



(51) МПК

A61F 2/14 (2006.01)

H01M 10/62 (2014.01)

H01M 10/26 (2006.01)

H01M 2/02 (2006.01)

H02J 7/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61F 2/14 (2018.08); H01M 10/62 (2018.08); H01M 10/26 (2018.08); H01M 2/02 (2018.08); H02J 7/00 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2015135169, 19.08.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.08.2015

Дата регистрации:  
20.12.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
21.08.2014 US 62/040,178;  
17.08.2015 US 14/827,589

(43) Дата публикации заявки: 27.02.2017 Бюл. №  
6

(45) Опубликовано: 20.12.2018 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ФЛИТШ Фредерик А. (US),  
ОТТС Дэниел Б. (US),  
ПЬЮ Рэндалл Б. (US),  
РАЙЕЛЛ Джеймс Дэниел (US),  
ТОНЕР Адам (US)

(73) Патентообладатель(и):

ДЖОНСОН ЭНД ДЖОНСОН ВИЖН  
КЭА, ИНК. (US)

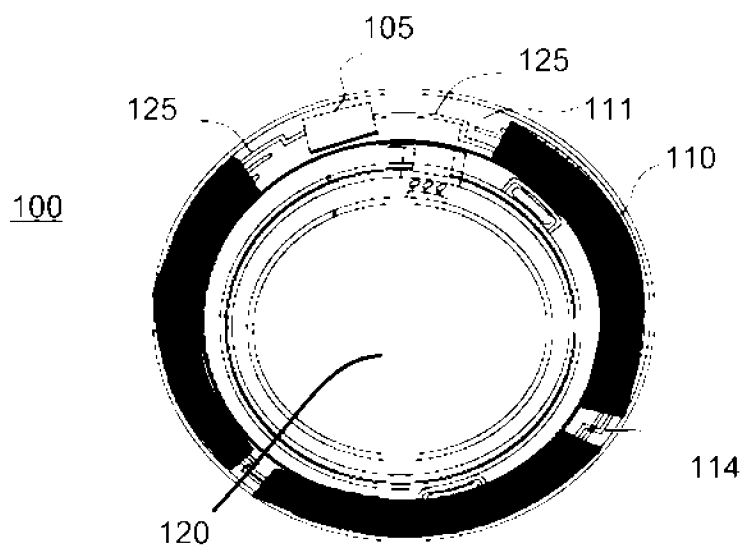
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: EP 2631962 A1, 28.08.2013. WO  
2010051203 A1, 06.05.2010. US 2012107666 A1,  
03.05.2012. CN 203300756 U, 20.11.2013. RU  
78007 U1, 10.11.2008. JP 2002093385 A,  
29.03.2002. RU 2126193 C1, 10.02.1999.

## (54) БИОЛОГИЧЕСКАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ БИОМЕДИЦИНСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и медицины, а именно к биомедицинскому устройству с биосовместимой батареей и к способам улучшения биосовместимости в биосовместимой батарее, и может быть использовано, например, при изготовлении контактной линзы. Повышение безопасности биосовместимых батарей за счет подбора катодного материала и состава раствора электролита, а также выполнения герметичной оболочки, применяемой для отделения устройства

от окружающей среды, является техническим результатом изобретения. Предложенное биосовместимое устройство включает биосовместимую батарею, выполненную в виде слоистой структуры, с полостью, заполненной электролитом, содержащим 10% или менее раствора ZnCl<sub>2</sub>. Суммарная толщина слоистой структуры биосовместимой батареи составляет около 500 микрон. 5 н. и 15 з.п. ф-лы, 1 табл., 55 ил.



ФИГ. 1А



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*A61F 2/14* (2006.01)*H01M 10/62* (2014.01)*H01M 10/26* (2006.01)*H01M 2/02* (2006.01)*H02J 7/00* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*A61F 2/14* (2018.08); *H01M 10/62* (2018.08); *H01M 10/26* (2018.08); *H01M 2/02* (2018.08); *H02J 7/00* (2018.08)

(21)(22) Application: **2015135169, 19.08.2015**

(24) Effective date for property rights:  
**19.08.2015**

Registration date:  
**20.12.2018**

Priority:

(30) Convention priority:  
**21.08.2014 US 62/040,178;**  
**17.08.2015 US 14/827,589**

(43) Application published: **27.02.2017** Bull. № 6(45) Date of publication: **20.12.2018** Bull. № 35

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO**  
**"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**FLITSH Frederik A. (US),**  
**OTTS Deniel B. (US),**  
**PYU Rendall B. (US),**  
**RAJELL Dzhejms Deniel (US),**  
**TONER Adam (US)**

(73) Proprietor(s):

**DZHONSON END DZHONSON VIZHN KEA,**  
**INK. (US)**

(54) **BIOLOGICAL COMPATIBILITY OF BIOMEDICAL ENERGISATION ELEMENTS**

(57) Abstract:

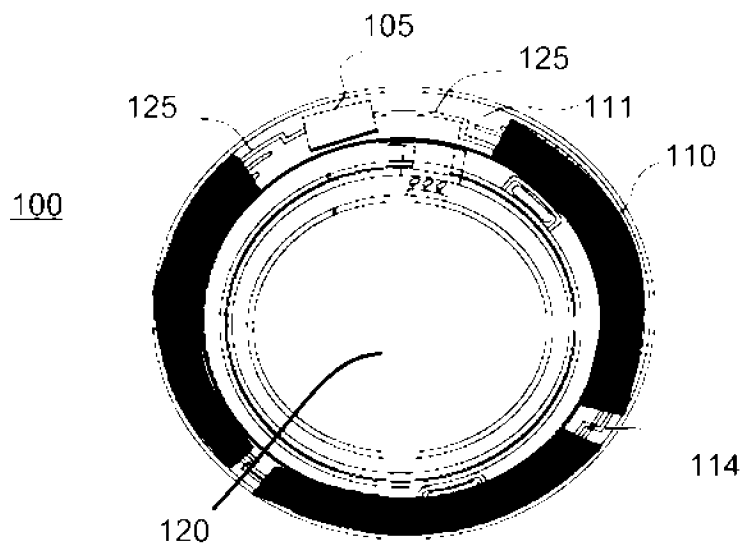
FIELD: medicine; electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the field of electrical engineering and medicine, specifically to a biomedical device with a biocompatible battery and to methods for improving biocompatibility in a biocompatible battery, and can be used, for example, in the manufacture of contact lenses. Disclosed biocompatible device includes a biocompatible battery, made in the form of a layered structure, with a cavity

filled with an electrolyte containing 10 % or less of  $\text{ZnCl}_2$  solution. Total thickness of the layered structure of the biocompatible battery is about 500 microns.

EFFECT: improving the safety of biocompatible batteries due to the choice of cathode material and the composition of the electrolyte solution, as well as the design of a sealed shell used to separate the device from the environment.

20 cl, 1 tbl, 55 dwg



ФИГ. 1А

## ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

Настоящая заявка на патент испрашивает преимущество по предварительной заявке на патент США № 62/040178, поданной 21 августа 2014 г.

## ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

### 1. Область применения изобретения

Описаны конфигурации и методы для улучшения аспектов биосовместимости батарей. В некоторых примерах область применения биосовместимых батарей может включать любое биосовместимое устройство или продукт, для которых необходимы элементы питания.

### 2. Описание области техники

В последнее время число медицинских устройств и их функциональных возможностей быстро растет. Эти медицинские устройства могут включать, например, имплантируемые кардиостимуляторы, электронные таблетки для мониторинга и/или тестирования биологической функции, хирургические устройства с активными компонентами, контактные линзы, инфузионные дозаторы и нейростимуляторы. Теоретизируются и разрабатываются дополнительные функции и повышение эффективности многих из указанных выше медицинских устройств. Однако для того, чтобы обеспечить теоретический уровень дополнительных функций, многие из этих устройств в настоящее время нуждаются в автономных средствах питания, которые соответствуют требованиям к размеру и форме этих устройств, а также потребностям в энергоснабжении новых компонентов с энергообеспечением.

Некоторые медицинские устройства могут включать такие электрические компоненты, как полупроводниковые устройства, которые выполняют разнообразные функции и могут быть встроены во множество биосовместимых и/или имплантируемых устройств.

Однако такие полупроводниковые компоненты нуждаются в энергоснабжении, а потому в такие биосовместимые устройства также предпочтительно должны быть включены элементы питания. Топология и относительно небольшой размер биосовместимых устройств могут создавать сложные условия для определения различных функциональных возможностей. Во многих примерах важным может оказаться требование обеспечить безопасные, надежные, компактные и экономичные средства питания полупроводниковых компонентов внутри биосовместимых устройств. Следовательно, существует потребность в биосовместимых элементах питания, предназначенных для размещения в биосовместимых устройствах или на них, причем конструкция элементов питания миллиметрового или меньшего размера обеспечивает расширенные функциональные возможности элементов питания при соблюдении биосовместимости.

Один такой элемент питания, используемый для электропитания устройства, может представлять собой батарею. При использовании батареи в устройствах биомедицинского типа может быть важным, чтобы структура и конфигурация батареи учитывали аспекты биосовместимости. Следовательно, существует потребность в новых примерах формирования биосовместимых батарей, предназначенных для применения в биосовместимых элементах питания.

## ИЗЛОЖЕНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Соответственно, были раскрыты относящиеся к биосовместимости стратегии и конфигурации для применения в биосовместимых элементах питания.

Один общий аспект включает биомедицинское устройство, включающее электроактивный компонент, биосовместимую батарею и инкапсулирующий слой. Биосовместимая батарея в этом аспекте включает слоистую структуру, где по меньшей

мере в одном слое слоистой структуры удален некоторый объем материала с образованием полости. Инкапсулирующий слой может содержать гидрогель, который может инкапсулировать по меньшей мере электроактивный компонент и биосовместимую батарею. В некоторых примерах инкапсулирующий слой гидрогеля применяется для определения юбки контактной линзы, окружающей внутренние компоненты электроактивной линзы с биосовместимым слоем гидрогеля, который взаимодействует с поверхностью глаза пользователя. В некоторых примерах природа электролитного раствора обеспечивает улучшения в биосовместимости биомедицинского устройства. Например, композиция электролитного раствора может иметь более низкую концентрацию электролитов, чем обычные композиции батарей. В других примерах композиция электролитов может имитировать биологическую среду, в которой находится биомедицинское устройство, например, композиция слезной жидкости является не имеющим ограничительного характера примером.

В другом типе улучшения биосовместимости, форм-фактор батареи и всего биомедицинского устройства может быть сжат до очень малых пределов. Например, толщина батареи или общая толщина биомедицинского устройства вдоль измерения может быть менее 1 мм. В некоторых примерах, толщина батареи или общая толщина биомедицинского устройства вдоль измерения или вдоль протяженности устройства может быть менее 500 микрон или менее 250 микрон.

Другой общий аспект включает метод улучшения биосовместимости в батарее, включающий приготовление электролитного раствора; где электролитный раствор включает соль цинка в концентрации менее чем примерный эквивалент 10 процентов по весу; получение слоя слоистой структуры; удаление определенного объема материала из слоя слоистой структуры, где удаление определенного объема из слоя слоистой структуры формирует по меньшей мере часть полости; и добавление электролитного раствора, разделителя, анода, анодного коллектора тока, катода и катодного коллектора тока, для формирования биосовместимой батареи.

Один общий аспект включает метод улучшения биосовместимости в батарее, включающий приготовление электролитного раствора; где электролитный раствор включает упаковочный раствор контактной линзы; получение слоя слоистой структуры; удаление определенного объема материала из слоя слоистой структуры, где удаление определенного объема из слоя слоистой структуры формирует по меньшей мере часть полости; и добавление электролитного раствора, разделителя, анода, анодного коллектора тока, катода и катодного коллектора тока, для формирования слоистой структуры.

Другой общий аспект включает метод улучшения биосовместимости контактной линзы, включающий: приготовление электролитного раствора; где электролитный раствор включает упаковочный раствор контактной линзы; получение слоя слоистой структуры; удаление определенного объема материала из слоя слоистой структуры, где удаление определенного объема из слоя слоистой структуры формирует по меньшей мере первую часть полости; добавление электролитного раствора, разделителя, анода, анодного коллектора тока, катода и катодного коллектора тока, для формирования слоистой структуры; формирование уплотнителя первого охватывающего слоя до второго охватывающего слоя, где первый охватывающий слой и второй охватывающий слой окружают по меньшей мере вторую часть слоистой структуры; соединение анодного коллектора тока с электроактивным устройством; соединение катодного коллектора тока с электроактивным устройством; и инкапсулирование слоистой структуры и электроактивного устройства в гидрогель для формирования

офтальмологического устройства.

Один общий аспект включает метод улучшения биосовместимости контактной линзы, включающий: приготовление электролитного раствора; получение слоя слоистой структуры; удаление определенного объема материала из слоя слоистой структуры, где удаление определенного объема из слоя слоистой структуры формирует по меньшей мере первую часть полости; добавление электролитного раствора, разделителя, анода, анодного коллектора тока, катода и катодного коллектора тока, для формирования слоистой структуры; формирование уплотнителя первого охватывающего слоя до второго охватывающего слоя, где первый охватывающий слой и второй охватывающий слой окружают по меньшей мере вторую часть слоистой структуры; соединение анодного коллектора тока с электроактивным устройством; соединение катодного коллектора тока с электроактивным устройством; и инкапсулирование слоистой структуры и электроактивного устройства в гидрогель для формирования офтальмологического устройства.

В некоторых примерах биосовместимая батарея также включает герметичную инкапсуляцию слоистой структуры, где герметичная инкапсуляция улучшает биосовместимость биомедицинского устройства путем уменьшения эффузии электролита во внешнюю среду. Также биомедицинское устройство может включать герметичную инкапсуляцию слоистой структуры, где герметичная инкапсуляция улучшает биосовместимость биомедицинского устройства путем уменьшения эффузии воды во внутреннюю среду биосовместимой батареи.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Вышеизложенные и прочие элементы и преимущества настоящего изобретения станут понятны после следующего, более подробного описания предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения, показанных на прилагаемых чертежах.

На фиг. 1A-1D показаны примеры аспектов биосовместимых элементов питания, соответствующие некоторым примерам использования контактных линз.

На фиг. 2 показаны примеры форм и размеров отдельных элементов примера конфигурации батареи.

На фиг. 3A показан первый независимый герметизированный биосовместимый элемент питания с примером расположения анодного и катодного контактов.

На фиг. 3B показан второй независимый герметизированный биосовместимый элемент питания с примером расположения анодного и катодного контактов.

На фиг. 4A-4N показаны примеры стадий способа изготовления биосовместимых элементов питания для биомедицинских устройств.

На фиг. 5 показан пример полностью готового биосовместимого элемента питания.

На фиг. 6A-6F показаны примеры стадий способа изготовления конструкции биосовместимых элементов питания.

На фиг. 7A-7F показаны примеры стадий способа изготовления конструкции биосовместимых элементов питания с альтернативным способом электроосаждения.

На фиг. 8A-8H показаны примеры стадий способа изготовления биосовместимых элементов питания с гидрогелевым разделителем для биомедицинских устройств.

На фиг. 9A-C показаны примеры стадий способа формирования конструкции биосовместимых элементов питания с использованием альтернативных примеров обработки гидрогеля.

На фиг. 10A-10F показано оптимизированное и неоптимизированное нанесение катодной смеси в полость.

На фиг. 11 показано агломерирование катодной смеси в полости.

На фиг. 12А-12С показаны примеры герметизирующих и инкапсулирующих аспектов конфигурации биосовместимой батареи.

## ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В настоящей заявке раскрыты методы улучшения биосовместимости батарей. В  
5 следующих разделах приведены подробные описания различных примеров. Описания примеров представляют собой только примеры осуществления, и специалистам в данной области могут быть понятны различные модификации и изменения. Поэтому примеры не ограничивают объем настоящей заявки. Методы улучшения биосовместимости и  
10 структуры, относящиеся к ним, могут быть сконфигурированы для применения в батареях. В некоторых вариантах осуществления данные биосовместимые батареи могут быть выполнены с возможностью применения внутри или вблизи тела живого организма.

### Определения

В описании и представленной ниже формуле изобретения могут применяться  
15 различные термины, для которых применяются следующие определения.

В настоящем документе термин «анод» относится к электроду, через который электрический ток втекает в поляризованное электрическое устройство. Направление электрического тока, как правило, противоположно направлению потока электронов. Иными словами, электроны текут из анода, например, в электрическую схему.

20 Используемый в настоящем документе термин «связующее» относится к полимеру, который способен проявлять упругие свойства под воздействием механической деформации и который химически совместим с другими компонентами элементов питания. Например, связующие вещества могут включать электроактивные материалы, электролиты, полимеры и т. п.

25 В настоящем документе термин «биосовместимый» относится к материалу или устройству, которое функционирует в конкретном приложении при соответствующем отклике носителя. Например, биосовместимое устройство не оказывает токсических или травмирующих воздействий на биологические системы.

В настоящем документе термин «катод» относится к электроду, через который  
30 электрический ток вытекает из поляризованного электрического устройства. Направление электрического тока, как правило, противоположно направлению потока электронов. Поэтому поток электронов поступает в катод поляризованного электрического устройства и вытекает, например, из подключенной электрической схемы.

35 В настоящем документе термин «покрытие» относится к нанесению материала тонким слоем. В ряде применений этот термин будет относиться к тонкому слою, который по существу покрывает поверхность подложки, на которой формируется покрытие. В других более специализированных применениях этот термин может применяться для описания небольших тонких слоев на меньших областях поверхности.

40 В настоящем документе термин «электрод» может относиться к активной массе в источнике энергии. Например, он может включать один или оба из анода и катода.

В настоящем документе термин «с энергообеспечением» относится к состоянию способности подачи электрического тока или хранения электрической энергии внутри.

В настоящем документе термин «энергия» относится к способности физической  
45 системы выполнять работу. Многие варианты применения элементов питания могут относиться к способности выполнять электрические действия.

В настоящем документе термин «источник энергии», или «элемент питания», или «устройство с энергообеспечением» относится к любому устройству или слою, который

способен снабжать энергией или переводить логическое или электрическое устройство в состояние с энергообеспечением. Элементы питания могут включать батареи. Батареи могут быть изготовлены из гальванических элементов щелочного типа и могут представлять собой твердотельные батареи или батареи жидкостных элементов.

5 В настоящем документе термин «наполнители» относится к одному или более разделителям элементов питания, которые не взаимодействуют ни с кислотными, ни с щелочными электролитами. В целом наполнители могут включать по существу не растворимые в воде материалы, такие как сажа; угольную пыль; графит; окиси и гидроксиды металлов, как например, кремния, алюминия, кальция, магния, бария, 10 титана, железа, цинка и олова; карбонаты металлов, как например, кальция и магния; минералы, такие как слюда, монтмориллонит, каолинит, аттапульгит и тальк; синтетические и природные цеолиты, такие как портландцемент; осажденные силикаты металлов, такие как силикат кальция; полые или сплошные полимерные или стеклянные микросферы, хлопья и волокна и т. п.

15 В настоящем документе термин «функционализированный» относится к получению слоя или устройства, способного выполнять некоторую функцию, включая, например, энергообеспечение, активацию и/или управление.

В настоящем документе термин «форма для литья» относится к жесткому или полужесткому объекту, который можно применять для формирования трехмерных 20 объектов из неполимеризованных составов. Некоторые примеры форм для литья включают две части формы для литья, которые при соединении друг с другом образуют конструкцию трехмерного объекта.

В настоящем документе термин «мощность» относится к выполняемой работе или энергии, передаваемой за единицу времени.

25 В настоящем документе термины «перезаряжаемый» или «повторно подключаемый к источнику питания» относятся к возможности восстановления до состояния с более высокой способностью выполнять работу. Во многих случаях эти термины могут относиться к возможности восстановления со способностью обеспечивать электрический ток определенной величины в течение определенных, периодически повторяющихся 30 промежутков времени.

В настоящем документе термины «перезаряжать» или «повторно подключать к источнику питания» относятся к восстановлению до состояния повышенной способности выполнять работу. Во многих случаях эти термины могут относиться к возможности восстановления устройства до способности обеспечивать электрический ток 35 определенной величины в течение определенных, периодически повторяющихся промежутков времени.

В настоящем документе термин «высвобожденный», или иногда «высвобожденный из формы для литья», означает, что трехмерный объект либо полностью отделен от формы для литья, либо лишь слабо прикреплен к форме для литья, так что может быть 40 извлечен легким встряхиванием.

В настоящем документе термин «наложенный» означает размещение по меньшей мере двух слоев компонента вблизи друг друга таким образом, что по меньшей мере часть одной поверхности одного из слоев контактирует с первой поверхностью второго слоя. В некоторых примерах между двумя слоями может находиться покрытие, 45 обеспечивающее сцепление или иные функции, так что слои контактируют друг с другом через указанное покрытие.

В настоящем документе термин «дорожки» относится к компонентам элементов питания, способным соединять вместе компоненты схемы. Например, дорожки схемы

могут включать медь или золото, если подложка представляет собой печатную плату, и, как правило, могут представлять собой пленку из меди, золота или позитивную пленку в гибкой схеме. Токоотвод представляет собой «дорожку» особого типа.

Токоъемники являются дорожками, обладающими электрохимической совместимостью, которая делает токоъемники пригодными для использования при движении электронов между анодом и катодом в присутствии электролита.

Представленные в настоящем документе способы и устройство относятся к изготовлению биосовместимых элементов питания для включения внутрь или нанесения на поверхность плоских или трехмерных биосовместимых устройств. К особому классу элементов питания могут относиться батареи, составленные из слоев. Эти слои можно классифицировать как ламинатные слои. Батарею, изготовленную таким образом, можно классифицировать как слоистую батарею.

Могут быть и другие примеры способов сборки и изготовления батарей в соответствии с настоящим описанием, и некоторые из них могут быть описаны в следующих разделах. Тем не менее для многих из этих примеров существуют выбранные параметры и характеристики батарей, которые могут быть описаны отдельно. В следующих разделах будет уделено внимание некоторым характеристикам и параметрам.

Пример конструкции биомедицинского устройства с биосовместимыми элементами питания

Одним из примеров биомедицинского устройства, в которое могут быть встроены элементы питания, или батареи, согласно настоящему описанию, могут быть электроактивные контактные линзы с переменным фокусом. На фиг. 1А в качестве примера вставки такой контактной линзы показана вставка 100 контактной линзы. Во вставке 100 контактной линзы может находиться электроактивный элемент 120, который может изменять фокусные характеристики в соответствии с управляющими сигналами напряжения. Схема 105 для обеспечения этих управляющих сигналов напряжения, а также для обеспечения других функций, таких как датчик, контролирующий условия окружающей среды для внешних контрольных сигналов, может получать электропитание от биосовместимого элемента 110 батареи. Как показано на фиг. 1А, элемент 110 батареи может состоять из множества крупных деталей, в данном случае трех деталей, и может включать химические элементы батареи различной конфигурации, как описано в настоящем документе. Элементы 110 батареи могут иметь различные соединительные элементы для соединения деталей, как показано на рисунке, лежащих ниже области соединения 114. Элементы 110 батареи могут быть подключены к элементу схемы, который может иметь собственную подложку 111, на которой могут быть размещены соединительные элементы 125. Схема 105, которая может быть в форме интегральной схемы, может иметь электрическую и физическую связь с подложкой 111 и ее соединительными элементами 125.

На фиг. 1В показано, что рельеф в поперечном сечении контактной линзы 150 может содержать вставку 100 контактной линзы и ее описанные выше компоненты. Вставка 100 контактной линзы может быть заключена в гидрогелевый край 155 контактной линзы, который может вмещать вставку 100 контактной линзы и обеспечивать комфортное взаимодействие контактной линзы 150 с глазом пользователя.

Что касается концепций настоящего изобретения, аккумуляторные элементы могут иметь двухмерную форму, представленную на фиг. 1С. В этом отображении может быть две основные области элементов батареи в областях компонента 165 батареи и второй компонент батареи в области химического элемента 160 батареи. Элементы батареи, показанные в плоском виде на фиг. 1С, могут быть подключены к элементу

163 схемы, который в примере, показанном на фиг. 1С, может содержать две основные зоны 167 схемы. Элемент 163 схемы может быть подключен к элементу батареи электрическим контактом 161 и физическим контактом 162. Плоская структура может быть преобразована в трехмерную коническую структуру, которая была описана в соответствии с настоящим изобретением. В этом способе второй электрический контакт 166 и второй физический контакт 164 можно применять для подключения и физической стабилизации трехмерной конструкции. На фиг. 1D представлена эта трехмерная коническая структура 180. Также можно увидеть физические и электрические контактные клеммы 181, и иллюстрацию можно рассматривать как трехмерный вид итоговой конструкции. Эта конструкция может содержать модульный электрический компонент и компонент батареи, которые вместе со вставкой для линзы будут встроены в биосовместимое устройство.

#### Сегментные структуры батареи

На фиг. 2 показаны примеры разных типов сегментных структур батареи для примера элемента батареи для типового примера контактной линзы. Сегментные компоненты могут быть относительно округлыми 271, квадратными 272 или прямоугольными по форме. В примерах прямоугольных форм прямоугольники могут быть небольшими прямоугольными формами 273, более крупными прямоугольными формами 274 или еще более крупными прямоугольными формами 275.

#### Индивидуальные формы плоских элементов батареи

В некоторых примерах биосовместимых батарей батареи могут быть изготовлены в виде плоских элементов. На фиг. 3А показан пример прямоугольного контура 310 элемента батареи с анодным контактом 311 и катодным контактом 312. На фиг. 3В показан пример кругового контура 330 элемента батареи с анодным контактом 331 и катодным контактом 332.

В некоторых примерах батарей плоской формы контуры формы батареи можно по размерам и геометрии выполнить с возможностью соответствия индивидуальным продуктам. В дополнение к примерам с прямоугольными или округлыми контурами можно изготавливать индивидуальные контуры «свободной формы» или «произвольной формы», что может позволить оптимизировать конфигурацию батареи для соответствия конкретному продукту.

В типовом случае биомедицинского устройства с изменяемыми оптическими свойствами плоский контур свободной формы может быть дугообразным по форме. Свободная форма может быть такой геометрии, что при изготовлении трехмерной формы она может принимать форму конической кольцевой юбки, которая соответствует ограничивающим пределам контактной линзы. Очевидно, что аналогичные эффективные геометрии можно изготавливать в случае медицинских устройств, имеющих ограничивающие требования к двухмерной или трехмерной форме.

#### Требования по электропитанию микробатарей

Еще одна область конструктивных соображений может затрагивать требования по электропитанию устройства, которое может обеспечиваться аккумулятором. Для функционирования в качестве источника питания для медицинского устройства соответствующей батарее может потребоваться полностью удовлетворять требованиям по электропитанию системы при эксплуатации в автономном режиме или без внешних источников питания. Новая область биомедицинских устройств, работающих автономно или без внешних источников питания, может включать, например, контактные линзы для коррекции зрения, устройства для контроля за состоянием здоровья, камеры-таблетки и другие новые устройства. Последние разработки в области технологии

интегральных схем (ИС) могут позволять эксплуатировать электрические устройства при очень низких уровнях тока, например, на уровне пикоампер для тока холостого хода и на уровне микроампер для рабочего тока. ИС могут позволить также значительно уменьшить размеры устройств.

5 Микробатареям для биомедицинских сфер применения может быть необходимо одновременно удовлетворять ряду сложных требований. Например, от микробатарей может требоваться наличие возможности обеспечивать подходящее рабочее напряжение для встроенных электрических схем. Это рабочее напряжение может зависеть от  
10 нескольких факторов, включая функциональный «узел» ИС, выходное напряжение со схемы на другое устройство, а также конкретный целевой показатель по потребляемому току, который также может относиться к расчетному сроку службы устройства.

С точки зрения функции ИС, узлы, как правило, могут различаться по минимальному размеру элемента транзистора, такому как так называемая «ширина линии». Этот физический элемент, наряду с другими параметрами производства ИС, такими как  
15 толщина слоя подзатворной окиси, может быть связан с полученным номинальным пороговым напряжением, или напряжением включения полевых транзисторов (FET), произведенных для конкретного функционального узла. Например, в узле с минимальным размером элемента 0,5 микрон, как правило, применяют полевые транзисторы с напряжением включения 5,0 В. Однако при минимальном размере  
20 элемента 90 нм полевые транзисторы могут включаться при напряжении 1,2, 1,8 и 2,5 В. Изготовители ИС могут поставлять стандартные элементы цифровых блоков, например, инвертеры и триггеры, с характеристиками, соответствующими определенным диапазонам напряжения. Конструкторы выбирают функциональный узел ИС на основании ряда факторов, включая плотность цифровых устройств, возможность  
25 совмещения аналоговых и цифровых схем, ток утечки, количество слоев соединений и доступность специальных устройств, таких как полевые транзисторы высокого напряжения. С учетом этих параметрических аспектов электрических компонентов, которые могут получать электропитание от микробатареи, может оказаться важным обеспечить соответствие источника питания микробатареи требованиям выбранного  
30 функционального узла и конфигурации ИС, особенно с точки зрения доступного уровня напряжения и тока.

В некоторых примерах электрическая схема, получающая электропитание от микробатареи, может быть подключена к другому устройству. В качестве примера, не имеющего ограничительного характера, электрическая схема, получающая  
35 электропитание от микробатареи, может быть подключена к исполнительному устройству или преобразователю. В зависимости от сферы применения, это может быть светодиод (LED), датчик, микроэлектромеханический (MEMS) дозатор и многие другие подобные устройства. В некоторых примерах устройствам, подключаемым таким образом, может требоваться более высокое рабочее напряжение, чем стандартным  
40 функциональным узлам ИС. Например, линзе с переменным фокусом может требоваться напряжение 35 В. Следовательно, рабочее напряжение, обеспечиваемое батареей, может быть критическим фактором при проектировании такой системы. В некоторых примерах, связанных с такими факторами, эффективность привода линзы, преобразующего напряжение батареи 1 В в напряжение 35 В, может быть значительно ниже, чем  
45 эффективность привода, работающего от батареи 2 В. Дополнительные требования, такие как размер кристалла, могут значительно различаться, в том числе с учетом рабочих параметров микробатареи.

Отдельные элементы батареи, как правило, могут характеризоваться напряжением

при разомкнутой цепи, напряжением с нагрузкой и напряжением отсечки. Напряжение при разомкнутой цепи представляет собой потенциал, создаваемый элементом батареи при бесконечном сопротивлении нагрузки. Напряжение с нагрузкой представляет собой потенциал, создаваемый элементом при подключении к выводам элемента нагрузки с соответствующей, и, как правило, также установленной, величиной полного сопротивления. Напряжение отсечки представляет собой, как правило, напряжение, при котором большая часть батареи разряжена. Напряжение отсечки может представлять собой напряжение, или степень разряда, ниже которого батарею нельзя разряжать во избежание нежелательных последствий, таких как сильное выделение газов. Напряжение отсечки может зависеть, как правило, не от самой батареи, а от схемы, к которой подключена батарея, например, от рабочего напряжения электронной схемы. В одном примере щелочной элемент может иметь напряжение при разомкнутой цепи 1,6 В, напряжение с нагрузкой в диапазоне от 1,0 до 1,5 В и напряжение отсечки 1,0 В. Напряжение, создаваемое элементом микробатареи конкретной конфигурации, может зависеть и от других характеристик используемого химического состава элемента. И поэтому разные по химическому составу ячейки могут иметь разные напряжения элемента.

Для увеличения напряжения элементы можно соединять последовательно, однако эта комбинация может повлечь за собой увеличение размеров, повышение внутреннего сопротивления и усложнение батареи. Элементы также можно объединять в параллельные конфигурации, чтобы снизить сопротивление и увеличить емкость, однако эта комбинация может повлечь за собой увеличение размера батареи и сокращение срока хранения.

Емкость батареи может представлять собой способность батареи производить ток, или выполнять работу, в течение определенного периода времени. Емкость батареи можно, как правило, указать в таких единицах, как микроампер-часы. Батарея, которая может обеспечивать 1 микроампер тока в течение 1 часа, имеет емкость 1 микроампер-час. Как правило, емкость батареи можно повысить путем увеличения массы (и, следовательно, объема) реагентов внутри устройства батареи; тем не менее следует учитывать, что биомедицинские устройства могут быть существенно ограничены по доступному объему. Емкость батареи также может зависеть от материала электрода и электролита.

В зависимости от требований к схеме, к которой подключена батарея, от батареи может требоваться служить источником тока определенного диапазона величин. В период хранения до активного применения, через схемы, соединения и изоляторы может протекать ток утечки, величиной порядка от нескольких пикоампер до нескольких наноампер. В период активной эксплуатации схема может потреблять ток покоя для считывания показаний датчиков, запуска таймеров и выполнения других подобных функций с низким энергопотреблением. Потребление тока покоя может составлять величину порядка от нескольких наноампер до нескольких миллиампер. Схема также может иметь еще большие потребности по пиковому току, например, при записи данных в ПЗУ или при их передаче на радиочастоте (РЧ). Этот пиковый ток может составлять до нескольких десятков миллиампер или более. Активное и полное сопротивление микробатареи также может быть важным для аспектов конфигурации.

Срок хранения, как правило, относится к периоду времени, в течение которого батарея может поддерживать подходящие рабочие параметры. Срок хранения может быть особенно важным для биомедицинских устройств по нескольким причинам. Электронные устройства могут заменять собой устройства, не подключаемые к

электропитанию, например, в случае внедрения электронных контактных линз. Продукты в этих существующих сегментах рынка могут иметь установленные требования к срокам хранения, например, три года, исходя из пожеланий потребителей, особенностей цепочки поставок и других требований. Как правило, считается  
 5 нежелательным, чтобы такие технические требования менялись для новых продуктов. Требования к сроку хранения могут быть также установлены с учетом факторов распределения, инвентаризации и способов применения устройства, содержащего микробатарею. Соответственно, микробатареи для биомедицинских устройств могут иметь конкретные требования к сроку хранения, которые можно измерять, например,  
 10 в количестве лет.

В некоторых примерах трехмерные биосовместимые элементы питания могут быть перезаряжаемыми. Например, индукционная катушка может быть также изготовлена на трехмерной поверхности. Индукционная катушка затем может получать энергообеспечение с помощью радиочастотного (РЧ) импульса. Индукционную катушку  
 15 можно подключить к трехмерному биосовместимому элементу питания для подзарядки элемента питания при подаче РЧ на индукционную катушку. В другом примере фотоэлектрические устройства также можно изготовить на трехмерной поверхности и подключить к трехмерному биосовместимому элементу питания. Под действием света или фотонов фотоэлектрические устройства будут продуцировать электроны для  
 20 подзарядки элемента питания.

В некоторых примерах батареи могут функционировать для обеспечения электрической энергии для электрической системы. В этих примерах батареи могут находиться в электрической связи со схемой электрической системы. Связи между схемой и батареей можно классифицировать как соединения. Эти соединения могут со  
 25 временем стать сложной задачей для биомедицинских микробатарей ввиду нескольких факторов. В некоторых примерах биомедицинские устройства с электропитанием могут быть очень маленькими, предоставляя таким образом малые площади и объемы для соединений. Ограничения по размеру и площади могут отрицательно повлиять на величину электрического сопротивления и надежность соединений.

Кроме того, батарея может содержать жидкий электролит, который может закипать при высокой температуре. Данное ограничение может непосредственно конкурировать с намерением использовать паяное межкомпонентное соединение, которое может плавиться, например, при относительно высоких температурах, таких как 250 градусов Цельсия. Хотя в некоторых примерах химические компоненты аккумулятора,  
 35 содержащие электролит, и источник тепла, используемый для изготовления паяных межкомпонентных соединений, могут быть отделены пространственно друг от друга. В случае перспективных устройств биомедицинского назначения малый размер может препятствовать разделению электролита и паяных соединений расстоянием, достаточным для уменьшения теплопередачи.

#### 40 Соединения

Соединения могут позволять току течь к батарее и от батареи, находящейся в соединении с внешней схемой. Такие соединения могут взаимодействовать с окружающей средой внутри и снаружи батареи и могут пересекать границу или уплотнительный слой между этими средами. Эти соединения можно рассматривать как дорожки, выполняющие  
 45 соединения с внешней схемой, проходящие через уплотнительный слой батареи и затем соединяющиеся с коллекторами тока внутри батареи. Как к таковым, к этим соединениям могут предъявляться несколько требований. За пределами батареи соединения могут быть похожи на типичные проводники печатной платы. Они могут быть припаяны или

иным способом соединены с другими дорожками. В примере, где батарея представляет собой отдельный физический элемент от печатной платы, содержащей интегральную схему, соединения батареи могут обеспечивать связь с внешней схемой. Эта связь может быть сформирована с помощью припоя, проводящей ленты, проводящей пасты или  
 5 эпоксидного состава, либо других средств. Для соединительных дорожек может потребоваться оставаться сохранными в условиях среды, окружающей батарею, например, не ржаветь в присутствии кислорода.

Поскольку соединение проходит через уплотнительный слой батареи, может быть чрезвычайно важно, чтобы соединение было совместимо с материалом уплотнительного  
 10 слоя и не нарушало герметичность. Адгезия может потребоваться между уплотнительным слоем и соединением в дополнение к адгезии, которая может потребоваться между уплотнительным слоем и герметичной оболочкой батареи. При наличии электролита и других материалов внутри батареи может потребоваться поддержание целостности уплотнительного слоя. Соединения, которые, как правило,  
 15 могут быть металлическими, могут быть известны как точки разрушения в оболочке батареи. Электрический потенциал и/или течение тока могут усиливать тенденцию «просачивания» электролита вдоль соединения. Соответственно, для соединения может потребоваться проектирование, поддерживающее целостность уплотнительного слоя.

Внутри батареи соединения могут взаимодействовать с коллекторами тока или могут  
 20 сами быть коллекторами тока. В связи с этим для соединений может требоваться удовлетворять описанным в настоящем документе требованиям к коллекторам тока либо может требоваться образовывать электрическое соединение с такими коллекторами тока.

Один класс возможных соединений и коллекторов тока представляет собой  
 25 металлическую фольгу. Такая фольга имеет толщину 25 микрон или менее, что делает ее подходящей для очень тонких батарей. Такую фольгу также можно найти с низкими шероховатостью и загрязнением поверхности - два фактора, которые могут быть критичными для эффективности батареи. Фольга может включать цинк, никель, латунь, медь, титан, другие металлы и различные сплавы.

#### 30 Компоненты модульной батареи

В некоторых примерах можно изготовить компонент модульной батареи в соответствии с некоторыми аспектами и примерами настоящего описания. В этих примерах узел модульной батареи может быть компонентом, отдельным от других частей биомедицинского устройства. В примере устройства офтальмологической  
 35 контактной линзы такая конфигурация может содержать модульную батарею, которая является отдельной от остальной части несущей вставки. Существует множество преимуществ изготовления компонента модульной батареи. Например, в примере контактной линзы компонент модульной батареи можно изготовить в ходе отдельного, независимого процесса, что может ослабить необходимость манипуляций с жесткими  
 40 трехмерными оптическими пластмассовыми компонентами. Кроме того, средства изготовления могут быть более гибкими и могут выполнять операции в более параллельном режиме с изготовлением других компонентов биомедицинского устройства. Более того, изготовление компонентов модульной батареи может не зависеть от характеристик устройств трехмерной (3D) формы. Например, в сферах применения,  
 45 в которых требуются окончательные трехмерные формы, систему модульной батареи можно изготовить в плоском или приблизительно двухмерном (2D) виде, а затем придать ей соответствующую трехмерную форму. Компонент модульной батареи можно испытывать независимо от остальной части биомедицинского устройства, и потерю

выхода из-за компонентов батареи можно отбраковать до начала сборки. Полученный компонент модульной батареи можно использовать в различных конструкциях несущей вставки, которые не имеют соответствующей жесткой области, на которой можно было бы разместить компоненты батареи; и еще в одном примере применение компонентов модульной батареи может облегчить применение различных вариантов технологий производства, отличных от тех, что можно было бы использовать в ином случае, таких как рулонная (roll-to-roll) технология, листовая (sheet-to-sheet) технология, печать, литография и рапельная печать. В некоторых примерах модульной батареи аспект отдельной оболочки такого устройства может привести к добавлению дополнительного материала к общей конструкции биомедицинского устройства. Такие воздействия могут установить ограничение на применение решений в виде модульных батарей в случаях, когда параметры имеющегося пространства требуют минимизировать толщину или объем решений.

Требования к форме батареи могут быть обусловлены, по меньшей мере частично, сферой применения батареи. Традиционные формы батареи могут быть цилиндрическими формами или прямоугольными призмами, изготовленными из металла, и их можно использовать для продуктов, которые требуют больших объемов энергии в течение длительного времени. Такие варианты применения имеют достаточно большие размеры, чтобы вмещать батареи с крупным форм-фактором. В другом примере плоские твердотельные батареи представляют собой тонкие прямоугольные призмы, как правило, сформированные на жестком кремнии или стекле. В некоторых примерах эти плоские твердотельные батареи можно изготавливать с применением технологий обработки кремниевых пластин. Формы батарей другого типа, маломощные, но гибкие батареи, можно изготавливать в виде пакетов с применением тонкой фольги или пластика, которые содержат химические элементы батареи. Эти батареи можно сделать плоскими и выполнить с возможностью функционирования при умеренной поперечной кривизне.

В некоторых примерах применения батареи в соответствии с настоящим изобретением, где батареи можно использовать в линзах с изменяемыми оптическими свойствами, форм-фактор может потребовать создания трехмерной кривизны компонента батареи, где радиус этой кривизны может быть порядка приблизительно 8,4 мм. Характер такой кривизны может считаться относительно резким и, в качестве сравнения, может приближаться к типу кривизны кончика пальца человека. Характер относительно резкой кривизны создает сложности при изготовлении. В некоторых примерах настоящего описания компонент модульной батареи может быть выполнен так, что он может быть изготовлен плоским, двухмерным, а затем сформирован в трехмерную форму относительно большой кривизны.

Толщина модуля батареи

При проектировании компонентов батареи для биомедицинских сфер применения можно корректировать различные параметры, находя компромисс между техническими и функциональными требованиями, а также требованиями безопасности. Толщина компонента батареи может быть важным и ограничивающим параметром. Например, в сфере применения оптической линзы от толщины биомедицинского устройства может в значительной мере зависеть способность устройства быть комфортным при ношении пользователем. Поэтому существуют важные аспекты при проектировании батарей, позволяющие сделать их более тонкими. В некоторых примерах толщина батареи может определяться сочетанием толщин верхнего и нижнего слоев, разделительного слоя и слоя адгезива. Практические аспекты изготовления могут потребовать соответствия

определенных параметров толщины пленки стандартным значениям для имеющегося листового материала. Кроме того, пленки могут иметь минимальные значения толщины, которые могут быть установлены на основании технических соображений, касающихся химической совместимости, проницаемости для жидкостей и газов, обработки поверхности и совместимости с покрытиями, которые могут быть нанесены поверх слоев пленки.

В некоторых примерах требуемая или целевая толщина готового компонента батареи может представлять собой толщину компонента, составляющую менее 220 мкм. В этих примерах эта требуемая толщина может быть обусловлена трехмерной геометрией примера устройства офтальмологической линзы, причем может потребоваться поместить компонент батареи внутрь имеющегося объема, образованного формой гидрогелевой линзы, с учетом определенного уровня комфорта конечного пользователя, биосовместимости и критериев приемлемости. Этот объем линзы и его воздействие на требования к толщине компонента батареи могут зависеть от общих технических требований к толщине устройства, а также технических требований к ширине, углу конуса и внутреннему диаметру устройства. Другой важный аспект конфигурации итогового компонента батареи может относиться к объему, доступному для активных химических веществ и материалов батареи, с учетом определенной конфигурации компонента батареи в отношении итоговой химической энергии, которая может стать результатом такой конфигурации. Эта итоговая химическая энергия может затем быть сбалансирована для удовлетворения требований по электропитанию функционального биомедицинского устройства для целевых условий его срока службы и эксплуатации.

Гибкость модуля батареи

Другим критерием соответствия конфигурации батареи и конфигурации соответствующих устройств, которые используют источники энергии на основе батарей, является гибкость компонента батареи. Существует множество преимуществ, обеспечиваемых гибкими формами батареи. Например, гибкий модуль батареи может обеспечить вышеупомянутую возможность изготовления батареи двухмерной плоской формы. Гибкость формы может позволить двухмерной батарее быть затем преобразованной в соответствующую трехмерную форму, соответствующую форме биомедицинского устройства, такого как контактная линза.

В другом примере преимуществ, которые могут быть достигнуты благодаря гибкости модуля батареи, если батарея и последующее устройство являются гибкими, то могут возникнуть преимущества, относящиеся к применению устройства. В одном примере форма контактной линзы биомедицинского устройства может иметь преимущества для вставления/извлечения контактной линзы с несущей вставкой, что может больше напоминать вставление/извлечение стандартной, не заполненной гидрогелевой контактной линзы.

Количество изгибаний может быть важным для проектирования батареи. Например, батарея, которая допускает только одно изгибание при переходе от плоской формы к форме, подходящей для контактной линзы, может значительно отличаться по конфигурации от батареи, допускающей множество изгибаний. Изгибание батареи также может превышать ее устойчивость к механическому изгибу. Например, электрод может иметь физическую способность изгибаться без разрушения, но при этом механические и электрохимические свойства электрода могут измениться из-за изгибания. Изменения, происходящие в результате изгибания, могут проявляться сразу же, например, в виде изменений полного сопротивления, либо изгибание может вызвать изменения, которые становятся заметными только в ходе испытаний, проводимых после

длительного хранения.

#### Ширина модуля батареи

Существует множество сфер применения, в которых можно использовать биосовместимые элементы питания или батареи по настоящему описанию. В целом требование к ширине батареи в основном обусловлено сферой ее применения. В типовом случае система батареи контактной линзы может иметь ограничения в технических требованиях к ширине компонента модульной батареи. В некоторых примерах офтальмологического устройства, где устройство имеет функцию с изменяемыми оптическими свойствами с электропитанием от компонента батареи, часть устройства, имеющая изменяемые оптические свойства, может занимать центральную сферическую область диаметром приблизительно 7,0 мм. Элементы батареи в этих примерах можно рассматривать как трехмерный объект, который размещается как коническая кольцевая юбка вокруг центрального оптического участка и образует усеченное коническое кольцо. Если требуемый максимальный диаметр жесткой вставки составляет 8,50 мм, а угол касательной к сфере определенного диаметра можно задать (например, приблизительно 8,40 мм), то геометрия может определить допустимую ширину батареи. Существуют геометрические модели, которые могут быть подходящими для расчета желательных технических параметров для итоговой геометрии, которая в некоторых примерах может представлять собой усеченный конус, развернутый в виде сектора кольцевой зоны.

Ширина развернутой батареи может быть обусловлена двумя компонентами элемента батареи: активными компонентами батареи и шириной уплотнительного слоя. В некоторых примерах, относящихся к офтальмологическим устройствам, целевая толщина может быть в пределах от 0,100 мм до 0,500 мм на сторону, а ширина активных компонентов батареи может быть установлена как приблизительно 0,800 мм. Другие биомедицинские устройства могут иметь другие ограничения конфигурации, но принципы для гибких плоских элементов батареи могут применяться аналогичным образом.

#### Полости как элементы конфигурации в конфигурации компонента батареи

В некоторых примерах элементы батареи могут быть выполнены таким образом, что обеспечивают разделение областей активного химического состава батареи на сегменты. Существует множество преимуществ разделения активных компонентов батареи на отдельные сегменты. В качестве примера, не имеющего ограничительного характера, изготовление отдельных и более мелких элементов может ускорить производство элементов. Функционирование элементов батареи, включающих множество мелких элементов, может быть улучшено. В некоторых случаях можно разделить дефекты разного рода и изолировать нефункциональные элементы, что приводит к снижению потерь функциональности. Это может быть существенно в примерах, где может происходить потеря электролита батареи. Изолирование отдельных компонентов может позволить дефекту, который приводит к утечке электролита из критических областей батареи, ограничить потерю функциональности этим маленьким сегментом всего элемента батареи, тогда как потеря электролита, вызванная дефектом, может опустошить значительно большую область в батареях, изготовленных как единый элемент. Более мелкие элементы могут привести к снижению объема активных химических веществ батареи в общей перспективе, но сеть из материала, окружающего каждый из более мелких элементов, может привести к усилению общей конструкции.

#### Внутренние уплотнительные слои элемента батареи

В некоторых примерах элементов батареи для применения в биомедицинских

устройствах химическое действие батареи включает водный химический состав, где вода или влага представляют собой важный компонент для контроля. Поэтому может быть важно встраивать уплотняющие механизмы, которые ограничивают или предотвращают перемещение влаги либо наружу, либо внутрь тела батареи. Средства защиты от влаги могут быть выполнены для поддержания уровня влажности на расчетном уровне, в пределах допустимых отклонений. В некоторых примерах средство защиты от влаги можно разделить на два отдела или компонента, а именно, герметичную оболочку и уплотнительный слой.

Герметичной оболочкой может считаться основной материал корпуса. В некоторых примерах герметичная оболочка может состоять из насыпного материала. Скорость проникновения водяных паров (WVTR) может быть показателем эффективности, при этом процедура испытаний контролируется в соответствии со стандартами ISO и ASTM, включая условия окружающей среды во время испытаний. В идеале WVTR для хорошей герметичной оболочки батареи может быть равна нулю. Примерами материалов с почти нулевым WVTR могут быть стекло и металлическая фольга. Пластмасса, с другой стороны, может быть по своей природе пористой и пропускать влагу, что может значительно варьироваться у разных типов пластмасс. Как правило, конструкционные материалы, ламинаты или коэкструдаты могут быть гибридами обычных материалов герметичной оболочки.

Уплотнительный слой может служить разделом между двумя поверхностями герметичной оболочки. Соединение поверхностей уплотнительного слоя завершает создание корпуса вместе с герметичной оболочкой. Во многих примерах характер конфигураций уплотнительного слоя может затруднять их оценку для WVTR уплотнительного слоя ввиду сложности в выполнении измерений с применением стандарта ISO или ASTM, так как размер образца или площадь поверхности могут быть не совместимы с этими процедурами. В некоторых примерах практическим способом испытания целостности уплотнительного слоя может быть функциональное испытание фактической конфигурации уплотнительного слоя для некоторых определенных условий. Эффективность уплотнительного слоя может зависеть от материала уплотнительного слоя, толщины уплотнительного слоя, длины уплотнительного слоя и ширины уплотнительного слоя, а также от адгезии или близости уплотнительного слоя к подложкам герметичной оболочки.

В некоторых примерах уплотнительные слои можно сформировать сварочным способом, который может включать термическую, лазерную, фрикционную, ультразвуковую или электродуговую сварку, а также сварку растворителем. В других примерах уплотнительные слои можно сформировать путем применения клейких уплотнителей, таких как клеи, эпоксидные и акриловые составы, натуральный каучук и синтетический каучук. Другие примеры могут быть связаны с использованием уплотнительных материалов, которые могут быть изготовлены из пробки, натурального и синтетического каучука, политетрафторэтилена (ПТФЭ), полипропилена или кремния, которые являются лишь немногими примерами, не имеющими ограничительного характера.

В некоторых примерах батареи в соответствии с настоящим описанием могут быть выполнены с возможностью обладать установленным сроком эксплуатации. Срок эксплуатации можно оценить путем практического определения объема влагопроницаемости, который можно получить с помощью конкретной системы батареи, а затем путем оценки того, когда такая утечка влаги сможет привести к концу жизнеспособности батареи. Например, если батарея хранится во влажной окружающей

среде, то разность парциальных давлений внутри и снаружи батареи будет минимальной, что приведет к снижению скорости потери влаги, благодаря чему срок службы батареи может быть продлен. Если та же батарея хранится в особенно сухой и горячей окружающей среде, это может значительно сократить ожидаемый срок службы ввиду

5 ускоренной потери влаги.

Разделители элементов батареи

В батареях типа, описанного в настоящем описании, может использоваться материал разделителя, который физически и электрически отделяет части анода и анодного коллектора тока от частей катода и катодного коллектора тока. Сепаратор может

10 представлять собой мембрану, проницаемую для воды и растворенных компонентов электролита; однако, как правило, он может быть не электропроводен. Несмотря на то что специалистам в данной области может быть известно большое количество коммерчески доступных материалов разделителя, новая форма настоящего описания может представлять уникальные ограничения в задаче выбора, обработки и

15 использования разделителя.

Поскольку конфигурации настоящего описания могут иметь сверхтонкие профили, выбор может быть ограничен наиболее тонким из имеющихся материалов разделителя. Например, могут быть желательны разделители толщиной приблизительно 25 микрон. Некоторые примеры, которые могут быть преимущественными, могут иметь толщину

20 приблизительно 12 микрон. Существует множество приемлемых коммерческих разделителей, включая разделительные мембраны из однослойного микроволокнистого, микропористого полиэтилена и/или трехслойные разделительные мембраны полипропилен-полиэтилен-полипропилен (ПП/ПЭ/ПП), такие как те, которые производит компания Celgard (г. Шарлотт, штат Северная Каролина, США). Желательным примером материала разделителя может быть трехслойная мембрана

25 Celgard M824 ПП/ПЭ/ПП, имеющая толщину 12 микрон. Альтернативные примеры материалов разделителя, подходящие для примеров настоящего изобретения, могут включать разделительные мембраны, содержащие регенерированную целлюлозу (например, целлофан).

30 Хотя трехслойные разделительные мембраны ПП/ПЭ/ПП могут иметь преимущества из-за толщины и механических свойств, благодаря их полиолефиновой природе, они также могут иметь ряд недостатков, которые необходимо преодолеть, чтобы сделать их подходящими для примеров настоящего изобретения. Рулонные или листовые трехслойные материалы разделителя ПП/ПЭ/ПП могут иметь многочисленные складки

35 или другие нарушения формы, которые могут быть нежелательными для допусков на уровне микронов, применимых к батареям, описанным в настоящем документе. Кроме того, для включения в настоящие конфигурации может потребоваться высокоточная резка полиолефиновых разделителей, что может подразумевать лазерную резку в качестве одного примера способа формирования отдельных коллекторов тока желательных форм с жесткими допусками. Вследствие полиолефинового характера

40 этих разделителей, некоторые лазерные резак, подходящие для микропроизводства, которые могут использовать длины волн лазера, например, 355 нм, будут не в состоянии разрезать полиолефины. Полиолефины не поглощают энергию лазерного излучения в ощутимых количествах и, таким образом, являются неразрушаемыми. Наконец, полиолефиновые разделители по своей природе не могут смачиваться водными электролитами, которые применяются в батареях, описанных в настоящем документе.

Тем не менее существуют способы преодоления этих присущих мембранам полиолефинового типа ограничений. Для того чтобы подвергать микропористую

разделительную мембрану воздействию высокоточного лазерного резака для резки деталей на дугообразные сегменты или другие преимущественные конфигурации разделителя, от мембраны может требоваться быть плоской и свободной от складок. Если эти два условия не выполнены, разделительная мембрана не может быть полностью

5 разрезана, так как режущий луч может быть ослаблен в результате нарушения фокусировки или иного рассеивания падающей лазерной энергии. Кроме того, если разделительная мембрана не является плоской и свободной от складок, точность формы и геометрические допуски разделительной мембраны не могут быть достижимы в достаточной мере. Допустимые отклонения для разделителей в текущих примерах

10 могут, например, составлять +0 микрон и -20 микрон в отношении характеристических длин и/или радиусов. Могут существовать преимущества для более жестких допусков в +0 микрон и -10 микрон и дополнительно для допусков в +0 микрон и -5 микрон. Сырьевой материал разделителя можно сделать плоским и свободным от складок путем временного ламинирования материала на подложке из флоат-стекла с помощью

15 соответствующей низколетучей жидкости. Низколетучие жидкости могут быть более предпочтительны по сравнению с временными адгезивами ввиду хрупкости разделительной мембраны и ввиду количества времени на обработку, которое может потребоваться для высвобождения разделительной мембраны из слоя адгезива. Кроме того, в некоторых примерах получение плоской и свободной от складок разделительной

20 мембраны на флоат-стекле с применением жидкости оказалось намного более легким, чем с применением адгезива. Перед ламинированием разделительную мембрану можно очистить от твердых частиц. Это можно выполнить путем ультразвуковой очистки разделительной мембраны для удаления всех прилипших к поверхности твердых частиц. В некоторых примерах обработку разделительной мембраны можно выполнить в

25 подходящей среде с низким содержанием частиц, такой как слоистый бокс или чистая комната класса по меньшей мере 10 000. Кроме того, подложку из флоат-стекла можно очистить от частиц путем промывки соответствующим растворителем, ультразвуковой очистки и/или протирки салфетками для чистых комнат.

Несмотря на то, что для механической цели ламинирования микропористых

30 полиолефиновых разделительных мембран на подложке из флоат-стекла можно применять самые разные низколетучие жидкости, к жидкости могут применяться конкретные требования для облегчения последующей лазерной резки отдельных форм разделителя. Одним требованием может быть наличие у жидкости достаточно низкого поверхностного натяжения, чтобы проникать в поры материала разделителя, в чем

35 можно легко удостовериться путем визуальной проверки. В некоторых примерах материал разделителя меняет белый цвет на прозрачный, когда жидкость заполняет микропоры материала. Может быть желательным выбор жидкости, которая может быть благоприятной и «безопасной» для рабочих, которые будут выполнять операции подготовки и резки разделителя. Может быть желательным выбор жидкости, давление

40 паров которой будет достаточно низким, так чтобы не возникало заметного испарения в период обработки (порядка 1 суток). Наконец, в некоторых примерах жидкость может иметь достаточную сольватирующую способность, чтобы растворять представляющие интерес УФ-абсорберы, что может облегчить лазерную резку. В одном примере

45 оказалось, что 12%-ный (по весу) раствор авобензона (УФ-абсорбер) в бензилбензоате (растворитель) может удовлетворять вышеуказанным требованиям и может быть пригоден для облегчения лазерной резки полиолефиновых разделителей с высокой точностью и в пределах допусков через небольшие промежутки времени и без избыточного числа проходов луча лазерного резака. В некоторых примерах разделители

можно резать с помощью твердотельного лазера 8 В 355 нм с диодной накачкой и наносекундными импульсами с применением этого подхода, причем лазер может быть настроен на низкую мощность затухания (например, мощность 3%), среднюю скорость от 1 до 10 мм/с и только от 1 до 3 проходов лазерного луча. Несмотря на то что эта

5 УФ-абсорбирующая маслообразная композиция оказалась эффективным вспомогательным средством для ламинирования и резки, специалисты в данной области могут без ограничений использовать другие маслообразные составы.

В некоторых примерах сепаратор можно резать закрепленным на флоат-стекле. Одним из преимуществ сепараторов, зафиксированных на носителе из полированного

10 листового стекла и нарезанных лазером, может быть очень высокая плотность сепараторов, которые можно вырезать из одного листа материала сепараторов, что делает их похожими на полупроводниковые кристаллы, которые можно плотно разместить на кремниевой подложке. Такой подход может обеспечить преимущества экономии на масштабе и параллельной обработке, характерные для полупроводниковых

15 технологий. Кроме того, можно минимизировать образование некондиционных разделительных мембран. После того как разделители разрезаны, маслообразная текучая среда вспомогательного средства может быть удалена путем многостадийной экстракции с помощью смешивающихся растворителей, причем последняя экстракция может быть выполнена с помощью высоколетучего растворителя, такого как

20 изопропиловый спирт в некоторых примерах. Отдельные разделители после экстракции можно хранить неопределенное количество времени в любой подходящей среде с низким содержанием частиц.

Как установлено выше, полиолефиновые разделительные мембраны могут быть по своей природе гидрофобными и могут требовать смачивания водными поверхностно-

25 активными веществами, применяемыми в батареях настоящего изобретения. Одним подходом к обеспечению смачиваемости разделительных мембран может быть обработка кислородной плазмой. Например, разделители можно обрабатывать от 1 до 5 минут 100%-ной кислородной плазмой в широком диапазоне настроек мощности и расхода кислорода. Несмотря на то, что такой подход может улучшить смачиваемость

30 на некоторое время, известно, что модификации поверхностей плазмой обеспечивают лишь временный эффект, который не может длиться достаточно долго для надежного смачивания растворов электролита. Другой подход к улучшению смачиваемости разделительных мембран может заключаться в обработке поверхности путем встраивания в мембрану подходящих поверхностно-активных веществ. В некоторых

35 случаях поверхностно-активное вещество можно применять в сочетании с гидрофильным полимерным покрытием, которое остается внутри пор разделительной мембраны.

Другой подход к обеспечению стойкости гидрофильности, обеспеченной обработкой кислородной плазмой, может заключаться в последующей обработке подходящим гидрофильным органосилом. Таким образом, кислородную плазму можно применять

40 для активации и обеспечения функциональных групп по всей площади поверхности микропористого разделителя. Затем органосилан может ковалентно привязаться и/или нековалентно приклеиться к поверхности, обработанной плазмой. В примерах, где применяется органосилан, характерная пористость микропористого разделителя может и не претерпеть заметных изменений; однослойное покрытие поверхности также может

45 быть возможным и желательным. Известные в области способы встраивания поверхностно-активных веществ в сочетании с полимерными покрытиями могут требовать строгого контроля над фактическим объемом покрытия, нанесенного на мембрану, и потому могут проявлять технологическую нестабильность. В крайних

случаях поры разделителя могут закупориться, таким образом негативно воздействуя на функциональность разделителя во время эксплуатации электрохимического элемента. Примером органосилана, подходящего для настоящего описания, может быть 3-аминопропилтриэтоксисилан. Специалистам в данной области могут быть известны и другие гидрофильные органосиланы, которые можно применять без ограничений.

Еще один способ обеспечения смачиваемости разделительных мембран водными электролитами может заключаться во встраивании подходящего поверхностно-активного вещества в состав электролита. Одним соображением при выборе поверхностно-активного вещества для обеспечения смачиваемости разделительных мембран может быть воздействие, которое поверхностно-активное вещество может оказывать на активность одного или более электродов внутри электрохимического элемента, например, за счет повышения полного электрического сопротивления элемента. В некоторых случаях поверхностно-активные вещества могут иметь преимущественные антикоррозионные свойства, в частности в случае присутствия цинковых анодов в водных электролитах. Известно, что цинк медленно взаимодействует с водой с выделением газообразного водорода, что может быть нежелательно. Специалистам в данной области может быть известен ряд поверхностно-активных веществ, ограничивающих скорость указанного взаимодействия до преимущественных уровней. В других случаях поверхностно-активное вещество может так сильно взаимодействовать с поверхностью цинковых электродов, что функционирование батареи может быть затруднено. Следовательно, выбору соответствующих типов поверхностно-активных веществ и уровней их загрузки следует уделять особое внимание, чтобы обеспечить смачиваемость разделителя без неблагоприятного воздействия на электрохимические показатели элемента. В некоторых случаях можно применять множество поверхностно-активных веществ, при этом одни придают смачиваемость разделительной мембране, а другие усиливают антикоррозионные свойства цинкового анода. В одном примере гидрофильная обработка разделительной мембраны не проводится, но в состав электролита добавляется одно или множество поверхностно-активных веществ в количестве, достаточном для обеспечения смачиваемости разделительной мембраны.

Отдельные разделители можно внедрить в слоистую микробатарею путем непосредственного помещения в средство хранения, такое как предусмотренная полость, выемка или конструкция внутри узла. Желательно, чтобы такое средство хранения было образовано слоистой структурой с вырезом, который может представлять собой геометрический отступ от формы разделителя, с образованием полости, выемки или конструкции внутри узла. Более того, средства хранения могут иметь выступ или ступеньку, на которую опирается сепаратор во время сборки. Выступ или ступенька может в некоторых случаях включать самоклеящийся адгезив, который удерживает отдельный сепаратор. Преимуществом является то, что самоклеящийся адгезив может быть тем же, что применяется в конструировании и наложении других элементов примера слоистой микробатареи.

#### Самоклеящийся адгезив

В некоторых примерах множество компонентов, содержащих слоистые микробатареи настоящего изобретения, можно скреплять вместе с помощью самоклеящегося адгезива (PSA), который также служит уплотнителем. Несмотря на то, что существует множество составов коммерчески доступных самоклеящихся адгезивов, такие составы почти всегда включают компоненты, которые могут сделать их неподходящими для применения внутри биосовместимых слоистых микробатарей. Примеры нежелательных компонентов

в самоклеящихся адгезивах могут включать вымываемые компоненты с низкой молекулярной массой, антиоксиданты (например, бутилгидрокситолуол и/или параметоксифенол), пластифицирующие масла, посторонние примеси, нестойкие к окислению вещества, содержащие, например, ненасыщенные химические связи, остаточные растворители и/или мономеры, фрагменты инициаторов полимеризации, полярные усилители липкости и т. п.

С другой стороны, подходящие PSA могут показывать следующие свойства. Они могут быть пригодны для нанесения на слоистые компоненты для получения тонких слоев порядка от 2 до 20 микрон. Также они могут содержать минимум (например, ноль) нежелательных или биологически несовместимых компонентов. Дополнительно они могут иметь достаточные адгезивные и когезивные свойства для связывания вместе компонентов слоистой батареи. Кроме того, они могут втекать в элементы микронных размеров внутри устройств настоящей конструкции, обеспечивая надежную герметичность электролита внутри батареи. В некоторых примерах подходящих PSA они могут иметь низкую паропроницаемость для поддержания желательной композиции водного электролита внутри батареи, даже когда батарею могут подвергать экстремальным значениям влажности в течение длительных периодов времени. PSA могут иметь хорошую химическую стойкость к компонентам электролита, таким как кислоты, поверхностно-активные вещества и соли. Они могут быть инертными к воздействиям при погружении в воду. Подходящие PSA могут иметь низкую проницаемость для кислорода, чтобы минимизировать скорость непосредственного окисления, которое может быть формой саморазряда, цинковых анодов. Кроме того, они могут усиливать предельную проницаемость для газообразного водорода, который может медленно выделяться из цинковых анодов в водных электролитах. Это свойство предельной проницаемости для газообразного водорода может предотвращать возрастание внутреннего давления.

С учетом этих требований, полиизобутилен (PIB) может быть коммерчески доступным материалом, который может входить в состав композиций PSA, удовлетворяющих многим, если не всем, желательным требованиям. Кроме того, PIB может быть превосходным защитным уплотнителем с очень низкой гигроскопичностью и низкой проницаемостью для кислорода. Одним примером PIB, подходящим для примеров настоящего изобретения, может быть Oppanol<sup>®</sup> B15 корпорации BASF. Oppanol<sup>®</sup> B15 может растворяться в углеводородных растворителях, таких как толуол, гептан, додекан, уайт-спирит и т.п. Один пример композиции PSA может включать 30% вес. Oppanol<sup>®</sup> B15 (по весу) в смеси растворителей, включающей (по весу) 70% вес. толуола и 30% вес. додекана. Адгезивные и реологические свойства PSA на основе PIB в некоторых примерах можно определять путем смешивания различных категорий молекулярных масс PIB. Общий подход может заключаться в применении большей части PIB с низкой молярной массой, например, марки Oppanol<sup>®</sup> B10 для воздействия на смачивание, клейкость и адгезию и в применении меньшей части PIB с высокой молярной массой для воздействия на прочность и сопротивление течению. Следовательно, в рамках настоящего изобретения можно предусматривать и практиковать смешивание любых количеств категорий молярной массы PIB. Кроме того, при условии соблюдения вышеуказанных требований, в состав PSA можно добавлять усилители липкости. По своей природе усилители липкости придают составам PSA полярные свойства, поэтому их следует применять с осторожностью, чтобы не оказать негативного воздействия на защитные свойства PSA. Кроме того, усилители липкости в некоторых случаях могут

быть нестойкими к окислению и могут включать антиоксидант, который может вымываться из PSA. По этим причинам примеры усилителей липкости для применения в PSA для биосовместимых слоистых микробатарей могут включать полностью или преимущественно гидрогенизированные усилители липкости из углеводородной смолы, такие как усилители липкости серии Regalrez корпорации Eastman Chemical.

Дополнительные аспекты выбора герметичной оболочки и подложки для модулей биосовместимых батарей

Существует ряд аспектов, касающихся оболочки и подложки, которые могут диктовать желательные характеристики для конфигураций герметичной оболочки, применяемых в биосовместимых слоистых микробатареях. Например, оболочка предпочтительно может быть преимущественно выполнена на основе фольги и/или пленки, причем эти слои оболочки могут быть минимально тонкими, например, от 10 до 50 микрон. Кроме того, оболочка может обеспечивать достаточную диффузную защиту от проникновения или потери влаги в течение срока хранения. Во многих желательных примерах оболочка может обеспечивать достаточную диффузную защиту от проникновения кислорода для ограничения деградации цинковых анодов за счет непосредственного окисления.

В некоторых примерах оболочка может обеспечивать путь для предельной проницаемости газообразного водорода, который может выделяться ввиду прямого восстановления воды цинком. Кроме того, желательно, чтобы оболочка могла удерживать в достаточном объеме и изолировать содержимое батареи, так чтобы потенциальное воздействие на пользователя могло быть минимизировано.

В настоящем изобретении конструкции корпуса могут включать следующие типы функциональных компонентов: верхний и нижний слой корпуса, ЧДКС, разделительные слои, области межкомпонентных соединений, каналы для наполнения и вторичный корпус.

В некоторых примерах верхний и нижний слои оболочки могут содержать металлическую фольгу или полимерные пленки. Верхний и нижний слои оболочки могут содержать конструкции из многослойной пленки, содержащие множество полимерных и/или защитных слоев. Такие конструкции пленки можно отнести к коэкструзионным защитным ламинатным пленкам. Пример доступной в продаже коэкструзионной защитной ламинатной пленки, особенно пригодной для настоящего изобретения, может представлять собой материал 3M<sup>®</sup> Scotchpak 1109, который состоит из защитной сетки полиэтилентерефталата (ПЭТ), защитного слоя из осажденного из паровой фазы алюминия и слоя полиэтилена, включая общую среднюю толщину пленки 33 микрона. В альтернативных примерах настоящего изобретения можно применять множество других подобных доступных многослойных защитных пленок.

В конструкциях конфигурации, содержащих PSA, шероховатость поверхности слоя оболочки может быть особенно важной, так как PSA может также потребоваться для герметизации противолежащих сторон слоя оболочки. Шероховатость поверхности может зависеть от способов изготовления фольги и пленки, например, помимо прочего, способов с применением вальцовки, экструдирования, тиснения и/или каландрования. Если поверхность слишком шероховатая, нанесение PSA равномерной толщины может быть невозможным, если желательная толщина PSA может составлять величину порядка шероховатости поверхности Ra (среднее арифметическое профиля шероховатости). Кроме того, PSA могут не обеспечить достаточной герметичности с противолежащей стороной, если противолежащая сторона имеет шероховатость, которая может составлять величину порядка толщины слоя PSA. Согласно настоящему описанию,

материалы оболочки, имеющие шероховатость поверхности Ra менее 10 микрон, могут быть приемлемыми примерами. В некоторых примерах шероховатость поверхности может составлять 5 микрон или менее. В некоторых других примерах шероховатость поверхности может составлять 1 микрон или менее. Шероховатость поверхности можно измерять различными способами, включая, помимо прочего, такие методы измерений, как интерферометрия белого света, зондовая профилометрия и т.п. В области измерения поверхности существует множество примеров того, что шероховатость поверхности можно описать с помощью ряда альтернативных параметров и что средние значения шероховатости поверхности Ra, описанные в настоящем документе, могут предназначаться для представления типов элементов, характерных для вышеуказанных способов изготовления.

Иллюстрации примеров обработки биосовместимой подачи питания - осаждение разделителя

Пример стадий, которые могут выполняться при обработке биосовместимых элементов питания, показан на фиг. 4А-4N. На отдельных фигурах показаны некоторые примеры стадий обработки. На фиг. 4А показана комбинация монтажного слоя 401 ПЭТ катода и монтажного слоя 404 ПЭТ разделителя. Монтажный слой 401 ПЭТ катода может быть образован путем наложения пленок ПЭТ 403, которые могут иметь толщину, например, приблизительно 0,003 дюйма. Слой ПЭТ с обеих сторон можно покрыть слоями PSA или защитить антиадгезионным слоем 402 из ПВДФ, который может иметь толщину приблизительно 0,001 дюйма. Монтажный слой 404 ПЭТ разделителя может быть образован слоем 409 ПВДФ, который может иметь толщину приблизительно 0,003 дюйма. Может быть защитный слой 405 ПЭТ, который может иметь толщину приблизительно 0,0005 дюйма. В некоторых примерах между слоем 409 ПВДФ и защитным слоем 405 ПЭТ может находиться слой PSA.

Как показано на фиг. 4В, отверстие 406 в монтажном слое 404 ПЭТ разделителя может быть вырезано лазером. Далее, как показано на фиг. 4С, разрезанный монтажный слой 404 ПЭТ разделителя можно наложить 408 на монтажный слой 401 ПЭТ катода. Как показано на фиг. 4D, отверстие 410 в монтажном слое катода может быть вырезано лазером. Выравнивание на данном этапе резки может вписываться в предыдущие особенности резки разделителя слоев PET 404. Как показано на фиг. 4Е, слой Celgard 412, конечный разделительный слой, может быть прикреплен к носителю 411. На фиг. 4F можно видеть, что материал Celgard может быть разрезан до значений, которые находятся в промежутке между размерами двух предыдущих отверстий, прорезанных лазером, и приблизительным размером отверстия 406 в слое, заполняющем зазор, из PET с образованием предварительно разрезанного сепаратора 420. Как показано на фиг. 4G, манипулятор 421 можно применять для перекладывания отдельных частей из материала Celgard в соответствующие местоположения на формируемом устройстве. Как показано на фиг. 4Н, размещенные части 422 материала Celgard закрепляются в своем местоположении, после чего антиадгезионный слой 423 ПВДФ можно удалить. Как показано на фиг. 4I, конструкцию формируемого устройства можно прикрепить к пленке анода 425. Анод 425 может содержать пленку анодного коллектора, на которую методом электроосаждения нанесли пленку цинкового анода.

Как показано на фиг. 4J, в образованную полость можно поместить катодную пасту 430. В некоторых примерах можно применять ракель 431 для распределения катодной смеси по изделию и в процессе заполнения полостей формируемых устройств батареи. После заполнения оставшийся антиадгезионный слой 432 ПВДФ можно удалить, в результате чего может получиться конструкция, показанная на фиг. 4К. Как показано

на фиг. 4L, всю конструкцию можно подвергнуть сушке, в процессе которой катодная паста 440 может дать усадку до уровня внешней поверхности слоя ПЭТ. Как показано на фиг. 4M, слой 450 катодной пленки, на котором уже может находиться пленка катодного коллектора, можно прикрепить к формируемой конструкции. Как показано на конечной иллюстрации на фиг. 4N, способ лазерной резки можно применять для удаления боковых областей 460 и получения элемента 470 батареи. Существует множество модификаций, исключений и изменений материалов и значений толщины, которые могут быть подходящими для целей настоящего описания.

Результат примера обработки более подробно показан на фиг. 5. В одном из примеров можно определить следующие стандартные элементы. Химические вещества 510 катода могут быть размещены в контакте с катодом и катодным коллектором 520. Слой 530 самоклеящегося адгезива может удерживать и герметично прикреплять катодный коллектор 520 к монтажному слою 540 ПЭТ. На другой стороне монтажного слоя ПЭТ катода 540 может быть нанесен другой слой 550 PSA, который герметизирует и прикрепляет монтажный слой 540 ПЭТ к слою 560 разделителя. Другой слой 565 PSA может герметизировать и прикреплять слой 560 ПЭТ разделителя к слоям анода и анодного коллектора тока. На анодный коллектор 580 тока может быть осажден осажденный слой 570 цинка. Разделительный слой 590 может быть размещен внутри конструкции для выполнения соответствующих функций, согласно определению в настоящем описании. В некоторых примерах во время обработки устройства можно добавлять электролит, в других примерах сепаратор может уже содержать электролит.

Иллюстрации примеров обработки биосовместимой подачи питания - нанесение разделителя

Пример стадий, которые выполняются при обработке биосовместимых элементов питания, показан на фиг. 6A-6F. На отдельных фигурах показаны некоторые примеры стадий обработки. Существует множество модификаций, исключений и изменений материалов и значений толщины, которые могут быть подходящими для целей настоящего описания.

На фиг. 6A показана слоистая конструкция 600. Слоистая структура может содержать два антиадгезионных слоя 602 и 602a слоистой конструкции; два адгезионных слоя 604 и 604a слоистой конструкции, размещенных между антиадгезионными слоями 602 и 602a слоистой конструкции; и внутренний слой 606 слоистой конструкции, размещенный между двумя адгезионными слоями 604 и 604a слоистой конструкции. Антиадгезионные слои 602, 602a слоистой конструкции и адгезионные слои 604, 604a можно изготовить или приобрести, например, в виде коммерчески доступной трафаретной ленты с самоклеящимся адгезивом со слоем первичной пленки. Адгезионные слои слоистой конструкции могут представлять собой слой ПВДФ, который может иметь толщину приблизительно 1-3 миллиметра и укрывать внутренний слой 606 слоистой конструкции. Внутренний слой 606 слоистой конструкции может содержать термопластичный полимер, такой как полиэтилентерефталат, толщина которого, например, может составлять приблизительно 3 миллиметра. Как показано на фиг. 6B, средства хранения катодной смеси, такие как полость для катодной выемки 608, могут быть вырезаны в слоистой конструкции путем лазерной резки.

Далее, как показано на фиг. 6C, нижний антиадгезионный слой 602a слоистой конструкции можно удалить со слоистой конструкции, открыв адгезионный слой 604a слоистой конструкции. Затем адгезионный слой 604a слоистой конструкции можно применить для прикрепления анодной соединительной фольги 610, чтобы закрыть нижнее отверстие катодной выемки 608. Как показано на фиг. 6D, анодную

соединительную фольгу 610 можно защитить на открытом нижнем слое путем прикрепления маскирующего слоя 612. Маскирующий слой 612 может представлять собой коммерчески доступную трафаретную ленту PSA с первичной пленкой. Далее, как показано на фиг. 6Е, на анодный слой 610 контактной фольги методом электроосаждения можно нанести совместимый металл 614, например, цинк, который закроет открытый участок анодного слоя 610 контактной фольги внутри катодной выемки. Как показано на фиг. 6F, после электроосаждения анодный электрический маскирующий слой 612 удаляется с нижней поверхности анодной соединительной фольги 610.

На фиг. 7А-7F представлены этапы альтернативного режима обработки, которые были приведены ранее на фиг. 6А-6F. На фиг. 7А-7В показаны способы, аналогичные показанным на фиг. 6А-6В. Слоистая структура может содержать два антиадгезионных слоя 702 и 702а слоистой конструкции, по одному слою с каждого конца; два адгезионных слоя 704 и 704а слоистой конструкции, размещенных между антиадгезионными слоями 702 и 702а слоистой конструкции; и внутренний слой 706 слоистой конструкции, размещенный между двумя адгезионными слоями 704 и 704а слоистой конструкции. Антиадгезионные слои слоистой конструкции и адгезионные слои можно изготовить или приобрести, например, в виде коммерчески доступной трафаретной ленты с самоклеящимся адгезивом со слоем первичной пленки.

Адгезионные слои ламинарной конструкции могут представлять собой слой поливинилиденфторида ПВДФ, который может иметь толщину приблизительно 1-3 миллиметра и укрывать внутренний слой 706 ламинарной конструкции. Внутренний слой 706 ламинарной конструкции может содержать термопластичный полимер, такой как полиэтилентерефталат, толщина которого, например, может составлять приблизительно 3 миллиметра. Как показано на фиг. 7В, средства хранения, такие как полость для катодной выемки 708, могут быть вырезаны в слоистой конструкции путем лазерной резки. Как показано на фиг. 7С, можно получить анодную соединительную фольгу 710 и с одной стороны нанести защитный маскирующий слой 712. Далее, как показано на фиг. 7D, на анодную соединительную фольгу 710 путем электроосаждения можно нанести слой 714 совместимого металла, например, цинка. Как показано на фиг. 7Е, слоистые конструкции, представленные на фиг. 7В и 7D, могут комбинироваться с образованием новой слоистой конструкции, представленной на фиг. 7Е, путем прикрепления конструкции, представленной на фиг. 7В, к слою 714, который был нанесен гальванически и представлен на фиг. 7D. Антиадгезионный слой 702а, показанный на фиг. 7В, можно удалить для открывания адгезионного слоя 704а, показанного на фиг. 7В, для прикрепления к электроосажденному слою 714, показанному на фиг. 7D. Далее, как показано на фиг. 7F, анодный защитный маскирующий слой 712 можно удалить с нижней поверхности анодной соединительной фольги 710.

На фиг. 8А-8Н показаны примеры рабочих частей элементов питания в биосовместимой слоистой структуре, которая в настоящем документе иногда относится к слоистому узлу или многослойному узлу, аналогичному, например, тем, которые показаны на фиг. 6А-6F и 7А-7F. Как показано на фиг. 8А, смесь 820 заготовки гидрогелевого разделителя можно осаждать на поверхность ламинатного узла. В некоторых примерах, как показано, смесь 820 заготовки гидрогелевого разделителя можно нанести на антиадгезионный слой 802. Далее, как показано на фиг. 8В, смесь 820 заготовки гидрогелевого разделителя можно продавить 850 в катодную выемку, счищая ее с антиадгезионного слоя 802. Термин «продавить» по существу относится к применению выравнивающего инструмента или скребка для растирания по поверхности

и перемещения текучего материала по поверхности и в существующие полости. Продавливание можно выполнять оборудованием, аналогичным устройству типа бытового «ракеля» или, альтернативно, выравнивающему устройству, такому как лезвия ножа, лезвия бритвы и т. п., которые могут быть изготовлены из множества

5 материалов и могут быть химически совместимыми с материалом для перемещения. Обработку, показанную на фиг. 8В, можно выполнить несколько раз, чтобы обеспечить покрытие катодной выемки и нарастить толщину итоговых элементов. Далее, как показано на фиг. 8С, смесь заготовки гидрогелевого разделителя можно высушивать для выпаривания материалов, которые, как правило, могут быть

10 растворителями или разбавителями разных типов, из смеси заготовки гидрогелевого разделителя; и затем осажденные и нанесенные материалы можно отверждать. В некоторых примерах можно повторить оба процесса, показанных на фиг. 8В и 8С, в комбинации. В некоторых примерах смесь заготовки гидрогелевого разделителя можно отверждать путем нагрева, а в других примерах отверждение можно выполнить путем

15 воздействия фотонной энергии. В дополнительных примерах отверждение может включать воздействие как фотонной энергии, так и нагрева. Существует множество способов отверждения смеси заготовки гидрогелевого разделителя.

Результатом отверждения может быть образование материала заготовки гидрогелевого разделителя на стенке полости, а также в области поверхности вблизи

20 элемента анода или катода, который в настоящем примере может представлять собой элемент анода. Прикрепление материала к боковым стенкам полости может способствовать разделительной функции разделителя. Результатом отверждения может быть образование концентрата 822 безводной полимеризованной смеси заготовки, которую можно считать просто разделителем элемента. Как показано на фиг. 8D,

25 катодную пасту 830 можно осаждать на поверхность антиадгезионного слоя 802 слоистой конструкции. Далее, как показано на фиг. 8Е, катодную пасту 830 можно продавить устройством 850 в катодную выемку и на концентрат 822 безводной полимеризованной смеси заготовки. Катодную пасту можно переместить к требуемому местоположению в полости, одновременно счищая ее в значительной степени с

30 антиадгезионного слоя 802 слоистой конструкции. Процесс, показанный на фиг. 8Е, можно выполнить несколько раз, чтобы обеспечить покрытие катодной пасты 830 поверх концентрата 822 смеси безводной полимеризованной заготовки. Далее, как показано на фиг. 8F, катодной пасте можно позволить высушиться с образованием изолированного катодного заполнителя 832 поверх концентрата 822 смеси безводной

35 полимеризованной заготовки, заполняя оставшуюся часть катодной выемки.

Как показано на фиг. 8G, состав 840 электролита можно добавить к изолированному катодному заполнителю 832 и позволить ему гидратировать изолированный катодный заполнитель 832 и концентрат 822 смеси безводной полимеризованной заготовки. Далее, как показано на фиг. 8H, катодную соединительную фольгу 816 можно прикрепить к

40 оставшемуся адгезионному слою 804 слоистой конструкции путем удаления оставшегося антиадгезионного слоя 802 слоистой конструкции и прижимания на его место соединительной фольги 816. В результате этого размещения можно покрыть гидратированный катодный заполнитель 842, а также установить электрический контакт с катодным заполнителем 842 в качестве катодного коллектора тока и средств

45 соединения.

На фиг. 9А-9С показан альтернативный пример получения ламинатного узла, показанного на фиг. 7D. Как показано на фиг. 9А, можно получить анодную соединительную фольгу 710 и с одной стороны нанести защитный маскирующий слой

712. На анодную соединительную фольгу 710 можно нанести слой 714 совместимого металла, например цинка, тем же способом, который проиллюстрирован на предыдущих фигурах. Как показано на фиг. 9В, гидрогелевый сепаратор 910 можно наносить без применения способа продавливания, показанного на фиг. 8Е. Смесь заготовки гидрогелевого разделителя можно наносить разными способами, например, предварительно сформированную из смеси пленку можно прикреплять путем физического прикрепления; альтернативно, разбавленную смесь заготовки гидрогелевого разделителя можно нанести, а затем довести до требуемой толщины путем нанесения методом центрифугирования. Альтернативно, материал можно нанести путем напыления или другой подобной технологии. Далее, на фиг. 9С показан способ создания сегмента гидрогелевого разделителя, который может функционировать как оболочка вокруг области разделителя. Таким способом можно создать область, которая ограничит течение, или диффузию, материалов, таких как электролит, за пределы внутренней структуры сформированных элементов батареи. Поэтому можно сформировать такой блокирующий элемент 920 разных типов. В некоторых примерах блокирующий элемент может соответствовать высокосшитой области разделительного слоя, которая может образовываться в некоторых примерах за счет повышенного воздействия фотонной энергии в желательной области блокирующего элемента 920. В других примерах в материал гидрогелевого разделителя перед его отверждением добавляют материалы, чтобы создать регионально дифференцированные участки, которые в процессе отверждения становятся блокирующим элементом 920. В дополнительных примерах области материала гидрогелевого разделителя можно удалить до или после отверждения с помощью разных методик, включая, например, химическое травление слоя с использованием маски с образованием регионального объема. Область удаленного материала может создать блокирующий элемент самостоятельно, или альтернативно ее можно фактически добавить обратно в зазор для создания блокирующего элемента. Обработка непроницаемого сегмента может производиться несколькими способами, включая обработку по трафарету, дополнительную сшивку, дополнительное фотооблучение, заполнение или невыполнение гидрогелевого прикрепления для создания зазора. В некоторых примерах ламинатная конструкция или узел такого типа, который показан на фиг. 9С в качестве результата обработки, может быть сформирован без блокирующего элемента 920.

Полимеризованные разделители элементов батареи

В некоторых конфигурациях батарей применение отдельного разделителя (как описано в предыдущем разделе) может быть исключено ввиду разных причин, таких как стоимость, доступность материалов, качество материалов или сложность обработки некоторых вариантов материалов, в качестве примеров, не имеющих ограничительного характера. В подобных случаях определенными преимуществами будет обладать, например, литой или формируемый на месте сепаратор, который изображен в рамках выполнения процессов, представленных на фиг. 8А-8Н. Хотя крахмальные и пастированные разделители успешно применяются в продаже в батареях АА и других элементах Лекланше или углеродно-цинковых батареях, такие разделители могут быть неподходящими в некоторых отношениях для применения в определенных примерах слоистых микробатарей. Следует уделить особое внимание однородности и согласованности геометрии всех разделителей, применяемых в батареях настоящего описания. Точный контроль над объемом разделителя может потребоваться для упрощения последующего точного встраивания известных объемов катода и последующей реализации соответствующих разрядных емкостей и рабочих

характеристик элемента.

Способ получения однородного, механически надежного, сформированного на месте разделителя может заключаться в применении УФ-отверждаемых гидрогелевых составов. В разных отраслях, например, в отрасли производства контактных линз, известны многие водопроницаемые гидрогелевые составы. Примером гидрогеля, широко применяемого в отрасли производства контактных линз, может быть сшитый гель поли-(гидроксиэтилметакрилата), или просто рНЭМА. Для множества сфер применения настоящего изобретения рНЭМА обладает многими привлекательными свойствами для применения в батареях Лекланше или углеродно-цинковых батареях. Как правило, содержание влаги рНЭМА в гидратированном состоянии составляет приблизительно 30-40 процентов, а модуль упругости - приблизительно 100 фунтов/кв. дюйм или более. Кроме того, специалисты в данной области могут регулировать влагосодержание и модуль упругости сшитых гидрогелей путем встраивания дополнительных гидрофильных мономерных (например, метакриловая кислота) или полимерных (например, поливинилпирролидон) компонентов. Таким образом, влагосодержание и, более конкретно, ионную проницаемость гидрогеля можно регулировать за счет изменения состава.

В некоторых примерах особым преимуществом является то, что пригодный к литью и полимеризации состав гидрогеля может содержать один или более разбавителей для ускорения обработки. Летучесть разбавителя выбирают так, чтобы пригодную к литью смесь можно было продавить в полость, а затем дать достаточно времени на сушку для удаления компонента летучего растворителя. После сушки можно инициировать объемную фотополимеризацию путем воздействия актиничным излучением с соответствующей длиной волны, таким как синее УФ-излучение с длиной волны 420 нм, для выбранного фотоинициатора, например CGI 819. С помощью летучего разбавителя можно обеспечить требуемую рабочую вязкость для облегчения формирования в полости равномерного слоя полимеризуемого материала. Летучий разбавитель также может обеспечить эффективное снижение поверхностного натяжения, особенно в случае, когда в состав встроены высокополярные момеры. Другим аспектом, который может быть важным для получения равномерного слоя полимеризуемого материала в полости, может быть рабочая вязкость. Обычные реактивные момеры с низкой молярной массой обладают, как правило, невысокой вязкостью, которая может составлять, как правило, лишь несколько сантипуаз. Для обеспечения эффективного контроля вязкости пригодного к литью и полимеризации материала разделителя можно выбрать для встраивания в его состав полимерный компонент с высокой молярной массой и с известной степенью совместимости с полимеризуемым материалом. Примеры полимеров с высокой молярной массой, которые могут быть подходящими для встраивания в примеры составов, могут включать поливинилпирролидон и полиэтиленоксид.

В некоторых примерах пригодный к литью и полимеризации сепаратор можно преимущественно поместить в сформированную полость, как описано выше. В альтернативных примерах полость может отсутствовать во время полимеризации. Вместо этого состав пригодного к литью и полимеризации разделителя можно нанести на подложку, содержащую электрод, например, из оцинкованной латуни, а затем подвергнуть актиничному излучению с применением фотомаски для избирательной полимеризации материала разделителя в заданных зонах. Непрореагировавший материал разделителя можно затем удалить путем воздействия соответствующих промывающих растворителей. В этих примерах материал разделителя может быть обозначен как

фотоструктурируемый по шаблону сепаратор.

Многокомпонентные составы разделителя

Подходящий сепаратор в соответствии с примерами настоящего изобретения может обладать рядом свойств, важных для его функционирования. В некоторых примерах сепаратор может быть желательно образован таким образом, чтобы создавать физический барьер, чтобы слои с каждой стороны разделителя не имели друг с другом физического контакта. Следовательно, слой может обладать важной характеристикой равномерной толщины, так как, хотя тонкий слой и может оказаться желательным по многим причинам, существенным может быть наличие слоя без пустот и зазоров. Кроме того, может быть желательно, чтобы тонкий слой обладал высокой проницаемостью, обеспечивающей свободный поток ионов. Также сепаратор требует оптимального поглощения влаги для оптимизации механических свойств разделителя. Таким образом, состав может содержать сшивающий компонент, гидрофильный полимерный компонент и компонент растворителя.

Сшивающее вещество может представлять собой мономер с двумя или более полимеризуемыми двойными связями. Подходящие сшивающие вещества могут представлять собой соединения с одной или более полимеризуемыми функциональными группами. Примеры подходящих гидрофильных сшивающих веществ также могут включать соединения с одной или более полимеризуемыми функциональными группами, а также гидрофильными функциональными группами, такими как полиэфирная, амидная или гидроксильная группы. Конкретные примеры включают TEGDMA (тетраэтиленгликольдиметакрилат), TrEGDMA (триэтиленгликольдиметакрилат), этиленгликольдиметакрилат (ЭГДМА), этилендиамин, диметакриламид, глицериндиметакрилат и/или их комбинации

Количество сшивающего вещества, которое может применяться в некоторых примерах, может находиться в диапазоне, например, от приблизительно 0,000415 до приблизительно 0,0156 моль на 100 грамм реакционных компонентов в реакционной смеси. Количество используемого гидрофильного сшивающего вещества, как правило, может составлять от приблизительно 0 до приблизительно 2% вес. и, например, от приблизительно 0,5 до приблизительно 2% вес. Может быть желателен выбор гидрофильных полимерных компонентов, способных повышать вязкость реакционной смеси и/или повышать степень водородных связей с медленно реагирующим гидрофильным мономером, таких как гидрофильные полимеры с высокой молекулярной массой.

Гидрофильные полимеры с высокой молекулярной массой обеспечивают улучшенную смачиваемость и в некоторых примерах могут улучшать смачиваемость разделителя настоящего изобретения. В некоторых не имеющих ограничительного характера примерах гидрофильные полимеры с высокой молекулярной массой могут представлять собой объекты водородных связей, которые в водной среде могут образовывать водородные связи с водой и таким образом становятся более гидрофильными. Отсутствие воды может способствовать внедрению гидрофильного полимера в реакционную смесь. Помимо специально названных гидрофильных полимеров с высокой молекулярной массой можно ожидать, что любой полимер с высокой молекулярной массой будет подходить для настоящего изобретения при условии, что при добавлении полимера в пример силикон-гидрогелевого состава гидрофильный полимер (а) не выделяется существенно в отдельную фазу из реакционной смеси и (б) увеличивает смачиваемость полученного отвержденного полимера.

В некоторых примерах предпочтительно, чтобы гидрофильный полимер с высокой

молекулярной массой был растворимым в разбавителе при рабочих температурах. Производственные процессы, в которых используется вода или водорастворимые разбавители, такие как изопропиловый спирт (ИПС), могут быть предпочтительными примерами из-за своей простоты и невысокой стоимости. В этих примерах также могут  
 5 быть предпочтительны гидрофильные полимеры с высокой молекулярной массой, которые растворяются в воде при рабочих температурах.

Примеры гидрофильных полимеров с высокой молекулярной массой включают, без ограничений, полиамиды, полилактоны, полиимиды, полилактамы и функционализированные полиамиды, полилактоны, полиимиды, полилактамы, такие  
 10 как ПВП или его сополимеры, или альтернативно ДМА, функционализированный сополимеризацией ДМА с меньшим молярным количеством гидроксил-функционализированного мономера, такого как гидроксиэтилметакрилат (ГЭМА), с последующей реакцией гидроксильных групп полученного сополимера с материалами, содержащими радикальные полимеризуемые группы. Примеры гидрофильных  
 15 полимеров с высокой молекулярной массой включают, без ограничений, поли-N-винилпирролидон, поли-N-винил-2-пиперидон, поли-N-винил-2-капролактамы, поли-N-винил-3-метил-2-капролактамы, поли-N-винил-3-метил-2-пиперидон, поли-N-винил-4-метил-2-пиперидон, поли-N-винил-4-метил-2-капролактамы, поли-N-винил-3-этил-2-пирролидон и поли-N-винил-4,5-диметил-2-пирролидон, поливинилимидазол, поли-N-  
 20 -N-диметилакриламид, поливиниловый спирт, полиакриловую кислоту, полиэтиленоксид, поли-2-этилоксазолин, полисахариды гепарина, полисахариды, их смеси и сополимеры (включая блок-сополимеры или статистические, с разветвленной цепью, многоцепочечные, гребенчатые или звездообразные), где поли-N-винилпирролидон (ПВП) может представлять собой желательный пример, где ПВП добавляли в  
 25 композицию гидрогеля с образованием взаимопроникающей полимерной сетки с низким уровнем поверхностного трения и низким уровнем дегидратации.

Также могут быть включены дополнительные компоненты или добавки, известные специалистам в данной области. Добавки могут включать, в частности, композиции с ультрафиолетовым поглощением, фотоинициаторы, такие как CGI 819, реакционно-  
 30 способные краски, бактерицидные композиции, пигменты, фотохромные композиции, разделительные агенты, их комбинации и т.п.

Способ, связанный с такими типами разделителей, может также включать прием CGI 819; затем смешивание с ПВП, ГЭМА, ЭГДМА и ИПС; затем отверждение полученной смеси с помощью источника тепла или воздействия фотонов. В некоторых  
 35 примерах воздействие фотонов может осуществляться в условиях, когда энергия фотонов соответствует длине волны в ультрафиолетовой части электромагнитного спектра. Настоящее изобретение включает другие способы иницирования полимеризации, которая по существу выполняется в реакциях полимеризации.

#### Коллекторы тока и электроды

40 В некоторых примерах углеродно-цинковых элементов и элементов Лекланше катодный токоотвод может представлять собой спеченный углеродный стержень. Материал этого типа может представлять техническую трудность для тонких электрохимических элементов настоящего описания. В некоторых примерах в тонких электрохимических элементах можно применять печатные углеродные чернила вместо  
 45 спеченного углеродного стержня для катодного коллектора тока, и в этих примерах итоговое устройство можно изготовить без существенного ухудшения итогового электрохимического элемента. Как правило, углеродные чернила можно наносить непосредственно на материалы оболочки, которые могут содержать полимерные пленки

или в некоторых случаях металлическую фольгу. В примерах, где пленка оболочки может представлять собой металлическую фольгу, от углеродных чернил может требоваться защищать нижележащую металлическую фольгу от химического разрушения и/или коррозии под действием электролита. Кроме того, в этих примерах от коллектора тока, содержащего углеродные чернила может требоваться обеспечивать электропроводность изнутри электрохимического элемента наружу электрохимического элемента, обеспечивая герметичность вокруг углеродных чернил или сквозь них. Ввиду пористой природы углеродных чернил выполнить это без существенных трудностей может быть непросто. Углеродные чернила также можно наносить слоями, которые имеют предельную и относительно небольшую толщину, например, от 10 до 20 микрон. В конфигурации тонкого электрохимического элемента, в котором общая внутренняя толщина герметичной оболочки может составлять всего от 100 до 150 микрон, толщина слоя углеродных чернил может составлять существенную долю от общего внутреннего объема электрохимического элемента, таким образом негативно влияя на электрические характеристики элемента. Дополнительно, малая толщина батареи в целом и коллектора тока в частности может подразумевать небольшую площадь поперечного сечения коллектора тока. Поскольку сопротивление дорожки возрастает с длиной дорожки и уменьшается с ростом области поперечного сечения, сопротивление коллектора тока может быть обратно пропорционально его толщине. Объемное удельное сопротивление углеродных чернил может быть недостаточным для удовлетворения требований к сопротивлению тонких батарей. Также считается, что добавление к чернилам серебра или других проводящих металлов может понизить сопротивление и/или толщину слоя, но эти металлы могут привести новые сложности, такие как несовместимость с новыми электролитами. Учитывая эти факторы, в некоторых примерах может быть желательным создание высокоэффективных тонких электрохимических элементов настоящего описания за счет использования в качестве коллектора тонкой металлической фольги или нанесения тонкой металлической пленки на нижележащий полимерный слой оболочки для функционирования в качестве коллектора тока. Такие металлические пленки могут иметь значительно более низкое сопротивление, что таким образом позволяет им удовлетворять требованиям к электрическому сопротивлению при намного меньшей толщине, чем печатные углеродные чернила.

В некоторых примерах один или более верхних и/или нижних слоев оболочки могут служить в качестве подложки для напыления металла коллектора тока или наложения металла. Например, материал 3M<sup>®</sup> Scotchpak 1109 можно металлизировать с помощью физического осаждения из паровой фазы (PVD) одного или более металлических слоев, подходящих в качестве коллектора тока для катода. Примеры металлических наложений, подходящих в качестве катодных коллекторов тока, могут представлять собой адгезионные слои Ti-W (титана-вольфрама) и проводящие слои Ti (титана). Примерами металлических наложений, подходящих в качестве анодных коллекторов тока, могут быть адгезионные слои титана-вольфрама (Ti-W), проводящие слои золота (Au) и слои осаждения индия (In). Полная толщина слоев PVD может быть менее 500 нм. Если применяется множество слоев металлов, электрохимические и защитные свойства могут потребовать их совместимости с батареей. Например, на зародышевый слой можно способом электроосаждения нанести медь для создания толстого проводящего слоя. На медь можно нанести дополнительные слои. Однако медь может быть электрохимически несовместимой с некоторыми электролитами, особенно в присутствии цинка. Соответственно, при применении меди в качестве слоя в батарее может потребоваться в достаточной степени изолировать ее от электролита батареи.

Альтернативно медь можно исключить или заместить другим металлом.

В некоторых других примерах верхние и/или нижние слои оболочки из фольги также могут функционировать как коллекторы тока. Например, латунная фольга толщиной 25 микрон может быть подходящей в качестве анодного коллектора тока для цинкового анода. Перед тем как наносить цинк на латунную фольгу способом электроосаждения, на нее необязательно можно нанести способом электроосаждения индий. В одном примере оболочка из фольги, выполняющая функцию катодного коллектора тока, может содержать слой титановой фольги, фольги из сплава Hastelloy C-276, хрома и/или тантала. В некоторых конфигурациях один или более слоев фольги оболочки могут быть подвергнуты тонкой листовой штамповке, тиснению, травлению, текстурированию, обработке лазером и другим видам обработки для придания конечной оболочке элемента желательной формы, шероховатости поверхности и/или геометрии.

#### Катодная смесь

Существует множество разных вариантов химического состава катода, которые могут соответствовать концептам настоящего изобретения. В некоторых примерах катодная смесь, причем термин может означать химический состав, применяемый для образования катода батареи, может применяться в виде пасты, геля, или суспензии и может содержать оксид переходного металла, например, двуокись марганца, определенную форму проводящей добавки, например, определенную форму проводящего порошка, такого как сажа или графит, а также растворимый в воде полимер, например, поливинилпирролидон (ПВП), либо некоторые другие связующие добавки. В некоторых примерах могут быть включены другие компоненты, такие как одно или более связующих веществ, электролитические соли, ингибиторы коррозии, вода или другие растворители, поверхностно-активные вещества, реологические модификаторы и другие проводящие добавки, такие как проводящие полимеры. Катодная смесь, надлежащим образом составленная и приготовленная, может иметь желательные реологические свойства, которые позволяют либо дозировать ее на определенные части разделителя и/или катодного коллектора тока, либо аналогичным образом продавливать ее через сетку или шаблон. В некоторых примерах катодную смесь можно высушивать перед применением в более поздних стадиях сборки элемента, в то время как в других примерах катод может содержать некоторые или все компоненты электролита и может только частично высушиваться до выбранного содержания влаги.

Оксид переходного металла может, например, представлять собой двуокись марганца. Двуокись марганца, которую можно применять в катодной смеси, например, может представлять собой электролитическую двуокись марганца (EMD) из-за выгодной специальной подачи энергии, которую обеспечивает этот тип двуокиси марганца (NMD) по сравнению с другими формами, такими как природная двуокись марганца или химическая двуокись марганца (CMD). Более того, для EMD, подходящей для батарей настоящего изобретения, может требоваться размер частиц и распределение частиц по размеру, которые могут быть благоприятны для изготовления паст катодной смеси, пригодных для осаждения или отпечатывания. В частности, EMD можно обработать для удаления из нее значительных крупных компонентов частиц, которые можно счесть крупными по сравнению с другими элементами, такими как внутренние размеры батареи, толщина разделителя, диаметры наконечников дозатора, размеры окон шаблона или размеры ячеек сетки. Можно также оптимизировать размеры частиц, чтобы улучшить рабочие характеристики батареи, например, внутреннее полное сопротивление и разрядную емкость.

Помол представляет собой перевод твердых материалов из состояния с одним средним

размером частиц в состояние с другим, меньшим, размером частиц, путем дробления, толчения, разрезания, воздействия вибраций или с использованием других способов. Помол можно также использовать для высвобождения подходящих материалов из связующих материалов, в которые их можно внедрить, а также для повышения концентрации минералов. Измельчитель представляет собой устройство, которое дробит твердые материалы на более мелкие частицы путем дробления, толчения или разрезания. Может быть несколько средств для измельчения и много типов материалов, обрабатываемых такими средствами. Такие средства для измельчения могут включать, среди прочих альтернативных вариантов для измельчения, шаровую мельницу, бисерную мельницу, ступку и пестик, роликовый пресс, струйную вихревую мельницу. Один пример измельчения, которое можно использовать в настоящем изобретении, представляет собой струйное измельчение. После измельчения меняется состояние твердого вещества, например, размер частиц, расположение частиц по размеру и форма частиц. Возможно использование способа измельчения заполнителя для удаления или отделения загрязнений или влаги из заполнителя для получения «сухого заполнения» перед транспортировкой или структурной засыпкой. В некотором оборудовании возможна комбинация разных способов сортировки твердого материала в смесь твердых частиц, размер которых ограничен минимальным и максимальным размером частиц. Такая обработка называется «сортировкой».

Измельчение может быть одним аспектом производства катодной смеси для единообразного распределения размеров частиц компонентов катодной смеси. Единообразие размера частиц в катодной смеси может способствовать достижению требуемой вязкости, реологических свойств, электропроводности и других свойств катода. Измельчение может способствовать достижению таких свойств путем контроля агломерирования или накопления массы компонентов катодной смеси. Агломерирование представляет собой группировку непохожих элементов, которые в случае катодной смеси могут быть аллотропными модификациями углерода и оксидами переходных металлов, может отрицательно влиять на процесс заполнения, оставляя пустоты в предназначенной для катода полости, как показано на фиг. 11 и описано ниже.

Еще одной важной стадией для удаления агломерированных или нежелательных частиц является фильтрация. Нежелательные частицы могут включать частицы слишком большого размера, загрязнения, или другие частицы, не включенные в явной форме в способ получения. Фильтрацию можно выполнять с помощью таких способов, как, например, фильтрация фильтровальной бумагой, вакуумная фильтрация, хроматография, микрофильтрация, и других способов фильтрации.

В некоторых примерах EMD могут иметь средний размер частиц 7 микрон, с содержанием крупных частиц, которые могут содержать частицы вплоть до приблизительно 70 микрон. В альтернативных примерах EMD можно просеивать, дополнительно размалывать или иным образом отделять или обрабатывать с целью ограничения содержания крупных частиц до уровня ниже определенного порога, например, 25 микрон или ниже.

Катод может также содержать двуокись серебра или метагидроокись никеля. Такие материалы могут обеспечить повышенную емкость и меньшее снижение напряжения с нагрузкой во время разрядки по сравнению с двуокисью марганца, причем оба эти свойства являются желательными для батареи. Батареи на основе этих катодов уже могут иметь примеры применения в отрасли и в литературе. Новая микробатарея с использованием двуокиси серебра в составе катода может включать биосовместимый электролит, например, электролит, содержащий соль цинка и/или соль аммония вместо

гидроокиси калия. Соли цинка/аммония могут включать ацетат, сульфат, бромид, глюконат, нитрат и иодид.

Некоторые примеры катодной смеси могут включать полимерное связующее вещество. Связующее вещество может выполнять ряд функций в катодной смеси.

5 Основной функцией связующего может быть создание достаточной электрической сети между частицами EMD и частицами углерода. Второй функцией связующего вещества может быть усиление механической адгезии и электрического контакта с катодным коллектором тока. Третьей функцией связующего вещества может быть влияние на реологические свойства катодной смеси для ее преимущественного дозирования и/или  
10 нанесения через шаблон или сетку. Наконец, четвертой функцией связующего может быть ускорение поглощения и распределения электролита внутри катода.

Выбор связующего полимера, а также объема его применения может быть эффективным для функционирования катода в электрохимическом элементе настоящего изобретения. Если связующий полимер обладает повышенной растворимостью в  
15 применяемом электролите, это будет препятствовать выполнению основной функции связующего вещества - обеспечению непрерывного электрического контакта - вплоть до полной потери работоспособности элемента. Напротив, если связующий полимер нерастворим в применяемом электролите, части EMD могут оказаться ионно изолированными от электролита, что приведет к ухудшению рабочих характеристик  
20 элемента, такому как снижение емкости и напряжения при разомкнутой цепи и/или увеличение внутреннего сопротивления.

Связующее вещество может быть гидрофобным, оно также может быть гидрофильным. Примеры связующих полимеров, подходящих для настоящего изобретения, включают ПВП, полиизобутилен (PIB), резиноподобные  
25 триблоксополимеры, содержащие стирольные конечные блоки, такие как блоки производства Kraton Polymers, стирол-бутадиеновые блок-сополимерные латексы, полиакриловую кислоту, гидроксипропилцеллюлозу, карбоксиметилцеллюлозу, твердые фторуглеродные вещества, такие как политетрафторэтилен, и другие полимеры.

Одним из компонентов катодной смеси может быть растворитель. Растворитель  
30 может подходить для увлажнения катодной смеси, что может способствовать распределению частиц в смеси. Одним пример растворителя может представлять собой толуол. Также для увлажнения и, таким образом, распределения катодной смеси может подходить поверхностно-активное вещество. Одним пример поверхностно-активного  
35 вещества может представлять собой моющее средство, такое как Triton<sup>™</sup> QS-44. Triton<sup>™</sup> QS-44 может способствовать разъединению агрегированных составляющих катодной смеси, обеспечивая более равномерное распределение составляющих катодной смеси.

При производстве катода, как правило, может использоваться проводящий углерод. Углерод способен образовывать большое количество аллотропных или различных  
40 структурных модификаций. Разные аллотропные модификации углерода обладают разными физическими свойствами, что приводит к вариациям электропроводности. Например, «упругость» сажи может способствовать прикреплению катодной смеси к коллектору тока. Однако в элементах питания, требующих относительно низких количеств энергии, такие вариации электропроводности могут быть менее важны, чем  
45 другие благоприятные свойства, например, среди прочего, плотность, размер частиц, теплопроводность и относительная однородность. Примеры аллотропных модификаций углерода включают алмаз, графит, графен, аморфный углерод (который неофициально называют сажей), бакминстерфуллерены, стекловидный углерод (также называемый стеклоуглеродом), углеродные аэрогели и другие возможные формы углерода,

способные проводить электричество. Одним пример аллотропной модификации углерода может представлять собой графит.

Один пример полного состава катодной смеси представлен в ниже в таблице 1.

| Таблица 1                 |              |
|---------------------------|--------------|
| Пример композиций         | Удельный вес |
| 80:20 JMEMD/KS6           | 4,900        |
| PIB B10 (из 20% раствора) | 0,100        |
| Толуол                    | 2,980        |
| Итого                     | 7,980        |

где PIB - полиизобутилен, JMEMD - размолотая на струйной мельнице двуокись марганца, KS6 - графит производства Timcal, а PIB B10 - полиизобутилен с маркой молекулярной массы B10.

После составления и обработки катодной смеси ее можно распределить, нанести и/или сохранить на поверхности, например, на гидрогелевом разделителе, или катодном коллекторе тока, или в объеме, например, в полости слоистой структуры. Заполнение поверхности со временем может привести к заполнению объема. Для нанесения, распределения и/или сохранения смеси желательны определенные реологические свойства, оптимизирующие процесс распределения, нанесения и/или сохранения. Например, реологические свойства с меньшей вязкостью способствуют лучшему заполнению полости, в то же время ухудшая распределение частиц. Реологические свойства с большей вязкостью способствуют оптимизированному распределению частиц, с возможным ухудшением способности заполнять полости и возможным снижением электропроводности.

Например, на фиг. 10A-10F показано оптимизированное и неоптимизированное распределение или нанесение в полость. На фиг. 10A показана полость, оптимально заполненная катодной смесью после нанесения, распределения и/или сохранения катодной смеси. На фиг. 10B показана полость с недостаточным заполнением в нижнем левом квадранте 1002, что может быть прямым результатом нежелательных реологических свойств катодной смеси. На фиг. 10C показана полость с недостаточным заполнением в верхнем правом квадранте 1004, что может быть прямым результатом нежелательных реологических свойств катодной смеси. На фиг. 10D и 10E показана полость с недостаточным заполнением в центре 1006 или в нижней части 1008 полости, что может происходить из-за пузырька воздуха, явившегося прямым результатом нежелательных реологических свойств катодной смеси. На фиг. 10F показана полость с недостаточным заполнением к верхней части 1010 полости, что может быть прямым результатом нежелательных реологических свойств катодной смеси. Показанные на фиг. 10B-10F дефекты могут привести к некоторым проблемам с батареей, например, к пониженной емкости, повышенному внутреннему сопротивлению и снижению надежности.

Кроме того, как показано на фиг. 11, в результате нежелательных реологических свойств катодной смеси может возникнуть агломерирование 1102. Агломерирование может стать причиной ненадлежащих рабочих характеристик катодной смеси, например, привести к заниженной разрядной емкости и повышенному внутреннему сопротивлению.

В одном примере катодная смесь, похожая по консистенции на арахисовое масло, оптимизирована для заполнения скребком полости слоистой конструкции при поддержании электропроводности. В другом примере смесь является достаточно вязкой, чтобы ее можно было впечатать в полость. В другом примере катодную смесь сушат, размещают и хранят в полости.

### Аноды и ингибиторы анодной коррозии

Аноды слоистой батареи настоящего изобретения могут, например, содержать цинк. В традиционных цинково-углеродных батареях цинковый анод может принимать форму банки, в которой может удерживаться содержимое электрохимического элемента. Для  
 5 батареи настоящего изобретения примером может быть цинковая банка, но существуют и другие физические формы цинка, которые могут обеспечить желательные конфигурации сверхкомпактных батарей.

Можно найти примеры применения нанесения цинка методом электроосаждения во многих отраслях, например, для защитных и декоративных покрытий металлических  
 10 частей. В некоторых примерах электроосаждение цинка может применяться для получения тонких анодов нестандартной формы, подходящих для батарей настоящего изобретения. Более того, в процессе нанесения методом электроосаждения слой цинка можно нанести по шаблону во множество различных заданных конфигураций. Простым способом нанесения электроосаждаемого цинка по шаблону может быть обработка с  
 15 применением фотошаблона или физической маски. В случае фотомаски фоторезист можно нанести на проводящую подложку, на которую впоследствии можно нанести цинк методом осаждения. Требуемый шаблон нанесения можно затем перенести на фоторезист с помощью фотошаблона, таким образом вызывая полимеризацию выбранных участков фоторезиста. Неполимеризованный фоторезист можно затем  
 20 удалить соответствующими методами растворения и очистки. В результате можно получить структурированные по шаблону участки проводящего материала, которые могут принимать обработку цинком способом электроосаждения. Несмотря на то, что этот способ может обеспечить преимущество для формы или конфигурации цинка, наносимого электролитическим методом, этот подход может потребовать применения  
 25 имеющихся фотоструктурируемых по шаблону материалов, которые могут иметь ограниченные свойства для общей конструкции герметичной оболочки элемента. Следовательно, для реализации некоторых конфигураций тонких микробатарей настоящего описания могут потребоваться новые способы нанесения цинка по шаблону.

Альтернативным способом придания цинковым анодам необходимой конфигурации  
 30 является применение физической маски. Физическую маску можно выполнить путем вырезания желательных отверстий в пленке, имеющей желательные защитные и/или изолирующие свойства. Кроме того, на пленку с одной или обеих сторон можно нанести самоклеящийся адгезив. Наконец, на пленку с одной или обеих адгезивных сторон можно наложить защитные антиадгезионные пленки. Антиадгезионная пленка может  
 35 служить двойной цели защиты адгезива во время вырезания отверстия и защиты адгезива во время конкретных технологических стадий сборки электрохимического элемента, в частности, стадии заполнения катода. В некоторых примерах цинковая маска может содержать пленку ПЭТ толщиной приблизительно 100 микрон, на которую с обеих сторон можно нанести самоклеящийся адгезив слоем толщиной приблизительно 10-20  
 40 микрон. Оба слоя PSA могут быть покрыты антиадгезионной пленкой ПЭТ, поверхность которой может быть обработана с целью снижения поверхностной энергии и которая может иметь толщину приблизительно 50 микрон. В этих примерах многослойная цинковая маска может содержать пленки PSA и ПЭТ. Пленки ПЭТ и конструкции цинковой маски ПЭТ/PSA, как описано в настоящем документе, желательно обработать  
 45 прецизионным наносекундным лазером для микромеханической обработки, таким как рабочая станция для микромеханической обработки серии Oxford Lasers E, для сверхточной вырезки отверстий в маске для упрощения последующего осаждения. По существу, после изготовления цинковой маски одну сторону антиадгезионной пленки

можно удалить, и маску с отверстиями можно наложить на анодный токоотвод и/или на пленку/фольгу оболочки со стороны анода. Таким образом PSA создает уплотнительный слой на внутренних краях отверстий, обеспечивая чистоту и точность маскировки поверхности цинка в процессе электроосаждения.

5 После размещения цинковой маски можно выполнить электроосаждение одного или более металлических материалов. В некоторых примерах цинк можно нанести путем электроосаждения непосредственно на электрохимически совместимую фольгу анодного коллектора тока, такую как латунь. В альтернативных примерах конфигурации, где  
10 анодная сторона оболочки содержит полимерную пленку или многослойную полимерную пленку, на которую нанесен зародышевый слой металла, цинк, и/или раствор для нанесения цинка электроосаждением могут быть химически несовместимы с нижележащим зародышевым слоем металла. Проявления недостаточной совместимости могут включать растрескивание пленки, коррозию и/или усиленное выделение  $H_2$  при контакте с электролитом элемента. В таком случае для обеспечения общей химической  
15 совместимости в системе на зародышевый металл можно нанести дополнительные металлы. Одним металлом, который может быть пригодным для конструкций электрохимического элемента, может быть индий. Индий можно широко применять в качестве легирующего агента в цинке для батареи, причем его основной функцией является обеспечение антикоррозионного свойства цинка в присутствии электролита.  
20 В некоторых примерах индий можно успешно наносить путем электроосаждения на различные зародышевые слои металлов, таких как Ti-W или Au. Образующиеся на зародышевых слоях металла пленки индия толщиной 1-3 микрон могут иметь низкое напряжение и хорошую адгезивность. Таким образом достигается совместимость и устойчивость пленки оболочки со стороны анода и прикрепленного к ней коллектора  
25 тока, имеющего слой индия сверху. В некоторых примерах можно нанести цинк на покрытую индием поверхность, причем итоговый слой может быть очень неоднородным и зернистым. Такой эффект может проявляться при низких плотностях тока, например, 20 ампер на квадратный фут (А/кв.м). Под микроскопом видно, что зерна цинка образуются на нижележащем ровном слое индия. В некоторых конфигурациях  
30 электрохимического элемента вертикальный зазор для анодного слоя цинка может составлять до приблизительно 5-10 микрон в толщину, но в некоторых примерах для осаждения цинка можно применять низкие плотности тока, и полученные неровности могут превышать по высоте желаемую максимальную вертикальную толщину для анода. Неровности цинка могут являться результатом комбинации высокого  
35 электрического перенапряжения индия и присутствия окисной пленки на индии.

В некоторых примерах относительно большие неровности слоя цинка на поверхностях индия можно преодолеть за счет увеличения плотности постоянного тока в процессе электроосаждения. Например, плотность тока 100 А/кв.м в условиях электроосаждения может привести к зернистости цинка, но размер зерен цинка может быть значительно  
40 снижен по сравнению с плотностью тока 20 А/кв.м в условиях электроосаждения. Кроме того, число зерен может значительно возрасти при плотности тока 100 А/кв.м в условиях электроосаждения. Итоговая пленка цинка может в конце концов склеиться в более или менее равномерный слой лишь с некоторыми остаточными элементами зернистости, соблюдая при этом вертикальный зазор в приблизительно 5-10 микрон.

45 Дополнительным преимуществом индия в электрохимическом элементе может быть пониженное выделение образованного  $H_2$ , которое может представлять собой медленный процесс, происходящий в водных электрохимических элементах, содержащих цинк. Индий может быть предпочтительно нанесен на один или более анодных коллекторов

тока, на сам анод в качестве соосажденного легирующего компонента или в качестве поверхностного покрытия на электроосажденный слой цинка. В последнем случае поверхностные покрытия из индия может быть желательно наносить на месте с помощью добавки к электролиту, такой как трихлорид индия или ацетат индия. При введении таких добавок в электролит в небольших концентрациях индий может спонтанно электроосаждаться на открытые поверхности цинка, а также на участки открытого анодного коллектора тока.

Цинковые и аналогичные аноды, широко применяемые в доступных в продаже первичных батареях, как правило, доступны в форме листов, стержней или пасты. Анод миниатюрной биосовместимой батареи может быть аналогичной формы, например, из тонкой фольги, или может быть электроосажден, как описано выше. Свойства этого анода могут существенно отличаться от свойств анодов существующих батарей, например, вследствие различий в примесях или обработке поверхности, связанных с процессами механической обработки и электроосаждения. Соответственно, электроды и электролит могут потребовать специального проектирования, чтобы удовлетворить требования к емкости, полному сопротивлению и сроку хранения. Например, для оптимизации характеристик электрода могут потребоваться специальные параметры способа электроосаждения, композиция ванны для осаждения, обработка поверхности и композиция электролита.

#### Компоновка и изготовление батареи

Компоновка и технология изготовления батареи могут быть тесно связаны между собой. Как описано в предыдущих разделах настоящего изобретения, батарея имеет следующие элементы: катод, анод, сепаратор, электролит, катодный токоотвод, анодный токоотвод и оболочку. В продуманной конфигурации эти элементы могут быть скомбинированы в простые для изготовления подузлы. В других примерах оптимизированная конфигурация может иметь компоненты двойного назначения, такого как применение металлической оболочки также в качестве коллектора тока. С точки зрения относительного объема и толщины почти все эти элементы могут иметь одинаковый объем, за исключением катода. В некоторых примерах электрохимические системы могут требовать объем катода, превышающий объем анода приблизительно в 2-10 (два-десять) раз, ввиду существенных различий в механической плотности, плотности энергии, эффективности разряда, чистоте материала, а также наличии связующих, наполнителей и проводящих агентов. В этих примерах относительный масштаб различных компонентов можно приблизительно представить в виде следующей толщины элементов: анодный токоотвод = 1 мкм; катодный токоотвод = 1 мкм; электролит = пропитывающий раствор (практически 0 мкм); сепаратор = в зависимости от конструкции, при этом максимальная расчетная толщина может составлять приблизительно 15 мкм; анод = 5 мкм; и катод = 50 мкм. Для этих примеров элементов оболочка, необходимая для обеспечения достаточной защиты для поддержания химического состава батареи в условиях применения, может иметь расчетную максимальную толщину приблизительно 50 мкм.

В некоторых примерах, которые могут принципиально отличаться от больших призматических конструкций, таких как цилиндрические или прямоугольные формы, и которые могут отличаться от твердотельных конструкций на основе полупроводниковых пластин, такие примеры могут иметь «пакетную» конструкцию с применением сеток и листов различных конфигураций и размещением внутри элементов батареи. Оболочка может иметь две пленки или одну пленку, наложенную на другую сторону, причем каждая из этих конфигураций может образовывать две практически

плоские поверхности, которые затем можно герметизировать по периметру с образованием оболочки. Эта тонкая, но широкая форма может сделать сами элементы батареи тонкими и широкими. Кроме того, эти примеры могут быть подходящими для применения путем нанесения покрытий, глубокой печати, трафаретной печати, напыления и других аналогичных технологий изготовления.

Существует множество конструкций внутренних компонентов, таких как анод, сепаратор и катод, в этих примерах «пакетной» батареи с тонкими, но широкими факторами. В закрытой области, образованной между двумя пленками, эти основные элементы можно расположить либо «копланарно», то есть бок о бок на одной плоскости, либо «кофациально», то есть лицом к лицу на противоположных плоскостях. В копланарной конструкции анод, сепаратор и катод можно осаждать на одну поверхность. В кофациальной конструкции анод можно осаждать на поверхность 1, катод можно осаждать на поверхность 2, а сепаратор можно поместить между ними, либо осаждать на одну из сторон, либо вставить в качестве отдельного элемента.

Другой тип примера можно классифицировать как ламинатную сборку, которая может включать применение пленок в форме сетки или листа для формирования батареи слой за слоем. Листы можно прикреплять друг к другу с помощью адгезивов, таких как самоклеящиеся адгезивы, термоактивируемые адгезивы или адгезивы на основе химической реакции. В некоторых примерах листы можно скреплять с помощью методов сварки, таких как термическая сварка, ультразвуковая сварка и т. п. Листы позволяют применять стандартные промышленные технологии сборки, такие как рулонная (roll-to-roll, R2R) или листовая (sheet-to-sheet). Как указано выше, внутренний объем катода может потребовать по существу превышения объема других активных элементов в батарее. Большая часть конструкции батареи может составлять пространство для материала этого катода и препятствовать его перемещению при изгибании батареи. Другая часть конструкции батареи, которая может составлять значительную долю общей толщины, может представлять собой материал разделителя. В некоторых примерах листовая форма разделителя может предоставлять выгодное решение для ламинатной обработки. В других примерах сепаратор можно сформировать путем подачи материала гидрогеля в слой, который будет служить разделителем.

В этих примерах сборки ламинатной батареи формируемый продукт может иметь анодный лист, который может представлять собой комбинацию слоя герметичной оболочки и анодного коллектора тока, а также подложку для анодного слоя. Формируемый продукт также может иметь в некоторых случаях монтажный лист разделителя, монтажный лист катода и катодный лист. Катодный лист может быть комбинацией слоя герметичной оболочки и слоя катодного коллектора тока.

Плотный контакт между электродами и коллекторами тока имеет большое значение для снижения полного сопротивления и повышения разрядной емкости. Если участки электрода не контактируют с коллектором тока, сопротивление может увеличиваться, так как проводимость в этом случае осуществляется через электрод (как правило, менее проводящий, чем токоотвод), либо часть электрода может полностью отключиться. В таблеточных или цилиндрических батареях плотный контакт обеспечивается за счет механического усилия для сжатия банки, закладывания пасты в банку или за счет аналогичных средств. В доступных в продаже батареях для поддержания усилия внутри батареи применяются волнистые шайбы или аналогичные пружины; однако в миниатюрных батареях это может привести к увеличению общей толщины. В обычных батареях с прижимным контактом сепаратор может быть насыщен электролитом, помещен между электродами и прижат внешней оболочкой. В слоистой кофациальной

батареи существует несколько способов повышения плотности контакта с электродом. Анод можно нанести непосредственно на токоотвод, без применения пасты. Этот способ по своей природе обеспечивает высокий уровень плотности контакта и проводимости. Катод, напротив, как правило, представляет собой пасту. Несмотря на то что связующий материал, присутствующий в катодной пасте, может обеспечивать адгезию и когезию, для обеспечения стабильного контакта между катодной пастой и катодным коллектором тока требуется механическое давление. Это особенно важно, когда герметичная оболочка изогнута и батарея стареет и разряжается, например, когда влага покидает герметичную оболочку через тонкие и маленькие уплотнительные слои. В слоистой кофациальной батарее компрессию катода можно обеспечить за счет внедрения соответствующего разделителя и/или электролита между анодом и катодом. Гелевый электролит или гидрогелевый сепаратор, например, может прижаться к узлу, а не просто вытечь из батареи, как мог бы сделать жидкий электролит. После герметизации батареи электролит и/или сепаратор можно прижать обратно к катоду. После сборки слоистого пакета можно выполнить стадию тиснения, приложив компрессию к пакету.

#### Аспекты биосовместимости батарей

Батареи, согласно настоящему изобретению, могут иметь важные аспекты, касающиеся безопасности и биосовместимости. В некоторых примерах батареи для биомедицинских устройств должны удовлетворять требованиям, выходящим за рамки типовых сценариев применения. В некоторых примерах могут учитываться аспекты конфигурации, касающиеся случаев нагрузки. Например, может потребоваться учесть безопасность электронной контактной линзы для случаев, когда пользователь ломает линзу в процессе ее вставки или извлечения. В другом примере аспекты конфигурации могут учитывать вероятность удара пользователя посторонним предметом в глаз. В дополнительных примерах условия нагрузки, которые можно учитывать при разработке параметров и ограничений конфигурации, могут относиться к вероятности ношения пользователем линз в неблагоприятных условиях окружающей среды, таких как окружающая среда под водой или окружающая среда на большой высоте, в качестве примеров, не имеющих ограничительного характера.

Безопасность такого устройства может зависеть от материалов, из которых образовано устройство; количества этих материалов, использованного при производстве устройства; и от оболочки, применяемой для отделения устройств от окружающей среды на теле или внутри тела. В качестве примера, кардиостимуляторы могут быть типичным примером биомедицинского устройства, которое может включать батарею и которое может быть имплантировано пользователю на длительный период времени. В некоторых примерах такие кардиостимуляторы, как правило, могут быть заключены в герметизированные путем сварки титановые корпуса, или в других примерах - множество слоев обложки. Новые биомедицинские устройства с электропитанием могут представлять дополнительные сложности в том, что касается оболочки, особенно оболочки батарей. Эти новые устройства могут быть намного мельче существующих биомедицинских устройств, например, электронная контактная линза или камера-таблетка могут быть значительно мельче кардиостимулятора. В таких примерах объем и площадь, имеющиеся для оболочки, могут быть значительно сокращены. Преимуществом ограниченного объема может быть то, что количества материалов и химикатов могут быть настолько малы, что по своей природе ограничивают потенциал воздействия на пользователя до уровня ниже предела безопасности.

Подход, основанный на ламинировании полости, может предоставить возможности

для улучшения биосовместимости. Каждая из полостей может быть окружена ламинирующим материалом, что позволяет создать относительно большую герметизирующую плоскость для степени объема батареи. Более того, в случае нарушения герметизации или материала, окружающего полость, объем материала батареи, который может покинуть батарею, будет ограничен этой частью одной полости. Батарейки могут также быть запечатаны в дополнительные инкапсулирующие аспекты, такие как карманы из герметизирующих материалов, дополнительные покрытия из герметизирующих материалов, и различные способы формирования разнообразных герметиков, такие как лазерная или термальная герметизация.

На фиг. 12А-12С показан пример модифицированной основанной на полостях ячейки батареи с примерами герметических/диффузионных аспектов. Начнем с фиг. 12А, где показан вид сверху примера биосовместимого элемента питания с инкапсуляцией. Охватывающий слой, способный к герметизации 1201 может инкапсулировать элемент питания, содержащий по меньшей мере анодный токоотвод 1202 с анодом, катодный токоотвод 1204 с катодом, и внутренние адгезивы/герметики 1208. Охватывающий слой, способный к герметизации 1201 может содержать полимерные наполнители, способные к герметизации, такие как полипропилен. Внутренние адгезивы/герметики 1208 могут содержать чувствительные к давлению адгезивы, такие как полиизобутилен.

Полиизобутилен (PIB) является коммерчески доступным материалом, который может входить в состав композиций PSA, удовлетворяющих многим, если не всем, требованиям. Кроме того, PIB может быть превосходным защитным уплотнителем с очень низкой гигроскопичностью и низкой проницаемостью для кислорода. Один пример PIB, подходящий для примеров настоящего изобретения, может представлять собой Oppanol® B15 корпорации BASF.

Далее, на фиг. 12В показан примерный вид снизу биосовместимого элемента питания с инкапсуляцией. Фиг. 12В иллюстрирует способность пластикового охватывающего слоя, способного к герметизации 1201 быть герметизированным в разных примерных точках герметизации 1206. В некоторых примерах уплотнительные слои можно сформировать сварочным способом, который может включать термическую, лазерную, фрикционную, ультразвуковую или электродуговую сварку, а также сварку растворителем. В других примерах уплотнительные слои можно сформировать путем применения клейких уплотнителей, таких как клеи, эпоксидные и акриловые составы, натуральный каучук и синтетический каучук. Другие примеры могут быть связаны с использованием уплотнительных материалов, которые могут быть изготовлены из пробки, натурального и синтетического каучука, политетрафторэтилена (ПТФЭ), полипропилена или кремния, которые являются лишь немногими примерами, не имеющими ограничительного характера.

фиг. 12С иллюстрирует примерный вид с длинной стороны биосовместимого элемента питания с инкапсуляцией, содержащего анодный коллектор тора 1202 с анодом, катодный токоотвод 1204 с катодным элементом сопряжения 1212, сепаратор 1210, адгезив/герметик 1208 и примерные точки герметизации 1206. После обработки охватывающего слоя, способного к герметизации 1201, охватывающий слой может закрыть компоненты биосовместимого элемента питания от верха до низа; однако, концы, включающие анодный токоотвод 1202 и катодный токоотвод 1204 могут по-прежнему быть восприимчивыми к утечкам. Таким образом, добавление точек герметизации 1206 может стать необходимым. Точки герметизации коллектора тока могут быть герметизированы несколькими способами герметизации, включая, например, применение сварки, адгезивов, лака, эпоксидной смолы, асфальта или горячек обработки

PSA.

Хорошо сконструированные герметизирующие структуры и связанные с ними герметизирующие материалы могут улучшить биосовместимость устройства подачи питания, поскольку материалы могут удерживаться в зонах, которые не взаимодействуют с биоконтактирующими поверхностями. Кроме того, хорошо сформированные герметики улучшают способность батареи получать силы разного типа и не взрываться, выставляя наружу содержимое полости или полости батареи.

Электролитная композиция и концентрация может относиться к биосовместимости элемента питания. В некоторых примера более низкая по сравнению с обычными концентрация, может использоваться для данной анодной и катодной химии, что может привести к улучшенной биосовместимости, одновременно сохраняя хорошие характеристики батареи. Например, электролитная композиция, содержащая около 20 процентов  $ZnCl_2$  может быть обычной для цинковых ячеек батареи, концентрация на уровне 10 процентов или менее может привести к функционированию батареи, соответствующей требованиям, одновременно улучшая присущую батарейному устройству биосовместимость.

В аналогичном примере электролитная композиция может быть заменена другими ионными частицами, которые могут улучшить биосовместимость. В примере упаковочный раствор для контактной линзы может быть использован как электролитная композиция и обладать характеристиками, сходными со слезной жидкостью. Это может привести к улучшению функциональных характеристик хранения батарей, так же, как и улучшенной биосовместимости. В еще одном примере изменения в электролитной композиции могут привести к тому, что электролитная композиция может быть похожей на биологические жидкости, которые могут находиться в непосредственной близости от биомедицинского устройства. В случае угрозы можно ожидать, что выход подобных электролитных композиций будет иметь более приемлемую биосовместимость, чем другие композиции. В примере композиция электролитов может быть похожей на слезную жидкость.

В другом примере, при определенных рабочих условиях, батарея может выделять частицы газа во время применения. Выбор материалов для применения в формировании структуры и инкапсуляции батарейного устройства может улучшить биосовместимость путем разрешения выделяемым в процессе работы батареи газам диффундировать наружу батареи, одновременно удерживая химикаты внутри батарейного устройства.

Другой тип примера может относиться к изменению природы жидких химикатов внутри батарейного устройства. В некоторых примерах электролит может быть сгущен различными загустительными агентами или путем внедрения электролита в гелевые материалы. Сгущенные или гелевые жидкости будут испытывать большие сложности при диффузии наружу из батарейного устройства, что может улучшить аспекты биосовместимости устройства.

Во многих примерах, приведенных в настоящем документе, обсуждалась биосовместимость батарейных устройств, которая сформирована различными способами, описанными в настоящем изобретении. На более высоком уровне, в некоторых примерах, эти батарейные устройства могут быть встроены в биомедицинские устройства, такие как офтальмологические линзы, как обсуждалось относительно фиг. 1В. Биосовместимость биомедицинского устройства может рассматриваться как с точки зрения прямого воздействия батарейных устройств, так и соответствия батарейного устройства биосовместимости биомедицинского устройства.

В примерах контактных линз, батарейное устройство может соединяться с

электроактивным элементом, где батарея располагается внутри вкладыша с электроактивным элементом или за его пределами. Вкладыш, электроактивный элемент и батарея в целом могут быть инкапсулированы соответствующими гидрогелевыми составами для обеспечения биосовместимости биомедицинского устройства. В некоторых примерах гидрогель может содержать соединения, которые сохраняют аспекты смачиваемости инкапсулирующего гидрогеля. Таким образом, многочисленные аспекты биосовместимости, относящиеся к оболочке, которая содержит компоненты, имеют значение для биосовместимости биомедицинского устройства в целом. Эти аспекты могут включать проницаемость для кислорода, смачиваемость, химическую совместимость и проницаемость для растворов - в качестве нескольких неограничивающих примеров.

Батарея и вкладыш могут взаимодействовать с аспектами смачивания, и таким образом стратегии, направленные исключительно на биосовместимость батареи, очень значимы для биомедицинского устройства в целом. В некоторых примерах можно предусмотреть, что герметик может препятствовать проникновению и выделению материалов во вкладыш и в батарейное устройство. Например, в этих примерах конструкция гидрогелевого инкапсулирующего слоя может быть изменена для улучшения смачиваемости и проницаемости вокруг вкладыша и батарейного устройства. В некоторых других примерах выделение газа может позволить некоторым частицам газа проникать сквозь батарейные устройства, сквозь гидрогелевую инкапсуляцию и в среду биомедицинского устройства. Части биомедицинского устройства, как для офтальмологического устройства, так и для других устройств, которые контактируют с жидкостями и слоями клеток пользователя, могут быть сконструированы для соответствия со слоями взаимодействия биомедицинского устройства с биологической средой, в которых или на которых будет располагаться биомедицинское устройство.

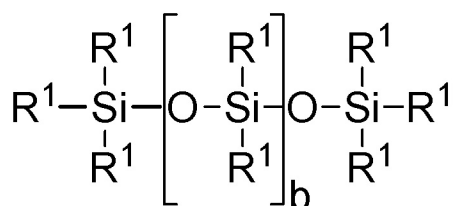
Другой способ рассмотрения биосовместимости биомедицинского устройства может относиться к аспектам форм-фактора. Процесс ламинирования, описанный в настоящем изобретении, может быть применен для некоторых примеров, где полученные батарейные устройства очень малы. Одна из мер биосовместимости может относиться к сохранению конструкции полученных батарейных устройств очень маленькой, очень тонкой, очень гибкой и т.п. Таким образом, тонкие и маленькие устройства могут представить более комфортный и, соответственно, более биосовместимый продукт при интеграции в биомедицинское устройство. В некоторых примерах толщина слоистой структуры, которая формируется в процессе ламинирования и включает анод, катод, сепаратор, электролиты, коллекторы тока и слои ламината, может быть менее миллиметра по меньшей мере в одном измерении. В дальнейших примерах толщина слоистой структуры со всеми этими компонентами может быть менее 500 микрон по меньшей мере в одном измерении. В дальнейших примерах толщина слоистой структуры со всеми этими компонентами может быть менее 250 микрон. Хотя эти примеры описывались во взаимодействии с батареей, обладающей слоистой структурой, очевидно, что батареи, сформированные с другой структурой, могут соответствовать аспектам улучшенной биосовместимости, как описано.

В некоторых примерах предпочтительный инкапсулирующий материал, который может сформировать инкапсулирующий слой в биомедицинском устройстве, может включать содержащий силикон компонент. В примере этот инкапсулирующий материал может формировать линзовую юбку контактной линзы. Под «содержащим силикон компонентом» подразумевается любой компонент, имеющий по меньшей мере одно звено  $[-Si-O-]$  в составе мономера, макромера или форполимера. Полное содержание

Si и непосредственно связанного с ним O в рассматриваемом компоненте, содержащем силикон, предпочтительно составляет более приблизительно 20% вес., более предпочтительно - более 30% вес. общего молекулярного веса компонента, содержащего силикон. Подходящие для целей настоящего изобретения кремнийсодержащие компоненты предпочтительно содержат полимеризуемые функциональные группы, такие как акрилатная, метакрилатная, акриламидная, метакриламидная, виниловая, N-виниллактамовая, N-виниламидная и стироловая функциональные группы.

В некоторых примерах края офтальмологической линзы, также называемые герметизирующим вставку слоем, который окружает вставку, могут быть образованы из стандартных гидрогелевых составов для офтальмологической линзы. Примеры материалов с характеристиками, которые могут обеспечивать приемлемое сочетание с множеством материалов вставки, могут включать в себя материалы семейства нарафилкона (включая нарафилкон А и нарафилкон В) и семейства этафилкона (включая этафилкон А). Ниже приведено более полное с технической точки зрения описание природы материалов, которые могут применяться в целях настоящего изобретения. Специалисту в данной области будет понятно, что другие материалы, отличные от описанных ниже, также позволяют образовать приемлемую оболочку или частичную оболочку для герметизированных и герметично закрытых вставок и должны рассматриваться как последовательные и включенные в объем формулы изобретения.

Подходящие для целей настоящего изобретения кремнийсодержащие компоненты включают соединения формулы I



где

R1 независимо выбран из одновалентных реакционно-способных групп, одновалентных алкильных групп или одновалентных арильных групп, любой из указанных групп, которая может дополнительно содержать функциональную гидрокси-, amino-, окса-, карбокси-, алкилкарбокси-, алкокси-, амидо-, карбаматную, карбонатную группы, галоген или их комбинации; а также одновалентных силоксановых цепей, содержащих 1-100 повторяющихся звеньев Si-O, которые могут дополнительно содержать функциональные алкил-, гидрокси-, amino-, окса-, карбокси-, алкилкарбокси-, алкокси-, амидо-, карбаматную группы, галоген или их комбинации;

где b=0-500, причем предполагается, что, если b отлично от 0, то по b имеется распределение, мода которого равна заявленному значению;

при этом, по меньшей мере, один R1 содержит одновалентную реакционно-способную группу, и в некоторых примерах от одного до 3 R1 содержат одновалентные реакционно-способные группы.

Используемый в настоящем документе термин «моновалентные реакционно-способные группы» относится к группам, способным к реакциям свободнорадикальной и/или катионной полимеризации. Не имеющие ограничительного характера примеры свободнорадикальных реакционных групп включают (мет)акрилаты, стирилы, винилы, виниловые эфиры, C1-балкил(мет)акрилаты, (мет)акриламиды, C1-балкил(мет)акриламиды, N-виниллактам, N-виниламиды, C2-12алкенилы, C2-12алкенилфенилы, C2-12алкенилнафтилы, C2-балкенилфенил-C1-балкилы, O-винилкарбаматы и O-

винилкарбонаты. Не имеющие ограничительного характера примеры катионных реакционно-способных групп включают винилэфирные или эпоксидные группы, а также их смеси. В одном варианте осуществления свободнорадикальные реакционно-способные группы содержат (мет)акрилаты, акрилокси, (мет)акриламида и их смеси.

5 Подходящие одновалентные алкильные и арильные группы включают в себя незамещенные одновалентные C1-C16 алкильные группы, C6-C14 арильные группы, такие как замещенные и незамещенные метил, этил, пропил, бутил, 2-гидроксипропил, пропоксипропил, полиэтиленоксипропил, их комбинации и т.п.

В одном примере  $b$  равно нулю, один R1 представляет собой одновалентную реакционно-способную группу, и по меньшей мере 3 R1 выбраны из одновалентных алкильных групп, имеющих от 1 до 16 атомов углерода, и в другом примере - из одновалентных алкильных групп, имеющих от 1 до 6 атомов углерода. Не имеющие ограничительного характера примеры кремнийсодержащих компонентов в данном варианте осуществления включают 2-метил-, 2-гидрокси-3-[3-[1,3,3,3-тетраметил-1-[15 (триметилсилил)окси]дисилоксанил]пропокси]пропиловый эфир (SiGMA),

2-гидрокси-3-метакрилоксипропилоксипропилтрис(триметилсилокси)силан, 3-метакрилоксипропилтрис(триметилсилокси)силан (TRIS), 3-метакрилоксипропилбис(триметилсилокси)метилсилан и 3-метакрилоксипропилпентаметилдисилоксан.

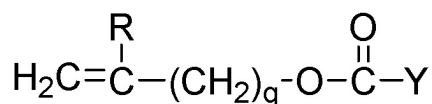
20 В другом примере  $b$  находится в диапазоне от 2 до 20, от 3 до 15 или, в некоторых примерах, от 3 до 10; по меньшей мере один концевой фрагмент R1 содержит одновалентную реакционно-способную группу, а остальные фрагменты R1 выбраны из одновалентных алкильных групп, содержащих от 1 до 16 атомов углерода, а в другом варианте осуществления - из одновалентных алкильных групп, содержащих от 1 до 6 атомов углерода. В еще одном варианте осуществления  $b$  составляет от 3 до 15, один концевой R1 представляет собой одновалентную реакционно-способную группу, другой концевой R1 представляет собой одновалентную алкильную группу, имеющую от 1 до 6 атомов углерода, а остальные R1 представляют собой одновалентные алкильные группы, имеющие от 1 до 3 атомов углерода. Характерные, но не имеющие ограничительного характера примеры силиконсодержащих компонентов такого варианта осуществления настоящего изобретения включают (полидиметилсилоксан (МВ 400-1000) с концевой моно-(2-гидрокси-3-метакрилоксипропил)-пропил эфирной группой) (ОН-mPDMS), (полидиметилсилоксаны (МВ 800-1000) с концевыми моно-н-бутильными и концевыми монометакрилоксипропильными группами), (mPDMS).

35 В другом примере  $b$  равно от 5 до 400 или от 10 до 300, оба концевых R1 содержат одновалентные реакционно-способные группы, а остальные R1 независимо выбирают из одновалентных алкильных групп, имеющих от 1 до 18 атомов углерода, которые могут иметь эфирные связи между атомами углерода и могут дополнительно содержать галоген.

40 В одном примере, где желательно использовать линзы из силиконового гидрогеля, линзы настоящего изобретения изготавливают из реакционной смеси, содержащей по меньшей мере приблизительно 20 и предпочтительно от 20 до 70 вес.% силиконсодержащих компонентов в расчете на общую массу реакционных компонентов мономерной смеси, из которой образуется полимер.

45 В другой реализации настоящего изобретения от одного до четырех фрагментов R1 представляют собой винилкарбонат или карбамат со следующей формулой:

формула II



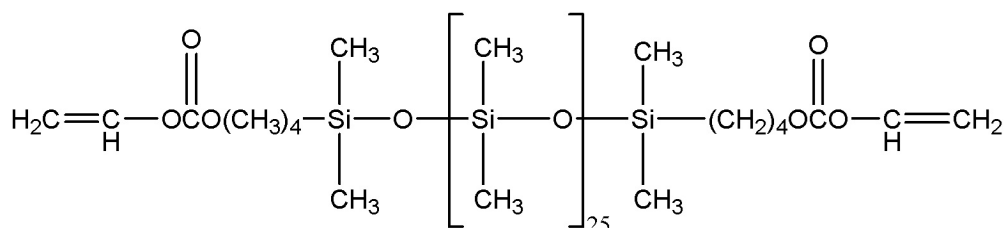
где Y обозначает O-, S- или NH-;

R обозначает водород или метил; d равно 1, 2, 3 или 4; q равно 0 или 1.

Кремнийсодержащие винилкарбонатные или винилкарбаматные мономеры конкретно включают: винилкарбонатные или винилкарбаматные содержащие силикон мономеры включают 1,3-бис[4-(винилоксикарбонилокси)бут-1-ил]тетраметилдисиоксан; 3-

(винилоксикарбонилтио)-пропил-[трис(триметилсилокси)силан]; 3-[трис(триметилсилокси)силан] пропилаллилкарбамат; 3-[трис(триметилсилокси)силан] пропилвинилкарбамат; триметилсилилэтилвинилкарбонат;

триметилсилилметилвинилкарбонат, и



Если необходимы биомедицинские устройства с модулем упругости менее 200, только один из фрагментов R1 должен представлять собой моновалентную реакционно-способную группу, и не более двух из остальных фрагментов R1 должны представлять собой моновалентные силоксановые группы.

Другой класс силиконсодержащих компонентов включает в себя полиуретановые макромеры со следующими формулами:

Формулы IV-VI

(\*D\*A\*D\*G)<sub>a</sub> \*D\*D\*E1;

E(\*D\*G\*D\*A)<sub>a</sub> \*D\*G\*D\*E1 или;

E(\*D\*A\*D\*G)<sub>a</sub> \*D\*A\*D\*E1

где

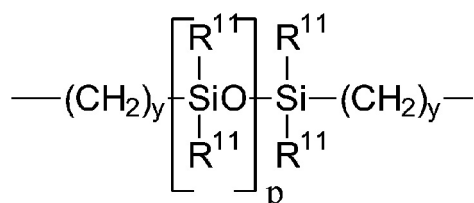
D обозначает алкильный бирадикал, алкилциклоалкильный бирадикал, циклоалкильный бирадикал, арильный бирадикал или алкиларильный бирадикал, содержащий от 6 до 30 атомов углерода,

G обозначает алкильный бирадикал, циклоалкильный бирадикал, алкилциклоалкильный бирадикал, арильный бирадикал или алкиларильный бирадикал, содержащий от 1 до 40 атомов углерода, который может иметь в основной цепи эфирные, тиоэфирные или аминовые мостиковые группы;

\* означает уретановую или уреидовую связь;

a равно по меньшей мере 1;

A означает бивалентный полимерный радикал следующей формулы:



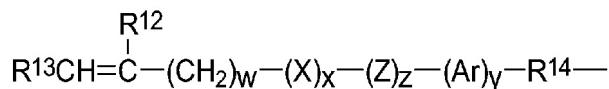
формула VII

R11 независимо обозначает алкильную или фторзамещенную алкильную группу,

имеющую от 1 до 10 атомов углерода, которая может содержать простые эфирные связи между атомами углерода; у равно, по меньшей мере, 1; р обозначает массу фрагмента молекулы от 400 до 10000; каждая из групп E и E1 независимо обозначает способный к полимеризации ненасыщенный органический радикал, представленный

формулой:

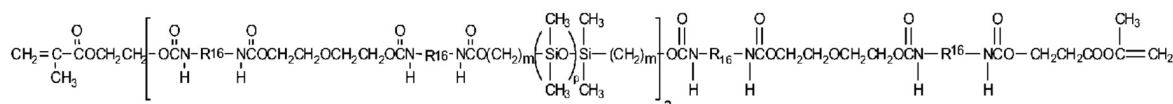
Формула VIII



где R<sup>12</sup> представляет собой водород или метил; R<sup>13</sup> представляет собой водород, алкильный радикал, имеющий от 1 до 6 атомов углерода, или радикал -CO-Y-R<sup>15</sup>, где Y представляет собой -O-, Y-S- или -NH-; R<sup>14</sup> представляет собой дивалентный радикал, имеющий от 1 до 12 атомов углерода; X обозначает -CO- или -OCO-; Z обозначает -O- или -NH-; Ar обозначает ароматический радикал, имеющий от 6 до 30 атомов углерода; w равно от 0 до 6; x равно 0 или 1; y равно 0 или 1; и z равно 0 или 1.

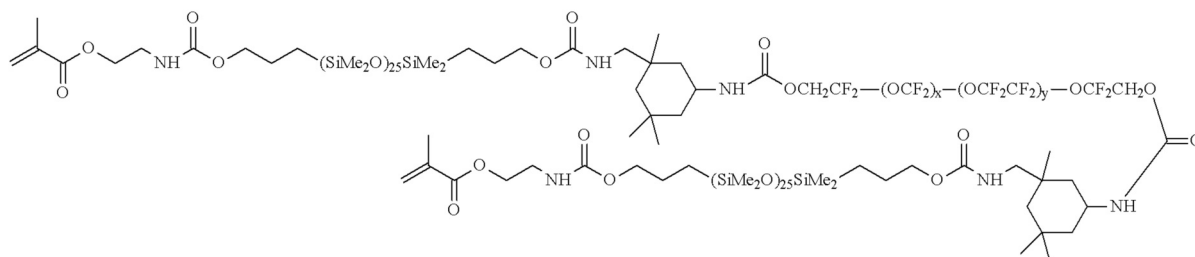
Предпочтительно силиконсодержащий компонент представляет собой полиуретановый макромер, представленный следующей формулой:

Формула IX



где R<sup>16</sup> представляет собой бирадикал диизоцианата после удаления изоцианатной группы, такой как бирадикал изофорондиизоцианата. Другим силиконсодержащим макромером, соответствующим целям настоящего изобретения, является соединение по формуле X (где x + y представляет собой число в диапазоне от 10 до 30), получаемое при реакции фторэфира, полидиметилсилоксана с концевой гидроксильной группой, изофорондиизоцианата и изоцианатоэтилметакрилата.

Формула X



Прочие содержащие силикон компоненты, пригодные для использования в настоящем изобретении, включают макромеры, содержащие полисилоксан, полиалкиленовый эфир, диизоцианат, полифторированные углеводороды, полифторированный эфир и полисахаридные группы, полисилоксаны с полярным фторированным привитым компонентом либо боковой группой с атомом водорода, присоединенным к конечному дифторзамещенному атому углерода, гидрофильные силоксанилметакрилаты, содержащие эфиры и силоксаниловые соединения, а также сшиваемые мономеры, содержащие полиэфирные и полиоксанильные группы. В некоторых примерах главная цепь полимера может иметь встроенные в нее цвиттерионы. Эти цвиттерионы могут демонстрировать заряды обеих полярностей вдоль полимерной цепи, когда материал находится в присутствии растворителя. Присутствие цвиттерионов может улучшить

смачиваемость полимеризованного материала. В некоторых примерах любые из представленных выше полисилоксанов также можно применять в настоящем изобретении в качестве инкапсулирующего слоя.

Биосовместимые батареи могут использоваться в биосовместимых устройствах, таких как, например, имплантируемые электронные устройства, такие как кардиостимуляторы и микроустройства сбора энергии, электронные таблетки для мониторинга и/или тестирования биологической функции, хирургические устройства с активными компонентами, офтальмологические устройства, микронасосы, дефибрилляторы, стенты и т. п.

Описаны конкретные примеры для иллюстрации вариантов осуществления катодной смеси для применения в биосовместимых батареях. Эти примеры предназначены для указанных целей иллюстрации и ни в коей мере не призваны ограничивать объем формулы изобретения. Соответственно, описание призвано охватить все примеры, которые могут быть очевидны для специалистов в данной области.

#### (57) Формула изобретения

1. Биомедицинское устройство, содержащее:

электроактивный компонент, выполненный с возможностью получать электропитание от биосовместимой батареи и управлять работой биомедицинского устройства;

биосовместимую батарею, причем биосовместимая батарея содержит:

первый и второй токоотводы;

катод;

анод; и

слоистую структуру, причем по меньшей мере один слой слоистой структуры

включает полость, причем полость содержит раствор электролита, сепаратор и катод;

и

при этом биосовместимость биомедицинского устройства улучшена путем подбора состава раствора электролита, имитирующего состав биологических жидкостей, находящихся в контакте с биомедицинским устройством, или на основе состава электролита, содержащего 10% или менее  $\text{ZnCl}_2$ .

2. Биомедицинское устройство по п. 1, при этом состав раствора электролита подобран имитирующим состав слезной жидкости.

3. Биомедицинское устройство по п. 1, при этом толщина биосовместимой батареи составляет менее 1000 микрон по меньшей мере вдоль первого измерения протяженности биосовместимой батареи.

4. Биомедицинское устройство по п. 1, при этом толщина биосовместимой батареи составляет менее 500 микрон по меньшей мере вдоль первого измерения протяженности биосовместимой батареи.

5. Биомедицинское устройства по п. 1, при этом толщина биосовместимой батареи составляет менее 250 микрон по меньшей мере вдоль первого измерения протяженности биосовместимой батареи.

6. Биомедицинское устройство, содержащее:

электроактивный компонент, выполненный с возможностью получать электропитание от биосовместимой батареи и управлять работой биомедицинского устройства;

биосовместимую батарею, причем биосовместимая батарея содержит:

первый и второй токоотводы;

катод;

анод; и

слоистую структуру, причем по меньшей мере один слой слоистой структуры включает полость, причем полость содержит раствор электролита, сепаратор и катод; и

при этом биосовместимость биосовместимой батареи улучшена путем подбора состава раствора электролита с содержанием соли цинка, меньшим чем или равным 10 процентам по массе.

7. Биомедицинское устройство по п. 6, при этом биосовместимая батарея дополнительно содержит:

герметичную оболочку слоистой структуры, при этом герметичная оболочка выполнена улучшающей биосовместимость биомедицинского устройства путем уменьшения эффузии электролита во внешнюю среду.

8. Биомедицинское устройство по п. 6, при этом биосовместимая батарея дополнительно содержит:

герметичную оболочку слоистой структуры, при этом герметичная оболочка выполнена улучшающей биосовместимость биосовместимой батареи путем уменьшения эффузии воды во внутреннюю среду биосовместимой батареи.

9. Биомедицинское устройство по п. 6, дополнительно содержащее:

инкапсулирующий слой гидрогеля, предназначенный для инкапсулирования по меньшей мере электроактивного компонента и биосовместимой батареи.

10. Биомедицинское устройство по п. 9, при этом инкапсулирующий слой содержит гидрогель, в состав которого входят цвиттер-ионы.

11. Способ улучшения биосовместимости в биосовместимой батарее, включающий: приготовление раствора электролита, при этом раствор электролита содержит соль цинка в концентрации, меньшей чем или равной 10 процентам по массе;

получение слоя слоистой структуры для биосовместимой батареи; вырезание объема из слоя слоистой структуры, причем удаление этого объема из слоя слоистой структуры образует по меньшей мере часть полости; введение сепаратора, катода и раствора электролита в полость; и введение анода, анодного токоотвода и катодного токоотвода с образованием слоистой структуры биосовместимой батареи.

12. Способ по п. 11, дополнительно включающий формирование уплотнителя из охватывающего слоя на слоистой структуре.

13. Способ по п. 11, дополнительно включающий формирование уплотнителя из первого охватывающего слоя на втором охватывающем слое.

14. Способ по п. 13, при этом суммарная толщина биосовместимой батареи составляет менее 500 микрон.

15. Способ улучшения биосовместимости в офтальмологическом устройстве, включающий:

приготовление раствора электролита, при этом состав раствора электролита выбирают имитирующим состав слезной жидкости или на основе состава электролита, содержащего 10% или менее  $\text{ZnCl}_2$ ;

получение слоя слоистой структуры для биосовместимой батареи;

вырезание объема из слоя слоистой структуры, причем удаление этого объема из слоя слоистой структуры образует по меньшей мере часть полости;

введение сепаратора, катода и раствора электролита в полость; введение анода, анодного токоотвода и катодного токоотвода с образованием слоистой структуры;

формирование уплотнителя из первого охватывающего слоя на втором

охватывающем слое, причем первый охватывающий слой и второй охватывающий слой окружают по меньшей мере часть слоистой структуры;

соединение анодного токоотвода с электроактивным компонентом, выполненным с возможностью получать электропитание от биосовместимой батареи и управлять работой офтальмологического устройства;

соединение катодного токоотвода с электроактивным компонентом; и

инкапсулирование слоистой структуры и электроактивного компонента в гидрогеле с образованием офтальмологического устройства.

16. Способ по п. 15, при этом суммарная толщина слоистой структуры составляет менее 500 микрон.

17. Способ по п. 15, при этом в состав гидрогеля входят цвиттер-ионы.

18. Способ улучшения биосовместимости в офтальмологическом устройстве, включающий:

приготовление раствора электролита, при этом состав раствора электролита выбирают имитирующим состав слезной жидкости или на основе состава электролита, содержащего 10% или менее  $\text{ZnCl}_2$ ;

получение слоя слоистой структуры для биосовместимой батареи;

вырезание объема из слоя слоистой структуры, причем удаление этого объема из слоя слоистой структуры образует по меньшей мере часть полости;

введение сепаратора, катода и раствора электролита в полость;

введение анода, анодного токоотвода и катодного токоотвода с образованием слоистой структуры;

формирование уплотнителя из первого охватывающего слоя на втором охватывающем слое, причем первый охватывающий слой и второй охватывающий слой окружают по меньшей мере часть слоистой структуры;

соединение анодного токоотвода с электроактивным компонентом, выполненным с возможностью получать электропитание от биосовместимой батареи и управлять работой офтальмологического устройства;

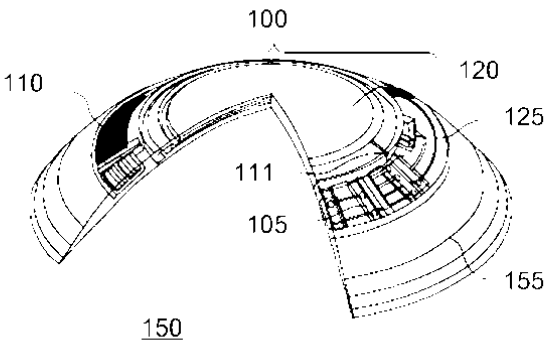
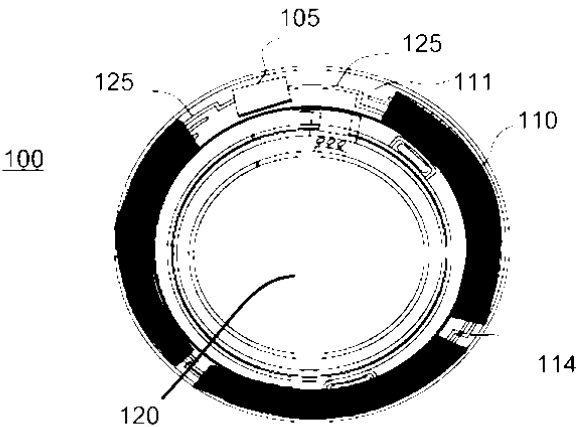
соединение катодного токоотвода с электроактивным компонентом; и

инкапсулирование слоистой структуры и электроактивного компонента в гидрогеле с образованием офтальмологического устройства.

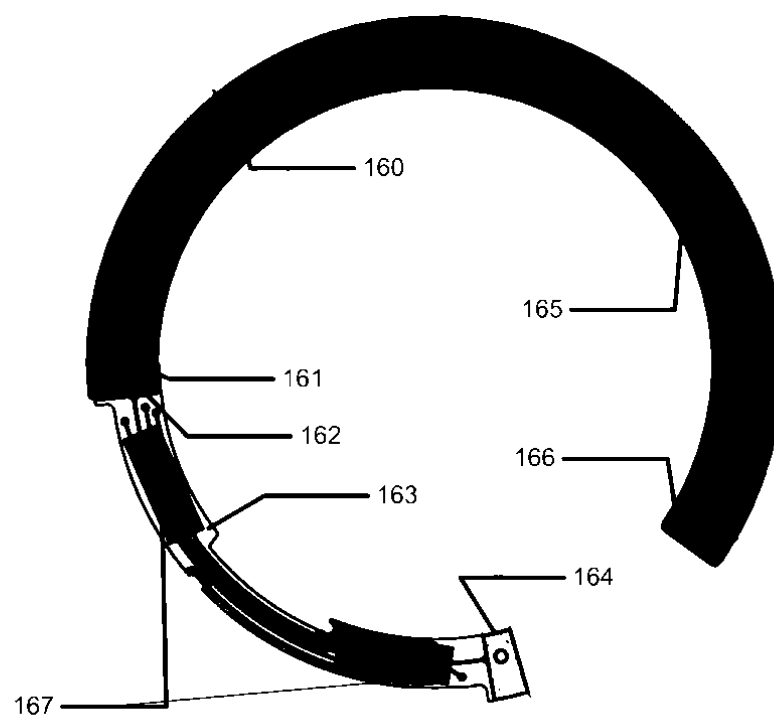
19. Способ по п. 18, при этом суммарная толщина слоистой структуры составляет менее 500 микрон.

20. Способ по п. 19, при этом в состав гидрогеля входят цвиттер-ионы.

ФИГ. 1А

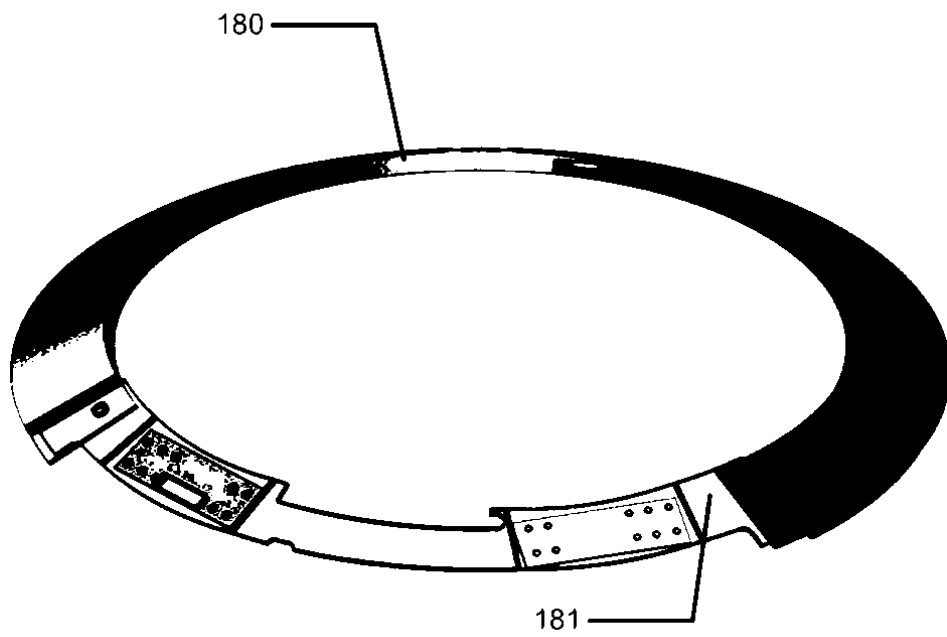


ФИГ. 1В

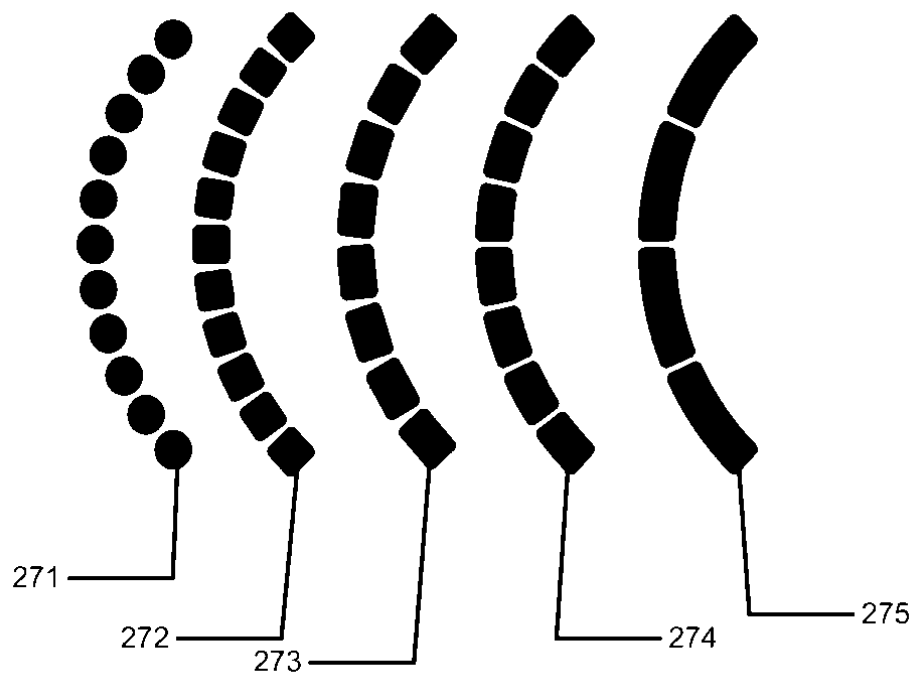


ФИГ. 1С

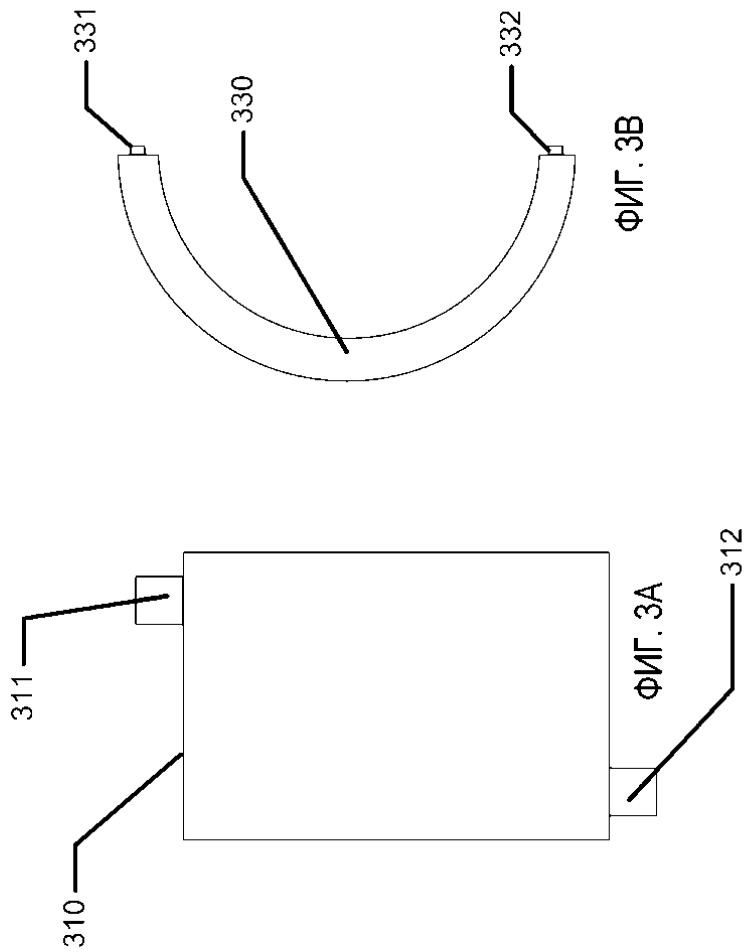
3/17

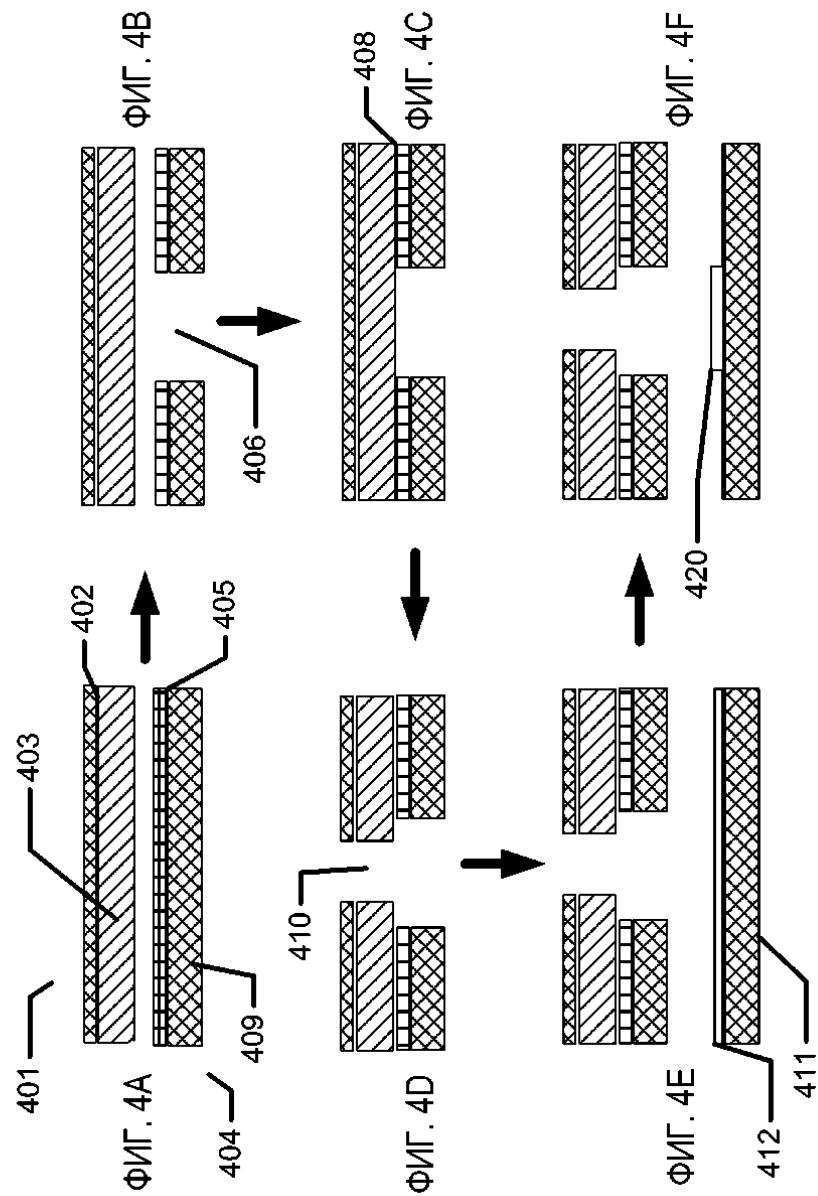


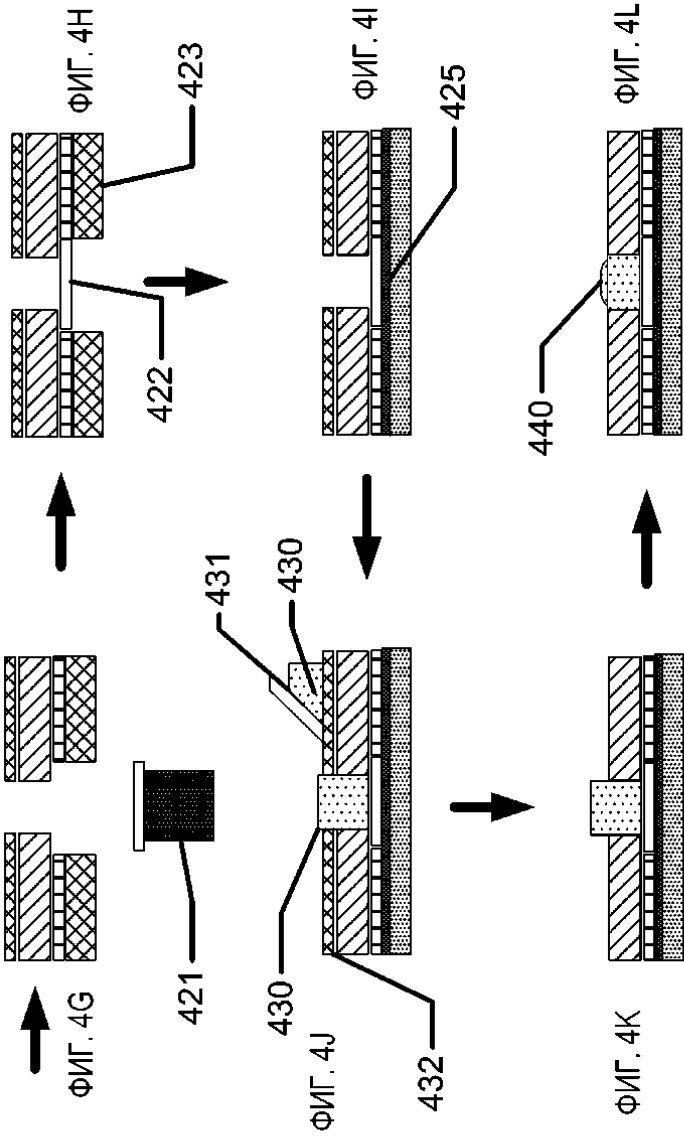
ФИГ. 1D



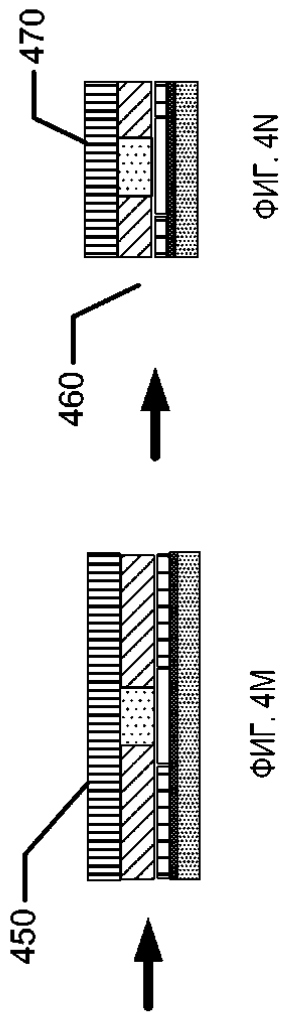
ФИГ. 2

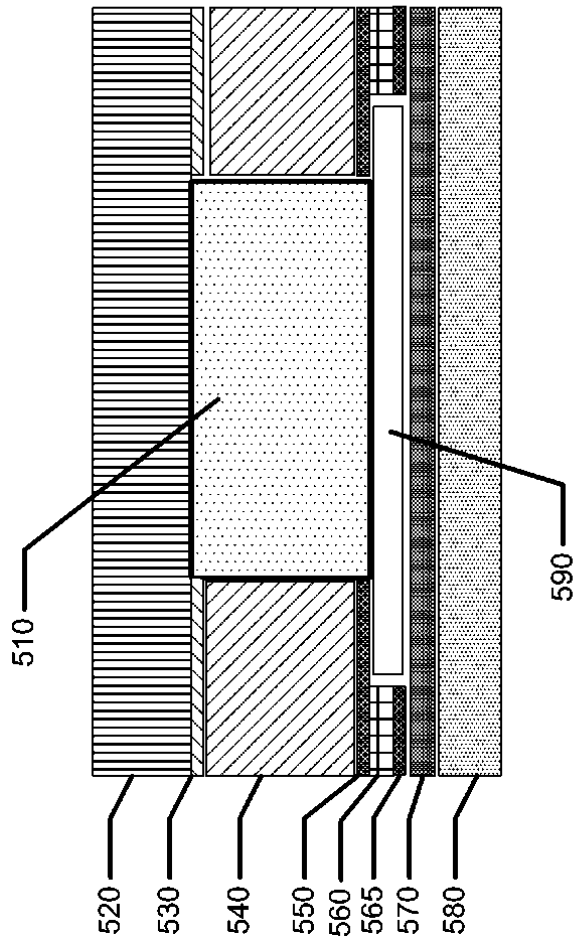




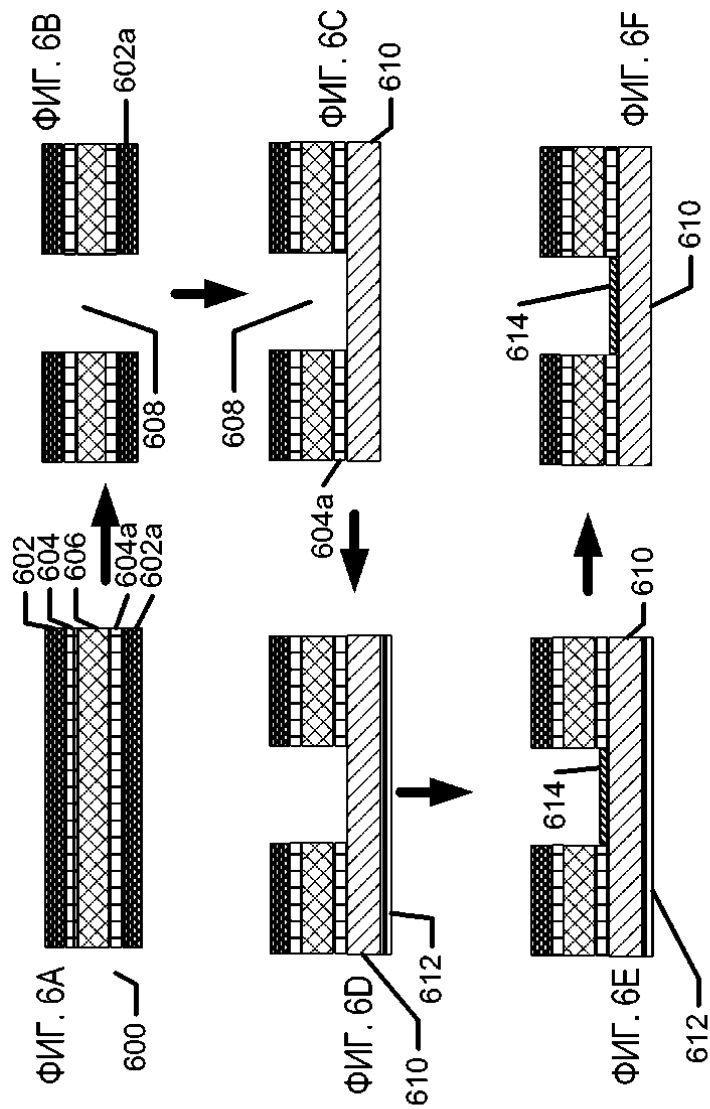


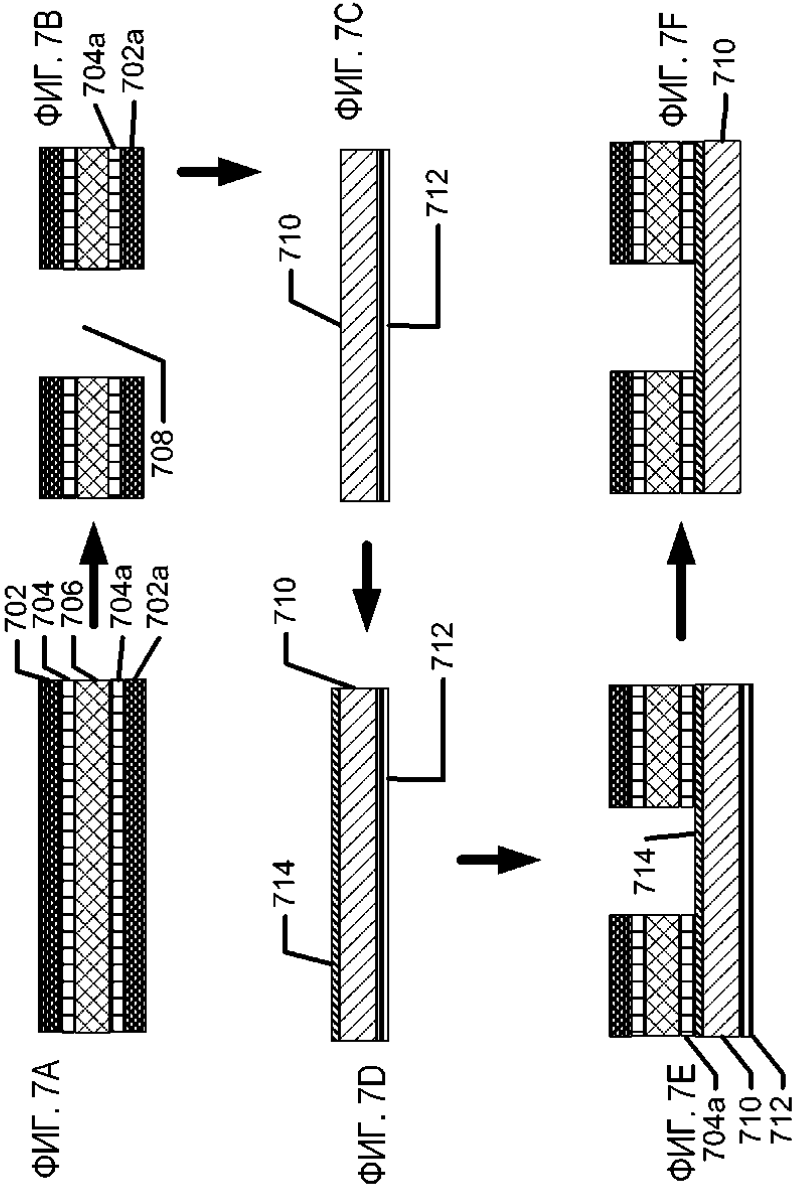
8/17

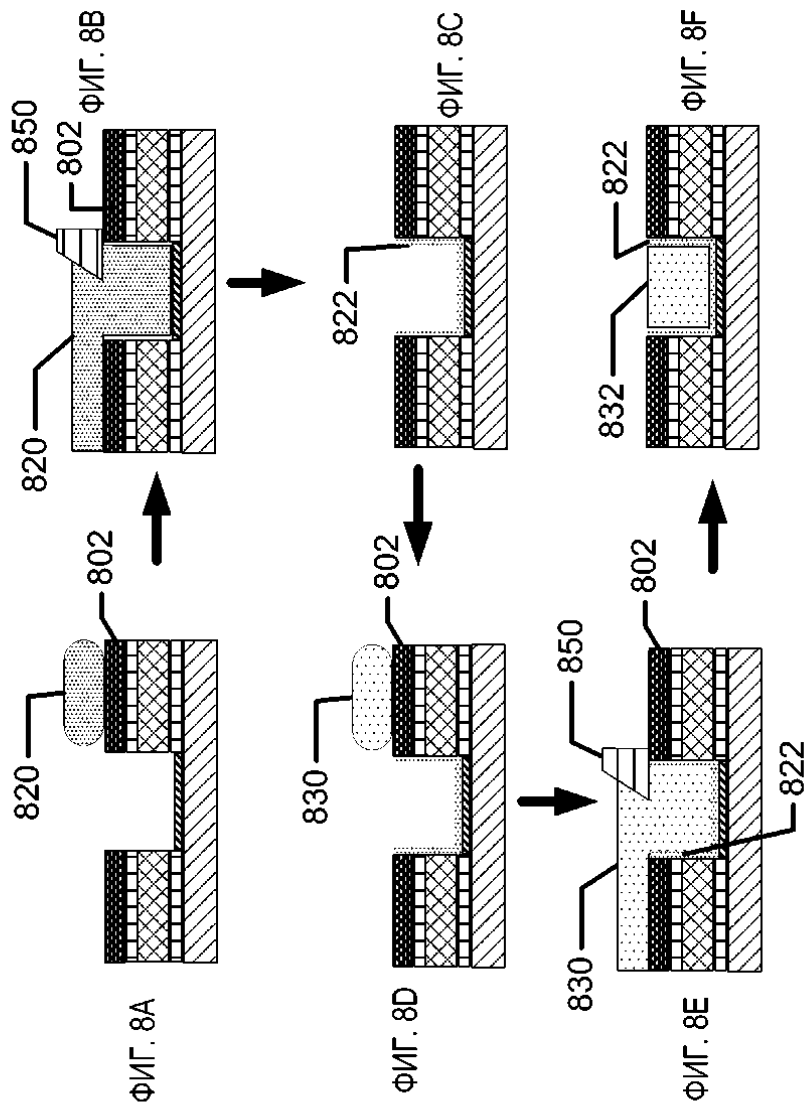


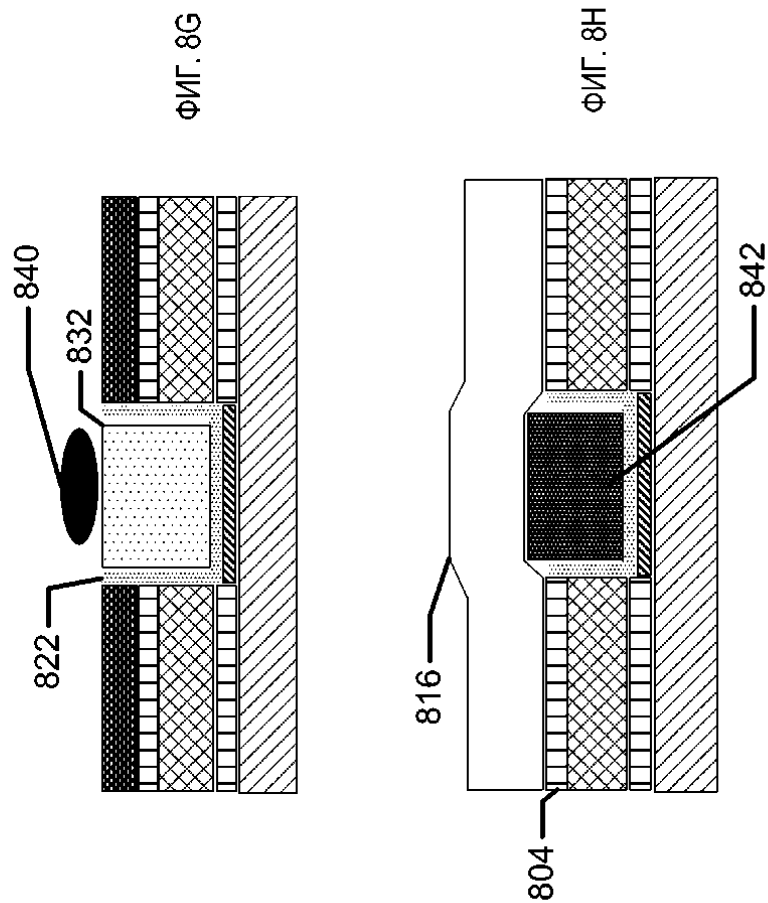


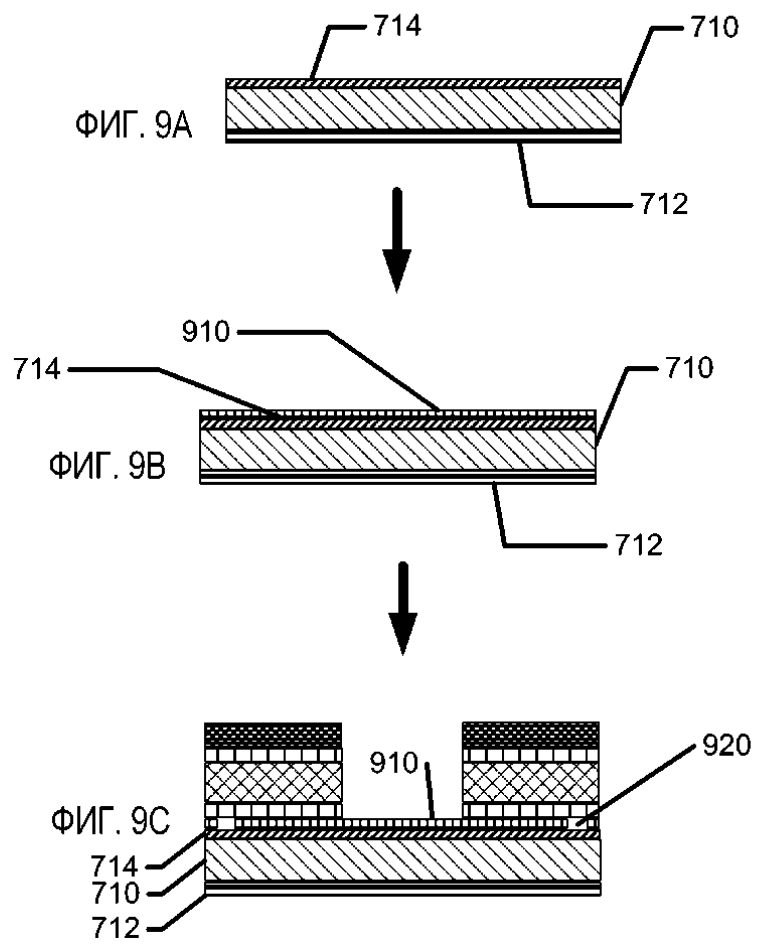
ФИГ. 5

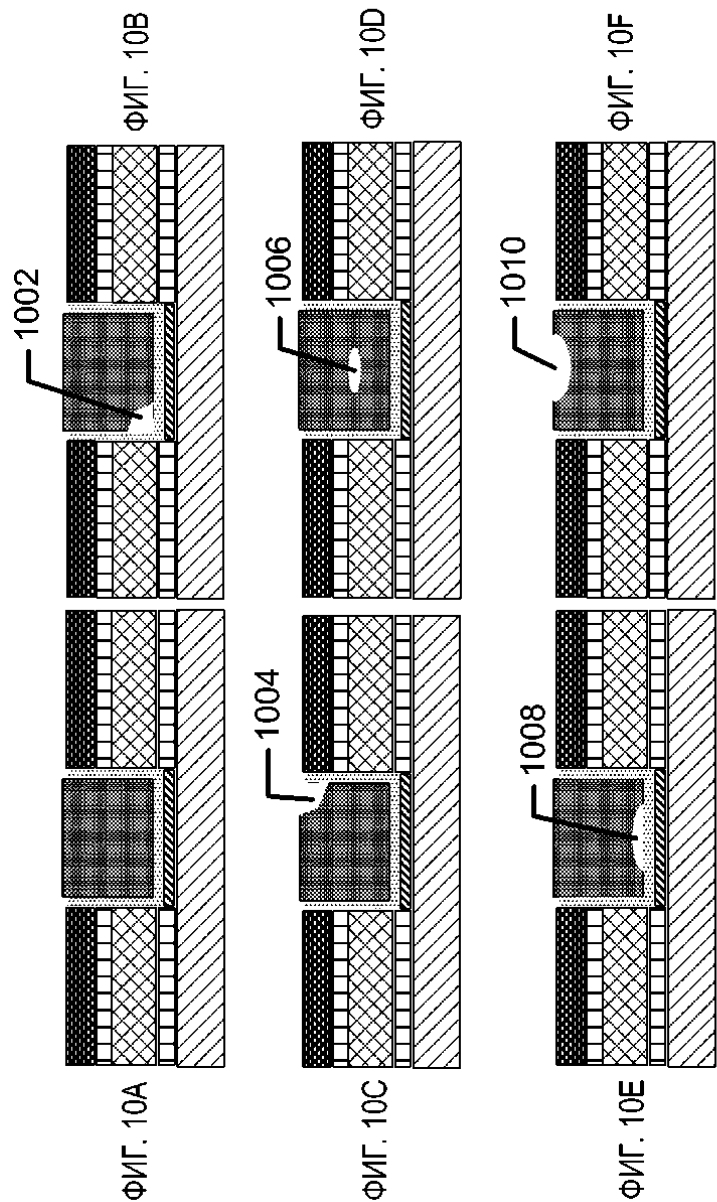


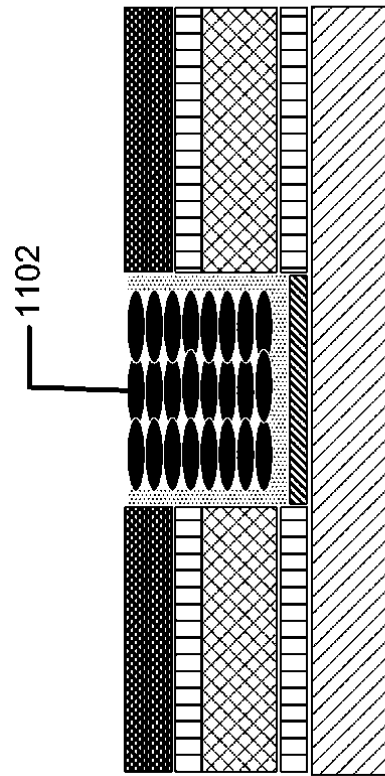












ФИГ. 11

