(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0136131
(43) 공개일자 2013년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H01M 4/13* (2010.01) *H01M 4/38* (2006.01)
*H01M 4/62* (2006.01) *H01M 10/052* (2010.01)
(21) 출원번호 10-2012-0059726
(22) 출원일자 2012년06월04일
심사청구일자 2012년06월04일

(71) 출원인
**고려대학교 산학협력단**
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
**윤우영**
서울특별시 서초구 사평대로55길 104 서초그린빌라 401
**이준규**
서울특별시 서초구 잠원로 37-48 신반포한신아파트 208동 605호
(74) 대리인
**이동건**

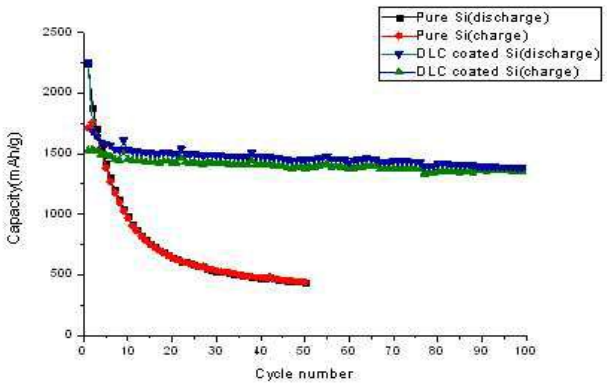
전체 청구항 수 : 총 6 항

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

## (57) 요 약

리튬 이차 전지용 전극은 실리콘 나노 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진 활물질체 및 상기 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함한다. 상기 디엘시층은 상기 활물질체의 부피 팽창을 억제할 수 있다. 상기 디엘시층은 상기 활물질체 및 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.

*대 표 도* - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 1345160615 |
| 부처명 | 교육과학기술부 |
| 연구사업명 | 중견연구자지원 |
| 연구과제명 | 리튬분말을 이용한 고용량 고효율 리튬 이차전지 연구 |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 주관기관 | 고려대학교 산학협력단 |
| 연구기간 | 2011.09.01 ~ 2012.08.31 |

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

실리콘 나노 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, 케트젠 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

실리콘 나노 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

양극 활물질을 포함하는 양극;

상기 양극과 마주보도록 배치되며, 실리콘 나노 분말, 탄소계 도전 물질와 바인더로 이루어진 음극 활물질체 및 상기 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함하는 음극; 및

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

## 명 세 서

### 기 술 분 야

[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.

### 배 경 기 술

[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 전지 접촉을 방지한다. 대신 분리판을 통한 이온의 이동은 자유롭다. 전해액은 양극과 음극 사이에서

이온이 자유롭게 이동할 수 있는 통로 역할을 한다.

[0004] 한편, 상기 음극을 구성하기 위한 탄소가 이용될 수 있다. 상기 탄소재료는 리튬의 층간 삽입/탈리 시에 부피 변화가 적고, 가역성이 뛰어나며, 가격이 상대적으로 저렴하여 리튬이온전지의 음극재료로 널리 사용되고 있다. 이러한 음극재료로 사용되는 탄소 재료는 그라파이트(graphite), 코크(coke), 파이버(fiber), 피치(pitch), 및 메조(meso) 탄소 등이 있다. 그러나, 상기 그라파이트는 단위질량당 충전용량에 이론적 한계(372 mAh $g^{-1}$)가 있다. 따라서, 리튬이온전지의 에너지 밀도, 가역 용량 및 초기 충전효율과 같은 동작 특성을 크게 향상시킬 수 있는 새로운 음극 재료의 개발이 요구되고 있었다.

[0005] 최근 상기한 문제점을 해결하기 위한 시도로 실리콘을 이용한 전극개발이 주목을 받고 있다. 실리콘은 그라파이트 전극 또는 다른 다양한 산화물, 질화물 재료 전극의 충전용량(charge capacity)보다 10배 이상 높은 이론적 단위질량당 충전용량(약 4,200 mAh $g^{-1}$)을 가지기 때문에 리튬이온전지 분야에서 많은 관심을 가지고 있는 소재이다.

[0006] 그러나, 실리콘은 리튬이온전지 전극에 적용 시 리튬의 삽입/탈리로 인해 400% 이상의 큰 부피 변화가 발생하여 실제 음극재료로의 적용에는 많은 제약이 따른다. 이는 부피변화로 인해 실리콘 결정격자 내에 생성되는 기계적 스트레스가 실리콘 전극의 파괴와 분쇄를 발생시켜 리튬이온전지의 안정성 및 용량을 저하시키기 때문이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 목적은 개선된 용량 및 수명을 갖는 리튬 이차 전지용 전극을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 상기 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 또 다른 목적은 용량 및 수명을 갖는 리튬 이차 전지용 전극을 포함하는 리튬 이차 전지를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극은 실리콘 나노 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, 케트젠 블랙, 아세틸렌 블랙 및 카본 슈퍼 P중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 상기 바인더는 CMC(carboxy methyl cellulose)를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법에 있어서, 실리콘 나노 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.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차 전지는, 양극 활물질을 포함하는 양극, 상기 양극과 마주보도록 배치되며, 실리콘 나노 분말, 탄소계 도전 물질와 바인더로 이루어진 음극 활물질체 및 상기 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함하는 음극 및 상기 양극 및 음극 사이에 개재되며 전해질층을 포함한다.

### 발명의 효과

[0013] 본 발명에 따른 리튬 이차전지용 전극은 활물질체의 표면을 커버링하는 디엘시층(diamond like carbon; DLC)을 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 활물질체의 부피 팽창을 억제할 수 있다. 또한, 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.

### 도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전(a) 및 코팅한 후(b)를 비교한 전자현미경 사진이다.

도 2는 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극 및 코팅한 후의 전극에 대한 충전 및 방전 사이클에 따른 충전용량을 나타내는 그래프이다.

도 3은 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극(a) 및 코팅한 후의 전극(b)에 대한 15 사이클 후 표면을 나타내는 전자 현미경 사진이다.

도 4a 및 도 4b는 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극 및 코팅한 후의 전극에 대한 15 사이클 후 표면을 X선 광전자분광법을 이용하여 분석한 그래프들이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 리튬 이차 전지용 전극

[0020] 본 발명의 일실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극은 활물질체 및 디엘시층을 포함한다.

[0021] 상기 활물질체는 실리콘 나노 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진다. 상기 실리콘 나노 분말은 나노 사이즈를 갖는 분말 형태를 갖는다. 상기 탄소계 도전 물질은 카본 블랙(carbon black), 케트젠 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 실리콘 나노 분말 및 탄소계 도전 물질을 상호 연결한다. 상기 바인더의 예로는 카르복실 메틸 셀룰로스(carboxy methyl cellulose)를 들 수 있다.

[0022] 상기 실리콘 나노 분말을 포함하는 활물질체를 구비한 전극이 리튬 이차 전지에 적용될 경우, 상기 리튬 이차 전지는 이론적으로 단위질량당 약 4,200mAh $g^{-1}$의 충전용량을 가질 수 있다.

[0023] 상기 디엘시층(diamond like carbon; DLC)은 상기 활물질체의 표면을 커버링한다. 상기 디엘시층은 상대적으로 우수한 화학적 안정성을 갖는다. 또한, 상기 디엘시층은 상대적으로 높은 영스 모듈러스(Young's Modulus)값을 갖는다.

[0024] 따라서, 상기 디엘시층은 상기 활물질체의 부피 팽창을 억제할 수 있다. 또한, 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 있

다.

[0025] 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법

[0026] 본 발명의 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 전극의 형성 방법에 있어서, 실리콘 나노 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진 활물질체를 형성한다. 상기 실리콘 나노 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더는 예를 들면 4:4:2의 중량비로 조절될 수 있다. 여기서, 상기 바인더를 순수(De-ionized water) 또는 NMP(N-methylpyrrolidone; NMP)와 혼합한다. 이어서, 상기 실리콘 나노 분말 및 탄소계 도전물질을 추가적으로 혼합하여 상기 활물질체가 형성될 수 있다.

[0027] 이어서, 상기 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.

[0028] 상기 플라즈마증대 화학기상증착공정에 있어서, 챔버 내에 상기 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.

[0029] 리튬 이차 전지

[0030] 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬 이차 전지는 양극, 음극 및 전해질층을 포함한다.

[0031] 상기 양극은  리튬 이온을 삽입 및 탈리할 수 있는 양극 활물질을 포함한다. 이러한 양극 활물질은 LiCoO2, LiMnO2, LiNiO2, LiCrO2, LiMn2O4 등과 같은 전지반응에 사용되는 리튬을 함유하고 있는 전이금속 산화물(lithiated cathode)이 될 수 있다. 또한 양극부(120)에 포함되는 양극 활물질은 환경 친화적이고, 코발트(Co)와 같은 희귀 금속을 사용하지 않고, 대신에 매장량이 풍부한 철을 함유하여 원료의 가격도 매우 저렴하고, 전지 용량에도 크게 기여하는 장점이 있는 리튬 철인산화물(Lithium Iron Phosphate, LiFePO4)이 될 수 있다.

[0032] 상기 음극은 상기 양극과 마주보도록 배치된다. 상기 음극은 실리콘 나노 분말, 탄소계 도전 물질와 바인더로 이루어진 음극 활물질체 및 상기 활물질체의 표면을 커버하는 디엘시(diamond like carbon; DLC)층을 포함한다.

[0033] 상기 활물질체는 실리콘 나노 분말, 탄소계 도전 물질 및 바인더로 이루어진다. 상기 실리콘 나노 분말은 나노 사이즈를 갖는 분말 형태를 갖는다. 상기 탄소계 도전 물질은 카본 블랙(carbon black), 케트젠 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 실리콘 나노 분말 및 탄소계 도전 물질을 상호 연결한다. 상기 바인더의 예로는 PVDF 카르복실 메틸 셀룰로스(carboxy methyl cellulose)를 들 수 있다.

[0034] 상기 실리콘 나노 분말을 포함하는 활물질체를 구비한 전극이 리튬 이차 전지에 적용될 경우, 상기 리튬 이차 전지는 이론적으로 단위질량당 약 4,200mAh $g^{-1}$의 충전용량을 가질 수 있다.

[0035] 상기 디엘시층(diamond like carbon; DLC)은 상기 활물질체의 표면을 커버링한다. 상기 디엘시층은 상대적으로 우수한 화학적 안정성을 갖는다. 또한, 상기 디엘시층은 상대적으로 높은 영스 모듈러스(Young's Modulus)값을 갖는다.

[0036] 따라서, 상기 디엘시층은 상기 활물질체의 부피 팽창을 억제할 수 있다. 또한, 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.

[0037] 상기 전해질층은 상기 양극 및 음극 사이에 개재된다. 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.

[0038] 리튬 이차전지용 전극의 평가

[0039] 실리콘 나노 파우더와 카본 계열인 전도체인 덴카 블랙과 CMC(carboxy methyl cellulose) 바인더를 질량비로 2대2대1로 하여 활물질체를 제조하였다. 상기 활물질체 상에 PECVD(plasma enhanced chemical vapor deposition)공정을 통하여, 아세틸렌(C2H2) 가스를 100℃ 에서 5분간 공급하여 디엘시층을 형성하였다.

[0040] 도 1은 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전(a) 및 코팅한 후(b)를 비교한 전자현미경 사진이다.

[0041] 도 1을 참조하면, 상기 활물질체 상부 표면에 디엘시층이 형성됨을 확인할 수 있다.

[0042] 도 2는 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극 및 코팅한 후의 전극에 대한 충전 및 방전 사이클에 따른 충전용량을 나타내는 그래프이다.

[0043] 도 2를 참조하면, 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅되지 않은 전극의 경우 10 사이클 후 충전용량이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 반면에, 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅한 전극의 경우 100 사이클 후에도 충전용량이 안정적으로 유지됨을 확인할 수 있다.

[0044] 도 3은 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극(a) 및 디엘시층이 코팅된 전극(b)에 대한 15 사이클 후 표면을 나타내는 전자 현미경 사진이다.

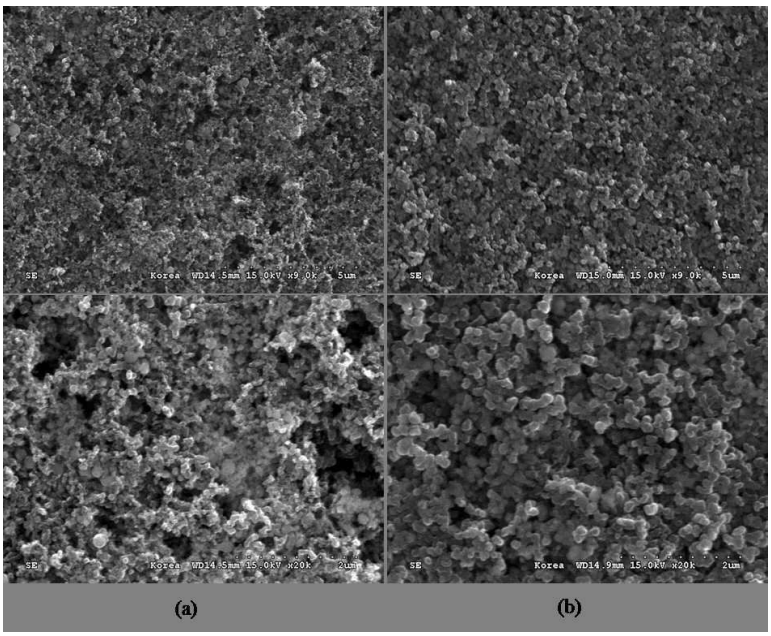
[0045] 도 3을 참조하면, 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극(a)에는 활물질체가 부피 팽창함에 따라 그 표면에 크랙이 발생한 반면에, 디엘시층이 코팅된 전극(b)에는 크랙이 발생하지 않음을 확인할 수 있다. 따라서, 상기 디엘시층이 상기 활물질체의 부피 팽창을 억제하는 것을 확인할 수 있다.

[0046] 도 4a 및 도 4b는 디엘시층을 이용하여 활물질체를 코팅하기 전의 전극 및 코팅한 후의 전극에 대한 15 사이클 후 표면을 X선 광전자분광법을 이용하여 분석한 그래프이다.

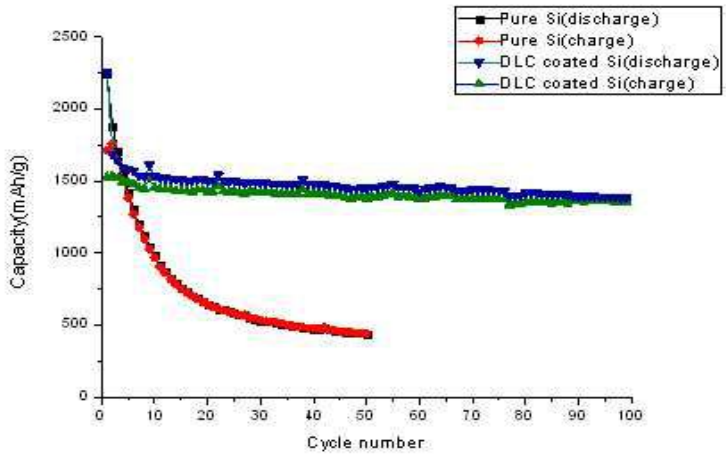
[0047] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 15 사이클의 충방전을 시킨 후 전극 표면에 반응 생성물을 확인한 결과 코팅되지 않은 전극(도 4a 참조)의 경우 전해액의 플루오르 성분이 디엘시층이 코팅되어진 전극(도 4b 참조)에 비해서 다량으로 포함되어있는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 상기 디엘시층이 상기 활물질체의 화학적 안정성을 개선할 수 있다.

## 도면

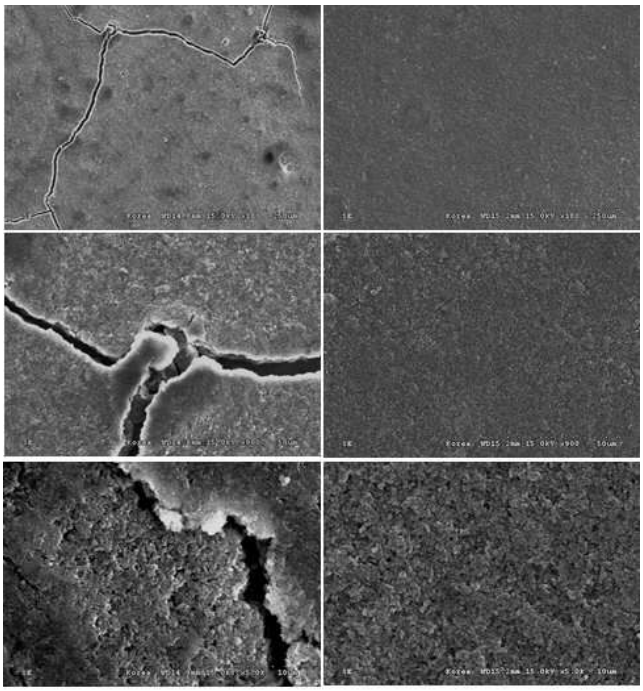
### 도면1



도면2

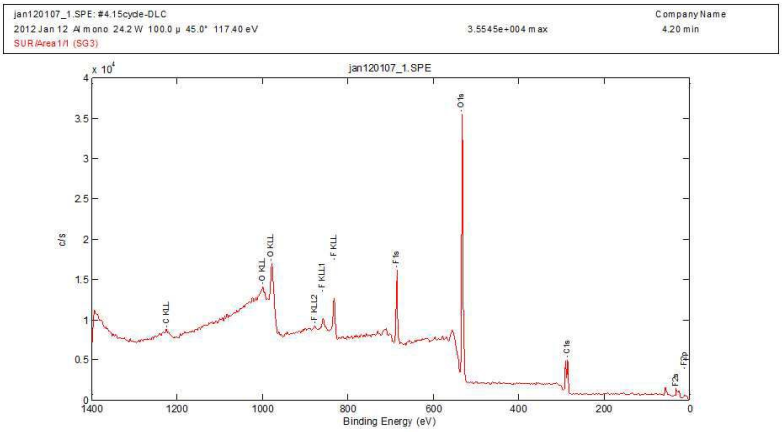

Pure Si(discharge)
Pure Si(charge)
DLC coated Si(discharge)
DLC coated Si(charge)
Capacity(mAh/g)
Cycle number
2500
2000
1500
1000
500
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

도면3

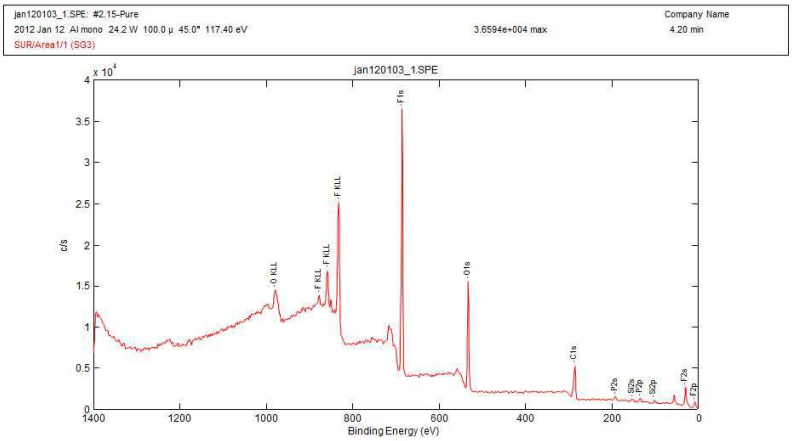


(a) (b)

도면4a


jan120107_1.SPE: #4.15cycle-DLC
2012 Jan 12 Al mono 24.2 W 100.0 μ 45.0° 117.40 eV
SUR/Area1/1 (SG3)
3.5545e+004 max
Company Name
4.20 min
x 10^4
jan120107_1.SPE
c/s
O KLL
O KLL
F KLL1
F KLL
F KLL2
F 1s
O 1s
C 1s
F2p
F2s
Binding Energy (eV)

도면4b


jan120103_1.SPE: #2.15-Pure
2012 Jan 12 Al mono 24.2 W 100.0 μ 45.0° 117.40 eV
SUR/Area1/1 (SG3)
3.6594e+004 max
Company Name
4.20 min
x 10^4
jan120103_1.SPE
c/s
O KLL
F KLL
F KLL
F 1s
O 1s
C 1s
F2s
S2p
S2p
S2p
F2s
F2p
Binding Energy (eV)