



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0061753  
(43) 공개일자 2019년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01M 4/131 (2010.01) H01M 10/052 (2010.01)  
H01M 4/136 (2010.01) H01M 4/1391 (2010.01)  
H01M 4/1397 (2010.01) H01M 4/62 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01M 4/131 (2013.01)  
H01M 10/052 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0160436

(22) 출원일자 2017년11월28일

심사청구일자 2017년11월28일

(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

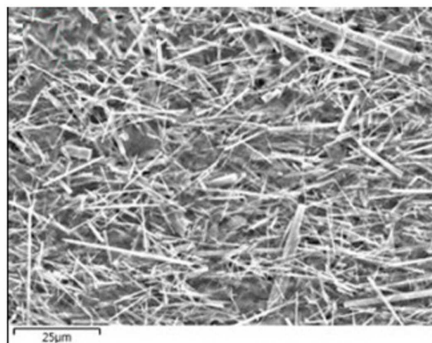
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극 및 그 제조방법

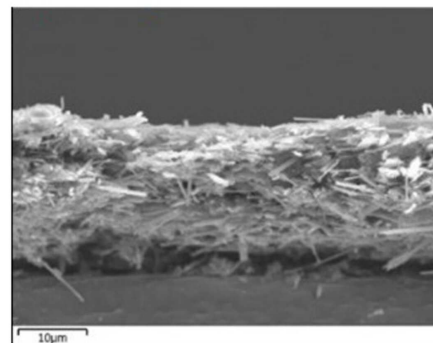
(57) 요약

본 발명은 양극활물질 및 전도성 고분자를 포함하는 리튬이차전지용 양극을 개시한다. 특히, 본 발명은 상기 전도성 고분자는 상기 리튬이차전지용 양극에 코팅된 것이 특징인 리튬이차전지용 양극을 개시한다.

대표도 - 도1



(a)



(b)

(52) CPC특허분류

*H01M 4/136* (2013.01)

*H01M 4/1391* (2013.01)

*H01M 4/1397* (2013.01)

*H01M 4/62* (2013.01)

*H01M 4/624* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711053962

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(미래부)

연구과제명 금속 음극소재 연구를 통한 고용량 리튬 이차전지 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.03.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

양극활물질; 및

전도성 고분자;를 포함하는 리튬이차전지용 양극으로서,

상기 전도성 고분자는 상기 리튬이차전지용 양극에 증기상중합법에 의하여 코팅된 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 양극활물질은  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-}$ ,  $\text{LiAO}_2$ ,  $\text{Li}[\text{Ni}_y\text{Co}_{1-2y}\text{Mn}_y]\text{O}_2$ , LMNO, LMO, LFP,  $\text{LiBPO}_4$ , LVO로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극;

단, 상기 화학식에서  $0 \leq x \leq 1$ 이고,  $0 < y < 0.5$ 이다. 또한 A는 Mn, Fe, 또는 Co 중 어느 하나이며, B는 Mn, Co 또는 Ni 중 어느 하나이다.

#### 청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 전도성 고분자는 공액계 고분자인 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극.

#### 청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 공액계 고분자는 폴리피롤 또는 PEDOT 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극.

#### 청구항 5

양극활물질과 전도성 고분자를 포함하는 리튬이차전지용 양극으로서, 상기 전도성 고분자는 상기 리튬이차전지용 양극에 증기상중합법에 의하여 코팅된 것이고, 상기 양극활물질은  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-}$ ,  $\text{LiAO}_2$ ,  $\text{Li}[\text{Ni}_y\text{Co}_{1-2y}\text{Mn}_y]\text{O}_2$ , LMNO, LMO, LFP,  $\text{LiBPO}_4$ , LVO로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것이고, 상기 전도성 고분자는 공액계 고분자인 것인 리튬이차전지용 양극;

음극;

및 전해질을 포함하는 리튬이차전지로서,

상기 음극은 리튬금속인 것을 특징으로 하는 리튬이차전지;

단, 상기 화학식에서  $0 \leq x \leq 1$ 이고,  $0 < y < 0.5$ 이다. 또한 A는 Mn, Fe, 또는 Co 중 어느 하나이며, B는 Mn, Co 또는 Ni 중 어느 하나이다.

## 청구항 6

양극활물질의 전구체, 도전재, 바인더, 및 용매를 혼합하여 슬러리를 준비하는 단계;

상기 슬러리를 가열하여 양극을 만드는 단계;

상기 양극에 산화제를 코팅하는 단계;

전도성 고분자의 단량체를 준비하는 단계; 및

상기 전도성 고분자 단량체를 중합시켜 상기 양극에 코팅하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극의 제조방법.

## 청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 고분자의 단량체를 준비하는 단계는 상기 고분자의 단량체가 증기상으로 만드는 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극의 제조방법.

## 청구항 8

제 7에 있어서,

상기 양극활물질의 전구체는 리튬염, 망간염, 니켈염, 코발트염, 철염, 또는 마나듐염 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극의 제조방법.

## 청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 전도성 고분자는 공액계 고분자인 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극의 제조방법.

## 청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 공액계 고분자는 폴리피롤 또는 PEDOT 중 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 리튬이차전지용 양극의 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 양극활물질의 용해 및 양극활물질과 전해질 사이의 부반응이 제한되는 리튬이차전지용 양극 및 그 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] 리튬이차전지는 양극과 음극 및 전해질을 필수로 포함하는 전지로서 리튬 양이온이 전극에 가역적으로 삽입(Interkalation) 또는 탈리(Deinterkalation) 되며 충전과 방전이 이루어지는 것을 특징으로 한다. 충전 및 방

전 과정에서 리튬 양이온은 집전체를 통하여 전극으로 들어온 전자와 전하중성을 이루는 역할을 하며, 전극 내에 전기 에너지를 저장하는 매개체 역할을 수행한다.

- [0004] 리튬이차전지의 양극(Cathode)은 리튬이차전지의 방전과정에서 리튬 양이온이 삽입되는 전극을 지칭한다. 리튬 양이온의 삽입과 함께 외부 도선을 통하여 전하가 양극으로 이동되므로, 양극은 방전과정에서 환원되는 것을 특징으로 한다. 통상적으로 리튬이차전지의 양극에는 전이금속산화물이 포함된다. 양극에 포함된 전이금속 산화물을 달리 양극활물질이라고 하며, 상기 양극활물질은 일반적으로 반복적이고 입체적인 구조를 가진다.
- [0005] 양극활물질은 크게 층상구조를 가지는 화합물과 스피넬 구조 내지 역스피넬 구조를 가지는 화합물, 및 올리빈 구조를 가지는 화합물 등으로 분류할 수 있다. 층상구조를 가지는 양극활물질로는  $\text{LiCoO}_2$ (LCO)가 가장 대표적이며, 스피넬 구조를 가지는 양극활물질로는  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ (LMO)가 가장 대표적이고, 올리빈 구조를 가지는 양극활물질로는  $\text{LiFePO}_4$ (LFP)가 가장 대표적이다. 그 외에 양극활물질로는 다양한 상과 결정구조를 가질 수 있는 바나듐 산화물(LVO)이 있다.
- [0006] 특히, 바나듐 화합물은 다양한 산화수를 가질 수 있으므로 높은 전지 용량(Capacity)을 구현할 수 있는 전극소재이다. 양극활물질로 사용가능한 바나듐 산화물의 예시로는  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{VO}_2(\text{B})$ ,  $\text{V}_6\text{O}_{13}$ ,  $\text{V}_4\text{O}_9$ ,  $\text{V}_3\text{O}_7$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Mn}_{0.8}\text{V}_{0.2}\text{O}_{16}$ ,  $\text{LiV}_3\text{O}_8$  등이 포함된다. 그 중  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 은 단위질량당 충전용량의 이론적 값이 약 381mAh/g에 달할 정도로 기존의 리튬이차전지 보다 높은 값을 가지고 있는 것으로 알려져 있다.
- [0007] 상기  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 을 양극활물질로 사용할 경우,  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 은 일체로서 결정구조를 가진다는 점이 특징적이다.  $\text{LiV}_3\text{O}_8$  포함된 리튬이온은 결정구조의 일부로서 충전 및 방전 시에도 결정구조의 내부에 고정되어 있어야 한다. 방전과 충전은 전해질을 통하여 상기 결정 내에 고정된 리튬이온과 별개인 새로운 리튬이온이  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 의 결정구조로 삽입 또는 탈리되며 이루어진다.
- [0008] 다만,  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 을 양극활물질로 포함하여 구현된 리튬이차전지의 경우, 실제로는 충전 및 방전을 반복할수록 전지 용량이 급격하게 떨어지는 단점을 가지고 있다. 이는 리튬이온이 추가로 양극활물질에 삽입되며 발생하는 부피 팽창 및 구조변화에 의하여 활물질의 손실이 야기되기 때문이다. 더하여, 양극활물질의 일부로서 포함되어 있던 리튬이온과 전해질 사이의 부반응을 통한 활물질의 용해 또한 활물질의 손상을 초래한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국공개특허 KR 10-2016-0080865

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 양극활물질의 손상이 제한적인 양극 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 더욱 바람직하게는 부피변화 및 전해질과의 상호작용에 의한 양극활물질의 용해가 제한적인 양극 및 그 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명은 상기한 목적을 달성하기 위한 수단으로서, 양극활물질 및 전도성 고분자를 포함하는 리튬이차전지용 양극을 개시하고 있다. 바람직하게는 상기 전도성 고분자는 상기 리튬이차전지용 양극에 증기상중합법에 의하여 코팅된 것이다. 더욱 구체적으로는 상기 양극활물질은  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ -,  $\text{LiAO}_2$ ,  $\text{Li}[\text{Ni}_y\text{Co}_{1-2y}\text{Mn}_y]\text{O}_2$ , LMNO, LMO, LFP,  $\text{LiBPO}_4$ , LVO로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나이며, 단, 상기 화학식에서  $0 \leq x \leq 1$ 이고,  $0 < y < 0.5$ 이다. 또한 A는 Mn, Fe, 또는 Co 중 어느 하나이며, B는 Mn, Co 또는 Ni 중 어느 하나이다. 더하여, 상기 리

튴이차전지용 양극에 코팅된 전도성 고분자가 폴리피롤 또는 PEDOT 중 어느 하나 이상인 것이 더욱 바람직하다.

[0014] 또한, 본 발명은 상기한 목적을 달성하기 위하여  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$ ,  $\text{LiAO}_2$ ,  $\text{Li}[\text{Ni}_y\text{Co}_{1-2y}\text{Mn}_y]\text{O}_2$ , LMNO, LMO, LFP,  $\text{LiBPO}_4$ , LVO로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 양극활물질을 포함하는 양극으로서 상기 양극의 표면을 코팅하는 전도성 고분자가 폴리피롤 또는 PEDOT 중 어느 하나 이상인 양극과 리튬금속인 음극 그리고 전해질을 포함하는 이차전지를 개시한다.

[0015] 또한, 본 발명은 상기한 목적을 달성하기 위하여 리튬이차전지용 양극의 제조방법을 개시한다. 구체적으로는, 양극활물질의 전구체, 도전재, 바인더, 및 용매를 혼합하여 슬러리를 준비하는 단계, 상기 슬러리를 가열하여 양극을 만드는 단계, 전도성 고분자의 단량체를 준비하는 단계 및 상기 고분자 단량체를 중합시켜 상기 양극에 코팅하는 단계;를 포함하는 리튬이차전지용 양극의 제조방법이다.

[0016] 본 발명의 리튬이차전지용 양극의 제조방법에서 상기 고분자의 단량체는 증기상인 것이 바람직하다. 본 발명은 고체 혹은 액체인 단량체를 증기상으로 상전이 시키는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 상기 단량체를 증기상으로 전이시키는 단계에서 단량체에 에너지를 공급하는 방식은 단순 가열에 의한 방식, 마이크로파를 이용한 방식, 플라즈마를 이용한 방식 등을 모두 포함한다.

[0017] 또한, 상기 양극활물질의 전구체는 리튬염, 망간염, 니켈염, 코발트염, 철염, 또는 바나듐염 중 어느 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다. 상기 고분자는 전도성을 가지는 고분자이면 충분하나, 폴리피롤 또는 PEDOT 중 어느 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다.

### 발명의 효과

[0019] 상술한 목적을 달성하기 위한 것으로서, 본 발명의 코팅된 양극은 충전 및 방전을 반복하여도 양극활물질의 손실이 극히 제한되어 전지 용량이 일정하게 유지되는 특성을 가진다. 따라서 본 발명의 코팅된 양극은 리튬이차전지의 수명을 증가시키는 효과를 제공한다.

[0020] 더 하여 본 발명의 코팅된 양극을 제조하는 방법은 증기상중합을 활용한 것으로서, 적용 비용으로도 용이하게 상기 코팅된 양극의 제조가 가능하다는 특징점을 지닌다. 더하여, 본 발명의 제조방법은 양극의 내부까지 균일하게 코팅하는 방법이므로, 양극활물질과 전해질의 직접적인 접촉을 효과적으로 방지한다.

### 도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극에 대한 SEM 촬영 결과를 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극에 대한 EDS 촬영 결과를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극활물질의 표면에 대한 TEM 촬영 결과를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극활물질에 대한 TEM-EDS 촬영 결과를 도시한 것이다.

도 5은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극에 대한 XPS 촬영 결과를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극에 대한 FT-IR 촬영 결과를 도시한 것이다.

도 7는 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 양극이 제조되는 장치를 간략하게 표현한 모식도이다.

도 8은 본 발명의 충·방전을 반복하였을 때 나타나는 용량 변화를 도시한 것이다.

도 9은 순환전압주사법에 따라 얻어지는 그래프의 변화를 도시한 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 출원에서 사용하는 용어는 단지 특정한 예시를 설명하기 위하여 사용되는 것이다. 때문에 가령 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수여야만 하는 것이 아닌 한, 복수의 표현을 포함한다. 덧붙여, 본 출원에서 사용되는 "

포함하다" 또는 "구비하다"등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 명확히 지칭하기 위하여 사용되는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것의 존재를 예비적으로 배제하고자 사용되는 것이 아님에 유의해야 한다.

[0024] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진 것으로 보아야 한다. 따라서, 본 명세서에서 명확하게 정의하지 않는 한, 특정 용어가 과도하게 이상적이거나 형식적인 의미로 해석되어서는 안 된다.

[0026] 표면이 전도성 고분자로 코팅된 리튬이차전지용 양극의 특성

[0027] 본 발명의 리튬이차전지용 양극은 양극활물질 및 전도성 고분자를 포함하며, 바람직하게는, 상기 전도성 고분자는 상기 리튬이차전지용 양극에 코팅된 것이다.

[0028] 전도성 고분자가 양극에 코팅되어 있다는 것은 단순히 양극의 표면에 코팅되어 있다는 것을 의미할 뿐만 아니라, 양극에 포함된 양극활물질, 도전재, 바인더 등의 외부로 노출된 표면에도 상기 전도성 고분자가 코팅되어 있음을 의미한다. 따라서, 상기 전도성 고분자는 코팅층을 이루되, 상기 코팅층을 구성하는 고분자의 단량체들은 양극의 경계면에 조밀하게 침투하여 있다고 보아야 한다. 경계면의 구체적인 요철(凹凸)은 양극에 포함된 양극활물질, 도전재 및 바인더 등의 분포 양상에 직접적으로 영향을 받는다.

[0030] 상술한 양극에 포함된 양극활물질은  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-}$ ,  $\text{LiAO}_2$ ,  $\text{Li}[\text{Ni}_y\text{Co}_{1-2y}\text{Mn}_y]\text{O}_2$ , LMNO, LMO, LFP,  $\text{LiBPO}_4$ , LVO로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나이다. 단, 상기 화학식에서  $0 \leq x \leq 1$ 이고,  $0 < y < 0.5$ 이고 A는 Mn, Fe, 또는 Co 중 어느 하나이며, B는 Mn, Co 또는 Ni 중 어느 하나이면 족하다. 더욱 구체적으로는 층상구조를 가지는  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-}$ ,  $\text{LiAO}_2$ ,  $\text{Li}[\text{Ni}_y\text{Co}_{1-2y}\text{Mn}_y]\text{O}_2$ , LMNO 와 스피넬 구조를 가지는 LMO, 및 다양한 결정상 구조를 가지는 LVO 중 어느 하나가 양극활물질로서 포함되는 것이 바람직하다. 특히 LVO 중  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 이 양극활물질로 포함되는 것이 가장 바람직하다.

[0032] 층상구조를 가지는  $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-}$ ,  $\text{LiAO}_2$ ,  $\text{Li}[\text{Ni}_y\text{Co}_{1-2y}\text{Mn}_y]\text{O}_2$ , LMNO가 양극활물질은 대략 4.3V 이상으로 충전할 경우, 전이금속의 용출 및 리튬이온과 전이금속 이온의 자리바꿈 등에 의하여 가역반응이 가능한 전지 용량이 현저하게 감소하는 단점을 가진다. 스피넬 구조를 가지는  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  등도 충전 및 방전 동안 망간의 용출로 인하여 가역반응이 가능한 전지 용량이 현저히 감소하는 단점이 있다. LVO도 마찬가지로, 일부 LVO의 경우, 특히  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 의 경우에도 리튬의 삽입과 탈리로 인한 결정구조의 변화 및 부피 변화에 따른 활물질의 손실이 상당하여 충전 및 방전을 반복할수록 가역반응이 가능한 전지 용량이 현저히 감소하는 단점이 있다.

[0033] 전지 용량 감소에 영향을 미치는 요인을 정리하자면, 충전 및 방전과정에서 리튬이온이 삽입 및 탈리됨으로써 양극활물질의 결정구조에 교란이 생기며 부피 변화가 야기되고 그 결과 양극활물질이 전해질로 유출되는 것이 전지 용량 감소에 영향을 미치는 가장 중요한 요인이다. 그 외에 전해질과 양극활물질의 직접적인 접촉으로 인하여 전해질과 양극활물질 사이의 부반응이 가능하다는 점 또한 고려할 수 있다. 특히 충전과정에서 양극활물질에 풍부하게 존재하는 음전하가 전해질을 환원시킬 수 있다는 점이 문제될 수 있다.

[0035] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 리튬이차전지용 양극의 표면을 전도성 고분자로 코팅하는 방안을 개시한다. 전도성 고분자는 전기 전도성을 가지는 고분자를 지칭하며, 달리 고분자 전체에 걸쳐 공액계(Conjugated system)가 형성된 것을 의미한다. 또한 상기 공액계는  $\pi$  전자쌍 내지 비공유전자쌍을 모두 포함할 수 있다. 또한 상기 공액계를 구성하는 단량체로서 사슬형 분자 및 고리형 분자를 모두 포함할 수 있으며, 상기 고리형 분자는 방향족성을 가질 수 있다. 또한, 상기 사슬형 분자 및 고리형 분자는 헤테로 원자(Heteroatom)를 포함할 수 있다.

- [0037] 구체적으로, 본 발명의 전도성 고분자는 폴리플루오렌(Polyfluorene) 및 그 유도체, 폴리페닐렌(Polyphenylene) 및 그 유도체, 폴리피렌(polypyrene) 및 그 유도체, 폴리아줄렌(polyazulene) 및 그 유도체, 폴리나프탈렌(polynaphthalene) 및 그 유도체, 폴리아세틸렌(polyacetylene, PAC) 및 그 유도체, 폴리피롤(polypyrrole, PPY) 및 그 유도체, 폴리카바졸(polycarbazole) 및 그 유도체, 폴리인돌(polyindole) 및 그 유도체, 폴리아제핀(polyazepine) 및 그 유도체, 폴리아닐린(polyaniline, PANI) 및 그 유도체, 폴리티오펜(polythiophene) 및 그 유도체, 폴리(3-헥실티오펜-2,5-다이일)(Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl), P3HT) 및 그 유도체, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT) 및 그 유도체, 폴리스타이렌설포네이트(Poly(styrene sulfonate), PSS) 및 그 유도체, 폴리(p-페닐렌 바이닐렌)(poly(p-phenylene vinylene), PPV) 및 그 유도체 중 어느 하나 이상을 포함한다.
- [0039] 더욱 구체적으로는 본 발명의 전도성 고분자는 폴리티오펜(polythiophene) 및 그 유도체, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT) 및 그 유도체, 폴리피롤(polypyrrole, PPY) 및 그 유도체, 폴리인돌(polyindole) 및 그 유도체, 폴리아제핀(polyazepine) 및 그 유도체, 폴리카바졸(polycarbazole) 및 그 유도체를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0040] 특히, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT) 및 그 유도체와 폴리피롤(polypyrrole, PPY) 및 그 유도체, 폴리인돌(polyindole) 및 그 유도체는 공기 중에서도 안정적이고, 높은 전기 전도성을 가지므로 양극의 표면을 코팅하는 전도성 고분자로서 더욱 바람직하다.
- [0042] 리튬이차전지용 양극의 표면을 전도성 고분자로 코팅함으로써 양극활물질의 결정 구조 변화 및 부피 변화에 따른 양극활물질의 손실을 방지할 수 있다. 특히, 전도성 고분자는 공액계를 포함하므로 전하의 이동이 자유로워 양극에서 발생하는 전하의 이동을 방해하지도 않는다. 또한 전도성 고분자의 층이 양극의 표면에 추가로 존재함으로써 양극활물질의 전해질로의 용출을 방해하게 된다. 이온 반지름 대략 90pm에 불과한 리튬 이온( $\text{Li}^+$ )의 경우 전도성 고분자 층을 투과하여 양극활물질로 삽입 또는 양극활물질로의 탈리가 가능하지만, 비교적 부피가 큰 양극활물질의 단위체 등은 전도성 고분자 층을 투과하지 못하는 것이다. 본 발명에서 포함하고 있는 전이금속들은 모두 4주기에 해당하여, 그 반지름의 편차가 크지 않으므로 상기 전도성 고분자 층에 의하여 상기 양극활물질의 용출이 제한된다는 점 또한 일관되는 사실이다.
- [0044] 또한, 리튬이차전지용 양극의 표면을 전도성 고분자로 코팅함으로써 양극활물질과 전해질의 직접적인 접촉을 방지할 수 있다. 따라서, 가령 방전 시 음전하를 띠게 되는 양극활물질과 전해질 사이의 불필요한 부반응이 제한되며, 부반응의 결과 양극활물질의 구조가 변형되거나 전지 용량이 감소하는 등의 문제점을 미연에 방지할 수 있다. 이러한 점 또한 상술한 바와 같이 양극활물질의 종류에 의해 제한되는 것이 아니다.
- [0046] 특히, 전도성 고분자 층의 두께는 전극의 두께가 약 20 $\mu\text{m}$  일 때를 기준으로 10nm 내지 50nm 사이인 것이 바람직하다. 전도성 고분자 층의 두께가 10nm 이하인 경우에는, 방전 시 나타나는 활물질의 팽창압(膨脹壓)에 의하여 전도성 고분자 층이 파열되어 활물질의 용출이 나타날 수 있다. 따라서 10nm 이하에서는 층·방전을 반복하면 방전용량의 변화가 전도성 고분자를 전극에 코팅하지 않을 때와 유사하게 나타난다. 반대로, 전도성 고분자 층의 두께가 50nm 이상인 경우에는  $\text{Li}^+$ 의 출입이 제한되어 리튬이차전지용 전극으로서 부적합하다.
- [0048] 상기 서술한 바를 종합하자면, 전도성 고분자를 전극에 코팅함으로써 용매와 전극의 접촉을 차단하고, 활물질이 용매로 용출되는 것을 방지하는 동시에 일정한 전기전도도를 유지할 수 있다는 점은 단지 특정 전도성 고분자로 특정 활물질이 포함된 전극을 코팅하였을 때에 한하여 제한적으로 얻어질 수 있는 효과라기 보다는 전도성 고분자를 활물질이 포함되는 전극에 코팅하였을 때 얻어질 수 있는 보편적인 효과라고 할 수 있다. 때문에 상술한 바와 같이 결정구조 및 부피 변화에 의하여 활물질의 손실이 가능한 다양한 활물질을 뿐만 아니라, 심지어 부피 변화의 폭이 작은  $\text{LiFePO}_4$ -와 같은 활물질에 대해서도 전도성 고분자를 코팅함으로써 본 발명이 의도하는 바와 동일하게 활물질의 손실을 최소화할 수 있을 것임이 자명하다.

- [0050] 증기상인 단량체로부터 고분자를 합성하는 방식을 증기상중합법(Vapor Phase Polymerization, VPP)라고 한다. 증기상중합법은 화학증기중합법(CVP, Chemical Vapor Polymerization)이나 화학증기증착법(CVD, Chemical Vapor Deposition), 증기증착중합법(VDP, Vapor Deposition Polymerization)과 같은 방법들을 포함하는 넓은 개념이다.
- [0051] 전도성 고분자의 단량체는 고체이거나 혹은 액체로도 준비될 수 있으나 증기상으로 준비하는 것이 가장 바람직하다. 단량체가 증기상인 경우에는, 전극의 활물질 내부까지 고분자로 코팅이 가능할 뿐만 아니라 코팅층 자체도 균일하고 얇게 형성될 수 있기 때문이다. 더하여, 증기상으로 중합을 유도할 시에는 고분자 단량체를 과량으로 첨가하지 않아도 된다는 장점이 있다. 고분자 단량체의 농도가 지나치게 높으면 전해질 등과의 부반응이 진행될 염려가 있으나, 증기상인 경우에는 부반응의 염려가 없다.
- [0053] 표면이 전도성 고분자로 코팅된 리튬이차전지용 양극의 제조방법
- [0055] 또한, 본 발명은 상기한 목적을 달성하기 위하여 리튬이차전지용 양극의 제조방법을 개시한다. 구체적으로는, 양극활물질의 전구체, 도전제, 바인더, 및 용매를 혼합하여 슬러리를 준비하는 단계, 상기 슬러리를 가열하여 양극을 만드는 단계, 상기 양극에 산화제를 코팅하는 단계, 전도성 고분자의 단량체를 준비하는 단계, 상기 전도성 고분자를 상기 양극에 코팅하는 단계;를 포함하는 리튬이차전지용 양극의 제조방법이다.
- [0057] 본 발명의 리튬이차전지용 양극의 제조방법에서 상기 고분자의 단량체는 고체이거나 혹은 액체이거나 증기상으로 준비될 수 있다. 다만, 상기 전도성 고분자의 단량체는 증기상인 것이 바람직하다. 단량체가 증기상인 경우에는, 전극의 활물질 내부까지 고분자로 코팅이 가능할 뿐만 아니라 코팅층 자체도 균일하고 얇게 형성될 수 있기 때문이다. 상기 단량체를 증기상으로 전이시키는 단계에서 단량체에 에너지를 공급하는 방식은 단순 가열에 의한 방식, 마이크로파를 이용한 방식, 플라즈마를 이용한 방식 등을 모두 포함한다.
- [0059] 또한, 상기 양극활물질의 전구체는 리튬염, 망간염, 니켈염, 코발트염, 철염, 또는 바나듐염 중 어느 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다. 상기 고분자는 전도성을 가지는 고분자이면 충분하나, 바인더의 통상적인 유리전이온도인 100 이하에서 기화되는 전도성 고분자인 것이 바람직하다. 폴리피롤 또는 PEDOT, Polythiophene 등을 포함하는 방안이 선호된다.
- [0061] 가령, 전도성 고분자로 PEDOT을 사용하는 경우에 상기 산화제는 PEDOT의 단량체인 EDOT을 산화시켜 중합반응을 개시한다. 산화-환원반응에 의하여 친전자체가 된  $EDOT^+$ 는 중성의 EDOT와 첨가반응을 진행하여 중합반응이 전파된다. 따라서, 상기 산화제는 고분자 단량체를 산화시킬 수 있을 정도이면 충분하며, 그 외의 이유로 제한되는 것은 아니다. 예를 들자면, 퍼옥소이황산암모늄(Ammomium Peroxydisulfate), 퍼옥소이황산나트륨(Sodium Peroxydisulfate), 퍼옥소이황산칼륨(Potassium Peroxydisulfate) 등의 퍼옥소이황산염; 염화제1철( $FeCl_2$ , Ferrous Chloride), 황산제1철(Ferrous sulfate), 질산제1철(Ferrous Nitrate), 염화제2철(Ferric Chloride), 황산제2철(Ferric Sulfate), 질산제2철(Ferric Nitrate), 토실산철(III)(Iron(III)-p-toluenesulfonate), 캄포술포산철(III)(Iron(III) camphorsulfonate), 세륨(IV) 염, 과망간산칼륨(Potassium manganite(IV)), 황산철오수화물( $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$ )(Iron(II) Sulfate pentahydrate), 싸이오황산칼륨( $K_2S_2O_3$ , Sodium thiosulfate), 과황산암모늄(Ammonium Persulfate), 중크롬산칼륨(Potassium dichromate(VI)) 및 구리(II) 염으로 된 군 중에서 선택된 하나 이상을 본 발명의 산화제로 사용할 수 있다.
- [0063] PEDOT을 전도성 고분자로 사용할 때에는 토실산철(III)을 사용하는 것이 가장 바람직하다. 특히, 토실산철(III)을 양극의 표면에 코팅할 때에는 그 농도가 0.01 내지 0.1M 사이인 것이 바람직하다. 산화제의 농도가 0.01M 이하인 경우에는 양극의 표면에서 전도성 고분자의 중합반응이 충분히 개시되지 못하며, 0.1M 이상인 경우에는 양극

활물질 자체를 유의미하게 산화시킨다. 통상적으로 전도성 고분자의 중합반응을 유도할 시에 과량의 산화제를 첨가하는 것과 상이하다.

[0065] 산화제를 전극의 표면에 코팅하는 방식으로는 스핀 코팅 및 스프레이 코팅 등이 선택될 수 있다. 스핀 코팅은 액체(혹은 유체)를 기판 위에 올려 놓고 고속으로 기판을 고속으로 회전시켜 원심력에 의해 상기 액체가 도포되는 방식이다. 스핀 코팅은 비교적 점성이 있는 액체의 경우에 많이 사용되는 방식이다. 반대로 스프레이 코팅은 비교적 점성이 적은 액체를 도포하기 위해 사용하는 방식이다. 스프레이 코팅 시에는 노즐을 통해 산화제가 포함된 용액을 고압으로 분사한다. 스프레이 코팅 시에는 상대적으로 스핀 코팅 시에 비하여 넓은 면적을 동시에 코팅할 수 있다.

[0067] 이하, 첨부한 도면 및 실시예들을 참조하여 본 명세서가 청구하는 바에 대하여 더욱 자세히 설명한다. 다만, 본 명세서에서 제시하고 있는 도면 내지 실시예 등은 통상의 기술자에게 의하여 다양한 방식으로 변형되어 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 본 명세서의 기재사항은 본 발명을 특정 개시 형태에 한정되는 것이 아니고 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 균등물 내지 대체물을 포함하고 있는 것으로 보아야 한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명을 통상의 기술자로 하여금 더욱 정확하게 이해할 수 있도록 돕기 위하여 제시되는 것으로서 실제보다 과장되거나 축소되어 도시될 수 있다.

[0069] 도 1은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극에 대한 SEM 촬영 결과를 도시한 것이다. 도 1(a)는 전극의 표면을 SEM을 사용하여 촬영한 것이다. 도 1(a)를 참조하면 양극의 표면에 빈틈없이 PEDOT이 코팅되어 있음을 확인할 수 있다. 도 1(b)는 전극의 단면을 SEM을 사용하여 촬영한 것이다. 도 1(b)를 참조하면, 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 양극의 경우, 전도성 고분자가 양극에 균일하게 코팅되어 있다는 점을 확인할 수 있다. 더하여, 전도성 고분자 층의 두께가 일정한 것 또한 확인할 수 있다.

[0071] 도 2는 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극에 대한 EDS 촬영 결과를 도시한 것이다. EDS는 Energy Dispersive Spectrometer를 의미하며, 시료에 포함된 원자의 분포를 직접 관찰할 수 있는 장비이다. 도 2(a) 내지 도 2(c)는 전극의 상면을 EDS로 촬영한 결과이고, 도 2(d) 내지 도 2(f)는 전극의 측면을 EDS로 촬영한 결과이다. 또한 도 2(a) 및 도 2(d)는 전극에 포함된 V 원자의 분포를 나타낸 것이며, 도 2(b) 및 도 2(e)는 전극에 포함된 S 원자의 분포를 나타낸 것이고, 도 2(c) 및 도 2(f)는 전극에 포함된 O 원자의 분포를 나타낸 것이다. V의 분포는 양극활물질의 분포를 나타내며, S 및 O의 분포는 전도성 고분자, 특히 이 경우 PEDOT의 분포를 나타낸다.

[0073] 도 2(a) 내지 도 2(c)를 참조하면, 도 1에서와 마찬가지로 전극의 표면에 전도성 고분자가 고르게 분포하여 있음을 확인할 수 있다. 다만 특이한 점은, 도 2(d) 내지 도 2(f)에 나타난다. 전극의 측면을 EDS로 촬영한 결과, 전극의 표면에서 V이 분포된 양상과 S 및 O가 분포양상이 극히 동일하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 환언하자면, 양극의 요철(凹凸)은 양극활물질에 포함된 V 원자의 분포양상을 통하여 도출될 수 있으며, 상기 분포양상은 S와 O의 분포양상과 동일한 것이다. 가령, 도 2(d)의 좌측면 상단에서 V 원자의 분포가 튀어나온 것으로 관찰되는데, 이 양상은 도 2(f)에서도 동일하게 관찰된다.

[0074] 상술한 바와 같이 V와 S, O의 분포 양상이 유사한 것은, 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 양극에 있어서 상기 전도성 고분자가 단순히 양극의 표면을 코팅하고 있을 뿐만 아니라 나아가서 양극활물질이 노출된 영역까지도 코팅하고 있음을 의미한다. 따라서 단순히 양극의 표면을 코팅하고 있는 경우 보다 더욱 효과적으로 양극활물질과 전해질 사이의 접촉을 방지할 수 있다.

[0076] 도 3은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극활물질의 표면에 대한 TEM 촬영 결과를 도시한 것이다. 도 3은 전도성 고분자가 단순히 양극의 표면을 코팅하고 있을 뿐만 아니라, 외부에 노출되어 있던 양극활물질의 표면까지 코팅하고 있음에 대한 직접적인 정보를 제공한다. 도 3에 연한 회색점으로 표시된 부분은 유

기물 층(코팅층)을 의미하며, 검은색으로 표시도니 부분은 무기물 층(양극활물질층)을 의미한다. 본 발명의 실시예에 따라 제시되는 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극의 표면에는 상기 전도성 고분자가 균일한 두께를 유지하며 코팅되어 있다는 점을 확인할 수 있다.

[0078] 도 4는 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극활물질에 대한 TEM-EDS 촬영 결과를 도시한 것이다. TEM-EDS를 통하여 극 미세한 영역의 원자분포에 대한 정보를 얻을 수 있다. 따라서 도 4는 도 3과 마찬가지로 본 발명의 전도성 고분자가 단순히 양극의 표면뿐만 아니라 양극활물질이 노출된 부분까지도 균일하게 코팅하고 있다는 점에 대한 정보를 제공한다.

[0079] 도 4(a) 및 도 4(e)는 EDS의 배경이 되는 TEM 촬영결과이다. 도 4(b) 및 도 4(f)는 본 발명의 양극활물질의 표면에 위치한 S 원자의 분포를 나타낸다. S 원자의 분포는 코팅 층의 분포를 의미한다. 도 4(c) 및 도 4(g)는 본 발명의 양극활물질의 표면에 위치한 V 원자의 분포를 나타낸다. V의 분포는 양극활물질의 분포를 의미한다. 도 4(d)와 도 4(h)는 본 발명의 양극활물질의 표면에 위치한 S, V 원자의 분포를 합쳐서 표시한 결과이다.

[0080] 도 4(b) 내지 도 4(d) 및 도 4(f) 내지 도 4(h)에 도시된 바를 참조하면, 외부로 노출된 양극활물질의 표면까지 전도성 고분자가 균일하게 코팅하고 있다는 점을 확인할 수 있으며, 그 코팅 층의 요철은 양극활물질의 요철과 동일하다는 점을 확인할 수 있다. 또한, 양극활물질의 요철의 양상과 무관하게 균일한 두께로 전도성 고분자가 코팅되어 있다는 점을 확인할 수 있다.

[0081] 이는 본 발명이 제시하고 있는 제조방법의 일 효과로서, 증기상증합법을 활용함으로써 양극활물질의 요철 양상과 무관하게 양극의 표면 및 더 나아가서 양극활물질의 표면까지 균일하게 코팅할 수 있다는 것을 의미한다. 그 결과, 상술한 바와 같이 양극활물질과 전해질의 직접적인 접촉까지도 효과적으로 제한할 수 있다.

[0084] 도 5은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극에 대한 XPS 촬영 결과를 도시한 것이다. XPS는 X-ray Photoelectron Spectroscopy를 의미한다. XPS는 특정 원자가 가진 전자가 X-ray를 조사되었을 때 들뜨게 되는 현상을 이용하여 특정 원자의 존재 유무를 확인하는 장비이다. 도 5(a)를 참조하면, 본 발명의 양극에 S 원자, V 원자, O 원자가 모두 포함되어 있음을 확인할 수 있다. 도 5(b)는 가로축의 값이 155 ~ 175 eV 일 때의 흡수 peak를 확대하여 도시한 것이다. 165eV 근방에서 발견되는 흡수 peak는 PEDOT에 포함된 S 원자의 2p 오비탈에 의한 특유의 흡수 peak로서, 본 명세서가 개시하고 있는 리튬이차전지용 양극의 표면에 PEDOT이 포함되어 있다는 사실에 대한 증거가 된다.

[0086] 도 6은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 리튬이차전지용 양극에 대한 FT-IR 촬영 결과를 도시한 것이다. 도 6(a)는 파수가  $500\text{cm}^{-1}$  내지  $4000\text{cm}^{-1}$  일 때의 FT-IR 결과이다. 도 6(b)는 도 6(a)에서 박스 친 영역을 확대한 것으로서 파수는 대략  $700\text{cm}^{-1}$  내지  $1700\text{cm}^{-1}$  일 때의 FR-IR 결과이다. 도 6(a)와 도 6(b)에서 모두 검은 선은 전도성 고분자가 코팅되지 않은 전극을 촬영한 것이고, 빨간 선은 전도성 고분자가 코팅된 전극을 촬영한 것이다.

[0088] 도 6(b)를 참조하면 구체적으로 파수가  $1100\text{cm}^{-1}$ ,  $1131\text{cm}^{-1}$ ,  $1245\text{cm}^{-1}$ ,  $1512\text{cm}^{-1}$  일 때 특히 유의미한 변화가 관찰되는 것을 알 수 있다. 특히 파수가  $1100\text{cm}^{-1}$  은 피크는  $\sigma_{C-S}$  결합의 특징적인 신축에 의해 관찰되는 흡수 피크이며,  $1245\text{cm}^{-1}$  는  $\sigma_{C-O}$  결합의 특징적인 신축에 의해 관찰되는 흡수 피크이다. 또한  $1512\text{cm}^{-1}$  는 C=C 이중결합이 신축할 때 나타나는 특징적인 흡수 피크이다. 세 흡수 피크 모두 본 발명의 전극에 전도성 고분자가 포함되어 있음을 시사한다.

[0090] 도 7은 본 발명의 전도성 고분자가 코팅된 양극이 제조되는 장치를 간략하게 표현한 모식도이다. 증기상의 전도성 고분자는 주입구(Inlet)를 통하여 외부로부터 주입될 수도 있으며, 도 7와 같이 단량체를 가열하는 방식으로 얻어질 수도 있다. 단량체를 가열하는 방식으로는 도 7와 같이 Hot Plate를 사용할 수 있으며, 이에 제한되지

않는다. 단량체에 열을 공급하기 위한 수단으로 플라즈마, 플레임, 마이크로파 등이 활용될 수 있다. 증기상의 단량체는 상부에 위치한 전극의 표면에서 중합반응을 개시하게 된다. 전극은 도 7의 샘플과 같이 최상부에 위치할 수도 있으며, 반대로 하부에 위치할 수도 있다. 다만, 열원으로부터 지나치게 가까이 위치할 경우에는 전극에 함유된 바인더가 유리 전이될 수 있다는 단점이 있다.

[0092] {실시예}

[0093] 실시예 1. PEDOT이 코팅된  $\text{LiV}_3\text{O}_8$  전극을 포함하는 전지

[0094]  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ , CMC(Carboxymethyl cellulose), Ketjenblack를 8:0.5:1.5 비율로 첨가한 용액을 상온에서 교반하여 슬러리로 만든 뒤 알루미늄 포일에 캐스팅하였다. 캐스팅된 슬러리를 80 °C에서 건조하여 전극을 만들었다. 상기 전극의 표면에 토실산철(III)을 스핀 코팅 방식으로 코팅하였다. 산화제가 충분히 코팅된 상기 전극에 증기상중합법을 통하여 PEDOT(80°C, 상압, 0.5cc/min 아르곤 가스)을 코팅하였다. PEDOT의 코팅이 완료된 전극을 에탄올로 3회 세척하여 남은 토실산철(III)을 제거하였다.

[0096] 비교예 1. PEDOT이 코팅되지 않은  $\text{LiV}_3\text{O}_8$  전극을 포함하는 전지

[0097] 실시예 1과 동일하되, 산화제 및 PEDOT을 코팅하는 단계를 생략하였다.

[0099] {평가}

[0100] 1. 전지 수명 평가

[0101] 도 8는 본 발명의 충·방전을 반복하였을 때 나타나는 용량 변화를 도시한 것이다. 검은원으로 표시된 그래프는 PEDOT이 양극에 코팅되지 않은 경우(비교예 1)을 나타내며, 빨간원으로 표시된 그래프는 PEDOT이 양극에 코팅된 경우(실시예 1)를 나타낸다. 전류 속도는 0.2 C로 일정하게 유지하였다. 두 경우에 모두 최초 방전 용량은 260mAh/g 근방에 위치한 것으로 나타났다. 그러나 충·방전을 100회 반복한 후 측정 결과 PEDOT이 코팅된 양극이 포함된 전극은 방전 용량의 큰 변화가 나타나지 않은 반면, PEDOT이 코팅되지 않은 양극은 210mAh/g 근방까지 방전 용량이 감소한 것을 확인할 수 있다. 이는 실시예 1과 같이 본 발명이 개시하는 전도성 고분자가 코팅된 양극이 현저히 향상된 수명유지 특성을 갖췄음을 나타낸다.

[0103] 2. 사이클 특성 평가

[0104] 도 9은 순환전압주사법에 따라 얻어지는 그래프의 변화를 도시한 것이다. 도 9(a)는 PEDOT이 코팅된 양극을 포함하는 전지의 순환전압주사법 결과이며, 도 9(b)는 PEDOT이 코팅되지 않은 양극을 포함하는 전지의 순환전압주사법 결과이다. 도 9(a) 및 도 9(b)에서 특징적인 피크들이 동일하게 나타나고 있는 점은 PEDOT을 코팅하여도 양극활물질인  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 의 전기화학적 특성이 보존되며,  $\text{Li}^+$ 의 이동에 제한이 발생하지 않음을 의미한다.

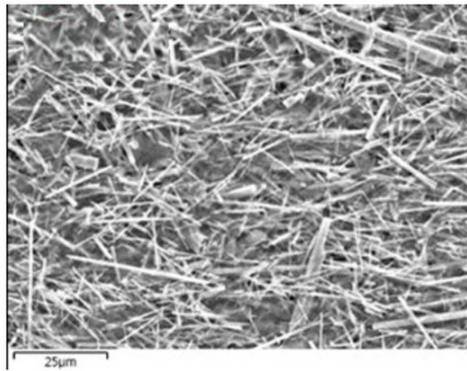
[0105] 또한, CV test를 반복하였을 때, 도 9(a)에서 더욱 일정한 C-V 변화가 관찰되는 점은 PEDOT을 양극에 코팅함으로써 전지의 사이클 특성이 더욱 우수해졌음을 의미한다. 이는 PEDOT 코팅이 단순히 전지특성 발현에 장애가 되지 않는 정도가 아니라 양극활물질의 용출 및 전해질과의 접촉을 방지하고, 전지 성능을 일정하게 유지하는 효과까지 가지는 것을 의미한다.

[0107] 3. 종합평가

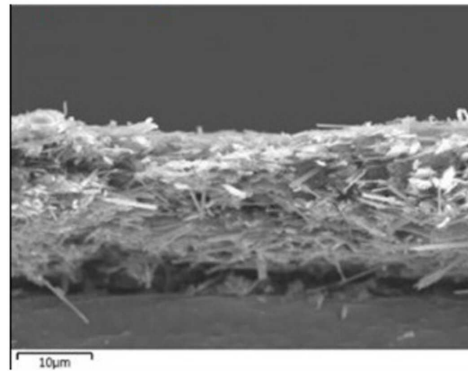
[0108] 도 8 및 도 9에 나타난 바를 참고하면, PEDOT을 양극에 코팅함으로써 전지의 수명과 전지의 사이클 특성이 모두 향상된 것을 확인할 수 있다. 이는 나아가서, 전도성 고분자의 코팅이 전지의 성능 유지 기간을 연장하는 동시에, 성능 발현의 편차 또한 줄인다는 것을 의미한다.

도면

도면1

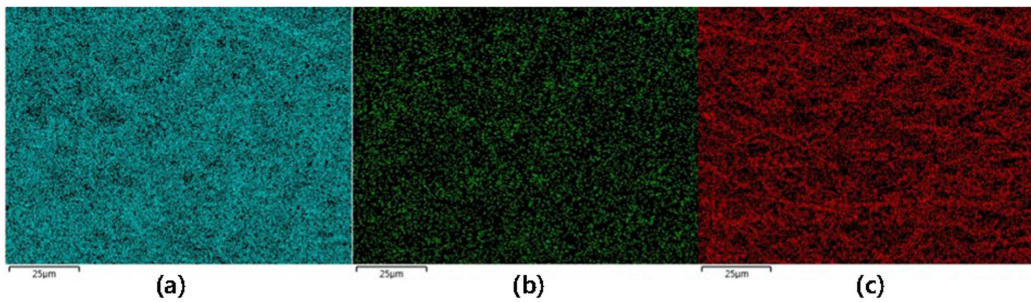


(a)



(b)

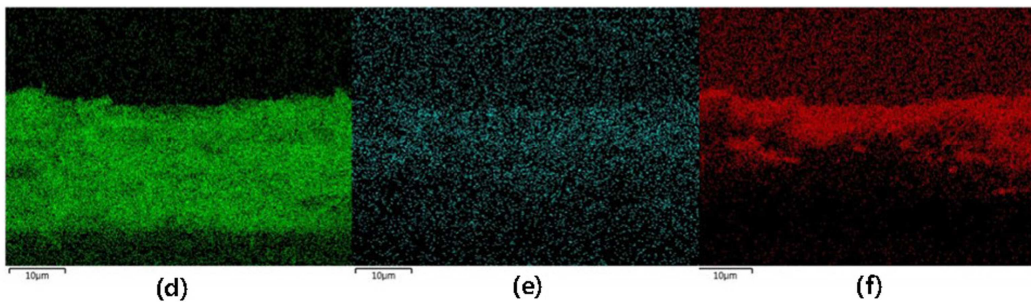
도면2



(a)

(b)

(c)

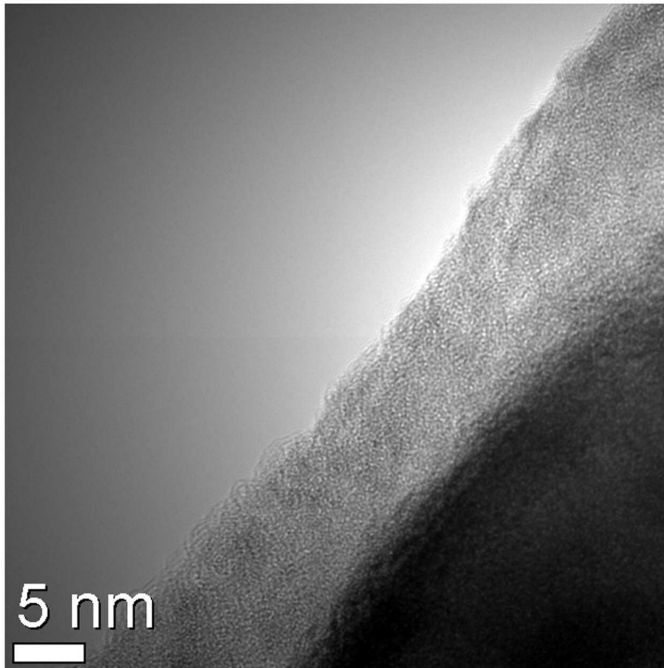


(d)

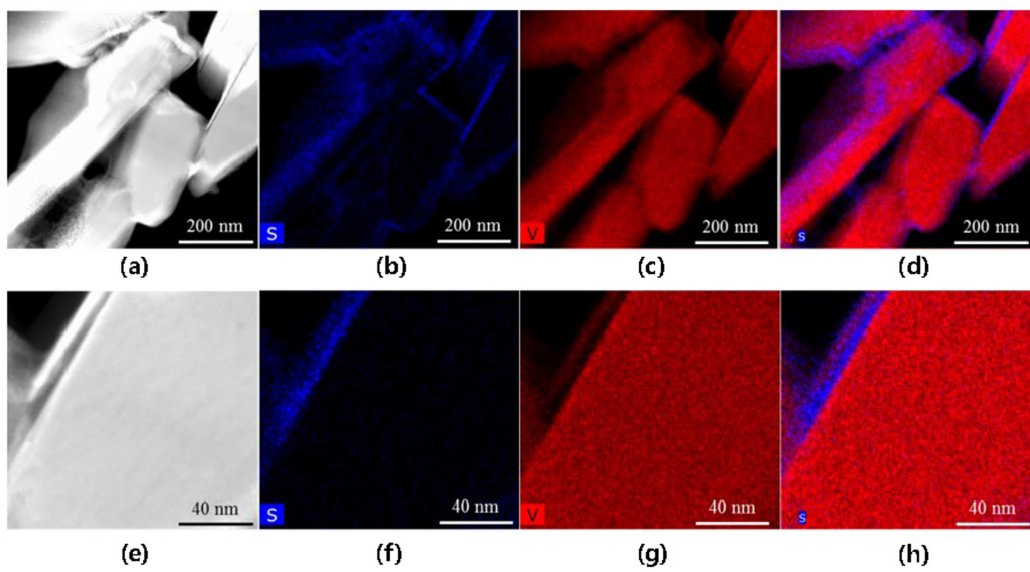
(e)

(f)

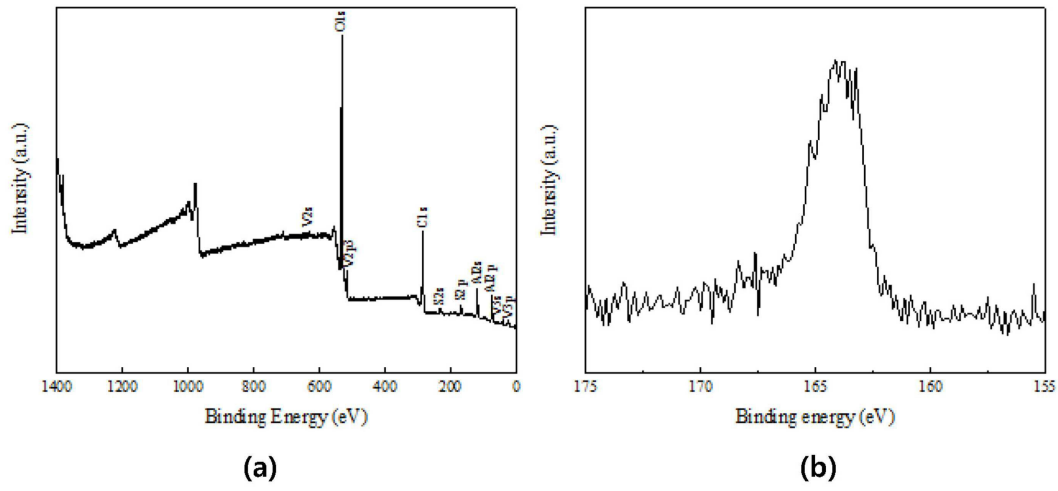
도면3



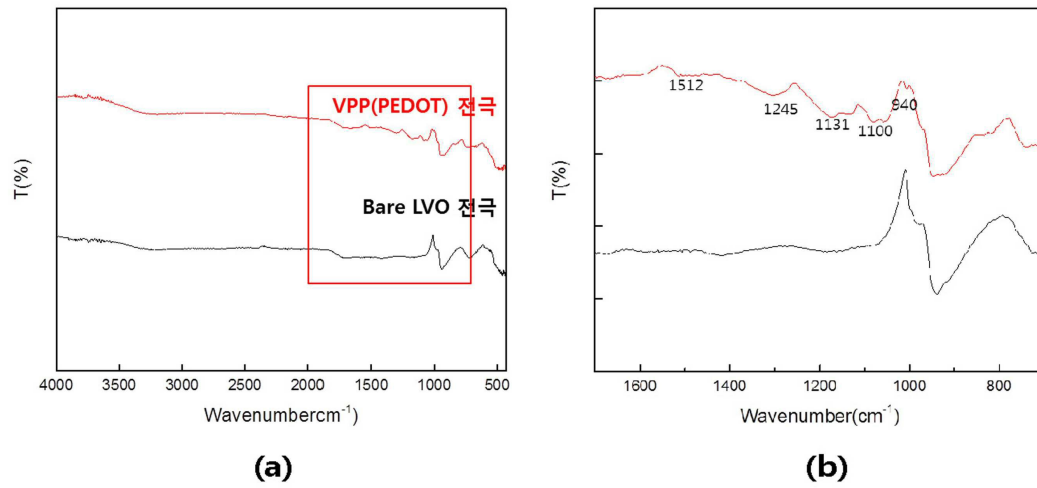
도면4



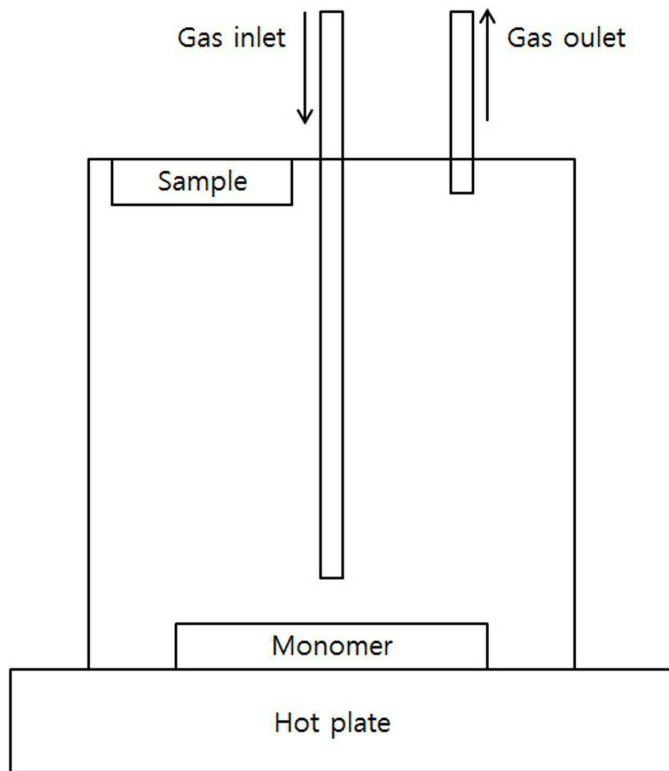
도면5



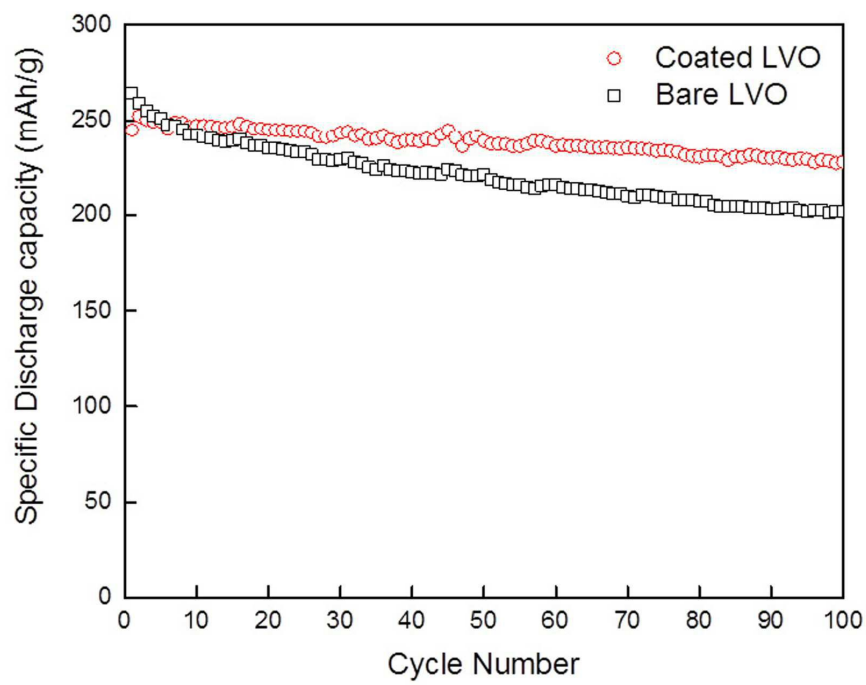
도면6



도면7



도면8



도면9

