



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H01M 4/38 (2006.01); H01M 10/52 (2006.01); H01M 10/44 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2015145465, 21.03.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.03.2014

Дата регистрации:
05.04.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
25.03.2013 EP 13160777.2;
15.10.2013 GB 1318214.2

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2017 Бюл. № 12

(45) Опубликовано: 05.04.2018 Бюл. № 10

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 26.10.2015

(86) Заявка РСТ:
GB 2014/050888 (21.03.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/155068 (02.10.2014)

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

(72) Автор(ы):

КОЛОСНИЦЫН Владимир (GB),
ЭЙНСУОРТ Дэвид (GB),
КАБАЦИК Лукаш (GB)

(73) Патентообладатель(и):

ОКСИС ЭНЕРДЖИ ЛИМИТЕД (GB)

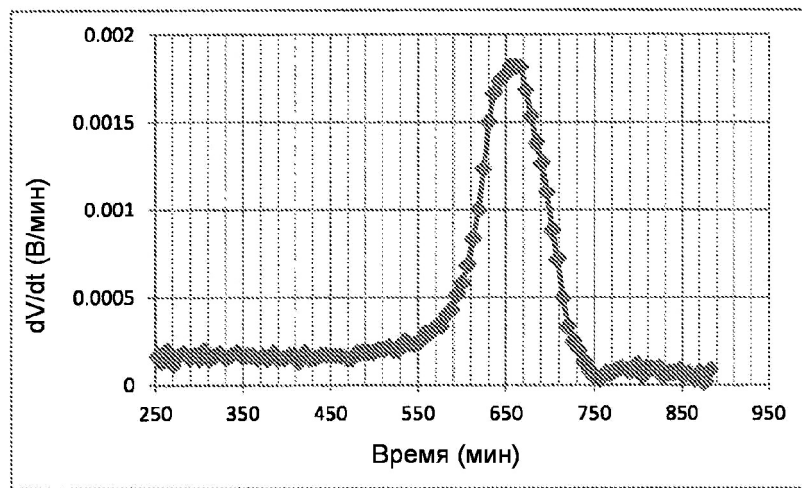
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO 2006050117 A2, 11.05.2006. WO
2008050151 A1, 02.05.2008. WO 2011147924
A1, 01.12.2011. EP 2339674 A1, 29.06.2011. EP
2430686 A1, 21.03.2012. RU 2321104 C2,
27.03.2008.

(54) СПОСОБ ЗАРЯДКИ ЛИТИЙ-СЕРНОГО ЭЛЕМЕНТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, а именно к способу зарядки и системе управления для зарядки литий-серного аккумулятора. Способ зарядки литий-серного элемента включает этапы контроля напряжения V элемента в процессе зарядки как функции времени t или емкости Q, определения в области напряжений, в которой элемент переходит между

первой стадией и второй стадией зарядки, опорной емкости Q_{ref} элемента, при которой dV/dt или dV/dQ максимально, завершения зарядки, когда емкость элемента достигает $a \cdot Q_{ref}$, где a составляет 1,1-1,4. Увеличение срока службы элемента путем предотвращения его избыточной зарядки является техническим результатом изобретения. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 3 ил., 1 пр.



ФИГ.2

RU 2649893 C2

RU 2649893 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

H01M 4/38 (2006.01)*H01M 10/052* (2010.01)*H01M 10/44* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H01M 4/38 (2006.01); *H01M 10/052* (2006.01); *H01M 10/44* (2006.01)(21)(22) Application: **2015145465**, 21.03.2014(24) Effective date for property rights:
21.03.2014Registration date:
05.04.2018

Priority:

(30) Convention priority:
25.03.2013 EP 13160777.2;
15.10.2013 GB 1318214.2

(43) Application published: 27.04.2017 Bull. № 12

(45) Date of publication: 05.04.2018 Bull. № 10

(85) Commencement of national phase: 26.10.2015

(86) PCT application:
GB 2014/050888 (21.03.2014)(87) PCT publication:
WO 2014/155068 (02.10.2014)Mail address:
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

**KOLOSNITSYN Vladimir (GB),
EJNSUORT Devid (GB),
KABATSIK Lukash (GB)**

(73) Proprietor(s):

OKSIS ENERDZHI LIMITED (GB)(54) **METHOD OF CHARGING THE LITHIUM-SULPHUR CELL**

(57) Abstract:

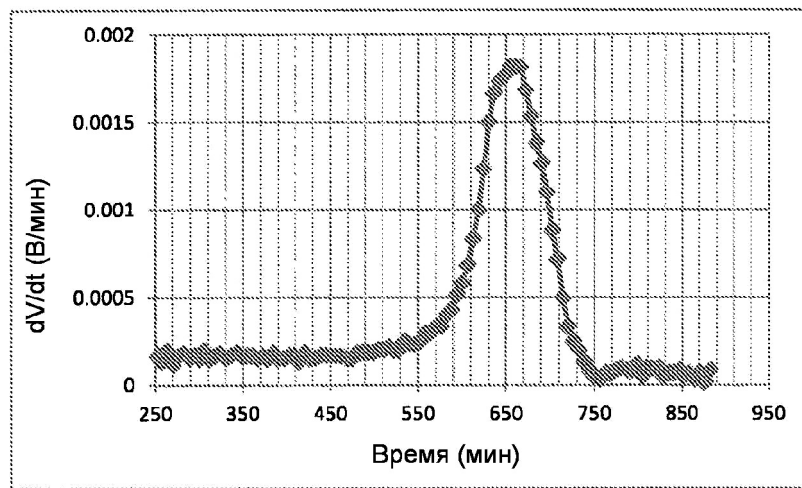
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the field of electrical engineering, namely the charging method and the control system for charging a lithium-sulfur cell. Charging method of the lithium-sulfur element includes the steps of monitoring the voltage *V* of the cell during charging as a function of time *t* or capacitance *Q*, a determination in the stress region in which the element passes between the first stage and the second charging

stage, support capacity Q_{ref} element at which dV / dt or dV / dQ is maximum, the completion of charging, when the capacity of the element reaches aQ_{ref} , where *a* is 1.1 to 1.4.

EFFECT: increase in the life of the element by preventing its overcharging is a technical result of the invention.

14 cl, 3 dwg, 1 ex



ФИГ.2

RU 2649893 C2

RU 2649893 C2

[0001] Настоящее изобретение относится к способу зарядки литий-серного аккумулятора. Настоящее изобретение также относится к системе управления аккумулятором для зарядки литий-серного аккумулятора.

Уровень техники изобретения

5 [0002] Обычный литий-серный элемент включает в себя анод (отрицательный электрод), образованный из металлического лития или сплава металлического лития, и катод (положительный электрод), образованный из элементарной серы или другого электроактивного материала с серой. Сера или другой содержащий серу электроактивный материал можно смешивать с электропроводным материалом, таким
10 как углерод, для улучшения его удельной электропроводности. Обычно углерод и серу измельчают и затем смешивают с растворителем и связующим веществом для образования суспензии. Суспензию наносят на токоотвод и затем высушивают для удаления растворителя. Получившуюся структуру обрабатывают для образования композитной структуры в виде пленки, которую нарезают в желаемую форму с
15 образованием катода. На катод помещают сепаратор, а на сепаратор помещают литиевый анод. Затем в собранный элемент вводят электролит для смачивания катода и сепаратора.

[0003] Литий-серные элементы являются вторичными элементами (аккумуляторами). Когда литий-серный элемент разряжается, сера в катоде восстанавливается в две стадии.
20 На первой стадии сера (например, элементарная сера) восстанавливается до полисульфидных частиц, S_n^{2-} ($n \geq 2$). Эти частицы, как правило, растворимы в электролите. На второй стадии разрядки полисульфидные частицы восстанавливаются до сульфида лития, Li_2S , который обычно осаждается на поверхности анода.

25 [0004] Когда элемент заряжается, двухстадийный механизм происходит в обратном порядке с окислением сульфида лития до полисульфида лития и далее до лития и серы. Этот двухстадийный механизм можно видеть как в профиле разрядки, так и в профиле зарядки литий-серного элемента. Соответственно, когда литий-серный элемент заряжается, его напряжение обычно проходит через точку перегиба, по мере того как
30 элемент переходит между первой и второй стадией зарядки.

[0005] Литий-серные элементы можно (пере)заряжать путем подачи на элемент внешнего тока. Обычно элемент заряжают до фиксированного предельного напряжения зарядки, например, 2,45 В. Однако при повторяющейся циклической работе в течение продолжительного периода емкость элемента может снижаться. Действительно, после
35 определенного числа циклов невозможно больше будет зарядить элемент до фиксированного предельного напряжения из-за увеличивающегося внутреннего сопротивления элемента. При повторяющейся зарядке элемента до выбранного предельного напряжения элемент может, в конце концов, быть неоднократно заряжен избыточно. Это может иметь негативное влияние на срок службы элемента, так как
40 нежелательные химические реакции могут привести к ухудшению характеристик, например, электродов и/или электролитов элемента.

[0006] Ввиду вышеописанного желательно избегать избыточной зарядки литий-серного элемента. WO 2007/111988 описывает процесс определения точки, в которой литий-серный элемент становится полностью заряженным. В частности, в данной ссылке описывается добавление N-O добавки, такой как нитрат лития, к электролиту элемента.
45 В соответствии с отрывком на странице 16, строки 29-31 данной ссылки, добавка эффективна в обеспечении профиля зарядки с резким увеличением напряжения в точке полной зарядки. Соответственно, зарядка может быть прекращена, как только

обнаруживается это резкое увеличение напряжения. Это резкое увеличение напряжения происходит, как только заканчивается вторая стадия зарядки, при напряжениях за точкой перегиба между двумя стадиями зарядки, описанными выше.

[0007] Способ из WO 2007/111988 основан на очень резко увеличивающемся напряжении элемента, как только элемент достигает полной емкости. Однако не все литий-серные элементы демонстрируют такой профиль зарядки.

Сущность изобретения

[0008] В соответствии с настоящим изобретением обеспечен способ зарядки литий-серного элемента, включающий:

контроль напряжения V элемента в процессе зарядки как функции времени (t) или емкости (Q),

определение в области напряжения, в которой элемент переходит между первой стадией и второй стадией зарядки, опорной емкости Q_{ref} элемента, при которой dV/dt или dV/dQ максимально,

завершение зарядки, когда емкость элемента достигает $a \cdot Q_{ref}$, где a составляет 1,1-1,4.

[0009] Предпочтительно, a составляет 1,2-1,3, более предпочтительно 1,25.

[0010] Когда литий-серный элемент разряжается, присутствующий в катоде серный материал восстанавливается в две стадии. В частности, сера сначала восстанавливается до полисульфидных частиц S_n^{2-} ($n \geq 2$) на первой стадии разрядки. Эти полисульфидные частицы, как правило, растворимы в электролите. На второй стадии разрядки полисульфидные частицы восстанавливаются до сульфида лития Li_2S , который осаждается на поверхности литиевого анода.

[0011] Когда элемент заряжается, двухстадийный механизм происходит в обратном порядке с окислением сульфида лития до полисульфида лития и затем до лития и серы. Этот двухстадийный механизм можно видеть как в профиле разрядки, так и в профиле зарядки литий-серных элементов. Таким образом, когда литий-серный элемент заряжается, его напряжение проходит через точку перегиба во времени, по мере того как элемент переходит между первой и второй стадией зарядки. Фигура 1 является профилем зарядки литий-серного элемента, изображающим точку перегиба между двумя стадиями зарядки.

[0012] В настоящем изобретении опорную емкость Q_{ref} в точке перегиба определяют путем определения емкости, при которой dV/dt или dV/dQ максимально. Точка перегиба находится в области напряжения, в которой элемент переходит между первой и второй стадией зарядки. Таким образом, точка перегиба не возникает за пределами второй стадии зарядки, по мере того как элемент приближается к полному заряду. Напротив, точка перегиба преимущественно является опорной точкой, которая возникает между первой и второй стадиями зарядки, из которой можно определить напряжение завершения зарядки элемента при конкретном цикле зарядки. Обычно точка перегиба возникает, когда значительная доля катодного серного материала (например, элементарной серы) все еще растворена в электролите (например, в виде полисульфида). Предпочтительно, точка перегиба возникает, когда по меньшей мере 80%, более предпочтительно по меньшей мере 90%, еще более предпочтительно по меньшей мере 95% катодного серного материала растворено в электролите (например, в виде полисульфида). Процентное содержание катодного серного материала, растворенного в растворе, может быть определено известными способами, например, из количества остаточной твердой серы в элементе как процента от исходного количества серного

материала, вводимого в виде катодного материала.

[0013] В предпочтительном варианте осуществления точка, при которой dV/dt или dV/dQ максимально, определяется при напряжении менее 2,4 В. Обычно элемент переходит между первой стадией и второй стадией разрядки между 1,5 и 2,4 В, предпочтительно 1,8-2,38 В, более предпочтительно 1,9-2,35 В, например 2,0-2,35 В. Значение dV/dt или dV/dQ , таким образом, преимущественно рассчитывают внутри таких диапазонов напряжения. В одном варианте осуществления значение dV/dt или dV/dQ рассчитывают в выбранных точках внутри таких интервалов напряжения. Для устранения сомнений емкость элемента Q_{ref} , при которой dV/dt или dV/dQ максимально, может быть определена методами, хорошо известными в области техники. Например, емкость Q элемента может быть определена путем умножения тока на время в случае, когда элемент заряжается с помощью постоянного тока. Даже если определено dV/dQ , таким образом, значение Q_{ref} может быть легко рассчитано.

[0014] В одном варианте осуществления опорную емкость Q_{ref} определяют путем вычисления dV/dt или dV/dQ цикла зарядки по мере того, как увеличивается напряжение элемента, например, до значения 2,4 или меньше, предпочтительно 2,38 В или меньше, более предпочтительно 2,35 В или меньше. В одном варианте осуществления опорную емкость Q_{ref} определяют путем вычисления dV/dt или dV/dQ цикла зарядки по мере того, как увеличивается напряжение элемента, например, от значения 1,5 В или больше, предпочтительно 1,8 В или больше, более предпочтительно 1,9 В или больше, например 2,0 В или больше. В предпочтительном варианте осуществления опорную емкость Q_{ref} определяют путем вычисления dV/dt или dV/dQ , например, по меньшей мере в выбранном диапазоне напряжений от 1,5 до 2,4 В, предпочтительно 1,8-2,38 В, более предпочтительно 1,9-2,35 В, еще более предпочтительно 2,0-2,35 В, совсем предпочтительно 2,1-2,35 В, например 2,2-2,35 В. В одном варианте осуществления опорную емкость Q_{ref} определяют путем вычисления dV/dt или dV/dQ , например, в выбранном диапазоне напряжений от 2,25 до 2,35 В. Значения dV/dt или dV/dQ могут быть определены в выбранных точках внутри диапазона, а максимальное значение dV/dt или dV/dQ может быть определено или вычислено из этих выбранных точек.

[0015] Поскольку опорная емкость Q_{ref} будет изменяться в зависимости от конкретного цикла зарядки элемента, предельное напряжение элемента будет изменяться в зависимости от тока или совпадающих по времени характеристик (например, профиля зависимости напряжения от времени зарядки) элемента. Например, по мере старения элемента характеристики (например, профиль зависимости напряжения от времени зарядки) элемента могут изменяться и, в результате, также будет изменяться значение Q_{ref} и предельная точка или точка завершения, которые определены способом по настоящему изобретению. Риск избыточной зарядки элемента с помощью способа по настоящему изобретению, таким образом, уменьшается, поскольку предельная точка может быть определена в зависимости от тока или совпадающих по времени характеристик элемента в процессе каждого отдельного цикла зарядки. Преимущественно, это снижает риск уменьшения емкости. Напротив, в традиционных способах зарядки литий-серного элемента элемент заряжается до заданного напряжения или емкости независимо от характеристик зарядки элемента и степени уменьшения емкости, которую испытал элемент. Риск избыточной зарядки элемента, таким образом, значителен, особенно по мере того как элемент стареет.

[0016] В одном варианте осуществления настоящего изобретения может быть

желательно вычислять dV/dt или dV/dQ в множестве точек, например, в выбранном диапазоне напряжений. Значения d^2V/dt^2 или d^2V/dQ^2 могут быть также определены для того, чтобы убедиться, когда d^2V/dt^2 или d^2V/dQ^2 равно нулю с целью подтверждения, что dV/dt или dV/dQ действительно максимально. Предпочтительно, зарядка завершается, когда dV/dt или dV/dQ максимально, а d^2V/dt^2 или d^2V/dQ^2 равно нулю. В одном варианте осуществления зарядка завершается, когда dV/dt максимально, а d^2V/dt^2 равно нулю. В другом варианте осуществления зарядка завершается, когда dV/dQ максимально, а d^2V/dQ^2 равно нулю. Для исключения сомнений точка, в которой dV/dt или dV/dQ максимально, а d^2V/dt^2 или d^2V/dQ^2 равно нулю, возникает по мере того как элемент переходит между первой и второй стадией зарядки, как обсуждено выше.

[0017] В другом аспекте настоящего изобретения обеспечена система управления аккумулятором для осуществления способа, описанного выше. В еще одном аспекте обеспечена система управления аккумулятором для литий-серного элемента, причем упомянутая система включает:

средство для контроля напряжения V элемента в процессе зарядки как функции времени t или емкости Q ,

средство для определения в области напряжений, в которой элемент переходит между первой стадией и второй стадией зарядки, опорной емкости Q_{ref} элемента, при которой dV/dt максимально, и

средство для завершения зарядки, когда емкость элемента достигает $a \cdot Q_{ref}$, где a составляет от 1,1 до 1,4.

[0018] Система может дополнительно содержать средство для соединения системы с литий-серным аккумулятором. Предпочтительно, система включает в себя литий-серный аккумулятор.

[0019] В предпочтительном варианте осуществления литий-серный элемент заряжают путем подачи электроэнергии при постоянном токе. Ток может подаваться таким образом, чтобы заряжать элемент за время, составляющее в диапазоне от 30 минут до 12 часов, предпочтительно 8-10 часов. Ток может подаваться при плотности тока, составляющей в диапазоне от 0,1 до 3 mA/cm^2 , предпочтительно 0,1-0,3 mA/cm^2 . Как альтернатива зарядке при постоянном токе также может быть возможна зарядка литий-серного элемента до постоянного напряжения до тех пор, пока не будет достигнута соответствующая емкость. Подходящие напряжения находятся в диапазоне 2,4-3,0 В.

[0020] Электрохимический элемент может быть любым подходящим литий-серным элементом. Элемент обычно включает в себя анод, катод, электролит и, предпочтительно, пористый сепаратор, расположенный между анодом и катодом. Анод может быть образован из металлического лития или сплава металлического лития. Предпочтительно, анод является электродом из металлической фольги, таким как электрод из литиевой фольги. Литиевая фольга может быть образована из металлического лития или сплава металлического лития.

[0021] Катод электрохимического элемента включает в себя смесь электроактивного серного материала и электропроводного материала. Смесь образует электроактивный слой, который может быть помещен в контакт с токоотводом.

[0022] Смесь электроактивного серного материала и электропроводного материала может быть нанесена на токоотвод в виде суспензии в растворителе (например, воде или органическом растворителе). Затем растворитель может быть удален, а

получившаяся смесь образуется в виде композитной структуры в форме пленки, которая может быть нарезана с желаемой формой для образования катода. На катод может быть помещен сепаратор, а на сепаратор помещен литиевый анод. Затем в собранный элемент может быть введен электролит для смачивания катода и сепаратора.

5 [0023] Электроактивный серный материал может включать элементарную серу, органические соединения на основе серы, неорганические соединения на основе серы и серосодержащие полимеры. Предпочтительно, используют элементарную серу.

[0024] Твердый электропроводный материал может быть любым подходящим проводящим материалом. Предпочтительно, этот твердый электропроводный материал
10 может быть образован из углерода. Примеры включают углеродную сажу, углеродное волокно и углеродные нанотрубки. Другие подходящие материалы включают металлы (например, пластинки, заполнители или порошки) и проводящие полимеры. Предпочтительно, применяется углеродная сажа.

[0025] Весовое соотношение электроактивного серного материала (например,
15 элементарной серы) к электропроводному материалу (например, углероду) может быть от 1 до 30:1, предпочтительно от 2 до 8:1, более предпочтительно от 5 до 7:1.

[0026] Смесь электроактивного серного материала и электропроводного материала может быть смесью частиц. Смесь может иметь средний размер частиц от 50 нм до 20 микрон, предпочтительно от 100 нм до 5 микрон.

20 [0027] Смесь электроактивного серного материала и электропроводного материала (т.е. электроактивный слой) может, необязательно, включать связующее вещество. Подходящие связующие вещества могут быть образованы из по меньшей мере одного из, например, полиэтиленоксида, политетрафторэтилена, поливинилиденфторида, этиленпропилендиеновой резины, метакрилата (например, УФ-отверждаемого
25 метакрилата) и сложных дивиниловых эфиров (например, отверждаемых нагреванием сложных дивиниловых эфиров).

[0028] Как обсуждено выше, катод электрохимического элемента может дополнительно содержать токоотвод, контактирующий со смесью из электроактивного серного материала и твердого электропроводного материала. Например, смесь из
30 электроактивного серного материала и твердого электропроводного материала наносят на токоотвод. Также между анодом и катодом электрохимического элемента расположен сепаратор. Например, сепаратор может контактировать со смесью из электроактивного серного материала и твердого электропроводного материала, которая, в свою очередь, контактирует с токоотводом.

35 [0029] Подходящие токоотводы включают металлические подложки, такие как фольга, лист или сетка, образованные из металла или металлического сплава. В предпочтительном варианте осуществления токоотвод представляет собой алюминиевую фольгу.

[0030] Сепаратор может быть любой подходящей пористой подложкой, которая
40 позволяет ионам перемещаться между электродами элемента. Пористость подложки должна быть по меньшей мере 30%, предпочтительно по меньшей мере 50%, например выше 60%. Подходящие сепараторы включают сетку, образованную из пластика. Подходящие пластики включают полипропилен, нейлон и полиэтилен. Особенно предпочтителен нетканый полипропилен. Возможно применение многослойного
45 сепаратора.

[0031] Предпочтительно, электролит содержит по меньшей мере одну соль лития и по меньшей мере один органический растворитель. Подходящие соли лития включают по меньшей мере одну из гексафторфосфата лития (LiPF_6), гексафторарсената лития

(LiAsF₆), перхлората лития (LiClO₄), трифторметансульфонимида лития (LiN(CF₃SO₂)₂), фторобората лития и трифторметансульфоната лития (CF₃SO₃Li). Предпочтительно, соль лития представляет собой трифторметансульфонат.

[0032] Подходящими органическими растворителями являются тетрагидрофуран, 2-метилтетрагидрофуран, диметилкарбонат, диэтилкарбонат, этилметилкарбонат, метилпропилкарбонат, метилпропилпропионат, этилпропилпропионат, метилацетат, диметоксиэтан, 1,3-диоксолан, диглим (2-метоксиэтиловый простой эфир), тетраглим, этиленкарбонат, пропиленкарбонат, γ -бутиролактон, диоксолан, гексаметилфосфоамид, пиридин, диметилсульфоксид, трибутилфосфат, триметилфосфат, N,N,N,N-тетраэтилсульфамид и сульфон и их смеси. Предпочтительно, органический растворитель представляет собой сульфон или смесь сульфонов. Примерами сульфонов являются диметилсульфон и сульфолан. Сульфолан может быть применен в качестве единственного растворителя или в сочетании, например, с другими сульфонами.

[0033] Органический растворитель, используемый в электролите, должен быть способен на растворение частиц полисульфидов, например, с формулой S_n²⁻, где n = от 2 до 12, которые образуются, когда электроактивный серный материал восстанавливается в процессе разрядки элемента.

[0034] Концентрация соли лития в электролите составляет, предпочтительно, от 0,1 до 5М, более предпочтительно от 0,5 до 3М, например, 1М. Соль лития, предпочтительно, присутствует в концентрации по меньшей мере 70%, предпочтительно по меньшей мере 80%, более предпочтительно по меньшей мере 90%, например от 95 до 99% насыщения.

[0035] В одном варианте осуществления электролит содержит трифторметансульфонат лития и сульфолан.

[0036] Массовое соотношение электролита к общему количеству электроактивного серного материала и электропроводного материала составляет 1–15:1; предпочтительно 2-9:1, более предпочтительно 6-8:1.

Примеры

В данном примере контролировали напряжение V элемента в процессе зарядки в виде функции времени (t). Напряжение наносили на график в виде функции времени на Фигуре 1. Как можно увидеть из Фигуры 1, элемент переходит между первой стадией зарядки и второй стадией зарядки в области между примерно 2,2 В и 2,4 В. В этой области опорная емкость Q_{ref} элемента определяется с помощью вычисления dV/dt в диапазоне точек. Опорная емкость Q_{ref} определяется в точке, в которой dV/dt максимально, а d²V/dt² равно нулю (см. Фигуры 2 и 3). Это точка перегиба между первой и второй стадиями разрядки. В этом примере зарядка элемента завершалась, когда емкость достигала 1,25Q_{ref}. Этот процесс может повторяться для каждого цикла зарядки элемента. Таким образом, напряжение прерывания будет определяться в соответствии с конкретными характеристиками (например, профилем зарядки) элемента при рассматриваемом цикле зарядки. Это уменьшает риск избыточной зарядки, поскольку напряжение завершения зарядки будет изменяться в зависимости от степени уменьшения емкости.

(57) Формула изобретения

1. Способ зарядки литий-серного элемента, содержащий:
контроль напряжения V элемента в процессе зарядки как функции времени t или

емкости Q ,

определение в области напряжения, в которой элемент переходит между первой стадией и второй стадией зарядки, опорной емкости Q_{ref} элемента, при которой dV/dt или dV/dQ максимально,

завершение зарядки, когда емкость элемента достигает $a \cdot Q_{\text{ref}}$, где a составляет от 1,1 до 1,4.

2. Способ по п. 1, при этом a составляет от 1,2 до 1,3.

3. Способ по п. 2, при этом a составляет 1,25.

4. Способ по п. 1, при этом область напряжения, в которой элемент переходит между первой стадией зарядки и второй стадией зарядки, составляет от 1,5 до 2,4 В.

5. Способ по п. 4, при этом область напряжения, в которой элемент переходит между первой стадией зарядки и второй стадией зарядки, составляет от 1,9 до 2,35 В.

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, при этом опорную емкость Q_{ref}

определяют путем вычисления в области напряжений, в которой элемент переходит между первой стадией и второй стадией зарядки, точки, в которой dV/dt или dV/dQ максимально, а d^2V/dt^2 или d^2V/dQ^2 равно нулю.

7. Способ по любому из пп. 1-5, при этом опорную емкость Q_{ref} определяют путем вычисления dV/dt или dV/dQ в выбранном диапазоне напряжений от 1,5 до 2,4 В.

8. Способ по п. 7, при этом опорную емкость Q_{ref} определяют путем вычисления dV/dt или dV/dQ в выбранном диапазоне напряжений от 1,9 до 2,35 В.

9. Способ по п. 1, который повторяют для по меньшей мере двух циклов зарядки литий-серного элемента.

10. Способ по п. 1, который повторяют для каждого цикла зарядки литий-серного элемента.

11. Система управления аккумулятором для литий-серного аккумулятора, содержащая:

средство для контроля напряжения V элемента в процессе зарядки как функции времени t или емкости Q ,

средство для определения в области напряжений, в которой элемент переходит между первой стадией и второй стадией зарядки, опорной емкости Q_{ref} элемента, при которой dV/dt или dV/dQ максимально, и

средство для завершения зарядки, когда емкость элемента достигает $a \cdot Q_{\text{ref}}$, где a составляет от 1,1 до 1,4.

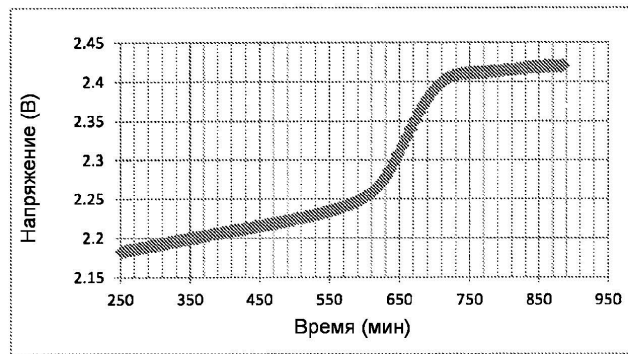
12. Система по п. 11, которая включает средство для определения опорной емкости Q_{ref} , при которой dV/dt или dV/dQ максимально, а d^2V/dt^2 или d^2V/dQ^2 равно нулю.

13. Система по любому из пп. 11, 12, которая дополнительно включает средство для соединения системы с литий-серным аккумулятором.

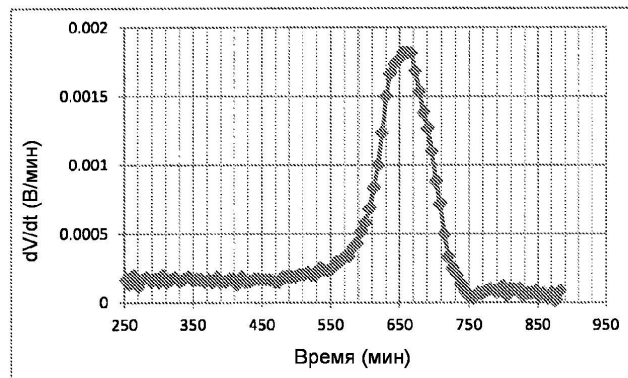
14. Система по п. 13, которая содержит литий-серный аккумулятор.

1/2

527945

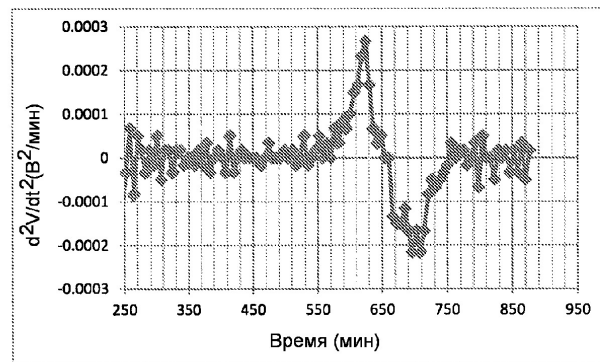


ФИГ.1



ФИГ.2

2/2



ФИГ.3