

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202390597** (13) **A2**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.05.31

(51) Int. Cl. **H01M 4/64** (2006.01)
H01M 4/66 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.03.20

(54) **СОЕДИНЕНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ И КОМПОНЕНТЫ ИЗ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПЛЕНКИ В УСТРОЙСТВАХ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ С ВНУТРЕННИМИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМИ**

(31) **16/361,216**

(72) Изобретатель:

(32) **2019.03.22**

Морин Брайан Г., Ху Карл С. (US)

(33) **US**

(74) Представитель:

(62) **202192436; 2020.03.20**

Нилова М.И. (RU)

(71) Заявитель:

**СОТЕРИА БЭТТЕРИ ИННОВЕЙШН
ГРУП ИНК. (US)**

(57) Предложен элемент литиевого аккумулятора с внутренним предохранительным компонентом и необходимыми язычками, которые обеспечивают проводимость от его внутренней части наружу для питания рассматриваемого устройства. В настоящем документе раскрыты язычки, которые демонстрируют достаточные уровни безопасности в сочетании с характеристиками внутреннего предохранителя, указанными выше, одновременно демонстрируя прочность на отрыв, чтобы оставаться на месте во время использования, а также обеспечивая полное покрытие тонкопленочных металлизированных токоприемников для обеспечения такого результата электропроводности. Такие язычки дополнительно снабжены эффективными сварными швами для обеспечения необходимых контактов при уровнях, которые представляют собой удивительные уровни сопротивления току и температуре, для достижения основного результата внутреннего предохранителя с вышеупомянутой достаточной проводимостью по отношению к внешнему устройству. Благодаря такому язычковому выводу и сварной структуре в данной области техники обеспечивается дополнительное усовершенствование литиевых аккумуляторов.

A2

202390597

202390597

A2

СОЕДИНЕНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ И КОМПОНЕНТЫ ИЗ
МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ ПЛЕНКИ В УСТРОЙСТВАХ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ С
ВНУТРЕННИМИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМИ

Область техники

[001] Настоящее изобретение относится к улучшениям структурных компонентов и физических характеристик литиевых аккумуляторных изделий. Например, традиционные литий-ионные аккумуляторы подвержены определенным явлениям, связанным с коротким замыканием, в результате чего они подвергаются воздействию высоких температур и могут в итоге воспламениться. Было обнаружено, что структурные свойства аккумуляторных компонентов являются одним из источников таких проблем. Улучшения, представленные в настоящем документе, включают в себя использование тонких металлизированных токоприемников (например, из алюминия и/или меди), материалов с высокой скоростью усадки, материалов, которые становятся непроводящими при воздействии высоких температур, и их комбинации. Такие улучшения обеспечивают возможность противостоять определенным недостаткам (дендритам, неожиданным скачкам электрического напряжения и т.д.) в конструкции целевого литиевого аккумулятора посредством обеспечения как будто бы внутреннего предохранителя в конструкции самих рассматриваемых литиевых аккумуляторов, который предотвращает нежелательные результаты воздействия высоких температур в случаях короткого замыкания. Аккумуляторные изделия и способы их использования, включающие в себя такие улучшения, также подпадают под объем настоящего изобретения.

[002] Особый интерес и важность представляют обеспечение элемента литиевого аккумулятора, который включает в себя необходимые язычки для обеспечения проводимости от его внутренней

части наружу для питания рассматриваемого устройства, что может быть нетривиальным условием из-за тонкости электродов, и, вероятно, обеспечение того, чтобы две стороны электродного материала не могли быть проводящими друг с другом. В настоящем изобретении предусмотрены язычки, которые демонстрируют достаточные уровни безопасности в сочетании с отмеченными выше характеристиками внутреннего предохранителя, при этом одновременно обладая прочностью на разрыв, чтобы оставаться на месте при эксплуатации, а также полностью покрывая тонкопленочные металлизированные токоприемники для обеспечения такого результата электрической проводимости. Такие язычки дополнительно снабжены оптимальными сварными швами для обеспечения необходимых контактов при уровнях, которые представляют собой впечатляющие уровни силы тока и термостойкости для достижения базового результата внутреннего предохранителя с вышеупомянутой достаточной проводимостью для внешнего устройства. Благодаря такому компоненту в виде язычкового вывода и такой сварной структуре обеспечивается дополнительное улучшение в области производства литиевых аккумуляторов.

[003] Кроме того, раскрытые в настоящем документе усовершенствования внутреннего предохранителя, представленные в виде чрезвычайно тонких структур токоприемников, дополнительно обеспечивают возможность выполнения в нем повторяющихся складок в пределах одного элемента. Такая возможность выполнения складок обеспечивает возможность соединения двух сторон токоприемника, который в противном случае мог бы быть электрически изолирован полимерным слоем, расположенным между двумя проводящими слоями, не приводя к необходимости повышения внутреннего веса и/или объема аккумулятора. По видимости, токоприемник со складками сохраняет характеристики внутреннего предохранителя, одновременно обеспечивая такое увеличение мощности, теоретически допуская любое количество увеличений мощности в пределах любого количества

подобранных по размеру аккумуляторов без необходимости в вышеупомянутого повышения веса и объема, а также приводя к созданию новых аккумуляторных изделий для разных целей с заданными высокими уровнями мощности и максимально возможными преимуществами безопасности.

Уровень техники

[004] Литиевые аккумуляторы по-прежнему распространены во всем мире в качестве источника электроэнергии для множества изделий. Благодаря их надежности, отмеченной выше возможности перезарядки и долговечности использования литиевые аккумуляторы (с разными типами ионов) используются в качестве основного источника питания всюду: от перезаряжаемых электроинструментов до электронных автомобилей и широко распространенных сотовых телефонов (и подобных им планшетных компьютеров, портативных компьютеров и т.д.). Однако с такими широко используемыми источниками питания возникают определенные проблемы, некоторые из которых становятся все более серьезными. В частности, выявились проблемы безопасности, когда определенные недостатки в таких литиевых аккумуляторах, будь то вследствие первоначальных проблем, связанных с их производством, или проблем, связанных с их деградацией с течением времени, вызывают уязвимость перед напряжением возникновения возгорания во время короткого замыкания. В основном было обнаружено, что внутренние дефекты в проводящих материалах создают нежелательное сильное нагревание и, в конечном счете, приводят к возгоранию внутри таких аккумуляторных структур. В результате некоторые изделия, в которых применяются литиевые аккумуляторы - начиная от портативных компьютеризированных устройств (смартфон «Samsung Galaxy Note 7», как одна печально известная ситуация) до целых самолетов (пассажирский самолет «Boeing 787») - были запрещены к продаже и/или использованию до тех пор, пока не будут найдены решения для

используемых в них скомпрометированных литиевых аккумуляторов и сопутствующих товаров (и даже до такой степени, что смартфон «Samsung Galaxy Note 7» был запрещен к использованию в любых самолетах в определенных регионах). Даже линейка электромобилей компании «Tesla» продемонстрировала заметные проблемы с компонентами литиевых аккумуляторов, что привело к появлению громких и привлекающих к себе внимание историй, согласно которым такие дорогие транспортные средства взрываются как огненные шары из-за проблем с аккумуляторами. Таким образом, по сей день повсеместно происходят снятия с продаж или сохраняются прямые запреты, имеющие отношение к таким проблемам с литиевыми аккумуляторами, что приводит к значительной необходимости их преодоления.

[005] Эти проблемы в первую очередь существуют вследствие производственных дефектов, будь то связанные с отдельными аккумуляторными компонентами в том виде, в каком они изготовлены, или, по существу, с тем, что такие компоненты выполнены как отдельные аккумуляторы. При более внимательном рассмотрении, литиевые аккумуляторы в настоящее время изготавливаются из шести основных компонентов: катодного материала, катодного токоприемника (такого как алюминиевая фольга), на который нанесен катодный материал, анодного материала, анодного токоприемника (такого как медная фольга), на который нанесен анодный материал, сепаратора, расположенного между каждым анодным и катодным слоями и обычно выполненного из пластмассового материала, и электролита в виде проводящего органического растворителя, который насыщает другие материалы, тем самым обеспечивая механизм проводимости ионов между анодом и катодом. Эти материалы обычно сматываются вместе в металлическом контейнере, как показано на ФИГ. 1 из уровня техники, или укладываются один на другой. Существует множество других конфигураций, которые используются и могут быть использованы для

таких целей производства аккумуляторов, включая пакетные элементы («pouch cells»), призматические элементы, дисковые элементы, цилиндрические элементы, смотанные призматические элементы, смотанные пакетные элементы и т.д. При правильном изготовлении и бережном обращении эти аккумуляторные элементы могут выдавать энергию для различных применений в течение тысяч циклов зарядки-разрядки без каких-либо заметных нарушений безопасности. Однако, как упоминалось выше, определенные события и, в частности, определенные дефекты могут вызывать внутреннее короткое замыкание между внутренними проводящими материалами, которое может приводить к образованию тепла и внутреннему тепловому разгону, что, как известно, является основной причиной опасности возгорания в таких литиевых аккумуляторах. Как отмечено выше, такие события могут быть дополнительно вызваны внутренними дефектами, включающими в себя наличие металлических частиц внутри аккумулятора, заусенцев на материалах токоприемника, небольших точечных дефектов или отверстий в сепараторе (независимо от того, присутствуют ли они или возникли во время последующей обработки), несовпадений слоев аккумулятора (что оставляет «отверстия» для возникновения нежелательной проводимости), внешнего мусора, проникающего в аккумулятор (например, частицы дорожного полотна, ударяющиеся о движущееся транспортное средство), разрушение и/или дестабилизацию самого элемента (например, из-за несчастных случаев), зарядку элемента в замкнутом пространстве и т.п. Вообще говоря, известно, что эти типы дефектов вызывают образование небольшого канала с электронной проводимостью между анодом и катодом. Когда происходит такое событие, и если элемент при этом заряжается, такой проводящий канал может вызывать разряд элемента, что в итоге приводит к образованию чрезмерного количества тепла, тем самым нарушая структуру аккумулятора и подвергая опасности нижележащее устройство, которое таким образом получает питание. Было показано, что при использовании воспламеняющихся органических растворителей,

используемых в качестве электролитов аккумулятора (которые обычно необходимы для работоспособности аккумулятора), такое чрезмерное количество тепла вызывает их возгорание, создавая в итоге очень опасную ситуацию. Такие проблемы трудно контролировать, как минимум, после их появления, и они привели к значительным травмам потребителей. Такую потенциально опасную ситуацию, безусловно, следует избегать за счет обеспечения аккумулятора, который выдает электроэнергию, не приводя при этом к такой проблеме с воспламеняющимся органическим электролитом.

[006] Образование чрезмерного количества внутреннего тепла может дополнительно вызывать усадку пластмассового сепаратора, заставляя его отодвигаться, отсоединяться или иным образом увеличивать область короткого замыкания внутри аккумулятора. В такой ситуации большая открытая область короткого замыкания внутри аккумулятора может привести к непрерывному току и повышенному нагреву в нем, что приведет к появлению высокой температуры, которая вызывает значительное повреждение элемента, включая взрыв, сброс и даже воспламенение и возгорание. Такое повреждение особенно проблематично из-за вероятности возгорания, и, хуже того, оно возникает быстро и может привести к взрыву аккумулятора и, в принципе, нижележащего устройства, что также подвергает пользователя значительной опасности.

[007] Литиевые аккумуляторы (многих различных типов) особенно подвержены проблемам, связанным с коротким замыканием. Обычные аккумуляторы склонны демонстрировать повышенные скорости разрядки при воздействии высоких температур, что иногда приводит к неконтролируемому (неуправляемому) возгоранию и воспламенению, как отмечено выше. Из-за этих возможностей были введены в действие определенные правила, регулирующие фактическую эксплуатацию, хранение и даже транспортировку таких аккумуляторных изделий.

Возможность реализации надлежащего протокола для предотвращения таких неуправляемых событий, связанных с коротким замыканием, безусловно, имеет огромное значение. Однако остается следующая задача: как на самом деле решить такие проблемы, особенно когда производство компонентов осуществляется множеством поставщиков и из множества разных мест по всему миру.

[008] Некоторые полностью сосредоточились на попытке использовать подходящие и/или улучшенные сепараторы в качестве средства, помогающего снизить вероятность таких возгораний литиевых аккумуляторов. Пластмассовые мембраны с низкой температурой плавления и/или скоростью усадки, по-видимому, обеспечивают более высокие вероятности возникновения возгорания аккумуляторов. Общая идея при этом заключалась в том, чтобы нанести определенные покрытия на такие материалы сепаратора без снижения их способности отделения электролита во время фактической эксплуатации. Таким образом, керамические частицы, например, использовались в качестве покрытий из полипропиленовой и/или полиэтиленовой пленки, служащих как средство увеличения размерной устойчивости таких пленок (например, повышения температуры плавления). Связующие полимеры также были включены в качестве компонента улучшения когезии между керамическими частицами и адгезии к пластмассовой мембране (пленке). В действительности, однако, было обнаружено, что тепловое увеличение, придаваемое всей пленочной структуре с покрытиями из керамических частиц, относительно невелико, что делает основным фактором такой проблемы с сепаратором сам фактический материал (материалы) сепаратора.

[009] В результате были разработаны и реализованы, по меньшей мере, до некоторой степени материалы сепаратора, которые являются гораздо более термостойкими, чем пористые пленки из полиэтилена и полипропилена, составляющие базовый слой таких обычных

сепараторов с керамическим покрытием. Эти размерно-устойчивые сепараторы с низкой усадкой демонстрируют усадку менее 5% при воздействии температур по меньшей мере 200°C (вплоть до температур 250, 300 и даже выше), что намного лучше, чем высокие скорости усадки, демонстрируемые непокрытыми полимерными пленками (с усадкой примерно 40% при 150°C) и пленками с керамическим покрытием (более 20% при 180°C) (такие сравнения измерений усадки представлены на ФИГ. 2 из уровня техники). Такие материалы с низкой скоростью усадки могут изменять механизм термического разложения внутри целевого элемента при возникновении короткого замыкания. Вообще говоря, при возникновении короткого замыкания в таком аккумуляторном элементе всегда будет образовываться тепло. Если сепаратор не усаживается в связи с таким событием короткого замыкания, тепло будет продолжать образовываться и «накапливаться» до тех пор, пока другой материал внутри батареи не разложится. Это явление было смоделировано с помощью стандартного отраслевого теста на проникновение гвоздей. Например, даже с сепаратором, включающим в себя параарамидное волокно и демонстрирующим устойчивость к усадке до 550°C, рассматриваемый испытуемый аккумулятор показал склонность к короткому замыканию с уникальными внутренними результатами. Такой элемент был исследован более тщательно после такой обработки, при которой элемент был вскрыт, избыток электролита испарился, элемент был заполнен эпоксидной смолой и затем разрезан перпендикулярно гвоздю, оставшемуся в элементе. Затем были получены изображения сканирующего электронного микроскопа с использованием визуализации спектра обратно-рассеянных электронов (BEI), что позволило составить карту разных аккумуляторных элементов с целью показать эффект от такого воздействия путем проникновения гвоздя. Это показано на ФИГ. 3А и 3В из уровня техники.

[010] Следует отметить, что на ФИГ. 3А из уровня техники, слои меди всегда подходят ближе к гвоздю, чем слои алюминия. Также

следует отметить, что высокостабильный сепаратор между электродами все еще не поврежден. На ФИГ. 3В из уровня техники, показан конец одного алюминиевого слоя при большем увеличении, при котором видно, что он заканчивается слоем потрескавшегося серого вещества. Оно было исследовано с помощью ВЕИ, которая показала, что полученное вещество на самом деле было оксидом алюминия - изолирующей керамикой. Такие полученные данные привели к предполагаемому выводу о том, что, когда сам сепаратор является термостойким, алюминиевый токоприемник будет окисляться, эффективно разрывая цепь (и в результате останавливая любое короткое замыкание после образования изолирующего оксида алюминия). Как только цепь разрывается, ток перестает течь и больше не образуется тепло, что поворачивает вспять процесс, приводящий к тепловому разгону в случае с менее стабильными сепараторами.

[011] Это возможное решение, однако, ограничивается простой заменой сепаратора на тот, что имеет более высокие характеристики скорости усадки. Хотя такое простое решение может показаться очень выгодным, все еще остаются другие производственные процедуры и определенные компоненты (такие как типы сепараторов с керамическим покрытием), которые широко используются, и их может быть трудно заменить в принятых аккумуляторных изделиях. Таким образом, несмотря на очевидные преимущества использования и включения термостойких сепараторов, нежелательные возгорания аккумуляторов все еще могут возникать, особенно когда изделия из сепараторов с керамическим покрытием считаются безопасными для таких целей. Таким образом, было определено, что имеется, по меньшей мере, другой, исключительно внутренний структурный механизм аккумуляторного элемента, который может исправить или, по меньшей мере, уменьшить вероятность образования тепла из-за внутреннего короткого замыкания, вдобавок к использованию таких высокотермостойких материалов сепаратора. В такой ситуации возникновение короткого замыкания в

таким аккумулятором элементом не приведет к разрушительному высокотемпературному повреждению вследствие прерывания замкнутой внутренней цепи за счет фактического создания внутреннего предохранителя. Однако до сих пор в области производства литиевых аккумуляторов не было представлено ничего, что решало бы с легкостью эти проблемы. Настоящее изобретение обеспечивает столь желательное средство устранения этих проблем, которое делает литиевые аккумуляторные элементы чрезвычайно безопасными и надежными на многих рынках.

[012] Дополнительный и особый интерес представляет рассмотрение надлежащего обеспечения проводимости электрического заряда от рассматриваемого литий-ионного аккумулятора к внешнему источнику. Обычно это достигается за счет использования язычка, который контактирует и прикрепляется к токоприемнику или, возможно, каким-то образом к анодному и катодному токоприемникам с целью обеспечения необходимого свойства проводимости с внешним источником. Язычок как будто бы функционирует как контакт с такими внутренними аккумуляторными компонентами и выходит за пределы корпуса аккумуляторного элемента с наличием точечных контактов для таких целей проводимости. Таким образом, язычок должен оставаться на месте и не отсоединяться от токоприемника (токоприемников) и обеспечивать непрерывный доступ к внешнему источнику без, опять же, смещения изнутри или отсоединения от него извне. Поскольку в области производства литий-ионных аккумуляторов не было никаких раскрытий относительно таких тонкопленочных токоприемников, также неизвестно ничего, что представляло бы собой попытку улучшить или оптимизировать такие проблемы с соединением язычков. Конечно, стандартные типы язычков хорошо известны и подсоединяются к большим токоприемникам стандартных аккумуляторных элементов; тем не менее, не представлено никаких соображений относительно защиты от воздействия тонкопленочных токоприемников (например, посредством

внутреннего предохранителя), при этом в целом обеспечивая размерно-устойчивый результат для предотвращения выхода из строя аккумулятора из-за конструктивных нарушений. По существу, в уровне техники или отрасли производства литий-ионных аккумуляторов ничего подобного не обсуждалось и не раскрывалось. Настоящее изобретение тем не менее преодолевает такие парадигмы и обеспечивает результат, который до сих пор не был открыт и/или изучен в соответствующей отрасли.

Сущность изобретения

[013] Явным преимуществом настоящего изобретения является возможность обеспечения посредством структурных компонентов механизма прерывания проводящего канала при возникновении внутреннего короткого замыкания, останавливая или значительно уменьшая поток тока, который может образовывать тепло внутри целевого аккумуляторного элемента. Другим преимуществом является возможность обеспечения такой защитной структурной компоновки внутри литиевого аккумуляторного элемента, которая также обеспечивает выгодное снижение веса и стоимости производства, транспортировки и эксплуатации элемента в целом. Таким образом, другим преимуществом является создание и сохранение структуры внутреннего предохранителя в целевом аккумуляторном элементе до тех пор, пока не возникнет необходимость в его активации. Другим преимуществом является обеспечение аккумулятора меньшего веса за счет использования тонкопленочного базового токоприемника, который предотвращает тепловой разгон во время короткого замыкания или подобного события. Еще одним преимуществом является возможность использования в аккумуляторе воспламеняющихся органических электролитов без какой-либо заметной склонности к их возгоранию во время короткого замыкания или подобного события. Другим явным преимуществом является возможность обеспечения достаточного

проводящего язычкового компонента, приваренного или иным образом контактирующего с токоприемником, имеющим внутренний предохранитель, в частности, контактирующего как с его верхней, так и с его нижней поверхностью одновременно. Еще одним преимуществом является возможность создания складок внутри раскрытых в настоящем документе тонких компонентов токоприемника с целью обеспечения возможности выработки совокупной мощности последовательно из множества токопроводящих внутренних структур, чтобы обеспечивать надежные результаты аккумулятора по запросу, при этом не прибегая к измерению чрезмерного веса или объема.

[014] Таким образом, настоящее изобретение может охватывать устройство хранения энергии, содержащее анод, катод, по меньшей мере один полимерный или тканевый сепаратор, присутствующий между анодом и катодом, электролит и по меньшей мере один токоприемник, контактирующий по меньшей мере с одним из анода и катода; при этом либо анод, либо катод расположен между по меньшей мере частью токоприемника и сепаратором, причем токоприемник содержит проводящий материал, нанесенный на подложку из полимерного материала, и токоприемник перестает проводить в точке контакта открытой области короткого замыкания при рабочем напряжении устройства хранения энергии, при этом напряжение составляет по меньшей мере 2,0 вольт. Одним примером может быть плотность тока в точке контакта 0,1 ампер/мм² при размером кончика 1 мм² или менее. Конечно, для более крупных элементов требуемая пороговая плотность тока может быть выше, и элемент может перестать быть проводящим только при плотности тока по меньшей мере 0,3 ампер/мм², такой как по меньшей мере 0,6 ампер/мм² или даже по меньшей мере 1,0 ампер/мм². Такая подложка из полимерного материала с покрытием также должна иметь общую толщину не более 25 микрон, как более подробно описано ниже. Способы использования такого полезного компонента токоприемника в устройстве хранения энергии (будь то аккумулятор,

такой как литий-ионный аккумулятор, или конденсатор и т.п.) также подпадают под объем настоящего изобретения. Кроме того, такое аккумуляторное изделие с тонкопленочным токоприемником также может быть снабжено по меньшей мере одним язычком, контактирующим с базовым тонкопленочным токоприемником через 2-50 равномерно разнесенных и подобранных по размеру сварных швов, идущих по длине токоприемника, при этом по меньшей мере один язычок нанесен на тонкую пленку таким образом, чтобы указанный по меньшей мере один язычок имел открытую верхнюю поверхность и нижнюю поверхность, контактирующую с покрытой поверхностью тонкопленочного токоприемника, причем сварные швы демонстрируют размещение проводящего материала, проходящего через язычок от его открытой верхней поверхности к покрытой поверхности тонкопленочного токоприемника. Кроме того, под объем настоящего изобретения также подпадает использование множества вышеописанных токоприемников, сложенных так, чтобы обеспечивать отдельные области выработки энергии, которые соединены последовательно в одном аккумуляторном изделии.

[015] Другой аспект настоящего изобретения может представлять собой систему хранения энергии, включающую в себя анод, катод, по меньшей мере один сепаратор, присутствующий между анодом и катодом, и электролит. По меньшей мере один тонкопленочный токоприемник может контактировать по меньшей мере с одним из анода и катода. Токоприемник может содержать проводящий материал, нанесенный на подложку из непроводящего материала. Токоприемник может переставать быть проводящим в точке контакта короткого замыкания при рабочем напряжении устройства хранения энергии. Напряжение может составлять по меньшей мере 2,0 вольт. По меньшей мере один язычок может быть прикреплен к указанному по меньшей мере одному тонкопленочному токоприемнику. Соединительное средство может быть выполнено с возможностью прикрепления язычка к

токоприемнику. Соединительное средство может иметь электрический контакт с открытой поверхностью язычка и тонкопленочным токоприемником. Либо анод, либо катод может быть расположен между по меньшей мере частью тонкопленочного токоприемника и сепаратором.

[016] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения соединительное средство может быть выбрано из группы, состоящей из сварных швов, ленты, скоб, промежуточных металлических полос, z-образно сложенных металлических полос, проводящих клеев и зажимов.

[017] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения соединительное средство может состоять из 2-50 соединений, распределенных по токоприемнику для обеспечения равномерного протекания тока от электродных материалов к язычкам.

[018] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения токоприемник может быть сложен так, чтобы обеспечивать непосредственный контакт между противоположными сторонами токоприемника.

[019] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения сепаратор может быть полимерным, нетканым, тканевым или керамическим.

[020] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения подложка из непроводящего материала может быть полимерной пленкой.

[021] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения электролит может быть воспламеняющимся

органическим электролитом.

[022] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения язычок может быть первым язычком, контактирующим с верхней поверхностью токоприемника, и вторым язычком, контактирующим с нижней поверхностью токоприемника. Первый и второй язычки могут быть параллельны.

[023] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения язычок может быть сложен поверх токоприемника так, чтобы первый выступ язычка контактировал с верхней поверхностью токоприемника, а второй выступ язычка контактировал с нижней поверхностью токоприемника. Первый выступ и второй выступ могут быть параллельны.

[024] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения токоприемник может иметь конфигурацию с двойными складками для создания двух электрически изолированных слоев.

[025] В некоторых или во всех вариантах осуществления настоящего изобретения токоприемник может быть множеством токоприемников, соединенных последовательно, причем язычок прикреплен к конечному токоприемнику из множества токоприемников.

[026] Некоторые или все варианты осуществления настоящего изобретения могут включать в себя второй язычок, прикрепленный к первому токоприемнику из множества токоприемников. Язычок и второй язычок могут быть параллельны.

[027] Кроме того, гораздо большие плотности тока могут поддерживаться в течение очень короткого периода времени или в зонде

с очень маленьким кончиком. В такой ситуации большой ток, например, 5 ампер, 10 ампер или даже 15 ампер, может быть обеспечиваться в течение очень короткого периода времени [например, менее секунды, альтернативно менее 0,1 секунды или даже менее 1 миллисекунды (0,001 секунды)]. В рамках настоящего изобретения, хотя и можно измерить большой ток, время доставки для такого тока достаточно короткое, так что общая переданная энергия очень мала и недостаточна для образования достаточного количества тепла, чтобы вызвать событие теплового разгона в целевом аккумуляторном элементе. Например, известно, что короткое замыкание в элементе с традиционной архитектурой генерировало 10 ампер в течение 30 секунд при напряжении 4,2 вольт, в результате чего было доставлено 1200 джоулей энергии в небольшую локальную область внутри такого аккумулятора. Это результирующее измерение может повысить температуру 1-граммовой секции исследуемого аккумулятора примерно на 300°C, т.е. до температуры, достаточно высокой для того, чтобы не только расплавить материал обычного сепаратора, присутствующий в нем, но и также привести весь элемент в состояние теплового разгона (что, как отмечено выше, может вызывать вышеупомянутое негативное влияние на материалы электролита, присутствующие в нем, и потенциальное разрушение не только рассматриваемого аккумулятора, но и устройства/приспособления, в котором он находится, а также окружающего пространства). Таким образом, несомненно, именно возможность сокращения продолжительности короткого замыкания, а также результирующих уровней доставляемой энергии, связанных с таким коротким замыканием, до низкого измеряемого уровня джоулей, может позволить избежать, если не предотвратить полностью, тепловой разгон (и связанную с ним потенциальную катастрофу). Например, уменьшение времени пребывания токоприемника в состоянии короткого замыкания до 1 миллисекунды или менее может впоследствии уменьшить количество доставляемой энергии до 0,04 джоулей (в отличие от отмеченных выше 1200 джоулей, которые приводят к чрезмерным 300

градусам Цельсия или более, например, в пределах 1-граммовой локальной области рассматриваемого аккумулятора). Таким образом, такой низкий уровень вызовет повышение температуры только на $0,01^{\circ}\text{C}$ в пределах такой 1-граммовой локальной области аккумулятора, тем самым предотвращая тепловой разгон в целевом элементе и, следовательно, в аккумуляторе в целом.

[028] Таким образом, еще одно существенное преимущество настоящего изобретения состоит в обеспечении аккумулятора токоприемником, который резко ограничивает время доставки уровня тока, подаваемого на целевую поверхность токоприемника через кончик зонда (для контролируемой имитации эффекта внутреннего производственного дефекта, дендрита или внешнего события, которое вызывает внутреннее короткое замыкание в рассматриваемом аккумуляторе), до менее 1 секунды, предпочтительно менее $0,01$ секунды, более предпочтительно менее 1 миллисекунды и наиболее предпочтительно, возможно, даже менее 100 микросекунд, особенно для гораздо больших токов. Конечно, такой ток будет ограничен внутренним напряжением элемента, которое может составлять 5,0 В, 4,5 В, 4,2 В или даже менее, например, 4,0 В или 3,8 В, но минимум 2,0 В.

[029] Такой новый компонент токоприемника фактически противоречит тем, которые обычно используются и встречаются сегодня в литиевых (и других типах) аккумуляторах и устройствах хранения энергии. Стандартные токоприемники представляют собой проводящие металлические структуры, такие как алюминиевые и/или медные панели с толщинами, которые, как считается, обеспечивают некоторый тип защиты всей структуры аккумулятора и т.д. Эти типичные структуры токоприемников спроектированы так, чтобы обеспечивать максимально возможную электрическую проводимость с учетом ограничений по весу и пространству. Однако похоже, что такое убеждение на самом деле было сформулировано ошибочно, в частности, потому что толстые панели,

преобладающие в современных устройствах хранения энергии, на самом деле не только будут образовывать дугу при коротком замыкании, но и будут вносить значительный вклад в неуправляемое повышение температуры, если когда-либо возникнет такая ситуация. Такое короткое замыкание может быть вызвано, например, дендритным образованием внутри сепаратора. Такой дефект (образованный во время производства или вызванный в результате длительной эксплуатации и, следовательно, потенциальной деградации) может привести к неожиданному переходу напряжения от анода к катоду, тем самым создавая увеличение тока и, следовательно, температуры в месте, где это происходит. Действительно, одним потенциальным источником вызывающего короткое замыкание дефекта являются заусенцы, которые образуются на краях этих толстых типичных токоприемников, когда они разрезаются или режутся изношенными лезвиями во время повторяющихся процессов производства множества изделий (что является обычным явлением в наше время). Однако неоднократно рассмотрено и изучено, что стандартные материалы токоприемников попросту имеют склонность к искрообразованию и допускают повышение температуры, а также позволяют току, присутствующему во время такого явления, проходить через устройство, тем самым обеспечивая неограниченную генерацию и движение и исключая возможность предотвращения повышения уровня тока и, следовательно, температуры. Эта проблема приводит непосредственно к неуправляемым высокотемпературным результатам; в отсутствие каких-либо внутренних средств предотвращения такой ситуации, как правило, неминуема вероятность возникновения возгорания и, в конечном итоге, сожжения и разрушения устройства. Кроме того, путь тока (направление заряда) в стандартном токоприемнике остается довольно статичным как до, так и во время события короткого замыкания, в основном демонстрируя такое же потенциальное движение электрического заряда, как и ожидалось при движении от катода к аноду, а затем горизонтально вдоль токоприемника в определенном направлении. Однако при коротком

замыкании этот путь тока не может предотвратить или, по меньшей мере, ограничить или задержать такое движение заряда, обеспечивая, другими словами, безудержную быструю разрядку во всем аккумуляторе. В сочетании с высокой температурой, связанной с такой быстрой разрядкой, возникают отмеченные выше катастрофические проблемы (возгорания, взрывы и т.д.).

[030] В отличие от этого, что, опять же, в высшей степени неожиданно и нелогично для типичных структур и конфигураций литиевых аккумуляторов, по меньшей мере, использование токоприемника по настоящему изобретению приводит к измерению чрезвычайно высокой плотности тока (из-за уменьшенной толщины проводящего элемента) и предотвращению движения заряда (например, отсутствию направления заряда) в случае короткого замыкания. Другими словами, с конкретными конструктивными ограничениями, присущими раскрытому в настоящем документе компоненту токоприемника, плотность тока увеличивается до такой степени, что уровень сопротивления вызывает чрезвычайно высокую, но сдерживаемую высокую температуру, связанную с коротким замыканием. Таким образом, этот уровень сопротивления побуждает проводящий материал (такой как алюминий и/или медь, приведенные лишь в качестве примера) принимать заряд короткого замыкания, но вследствие структурного образования, раскрытого в настоящем документе, проводящий материал немедленно реагирует на такую высокую температуру, локализованный заряд. В сочетании с другими структурными особенностями такого компонента токоприемника, а именно фактическим отсутствием размерно-устойчивого полимерного материала, контактирующего с таким слоем проводящего материала, проводящий материал мгновенно окисляется в точке заряда на нем, оставляя, например, оксид алюминия или меди, оба из которых являются непроводящими материалами. При таком мгновенном образовании непроводящего материала заряд короткого замыкания, по-видимому,

рассеивается, поскольку нет направления для его движения. Таким образом, благодаря только что описанному токоприемнику возникновение внутреннего короткого замыкания приводит к немедленному прекращению тока, эффективно используя непосредственный результат высокой температуры от такого короткого замыкания для создания барьера для дальнейшего движения заряда. По существу, отсутствие дополнительного тока во всем корпусе устройства хранения энергии (разумеется, в условиях короткого замыкания) заглушает такое нежелательное событие до такой степени, что короткое замыкание полностью устраняется, вследствие чего исключается появление неуправляемого тока или высокой температуры, и, что, возможно, важнее всего, токоприемник остается пригодным для своих первоначальных и защитных целей, поскольку присутствующий в этот момент локализованный непроводящий материал не вызывает какого-либо заметного уменьшения протекания тока, когда устройство хранения энергии (аккумулятор и т.д.) работает по назначению. Кроме того, относительно небольшая площадь образования непроводящего материала оставляет значительную площадь поверхности и т.д. на токоприемнике для дальнейшего использования без какой-либо необходимости в ремонте, замене или других корректирующих действиях. Необходимо обеспечивать такую ситуацию, которая, конечно, не всегда возникает, но в отсутствие только что раскрытых определенных мер предосторожности и исправлений вероятность такого события высокотемпературного воздействия и разрушения фактически остается намного выше, чем обычно приемлемо. Таким образом, весь токоприемник из-за его нестабильности в условиях короткого замыкания становится двумерным электрическим предохранителем, предотвращающим потенциально опасные высокие токи, связанные с короткими замыканиями, за счет использования мгновенного эффекта этого высокого тока для нарушения способности токоприемника проводить ток в точке короткого замыкания.

[031] Такие преимущества обеспечиваются в отношении такого нового токоприемника, который может быть получен посредством ряда разных альтернатив с достижением аналогичных конечных результатов. В любой из этих альтернативных конфигураций такой токоприемник, как описано в настоящем документе, как будто бы функционирует как внутренний предохранитель в целевом устройстве хранения энергии (например, литиевом аккумуляторе, конденсаторе и т.д.). Однако в каждом примере (альтернативе) имеется токоприемник, включающий в себя полимерный слой, который металлизирован с одной или обеих его сторон, при этом по меньшей мере одна металлизированная сторона контактирует с анодом или катодом целевого устройства хранения энергии. Тогда одна альтернатива состоит в том, что общая толщина всей металлизированной (покрытой) полимерной подложки токоприемника составляет менее 20 микрон, возможно, предпочтительно менее 15 микрон и, возможно, более предпочтительно менее 10 микрон, в каждом случае с измеряемым сопротивлением менее 1 Ом/квadrat, возможно, предпочтительно менее 0,1 Ом/квadrat и, возможно, более предпочтительно менее 50 Ом/квadrat. Типичные токоприемники могут обладать этими характеристиками, но имеют гораздо больший вес, чем те, которые изготовлены с армирующими полимерными подложками, и не обладают преимуществами безопасности, присущими раскрытому в настоящем документе варианту. Например, медная фольга толщиной 10 микрон может весить 90 г/м². Однако покрытая медью фольга может весить всего 50 г/м² или даже 30 г/м², или даже менее 20 г/м², при этом в каждом случае обеспечивая адекватные электрические характеристики, необходимые для функционирования элемента. В этой альтернативной структуре, однако, очень тонкий компонент также обеспечивает воздействие короткого замыкания на металлическое покрытие и в зависимости от общих уровней сопротивления генерирование при чрезмерно высокой температуре, вызванной всплеском тока во время такого короткого замыкания, локализованной области оксида металла, которая немедленно предотвращает

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ
(для выделенной заявки)

1. Способ передачи энергии, генерируемой в литий-ионном аккумуляторном устройстве через структуру с язычками во внешнее место, включающий этапы:

- i. а) обеспечения устройства хранения энергии, содержащего анод, катод, по меньшей мере один сепаратор, присутствующий между анодом и катодом, по меньшей мере один жидкий электролит, по меньшей мере один тонкопленочный токоприемник, контактирующий по меньшей мере с одним из анода и катода, и по меньшей мере один язычок, прикрепленный к указанному по меньшей мере одному тонкопленочному токоприемнику, при этом
 - b) язычок прикреплен к указанному токоприемнику с помощью соединительного средства;
 - c) соединительное средство имеет электрический контакт с открытой поверхностью язычка и тонкопленочного токоприемника;
 - d) либо анод, либо катод помещен между по меньшей мере частью тонкопленочного токоприемника и сепаратором;
 - e) указанный токоприемник содержит проводящий материал, нанесенный на подложку из непроводящего материала;
 - f) указанный токоприемник перестает проводить в точке контакта короткого замыкания при рабочем напряжении устройства хранения энергии; и
 - g) указанное напряжение составляет по меньшей мере 2,0 вольт;
- ii) генерирования энергии в устройстве хранения энергии; и
- iii) передачи указанной энергии, генерируемой в устройстве хранения энергии, наружу через по меньшей мере один язычок, прикрепленный к по меньшей мере одному тонкопленочному токоприемнику устройства хранения энергии.

2. Способ по п.1, в котором соединительное средство на этапе i.b) выбирают из группы, состоящей из сварных швов, ленты, скоб, промежуточных металлических полос, z-образно сложенных металлических полос, проводящих клеев и зажимов.

3. Способ по п.2, в котором соединительное средство состоит из 2-50 соединений, распределенных по токоприемнику так, чтобы обеспечивать равномерное протекание тока от электродных материалов к язычку.

4. Способ по п.1, в котором указанный токоприемник складывают так, чтобы обеспечивать непосредственный контакт между противоположными сторонами токоприемника.

5. Способ по п.1, в котором сепаратор выполняют из полимера, нетканого материала, ткани или керамики.

6. Способ по п.1, в котором подложку из непроводящего материала выполняют из полимерной пленки.

7. Способ по п.1, в котором по меньшей мере один жидкий электролит выполняют из воспламеняющегося органического электролита.