



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2011126090/07**, **23.06.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.06.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
02.06.2009 CN 200910143905.3

(45) Опубликовано: **20.03.2013** Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 7482097 B2**, **27.01.2009**. **RU 2313858 C2**, **27.12.2007**. **RU 2307429 C1**, **27.09.2007**. **RU 2333574 C1**, **10.09.2005**. **JP 2009029670 A**, **12.02.2009**. **CN 1684290 A**, **19.10.2005**.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **24.08.2011**

(86) Заявка РСТ:
CN 2009/072394 (23.06.2009)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/139125 (09.12.2010)

Адрес для переписки:

**123242, Москва, Кудринская пл., 1, а/я 35,
"Михайлюк, Сороколат и партнеры-
патентные поверенные", рег.№ 886**

(72) Автор(ы):

СЮЙ Жуйсун (CN)

(73) Патентообладатель(и):

СЮЙ Жуйсун (CN)

(54) НАНОМАТЕРИАЛ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА ЛИТИЕВОГО ЭЛЕМЕНТА И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

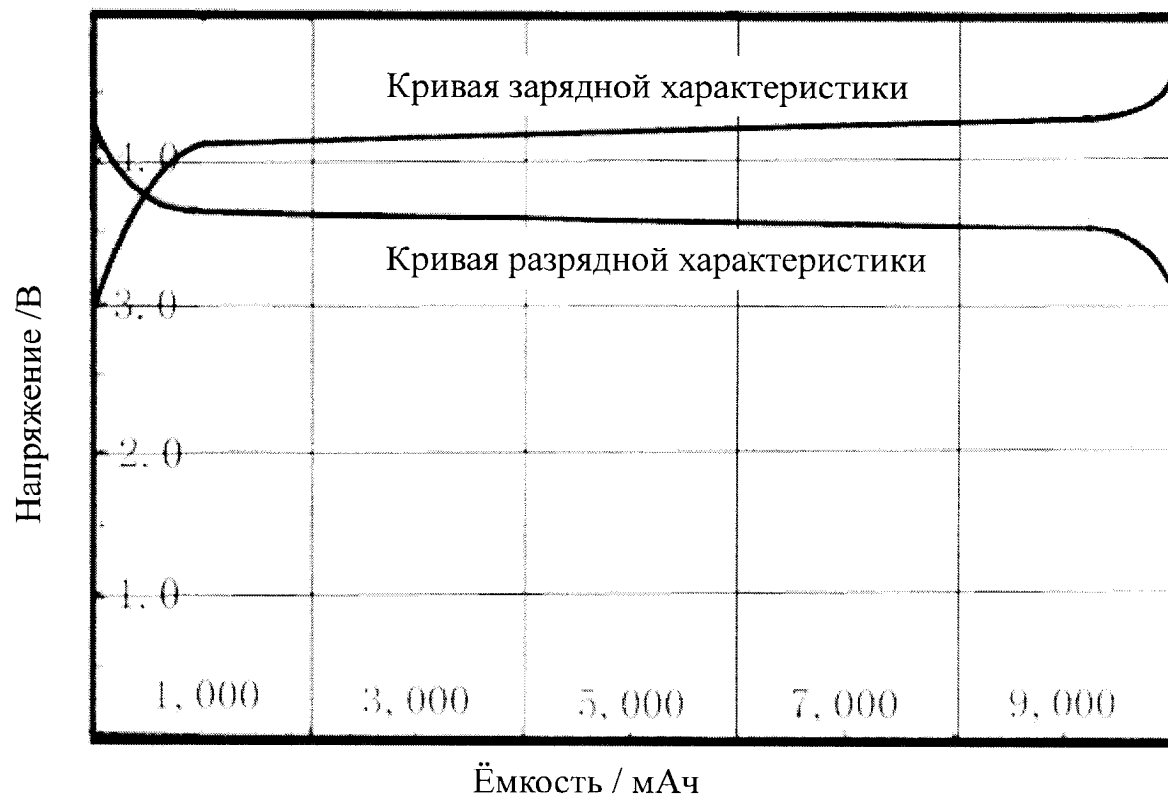
(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к наноматериалу положительного электрода литиевого элемента и способу его получения. Предложенный материал содержит литий-железо-фосфат в качестве субстрата, проводящий легирующий ион и легирующий ион повышения напряжения, с общей химической формулой: $(Li_x[M_{1-x}](Fe_y[N_{1-y}])PO_4$, где $x=0,9-0,96$; $y=0,93-0,97$; где М представляет собой проводящий легирующий ион; N представляет легирующий ион повышения напряжения. Материал получают реакцией в твердой фазе, при которой все

сырьевые материалы перемешивают до однородного состояния и затем размалывают в порошок, после чего формуют в таблетки, изотермически спекают в течение 2-3 часов при температуре 200-400°C в инертной атмосфере, охлаждают и снова размалывают в порошок, формуют в таблетки, изотермически спекают в течение 15-20 часов при температуре 500-780°C в инертной атмосфере, охлаждают, размалывают в порошок и тонко измельчают воздушным потоком, после чего сортируют. Повышение проводимости положительного электрода литиевого элемента более чем 10^{-2}

См/см, а также фактической разрядной емкости до >250 мАч/г является техническим

результатом изобретения. 2 н. и 7 з.п. ф-лы, 3 ил., 3 пр.



Фиг. 2

RU 2 4 7 7 9 0 8 C 2

RU 2 4 7 7 9 0 8 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

H01M 4/36 (2006.01)**H01M 4/58** (2010.01)**B82B 1/00** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2011126090/07, 23.06.2009**(24) Effective date for property rights:
23.06.2009

Priority:

(30) Convention priority:
02.06.2009 CN 200910143905.3(45) Date of publication: **20.03.2013 Bull. 8**(85) Commencement of national phase: **24.08.2011**(86) PCT application:
CN 2009/072394 (23.06.2009)(87) PCT publication:
WO 2010/139125 (09.12.2010)

Mail address:

**123242, Moskva, Kudrinskaja pl., 1, a/ja 35,
"Mikhajljuk, Sorokolat i partnery-patentnye
poverennye", reg.№ 886**

(72) Inventor(s):

SJuJ Zhujsun (CN)

(73) Proprietor(s):

SJuJ Zhujsun (CN)**(54) NANO-MATERIAL OF POSITIVE ELECTRODE OF LITHIUM ELEMENT AND METHOD OF ITS PRODUCTION**

(57) Abstract:

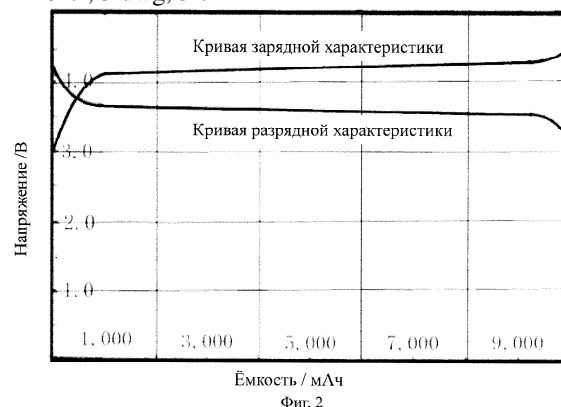
FIELD: nanotechnologies.

SUBSTANCE: material contains lithium-iron-phosphate as a substrate, a conducting alloying ion and an alloying ion of voltage rise, with a common chemical formula: $(Li_x[M_{1-x}](Fe_y[N_{1-y}])PO_4$, where: $x=0.9-0.96$; $y=0.93-0.97$; where M represents the conducting alloying ion; N represents the alloying ion of voltage rise. The material is produced by a reaction in solid phase, in which all raw materials are mixed to homogeneous condition, and then ground into powder, afterwards, shaped into pellets, isothermically sintered for 2-3 hours at the temperature of 200-400°C in inert atmosphere, cooled and again ground in powder, shaped into pellets, isothermically sintered for 15-20 hours at the temperature of 500-780°C in inert atmosphere,

cooled, ground into powder and finely ground with an air flow, afterwards sorted.

EFFECT: higher conductivity of a lithium element in a positive electrode, actual discharge capacitance.

9 cl, 3 dwg, 3 ex



Фиг. 2

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к нано-материалам положительного электрода литиевого элемента и способам его получения. Материал применяют для полимерного, гелевого и жидкого литий-ионного элемента, и особенно применим для

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В настоящее время применяют три вида материалов положительного электрода литиевого элемента, такие как литий-оксид кобальта, литий-никель оксид кобальта и литий оксид марганца. Литий-оксид кобальта, литий-никель оксид кобальта являются оксидами с гексагональной системой слоистой структуры каменной соли и электронами в ионе лития, мигрирующими в октаэдрических многослойных расположениях, образованных $O-Co-O$, обладающими высокой проводимостью и обратимостью интеркаляции-деинтеркаляции иона лития. Литий-оксид марганца является оксидом с трехмерной структурой шпинели, и электроны в ионе лития, мигрирующие в октаэдрических кубических каналах, образованных $O-Mn-O$, также обладают более высокой проводимостью и обратимостью интеркаляции-деинтеркаляции иона лития. Эти материалы положительного электрода широко используются в настоящей промышленности литиевых элементов. Тем не менее, металлический кобальт является одним из редких элементов и обладает радиоактивностью, и его оксид будет бурно реагировать с электролитом при излишней зарядке или излишней разрядке, тем самым высвобождая большое количество тепла, что приведет к возгоранию элемента вплоть до взрыва. Таким образом, литий-оксид кобальта и литий-никель оксид кобальта имеют высокую стоимость производства и низкую безопасность. Несмотря на то что литий-оксид марганца дешевле и безопаснее, его емкость небольшая, и цикл срока службы в условиях высокой температуры (выше $55^{\circ}C$) короток. Цикл срока службы литий-оксид марганцевого элемента все еще не отвечает практическим требованиям даже будучи подвергнутым легированию и химической обработке. Таким образом, в промышленности литиевых элементов, особенно литиевых элементов высокой мощности, крайне необходим экологически безвредный и безопасный материал положительного электрода с малой стоимостью и большой емкостью.

Для этой цели профессор J.B.Goodenough и другие из Техасского Университета, США (A.K.Padhi, K.S.Najundaswamy, C.Masgueslier, S.Okada и J.B.Goodenough, J. Electrochem. Soc. 144, 1609-1613 (1997)) опубликовали статью в American Journal of Electrochemistry в 1997, раскрывая новое интеркалирующее соединение лития: поликристалл литий-железо-фосфата $LiFePO_4$. Поликристалл обладает обратимостью к интеркаляции-деинтеркаляции иона лития, при которой электроны иона лития мигрируют свободно в FeO_6 октаэдрической и PO_4 тетраэдрической структуре. Теоретическая разрядная емкость поликристалла литий-железо-фосфата может достигать 170 мАч/г , где 1 моль иона лития деинтеркалирует из структуры. Благодаря богатому запасу лития и железа стоимость производства литий-железо-фосфата очень мала. Согласно прогнозам по данному документу, что поскольку материал литий-железо-фосфата обеспечен различными характеристиками, такими как экологически безвредный, безопасный, с низкой стоимостью и высокой производительностью, он может иметь большие перспективы применения в промышленности элементов.

Тем не менее, проводимость литий-железо-фосфата при комнатной температуре очень низкая (10^{-9} См/см), при условии нормального тока разряда (10^{-1} мА/см^2), фактическая емкость литий-железо-фосфата только насчитывает 10% от

теоретического значения (170 мАч/г). Таким образом, его применение в элементе ограничено. В целях улучшения проводимости литий-железо-фосфата недавно сообщалось в статье (Suag-Yoon Chang, Jason T.Bloking and Yetming Chiang, Nature, October 123-128 (2002)), что после добавления добавок следового количества в структуру литий-железо-фосфата, таких как Mg, Ti, Nb, Zr и т.д., проводимость литий-железо-фосфата при комнатной температуре резко улучшилась. Тем не менее, способ добавления добавок, упомянутый в данном документе, является сложным, и элемент следового количества имеет высокую стоимость, поэтому он не подходит для крупного промышленного производства. Кроме того, проводящее при комнатной температуре пространство литий-железо-фосфата больше, в то время как его напряжение разрядки меньше, следовательно, тем самым влияя на плотность энергии материала.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение предусматривает наноматериал положительного электрода литиевого элемента, содержащий литий-железо-фосфат в качестве субстрата и проводящий легирующий ион, а также легирующий ион повышения напряжения, и способ его получения для преодоления вышеописанных недостатков в известном уровне техники.

Нано-материал положительного электрода литиевого элемента, предусмотренный в настоящем изобретении, содержащий литий-железо-фосфат в качестве субстрата и легирующий проводящий ион и легирующий ион повышения напряжения, имеет общую химическую формулу: $(Li_x[M_{1-x}]) (Fe_y[N_{1-y}]) PO_4$, где $x=0,9-0,96$; $y=0,93-0,97$; M представляет собой проводящий легирующий ион, который выбирают из группы, содержащей Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ti^{2+} , Al^{3+} , B^{3+} , Ce^{3+} , C^{4+} , Si^{4+} , Ge^{4+} , P^{5+} или их комбинации; N представляет собой легирующий ион повышения напряжения, который выбирают из группы, содержащей Ti^{2+} , V^{5+} , Co^{3+} , Ni^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Mo^{4+} или их комбинации.

Предпочтительно, чтобы диаметр частиц нано-материала положительного электрода литиевого элемента составлял 40-80 нм.

Настоящее изобретение также предусматривает способ получения наноматериала положительного электрода литиевого элемента, включающий реакцию в твердой фазе, который включает следующие этапы, на которых:

а. Дигидрогенортофосфат лития, оксалат железа, глюкозу и проводящее легирующее средство, а также легирующее средство повышения напряжения смешивают до однородного состояния и затем размалывают в порошок;

б. Порошок, полученный на этапе а, формуют в таблетки, затем изотермически спекают в инертной атмосфере в течение 2-3 часов после нагревания вплоть до 200-400°C;

с. Получившийся материал, полученный на этапе б, размалывают в порошок и смешивают до однородного состояния после охлаждения до комнатной температуры;

д. Порошок, полученный на этапе с, формуют в таблетки, затем его изотермически спекают в инертной атмосфере в течение 15-20 часов после нагревания вплоть до 500-780°C;

е. Получившийся материал, полученный на этапе д, вынимают и размалывают в порошок после охлаждения до комнатной температуры;

ф. Порошок, полученный на этапе е, тонко измельчают воздушным потоком и сортируют.

Соотношение сырьевого материала указанного наноматериала положительного

электрода литиевого элемента:

Молярное отношение сырьевого материала дигидрогенортофосфата лития, оксалата железа, глюкозы, проводящего легирующего средства и легирующего средства повышения напряжения составляет 1:0,98-0,99:0,069-0,07:0,04-0,1:0,029-0,07.

Проводящее легирующее средство выбирают из группы, содержащей соединения Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ti^{2+} , Al^{3+} , B^{3+} , Ce^{3+} , C^{4+} , Si^{4+} , Ge^{4+} или P^{5+} или их комбинации.

Предпочтительно дополнительное количество проводящего легирующего средства такое, что молярное число проводящего легирующего иона насчитывает 4-10% от общего молярного числа иона лития и проводящего легирующего иона.

Легирующее средство повышения напряжения выбирают из группы, содержащей оксид Ti^{2+} , V^{5+} , Co^{3+} , Ni^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Mo^{4+} или их комбинации.

Предпочтительно дополнительное количество легирующего средства повышения напряжения такое, что молярное число легирующего иона повышения напряжения насчитывает 3-7% от общего молярного числа иона железа и легирующего иона повышения напряжения.

Нано-материал положительного электрода литиевого элемента, предусмотренный в настоящем изобретении, добавлен катионом меньшей атомной массы и более высокой поляризуемости в качестве проводящего легирующего иона для улучшения проводимости от 3×10^{-9} См/см до 1×10^{-2} См/см, увеличивая в 10^7 раз; одновременно к нему добавляют легирующий ион повышения напряжения для изменения химического потенциала кристаллической структуры материала положительного электрода литий-железо-фосфата для повышения напряжения разрядки (т.е. рабочего напряжения), увеличивая на 20-25%. В дополнение, фактическая разрядная емкость материала превышает 250 мАч/г, и его можно быстро зарядить/разрядить и осуществить одноминутную быструю зарядку со сроком службы зарядки более 4000 раз. Материал может быть применим не только для элементов небольшой мощности, но также быть более выгодным при применении в элементах большой мощности с большой емкостью более 10 ампер. Настоящее изобретение также предусматривает способ получения вышеуказанного нано-литиевого элемента, который обладает характеристиками низкой себестоимости, легкости осуществления, отсутствия загрязнения в продукции и высокого выхода (>99%).

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ФИГУР

Фигура 1 показывает SEM (сканирующий электронный микроскоп) - микрофотографию наноматериала положительного электрода литиевого элемента, увеличение: 10000; масштаб: 2,0 мкм. Диаметр частиц материала составляет 40-80 нм.

Фигура 2 показывает кривые зарядной/разрядной характеристики литиевого элемента, полученного из наноматериала положительного электрода литиевого элемента.

Фигура 3 показывает дифракционную рентгенограмму наноматериала положительного электрода литиевого элемента.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Схема настоящего изобретения подробно описана посредством вариантов осуществления, как указано далее.

Вариант осуществления 1

На первом этапе 1000 г (9,62 моль) дигидрогенортофосфата лития, 1410 г (9,80 моль) оксалата железа, 120,5 г (0,67 моль) глюкозы, 17 г (0,42 моль) проводящего легирующего средства оксида магния, 27 г (0,23 моль) карбоната кобальта и 25 г (0,26 моль) титановой кислоты, а также 50 г (0,20 моль) легирующего средства повышения

напряжения фосфата марганца помещают в шаровую мельницу для размалывания и перемешивания в течение 2 часов в порошок.

На втором этапе порошок, полученный из первого этапа, формуют в таблетки, после чего его помещают в керамический тигель из оксида алюминия и изотермически
5 спекают в течение 3 часов после нагревания вплоть до 200-300°C в азотной печи.

На третьем этапе, после охлаждения до комнатной температуры, получившийся материал, полученный на втором этапе, вынимают, размалывают в порошок и смешивают до однородного состояния.

10 На четвертом этапе порошок, полученный на втором этапе, формуют в таблетки, затем его изотермически спекают в течение 18-20 часов после нагревания вплоть до 500-600°C в азотной печи. Легированный кристалл литий-железо-фосфата затем формуют и охлаждают до комнатной температуры естественным образом. На пятом
15 этапе таблетку кристалла размалывают в порошок.

На шестом этапе порошок, полученный на пятом этапе, тонко измельчают и сортируют в ультратонком воздушном измельчителе для получения nano-материала положительного электрода литиевого элемента, диаметр частиц которого
составляет 40-80 нм.

20 Согласно измерениям проводимость текущего литий-железо-фосфата составляет 3×10^{-9} См/см, в то время как разрядное напряжение текущего литий-железо-фосфата при комнатной температуре - 3,2 В; в то время как проводимость и разрядное
напряжение nano-материала положительного электрода литиевого элемента при
комнатной температуре, предусмотренного настоящим изобретением, составляют
25 $1,30 \times 10^{-2}$ См/см и 4,0 В, увеличиваясь в 10^7 раз и на 25% соответственно.

Вариант осуществления 2

На первом этапе 1000 г (9,62 моль) дигидрофосфата лития, 1400 г (9,73 моль) оксалата железа, 120 г (0,67 моль) глюкозы, 20 г (0,32 моль) проводящего
30 легирующего средства борной кислоты, 60 г (0,19 моль) фосфата кальция и 35 г (0,45 моль) гидроксида алюминия, а также 30 г (0,31 моль) легирующего средства повышения напряжения сульфида меди помещают в шаровую мельницу ZrO для размалывания и перемешивания в течение 2-3 часов в порошок.

35 На втором этапе порошок, полученный на первом этапе, формуют в таблетки, затем его помещают в керамический тигель из оксида алюминия и изотермически спекают в течение 1,5-2,5 часов после нагревания вплоть до 300-400°C в азотной печи.

На третьем этапе, после охлаждения до комнатной температуры, получившийся материал, полученный на втором этапе, вынимают, размалывают в порошок и
40 смешивают до однородного состояния.

На четвертом этапе порошок, полученный на втором этапе, формуют в таблетки, затем его изотермически спекают в азотном конвертере в течение 15-16 часов после
нагревания вплоть до 700-800°C. Легированный кристалл литий-железо-фосфата затем
формуют и охлаждают до комнатной температуры естественным образом.
45

На пятом этапе таблетку кристалла размалывают в порошок.

На шестом этапе порошок, полученный на пятом этапе, тонко измельчают и сортируют в ультратонком воздушном измельчителе для получения твердого
порошка, применяемого в nano-материале положительного электрода литиевого
50 элемента, диаметр частиц которого составляет 40-80 нм.

Согласно измерениям проводимость текущего литий-железо-фосфата составляет 3×10^{-9} См/см, и разрядное напряжение текущего литий-железо-фосфата при
комнатной температуре составляет 3,2 В; в то время как проводимость и разрядное

напряжение нано-материала положительного электрода литиевого элемента при комнатной температуре, предусмотренного настоящим изобретением, составляют $1,35 \times 10^{-2}$ См/см и 3,85 В, увеличиваясь в 10^7 раз и на 20% соответственно.

Вариант осуществления 3

На первом этапе 1000 г (9,62 моль) дигидрогенортофосфата лития, 1400 г (9,73 моль) оксалата железа, 120 г (0,67 моль) глюкозы, 29 г (0,30 моль) проводящего легирующего средства мета-титановой кислоты и 23 г (0,38 моль) диоксида кремния, 70 г (0,15 моль) легирующего средства повышения напряжения из карбоната никеля и 50 г (0,35 моль) оксида молибдена помещают в шаровую мельницу ZrO для размалывания и перемешивания в течение 2-3 часов в порошок.

На втором этапе порошок, полученный на первом этапе, формуют в таблетки, затем его помещают в керамический тигель из оксида алюминия и изотермически спекают в течение 1,5-2,5 часов после нагревания вплоть до 300-400°C в азотной печи.

На третьем этапе, после охлаждения до комнатной температуры, получившийся материал, полученный на втором этапе, вынимают, размалывают в порошок и смешивают до однородного состояния.

На четвертом этапе порошок, полученный на втором этапе, формуют в таблетки, затем его изотермически спекают в течение 16-17 часов после нагревания вплоть до 650-750°C. Легированный кристалл литий-железо-фосфата затем формуют и охлаждают до комнатной температуры естественным образом.

На пятом этапе таблетку кристалла размалывают в порошок.

На шестом этапе порошок, полученный на пятом этапе, тонко измельчают и сортируют в ультратонком воздушном измельчителе для получения твердого порошка нано-материала положительного электрода литиевого элемента, диаметр частиц которого составляет 40-80 нм.

Согласно измерениям проводимость текущего литий-железо-фосфата составляет 3×10^{-9} См/см, и разрядное напряжение текущего литий-железо-фосфата при комнатной температуре составляет 3,2 В; в то время как проводимость и разрядное напряжение нано-материала положительного электрода литиевого элемента при комнатной температуре, предусмотренного настоящим изобретением, составляют $1,35 \times 10^{-2}$ См/см и 3,90 В, увеличиваясь в 10^7 раз и на 22% соответственно.

Нано-материал положительного электрода литиевого элемента, предусмотренный в вариантах осуществления 1-3 настоящего изобретения, может быть быстро заряжен/разряжен в пределах 1С-12С.

Настоящее изобретение включает, но не ограничивает, вышеуказанные варианты осуществления. Варианты осуществления, указанные выше, предназначены для понимания сути настоящего изобретения. Любые модификации или изменения настоящего изобретения в рамках сути настоящего изобретения также принадлежат к объему защиты настоящего изобретения.

Формула изобретения

1. Наноматериал положительного электрода литиевого элемента, содержащий литий-железо-фосфат в качестве субстрата и легированный проводящий ион и легирующий ион повышения напряжения, имеет общую химическую формулу:

$(Li_x[M_{1-x}])(Fe_y[N_{1-y}])PO_4$, где $x=0,9-0,96$; $y=0,93-0,97$; М представляет собой проводящий легирующий ион, который выбирают из группы, содержащей Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ti^{2+} , Al^{3+} , B^{3+} , Ce^{3+} , C^{4+} , Si^{4+} , Ge^{4+} , P^{5+} или их комбинации; N представляет собой

легирующий ион повышения напряжения, который выбирают из группы, содержащей Ti^{2+} , V^{5+} , Co^{3+} , Ni^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Mo^{4+} или их комбинации.

2. Наноматериал положительного электрода литиевого элемента по п.1, где диаметр частиц указанного наноматериала положительного электрода литиевого элемента равен 40-80 нм.

3. Способ получения наноматериала положительного электрода литиевого элемента по п.1 или 2, где указанный способ получения, в котором применяют реакцию в твердой фазе, включает следующие этапы, на которых:

a. дигидрогенортофосфат лития, оксалат железа, глюкозу и проводящее легирующее средство, а также легирующее средство повышения напряжения смешивают до однородного состояния и затем размалывают в порошок;

b. порошок, полученный на этапе a, формируют в таблетки, затем изотермически спекают в инертной атмосфере в течение 2-3 ч после нагревания вплоть до 200-400°C;

c. получившийся материал, полученный на этапе b, размалывают в порошок и смешивают до однородного состояния после охлаждения до комнатной температуры;

d. порошок, полученный на этапе c, формируют в таблетки, затем его изотермически спекают в инертной атмосфере в течение 15-20 ч после нагревания вплоть до 500-780°C;

e. получившийся материал, полученный на этапе d, вынимают и размалывают в порошок после охлаждения до комнатной температуры;

f. порошок, полученный на этапе e, тонко измельчают воздушным потоком и сортируют.

4. Способ получения наноматериала положительного электрода литиевого элемента по п.3, где на этапе a молярное соотношение дигидрогенортофосфата лития, оксалата железа, глюкозы, проводящего легирующего средства и легирующего средства повышения напряжения составляет 9,62:9,73-9,8:0,67:0,42-0,96:0,31-0,69.

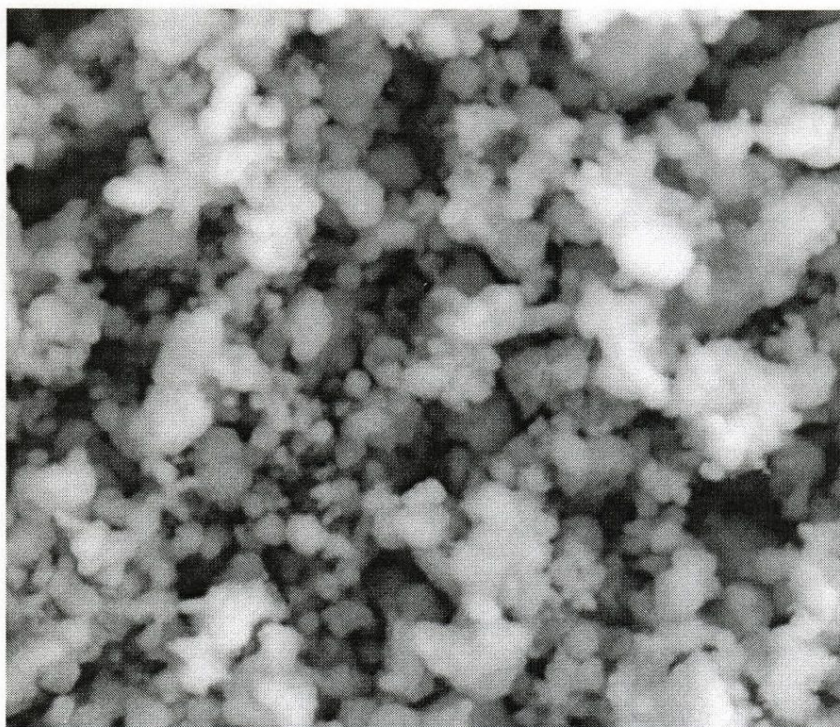
5. Способ получения наноматериала положительного электрода литиевого элемента по п.3, где на этапе a указанное проводящее легирующее средство выбирают из группы, содержащей соединение Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ti^{2+} , Al^{3+} , B^{3+} , Ce^{3+} , C^{4+} , Si^{4+} , Ge^{4+} или P^{5+} или их комбинации.

6. Способ получения наноматериала положительного электрода литиевого элемента по п.3, где на этапе a, дополнительное количество указанного проводящего легирующего средства таково, что молярное число проводящего легирующего иона насчитывает 4-10% от общего молярного числа литиевого иона и проводящего легирующего иона.

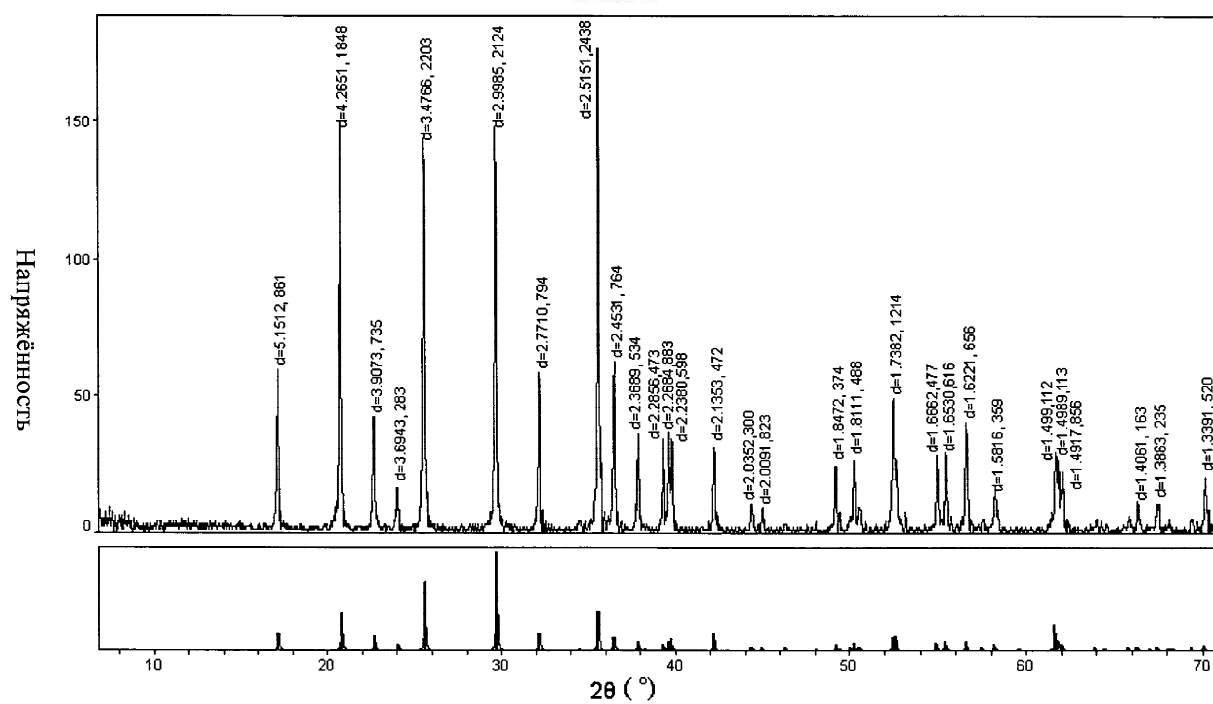
7. Способ получения наноматериала положительного электрода литиевого элемента по п.3, где на этапе a указанное легирующее средство повышения напряжения выбирают из группы, содержащей оксид, карбонат или фосфат Ti^{2+} , V^{5+} , Co^{3+} , Ni^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} или Mo^{4+} или их комбинацию.

8. Способ получения наноматериала положительного электрода литиевого элемента по п.3, где на этапе a добавочное количество указанного легирующего средства повышения напряжения, такое, что молярное число легирующего иона повышения напряжения насчитывает 3-7% от общего молярного числа иона железа и легирующего иона повышения напряжения.

9. Способ получения наноматериала положительного электрода литиевого элемента по п.3, где на этапах a, c и e применяют шаровую мельницу ZrO как на этапе с размалывания в порошок.



Фиг. 1



Фиг. 3