



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2009136983/07, 06.03.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**06.03.2008**

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
**07.03.2007 KR 10-2007-0022320**(43) Дата публикации заявки: **20.04.2011** Бюл. № 11(45) Опубликовано: **27.08.2012** Бюл. № 24(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: **US 2005/0048367 A1, 03.03.2005. US**  
**2006/0121329 A1, 08.06.2006. US 2004/0115499**  
**A1, 17.06.2004. RU 2242825 C1, 20.12.2004.**(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: **07.10.2009**(86) Заявка РСТ:  
**KR 2008/001263 (06.03.2008)**(87) Публикация заявки РСТ:  
**WO 2008/108583 (12.09.2008)**

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул.Б.Спаская, 25, стр.3,  
ООО "Юридическая фирма Городиский и  
Партнеры", пат.пов. А.В.Мицу, рег.№ 364**

(72) Автор(ы):

**ПАРК Дзонг-Хиеок (KR),  
ЛИ Санг-Йоунг (KR),  
ХОНГ Дзанг-Хиук (KR),  
НАМ Моон-Дза (KR),  
ЙОО Дзунг-А (KR),  
КИМ Санг-Сеоп (KR),  
ХАН Чанг-Хун (KR)**

(73) Патентообладатель(и):

**ЭЛ ДЖИ КЕМ, ЛТД. (KR)****(54) ОРГАНИЧЕСКИЙ/НЕОРГАНИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТНЫЙ СЕПАРАТОР И  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО, ЕГО СОДЕРЖАЩЕЕ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сепаратору для литиевого аккумулятора. Техническим результатом изобретения является повышение термической стабильности. Согласно изобретению органический/неорганический композитный сепаратор включает в себя пористую подложку, имеющую множество пор, и пористый слой покрытия, образованный на по меньшей мере одной поверхности пористой

подложки множеством неорганических частиц и связующим полимером. Связующий полимер представляет собой сополимер, включающий: (a) первое мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания капель воды в интервале от 0° до 49°; и (b) второе мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания капель воды в интервале от 50° до 130°. 2 н. и 17 з.п. ф-лы, 2 табл., 5 ил., 7 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2009136983/07, 06.03.2008**(24) Effective date for property rights:  
**06.03.2008**

Priority:

(30) Convention priority:  
**07.03.2007 KR 10-2007-0022320**(43) Application published: **20.04.2011 Bull. 11**(45) Date of publication: **27.08.2012 Bull. 24**(85) Commencement of national phase: **07.10.2009**(86) PCT application:  
**KR 2008/001263 (06.03.2008)**(87) PCT publication:  
**WO 2008/108583 (12.09.2008)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul.B.Spasskaja, 25, str.3, OOO  
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",  
pat.pov. A.V.Mitsu, reg.№ 364**

(72) Inventor(s):

**PARK Dzung-Khieok (KR),  
LI Sang-Joung (KR),  
KhONG Dzung-Khiuk (KR),  
NAM Moon-Dza (KR),  
JOO Dzung-A (KR),  
KIM Sang-Seop (KR),  
KhAN Chang-Khun (KR)**

(73) Proprietor(s):

**EhL DZHI KEM, LTD. (KR)**

(54) **ORGANIC/INORGANIC COMPOSITE SEPARATOR AND ELECTROCHEMICAL DEVICE THAT CONTAINS IT**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: organic/inorganic composite separator includes a porous substrate having multiple pores; and a porous layer of a coating formed at least on one surface of the porous substrate by multiple inorganic particles and a binding polymer.

The binding polymer is a copolymer, containing the following: (a) the first monomer link, having an edge angle of wetting with a water angle in the range from 0° to 49°; and (b) the second monomer link, having an edge angle of wetting with a water drop in the range from 50° to 130°.

EFFECT: higher thermal stability.

## Область техники

Настоящее изобретение относится к сепаратору электрохимического устройства, такого как литиевая вторичная (аккумуляторная) батарея, и содержащему его электрохимическому устройству. Более конкретно, настоящее изобретение относится к органическому/неорганическому композитному сепаратору, имеющему на поверхности пористой подложки пористый слой покрытия, образованный смесью неорганических частиц и полимера, и содержащему его электрохимическому устройству.

## Уровень техники

В последнее время повышается интерес к технологии аккумуляции энергии. Батареи широко используются в качестве источников энергии в области сотовых телефонов, видеокамер, ноутбуков, ПК и электромобилей, что приводит к их интенсивному исследованию и развитию. В связи с этим электрохимические устройства представляют собой один из объектов повышенного интереса. Конкретнее, в центре внимания находится разработка перезаряжаемых вторичных батарей. В последнее время в области вторичных батарей интенсивно проводились исследования и разработки новых электродов и новых батарей, которые могут улучшить удельную емкость и удельную энергию.

Среди используемых в настоящее время вторичных батарей литиевые вторичные батареи, разработанные в начале 1990-х, имеют более высокое рабочее напряжение и намного более высокую плотность энергии, чем эти же показатели у традиционных батарей, использующих жидкий раствор электролита, таких как никель-металлгидридные (Ni-MH) батареи, никель-кадмиевые (Ni-Cd) батареи и батареи типа  $H_2SO_4$ -Pb. По этим причинам преимущественно используются литиевые вторичные батареи. Однако такая литиевая вторичная батарея имеет недостатки, состоящие в том, что использованные в ней органические электролиты могут вызывать связанные с безопасностью проблемы, такие как возгорание и взрыв батарей, и что процессы производства такой батареи являются сложными. В последнее время одними из батарей следующего поколения считались литий-ионные полимерные батареи, поскольку в них преодолены указанные выше недостатки литий-ионных батарей. Однако литий-ионные полимерные батареи имеют относительно более низкую емкость батареи, чем емкость литий-ионных батарей, и недостаточную разрядную емкость при низкой температуре, и, вследствие этого, данные недостатки литий-ионных полимерных батарей остаются, ожидая немедленного решения.

Такие электрохимические устройства выпускаются многими компаниями и стабильность батарей имеет различные фазы в электрохимических устройствах. Соответственно, важно оценить и обеспечить стабильность электрохимических батарей. Прежде всего, должно быть продумано, чтобы ошибки в работе электрохимического устройства не вызывали повреждения потребителей. Для этой цели правила техники безопасности строго регулируют возгорание и взрывание в электрохимических устройствах. В характеристиках стабильности электрохимического устройства перегрев электрохимического устройства может стать причиной теплового пробоя, а когда сепаратор пробивается, может произойти взрыв. В частности, полиолефиновая пористая подложка, обычно используемая в качестве сепаратора электрохимического устройства, демонстрирует экстремальное термоусадочное поведение при температуре в  $100^\circ C$  или выше из-за свойств своего материала и процесса ее производства, такого как вытяжка, так что может произойти короткое замыкание между катодом и анодом.

Для того чтобы решить вышеупомянутые проблемы обеспечения безопасности электрохимического устройства, публикации выложенных заявок на патент Кореи № 10-2006-72065 и № 10-2007-231 раскрывают органический/неорганический композитный сепаратор 10, имеющий пористый слой покрытия, образованный посредством покрытия по меньшей мере одной поверхности пористой подложки 1, имеющей множество пор, смесью неорганических частиц 3 и связующего полимера 5 (см. фиг.1). В этом органическом/неорганическом композитном сепараторе неорганические частицы 3 в пористом слое покрытия, образованном на пористой подложке 1, действуют как своего рода прокладка, которая поддерживает физическую форму пористого слоя покрытия, поэтому неорганические частицы ограничивают термоусадку пористой подложки, когда электрохимическое устройство перегревается. В дополнение, среди неорганических частиц существуют промежуточные пустоты, тем самым образуя мелкие поры.

Как упомянуто выше, должно содержаться по меньшей мере некоторое количество неорганических частиц с тем, чтобы пористый слой покрытия, образованный на органическом/неорганическом композитном сепараторе, мог ограничивать термоусадку пористой подложки. Однако, когда содержание неорганических частиц повышается, содержание связующего полимера относительно понижается, что может служить причиной вытеснения неорганических частиц из пористого слоя покрытия из-за механических напряжений, возникающих в процессе сборки электрохимического устройства, таком как наматывание. Вытесняемые неорганические частицы действуют как местный дефект электрохимического устройства, оказывая тем самым плохое влияние на стабильность электрохимического устройства.

#### Раскрытие изобретения

#### Техническая проблема

Настоящее изобретение разработано для решения проблем предыдущего уровня техники, и вследствие этого задача изобретения состоит в том, чтобы предоставить органический/неорганический композитный сепаратор, который имеет хорошую термическую стабильность для того, чтобы предотвратить электрическое короткое замыкание между катодом и анодом, даже когда электрохимическое устройство перегревается, и который также может улучшить стабильность электрохимического устройства посредством предотвращения вытеснения неорганических частиц в пористом слое покрытия, образованном на пористой подложке, во время процесса сборки электрохимического устройства.

#### Техническое решение

Для того чтобы решить первую задачу, настоящее изобретение предлагает органический/неорганический композитный сепаратор, который включает в себя пористую подложку, имеющую множество пор; и пористый слой покрытия, образованный на по меньшей мере одной поверхности пористой подложки множеством неорганических частиц и связующим полимером, причем связующий полимер является сополимером, включающим: (а) первое мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания каплей воды в интервале от  $0^\circ$  до  $49^\circ$ ; и (б) второе мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания каплей воды в интервале от  $50^\circ$  до  $130^\circ$ .

Органический/неорганический композитный сепаратор согласно настоящему изобретению имеет превосходное сопротивление отслаиванию, поэтому он может предохранять неорганические частицы в пористом слое покрытия от вытеснения во время процесса сборки электрохимического устройства. Также, несмотря на то, что

электрохимическое устройство перегревается, термоусадка ограничивается, что дает возможность предотвратить какое-либо короткое замыкание между катодом и анодом. Соответственно, безопасность электрохимического устройства значительно улучшается.

5 В органическом/неорганическом композитном сепараторе согласно настоящему изобретению первое мономерное звено предпочтительно представляет собой мономерное звено, имеющее по меньшей мере одну функциональную группу, выбранную из группы, состоящей из ОН, СООН, МАН (малеинового ангидрида) и  
10 SO<sub>3</sub>H, а второе мономерное звено предпочтительно представляет собой мономерное звено, имеющее по меньшей мере одну функциональную группу, выбранную из группы, состоящей из F, Cl, CN, акрилата, ацетата и сложного эфира.

Сополимер может представлять собой сополимер, выбранный из группы, состоящей из сополимера акрилонитрила и малеинового ангидрида, сополимера  
15 акрилонитрила и винилового спирта, сополимера цианоэтилена и винилового спирта, сополимера цианоэтилена и целлюлозы, сополимера цианоэтилена и сахарозы, сополимера акрилонитрила и акриловой кислоты, сополимера акрилонитрила и безводной малеиновой кислоты, сополимера акрилата и акриловой кислоты и  
20 сополимера акрилата и безводной малеиновой кислоты, или их смесей.

Органический/неорганический композитный сепаратор согласно настоящему изобретению может быть применен для электрохимического устройства, такого как литиевая вторичная батарея или сверхемкостное устройство, будучи проложенным между катодом и анодом.

25 Краткое описание чертежей

Эти и другие признаки, аспекты и преимущества предпочтительных вариантов реализации настоящего изобретения будут более полно описаны в следующем подробном описании, используя прилагаемые чертежи.

30 Фиг.1 представляет собой изображение в разрезе, схематично показывающее органический/неорганический композитный сепаратор.

Фиг.2 представляет собой фотографию, показывающую поверхность пористого слоя покрытия и поверхность полиэтиленовой пористой пленки органического/неорганического композитного сепаратора согласно одному варианту  
35 реализации настоящего изобретения, сделанную посредством СЭМ (сканирующего электронного микроскопа).

Фиг.3 представляет собой фотографию, показывающую органический/неорганический композитный сепаратор согласно одному варианту  
40 реализации настоящего изобретения, сделанную после того, как сепаратор выдержали в печи при 150°C в течение 1 часа.

Фиг.4 представляет собой фотографию, показывающую устройство тестирования, использованное для измерения усилия отслаивания пористого слоя покрытия органического/неорганического композитного сепаратора.

45 Фиг.5 представляет собой график, показывающий результаты измерения усилий отслаивания пористых слоев покрытия согласно вариантам реализации настоящего изобретения и сравнительным примерам.

Наилучший вариант осуществления изобретения

50 В дальнейшем, предпочтительные варианты реализации настоящего изобретения будут подробно описаны со ссылкой на прилагаемые чертежи. Перед таким описанием следует уяснить, что термины, использованные в описании и прилагаемой формуле изобретения, не должны быть интерпретированы как ограниченные общими

и словарными значениями, а должны интерпретироваться, основываясь на значениях и понятиях, соответствующих техническим аспектам настоящего изобретения на основе того принципа, что автору изобретения допускается соответственно определять термины для наилучшего пояснения. Следовательно, приведенное здесь  
5 описание представляет собой всего лишь предпочтительный пример, представленный только в целях иллюстрации, не предназначенный для ограничения объема изобретения, поэтому должно быть понятно, что в нем могли бы быть сделаны другие равноценные замены и модификации без выхода за пределы сущности и объема  
10 изобретения.

Органический/неорганический композитный сепаратор по настоящему изобретению включает в себя пористую подложку, имеющую множество пор; и пористый слой покрытия, образованный множеством неорганических частиц и связующим полимером. Здесь связующий полимер является сополимером,  
15 включающим (а) первое мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $0^\circ$  до  $49^\circ$ ; и (b) второе мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $50^\circ$  до  $130^\circ$ . Данный сополимер может быть выражен следующим образом:  $(\text{первое мономерное звено})_m\text{-}(\text{второе мономерное}$   
20  $\text{звено})_n$  ( $0 < m < 1$ ,  $0 < n < 1$ ). При этом сополимер, включающий первое мономерное звено и второе мономерное звено, может представлять собой любой вид сополимера, такой как статистический сополимер и блок-сополимер. Первое мономерное звено предпочтительно имеет молярное отношение в интервале от 1 до 20 мол.% в расчете на весь сополимер, а весь сополимер предпочтительно имеет краевой угол смачивания  
25 капель воды в интервале от  $30^\circ$  до  $80^\circ$ . Рядовым специалистам в данной области техники должно быть очевидно, что вышеупомянутый сополимер может дополнительно включать еще одно мономерное звено без препятствования задаче настоящего изобретения, и с ним может быть смешан еще один связующий полимер в  
30 дополнение к вышеупомянутому сополимеру без препятствования задаче настоящего изобретения.

В настоящем изобретении после того, как был получен образец пленки с использованием единственного мономера соответствующего связующего полимера, на него уронили каплю дистиллированной воды, а затем определили краевой угол  
35 смачивания, образовавшийся на капле воды, как  $23^\circ$ . Кроме того, краевой угол смачивания капель воды измеряли с использованием измерителя краевых углов смачивания модели SA-DT-A (модификация, выпускаемая Kyowa Kaimen Kagaku KK) при условии 50% ОВ. Краевые углы смачивания измеряли в двух точках (а именно,  
40 левой и правой точках) каждого из трех образцов пленок, и шесть измеренных значений усредняли и принимали за краевой угол. Капля дистиллированной воды имеет диаметр 2 мм, а значение краевого угла, отображенное на измерителе, показывает краевой угол, измеренный через 1 минуту после того, как уронили каплю  
45 дистиллированной воды.

Среди мономерных звеньев, которые составляют сополимер, первое мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $0^\circ$  до  $49^\circ$ , предпочтительно, от  $5^\circ$  до  $30^\circ$ , показывает относительно большее гидрофильное свойство, чем второе мономерное звено, следовательно, первое мономерное звено  
50 связано с улучшением показателя сцепления среди неорганических частиц. Также, второе мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $50^\circ$  до  $130^\circ$ , предпочтительно, от  $70^\circ$  до  $120^\circ$ , показывает относительно большее гидрофобное свойство, чем первое мономерное звено, следовательно, второе

мономерное звено связано с улучшением показателя сцепления между неорганическими частицами и пористой подложкой. Таким образом, когда в качестве связующего полимера для пористого слоя покрытия используется вышеупомянутый сополимер, становится возможным повысить сопротивление отслаиванию пористого слоя покрытия больше, чем в случае с использованием традиционного полимерного связующего. Соответственно, становится возможным понизить относительное содержание связующего полимера в пористом слое покрытия и повысить относительное содержание неорганических частиц, что дает возможность дополнительно ограничить термоусадку органического/неорганического композитного сепаратора. В дополнение к этому, повышается пористость пористого слоя покрытия, что связано с повышением эффективности электрохимического устройства. Также, поскольку сила сцепления между пористым слоем покрытия и пористой подложкой является высокой, пористый слой покрытия может удовлетворительно проявлять свою функцию по ограничению термоусадки пористой подложки, даже несмотря на то, что электрохимическое устройство перегревается. Соответственно, значительно повышается стабильность электрохимического устройства.

В органическом/неорганическом композитном сепараторе согласно настоящему изобретению пористый слой покрытия предпочтительно имеет усилие отслаивания 5 гс/см или выше, принимая во внимание предотвращение вытеснения неорганических частиц в пористом слое покрытия во время процесса сборки электрохимического устройства.

В органическом/неорганическом композитном сепараторе согласно настоящему изобретению первое мономерное звено предпочтительно представляет собой мономерное звено, имеющее по меньшей мере одну функциональную группу, выбранную из группы, состоящей из ОН, СООН, МАН (малеинового ангидрида) и  $\text{SO}_3\text{H}$ , а второе мономерное звено предпочтительно представляет собой мономерное звено, имеющее по меньшей мере одну функциональную группу, выбранную из группы, состоящей из F, Cl, CN, акрилата, ацетата и сложного эфира.

В сополимере, включающем первое мономерное звено и второе мономерное звено, может использоваться сополимер акрилонитрила и малеинового ангидрида, сополимер акрилонитрила и винилового спирта, сополимер цианоэтилена и винилового спирта, сополимер цианоэтилена и целлюлозы, сополимер цианоэтилена и сахарозы, сополимер акрилонитрила и акриловой кислоты, сополимер акрилонитрила и безводной малеиновой кислоты, сополимер акрилата и акриловой кислоты или сополимер акрилата и безводной малеиновой кислоты, по отдельности или в сочетании.

В органическом/неорганическом композитном сепараторе согласно настоящему изобретению неорганическая частица, использованная для образования пористого слоя покрытия, специально не ограничивается, если только она является электрически и химически стабильной. Другими словами, неорганическая частица, которую можно использовать в настоящем изобретении, специально не ограничивается, если в диапазоне рабочих напряжений (например, от 0 до 5 В в расчете на  $\text{Li}/\text{Li}^+$ ) применяемого электрохимического устройства не происходит реакция окисления или восстановления. В частности, в случае, если используется неорганическая частица со способностью к переносу ионов, становится возможным повысить эксплуатационные характеристики посредством увеличения ионной проводимости в электрохимическом устройстве.

В дополнение, в случае, если используется неорганическая частица с высокой диэлектрической постоянной, это вносит вклад в повышение диссоциации солиэлектролита, например соли лития, в жидком электролите, тем самым повышая ионную проводимость электролита.

По вышеупомянутым причинам является предпочтительным, чтобы неорганические частицы включали неорганические частицы, обладающие диэлектрической постоянной 5 или выше, предпочтительно, 10 или выше, неорганические частицы, обладающие способностью к переносу ионов лития, или их смеси. Неорганическая частица, обладающая диэлектрической постоянной 5 или выше, представляет собой, например,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  (PZT),  $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_3$  (PLZT),  $\text{Pb}(\text{Mg}_3\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$  (PMN-PT), оксид гафния ( $\text{HfO}_2$ ),  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$  и  $\text{TiO}_2$ , но не ограничиваясь этим.

В частности, неорганические частицы, такие как  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  (PZT),  $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_3$  (PLZT),  $\text{Pb}(\text{Mg}_3\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$  (PMN-PT) и оксид гафния ( $\text{HfO}_2$ ), проявляют высокую диэлектрическую постоянную в 100 или выше и обладают пьезоэлектрическим эффектом, поскольку образуются заряды, создающие разность потенциалов между обеими поверхностями, когда прикладывается определенное давление для их вытягивания или сжатия посредством приложения к ним определенного давления, поэтому вышеупомянутые неорганические частицы могут предотвращать возникновение внутреннего короткого замыкания обоих электродов, вызываемого внешним воздействием, и таким образом дополнительно улучшают стабильность электрохимического устройства. В дополнение, в случае, если неорганические частицы, имеющие высокую диэлектрическую постоянную, смешивают с неорганическими частицами, обладающими способностью к переносу ионов лития, их синергический эффект может быть удвоен.

В настоящем изобретении неорганическая частица, обладающая способностью к переносу ионов лития, означает неорганическую частицу, содержащую атом лития и имеющую функцию перемещения иона лития без накопления лития. Неорганическая частица, обладающая способностью к переносу ионов лития, может переносить и перемещать ионы лития благодаря своего рода дефекту, существующему в структуре частиц, поэтому становится возможным повысить проводимость по ионам лития в батарее, а также повысить эксплуатационные характеристики батареи.

Неорганическая частица, обладающая способностью к переносу ионов лития, представляет собой любую неорганическую частицу или смесь по меньшей мере двух неорганических частиц, выбранных из группы, состоящей из фосфата лития ( $\text{Li}_3\text{PO}_4$ ), фосфата лития-титана ( $\text{Li}_x\text{Ti}_y(\text{PO}_4)_3$ ,  $0 < x < 2$ ,  $0 < y < 3$ ), фосфата лития-алюминия-титана ( $\text{Li}_x\text{Al}_y\text{Ti}_z(\text{PO}_4)_3$ ,  $0 < x < 2$ ,  $0 < y < 1$ ,  $0 < z < 3$ ), стекла типа  $(\text{LiAlTiP})_x\text{O}_y$  ( $0 < x < 4$ ,  $0 < y < 13$ ), титаната лития-лантана ( $\text{Li}_x\text{La}_y\text{TiO}_3$ ,  $0 < x < 2$ ,  $0 < y < 3$ ), тиофосфата лития-германия ( $\text{Li}_x\text{Ge}_y\text{P}_z\text{S}_w$ ,  $0 < x < 4$ ,  $0 < y < 1$ ,  $0 < z < 1$ ,  $0 < w < 5$ ), нитридов лития ( $\text{Li}_x\text{N}_y$ ,  $0 < x < 4$ ,  $0 < y < 2$ ), стекла типа  $\text{SiS}_2$  ( $\text{Li}_x\text{Si}_y\text{S}_z$ ,  $0 < x < 3$ ,  $0 < y < 2$ ,  $0 < z < 4$ ) и стекла типа  $\text{P}_2\text{S}_5$  ( $\text{Li}_x\text{P}_y\text{S}_z$ ,  $0 < x < 3$ ,  $0 < y < 3$ ,  $0 < z < 7$ ), но не ограничиваясь этим.

В органическом/неорганическом композитном сепараторе согласно настоящему изобретению размер неорганических частиц в пористом слое покрытия специально не ограничивается, но предпочтительно, чтобы он находился в интервале от 0,001 до 10 мкм, если возможно, для того, чтобы образовать слой покрытия равномерной толщины и обеспечить подходящую пористость. Если размер частиц меньше, чем 0,001 мкм, свойство диспергирования ухудшается, поэтому становится нелегко управлять свойствами органического/неорганического композитного сепаратора. Если размер

частиц превышает 10 мкм, толщина пористого слоя покрытия повышается, что может ухудшить механические свойства. В дополнение, из-за излишне большого размера пор повышается вероятность внутреннего короткого замыкания при зарядке или разрядке батареи.

5 В органическом/неорганическом композитном сепараторе, покрытом пористым слоем покрытия согласно настоящему изобретению, массовое соотношение неорганических частиц и связующего полимера находится в интервале от 50:50 до 99:1, более предпочтительно, от 70:30 до 95:5. Если массовое соотношение органических  
10 частиц и связующего полимера меньше, чем 50:50, содержание полимера настолько велико, что термическая стабильность органического/неорганического композитного сепаратора не может быть сильно повышена. В дополнение, могут снижаться размер пор и пористость из-за снижения промежуточного пространства, образованного среди неорганических частиц, тем самым вызывая ухудшение эксплуатационных  
15 характеристик батареи. Если это массовое соотношение превышает 99:1, сопротивление отслаиванию пористого слоя покрытия может быть ослаблено, поскольку содержание связующего полимера очень маленькое. Толщина пористого слоя покрытия, состоящего из неорганических частиц и связующего полимера,  
20 специально не ограничивается, но предпочтительно, чтобы она находилась в интервале от 0,01 до 20 мкм. Также специально не ограничиваются размер пор и пористость, но размер пор предпочтительно составляет в интервале от 0,001 до 10 мкм, а пористость предпочтительно составляет в интервале от 10 до 90%. Размер пор и пористость зависят, главным образом, от размера неорганических частиц.  
25 Например, в случае, если неорганические частицы имеют диаметр 1 мкм или менее, образованная пора также составляет приблизительно 1 мкм или менее. Поры, как упоминалось выше, позже заполняются электролитом, и заполняющий электролит играет роль переноса ионов. В случае, если размер пор и пористость соответственно  
30 меньше, чем 0,001 мкм и 10%, пористый слой покрытия может действовать как слой сопротивления. В случае, если размер пор и пористость соответственно больше, чем 10 мкм и 90%, могут ухудшаться механические свойства.

Органический/неорганический композитный сепаратор согласно настоящему изобретению может дополнительно включать другие добавки в качестве компонентов  
35 пористого слоя покрытия, в дополнение к неорганическим частицам и полимеру.

В дополнение, в органическом/неорганическом композитном сепараторе согласно настоящему изобретению в качестве пористой подложки, имеющей множество пор, можно выбрать любой тип пористой подложки, если она является общепринятой в  
40 качестве сепаратора электрохимического устройства, подобно полиолефиновой пористой подложке. Например, пористая подложка может представлять собой нетканый материал или мембрану, образованную с использованием полиолефинового полимера, содержащего полиэтилен, такой как ПЭВП (полиэтилен высокой  
45 плотности), ЛПЭНП (линейный полиэтилен низкой плотности), ПЭНП (полиэтилен низкой плотности) и УНМWPE (полиэтилен со сверхвысокой молекулярной массой), полипропилен, полибутилен или полипентен, по отдельности или в сочетании. Пористая подложка предпочтительно имеет толщину от 5 до 50 мкм, хотя этим не ограничивается, а также размер пор и пористость пористой подложки  
50 предпочтительно составляют от 0,01 до 50 мкм и от 10 до 95% соответственно, хотя этим не ограничиваются.

В дальнейшем в качестве примера пояснен способ производства органического/неорганического композитного сепаратора, имеющего пористый слой

покрытия согласно настоящему изобретению, но настоящее изобретение им не ограничено.

Сначала сополимер, включающий первое и второе мономерные звенья с вышеупомянутыми краевыми углами смачивания каплей воды, растворяют в растворителе для получения раствора связующего полимера.

Далее, к раствору связующего полимера добавляют неорганические частицы, а затем диспергируют в нем. Растворитель предпочтительно имеет параметр растворимости, подобный параметру растворимости использованного связующего полимера, и низкую точку кипения. Это будет способствовать однородности смеси и легкости удаления растворителя впоследствии. Неограничивающий пример пригодного для использования растворителя включает ацетон, тетрагидрофуран, метилхлорид, хлороформ, диметилформамид, н-метил-2-пирролидон (НМП), циклогексан, воду и их смеси. Является предпочтительным, чтобы неорганические частицы измельчали после добавления к раствору связующего полимера. При этом подходящее время, необходимое для измельчения, составляет от 1 до 20 часов, а размер измельченных частиц составляет предпочтительно в интервале от 0,001 до 10 мкм, как упомянуто выше. Могут быть использованы традиционные способы измельчения, а особенно предпочтительным является способ с использованием шаровой мельницы.

После этого полиолефиновую пористую подложку покрывают раствором связующего полимера, в котором диспергированы неорганические частицы, в условиях влажности от 10 до 80%, а затем высушивают.

Для того чтобы покрыть пористую подложку раствором связующего полимера, в котором диспергированы неорганические частицы, может быть использован обычный способ нанесения покрытия, хорошо известный в данной отрасли. Например, могут быть использованы различные способы, такие как нанесение покрытия погружением, нанесение покрытия щелевой головкой, нанесение покрытия валиком, нанесение покрытия инструментом с профилем в форме запятой (от англ. «comma coating») или их сочетания. В дополнение, пористый слой покрытия может быть образован выборочно на обеих поверхностях или только на одной поверхности пористой подложки.

Органический/неорганический композитный сепаратор, произведенный так, как упомянуто выше, может быть использован в качестве сепаратора электрохимического устройства. А именно, органический/неорганический композитный сепаратор может быть эффективно использован в качестве сепаратора, проложенного между катодом и анодом. При этом в случае, если в качестве связующего полимерного компонента используется полимер, способный к гелеобразованию при пропитке жидким электролитом, то после того, как батарею собрали с использованием такого сепаратора, введенный электролит и полимер могут прореагировать и затем перейти в гелеобразное состояние, тем самым образовав органический/неорганический композитный электролит гелевого типа.

Электрохимическое устройство может представлять собой любое устройство, в котором могут протекать электрохимические реакции, и конкретный пример электрохимических устройств включает все типы первичных батарей, вторичных батарей, топливных элементов, солнечных элементов или конденсаторов, таких как суперконденсатор. В частности, среди вторичных батарей предпочтительными являются литиевые вторичные батареи, включая вторичную батарею с металлическим литием, литий-ионную вторичную батарею, литий-полимерную вторичную батарею

или литий-ионную полимерную вторичную батарею.

Электрохимическое устройство может быть произведено в соответствии с обычными способами, хорошо известными в данной отрасли. В качестве одного варианта осуществления способа производства электрохимического устройства, электрохимическое устройство может быть произведено посредством прокладывания вышеупомянутого органического/неорганического композитного сепаратора между катодом и анодом и введения в него раствора электролита.

Какое-либо специальное ограничение по электродам, которые могут быть использованы вместе с органическим/неорганическим композитным сепаратором по настоящему изобретению, отсутствует, и электроды могут быть произведены посредством нанесения активных электродных материалов на токосъемник в соответствии с одним из обычных способов, хорошо известных в данной отрасли. Среди электродных активных материалов, неограничивающий пример катодных активных материалов может включать любые традиционные катодные активные материалы, используемые в настоящее время в катоде традиционного электрохимического устройства. Конкретно, в качестве катодных активных материалов предпочтительными являются оксиды лития-марганца, оксиды лития-кобальта, оксиды лития-никеля, оксиды лития-железа или их литиевые сложные оксиды. Также, неограничивающий пример анодных активных материалов может включать любые традиционные анодные активные материалы, используемые в настоящее время в аноде традиционного электрохимического устройства. Конкретно, в качестве анодных активных материалов предпочтительными являются материалы с интеркаляцией лития, такие как металлический литий, литиевые сплавы, углерод, нефтяной кокс, активированный уголь, графит или другие углеродистые материалы. Неограничивающий пример катодного токосъемника включает фольгу, образованную из алюминия, никеля или их сочетания. Неограничивающий пример анодного токосъемника включает фольгу, образованную из меди, золота, никеля, медных сплавов, или их сочетание.

Раствор электролита, который может быть использован в настоящем изобретении, включает соль, представленную формулой  $A^+B^-$ , где  $A^+$  представляет собой катион щелочного металла, выбранного из группы, состоящей из  $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  и их сочетаний, а  $B^-$  представляет собой анион, выбранный из группы, состоящей из  $PF_6^-$ ,  $BF_4^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $ClO_4^-$ ,  $AsF_6^-$ ,  $CH_3CO_2^-$ ,  $CF_3SO_3^-$ ,  $N(CF_3SO_2)_2^-$ ,  $C(CF_2SO_2)_3^-$  и их сочетаний. Эта соль может быть растворена или диссоциирована в органическом растворителе, выбранном из группы, состоящей из пропиленкарбоната (ПК), этиленкарбоната (ЭК), диэтилкарбоната (ДЭК), диметилкарбоната (ДМК), дипропилкарбоната (ДПК), диметилсульфоксида, ацетонитрила, диметоксиэтана, диэтоксиэтана, тетрагидрофурана, н-метил-2-пирролидона (НМП), этилметилкарбоната (ЭМК), гамма-бутиролактона ( $\gamma$ -бутиролактона) и их смесей. Вместе с тем, раствор электролита, который может быть использован в настоящем изобретении, не ограничивается упомянутыми выше примерами.

Более конкретно, раствор электролита может быть введен (залит) на подходящей стадии во время процесса производства батареи, в соответствии с производственным процессом и желательными свойствами конечного продукта. Другими словами, раствор электролита может быть введен перед сборкой батареи или во время заключительной стадии процесса сборки батареи.

Для того чтобы применять органический/неорганический композитный сепаратор, согласно настоящему изобретению в батарее, в дополнение к процессу наматывания,

который используется чаще всего, может быть использован процесс складывания слоями (или ламинирования) или процесс свертывания. Органический/неорганический композитный сепаратор по настоящему изобретению имеет превосходное сопротивление отслаиванию, поэтому неорганические частицы не вытесняются легко во время процесса сборки батареи.

#### Варианты изобретения

В дальнейшем различные предпочтительные примеры настоящего изобретения будут подробно описаны для лучшего понимания. Однако примеры настоящего изобретения могут быть видоизменены различными путями, и они не должны интерпретироваться как ограничивающие объем изобретения. Примеры настоящего изобретения приведены только для лучшего понимания изобретения рядовыми специалистами в данной области техники.

#### Пример 1

5 мас.% сополимера бутилакрилата и акриловой кислоты, содержащего 5 мол.% звена акриловой кислоты (краевой угол смачивания каплей воды звена бутилакрилата составлял  $80^\circ$ , а краевой угол смачивания каплей воды звена акриловой кислоты составлял  $10^\circ$ ), добавили к ацетону и растворяли при  $50^\circ\text{C}$  в течение примерно 12 часов для получения раствора связующего полимера. Порошок  $\text{BaTiO}_3$  добавили к полученному раствору связующего полимера при массовом соотношении полимерная смесь/ $\text{BaTiO}_3 = 10/90$ , а затем порошок  $\text{BaTiO}_3$  измельчали и диспергировали в течение 12 часов или более посредством размола в шаровой мельнице для получения пасты. В полученной пасте диаметр  $\text{BaTiO}_3$  может регулироваться в соответствии с размером (или диаметром) используемых шариков и временем для размола в шаровой мельнице, но в данном примере 1 для получения пасты порошок  $\text{BaTiO}_3$  измельчили до примерно 400 нм. Полученную пасту использовали для покрытия полиэтиленового пористого сепаратора (имеющего пористость 45%) с толщиной 12 мкм посредством нанесения покрытия погружением и толщину покрытия регулировали до примерно 8 мкм. Размер пор в пористом слое покрытия, образованном на полиэтиленовом пористом сепараторе, находился на уровне 0,4 мкм, а пористость находилась на уровне 57%.

#### Пример 2

Органический/неорганический композитный сепаратор получили тем же способом, как и в примере 1, за исключением того, что вместо сополимера бутилакрилата и акриловой кислоты использовали сополимер акрилонитрила и акриловой кислоты, содержащий 5 мол.% звена акриловой кислоты (краевой угол смачивания каплей воды звена акрилонитрила составлял  $85^\circ$ ).

#### Пример 3

Органический/неорганический композитный сепаратор получили тем же способом, как и в примере 1, за исключением того, что вместо порошка  $\text{BaTiO}_3$  использовали порошок  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

#### Пример 4

Органический/неорганический композитный сепаратор получили тем же способом, как и в примере 1, за исключением того, что относительное содержание связующий полимер/ $\text{BaTiO}_3$  изменили на 5/95.

#### Сравнительный пример 1

Органический/неорганический композитный сепаратор получили тем же способом, как и в примере 1, за исключением того, что вместо сополимера бутилакрилата и акриловой кислоты использовали гомополимер бутилакрилата.

Сравнительный пример 2

Органический/неорганический композитный сепаратор получили тем же способом, как и в примере 1, за исключением того, что вместо сополимера бутилакрилата и акриловой кислоты использовали гомополимер акриловой кислоты. Однако, поскольку гомополимер акриловой кислоты не растворялся в ацетоне, то есть растворителе, было невозможно получить пасту для образования пористого слоя покрытия.

Сравнительный пример 3

Органический/неорганический композитный сепаратор получили тем же способом, как и в примере 1, за исключением того, что вместо сополимера бутилакрилата и акриловой кислоты использовали гомополимер акрилонитрила.

Получение анода

96 мас.% углеродного порошка в качестве анодного активного материала, 3 мас.% поливинилиденфторида (ПВДФ) в качестве связующего средства и 1 мас.% углеродной сажи в качестве электропроводного материала соответственно добавили к н-метил-2 пирролидону (НМП) в качестве растворителя для получения смешанной анодной пасты. Смешанную анодную пасту нанесли на медную (Cu) пленку, которая представляет собой анодный токосъемник толщиной 10 мкм, а затем высушили, получив анод, а затем на нем провели припрессовку валками.

Получение катода

92 мас.% сложного оксида лития-кобальта в качестве катодного активного материала, 4 мас.% углеродной сажи в качестве электропроводного материала и 4 мас.% ПВДФ в качестве связующего средства соответственно добавили к н-метил-2 пирролидону (НМП) в качестве растворителя для получения смешанной катодной пасты. Смешанную катодную пасту нанесли на алюминиевую (Al) пленку, которая представляет собой катодный токосъемник с толщиной 20 мкм, и затем высушили, получив катод, а затем на нем провели припрессовку валками.

Производство батареи

Батарею производили, используя органический/неорганический композитный сепаратор и электроды, полученные так, как описано выше, а затем протестировали ее эксплуатационные характеристики и безопасность.

Батарею собрали способом пакетной укладки анода, катода и пористого органического/неорганического композитного сепаратора, а затем электролита (этиленкарбонат (ЭК)/этилметилкарбонат (ЭМК) = 1/2 (соотношение объемов), 1 мол гексафторидофосфата лития (LiPF<sub>6</sub>).

Анализ поверхности органического/неорганического композитного сепаратора

Фиг.2 представляет собой фотографию, показывающую поверхность пористого слоя покрытия и поверхность полиэтиленовой пористой пленки органического/неорганического композитного сепаратора, произведенного в соответствии с примером 1, сделанную с использованием СЭМ (сканирующего электронного микроскопа). Рассматривая фиг.2, можно обнаружить, что пористый слой покрытия и полиэтиленовая пористая пленка демонстрируют равномерный размер пор в примерно 1 мкм или менее.

Оценка термоусадки органического/неорганического композитного сепаратора

Органические/неорганические композитные пористые пленки, покрытые электродным активным материалом, произведенные в соответствии с примерами 1-4 и сравнительными примерами 1-3, выдерживали при 150°C в течение 1 часа, а затем оценили их термоусадки и потом отобразили в Таблице 1.

В результате эксперимента, примеры 1-4 продемонстрировали термоусадку, по существу меньшую, чем 10%, а сравнительные примеры 1-3 продемонстрировали термоусадку в 60% или выше. Между тем, фиг.3 представляет собой фотографию, показывающую органический/неорганический композитный сепаратор в соответствии с примером 1 настоящего изобретения, сделанную после того, как сепаратор отдельно выдержали в печи при 150°C в течение 1 часа.

Таблица 1						
Условие	Примеры				Сравнительные примеры	
	1	2	3	4	1	3
Термоусадка	< 10%	< 10%	< 10%	< 5%	60%	60%

#### Оценка сопротивления отслаиванию органического/неорганического композитного сепаратора

Следующий эксперимент провели для того, чтобы оценить сопротивления отслаиванию пористых слоев покрытия, образованных в органических/неорганических композитных сепараторах в соответствии с примерами и сравнительными примерами. Используемый здесь термин «усилие отслаивания» пористого слоя покрытия означает усилие отслаивания, измеренное в соответствии со следующим тестом.

Для фиксирования каждого органического/неорганического композитного сепаратора в соответствии с примерами 1-4 и сравнительными примерами 1-3 на стеклянной пластине использовали двустороннюю клейкую ленту, а затем другую ленту (прозрачную ленту, производимую фирмой 3М) накрепко прикрепили к открытому пористому слою покрытия.

Далее, как показано на фиг.4, измеряли силу, необходимую для отрыва этой ленты с использованием устройства измерения растягивающего усилия для того, чтобы оценить усилие отслаивания пористого слоя покрытия. Фиг.5 показывает соответственно полученный график.

#### Тест на эксплуатационные характеристики батареи

Батареи, имеющие соответственно емкости катода и анода 30 мА·ч, заряжали током 0,5С, а затем разряжали током 1,0С, и их разрядные емкости отображали в следующей таблице 2. Как будет понятно, эксплуатационные характеристики элементов в соответствии с примерами с 1 по 4 значительно улучшены по сравнению со сравнительными примерами с 1 по 3.

Таблица 2						
Условие	Примеры				Сравнительные примеры	
	1	2	3	4	1	3
Емкость	30,14	30,12	30,18	30,21	28,43	28,50

#### Промышленная применимость

Как описано выше, органический/неорганический композитный сепаратор, покрытый пористым слоем покрытия согласно настоящему изобретению, имеет превосходную термическую стабильность, поэтому он может предотвращать короткое замыкание между катодом и анодом. В дополнение, может быть решена такая проблема, как вытеснение неорганических частиц в образованном на пористой подложке пористом слое покрытия во время процесса сборки электрохимического устройства. Также, поскольку сила сцепления между пористым слоем покрытия и пористой подложкой является высокой, пористый слой покрытия может

удовлетворительно проявлять свою функцию по ограничению термоусадки пористой подложки даже несмотря на то, что электрохимическое устройство перегревается. Соответственно, настоящее изобретение дает возможность значительно повысить безопасность электрохимического устройства и связано с улучшением эксплуатационных характеристик батареи.

#### Формула изобретения

1. Органический/неорганический композитный сепаратор, который включает в себя пористую подложку, имеющую множество пор; и пористый слой покрытия, образованный на по меньшей мере одной поверхности пористой подложки множеством неорганических частиц и связующим полимером, причем связующий полимер представляет собой сополимер, включающий:

(а) первое мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $0^\circ$  до  $49^\circ$ ; и

(б) второе мономерное звено, имеющее краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $50^\circ$  до  $130^\circ$ .

2. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором первое мономерное звено имеет краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $5^\circ$  до  $30^\circ$ , а второе мономерное звено имеет краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $70^\circ$  до  $120^\circ$ .

3. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором первое мономерное звено имеет молярное отношение в интервале от 1 до 20 мол.% в расчете на весь сополимер.

4. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором сополимер имеет краевой угол смачивания капель воды в интервале от  $30^\circ$  до  $80^\circ$ .

5. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором первое мономерное звено представляет собой мономерное звено, имеющее по меньшей мере одну функциональную группу, выбранную из группы, состоящей из ОН, СООН, МАН (малеиновый ангидрид) и  $\text{SO}_3\text{H}$ , а второе мономерное звено представляет собой мономерное звено, имеющее по меньшей мере одну функциональную группу, выбранную из группы, состоящей из F, Cl, CN, акрилата, ацетата и сложного эфира.

6. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором сополимер представляет собой сополимер, выбранный из группы, состоящей из сополимера акрилонитрила и малеинового ангидрида, сополимера акрилонитрила и винилового спирта, сополимера цианоэтилена и винилового спирта, сополимера цианоэтилена и целлюлозы, сополимера цианоэтилена и сахарозы, сополимера акрилонитрила и акриловой кислоты, сополимера акрилонитрила и безводной малеиновой кислоты, сополимера акрилата и акриловой кислоты и сополимера акрилата и безводной малеиновой кислоты.

7. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором пористый слой покрытия имеет усилие отслаивания 5 гс/см или выше.

8. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором неорганические частицы имеют размер в интервале от 0,001 до 10 мкм.

9. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором неорганические частицы выбраны из группы, состоящей из неорганических частиц, обладающих диэлектрической постоянной 5 или выше, неорганических частиц, обладающих способностью к переносу ионов лития, или их смесей.

10. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.9, в котором

неорганическая частица, обладающая диэлектрической постоянной 5 или выше, представляет собой неорганическую частицу, выбранную из группы, состоящей из  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  (PZT),  $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_3$  (PLZT),  $\text{Pb}(\text{Mg}_3\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $\text{PbTiO}_3$  (PMN-PT), оксида гафния ( $\text{HfO}_2$ ),  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$  и  $\text{TiO}_2$ .

11. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.10, в котором неорганическая частица, обладающая диэлектрической постоянной 5 или выше, представляет собой пьезоэлектрическую неорганическую частицу, выбранную из группы, состоящей из  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$  (PZT),  $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_3$  (PLZT),  $\text{Pb}(\text{Mg}_3\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $\text{PbTiO}_3$  (PMN-PT) и оксида гафния ( $\text{HfO}_2$ ).

12. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.9, в котором неорганическая частица, обладающая проводимостью по ионам лития, представляет собой неорганическую частицу, выбранную из группы, состоящей из фосфата лития ( $\text{Li}_3\text{PO}_4$ ), фосфата лития-титана ( $\text{Li}_x\text{Ti}_y(\text{PO}_4)_3$ ,  $0 < x < 2$ ,  $0 < y < 3$ ), фосфата лития-алюминия-титана ( $\text{Li}_x\text{Al}_y\text{Ti}_z(\text{PO}_4)_3$ ,  $0 < x < 2$ ,  $0 < y < 1$ ,  $0 < z < 3$ ), стекла типа  $(\text{LiAlTiP})_x\text{O}_y$  ( $0 < x < 4$ ,  $0 < y < 13$ ), титаната лития-лантана ( $\text{Li}_x\text{La}_y\text{TiO}_3$ ,  $0 < x < 2$ ,  $0 < y < 3$ ), тиофосфата лития-германия ( $\text{Li}_x\text{Ge}_y\text{P}_z\text{S}_w$ ,  $0 < x < 4$ ,  $0 < y < 1$ ,  $0 < z < 1$ ,  $0 < w < 5$ ), нитридов лития ( $\text{Li}_x\text{N}_y$ ,  $0 < x < 4$ ,  $0 < y < 2$ ), стекла типа  $\text{SiS}_2$  ( $\text{Li}_x\text{Si}_y\text{S}_z$ ,  $0 < x < 3$ ,  $0 < y < 2$ ,  $0 < z < 4$ ) и стекла типа  $\text{P}_2\text{S}_5$  ( $\text{Li}_x\text{P}_y\text{S}_z$ ,  $0 < x < 3$ ,  $0 < y < 3$ ,  $0 < z < 7$ ).

13. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором массовое соотношение неорганических частиц и связующего полимера находится в интервале от 50:50 до 99:1.

14. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором пористый слой покрытия имеет толщину от 0,01 до 20 мкм, размер пор от 0,001 до 10 мкм и пористость от 10 до 90%.

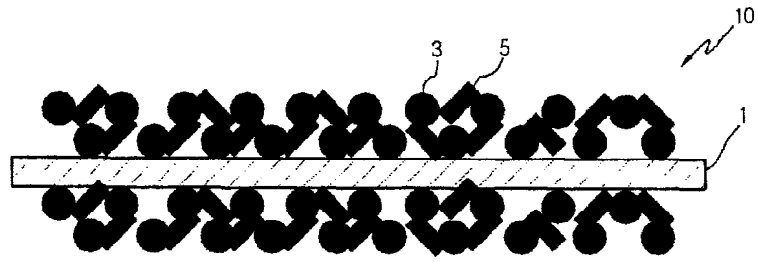
15. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором пористая подложка представляет собой полиолефиновую пористую подложку.

16. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором полиолефиновая пористая подложка образована с использованием полимера, выбранного из группы, состоящей из полиэтилена, полипропилена, полибутилена и полипентена.

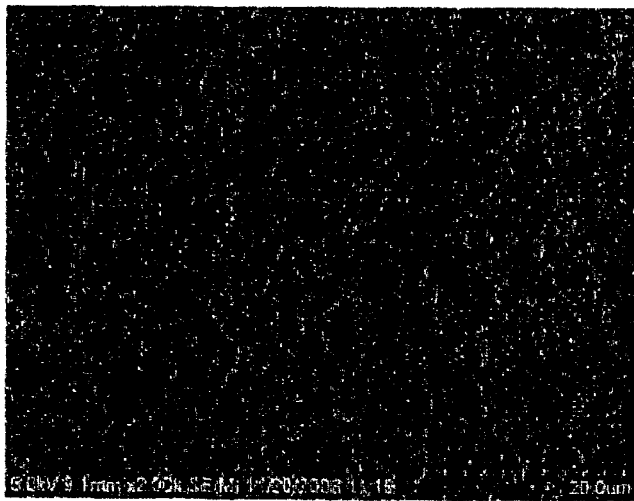
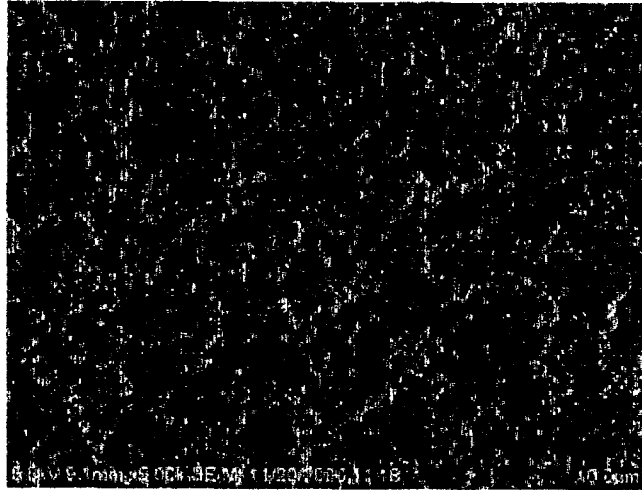
17. Органический/неорганический композитный сепаратор по п.1, в котором пористая подложка имеет толщину от 5 до 50 мкм, размер пор от 0,01 до 50 мкм и пористость от 10 до 95%.

18. Электрохимическое устройство, включающее в себя катод, анод и сепаратор, расположенный между катодом и анодом, причем сепаратор представляет собой органический/неорганический композитный сепаратор, охарактеризованный в любом из пп.1-17.

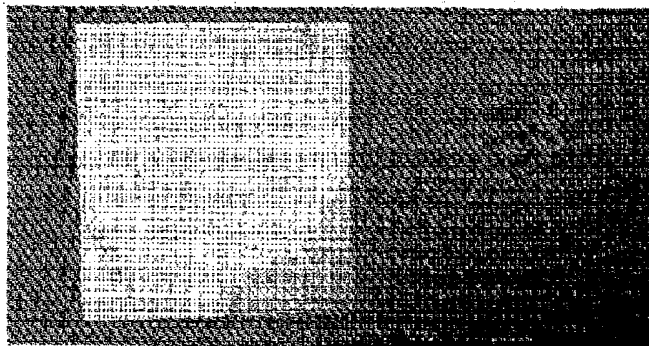
19. Электрохимическое устройство по п.18, причем этим электрохимическим устройством является литиевая вторичная батарея.



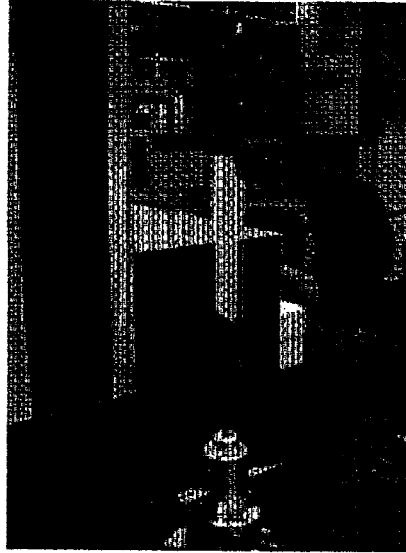
Фиг. 1



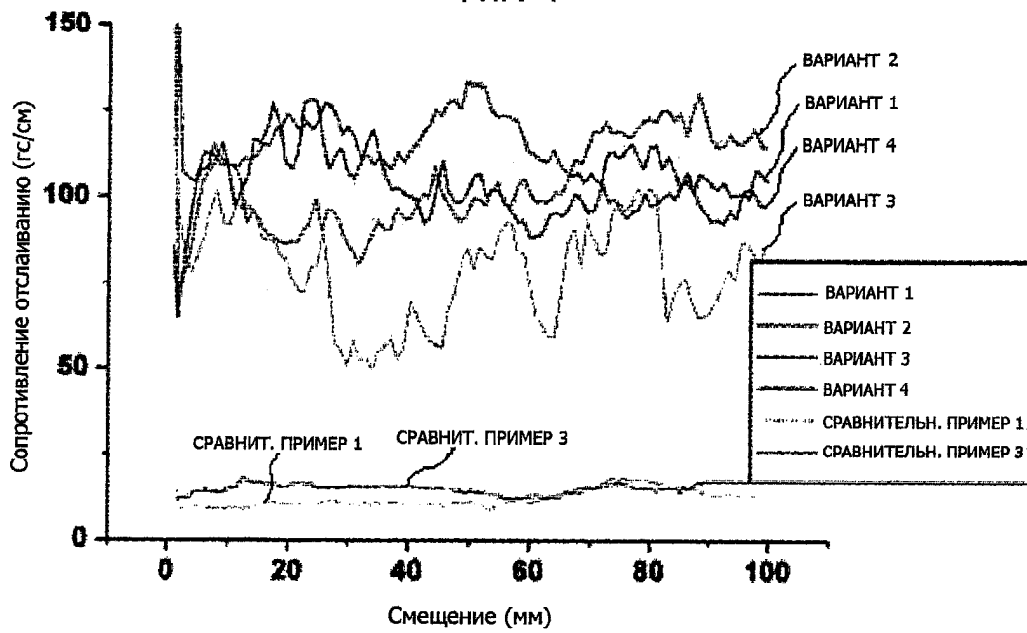
Фиг. 2



Фиг. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5