мере с одним и до примерно, без каких-либо ограничений, 25 слоями металлизированной пленки. И наоборот, возможно использование множества выводов вместе с от одного до примерно 25 слоями металлизированной пленки, причем в качество одной неограничивающей возможности, выводы располагают сверху и снизу стопки слоев металлизированной пленки. В качестве альтернативы, таким образом, такие множественные выводы могут быть также идти вперемежку по всей стопке слоев металлизированной пленки (по всему токосъемнику), равномерно или разреженно по мере необходимости и/или по желанию. Это обеспечивает ряд различных результатов и возможностей для выработки и передачи энергии с помощью безопасных (с низкой склонностью к тепловому разгону, опять же) элементов.

Кроме того, может быть использован один вывод достаточной длины для складывания поверх и вокруг тонкопленочного токосъемника (или множества его слоев) и, по существу, приварен не только к тонкопленочным токосъемникам, но и к себе (в сущности действуя как зажим вокруг токосъемников).

Как упоминалось выше, использование множества сварных швов помогает обеспечить достаточное

соединение для общей прочности полученного таким образом композита, а также увеличить возможности проводимости из элемента питания наружу посредством вывода. Количество используемых сварных швов может быть рассчитано на достижение максимального тока для элемента, по превышении которого сварные швы выйдут из строя и разорвут соединение с выводом. Такая сварка в любом количестве, по желанию, может быть применена на любом из электродов (аноде или катоде) отдельно или на обоих электродах одновременно в одинаковом или разном количестве, опять же, по желанию.

Что касается таких возможностей сварки, то существует также потенциал (а иногда и необходимость) для обеспечения того, чтобы такие соединения между токосъемником/электродом и выводом были усилены помимо самих сварных швов. Другими словами, возможность отсоединения таких компонентов из-за ослабленных сварных швов может поставить под угрозу возможности элемента питания в целом. Для дальнейшего поддержания и усиления преимуществ выработки и передачи энергии такой безопасной конструкции (с тонким токосъемником) в дополнение к сварным швам могут быть использованы лента, зажим и их возможные комбинации.

Такие тонкие пленки литий-ионной батареи могут потребовать определенных уникальных этапов обработки ввиду их уникальных качеств. Однако могут быть использованы также многие этапы обработки, хорошо известные в данной области техники. В целом, процесс производства литий-ионной батареи с пленками в соответствии с настоящим изобретением включает следующие этапы:

a) получение электрода, имеющего по меньшей мере одну металлизированную подложку с покрытием из материала для хранения ионов;

b) получение противоэлектрода;

c) послойную укладку указанных электрода и противоэлектрода напротив друг друга с разделительным компонентом, расположенным между указанным электродом и указанным противоэлектродом;

d) получение упаковочного материала, содержащего компонент электрического контакта, причем указанный контакт содержит часть, находящуюся внутри указанного упаковочного материала, и часть, находящуюся снаружи указанного упаковочного материала;

e) электрическое соединение указанного электрического контакта с указанной металлизированной подложкой;

f) введение по меньшей мере одного жидкого электролита с ионами внутрь указанного упаковочного материала и

g) герметизацию указанного упаковочного материала.

Металлизированная подложка может быть любой подложкой, которая описана в настоящем документе.

Материал для хранения ионов может быть, например, катодом или анодом для литий-ионных батарей, как хорошо известно в данной области. В число катодных материалов могут входить оксид кобальта-лития $LiCoO_2$, фосфат железа-лития $LiFePO_4$, оксид марганца-лития $LiMn_2O_4$, оксид кобальта-никеля-марганца-лития $LiNi_xMn_yCo_zO_2$, оксид алюминия-никеля-кобальта-лития $LiNi_xCo_yAl_zO_2$ или смеси вышеперечисленных или других материалов, известных в данной области. В число анодных материалов могут входить графит, титанат лития $Li_4Ti_5O_{12}$, твердый углерод, олово, кремний или их смеси, известные в данной области. Кроме того, материал для хранения ионов может включать материалы, используемые в других устройствах накопления энергии, таких как суперконденсаторы. В таких суперконденсаторах материалы для хранения ионов будут включать активированный уголь, активированные углеродные волокна, полученный из карбида углерод, углеродный аэрогель, графит, графен и углеродные нанотрубки.

Процесс нанесения покрытия может быть любым процессом нанесения покрытия, который общеизвестен в данной области. Для литий-ионных батарей обычно используют процессы нанесения покрытий с использованием ракеля над валком и щелевой экструзионной головки, но могут использоваться и другие процессы, включая нанесение покрытия методом химического восстановления. В процессе нанесения покрытия материал для хранения ионов обычно смешивают с другими материалами, включая связующие вещества, такие как поливинилиденфторид или карбоксиметилцеллюлоза, или другие пленкообразующие полимеры. В число других добавок в смесь входят углеродная сажа и другие проводящие добавки.

Противоэлектроды содержат другие электродные материалы, которые имеют электрохимические потенциалы, отличные от потенциалов материалов для хранения ионов. Вообще, если материал для хранения ионов представляет собой материал ионно-литиевого анода, то противоэлектрод должен быть выполнен из материала ионно-литиевого катода. В случае, когда материал для хранения ионов представляет собой материал ионно-литиевого анода, то противоэлектрод может быть материалом ионно-литиевого катода. В случае, когда материал для хранения ионов является материалом суперконденсатора, противоэлектрод должен быть выполнен либо из материала суперконденсатора, либо, в некоторых случаях, из материала литий-ионного анода или литий-ионного катода. В каждом случае противоэлектрод будет содержать материал для хранения ионов, нанесенный на токосъемный материал, который может представлять собой металлическую фольгу или металлизированную пленку, как в настоящем изобретении.

В процессе нанесения слоев электрод согласно настоящему изобретению наносят на противоэлектрод, причем электродные материалы обращены друг к другу, а между ними находится пористый разделитель. Как общеизвестно в данной области техники, электроды могут быть нанесены с обеих сторон, а

стопка электродов образуется чередующимися электродами и противоэлектродами в соответствии с настоящим изобретением с пористым разделителем между каждым слоем. Как также известно в данной области техники, в качестве альтернативы полоски электродных материалов могут быть сложены стопкой, а затем свернуты в цилиндр.

В число упаковочных материалов могут входить твердые упаковки, такие как стаканы для цилиндрических элементов, приплюснутые твердые корпусы или полимерные пакеты. В каждом случае должно быть не более двух средств создания электрического контакта через корпус, которые могут поддерживаться под разными напряжениями и могут проводить ток. В некоторых случаях часть самого корпуса образует одно средство, в то время как другим является другая часть корпуса, которая электрически изолирована от первой части. В других случаях корпус может быть непроводящим, но из него могут выступать два металлических проводника, часто называемых выводами.

Соединение средств для получения электрического контакта с металлизированной подложкой может включать обычно используемые способы, такие как сварка, скрепление лентой, зажимание, сшивание скобами, склепывание или другие механические средства. Поскольку металл металлизированной подложки может быть очень тонким, для обеспечения поверхности раздела, которая позволяет протекать сильному току, обычно требуется контакт "поверхность к поверхности", дающий большую площадь поверхности между средствами создания электрического контакта посредством корпуса и металлизированной подложки. Для переноса достаточного тока эта площадь поверхности должна быть больше 1 квадратного миллиметра (10^{-12} квадратных метров), но может понадобиться, чтобы она была больше 3 квадратных миллиметров, или даже 5 квадратных миллиметров или более предпочтительно 10 квадратных миллиметров.

Конечно, в дополнение к контакту "поверхность к поверхности", этот сварной шов может включать контакт за счет продавливания тонкого металлического слоя через пластмассовый слой для приведения в контакт с металлом, ранее находящимся на другой стороне указанного пластмассового слоя, который может быть в виде выемок, созданных посредством ультразвуковой сварки или другого способа сварки.

Жидкий электролит обычно представляет собой комбинацию/смесь полярного растворителя и соли лития. В число обычно используемых полярных растворителей входят, как отмечалось выше, пропиленкарбонат, этиленкарбонат, диметилкарбонат, диэтилкарбонат, но могут быть использованы другие полярные растворители, включая ионные жидкости или даже воду. В число солей лития, обычно используемых в этой отрасли, входят, без ограничений, $LiPF_6$, $LiPF_4$, $LiBF_4$, $LiClO_4$ и другие. Электролит может также содержать добавки, известные в данной области. Во многих случаях электролиты могут быть легковоспламеняющимися, и в этом случае защитные свойства токосъемников с металлизированной подложкой, рассматриваемых в настоящем изобретении, могут оказаться полезными для предотвращения опасных событий теплового разгона, которые приводят к возгоранию и повреждению как элемента, так и того, что находится снаружи элемента.

Приведенные ниже описания и примеры являются лишь иллюстрациями возможных вариантов осуществления настоящего изобретения. Объем такого раскрытия и его охват с точки зрения формулы изобретения, приведенной ниже, вполне понятны специалисту в данной области.

Как отмечалось выше, раскрытие настоящего изобретения представляет собой серьезный сдвиг и кажется нелогичным, исходя из всех предыдущих представлений и средств защиты, предпринятых в отрасли литиевых батарей (и других устройств накопления энергии). Тем не менее, описанные в настоящем документе новые устройства обеспечивают ряд полезных результатов и свойств, которые до сих пор не были изучены в этой области, не говоря уже о том, что они оказались неожиданными. Однако сначала, для сравнения, важно отметить разительные различия между предшествующими устройствами и устройствами, раскрытыми в настоящее время и широко охваченными в настоящем документе.

Примеры событий короткого замыкания

Сравнительный пример 1.

От компании GB Systems в Китае получили катод для литий-железо-фосфатной батареи. В качестве примера имеющегося в продаже токосъемника извлекли алюминиевый вывод и измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление, которые показаны в табл. 1 ниже. Затем к алюминиевой фольге в течение 5 мин прикасались горячим паяльником, температура которого, измеренная инфракрасным термометром, составляла от 500 до 525°F. Прикосновение паяльником к токосъемнику не имело эффекта. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление. Материал поместили в печь при температуре 175°C на 30 мин и измерили усадку. Сделали фотографию и включили в фиг. 6. На фиг. 5 показан традиционный токосъемник в такой приведенной для сравнения батарее.

Сравнительный пример 2.

От компании GB Systems в Китае получили анод для литий-железо-фосфатной батареи. В качестве примера имеющегося в продаже токосъемника извлекли медный вывод и измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление, которые показаны в табл. 1 ниже. Затем к медной фольге прикоснулись горячим паяльником точно так же, как в примере 1. Прикосновение паяльником к токосъемнику не имело эффекта. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление. Материал поместили в печь при температуре 175°C на 30 мин и измерили усадку. Сделали фотографию и включили в фиг. 6.

Как и в случае сравнительного примера 1, на фиг. 5 показана внутренняя конструкция такой батареи. Толщина токосъемника значительная, так как он представляет собой монолитную металлическую конструкцию, а не тонкого типа, описанного сейчас.

Пример 1.

От компании MTI Corporation получили полипропиленовый материал разделителя литиевой батареи. Материал был изготовлен компанией Celgard под номером изделия 2500. Измерили толщину, поверхностную плотность анодного сопротивления, которые показаны в табл. 1 ниже. Затем к разделителю прикоснулись горячим паяльником точно так же, как в примере 1. В результате прикосновения термометром к токосъемнику образовалось небольшое отверстие. Измерили диаметр и внесли в табл. 1. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление. Материал поместили в печь при температуре 175°C на 30 мин и измерили усадку. Сделали фотографию и включили в фиг. 7.

Пример 2.

От компании MTI Corporation получили покрытый керамикой полиэтиленовый материал разделителя литиевой батареи. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление, которые показаны в табл. 1 ниже. Затем к разделителю прикоснулись горячим паяльником точно также, как в примере 1. В результате прикосновения паяльником к токосъемнику образовалось небольшое отверстие. Измерили диаметр и внесли в табл. 1. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление. Материал поместили в печь при температуре 175°C на 30 мин и измерили усадку. Сделали фотографию и включили в фиг. 7A.

Пример 3.

От компании MTI Corporation получили покрытый керамикой полипропиленовый материал разделителя литиевой батареи. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление, которые показаны в табл. 1 ниже. Затем к разделителю прикоснулись горячим паяльником точно также, как в примере 1. В результате прикосновения паяльником к токосъемнику образовалось небольшое отверстие. Измерили диаметр и внесли в табл. 1. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление. Материал поместили в печь при температуре 175°C на 30 мин и измерили усадку. Сделали фотографию и включили в фиг. 7B.

Пример 4.

От компании All Foils Inc. получили алюминизированную двуосноориентированную полиэфирную пленку, которая предназначена для использования в наполняемых гелием праздничных воздушных шарах. Алюминиевое покрытие дольше удерживает гелий, обеспечивая более длительный срок службы праздничных воздушных шаров. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление, которые показаны в табл. 1 ниже. Затем к пленке прикоснулись горячим паяльником 49 точно так же, как в примере 1. В результате прикосновения паяльником к токосъемнику образовалось небольшое отверстие. Измерили диаметр и внесли в табл. 1. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление. Материал поместили в печь при температуре 175°C на 30 мин и измерили усадку. Сделали фотографию и включили в фиг. 8. По сравнению с имеющимся в продаже алюминиевым токосъемником из сравнительного примера 1, этот материал на 65% тоньше и на 85% легче, а также дает усадку от тепла, что в литий-ионном элементе с внутренним коротким замыканием привело бы к разрыву внутреннего короткого замыкания.

Пример 5.

Получили Dreamweaver Silver 25, имеющийся в продаже разделитель ионно-литиевой батареи. Он выполнен из смеси нановолокон из целлюлозы и акрилонитрила и микроволокон из полиэфира в бумагоделательном процессе и откаландрован до малой толщины. Затем к разделителю прикоснулись горячим паяльником точно так же, как в примере 1. В результате прикосновения паяльником к токосъемнику отверстие не образовалось. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление. Материал поместили в печь при температуре 175°C на 30 мин и измерили усадку. По сравнению с известным уровнем техники, сравнительные примеры №№ 3-5, эти материалы имеют преимущество, заключающееся в том, что они не плавятся или не дают усадку в присутствии тепла, и поэтому в литий-ионной батарее с внутренним коротким замыканием не будут давать усадку, приводящую к образованию даже еще более сильного внутреннего короткого замыкания. Это видно из фиг. 8A.

Пример 6.

Получили Dreamweaver Gold 20, имеющийся в продаже прототип разделителя ионно-литиевой батареи. Он выполнен из смеси нановолокон из целлюлозы и параарамида и микроволокон из полиэфира в бумагоделательном процессе и откаландрован до малой толщины. Затем к разделителю прикоснулись горячим паяльником точно так же, как в примере 1. В результате прикосновения паяльником к токосъемнику отверстие не образовалось, как показано на фиг. 8B. Измерили толщину, поверхностную плотность и сопротивление. Материал поместили в печь при температуре 175°C на 30 мин и измерили усадку. Преимущества этого разделителя по сравнению с разделителями известного уровня техники те же самые, что и в примере 2.

Таблица 1

Пример	Материал	Толщина	Ареальная плотность	Сопротивление	Усадка (175 °C)	Размер отверстия от кончика паяльника
Сравнительный пример 1	Алюминий	30 мкм	80 г/м^2	<0,1 мОм/квадрат	0%	Без отверстия
Сравнительный пример 2	Медь	14 мкм	125 г/м^2	<0,1 мОм/квадрат	0%	Без отверстия
Пример 1	PP	24 мкм	14 г/м^2	Бесконечное	Плавится	7,5 мкм
Пример 2	PP керамика	27 мкм	20 г/м^2	Бесконечное	Плавится	2 мкм/1 мкм
Пример 3	PP керамика		20 г/м^2	Бесконечное	Плавится	5 мкм/2 мкм
Пример 4	Алюминизированный PET	13 мкм	12 г/м^2	3,2 Ом/квадрат	33%	2 мкм
Пример 5	Смесь волокон	27 мкм	16 г/м^2	Бесконечное	2%	Без отверстия
Пример 6	Смесь волокон	23 мкм	16 г/м^2	Бесконечное	0%	Без отверстия

В сравнительных примерах 1-2 представлены существующие материалы токосъемника, имеющие очень низкое сопротивление, высокую поверхностную плотность и отсутствие как реакции на воздействие горячим наконечником паяльника, так и усадки при температуре 175°C.

В примерах 1-3 представлены материалы, которые имеют бесконечное сопротивление, низкую поверхностную плотность и плавятся под воздействием либо температуры 175°C, либо горячего наконечника паяльника. Они являются отличными подложками для металлизации в соответствии с настоящим изобретением.

Пример 4 является примером алюминизированной полимерной пленки, которая имеет умеренные сопротивление, низкую поверхностную плотность и усадку под воздействием температуры 175°C или горячего наконечника паяльника. Она представляет собой пример потенциальной композитной пленки катодного токосъемника в соответствии с настоящим изобретением. На практике, и как показано в дальнейших примерах, может быть желательно обеспечить более высокий уровень металлического покрытия для более мощных батарей.

В примерах 5-6 представлены материалы, которые имеют бесконечное сопротивление, низкую поверхностную плотность, но очень низкую усадку под воздействием температуры 175°C или горячего наконечника паяльника. Они являются примерами полимерной подложки в соответствии с настоящим изобретением, когда толщина металлизированного покрытия достаточно тонка, чтобы металлизированное покрытие разрушилось в условиях высокого тока, связанного с коротким замыканием. Кроме того, целлюлозные нановолокна и полиэфирные микроволокна будут окисляться, давать усадку и подвергаться абляции при температурах, намного более низких, чем температуры плавления металлических токосъемников, используемых на практике в настоящее время.

Пример 5 дополнительно изготовлен из волокна, полиакрилонитрила, который набухает под воз-

действием традиционных карбонатных электролитов с ионами лития, что также является примером полимерной подложки согласно настоящему изобретению, так что набухание будет увеличиваться при нагревании и создавать трещины в металлизированном покрытии, которые будут нарушать проводящий путь, повышая безопасность элемента за счет устранения или значительного уменьшения равномерного проводящего пути токосъемника под воздействием тепла внутри батареи.

Пример 7.

Материал, использованный в примере 5, поместили в позицию осаждения вакуумной системы осаждения MBraun с использованием интерметаллического тигля и алюминиевых гранул. Из камеры откачали воздух до давления 3×10^{-5} мбар. Увеличивали мощность до тех пор, пока алюминий не расплавился, а затем мощность установили таким образом, что скорость осаждения была 3 ангстрем/с. Осаждение выполняли в течение 1 ч, причем на пластине для осаждения вращались четыре образца. Процесс повторили три раза, поэтому общее время осаждения было 4 ч. Измерили вес, толщину и сопротивление (постоянному току и при частоте 1 кГц, 1-дюймовую полоску измеряли между электродами, отстоящими друг от друга на 1 дюйм), которые показаны в табл. 2 ниже. Также измерили точечное сопротивление с использованием Hioki 3555 Battery HiTester при частоте 1 кГц при расстоянии между наконечниками щупа 1 дюйм. Вычислили вес дополнительного алюминия, разделив вес, добавленный в процессе, на площадь образца. Его разделили на плотность материала, чтобы получить среднюю толщину покрытия.

Пример 8.

Изготовили нетканую полимерную подложку, взяв полиэтилентерефталатное микроволокно с плоским поперечным сечением и изготовив вручную листы с плотностью 20 г/м^2 с использованием процесса Tappi T206. Затем эти изготовленные вручную листы откаландровали со скоростью 10 м/мин под давлением 2000 фунтов/дюйм с использованием валков из закаленной стали при температуре 250°F. Этот материал металлизировали в соответствии с процессом, приведенным в примере 7, и выполнили те же самые измерения, которые занесли в табл. 8.

Пример 9.

Материал в соответствии с примером 5, покрыли посредством осаждения согласно процессу из примера 7, за исключением того, что покрытие наносили при скорости 5 ангстрем/с в течение 60 мин. Образцы перевернули и покрыли с обратной стороны с использованием той же самой процедуры. Получили изображения этих материалов в растровом электронном микроскопе (SEM), как поверхности, так и поперечного сечения, и изображения представили на фиг. 9, 9A и 9B.

Пример 10.

Материалы приготовили в соответствии с процедурой из примера 9, за исключением того, что осаждение на каждой стороне длилось только 20 мин.

Пример 11.

Приготовили полимерную подложку из примера 8, за исключением того, что листы не каландровали. Алюминий осаждали при скорости 5 ангстрем/с в течение 20 мин на каждой стороне. Поскольку материала не каландровали, пористость очень высокая, что дало очень высокие значения сопротивления при весе тонкого покрытия. Сравнение примера 11 с примером 8 показывает преимущества каландрования, которые неожиданно высоки.

Таблица 2

Образец	Добавочный вес	Сопротивление постоянному току	Сопротивление на частоте 1 кГц	Точеное сопротивление на частоте 1 кГц	Средняя толщина покрытия
Единицы измерения	г/м^2	Ом/квадрат	Ом/квадрат	омы	микроны
Пример 7	3,5	0,7	0,5	0,1	1,3
Пример 8	2,0	7	7	0,4	0,7
Пример 9	2,2			0,2	0,8
Пример 10	0,8			1,7	0,3
Пример 11	0,8			100	0,3

Пример 12.

Полимерную подложку с алюминиевым покрытием из примера 9 покрыли смесью катодного материала, содержащего 97% NCM (NCM523, полученного от компании BASF), 1% сажи и 2% связующего PVDF в растворе N-метил-2-пирролидона. Вес покрытия составлял 12,7 мг/см^2 при толщине 71 мкм. Этот материал нарезали так, чтобы он вместился в дисковый элемент 2032, и объединили в пару с графитовым анодом, нанесенным на токосъемник из медной фольги (6 мг/см^2, 96,75% графита (BTR), 0,75% углеродной сажи, 1,5% SBR и 1% CMC). Изготовили однослойный дисковый элемент, поместив в элемент анод, разделитель (Celgard 2320) и покрытый NCM материал, залив электролитом (60 мкл, 1,0 M $LiPF_6$ в EC:DEC:DMC=4:4:2 об. + 2% масс. VC) и герметично закрыв обжатием оболочки. Чтобы получить достаточную проводимость, часть покрытой алюминием полимерной подложки из примера 9 оставили непокрытой катодным материалом, и сложили для контакта с оболочкой дискового элемента, завершая проводящий путь. Элемент сформировали путем зарядки при постоянном токе 0,18 мА до 4,2 В, а затем при постоянном напряжении (4,2 В) до падения тока до 0,04 мА. Элемент трижды подвергли зарядке-разрядке в промежутке от 4,2 В до 3,0 В при токе 0,37 А, и он давал среднюю разрядную емкость 1,2 мА·ч.

Пример 13.

Изготовили элемент в соответствии с процедурой и с использованием материалов из примера 12, за исключением того, в качестве разделителя использовали Dreamweaver Silver 20. Элемент сформировали путем зарядки при постоянном токе 0,18 мА до 4,2 В, а затем при постоянном напряжении (4,2 В) до падения тока до 0,04 мА. Элемент трижды подвергли зарядке-разрядке в промежутке от 4,2 В до 3,0 В при токе 0,37 А,и он давал среднюю разрядную емкость 0,8 мА·ч. Таким образом, в этом и предыдущем примерах были изготовлены перезаряжаемые литий-ионные элементы с алюминием толщиной менее 1 мкм.

Сравнительный пример 3.

Алюминиевый вывод из сравнительного примера 1, размером приблизительно 2 см×4 см, соединили с землей источника тока посредством металлического соединителя, контактирующего по всей ширине образца. Предел напряжения установили на 4,0 В, а предел тока - на 1,0 А. Щупом, соединенным с высоким напряжением источника тока, прикоснулись к металлическому соединителю, контактирующему по всей ширине образца, и затем несколько раз к алюминиевому выводу, создавая короткое замыкание при 1,0 А. Наконечник щупа имел площадь приблизительно 0,25 мм^2. При контакте по все ширине ток протекал нормально. При первоначальном касании вывода щупом возникали искры, указывающие на очень высокую начальную плотность тока. Получающиеся в результате дефекты в токосъемнике лишь иногда приводили к дырам, а в остальных случаях абляция присутствовала, но токосъемник оставался нетронутым. Во всех случаях цепь оставалась замкнутой накоротко с протеканием тока 1,0 А. Сделали микрофотографии дефекта в результате абляции, без отверстия, и показали на фиг. 10. Эксперимент был повторен с предельным значением источника тока, установленным на 5,0 А, 3,0 А, 0,6 А, 0,3 А и 0,1 А, и во всех случаях результатом был непрерывный ток при испытательном предельном токе, как при контакте по все ширине токосъемника, так и при использовании точечного щупа с размером наконечника приблизительно 0,25 мм^2.

Сравнительный пример 4.

Медный вывод из сравнительного примера 2 аналогичных размеров испытывали таким же образом, как и в сравнительном примере 3. При контакте по все ширине ток протекал нормально. При первоначальном касании вывода щупом возникали искры, указывающие на очень высокую начальную плотность тока. Получающиеся в результате дефекты в токосъемнике лишь иногда приводили к отверстиям, а в остальных случаях абляция присутствовала, но токосъемник оставался нетронутым. Во всех случаях цепь оставалась замкнутой накоротко с протеканием тока 0,8 А. Сделали микрофотографии дефекта в результате абляции, без отверстия, и показали на фиг. 10a. Эксперимент был повторен с предельным значением источника тока, установленным на 5,0 А, 3,0 А, 0,6 А, 0,3 А и 0,1 А, и во всех случаях результатом был непрерывный ток при испытательном предельном токе, как при контакте по все ширине токосъемника, так и при использовании точечного щупа с размером наконечника приблизительно 0,25 $мм^2$.

Пример 14.

Соответствующий настоящему изобретению полимерный материал подложки, покрытый алюминием, из примера 7 аналогичных размеров испытывали таким же способом, как и в сравнительных примерах 3-4. При контакте по все ширине ток протекал нормально. В каждом случае касания щупом непосредственно токосъемника в соответствии с настоящим изобретением образуемые искры были гораздо меньше, и ток прекращал протекать после первоначальных искр, оставляя цепь разомкнутой. Во всех случаях получающимся в результате дефектом была дыра. Микрофотографии нескольких примеров дыр показаны на фиг. 11 и 11A. Эксперимент был повторен с предельным значением источника тока, установленным на 5,0 А, 3,0 А, 0,6 А, 0,3 А и 0,1 А, и во всех случаях результатом было непрерывное протекание тока при контакте на полную ширину соединителей, и отсутствие тока, протекающего через соответствующий настоящему изобретению пример при непосредственном контакте щупа с примером токосъемника, соответствующего настоящему изобретению.

Главной особенностью показанного изобретения является то, что при воздействии коротким замыканием, как в сравнительных примерах 3-4 и в примере 14, известный уровень техники приводит к продолжающемуся короткому замыканию, в то время как материал согласно настоящему изобретению приводит к обрыву в цепи без продолжения протекания тока (т.е. в отсутствие заметного протекания тока). Таким образом, в известном уровне техники короткое замыкание может создавать и создает тепло, которое может расплавить разделитель, растворить слой границы раздела катод-электролит (solid electrolyte interface, SEI) и привести к тепловому разгону элемента, тем самым воспламеняя электролит. Обрыв цепи токосъемника согласно настоящему изобретению не приведет к выделению тепла и тем самым обеспечит элемент, который может поддерживать внутренние короткие замыкания, не допуская теплового разгона и возникающих в результате задымления, нагревания и возгорания.

Примеры 15 и 16 и сравнительные примеры 5 и 6.

С помощью рулонной технологии изготовили две металлизированные пленки на основе 10-микронной полиэтилентерефталатной пленки. В этом процессе рулон пленки помещали в вакуумную установку для металлизации (примером которой является TopMet 4450, поставляемая компанией Applied Materials), и из камеры откачивали воздух до низкого давления. Рулон пропускали с высокой скоростью, например, 50 м/мин, над подогреваемыми лодочками, содержащими расплавленный алюминий. Над подогреваемыми лодочками, содержащими расплавленный алюминий, поднимается шлейф алюминиевого газа, который осаждается на пленке, причем скорость осаждения регулируется скоростью движения и температурой алюминия. Рулон длиной приблизительно 500 м и шириной 70 см получали за несколько прогонов до достижения алюминиевого покрытия толщиной ~300 нм. Процесс нанесения покрытия повторили для нанесения покрытия на другую сторону пленки, получив в результате продукт, используемый в настоящем документе в примере 15 (используемый в данном примере токосъемник, соответствующий настоящему изобретению, показан на фиг. 4A). Пример 16 был получен таким же образом, за исключением того, что металл в лодочке был медью (а токосъемник, используемый в данной конструкции, соответствующий настоящему изобретению, показан на фиг. 5B). Измерили основной вес, толщину и проводимость каждой пленки и внесли в табл. 3, приведенную ниже. Вычислили вес покрытия путем вычитания 13,8 $г/м^2$, основного веса полиэтилентерефталатной пленки толщиной 10 мкм. Вычислили "расчетную толщину покрытия", разделив весь покрытия на плотность материалов (2,7 $г/см^3$ для алюминия, 8,96 $г/см^3$ для меди) в предположении одинакового покрытия на обеих сторонах.

Сравнительный пример 5 представляет собой полученную на коммерческой основе алюминиевую фольгу толщиной 17 мкм. Сравнительный пример 6 представляет собой полученную на коммерческой основе медную фольгу толщиной 50 мкм. Сравнительный пример 7 представляет собой полученную на коммерческой основе медную фольгу толщиной 9 мкм.

Таблица 3

Образец	Основной вес	Вес покрытия	Толщина	Сопротивление постоянному току	Расчетная толщина покрытия
Единицы измерения	г/м^2	г/м^2	микроны	омы	микроны
Пример 15	17	3	11	0,081	0,5
Пример 16	24	10	11	0,041	0,5
Сравнительный пример 5	46		17		
Сравнительный пример 6	448		50		
Сравнительный пример 7	81		9		

Пример 15, пример 16, сравнительный пример 5 и сравнительный пример 6 подвергли дальнейшему испытанию их способности проводить очень высокие плотности тока. Было изготовлено испытательное устройство, которое удерживало полированную медную проволоку радиусом 0,51 мм (24 AWG) в контакте с токосъемной пленкой или фольгой. Испытуемую пленку или фольгу заземляли алюминиевым контактом, удерживаемым в контакте с испытуемой пленкой или фольгой, причем площадь контакта составляла > 1 квадратного сантиметра. Щуп был соединен последовательно с резистором высокой мощности 400 Вт с сопротивлением 0,335 Ом и подключен к источнику питания Volteq HY3050EX с напряжением, установленным на управление током. Токосъемник, подлежащий измерению, поместили в установку, приведя полированную проволоку в контакт с поверхностью токосъемника при нулевом входном токе. Ток повышали с шагом 0,2 ампера и выдерживали в течение 30 с для каждого приращения, измеряя при этом напряжение на резисторе. Когда напряжение падало до нуля, указывая на то, что ток больше не течет, образец оказывался вышедшим из строя. Испытали каждый из примера 15, примера 16, сравнительного примера 5 и сравнительного примера 6. Пример 15 вышел из строя при 7 А (среднее значение двух измерений). Пример 16 вышел из строя при 10,2 А (среднее значение двух измерений). Ни сравнительный пример 5, ни сравнительный пример 6 не вышел из строя при токе ниже 20 А. Как в примере 15, так и в примере 16 в токосъемнике появились отверстия радиусом > 1 мм, в то время как ни в одном из сравнительных примеров 5 или 6 каких-либо повреждений фольги не было. В этом примере испытания целесообразно иметь токосъемник, который не способен пропускать ток больше 20 А, предпочтительно больше 15 А или более предпочтительно больше 12 А.

Еще в одном испытании, предназначенном для имитации использования этих соответствующих настоящему изобретению токосъемников в качестве вывода, соединяющего электродную стопку элемента с используемыми электрическими устройствами (либо внутри, либо снаружи элемента), примеры 15 и 16 и сравнительные примеры 5 и 6 были подвергнуты испытанию на предельно допустимый ток вдоль полоски. Чтобы подготовить образцы для испытания, токосъемники вырезали в форме, показанной на фиг. 12, которая состоит из полоски материала размером четыре сантиметра на один сантиметр (4 см×1 см), причем концы полоски заканчиваются усеченными правильными равнобедренными треугольниками со стороной 4 см. Каждый из треугольников испытуемого образца контактировал через кусок алюминия с площадью контактной поверхности > 1 см. Одна сторона была соединена через резистор 400 Вт, 0,335 Ом, и эта цепь была соединена с источником питания Volteq HY3050EX. Измеряли напряжение на резисторах, чтобы определить ток, и было показано, что образец выходит из строя при падении напряжения до нуля. Для каждого испытания образец соединяли с источником тока, установленным на нулевой ток, и затем ток увеличивали с шагом 0,2 А и давали устояться в течение 30 с при каждом новом напряжении до тех пор, пока образец не выходил из строя, и протекающий ток не падал до нуля. Испытание было сконфигурировано таким образом, что металлизированные токосъемники можно было измерять при контакте либо с одной стороны, либо с обеих сторон металлизированного токосъемника. Токи при отказе показаны ниже в табл. 4. Для материалов, испытываемых в виде полоски 4 см×1 см, было бы выгодно предусмотреть внутренний плавкий предохранитель, ограничивающий величину тока, который может протекать, на уровне ниже 20 А, или предпочтительно ниже 15 А, или более предпочтительно ниже 10 А, каждый с односторонним или двусторонним контактом.

Таблица 4

Образец	Напряжение	Напряжение
	одностороннего отказа	**двустороннего отказа**
Единицы измерения	В	В
Пример 15	2,7	4,5
Пример 16	24	10
Сравнительный пример 5	Отсутствие отказа при токе ниже 20 А	Отсутствие отказа при токе ниже 20 А
Сравнительный пример 6	Отсутствие отказа при токе ниже 20 А	Отсутствие отказа при токе ниже 20 А

Изготовили элементы путем покрытия стандартных токосъемников из фольги и токосъемников из металлизированной PET-пленки из примеров 15 и 16 электродными материалами. Приготовили катодные материалы NMC 523 с использованием BASF NMC523 (97%), углеродной сажи (2%) и PVDF (1%) в растворителе NMP и нанесли на алюминиевый токосъемник (алюминиевый токосъемник толщиной 15 мкм), и в примере 15 основной вес составлял 220 г/м^2, что соответствует плотности нагрузки катода 3,3 мА·ч/см^2. Приготовили анодные материалы с использованием графита BTR-918S (94%), углеродной сажи (5%) и PVDF (1%) в растворителе NMP и нанесли на медный токосъемник (медный токосъемник толщиной 18 мкм) при 118 г/м^2, что соответствует плотности нагрузки анода 4,0 мА·ч/см^2. Приготовили четыре двусторонних катода и три двусторонних анода и два односторонних анода. Их сложили стопкой с разделителем Celgard 2500, чтобы получить небольшие пакетные элементы, который затем наполнили электролитом и герметично закрыли с расчетной емкостью 1 А·ч. Были изготовлены элементы четырех типов с помощью различных комбинаций материалов фольги и емкости, измеренной при C/10 и C/5 (т.е. 0,1 А и 0,2 А). Элемент сформировали путем зарядки при 100 мА до 4,2 В и выдержали при 4,2 В до падения тока до 10 мА. Затем полностью сформированные элементы взвесили и испытали на емкость путем разрядки при C/10, затем зарядки при C/10 и разрядки при C/5. Эти результаты показаны в табл. 5 ниже.

Таблица 5

Образец	Катодный токосъемник	Анодный токосъемник	Вес элемента	Емкость при C/10	Емкость при C/5
Единицы измерения			граммы	мА·ч	мА·ч
Сравнительный пример 8	Алюминиевая фольга	Медная фольга	27	924	615
Пример 17	Пример 15	Медная фольга	26,8	1049	751
Пример 18	Алюминиевая фольга	Пример 16	24,7	1096	853
Пример 19	Пример 15	Пример 16	24,7	1057	848

Таким образом, было показано, что приведенные выше примеры демонстрируют желаемую толщину, металлическое покрытие и результаты по проводимости, необходимые для предотвращения теплового разгона внутри батареи, содержащей электролит, тем самым обеспечивая не только гораздо более безопасный и надежный тип, но и такой, который требует гораздо меньше составляющих внутренний вес компонентов, чем когда-либо прежде, не жертвуя безопасностью, а, фактически, улучшая ее.

Как отмечено выше, настоящее изобретение позволяет не только обеспечить такой тонкий токосъемник (в виде внутреннего плавкого предохранителя внутри изделия литиевой батареи), но и необходимые преимущества конструкции с выводами для обеспечения передачи вырабатываемого напряжения наружу рассматриваемого элемента батареи. Кроме того, возможность дальнейшего использования полезных тонких конструкций токосъемника, как указано выше, позволяет создавать любое количество бесчисленных конфигураций в пределах самого батарейного изделия, потенциально вырабатывающих совокупные уровни энергии, и все это при наличии полезных внутренних плавки предохранительных компонентов. Более подробно они рассмотрены на фиг. 12-22.

На фиг. 13 показана конструкция 600 один тонкопленочный токосъемник/вывод со слоем 614 металлизированной пленки и нижним неметаллическим слоем 616. Также предусмотрен проводящий вывод 610 (для подвода к внешнему компоненту передачи энергии батареи), выровненный перпендикулярно

токосъемнику и соединенный с ним сварными швами 612. На фиг. 14 показан аналогичный токосъемник 620, но с выводом 622, снабженным лентой 624, соединяющей вывод 622 с токосъемником 634 в целях такой проводимости. Как и выше, вывод/токосъемник 620 имеет слой 626 металлизированной пленки и нижний неметаллический слой 632. Ленточный компонент 622 предусмотрен на наружной поверхности 628 вывода и проходит к неметаллическому слою 626 токосъемника, обеспечивая качественное приклеивание, устойчивое к сдвигу, чтобы вывод оставался закрепленным и пригодным для проведения тока.

На фиг. 15 приведена другая конструкция 640 вывод/токосъемник, иллюстрирующая другой способ соединения вывода 642 с одним тонким токосъемником 648 (со слоем 644 металлизированной пленки и нижним неметаллическим слоем 650), соединяющий эти два компонента посредством использования проводящих скоб 646.

Фиг. 18 точно так же содержит конструкцию 750 плоский вывод/токосъемник с верхним слоем 758 и нижним слоем 762 тех же типов, что и выше. В этом случае вывод 752, 754 выполнен в виде двух параллельных конструкций, находящихся в контакте как с верхней поверхностью 758, так и с нижней поверхностью 760 токосъемника 762. Такой вывод 752, 754 содержит сварные швы 756 для соединения с обеими поверхностями 758, 760. На фиг. 17 показана конструкция 780, аналогичная приведенной на фиг. 16, но с однократно сложенным выводом 794, который находится в контакте с обеими поверхностями 788, 790 токосъемника 792 посредством сварных швов 786, причем два выступающих конца 782, 784 сложенного вывода 794 ведут от него.

Такие плоские конструкции токосъемника обеспечивают типичную конструкцию батареи с компактными конструкциями батареи (как, например, на фиг. 1). На фиг. 16 показана одна складка 710 конструкции 700 вывод/токосъемник с одним приклеенным лентой выводом 702, прикрепленным к поверхности 712 металлизированной пленки (которая покрывает, как и выше, неметаллический слой 708). Таким образом, в результате токосъемник 704 с одной складкой 710 обеспечивает возможность повышать выработку энергии в элементе батареи, хотя и требуется слегка увеличить размер батареи по сравнению с плоской конструкцией. На фиг. 17 показан конструкция 720 вывод/токосъемник с двумя складками 732 с использованием токосъемника 724 с такой же тонкой конструкцией. Таким образом, такая двойная складка 732 также обеспечивает возможность соединения двух сторон 726, 728 токосъемника 724, который в противном случае был бы изолирован полимерной пленкой, находящейся между двумя электропроводящими слоями. Вывод 722 прикреплен на поверхности 730 токосъемника для обеспечения такой проводимости двойной складки 732. На фиг. 20 показан вывод 802, приваренный 804 к двойной складке 810 конструкции 800 вывод/токосъемник, в силу этого имеющий такие же возможности соединения электрически изолированных слоев 808, 812, как и выше, как часть токосъемника 806, но с безопасными сварными швами 804 на своем месте, в целях более надежной и потенциально более эффективной передачи энергии. Таким образом, на фиг. 21 показана композитная конструкция 820 вывод/множество токосъемников с множеством (в данном случае пять) таких имеющих двойную закругленную складку 856 токосъемников 826, 828, 830, 832, 834 со слоями 858, 860, 862, 864, 866 металлизированной пленки и нижними неметаллическими слоями 846, 848, 850, 852, 854, соединенными последовательно для обеспечения даже еще большей возможности электрического соединения изолированных слоев для проводимости через один вывод 822 с помощью сварных швов 824, соединяющих для проводимости с верхним токосъемником 826 с двойной закругленной складкой. Приваренный вывод 822 прочно держится на месте, что также повышает надежность. На фиг. 22 предусмотрен второй, противоположный, приваренный 906 вывод 904 также при наличии такого же массива имеющих множественную многократно закругленную складку 938 токосъемников 908, 910, 912, 914, 916. Такая конструкция 900 вывод/токосъемники позволяет повысить выработку энергии без обязательного увеличения веса или объема рассматриваемого элемента батареи за счет двух выводов 902, 904, сконфигурированных и соединенных с двумя крайними токосъемниками 908, 916, как отмечено ранее. Как и в других таких примерах токосъемников, имеются слои 940, 942, 944, 946, 948 металлизированной пленки, как и выше, снабженные противоположными неметаллическими слоями 928, 930, 932, 934, 936. Наконец, в качестве еще одного неограничивающего примера конструкции 960 вывод/токосъемник вывод 962 с множеством Z-образных складок 972 зажимают (как описано выше) на последовательности параллельных плоских пленочных токосъемников 964, 966, 968, 970 (в данном случае четыре) со слоями 974, 978, 982, 986 металлизированной пленки и нижними неметаллическими слоями 976, 980, 982, 984, опять же, для обеспечения другим образом выработки совокупной энергии последовательно, хотя и с использованием плоских пленочных токосъемников 964, 966, 968, 970 (действующих как множество внутренних плавких предохранителей).

Таким образом, такие конструкции, приведенные на фиг. 13-23 позволяют осуществлять различные внешние соединения с внутренними плавкими предохранительными компонентами стойкой литиевой батареи.

На фиг. 24 показан композит с одним сварным швом, состоящий из тонкопленочного токосъемника 1010, имеющего посередине полимерную подложку 1015, верхнюю металлизированную пленку 1012, нижнюю металлизированную пленку 1014, сварную выемку 1020 с указанным направлением сварки 1018 и поверхность 1022 раздела верхней металлизированной пленки 1012 и нижней металлизированной пленки 1014. Полимерная подложка 1015 была перемещена в направлении наружу 1016 из сварной вы-

емки 1020, чтобы посредством поверхности 1022 раздела обеспечить соединение между верхней металлизированной пленкой 1012 и нижней металлизированной пленкой 1014. Для перемещения полимера без разрушения при этом металла необходимо тщательное управление параметрами сварки, обычно с использованием меньшей мощности и большего давления.

Хотя точные мощность и давление должны быть определены экспериментально на основе точной конфигурации сварочных узлов, толщины металлического слоя, толщины полимера, типов металла и полимера, в целом верно, что меньшая мощность и большее давление, чем для чисто металлического сварного шва, дадут желаемую конфигурацию, как показано на этой и других фигурах настоящего описания. На фиг. 24 показан профиль одного идеального узла. На практике будет присутствовать множество узлов, которые могут быть выполнены с различными поперечными сечениями и конфигурациями узлов, как показано на фиг. 34, 35, 35A, 36 и 37. Желательный эффект заключается в максимальном увеличении поверхности 1022 раздела путем изменения геометрии узла и параметров обработки, таких как мощность, частота и давление, в случае ультразвуковой сварки, или температура и давление, в случае термической сварки.

На фиг. 25 показан сваренный композит 1030 из вывода 1032 и тонкопленочного токосъемника (1010 на фиг. 24) с верхней металлизированной пленкой 1012, полимерной подложкой 1015 и нижней металлизированной пленкой 1014. Как и на фиг. 24, наносимый сверху сварной шов 1020 перемещает полимерную подложку 1015 для приведения в контакт металлизированных пленок 1012, 1014. Вывод 1032 также находится в контакте с верхней пленкой 1012 относительно направления 1034 сварки для соединения между выводом 1032 и токосъемником (1010 на фиг. 24), обеспечивая проводимость от нижней пленки 1014 через верхнюю пленку 1012 к выводу 1032.

Чтобы показать фактический потенциальный вариант реализации в реальном разрешении конструкции, на фиг. 26 и 26A приведены микрофотографии (отрезки длиной 100 и 50 мкм, соответственно) поверхностей раздела сварного шва такого композита из металлизированной пленки 1012, полимерной подложки 1015 и нижней пленки 1014. В направлении 1018 сварки металлизированная пленка 1012 прижата к нижней пленке 1014 таким образом, чтобы получить соединение 1013 между двумя материалами сквозь полимерную подложку 1015. Это соединение 1013 обеспечивает проникновение между верхней пленкой 1012 и нижней пленкой 1014 для облегчения и оптимизации проводимости от металлизированной пленки 1012 к выводу (например, 1042 на фиг. 27) для улучшения работы батареи.

На фиг. 27 показан композит 1040 вывод/токосъемник с таким же токосъемником, что и на фиг. 24 (1010) и выводом 1042, соединенным с нижним слоем 1014 пленки. Благодаря сварному шву 1020, нанесенному на верхнюю пленку 1012 токосъемника, полимерная подложка 1015 перемещена для обеспечения взаимодействия верхней пленки 1012 и нижней пленки 1014, что позволяет обеспечить проводимость между металлизированными пленками 1012, 1014 и выводом 1042. На фиг. 27A и 27B показаны микрофотографии поверхности раздела сварного шва между нижней пленкой и выводом, на которой видны четкие разграничения. В частности, на фиг. 27B показана граница раздела сварного слоя вывода и нижней пленки с присутствующими металлическими осколками из металлизированной пленки, появившимися во время процесса сварки.

На фиг. 28 показан композит 2040 вывод/токосъемник с металлизированным пленочным токосъемником 2042 стойкой верхней пленкой, аналогичным токосъемнику на фиг. 24 (1010), и выводом 2044, соединенным с нижним слоем пленки многослойной металлизированной пленочной конструкции 2046 (с полимерной подложкой между каждым отдельным слоем). Такие слои могут быть продавлены с образованием такой многослойной конструкции 2046 поверх самого вывода 2044. Слои 2046, включая верхний слой 2042, имеют такую же тонкопленочную конструкцию, что и показанные на фиг. 24 (1010). Множество слоев 2042, 2046 в результате управления ими перемещены посредством сварной выемки 2048 для соединения множества слоев 2042, 2046 вместе на границе 2049 раздела сварного шва. Кроме того, при наличии множества тонкопленочных токосъемных слоев 2042, 2043, сварная выемка 2048 может быть нанесена таким образом, чтобы сформировать ступенчатый контур 2047, окружающий всю сварную выемку 2048, для способствования полному приложению давления при сварке через множество токосъемных слоев 2042, 2046. Благодаря такому контуру 2047 дополнительно образуется приподнятый периферийный край 2045 на верхней кромке сварной выемки 2048. Таким образом, получающийся в результате композит 2040 обеспечивает проводимость между всеми металлизированными пленочными токосъемными слоями 2042, 2046 и выводом 2044 для дальнейшего использования в батарее для передачи энергии наружу. На фиг. 28A и 28B показаны микрофотографии той же самой композитной конструкции, что и на фиг. 28. Заметны верхний токосъемный слой 2042 и ниже множество слоев 2046 таких тонкопленочных структур. Поверхность 2049 раздела сварного шва соединяет такое множество токосъемных слоев 2042, 2046 с выводом 2044. Также присутствует видимый контур 2047, окружающий сварной шов, с приподнятым периферийным краем 2047. На фиг. 28B на поверхности 2049 раздела сварного видны части пленочного токосъемника внутри полимерной подложки, обеспечивающие проводимость не только между тонкопленочным токосъемным слоем 2042 и выводом 2044, но и между множеством токосъемных слоев 2046 и выводом 2044. Как и выше, такой композит 2040 позволяет батарее передавать из элемента наружу через такой вывод 2044.

На фиг. 29 приведены различные возможные композиты 1050 из вывода 1054, верхней металлизированной пленки 1052 и множества металлизированных пленочных токосъемников 1058, соединенных друг с другом посредством сварного шва 1056, что обеспечивает проводимость таких металлизированных пленок 1058, 1052 через вывод 1054.

На фиг. 30, 31 и 32 показаны различные типы батарейных устройств, использующих элементы питания с выводом, приваренным к тонкому токосъемнику. На фиг. 30 показана батарея 1060 с жестким пластмассовым контейнером 1062, элементом 1066 питания и присоединенным внешним выводом 1064 для дальнейшего соединения с устройством (не показано). На фиг. 31 показана цилиндрическая батарея 1070 с контейнером 1072, элементом питания (электрод/токосъемник) 1074 и выступающим выводом 1076. На фиг. 32 показана пакетная батарея 1080 с пакетным контейнером 1082, элементом 1084 питания и подсоединенным внешним выводом 1086, опять же для дальнейшего соединения с вешним устройством (не показано).

На фиг. 33 и 33А показаны композиты 1090 элемента питания, имеющие множество выводов 1098, множество электродных/токосъемных слоев 1096, верхний вывод 1094 и верхний электродный токосъемный слой 1092, причем все сварены вместе, как описано в настоящем документе.

Фиг. 34, 35, 35А, 36 и 37 относятся к различным потенциальным вариантам реализации конструкций сварочной опоры и узорам/конфигурациям для использования внутри сварной выемки и придания ей форм и конструкций (трехмерных) в целевых композитах вывод/элемент питания. На фиг. 34 показан ряд различных возможных вариантов 1100 реализации конструкции опоры. Один представляет собой линейную конструкцию 1102, имеющую прямоугольную форму в трех измерениях. Также показаны усеченная пирамидальная трехмерная конструкция 1108 (с сужающимся наклоном от квадратного края к меньшей квадратной вершине), закругленная пирамидальная конструкция 1106 и сферическая конструкция 1104 (с ребристыми перифериями). Таким образом, такие трехмерные опоры 1100 могут быть запрессованы ультразвуком, нагревом или просто давлением внутри композитного токосъемника (1010 на фиг. 24) и/или токосъемника и вывода (1020 на фиг. 25) для создания необходимых поверхностей раздела между пленками токосъемника и выводами. Таким образом, на фиг. 35 показан один возможный вариант реализации повторяющихся усеченных пирамидальных конструкций 1110 в полной сетке для нанесения сварных швов в виде подобного узора. На фиг. 35А показан еще один возможный вариант реализации сетки, разреженно заполненной усеченными пирамидальными опорами 1120 для той же самой цели. Фиг. 36 и 37 относятся к равномерным сеткам усеченных пирамид 1130, 1140 для узорчатого нанесения на целевые композиты (расположенные в шахматном порядке по сравнению с выровненным в линию). Таким образом, такие трехмерные опоры позволяют воздействовать на полимерные подложки (например, 1015 на фиг. 24) и перемещать их в связи с прижатием верхней пленки (1012 на фиг. 24) вниз для приведения в контакт с нижней пленкой (1014 на фиг. 24) в связи с готовым сварным швом (1020 на фиг. 24) в целях соединения и проводимости, как обсуждалось и описывалось в настоящем документе.

На фиг. 38 и 39 показаны различные потенциальные варианте реализации верхнего сварного шва (фиг. 38) и нижнего сварного шва (фиг. 39). На фиг. 38 показан сварной композит 1150 с выводом 1154, металлизированными пленками 1152, направлением 1154 сварки сверху и готовым сварным швом 1156, соединяющим металлизированные пленки 1152 с выводом 1154. На фиг. 39 показан сварной композит 1160 с выводом 1164, металлизированными пленками 1162, направлением 1164 сварки снизу и готовым сварным швом 1166, соединяющим металлизированные пленки 1162 с выводом 1164.

На фиг. 40 возможный вариант реализации сварного композита 1170 с однократно сложенным выводом 1174, имеющим один изгиб 1175, токосъемник/электрод 1172 и множество сварных швов 1176 между выводом 1174 и токосъемником/электродом 1172 и концевой сварной шов 1178 для прикрепления вывода к себе. На фиг. 41 показан возможный вариант реализации сварного композита 1180 ступенчатых металлизированных пленочных токосъемников 1182 и ступенчатых выводов 1184 с множеством сварных швов 1186 для соединения таких токосъемников 1182 и выводов 1184 вместе. В этой конфигурации каждая металлическая поверхность каждого токосъемника 1182 входит в контакт поверхность к поверхности по меньшей мере с одним из выводов 1184. На фиг. 42 показан возможный вариант реализации сварного композита 1190 с электродом/токосъемником 1192, соединенным с плавкой предохранительной областью 1198, которая приварена к выводу 1194 в ограниченной области 1196 сварного шва возле плавкой предохранительной области 1198. Эти варианты реализации обеспечивают некоторую демонстрацию универсальности, доступной в отношении таких способов сварки с тонкопленочными токосъемниками.

На фиг. 43, 44 и 45 изображены возможные варианты реализации в отношении усиливающих элементов в дополнение к таким сварочным операциям в композитах силовых элементов. На фиг. 43 показан сварной композит 1200, имеющий противоположные электроды 1202, 1204 с приваренным выводом 1208, армирующую ленту 1206 и дополнительное перекрытие 1210 для таких повышенных возможностей усиления. На фиг. 44 показан многопленочный сварной композит 1220 с множеством тонких пленок 1224, тонкой пленкой 1222 верхнего слоя и приваренным выводом 1226. Армирующая лента 1228 наложена на сварном шве вывода (не показан), опять же, для увеличения прикладываемого давления для возможностей усиления по всей такой области сварного шва. На фиг. 45 показан многопленочный сварной композит 1230, имеющий множество тонких пленок 1234, тонкую пленку 1232 верхнего слоя и прива-

ренный вывод 1236. Поверх поверхности раздела сварного шва наложен зажим 1238 для усиления таких сварных швов (не показаны). Таким образом, усиление таких сварных швов может быть достигнуто посредством ряда различных возможных альтернативных вариантов.

Благодаря таким уникальным и ранее неизученным сварным швам, их узорам, различным типам самих сварных швов, даже усилениям для повышения безопасности, надежности и эффективности, предложен новый подход к использованию тонких металлизированных пленочных токосъемников в литий-ионных (и подобных) батареях, конденсаторах, элементах питания и т.д. для эффективной передачи энергии и снижение возможности теплового разгона.

Очевидно, что при наличии подробно описанного изобретения специалисты в данной области смогут внести в него изменения и модификации без отклонения от объема настоящего изобретения. Соответственно, объем настоящего изобретения должен определяться только приложенной формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство накопления энергии, содержащее анод, катод, по меньшей мере один разделитель, присутствующий между указанными анодом и катодом, электролит, по меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник, находящийся в контакте по меньшей мере с одним из указанного анода и указанного катода, по меньшей мере один вывод, прикрепленный по меньшей мере к одному указанному металлизированному тонкопленочному токосъемнику,

при этом указанный по меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник имеет слой полимерной подложки, имеющий верхнюю и нижнюю поверхность,

причем на указанный верхний слой полимерной подложки помещен первый металлизированный слой, а к указанному нижнему слою полимерной подложки прикреплен второй металлизированный слой, и

при этом указанный токосъемник имеет в себе такую сварную выемку, что по меньшей мере часть указанного первого и второго металлизированного слоя находятся в контакте друг с другом.

2. Устройство накопления энергии по п.1, причем указанное устройство также содержит по меньшей мере один вывод электрического соединения, прикрепленный посредством указанной сварной выемки к металлизированному слою указанного токосъемника.

3. Устройство накопления энергии по п.1, в котором указанная сварная выемка связана с одним из указанного анода и указанного катода.

4. Устройство накопления энергии по п.3, в котором указанный вывод электрически соединен посредством указанной сварной выемки с указанным анодом или указанным катодом.

5. Устройство накопления энергии по п.1, в котором предусмотрены усиливающие элементы поверх указанных сварных швов.

6. Устройство накопления энергии по п.1, в котором указанная металлизированная пленка включает в себя до 25 своих слоев.

7. Устройство накопления энергии по п.6, в котором множество выводов представлены в количестве до 25.

8. Устройство накопления энергии по п.6, в котором по меньшей мере некоторые из металлических слоев продавлены через примыкающие токосъемники для приведения в контакт с металлизированными слоями других токосъемников, которые в противном случае не имеют контакта "поверхность к поверхности" с продавленными металлическими слоями.

9. Устройство накопления энергии по п.1, в котором сварная выемка представляет собой множество выемок, которые выполнены в виде узора, полностью заполняющего, разреженно заполняющего, частично заполняющего в шахматном порядке сетку или частично выровненного по сетке.

10. Устройство накопления энергии по п.1, в котором сварная выемка имеет линейную, усеченную пирамидальную, закругленную пирамидальную или сферическую форму.

11. Устройство накопления энергии, содержащее анод, катод, по меньшей мере один разделитель, присутствующий между указанными анодом и катодом, электролит, по меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник, находящийся в контакте по меньшей мере с одним из указанного анода и указанного катода, и по меньшей мере один вывод, прикрепленный по меньшей мере к одному указанному металлизированному тонкопленочному токосъемнику,

при этом указанный по меньшей мере один металлизированный тонкопленочный токосъемник имеет слой полимерной подложки, имеющий верхнюю и нижнюю поверхность,

причем к указанному верхнему слою полимерной подложки прикреплен первый металлизированный слой, а на указанный нижний слой полимерной подложки помещен вывод, и

при этом указанный токосъемник имеет в себе такую сварную выемку, что по меньшей мере часть указанного первого металлизированного слоя находится в контакте с указанным выводом.

12. Система вывода токосъемника для использования с устройством накопления энергии, включающим в себя анод и катод, причем указанная система вывода токосъемника содержит:

по меньшей мере одни токосъемник в контакте по меньшей мере с одним из указанного анода и указанного катода, при этом указанный токосъемник включает в себя слой полимерной подложки, име-

ющий верхнюю и нижнюю поверхность, причем к указанному верхнему слою полимерной подложки прикреплен первый металлизированный слой, а к указанному нижнему слою полимерной подложки прикреплен второй металлизированный слой;

по меньшей мере один вывод, прикрепленный к верхней поверхности полимерной подложки или нижней поверхности полимерной подложки; и

одну или более сварных выемок, расположенных на указанном токосъемнике таким образом, что вывод находится в контакте по меньшей мере с частью первого металлизированного слоя или частью второго металлизированного слоя, соответственно;

при этом сварные выемки выполнены таким образом, чтобы переместить слой полимерной подложки так, чтобы первый металлизированный слой и второй металлизированный слой находились в контакте.

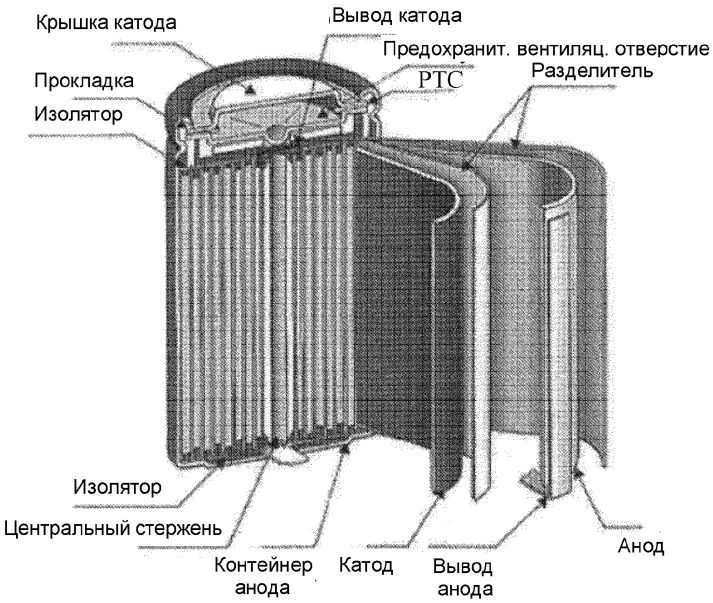
13. Система по п.12, в которой слой полимерной подложки включает в себя многослойную металлизированную пленочную структуру с полимерной подложкой между каждой отдельной металлизированной пленкой, а крайняя снизу металлизированная пленка многослойной металлизированной пленочной структуры представляет собой второй металлизированный слой, и

при этом многослойная металлизированная пленочная структура выполнена управляемой с перемещением посредством сварной выемки для соединения многослойной металлизированной пленочной структуры вместе на поверхности раздела сварного шва.

14. Система по п.13, в которой сварная выемка выполнена с возможностью образования ступенчатого контура, окружающего сварную выемку, для способствования полному приложению давления при сварке через многослойную металлизированную пленочную структуру, и

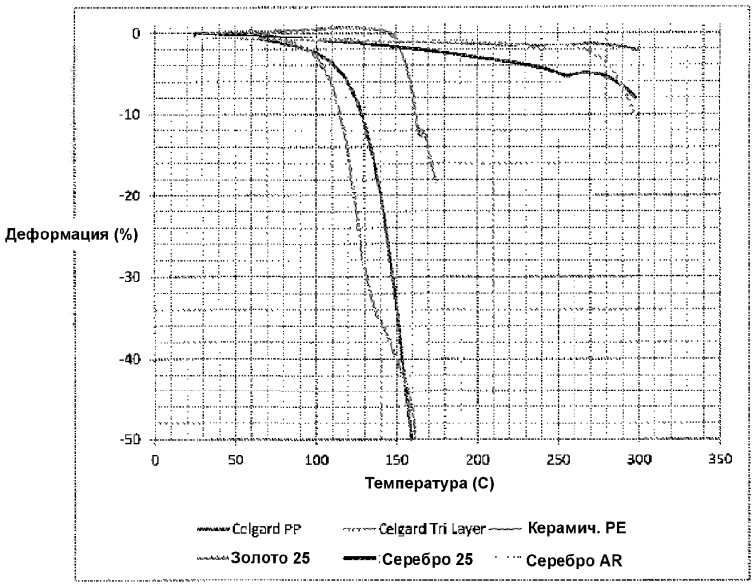
при этом ступенчатый контур сварной выемки включает в себя приподнятый периферийный край на верхней кромке сварной выемки.

Уровень техники



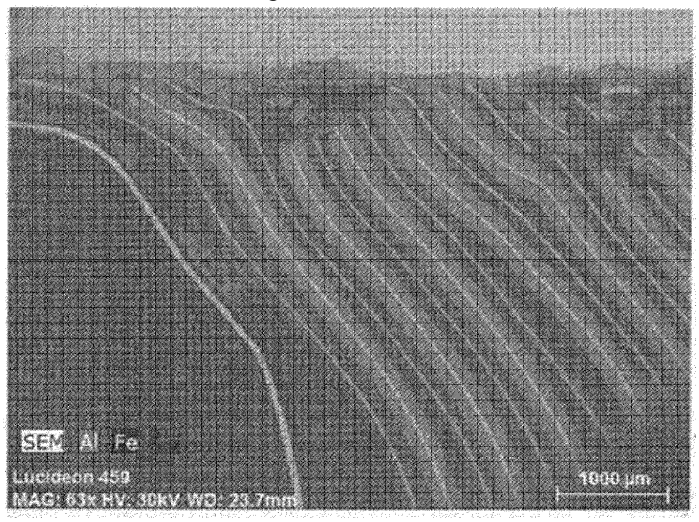
Фиг. 1

Уровень техники



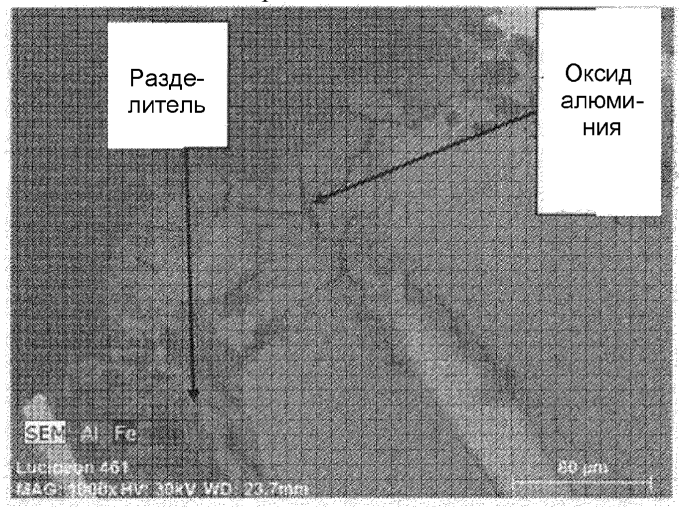
Фиг. 2

Уровень техники

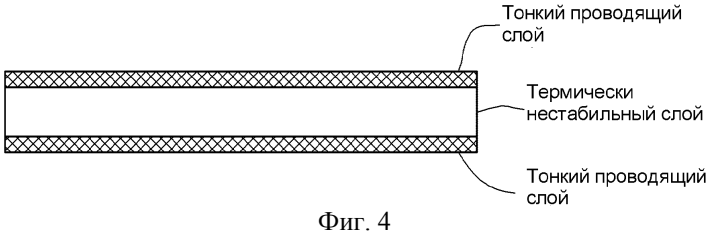


Фиг. 3

Уровень техники

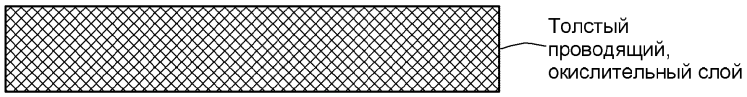


Фиг. 3А

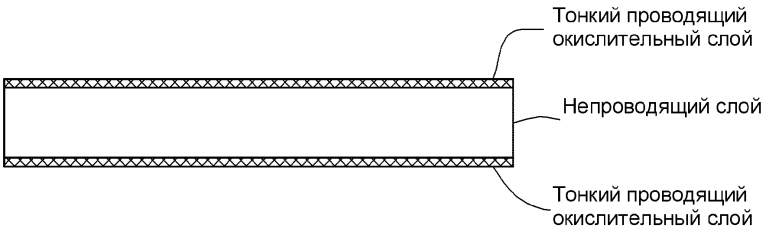


Фиг. 4

Уровень техники

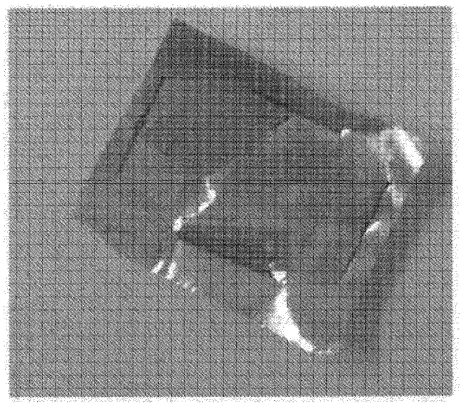


Фиг. 5



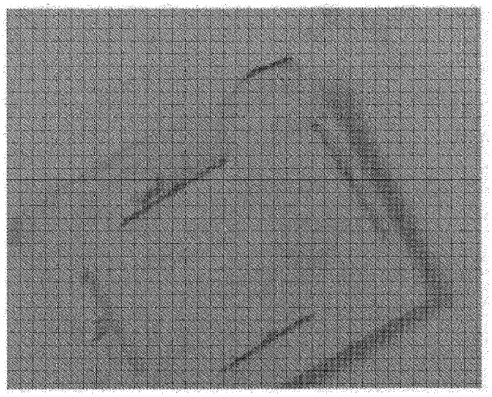
Фиг. 5A

Сравнительный пример 1 после прикосновения горячим паяльником



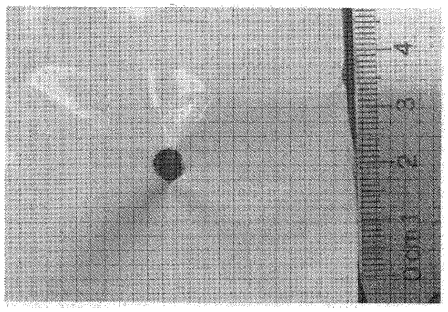
Фиг. 6

Сравнительный пример 2 после прикосновения горячим паяльником



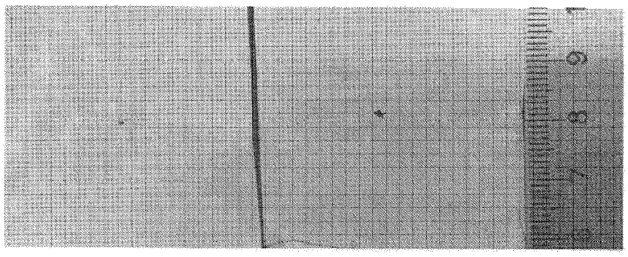
Фиг. 6A

Пример 1 после прикосновения горячим паяльником



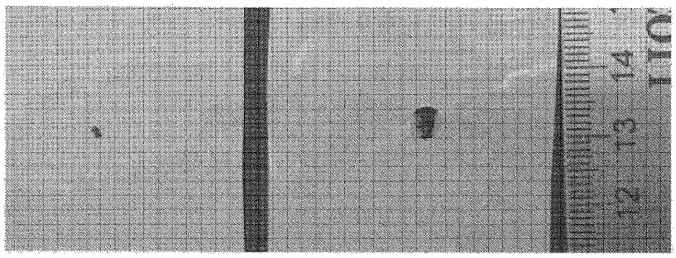
Фиг. 7

Пример 2 после прикосновения горячим паяльником



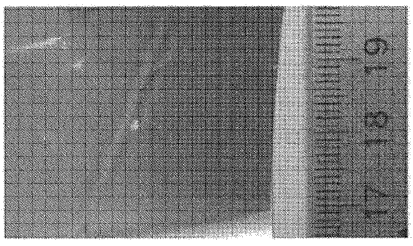
Фиг. 7A

Пример 3 после прикосновения горячим паяльником



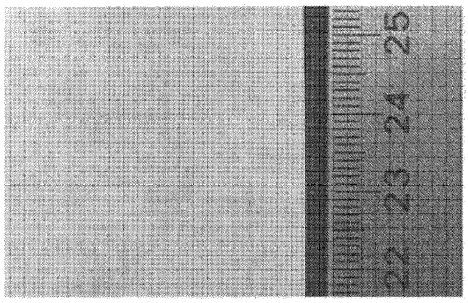
Фиг. 7B

Пример 4 после прикосновения горячим паяльником



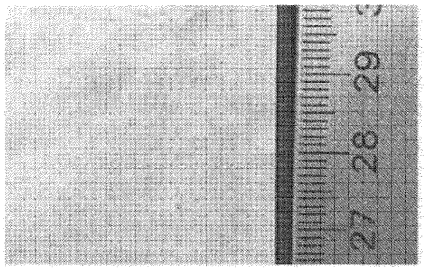
Фиг. 8

Пример 5 после прикосновения горячим паяльником

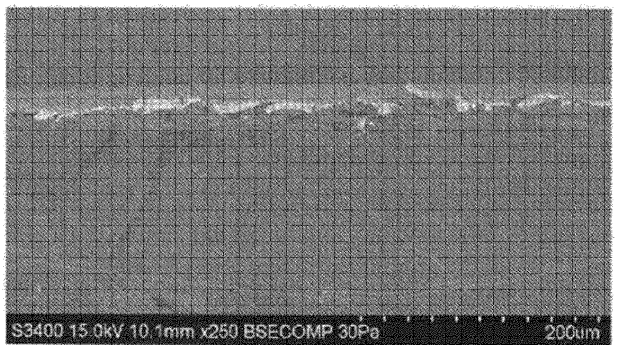


Фиг. 8A

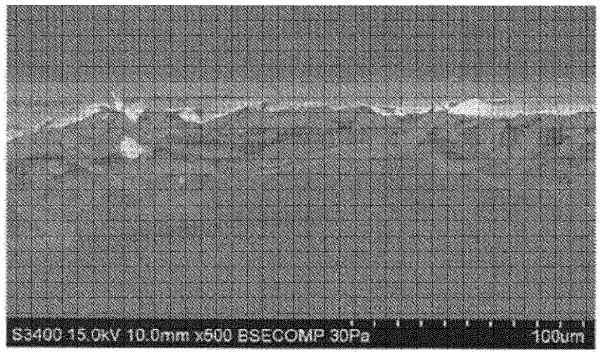
Пример 6 после прикосновения горячим паяльником



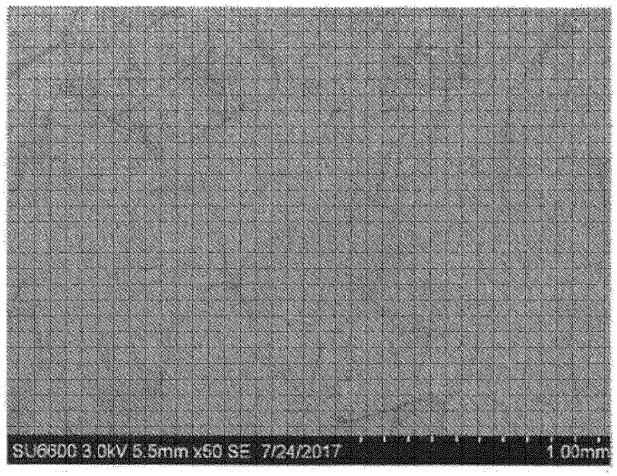
Фиг. 8B



Фиг. 9

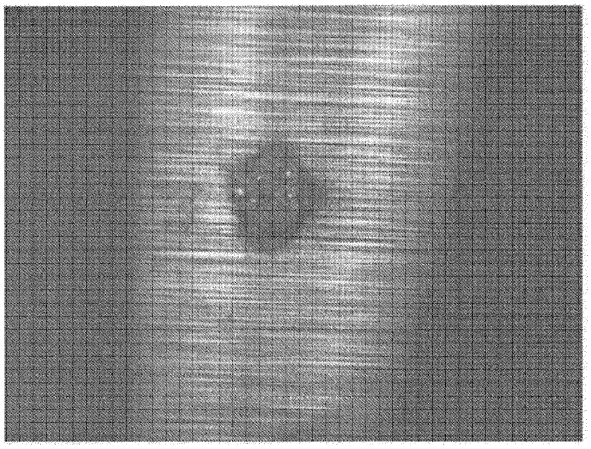


Фиг. 9A



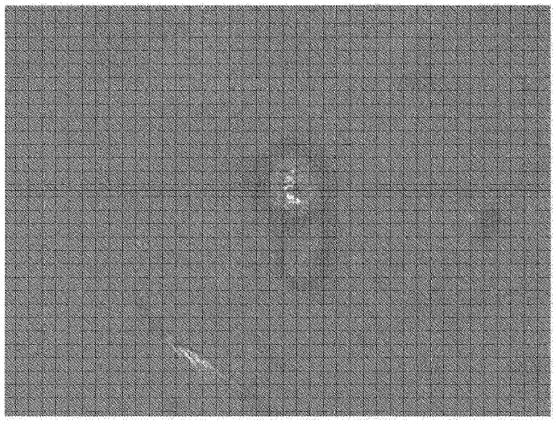
Фиг. 9B

Сравнительный пример 3 после замыкания накоротко при 4,0 В



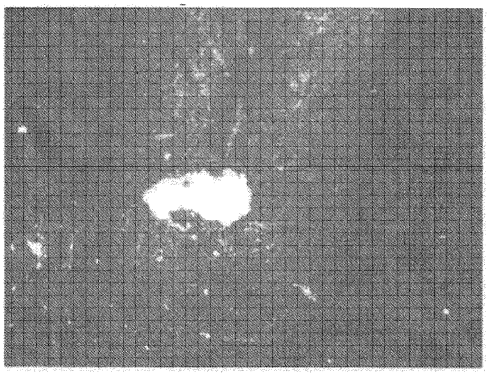
Фиг. 10

Сравнительный пример 4 после замыкания накоротко при 4,0 В

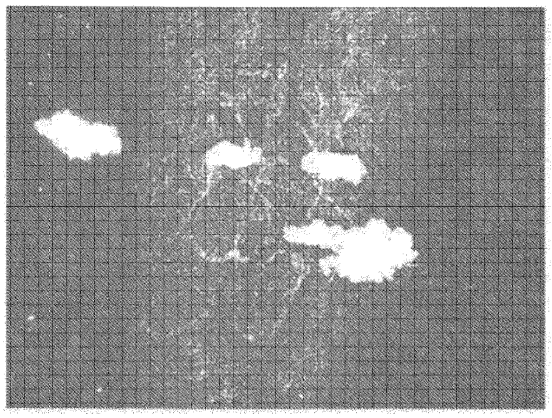


Фиг. 10А

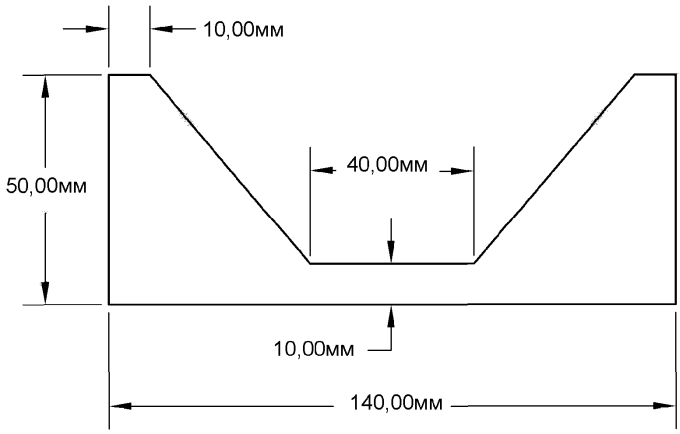
Пример 14 после замыкания накоротко при 4,0 В



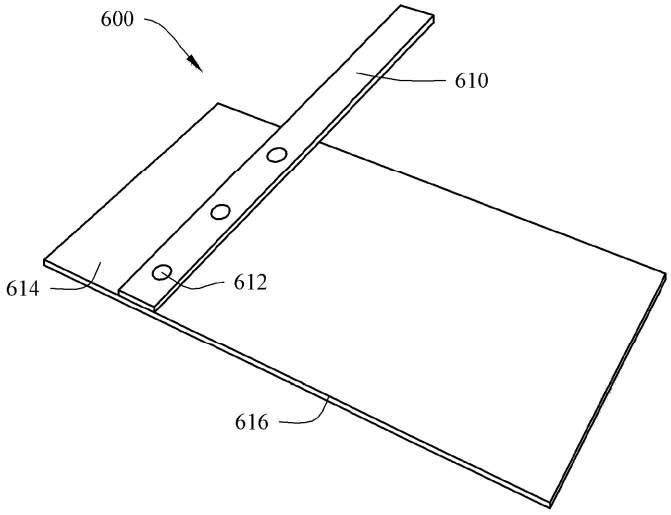
Фиг. 11



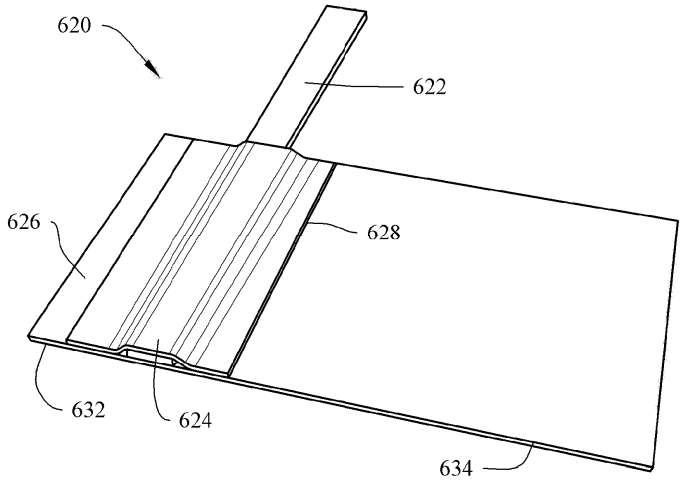
Фиг. 11A



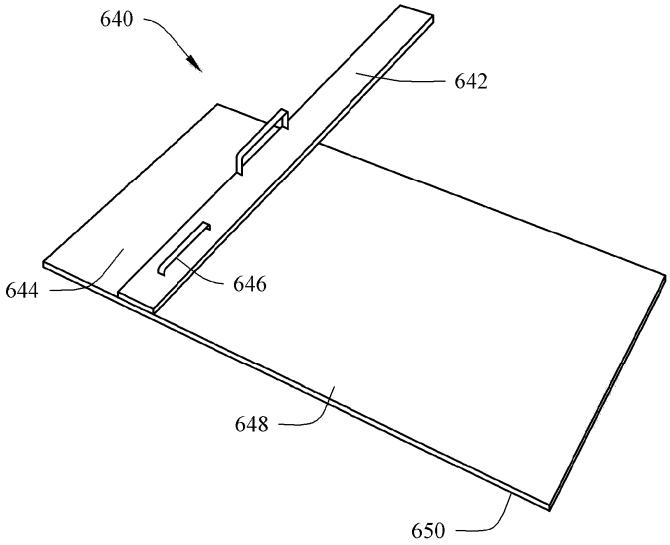
Фиг. 12



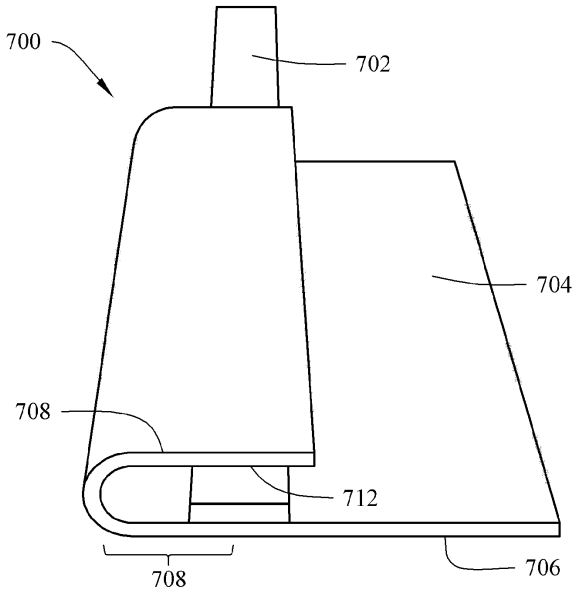
Фиг. 13



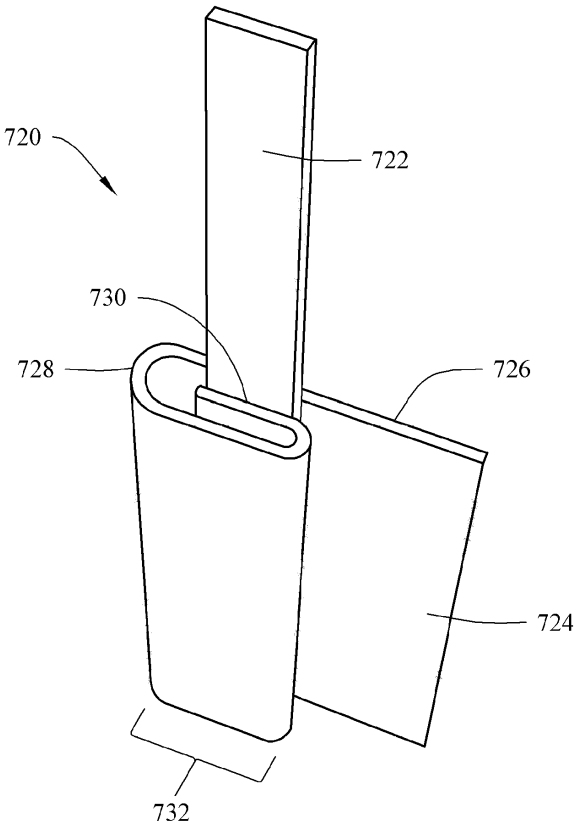
Фиг. 14



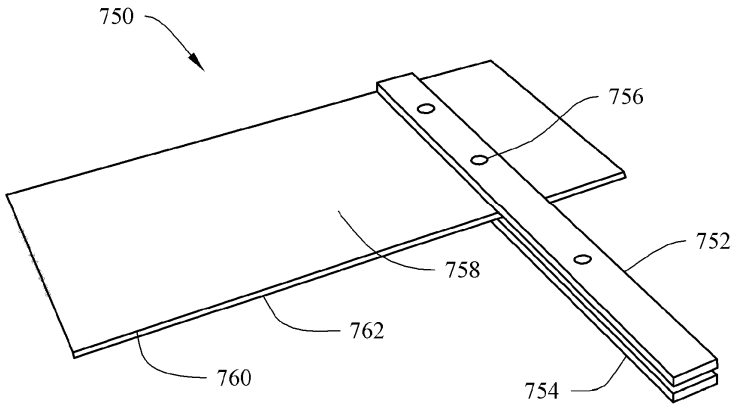
Фиг. 15



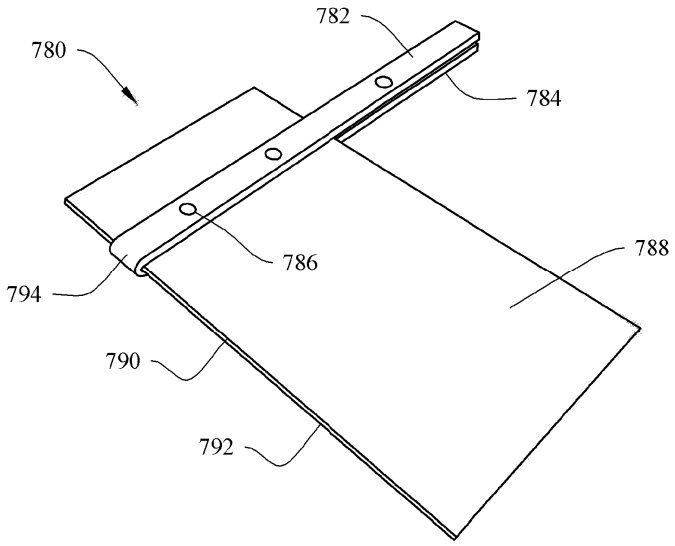
Фиг. 16



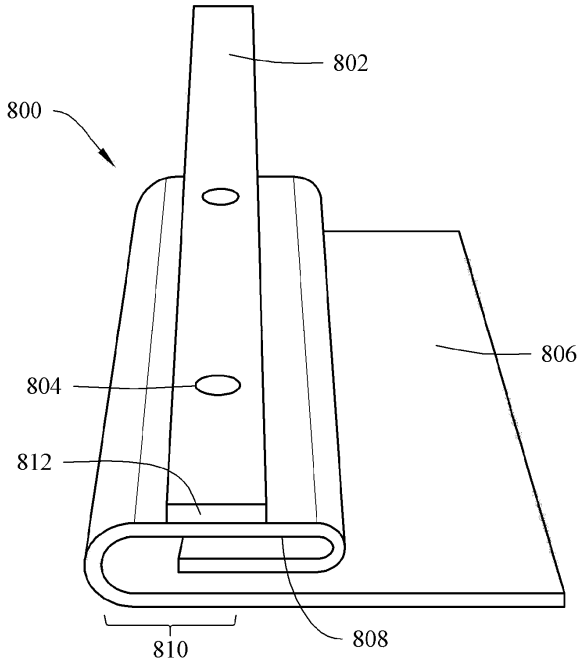
Фиг. 17



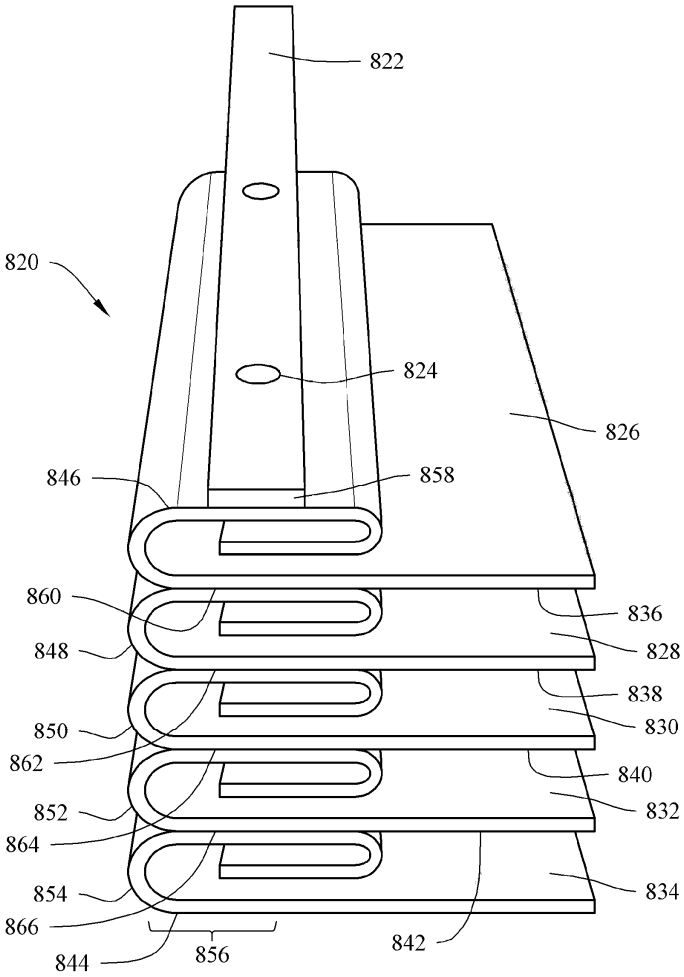
Фиг. 18



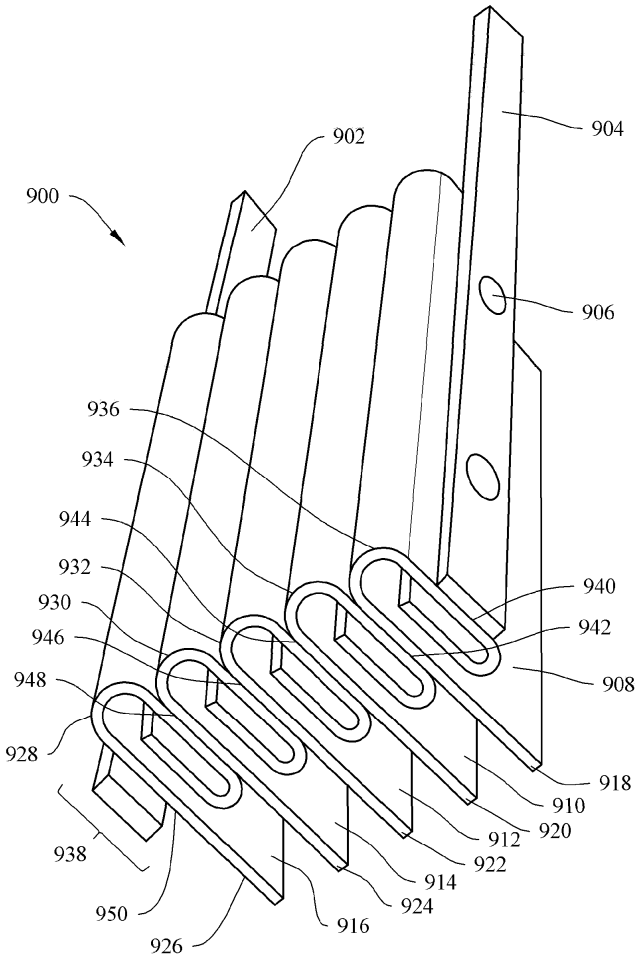
Фиг. 19



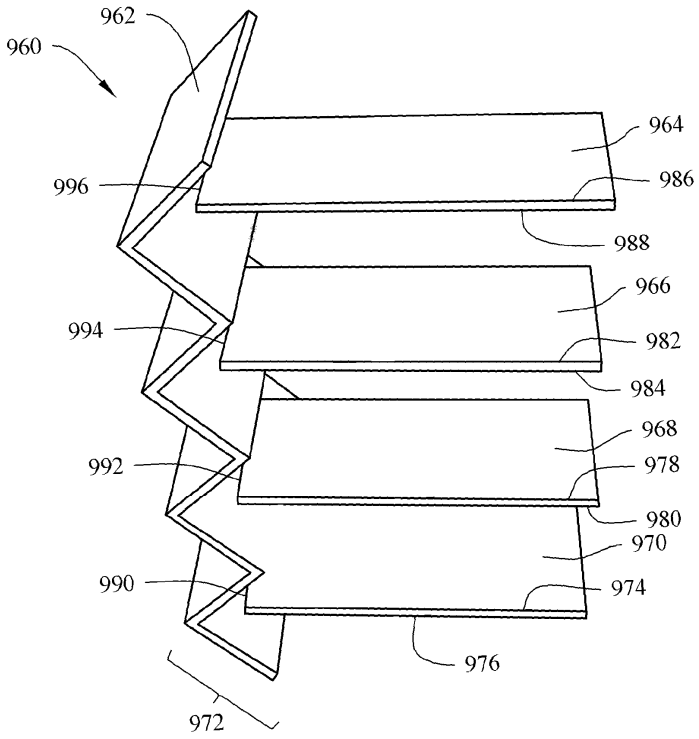
Фиг. 20


822
820
824
826
846
858
860
836
848
828
838
850
830
862
840
852
832
864
854
834
866
844
856
842

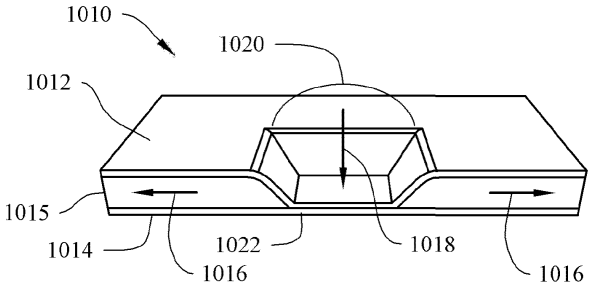
Фиг. 21


900
902
904
906
936
934
944
932
930
946
948
928
940
942
908
918
910
912
920
922
914
924
916
926
950
938

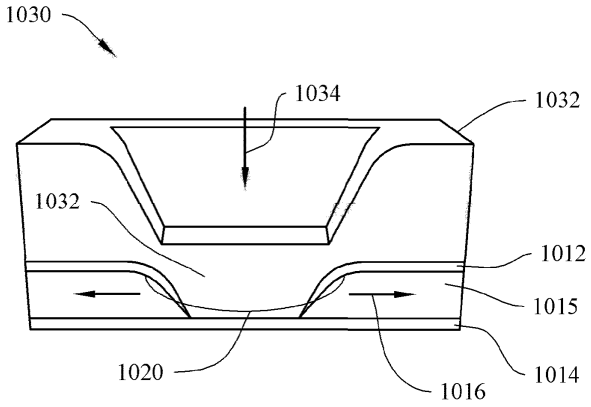
Фиг. 22


960
962
964
986
996
988
966
994
982
984
968
992
978
980
970
990
974
976
972

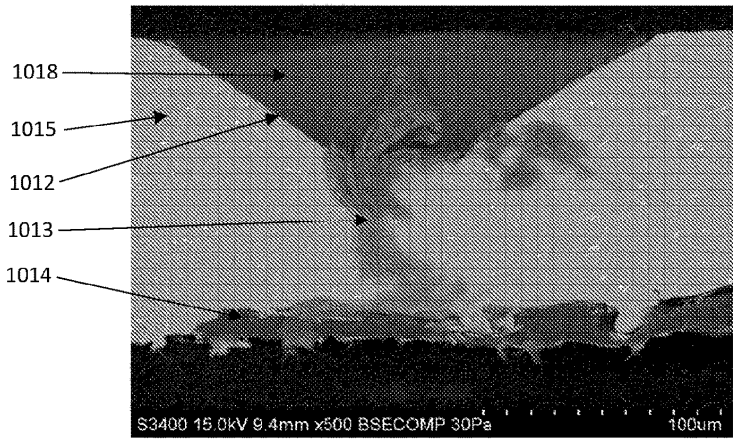
Фиг. 23



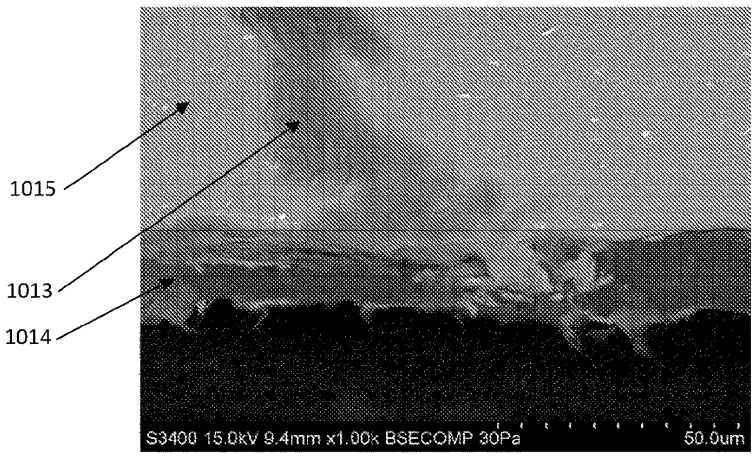
Фиг. 24



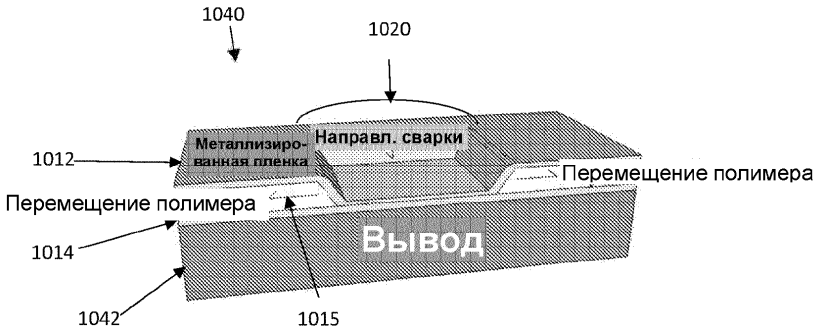
Фиг. 25



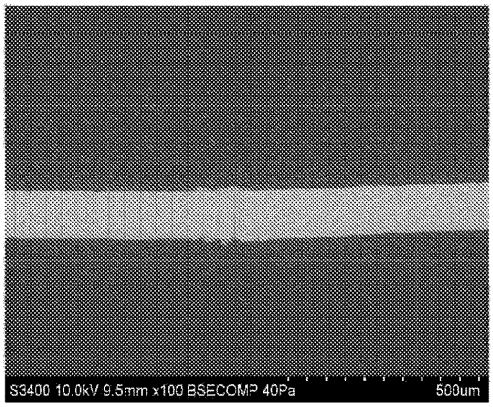
Фиг. 26



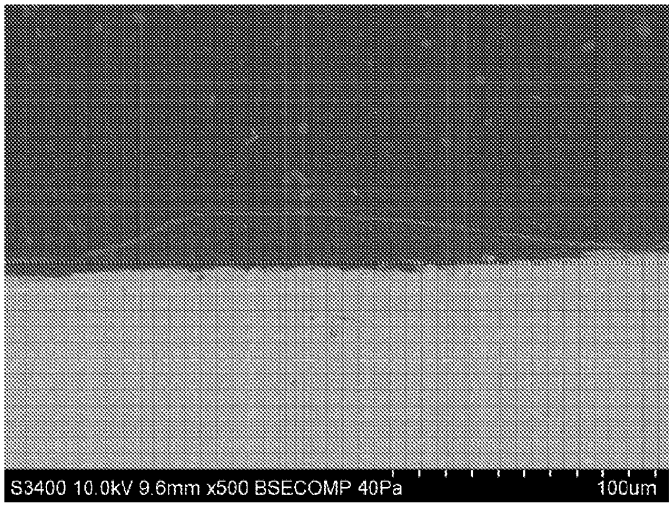
Фиг. 26A



Фиг. 27

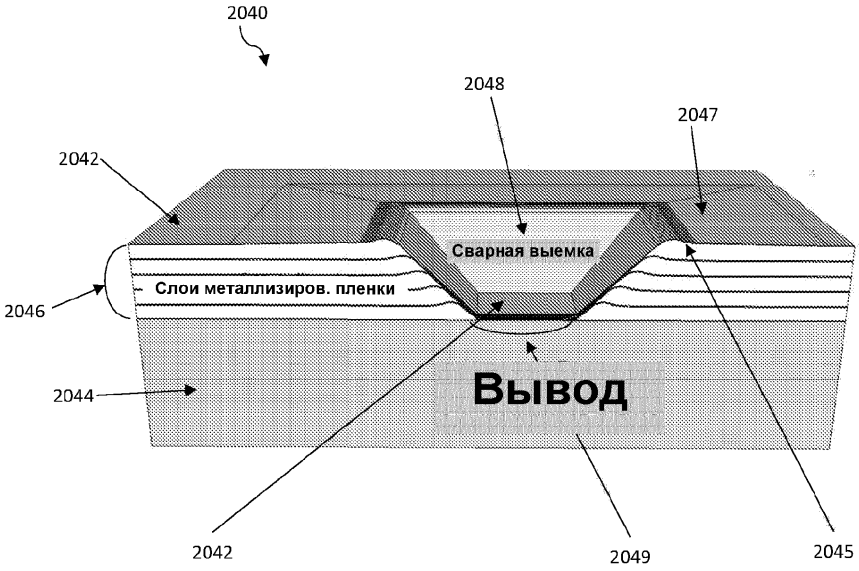


Фиг. 27A

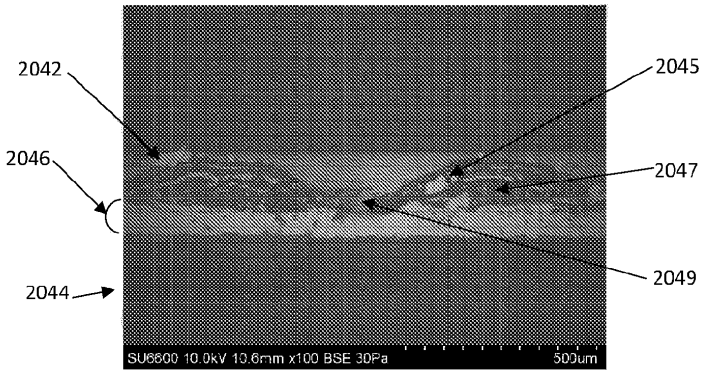


Крупный план приваренного слоя (тонкая светлая линия) к выводу (нижняя полутемная область). Следует отметить, что пятнистая темная область выше приваренного слоя представляет собой эпоксидную смолу, используемую для стабилизации присоединения при изготовлении срезов и просмотре (пятна представляют собой металлические осколки при изготовлении среза).

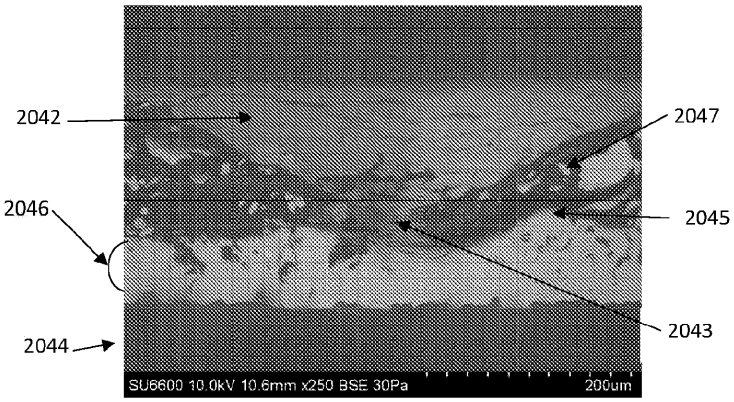
Фиг. 27B



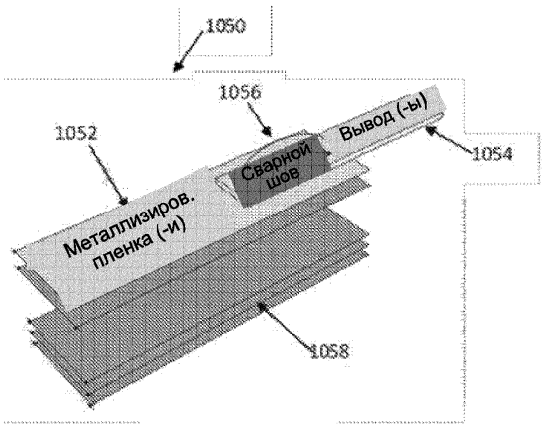
Фиг. 28



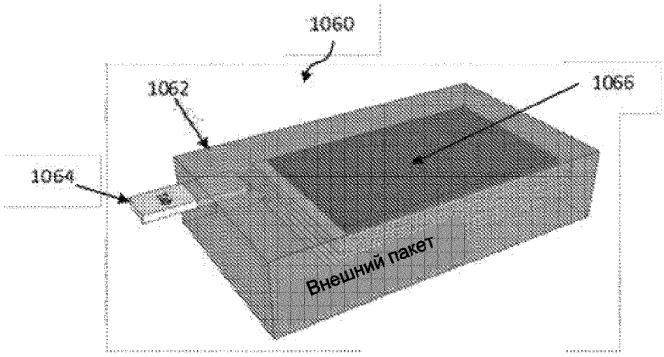
Фиг. 28A



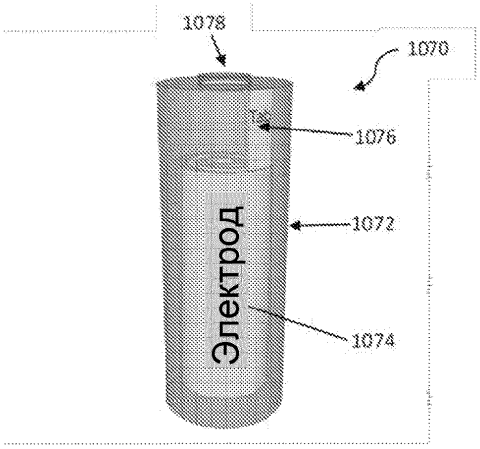
Фиг. 28B



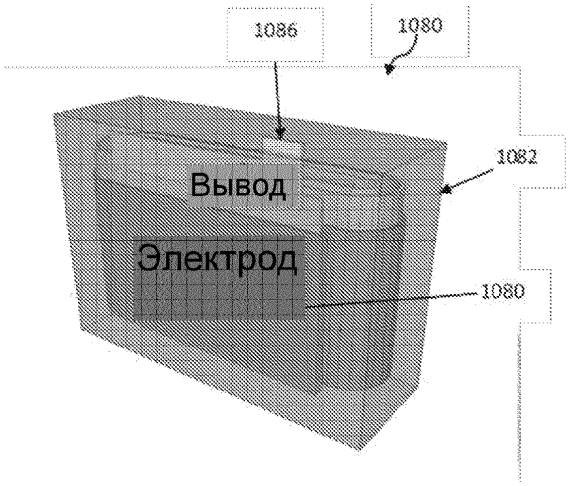
Фиг. 29



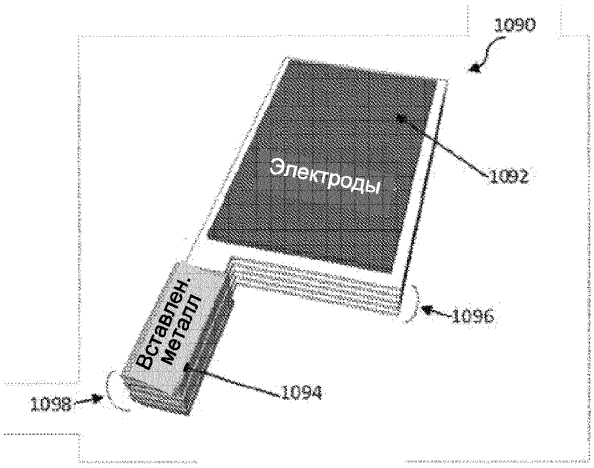
Фиг. 30



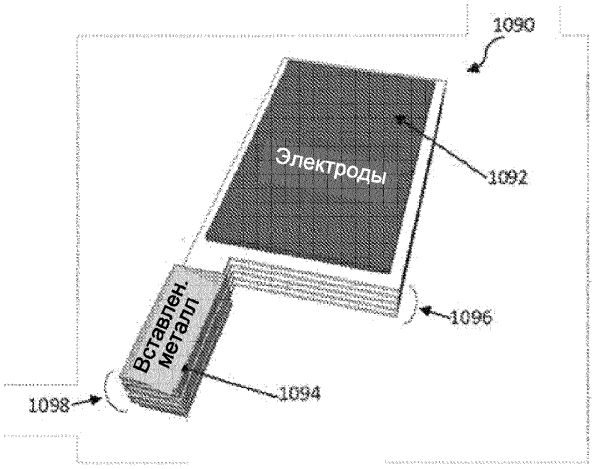
Фиг. 31



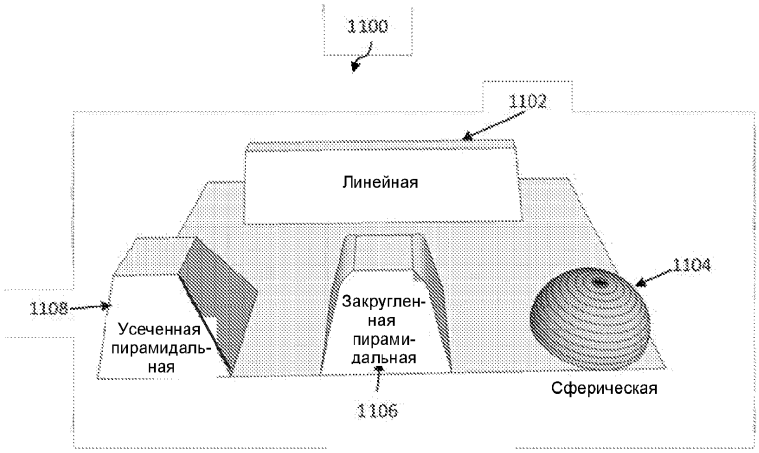
Фиг. 32



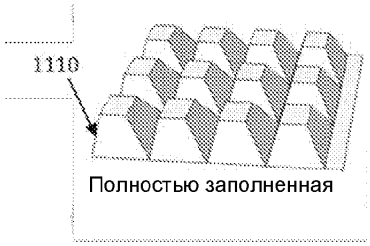
Фиг. 33



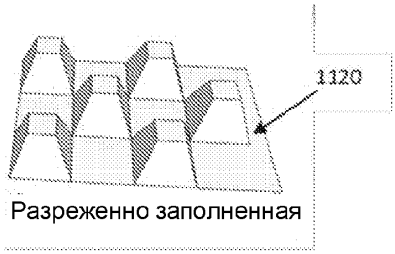
Фиг. 33A



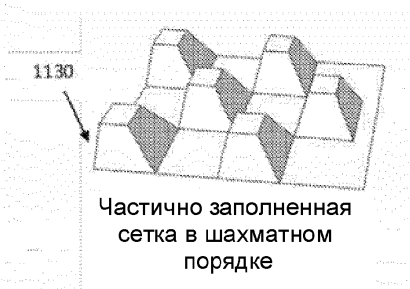
Фиг. 34



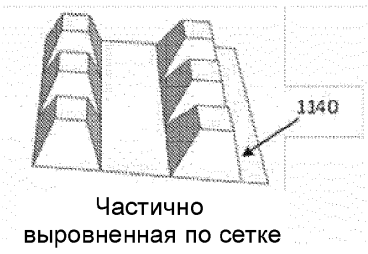
Фиг. 35



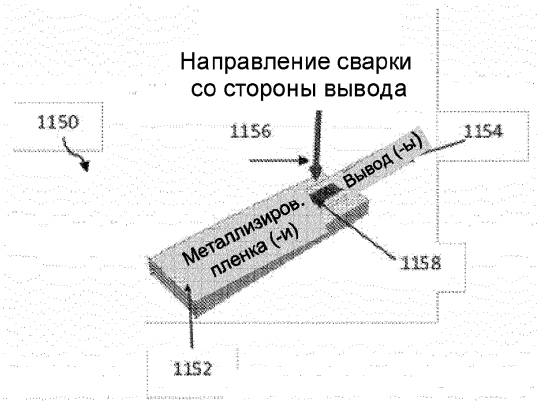
Фиг. 35А



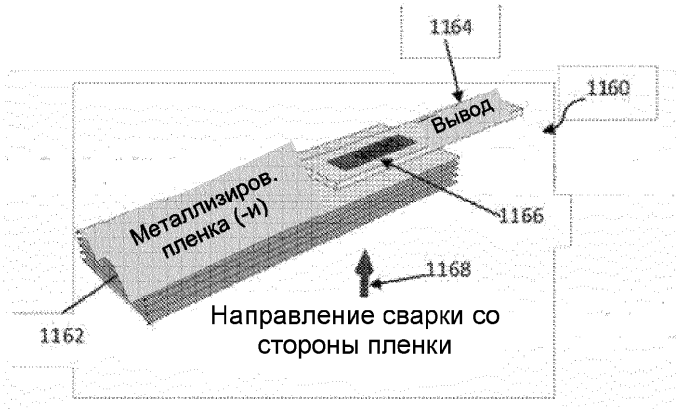
Фиг. 36



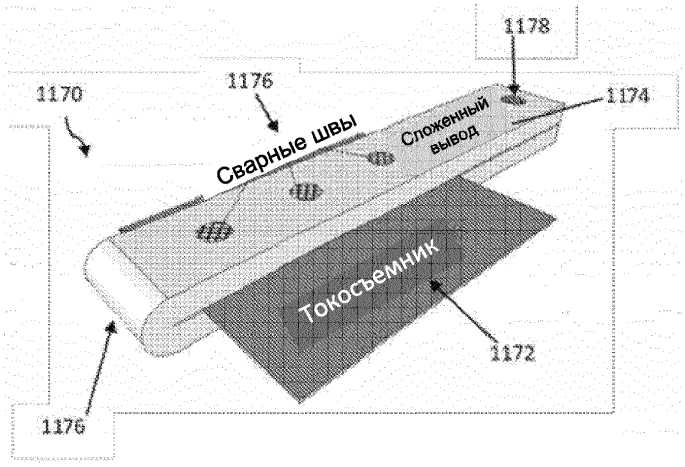
Фиг. 37



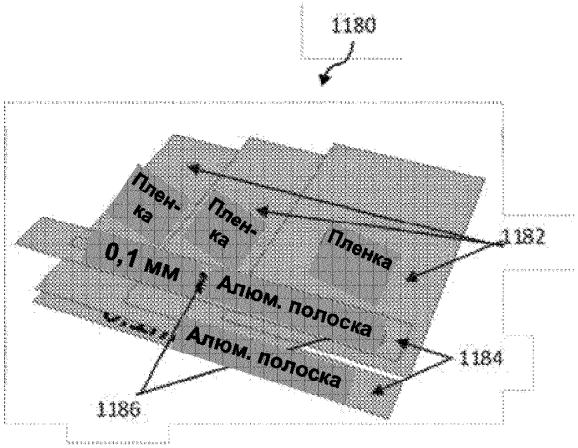
Фиг. 38



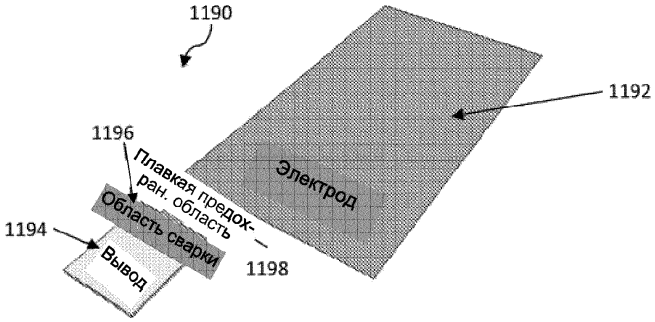
Фиг. 39



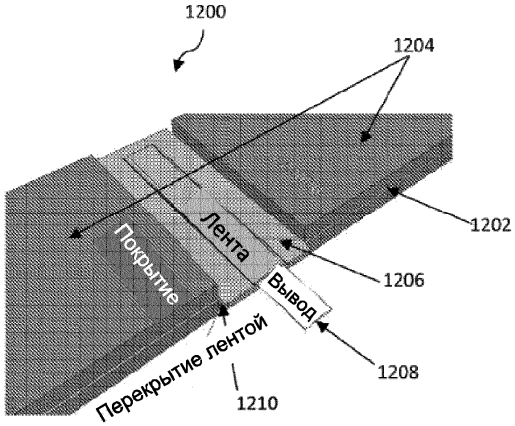
Фиг. 40



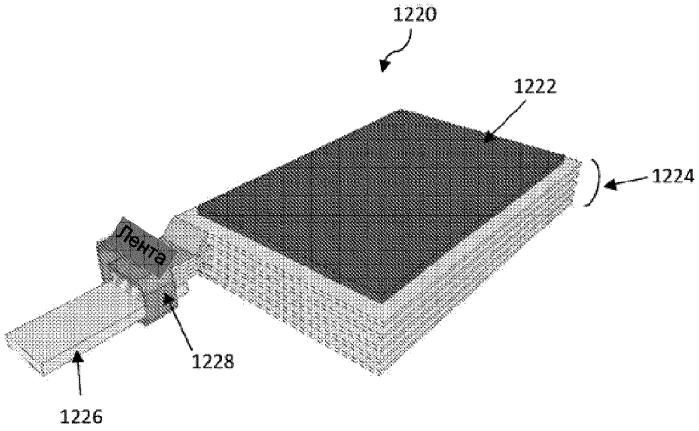
Фиг. 41



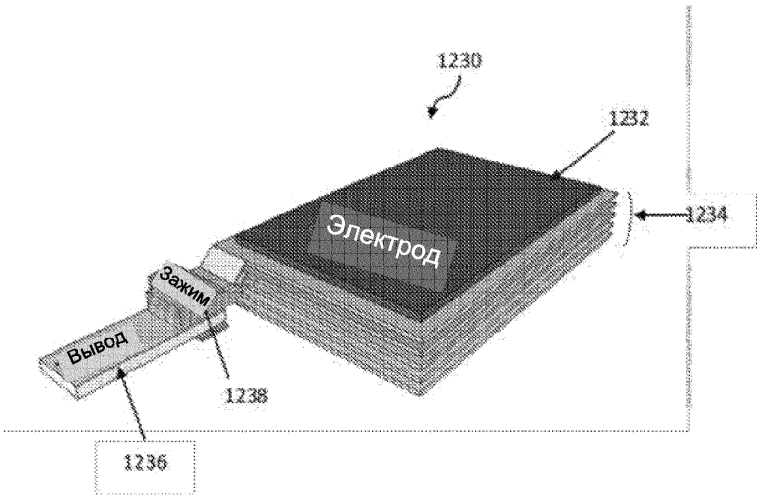
Фиг. 42



Фиг. 43



Фиг. 44



Фиг. 45

Евразийская патентная организация, ЕАПВ
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2