



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0143300
(43) 공개일자 2017년12월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/36 (2006.01) H01M 10/0525 (2010.01)
H01M 4/48 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01M 4/366 (2013.01)
H01M 10/0525 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0077362
(22) 출원일자 2016년06월21일
심사청구일자 2016년06월21일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
윤우영
서울특별시 서초구 사평대로55길 104, 401호 (반포동, 서초그린빌라)
김병혁
충청북도 청주시 청원구 새터로23번길 30 (우암동)
(74) 대리인
김중선, 이형석

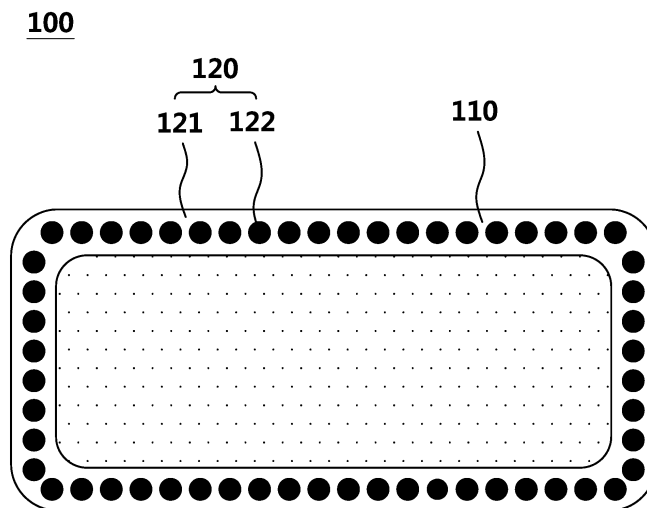
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 리튬바나듐 산화물을 이용한 리튬 이차 전지용 전극 활물질, 이의 제조 방법 및 이를 이용하는 리튬 이차 전지

(57) 요약

본 발명은 리튬바나듐 산화물(LiV_3O_8)을 이용한 리튬 2차 전지용 전극 및 제조 방법에 관한 것으로, 리튬바나듐 산화물 표면에 세라믹-카본 복합체가 코팅됨으로써 충전 및 방전의 사이클 특성이 향상된 리튬 이차 전지용 전극 활물질을 제공할 수 있고, 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 활물질의 제조방법은, 리튬바나듐 산화물, 세라믹 및 카본의 각 전구체를 용해하고, 응집물을 획득하여 열처리를 수행하는 단계를 포함함으로써 활물질 표면에 층을 코팅하기 위한 별도의 공정 없이 간단한 공정으로 표면에 세라믹-카본 복합체 코팅층을 구비한 리튬 이차 전지용 활물질을 제조할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01M 4/362 (2013.01)

H01M 4/483 (2013.01)

Y02E 60/122 (2013.01)

Y02P 70/54 (2015.11)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711029172

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 리튬분말을 이용한 고용량 고효율 리튬 이차전지 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2015.09.01 ~ 2016.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

리튬바나듐 산화물을 포함하는 전극 활물질입자; 및
상기 전극 활물질의 표면에 코팅된 세라믹과 카본의 복합체;를 포함하는 리튬 이차 전지용 전극 활물질.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 복합체는,
상기 전극 활물질 표면에 코팅된 세라믹 층; 및
상기 세라믹 층 안에 형성된 복수의 카본 입자를 포함하는 리튬 이차 전지용 전극 활물질.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 세라믹은 알루미늄(Al_2O_3), 이산화티타늄(TiO_2) 및 실리카(SiO_2)로 이루어진 군에서 어느 하나 이상을 포함하는 리튬 이차 전지용 전극 활물질.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 카본은 자당(sucrose)을 전구체로 반응시켜 형성된 물질을 포함하는 리튬 이차 전지용 전극 활물질.

청구항 5

제1항 내지 제4항에 기재된 리튬 이차 전지용 전극 활물질을 포함하는 리튬 이차 전지.

청구항 6

하나 이상의 리튬바나듐 산화물 전구체 물질의 분말을 제공하는 단계;
상기 전구체 물질의 분말을 세라믹 전구체 및 카본 전구체와 함께 용해시켜 전구체 용액을 형성하는 단계;
상기 용액에 공침 반응을 일으켜 응집물을 획득하는 단계; 및
상기 응집물에 열처리를 하는 단계;를 포함하는 리튬바나듐 산화물 전극 활물질의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 리튬바나듐 산화물 전구체의 분말을 제공하는 단계는,

수산화리튬(LiOH) 및 오산화바나듐(V_2O_5)을 2:3의 몰비로 혼합하여 분말화하는 단계를 포함하는 리튬바나듐 산화물 전극 활물질의 제조 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 세라믹 전구체는 질산알루미늄($Al(NO_3)_3$)을 포함하는 리튬바나듐 산화물 전극 활물질의 제조 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 카본 전구체는 자당(sucrose)을 포함하는 리튬바나듐 산화물 전극 활물질의 제조 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 전구체 용액을 형성하는 단계는,

에탄올에 리튬바나듐 산화물, 세라믹 및 카본의 각 전구체들을 용해시켜 교반하는 단계를 포함하는 리튬바나듐 산화물 전극 활물질의 제조 방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 응집물을 획득하는 단계는,

암모니아 용액을 전구체 용액에 첨가하는 단계를 포함하는 리튬바나듐 산화물 전극 활물질의 제조 방법.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 열처리 단계는,

응집물을 분리하여 세척을 통해 불순물을 제거하는 단계;

상기 불순물이 제거된 응집물을 건조하는 단계; 및

상기 건조된 응집물을 아르곤(Ar) 분위기에서 500℃의 온도로 10시간 동안 열처리하는 단계를 포함하는 리튬바나듐 산화물 전극 활물질의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 리튬바나듐 산화물(LiV_3O_8)을 이용한 리튬 2차 전지용 전극 및 제조 방법에 관한 것으로, 충전 및 방전의 사이클(cycle) 특성이 향상된 리튬바나듐 산화물을 이용한 리튬 2차 전지용 전극 및 제조 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0003] 리튬 이차 전지는 양극(cathode)과 음극(anode) 사이에서 리튬이온을 가역적으로 주고 받으며 충전과 방전이 이루어지는 이차전지이다. 리튬 이차 전지는 양극과 음극 사이에서 리튬 이온을 주고 받기 위해 리튬 이온을 수용하기 위한 활물질을 필요로 한다.
- [0004] 종래 리튬 이차 전지용 전극 활물질로는 가역반응이 우수하고 가격이 비교적 저렴한 탄소 소재의 활물질이 널리 사용되고 있다. 그러나, 탄소 소재는 충전 용량의 한계가 있어 이를 대체하기 위한 활물질용 소재 개발의 필요성이 증가하고 있다.
- [0005] 리튬바나듐 산화물은 높은 충전용량을 갖는 특성으로 인해 탄소 소재를 대체하기 위한 소재로 주목받고 있다. 그러나 리튬바나듐 산화물은 충전과 방전의 반응과정에서 리튬의 삽입과 탈리로 인해 리튬바나듐 산화물의 구조 및 부피의 변화가 발생하고, 충전과 방전의 반복에 의해 활물질이 손실되어 충전용량이 떨어지는 문제점이 있다.
- [0006] 또한, 충전과 방전의 반응을 통해 전해질과 활물질과의 부반응으로 인해 활물질이 전해질에 용해되어 손실되는 문제점이 있다.
- [0007] 즉, 종래의 리튬바나듐 산화물은 리튬 이차 전지용 활물질에 적용할 경우 충전 및 방전의 사이클(cycle) 특성이 떨어지는 문제점 있다.
- [0008] 이런 문제점을 해결하기 위해 리튬바나듐 산화물의 표면에 금속산화물을 포함하는 층을 코팅하는 기술이 소개되고 있으나, 비전도성 물질을 코팅함으로써 전기전도성이 떨어지는 문제점이 있다.
- [0009] 또한, 활물질 표면에 코팅 층을 형성하기 위한 별도의 공정을 포함해야 하기 때문에 제조 비용이 증가하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보, 10-0814880 (2008. 03. 12.), 리튬 이차 전지용 음극 활물질, 이의 제조 방법 및 이를 포함하는 리튬 이차 전지.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 목적은 충전 및 방전의 사이클 특성 및 전기전도성이 향상된 리튬바나듐 산화물을 이용한 리튬 이차 전지용 전극 활물질을 제공하는 것이다.
- [0013] 또한, 본 발명의 다른 목적은 1번의 공정으로 전극 활물질 및 코팅 층을 형성할 수 있는 리튬 이차 전지용 전극 활물질의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질은, 리튬바나듐 산화물을 포함하는 전극 활물질 및 상기 전극 활물질의 표면에 코팅된 세라믹과 카본의 복합체를 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 복합체는, 상기 전극 활물질 표면에 코팅된 세라믹 층 및 상기 세라믹 층 안에 형성된 복수의 카본 입자를 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 세라믹은 알루미늄(Al_2O_3), 이산화티타늄(TiO_2) 및 실리카(SiO_2)로 이루어진 군에서 어느 하나 이상

을 포함할 수 있다.

- [0018] 또한, 상기 카본은 자당(sucrose)을 전구체로 반응시켜 형성된 물질을 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 리튬 이차 전지용 전극 활물질을 포함하는 리튬 이차 전지.
- [0020] 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질 제조 방법은 하나 이상의 리튬바나듐 산화물 전구체 물질의 분말을 제공하는 단계, 상기 전구체 물질의 분말을 세라믹 전구체 및 카본 전구체와 함께 용해시켜 전구체 용액을 형성하는 단계, 상기 용액에 공침 반응을 일으켜 응집물을 획득하는 단계 및 상기 응집물에 열처리를 하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 리튬바나듐 산화물 전구체의 분말을 제공하는 단계는, 수산화리튬(LiOH) 및 오산화바나듐(V_2O_5)을 2:3의 몰비로 혼합하여 분말화하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 세라믹 전구체는 질산알루미늄($Al(NO_3)_3$)을 포함할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 카본 전구체는 자당(sucrose)을 포함할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 전구체 용액을 형성하는 단계는, 에탄올에 리튬바나듐 산화물, 세라믹 및 카본의 각 전구체들을 용해시켜 교반하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 응집물을 획득하는 단계는, 암모니아 용액을 전구체 용액에 첨가하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 열처리 단계는, 응집물을 분리하여 세척을 통해 불순물을 제거하는 단계, 상기 불순물이 제거된 응집물을 건조하는 단계 및 상기 건조된 응집물을 아르곤(Ar) 분위기에서 500℃의 온도로 10시간 동안 열처리하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 실시예에 따른 리튬바나듐 산화물을 이용한 리튬 이차 전지용 활물질은, 리튬바나듐 산화물 표면에 세라믹-카본 복합체가 코팅됨으로써 충전 및 방전의 사이클 특성이 향상된 리튬 이차 전지용 전극 활물질을 제공할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 활물질의 제조방법은, 리튬바나듐 산화물, 세라믹 및 카본의 각 전구체를 용해하고, 응집물을 획득하여 열처리를 수행하는 단계를 포함함으로써 활물질 표면에 층을 코팅하기 위한 별도의 공정 없이 간단한 공정으로 표면에 세라믹-카본 복합체 코팅층을 구비한 리튬 이차 전지용 활물질을 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질의 제조 방법의 순서를 나타내는 도면이다.
- 도 3a 및 3b는 세라믹-카본 복합체가 코팅되지 않은 활물질과 코팅된 활물질을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 세라믹-카본 복합체가 코팅되지 않은 활물질과 코팅된 활물질의 XRD(X-Ray power Diffraction) 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질의 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy) 분석 결과는 나타내는 도면이다.
- 도 6a 및 6b는 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질의 TEM(Transmission Electron Microscopy) 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 7a 및 7b는 본 발명의 실시예에 따른 세라믹-카본 복합체가 코팅되지 않은 활물질과 코팅된 활물질을 이용한 전극의 표면에 대해 EPMA(Electron Probe Micro Analyzer)로 분석한 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 8a 및 8b는 세라믹-카본 복합체가 코팅되지 않은 활물질과 코팅된 활물질을 이용한 전극의 사이클 특성을 비

교한 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질(100)의 단면을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0034] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질(100)은, 리튬바나듐 산화물을 포함하는 전극 활물질입자(110) 및 전극 활물질입자(110)의 표면에 코팅된 세라믹(121)과 카본(122)을 포함하는 세라믹-카본 복합체(120)를 포함할 수 있다.
- [0035] 세라믹-카본 복합체(120)는 전극 활물질입자(110) 표면에 코팅된 세라믹 층(121) 및 세라믹 층(121) 안에 형성된 복수의 카본입자(122)를 포함할 수 있다.
- [0036] 세라믹 층(121)은 금속산화물로서 알루미늄(Al_2O_3), 이산화티타늄(TiO_2) 및 실리카(SiO_2)로 이루어진 군에서 어느 하나 이상을 포함하여 형성될 수 있다. 세라믹 층(121)은 리튬바나듐 산화물을 포함하는 전극 활물질입자(110)의 표면에 코팅됨으로써 전극 활물질입자(110)의 표면을 보호하고, 리튬 이온의 삽입 및 탈리로 인한 격한 부피변화로 인한 전극 활물질입자(110)의 손실을 방지할 수 있다.
- [0037] 또한, 리튬바나듐 산화물로 이루어진 전극 활물질입자(110)이 전해질과 직접 접촉하는 것을 방지함으로써 전극 활물질입자(110)가 전해질에 용해되는 부반응을 방지할 수 있다.
- [0038] 카본입자(122)는 자당(sucrose)를 전구체로 반응시켜 형성된 물질로서, 전기전도성을 갖는 카본으로 이루어져 있다. 카본입자(122)는 복수의 입자가 전기전도도가 낮은 세라믹 층(121) 사이에 분포됨으로써 세라믹-카본 복합체(120)의 전기전도도를 향상시킬 수 있다.
- [0039] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질(100)의 제조 방법의 순서를 나타내는 도면이다.
- [0040] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 리튬바나듐 산화물을 이용한 전극 활물질의 제조 방법은, 하나 이상의 리튬바나듐 산화물 전구체 물질의 분말을 제공하는 단계(S110), 상기 전구체 물질의 분말을 세라믹 전구체 및 카본 전구체와 함께 용해시켜 전구체 용액을 형성하는 단계(S120), 상기 용액에 공침 반응을 일으켜 응집물을 획득하는 단계(S130) 및 상기 응집물에 열처리를 하는 단계(S140)를 포함할 수 있다.
- [0041] 리튬바나듐 산화물 전구체의 분말을 제공하는 단계(S110)는, 수산화리튬(LiOH) 및 오산화바나듐(V_2O_5)을 2:3의 몰비로 혼합하고, 이를 볼밀링 등을 이용하여 분말화 및 혼합하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0042] 상기 세라믹 전구체는 질산알루미늄($Al(NO_3)_3$)을 포함할 수 있다. 질산알루미늄은 세라믹 층(121)에 알루미늄(Al_2O_3)를 포함시키기 위해 첨가하는 전구체로서 반드시 이에 한정되어야 하는 것은 아니며, 이산화티타늄(TiO_2) 및 실리카(SiO_2) 등을 포함시키기 위해 타이타늄(titanium)(IV) 이소프로폭시드(isopropoxide) ($Ti(OCCH(CH_3)_2)_4$), TEOS($Si(OCH_2CH_3)_4$) 등을 첨가할 수도 있다.
- [0043] 상기 카본 전구체는 자당(sucrose)을 포함할 수 있다. 상기 카본 전구체는 반드시 자당(sucrose)에 한정되어야 하는 것은 아니며, 전기전도도를 확보할 수 있는 카본 물질을 형성할 수 있는 전구체로써 자당 및 고분자를 첨가할 수도 있다.
- [0044] 상기 전구체 용액을 형성하는 단계(S120)는 에탄올에 리튬바나듐 산화물, 세라믹 및 카본의 각 전구체들을 용해시켜 교반하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 에탄올은 각 전구체들을 용해시켜 적절히 혼합해주기 위한 것으로서 반드시 이에 한정되어야 하는 것은 아니며, 물, 에탄올, 메탄올 및 프로판올 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 하나 이상이 선택될 수도 있다.
- [0045] 상기 응집물을 획득하는 단계(S130)는 암모니아 용액을 전구체 용액에 첨가하는 단계를 포함할 수 있다. 암모니아 용액은 공침 반응을 일으키기 위해 첨가하는 물질로서 반드시 이에 한정되어야 하는 것은 아니며, 리튬바나

듬 산화물, 세라믹 및 카본 물질의 공침반응을 일으킬 수 있는 물질로서 질산(H_2NO_3) 등을 첨가할 수도 있다.

- [0046] 상기 열처리 단계(S140)는, 응집물을 분리하여 세척을 통해 불순물을 제거하는 단계, 상기 불순물이 제거된 응집물을 건조하는 단계 및 상기 건조된 응집물을 아르곤(Ar) 분위기에서 500℃의 온도로 10시간 동안 열처리하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0047] 이상과 같이 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질의 제조 방법은 활물질입자(110)로서 리튬바나듐 산화물의 전구체, 세라믹-카본 복합체(120) 층을 형성하기 위한 세라믹 전구체 및 카본 전구체를 동시에 혼합하여 응집물을 획득함으로써 코팅 층을 형성하기 위한 별도의 공정 없이 세라믹-카본 복합체(120) 층이 리튬바나듐 산화물 전극 활물질입자(110) 표면에 코팅된 전극 활물질(100)을 제조할 수 있다.
- [0048] 도 3a 및 3b는 세라믹-카본 복합체(120)가 코팅되지 않은 활물질입자(110)와 코팅된 활물질입자(110)를 나타내는 도면이다.
- [0049] 도 3a에 도시된 것은 세라믹-카본 복합체(120)가 코팅되지 않은 활물질을 나타내고, 도 3b에 도시된 것은 세라믹-카본 복합체(120)가 코팅된 활물질(100)을 나타낸다. 도 3a 및 3b에 도시된 바와 같이, 세라믹-카본 복합체(120)가 코팅된 후에도 활물질(100)의 형태는 크게 변하지 않은 것을 확인할 수 있다. 즉, 종래 리튬바나듐 산화물을 이용한 활물질과 동일한 형태의 제조 공정을 적용할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0050] 도 4는 세라믹-카본 복합체(120)가 코팅되지 않은 활물질입자(110)와 코팅된 활물질입자(110)의 XRD(X-Ray power Diffraction) 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- [0051] 도 4에 도시된 바와 같이, 세라믹-카본 복합체(120)의 코팅 층은 전극 활물질(100)의 전체 무게 대비 5wt% 미만을 함유하기 때문에 XRD 분석으로는 구체적인 수치를 확인되지 않는다. 다만, 중량의 대부분을 차지하는 리튬바나듐 산화물의 피크치가 두드러지게 나타나는데, 이를 보면 코팅이 이루어지지 않은 경우(아래의 선)와 코팅이 이루어진 경우(위의 선) 피크치가 나타나는 부분이 일치하는 것으로 보아 세라믹-카본 복합체(120)의 코팅이 활물질(100)의 구조에 영향을 주지 않음을 확인할 수 있다.
- [0052] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질의 XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy) 분석 결과는 나타내는 도면이다.
- [0053] 도 5에 도시된 바와 같이, 물질의 세밀한 분포를 확인할 수 있는 XPS를 통해 분석한 결과를 보면, 카본(C) 및 알루미늄(Al)에 대한 피크치(네모선 부분)가 나타나는 것을 통해 세라믹-카본 복합체(120)가 형성된 것을 확인할 수 있다.
- [0054] 도 6a 및 6b는 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극 활물질의 TEM(Transmission Electron Microscopy) 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- [0055] 도 6a 및 6b에 도시된 바와 같이, 리튬바나듐 산화물 표면에 세라믹 층(121)이 형성되고, 세라믹 층(121) 안에 카본입자(122)가 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0056] 도 7a 및 7b는 본 발명의 실시예에 따른 세라믹-카본 복합체가 코팅되지 않은 활물질과 코팅된 활물질을 이용한 전극의 표면에 대해 EPMA(Electron Probe Micro Analyzer)로 분석한 결과를 나타내는 도면이다.
- [0057] 도 7a는 세라믹-카본 복합체(120)가 코팅되지 않은 경우의 EPMA 분석 결과를 나타내고, 도 7b는 세라믹-카본 복합체(120)가 코팅된 경우의 EPMA 분석 결과를 나타낸다. 도 7a에 도시된 바와 같이, 코팅이 되지 않은 경우 알루미늄(Al)의 피크가 나타나기는 하지만 그 수치가 미미한 반면에, 도 7b에는 알루미늄(Al)의 피크가 나타나 표면에 세라믹-카본 복합체(120)가 형성된 사실을 확인할 수 있다. 우측 상단이 알루미늄 피크를 나타낸다.
- [0058] 도 8a 및 8b는 세라믹-카본 복합체가 코팅되지 않은 활물질과 코팅된 활물질을 이용한 전극의 사이클 특성을 비교한 결과를 나타내는 도면이다.
- [0059] 도 8은 전류 속도를 2 C-rate, 0.2 C-rate으로 고정된 상태에서 충전 및 방전의 전지성능을 테스트한 결과이다. 도 8a 및 8b에 도시된 바와 같이 동일한 전류속도로 충전 및 방전의 사이클이 반복되는 동안 세라믹-카본 복합체(120)가 코팅된 전지(위의 선)가 코팅되지 않은 전지(아래의 선)보다 충전 용량의 보존이 더 잘 이루어지는 것을 확인할 수 있다.
- [0060] 상술한 실시예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야

의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다. 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

[0061] 또한, 이상에서 실시예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다

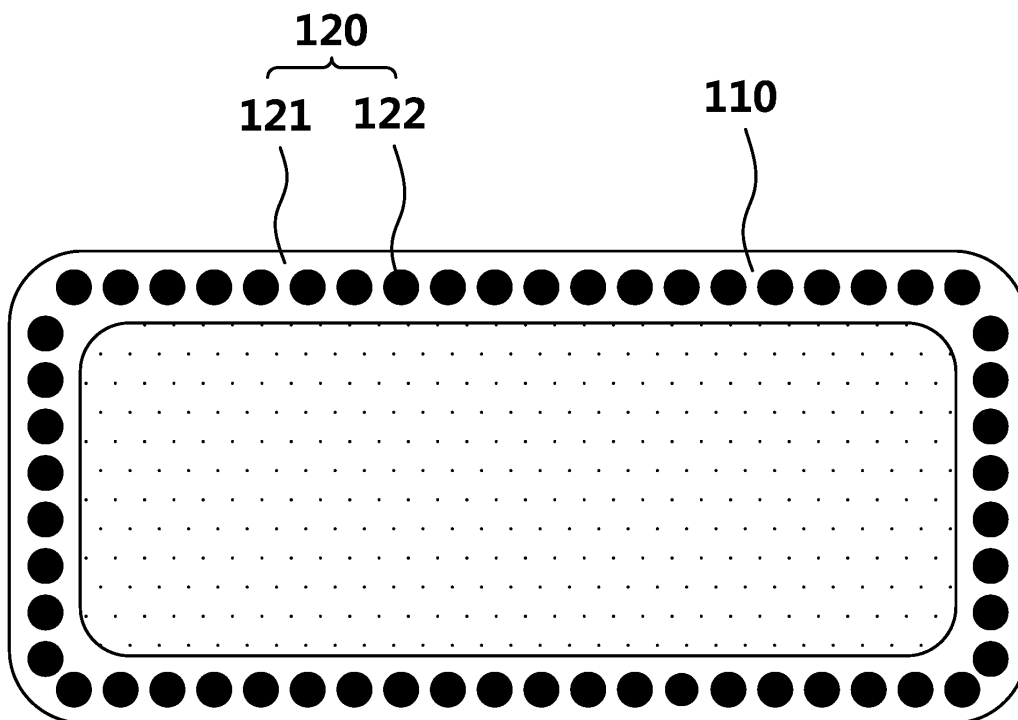
부호의 설명

[0063] 100: 전극 활물질
110: 전극 활물질입자
120: 세라믹-카본 복합체
121: 세라믹
122: 카본입자

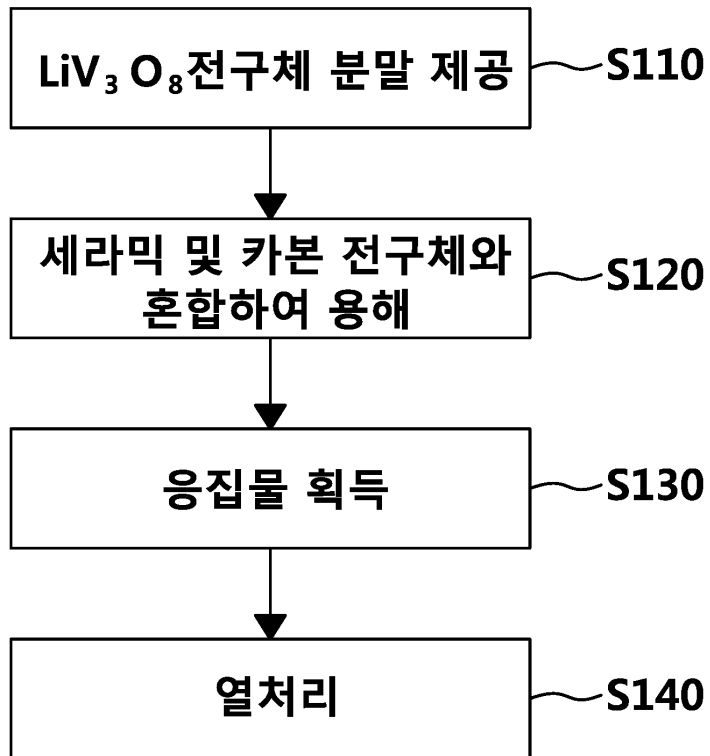
도면

도면1

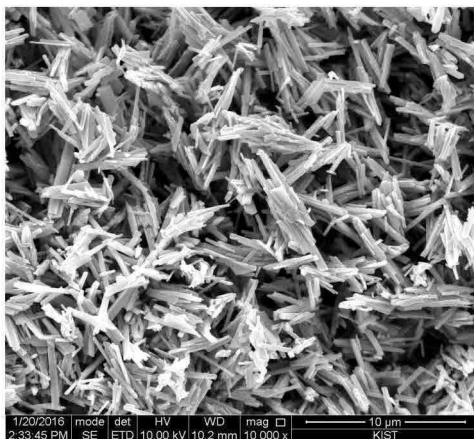
100



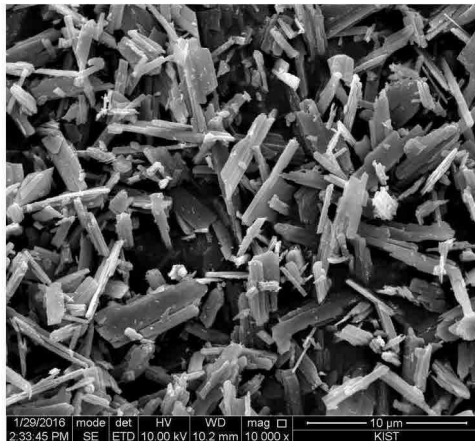
도면2



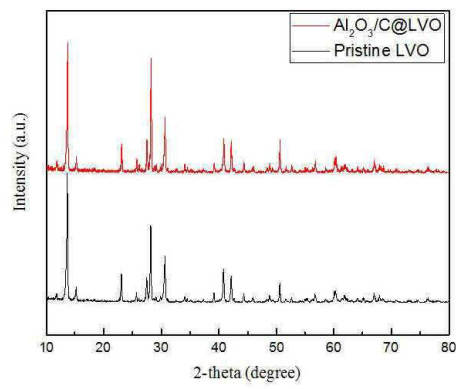
도면3a



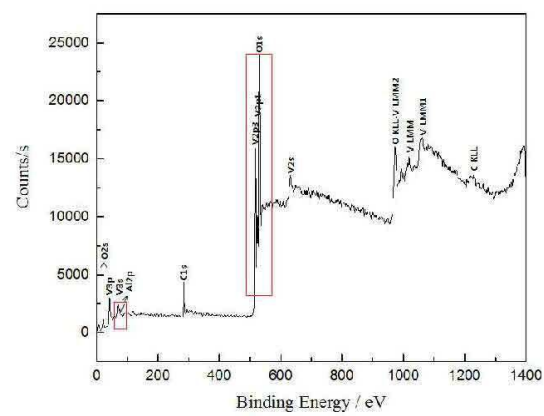
도면3b



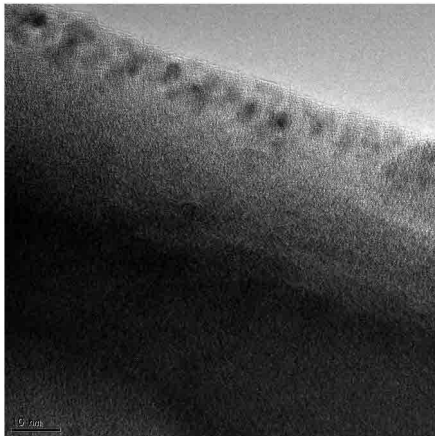
도면4



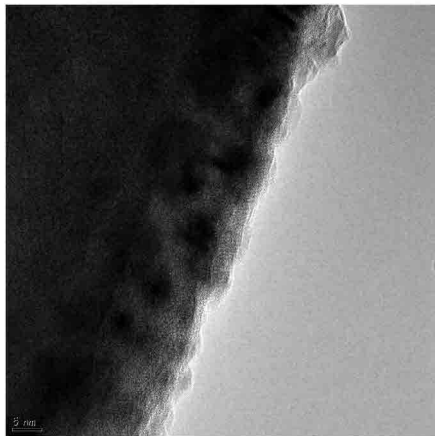
도면5



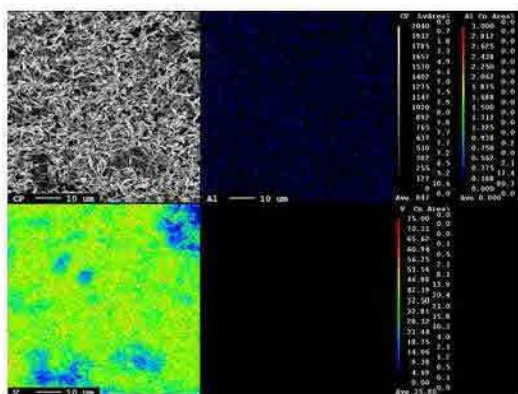
도면6a



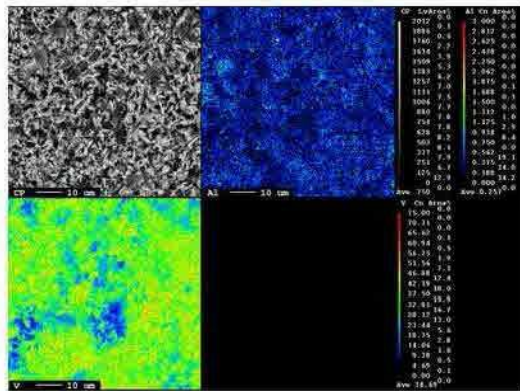
도면6b



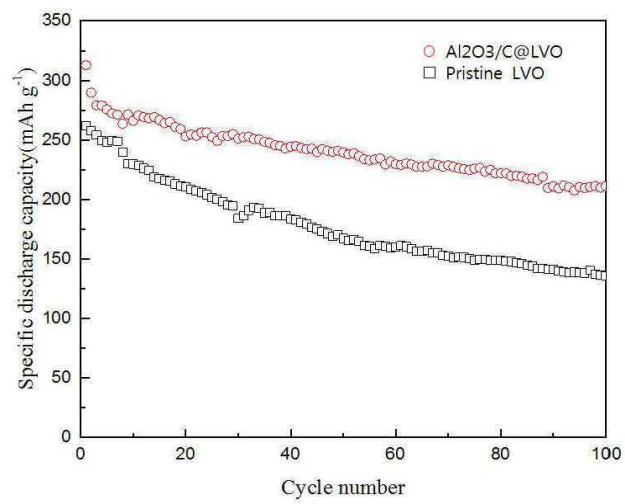
도면7a



도면7b



도면8a



도면8b

