



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월13일
(11) 등록번호 10-1373358
(24) 등록일자 2014년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/131 (2010.01) H01M 4/48 (2010.01)
H01M 4/62 (2006.01) H01M 4/1391 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2012-0138202
(22) 출원일자 2012년11월30일
심사청구일자 2012년11월30일
(56) 선행기술조사문헌
W02012161473 A2
KR1020030020252 A
JP2011210693 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울시 성북구 안암로 145 (안암동)
(72) 발명자
윤우영
서울특별시 서초구 사평대로55길 104 서초그린빌
라 401
이재하
부산광역시 해운대구 좌동순환로 252 대원아파트
105동 1302호
이준규
서울특별시 서초구 잠원로 37-48 신반포한신아파
트 208동 605호
(74) 대리인
이동진

전체 청구항 수 : 총 6 항

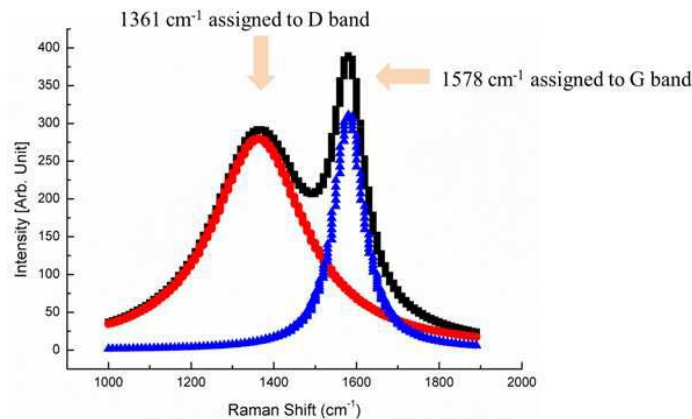
심사관 : 조수익

(54) 발명의 명칭 리튬 이차 전지용 전극, 이의 형성 방법 및 리튬 이차 전지

(57) 요약

리튬 이차 전지용 전극은 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진 양극 활물질체 및 상기 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함한다. 따라서, 상기 디엘시층은 상기 전극 표면의 크랙을 억제할 수 있다. 또한, 상기 디엘시층을 포함하는 전극을 포함하는 이차 전지에 적용할 경우 상기 전극이 전해액과의 반응이 억제되어 반응 생성물이 억제될 수 있고 나아가, 상기 리튬 이차 전지는 안정적인 사이클 특성을 가질 수 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20120008793

부처명 교육과학기술부

연구사업명 중견연구자지원_도약연구(전략)

연구과제명 [1단계2차]리튬분말을 이용한 고용량 고효율 리튬 이차전지 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2012.09.01 ~ 2013.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진 활물질체; 및
상기 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함하는 리튬 이차 전지용 전극.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 탄소계 도전 물질은 카본 블랙, 케첸 블랙, 아세틸렌 블랙 및 카본 슈퍼 P가 이루는 군으로부터 선택된 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬 이차 전지용 전극.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 바인더는 CMC(carboxy methyl cellulose)를 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬 이차 전지용 전극.

청구항 4

리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진 활물질체를 형성하는 단계; 및
상기 활물질체의 표면에 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 코팅하는 단계를 포함하는 리튬 이차 전지용 전극의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 코팅하는 단계는 플라즈마증대화학기상증착(Plasma enhanced chemical vapor deposition; PECVD) 공정을 통하여 수행되는 것을 특징으로 하는 리튬 이차 전지용 전극의 제조 방법.

청구항 6

음극 활물질을 포함하는 음극;

상기 음극과 마주보도록 배치되며, 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질과 바인더로 이루어진 양극 활물질체 및 상기 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함하는 양극; 및

상기 양극 및 음극 사이에 개재되며 분리판을 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬 이차 전지.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 리튬 이차 전지용 전극, 상기 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법 및 리튬 이차 전지에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 충전 및 방전이 가능한 이차 전지를 이루는 리튬 이차 전지용 전극, 상기 전극의 형성 방법 및 리튬 이차 전지에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 리튬 이차 전지(Lithium secondary battery)는 전지 내에서 리튬 이온의 삽입 및 탈리에 의하여 충전과 방전이 이루어지는 이차 전지의 일종으로, 충전 시에는 양극(cathode)에서 음극(anode) 쪽으로 리튬 이온이 이동하여 음극의 활물질에 삽입되며, 반대로 방전 시에는 음극에 삽입된 리튬 이온이 양극 쪽으로 이동하여 양극의 활물질에 삽입된다. 이러한 리튬 이차 전지는 에너지 밀도가 높고, 기전력이 크며, 고용량을 발휘할 수 있는 장점을 가지고 있어, 휴대전화, 노트북 등의 전원으로 많이 이용된다.

[0003] 상기 리튬 이차 전지는 통상 음극, 양극, 분리판 및 전해질로 구성된다. 음극과 양극은 상기와 같이 리튬 이온의 삽입 및 탈리가 가능한 음극 활물질 및 양극 활물질을 포함한다. 분리판(separator)은 양극과 음극 사이에서 물리적인 전기 접촉을 방지한다. 대신 분리판을 통한 이온의 이동은 자유롭다. 전해액은 양극과 음극 사이에서

이온이 자유롭게 이동할 수 있는 통로 역할을 한다.

[0004] 한편, 상기 양극을 구성하기 위한 양극 활물질체는 주로 리튬을 함유하는 전이금속 화합물이 이용될 수 있다. 반면, 리튬을 음극에 포함할 경우 양극 활물질체는 리튬바나듐산화물, 바나듐산화물과 같은 비리튬계 양극 산화물이 이용될 수 있다. 특히, 상기 양극 활물질체가 리튬바나듐산화물로 이루어질 경우, 우수한 이론용량 (280mAhg^{-1})을 가지며 안정적인 충전 방전 특성을 가질 수 있다.

[0005] 하지만, 상기 양극 활물질체가 리튬바나듐산화물로 이루어질 경우, 리튬 이차 전지의 충방전 중 전극 표면에서 바나듐의 용해에 따른 상기 양극 표면에 크랙이 발생할 수 있다. 또한, 상기 리튬바나듐산화물로 이루어진 양극은 상대적으로 낮은 이온전도도를 갖는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 목적은 개선된 용량 및 수명을 갖는 리튬 이차 전지용 전극을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 상기 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 또 다른 목적은 용량 및 수명을 갖는 리튬 이차 전지용 전극을 포함하는 리튬 이차 전지를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극은 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진 활물질체 및 상기 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함한다. 여기서, 상기 탄소계 도전 물질은 카본 블랙, 케첸 블랙, 아세틸렌 블랙 및 카본 슈퍼 P중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 상기 바인더는 CMC(carboxy methyl cellulose)를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법에 있어서, 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진 활물질체를 형성한 후, 상기 활물질체의 표면에 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 코팅한다. 여기서, 상기 디엘시(diamond like carbon; DLC)층은 플라즈마증대 화학기상증착(Plasma enhanced chemical vapor deposition; PECVD) 공정을 통하여 형성될 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차 전지는, 음극 활물질을 포함하는 음극, 상기 음극과 마주보도록 배치되며, 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질과 바인더로 이루어진 양극 활물질체 및 상기 양극 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함하는 양극 및 상기 양극 및 음극 사이에 개재되며 분리판을 포함한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 리튬 이차전지용 전극은 양극 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 구비한다. 여기서, 상기 디엘시층은 상대적으로 우수한 화학적 안정성을 갖는다. 또한, 상기 디엘시층은 상대적으로 높은 영스 모듈러스(Young's Modulus)값을 갖는다. 따라서, 상기 디엘시층은 상기 전극 표면의 크랙을 억제할 수 있다. 또한, 상기 디엘시층을 포함하는 전극을 포함하는 이차 전지에 적용할 경우 상기 전극이 전해액과의 반응이 억제되어 반응 생성물이 억제될 수 있고 나아가, 상기 리튬 이차 전지는 안정적인 사이클 특성을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 디엘시층을 이용하여 양극 활물질체를 DLC 코팅하기 전(a) (c) 및 DLC 코팅한 후(b)(d)를 비교한 전자현미경 사진들 및 EDX 분석 그래프들이다.

도 2는 디엘시층을 형성한 후의 전극에 대한 RAMAN Spectra 분석을 통하여 Gaussian-Lorentzian fitting을 이용하여 도시한 그래프이다.

도 3은 디엘시층을 이용하여 활물질체 상에 디엘시층이 코팅하기 전의 전극(a) (c) 및 디엘시층이 코팅된 전극(b) (d)에 대한 50 사이클 후 표면을 나타내는 전자 현미경 사진 및 EDX 분석 그래프들이다.

도 4는 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극(a) 및 코팅한 후의 전극(b)에 대한 10 사이클 후 임피던스를 측정한 그래프이다.

도 5는 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극 및 코팅한 후의 전극의 측방전시 전압 상태를 나타내는 그래프이다.

도 6은 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극 및 코팅한 후의 전극의 측방전시 방전 특성을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.
- [0015] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0016] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0017] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0018] 리튬 이차 전지용 전극
- [0019] 본 발명의 일실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극은 양극 활물질체 및 디엘시층을 포함한다.
- [0020] 상기 양극 활물질체는 리튬마나뉘산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진다.
- [0021] 상기 리튬마나뉘산화물 분말은 분말 형태를 갖는다.
- [0022] 상기 탄소계 도전 물질은 카본 블랙(carbon black), 케첸 블랙(ketjen black), 아세틸렌 블랙(acetylene black) 및 카본 슈퍼 P(MMM 사 제품) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 탄소계 도전 물질이 상기 양극 활물질체에 포함됨에 따라 상기 활물질체의 전기전도도를 개선할 수 있다. 상기 바인더는 상기 리튬마나뉘산화물 나노 분말 및 탄소계 도전 물질을 상호 연결한다. 상기 바인더의 예로는 카르복실 메틸 셀룰로스(carboxy methyl cellulose)를 들 수 있다.
- [0023] 상기 리튬마나뉘산화물 나노 분말을 포함하는 양극 활물질체를 구비한 전극이 리튬 이차 전지에 적용될 경우, 상기 리튬 이차 전지는 이론적으로 단위질량당 약 280mAh g^{-1} 의 충전용량을 가질 수 있다.
- [0024] 상기 디엘시(diamond like carbon; DLC)층은 상기 양극 활물질체의 표면을 커버한다. 상기 디엘시층은 상대적으로 우수한 화학적 안정성을 갖는다. 또한, 상기 디엘시층은 상대적으로 높은 영스 모듈러스(Young's Modulus)값을 가짐에 따라 상대적으로 우수한 이온전도도를 가진다.
- [0025] 따라서, 상기 디엘시층을 포함하는 전극을 포함하는 이차 전지에 적용할 경우 상기 전극 및 전해액 간의 반응이 억제될 수 있다. 따라서, 상기 디엘시층을 포함하는 전극이 리튬 이차 전지에 적용될 경우, 상기 리튬 이차 전

지는 안정적인 사이클 특성을 가질 수 있다.

[0026] 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법

[0027] 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법에 있어서, 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진 활물질체를 형성한다. 상기 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더는 예를 들면 16:3:1의 중량비로 조절될 수 있다. 여기서, 상기 바인더를 순수(De-ionized water) 또는 NMP(N-methylpyrrolidone; NMP)와 같은 용매에 혼합한 후, 상기 리튬바나듐산화물 분말 및 탄소계 도전물질을 추가적으로 혼합함으로써, 상기 양극 활물질체가 형성될 수 있다.

[0028] 이어서, 상기 양극 활물질체의 표면에 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 코팅한다. 여기서, 상기 디엘시층은 플라즈마증대 화학기상증착(Plasma enhanced chemical vapor deposition; PECVD) 공정을 통하여 형성될 수 있다.

[0029] 상기 플라즈마증대 화학기상증착공정에 있어서, 챔버 내에 상기 양극 활물질체를 위치시킨 후, 상기 챔버 내에 반응가스가 챔버 내에 공급되어 플라즈마 상태로 이온화되어 반응성 라디칼 및 이온이 생성된다. 상기 반응가스는 1 내지 100Pa 압력으로 공급될 수 있다. 상기 플라즈마를 형성하기 위하여, 라디오 주파수(radio frequency) 전원이 사용될 수 있다. 상기 라디오 주파수 전원은 13.56MHz의 주파수를 사용할 수 있다. 또한, 상기 라디오 주파수 파워는 10 내지 1,000 watt의 범위를 가질 수 있다. 한편, 반응가스의 예로는 메탄(CH_4), 아세틸렌(C_2H_2)을 들 수 있다.

[0030] 리튬 이차 전지

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차 전지는 음극, 양극 및 분리판을 포함한다.

[0032] 상기 음극은 리튬 이온이 삽입 및 탈리될 수 있는 음극 활물질을 포함한다. 이러한 음극 활물질은 리튬메탈 분말로 이루어질 수 있다. 상기 리튬메탈 분말은 100nm 내지 40 μm 의 평균 직경을 가질 수 있다. 상기 리튬메탈 분말은 100nm 미만일 경우 리튬 분말의 음극판에 대한 부착성이 감소하여 전극 성형시 문제가 발생할 수 있으며, 또한 전해질이 상기 리튬 분말들 사이로 스며드는 데에 방해가 발생하여 전기화학 반응에 필요한 유효 면적이 감소하는 문제가 발생할 수 있다. 반면에, 상기 리튬메탈 분말은 40 μm 초과일 경우

[0033] 상기 음극 활물질은 리튬 메탈 또는 벌크 리튬을 실리콘 오일에 녹여 교반하여 형성될 수 있다.

[0034] 상기 양극은 상기 음극과 마주보도록 배치된다. 상기 양극은 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질과 바인더로 이루어진 양극 활물질체 및 상기 양극 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함한다.

[0035] 상기 양극 활물질체는 리튬바나듐산화물 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진다. 상기 리튬바나듐산화물 분말은 분말 형태를 갖는다. 상기 탄소계 도전 물질은 카본 블랙(carbon black), 케첸 블랙(ketjen black), 아세틸렌 블랙(acetylene black) 및 카본 슈퍼 P(MMM 사 제품) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 탄소계 도전 물질이 상기 활물질체에 포함됨에 따라 상기 활물질체의 전기전도도를 개선할 수 있다. 상기 바인더는 상기 리튬바나듐산화물 분말 및 탄소계 도전 물질을 상호 연결한다. 상기 바인더의 예로는 PVDF 와 카르복실 메틸 셀룰로스(carboxy methyl cellulose)를 들 수 있다.

[0036] 상기 리튬바나듐산화물 분말을 포함하는 활물질체를 구비한 전극이 리튬 이차 전지에 적용될 경우, 상기 리튬 이차 전지는 이론적으로 단위질량당 약 280mAh g^{-1} 의 충전용량을 가질 수 있다.

[0037] 상기 디엘시층(diamond like carbon; DLC)은 상기 양극 활물질체의 표면을 커버한다. 상기 디엘시층은 상대적으로 우수한 화학적 안정성을 갖는다. 또한, 상기 디엘시층은 상대적으로 높은 영스 모듈러스(Young's Modulus)값을 갖는다.

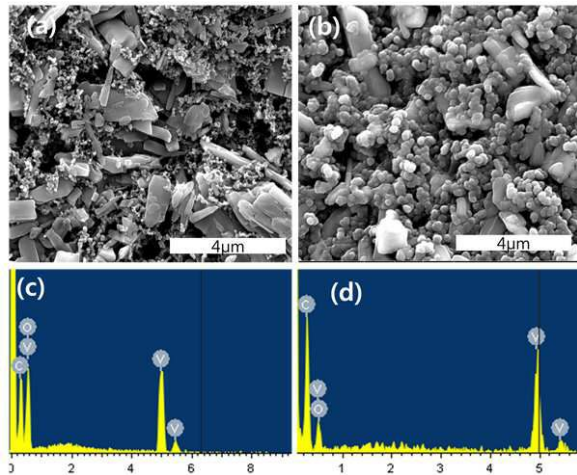
[0038] 따라서, 상기 디엘시층을 포함하는 전극을 포함하는 이차 전지에 적용할 경우 상기 전극이 전해액과의 반응이 억제될 수 있다. 따라서, 상기 디엘시층을 포함하는 전극이 리튬 이차 전지에 적용될 경우, 상기 리튬 이차 전지는 안정적인 사이클 특성을 가질 수 있다.

- [0039] 상기 분리판은 상기 양극 및 음극 사이에 개재된다. 상기 분리판은 상기 음극 및 상기 양극이 물리적으로 접촉하여 회로적으로 합선(short)되는 것을 방지한다. 상기 분리판은 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 등을 포함할 수 있다.
- [0040] 한편, 리튬 이차전지는 상기 음극 및 상기 양극 사이에 전해질 층을 포함할 수 있다. 상기 전해질층은 전해액을 포함한다. 상기 전해액의 예로는 비수성 유기 용매가 될 수 있으며, 여기에 리튬염이 포함될 수 있다. 상기 비수성 유기 용매는 환상 또는 비환상 카보네이트, 지방족 카르복실산 에스테르 등이 단독 또는 2종 이상이 혼합되어 있는 것을 이용할 수 있다.
- [0041] 리튬 이차 전지용 전극의 평가
- [0042] 리튬바나듐산화물 분말과 카본 계열인 전도체인 아세틸렌 블랙과 CMC(carboxy methyl cellulose) 바인더를 질량 비로 16:3:1로 하여 양극 활물질체를 제조하였다. 상기 양극 활물질체 상에 PECVD(plasma enhanced chemical vapor deposition)공정을 통하여, 아세틸렌(C_2H_2) 가스를 $100^\circ C$ 에서 5분간 공급하여 디엘시층을 형성하였다.
- [0043] 도 1은 디엘시층을 이용하여 양극 활물질체를 DLC 코팅하기 전(a) (c) 및 DLC 코팅한 후(b)(d)를 비교한 전자현미경 사진들 및 EDX 분석 그래프들이다.
- [0044] 도 1을 참조하면, DLC 코팅 전 전극 및 DLC 코팅후 전극에 리튬바나듐산화물(LiV_3O_8)의 구성성분인 바나듐 및 산소가 나타났으며 탄소의 경우 전도체인 아세틸렌 블랙 및 디엘시층으로 인하여 나타났다.
- [0045] 도 2는 디엘시층을 형성한 후의 전극에 대한 RAMAN Spectra 분석을 통하여 Gaussian-Lorentzian fitting을 이용하여 도시한 그래프이다.
- [0046] 도 2를 참조하면, 그라파이트 피크인 G피크와 disorder 피크인 D 피크 즉 두 개의 메인 피크가 $1,361 eV$ 및 $1,578 eV$ 에서 나타나며 이는 리튬바나듐산화물(LiV_3O_8) 전극 표면에 다이아몬드 라이크 카본이 코팅되어 디엘시층이 형성되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0047] 도 3은 디엘시층을 이용하여 활물질체 상에 디엘시층이 코팅하기 전의 전극(a) (c) 및 디엘시층이 코팅된 전극(b) (d)에 대한 50 사이클 후 표면을 나타내는 전자 현미경 사진 및 EDX 분석 그래프들이다.
- [0048] 도 3을 참조하면, 코팅되지 않은 리튬바나듐산화물(LiV_3O_8)은 전극(a)은 다이아몬드 라이크 카본이 코팅된 리튬바나듐산화물(LiV_3O_8) 전극(b)에 비하여 크랙 (crack)과 같은 결함이 발생하지 않았다. 또한, EDX 분석결과 코팅되지 않은 리튬바나듐산화물(LiV_3O_8) 전극(c)은 플루오린(F)과 같은 반응 생성물이 검출되었으며, 반면에 다이아몬드 라이크 카본이 코팅된 리튬바나듐산화물(LiV_3O_8) 전극(d)은 표면 반응생성물이 발생하지 않음을 확인할 수 있다. 따라서, 양극 활물질체 상에 코팅된 디엘시층이 전극 표면에 반응생성물을 억제해주었음을 보여준다.
- [0049] 도 4는 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극(a) 및 코팅한 후의 전극(b)에 대한 10 사이클 후 임피던스를 측정한 그래프이다.
- [0050] 도 4를 참조하면, 코팅되지 않은 리튬바나듐산화물(LiV_3O_8) 전극(a)이 전하 이동(charge transfer) 저항이 10 사이클 후 증가한 것에 반해, 다이아몬드 카본 코팅된 리튬바나듐산화물(LiV_3O_8) 전극(b)은 전하 이동(charge transfer) 저항이 변화하지 않음을 볼 수 있다. 이는 디엘시층이 이온전도도에 증가에 기여하였음을 보여주는 것이다.
- [0051] 도 5는 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극 및 코팅한 후의 전극의 측방전시 전압 상태를 나타내는 그래프이다.
- [0052] 도 5를 참조하면, 디엘시층이 코팅된 리튬바나듐산화물 전극은 과전압이 줄어들었음을 볼 수 있으며, 이는 앞의 전하 이동 저항이 감소로 기인하여 과전압이 감소함을 확인할 수 있다.
- [0053] 도 6은 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극 및 코팅한 후의 전극의 측방전시 방전 특성을 나타내는 그래프이다.
- [0054] 도 6을 참조하면, 다이아몬드 라이크 카본이 코팅된 리튬바나듐산화물 전극을 사용한 전지가 0.5 C-rate에서 초

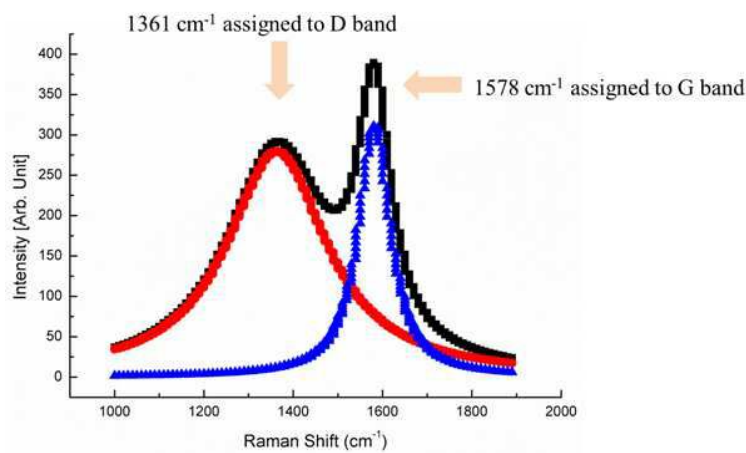
기 방전용량이 238 mAhg^{-1} 이며 코팅되지 않은 리튬바나듐산화물 전극을 사용한 전지가 236 mAhg^{-1} 의 방전용량을 보이며 큰 차이를 보이지 않지만 다이아몬드 카본 코팅으로 인하여 50사이클 후 방전용량이 코팅된 리튬바나듐산화물 전극을 사용한 전지가 방전용량이 219 mAhg^{-1} 로 용량유지율이 92%인데 반하여, 코팅되지 않은 리튬바나듐산화물 전극을 사용한 전지가 182 mAhg^{-1} 의 방전용량을 보이고 77%의 용량 유지율을 보인다. 따라서, 코팅된 리튬바나듐산화물 전극을 사용한 전지가 코팅되지 않은 리튬바나듐산화물 전극을 사용한 전지에 비하여 개선된 수명 안전성과 용량유지율을 가질 수 있다.

도면

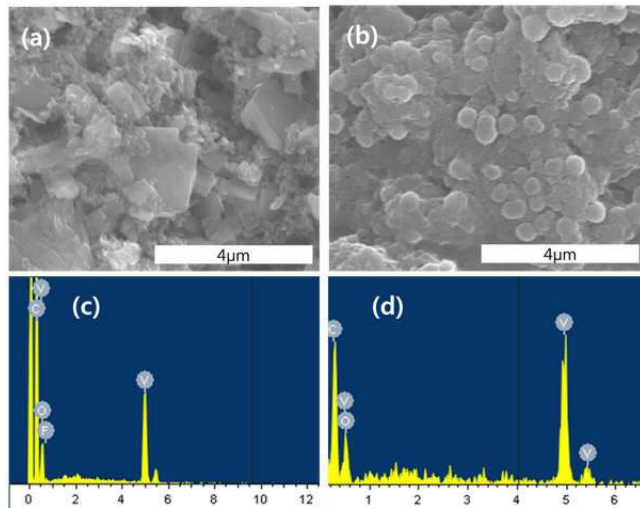
도면1



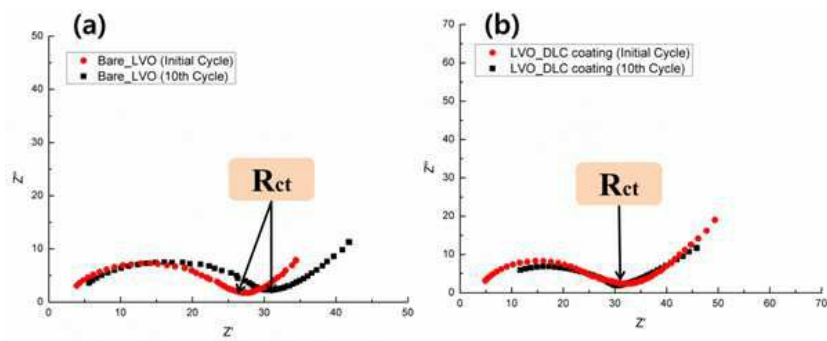
도면2



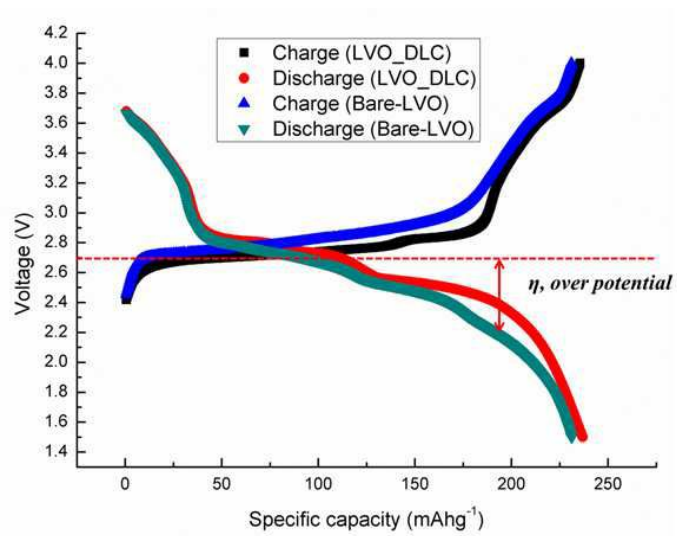
도면3



도면4



도면5



도면6

