



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0083035
(43) 공개일자 2022년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 10/0567 (2010.01) H01M 10/054 (2010.01)
H01M 10/0568 (2010.01) H01M 10/0569 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01M 10/0567 (2013.01)
H01M 10/054 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0172852
(22) 출원일자 2020년12월11일
심사청구일자 2020년12월11일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
윤영수
경기도 수원시 영통구 광고호수공원로 80, 106동 1903호(원천동, 광고아이파크)
진형준
서울특별시 양천구 목동동로 100, 1305동 206호(신정동, 목동신시가지아파트13단지)
(74) 대리인
박상열, 최내윤

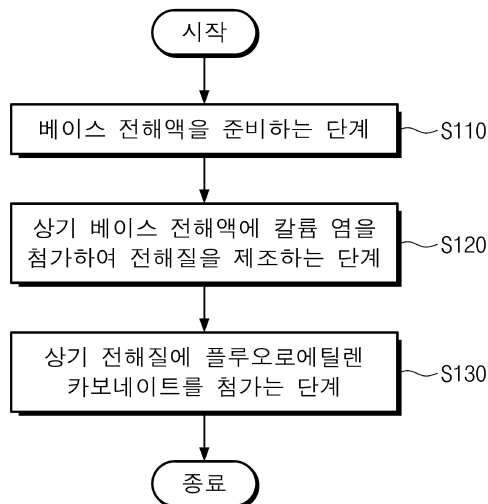
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 칼륨 이온 전지용 전해질 및 이를 이용한 칼륨 이온 전지

(57) 요약

칼륨 이온 전지용 전해질이 제공된다. 상기 칼륨 이온 전지용 전해질은, 베이스 전해액, 상기 베이스 전해액에 첨가된 칼륨 염, 기 베이스 전해액에 첨가된 플루오로에틸렌 카보네이트를 포함하고, 상기 플루오로에틸렌 카보네이트는, 상기 전해질 대비 0.2wt% 이하로 첨가되는 것을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01M 10/0568 (2013.01)
H01M 10/0569 (2013.01)
H01M 2300/0037 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711112397
과제번호	2019R1A2C1084836
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	파이 전자가 풍부한 고기능성 파이로폴리머의 형성 메커니즘과 레독스 특성 규명
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711109886
과제번호	2018R1A4A1025169
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	표준탄소모델 설계 연구실
기 여 율	1/2
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

칼륨 이온 전지용 전해질에 있어서,

상기 전해질은,

베이스 전해액;

상기 베이스 전해액에 첨가된 칼륨 염;

상기 베이스 전해액에 첨가된 플루오로에틸렌 카보네이트를 포함하되,

상기 플루오로에틸렌 카보네이트는, 상기 전해질 대비 0.2wt%이하 첨가되는 것을 포함하는 칼륨 이온 전지용 전해질.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 베이스 전해액은 에틸렌 카보네이트 및 디메틸카보네이트를 동일한 부피비로 혼합한 것을 포함하는 칼륨 이온 전지용 전해질.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 칼륨 염은, KPF₆를 포함하는 칼륨 이온 전지용 전해질.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 플루오로에틸렌 카보네이트는, 상기 전해질 대비 0.2wt% 첨가되는 것을 포함하는 칼륨 이온 전지용 전해질.

청구항 5

양극 전극;

상기 양극 전극 상의 음극 전극; 및

상기 양극 전극 및 상기 음극 전극 사이에 배치되는, 제1 항에 따른 칼륨 이온 전지용 전해질을 포함하는 칼륨 이온 전지.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 음극 전극은 탄소계 소재를 포함하는 칼륨 이온 전지.

청구항 7

5 항에 있어서,

상기 칼륨 이온 전지의 충방전 과정에서, 상기 음극 전극과 상기 전해질 사이에, 계면층이 형성되고,

상기 계면층은, 유기물 및 무기물이 혼합된 것을 포함하되,

상기 유기물은, 상기 칼륨 이온 전지의 충방전 과정에서 칼륨 이온의 이동 경로를 제공하고,

상기 무기물은, 상기 계면층과 상기 음극 전극의 밀착 레벨을 향상시키는 것을 포함하는 칼륨 이온 전지.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 계면층의 상기 무기물은, 칼륨 및 불소의 화합물을 포함하는 칼륨 이온 전지.

청구항 9

제7 항에 있어서,

상기 계면층에 대한 XPS 분석 결과, K-F 결합에 대응하는 피크 값이, C-O 결합에 대응하는 피크 값, C=O 결합에 대응하는 피크 값, CF₂ 결합에 대응하는 피크 값, K-O 결합에 대응하는 피크 값보다 높은 것을 포함하는 칼륨 이온 전지.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 계면층에 대한 XPS 분석 결과, K-F 결합에 대응하는 피크 값이, C-C 결합에 대응하는 피크 값, 및 K-C 결합에 대응하는 피크 값보다 낮은 것을 포함하는 칼륨 이온 전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 칼륨 이온 전지용 전해질 및 이를 이용한 칼륨 이온 전지에 관련된 것으로, 보다 상세하게는, 칼륨 이온 전지의 충방전시, 계면층을 안정적으로 형성할 수 있는 칼륨 이온 전지용 전해질 및 이를 이용한 칼륨 이온 전지에 관련된 것이다.

배경 기술

[0002] 글로벌 이차전지 시장은 스마트폰 등 소형 IT기기가 초기 성장을 주도하였으나, 최근에는 전기차시장의 성장에 따라 차량용 이차전지 시장이 빠르게 성장하고 있다.

[0003] 차량용 이차 전지는 제품 표준화를 통한 대량생산 및 기술개발로 낮은 가격과 성능 안정화를 달성하면서 전기차 시장의 성장을 주도하고 있으며, 배터리 성능 개선으로 전기차의 한계라 지적되던 짧은 주행거리가 해결되면서 시장이 급격히 확대되고 있다.

[0004] 예를 들어, 대한민국 특허등록공보 10-1788232에는, 전극 활물질과 바인더를 포함하는 전극 합제가 집전체에 코팅되어 있는 이차전지용 전극으로서, 유리전이온도(Tg)가 하기 제 2 바인더보다 낮은 제 1 바인더와 전극 활물

질을 포함하고 있고, 집전체 상에 코팅 되어 있는 제 1 전극 합제층, 및 유리전이온도(Tg)가 상기 제 1 바인더보다 높은 제 2 바인더와 전극 활물질을 포함하고 있고, 상기 제 1 전극 합제층 상에 코팅되어 있는 제 2 전극 합제층, 을 포함하고, 상기 제 1 바인더의 유리전이온도(Tg)는 15℃ 이하이고, 제 2 바인더의 유리전이온도(Tg)는 제 1 바인더의 유리 전이온도보다 높은 범위에서 10℃ 이상이며, 상기 제 2 바인더의 유리전이온도(Tg)는 제 1 바인더의 유리전이온도보다 높은 범위에서 10℃ 이상 내지 25℃ 미만이고, 상기 이차전지용 전극은 음극이고, 전극 활물질은 Si계 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 이차전지용 전극이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 특허등록공보 10-1788232

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명이 해결하고자 하는 일 기술적 과제는, 전기화학적 특성이 향상된 계면층을 갖는 칼륨 이온 전지용 전해질 및 이를 이용한 칼륨 이온 전지를 제공하는데 있다.
- [0007] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 물리적으로 안정한 계면층을 갖는 이온 전지용 전해질 및 이를 이용한 칼륨 이온 전지를 제공하는데 있다.
- [0008] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 충방전 과정에서 고효율성을 갖는 칼륨 이온 전지용 전해질 및 이를 이용한 칼륨 이온 전지를 제공하는데 있다.
- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 충방전 과정에서 고신뢰성을 갖는 칼륨 이온 전지용 전해질 및 이를 이용한 칼륨 이온 전지를 제공하는데 있다.
- [0010] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 상술된 것에 제한되지 않는다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 칼륨 이온 전지용 전해질을 제공한다.
- [0012] 일 실시 예에 따르면, 상기 전해질은, 베이스 전해액, 상기 베이스 전해액에 첨가된 칼륨 염, 상기 베이스 전해액에 첨가된 플루오로에틸렌 카보네이트를 포함하되, 상기 플루오로에틸렌 카보네이트는, 상기 전해질 대비 0.2wt% 이하 첨가되는 것을 포함할 수 있다.
- [0013] 일 실시 예에 따르면, 상기 베이스 전해액은, 에틸렌 카보네이트 및 디메틸카보네이트를 동일한 부피비로 혼합한 것을 포함할 수 있다.
- [0014] 일 실시 예에 따르면, 상기 칼륨 염은, KPF₆를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시 예에 따르면, 상기 플루오로에틸렌 카보네이트는, 상기 전해질 대비 0.2wt% 첨가되는 것을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 칼륨 이온 전지를 제공한다.
- [0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 칼륨 이온 전지는, 양극 전극, 상기 양극 전극 상의 음극 전극, 및 상기 양극 전극 및 상기 음극 전극 사이에 배치되는, 상술된 칼륨 이온 전지용 상기 전해질을 포함할 수 있다.
- [0018] 일 실시 예에 따르면, 상기 음극 전극은, 탄소계 소재를 포함할 수 있다.
- [0019] 일 실시 예에 따르면, 상기 칼륨 이온 전지의 충방전 과정에서, 상기 음극 전극과 상기 전해질 사이에, 계면층이 형성되고, 상기 계면층은, 유기물 및 무기물이 혼합된 것을 포함하되, 상기 유기물은, 상기 칼륨 이온 전지의 충방전 과정에서 칼륨 이온의 이동 경로를 제공하고, 상기 무기물은, 상기 계면층과 상기 음극 전극의 밀착 레벨을 향상시키는 것을 포함할 수 있다.

- [0020] 일 실시 예에 따르면, 상기 계면층의 상기 무기물은, 칼륨 및 불소의 화합물을 포함할 수 있다.
- [0021] 일 실시 예에 따르면, 상기 계면층에 대한 XPS 분석 결과, K-F 결합에 대응하는 피크 값이, C-O 결합에 대응하는 피크 값, C=O 결합에 대응하는 피크 값, CF₂ 결합에 대응하는 피크 값, K-O 결합에 대응하는 피크 값보다 높은 것을 포함할 수 있다.
- [0022] 일 실시 예에 따르면, 상기 계면층에 대한 XPS 분석 결과, K-F 결합에 대응하는 피크 값이, C-C 결합에 대응하는 피크 값, 및 K-C 결합에 대응하는 피크 값보다 낮은 것을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지용 전해질은, 베이스 전해액, 칼륨 염 및 플루오로에틸렌 카보네이트(fluoro ethylene carbonate)를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 전해질이 주입된 칼륨 이온 전지는, 충방전 과정에서, 상기 칼륨 이온 전지 내에 음극 활물질층 상에, 계면층을 형성할 수 있다. 상기 계면층은, 유기물 및 무기물을 포함할 수 있다. 상기 무기물의 비율은, 상기 전해질에 첨가되는 상기 플루오로에틸렌 카보네이트의 함량에 의해 제어될 수 있다. 상기 플루오로에틸렌 카보네이트가 상기 전해질 대비 0.2wt% 첨가된 경우, 상기 계면층은, 상기 무기물에 의해, 상기 음극 활물질층 상에, 최적 수준의 조밀한 구조로 형성될 수 있다. 따라서, 상기 계면층은, 칼륨 이온을 상기 음극 활물질층으로 용이하게 전달할 수 있어, 전기화학적 특성이 향상될 수 있다. 또한, 상기 계면층의 조밀한 구조로 인해, 물리적으로 안정성을 가질 수 있다. 따라서, 상기 계면층을 포함하는 상기 칼륨 이온 전지는, 충방전 사이클에 있어서, 고 효율성 및 고신뢰성을 가질 수 있다. 이에 따라서, 상기 칼륨 이온 전지는, 휴대폰, 태블릿 PC, 전기자동차, 드론 등의 다양한 산업 분야에 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 전해질의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 전해질의 제조 방법에서 베이스 전해액을 준비하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 전해질의 제조 방법에서 베이스 전해액에 칼륨염을 첨가하여 전해질을 제조하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 전해질에 플루오로에틸렌 카보네이트(fluoro ethylene carbonate)를 첨가하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지 내에 계면층의 구조 및 특징을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 실험 예 1 및 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 전지의 정전류 충방전(galvanostatic charge-discharge)을 측정한 도면이다.
- 도 8은 실험 예 3 및 실험 예 4에 따른 칼륨 이온 전지의 정전류 충방전을 측정한 도면이다.
- 도 9는 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 정전류 충방전을 측정한 도면이다.
- 도 10은 실험 예 1, 실험 예 2, 및 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 CE(coulombic efficiency)의 값을 측정한 도면이다.
- 도 11은 실험 예 1에 따른 칼륨 이온 전지의 EIS(electrochemical impedance spectroscopy)를 측정한 도면이다.
- 도 12는 실험 예 1, 실험 예 2, 및 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지 내에 음극 활물질층을 FE-SEM(field emission scanning electron microscopy) 촬영한 사진이다.
- 도 13은 실험 예 1, 실험 예 2, 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 OCV(open circuit voltage)를 측정한 도면이다.
- 도 14는 실험 예 1에 따른 칼륨 이온 전지의 EIS를 측정한 도면이다.

도 15는 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 전지의 EIS를 측정한 도면이다.

도 16은 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 EIS를 측정한 도면이다.

도 17은 실험 예 1, 실험 예 2, 및 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지를 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy)로 분석한 도면이다.

도 18은 실험 예 1 및 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 반쪽전지 내에 음극 전극의 전압을 측정한 도면이다.

도 19는 실험 예 1 및 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 전지의 충방전을 수행한 후 specific capacity를 측정한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명할 것이다. 그러나 본 발명의 기술적 사상은 여기서 설명되는 실시 예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화 될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시 예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.
- [0027] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한, 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.
- [0028] 또한, 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제1, 제2, 제3 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 따라서, 어느 한 실시 예에 제1 구성요소로 언급된 것이 다른 실시 예에서는 제2 구성요소로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시 예는 그것의 상보적인 실시 예도 포함한다. 또한, 본 명세서에서 '및/또는'은 전후에 나열한 구성 요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용되었다.
- [0029] 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 또한, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다.
- [0030] 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 전해질의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이고, 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 전해질의 제조 방법에서 베이스 전해액을 준비하는 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 전해질의 제조 방법에서 베이스 전해액에 칼륨염을 첨가하여 전해질을 제조하는 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 전해질에 플루오로에틸렌 카보네이트(fluoro ethylene carbonate)를 첨가하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0033] 도 1 및 도 2를 참조하면 베이스 전해액(106)이 준비된다(S110).
- [0034] 일 실시 예에 따르면, 상기 베이스 전해액(106)은, 에틸렌 카보네이트(ethylene carbonate, 102) 및 디메틸 카보네이트(dimethyl carbonate, 104)를 부피비 1:1로 혼합하여 준비될 수 있다.
- [0035] 도 1 및 도 3을 참조하면 상기 베이스 전해액(106)에 칼륨 염(108)을 첨가하여 전해질(100)이 제조된다(S120).
- [0036] 예를 들어, 상기 베이스 전해액(106)에 첨가되는 상기 칼륨 염(108)은, 헥사플루오르인산칼륨(potassium hexafluorophosphate, KPF₆)일 수 있다. 예를 들어, 상기 베이스 전해액(106)에 첨가되는 상기 칼륨 염(108)의 농도는, 0.8M일 수 있다.
- [0037] 도 1 및 도 4를 참조하면 상기 전해질(100)에 플루오로에틸렌 카보네이트(110)를 첨가된다(S130).
- [0038] 일 실시 예에 따르면, 상기 전해질(100)에, 상기 플루오로에틸렌 카보네이트(110)는, 상기 전해질(100) 대비

0.2wt% 이하로 첨가될 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 전해질(100)에, 상기 플루오로에틸렌 카보네이트(110)가 0.2wt% 첨가될 수 있다.

- [0040] 상술된 본 발명의 실시 예에 따른 상기 전해질을 이용하여 칼륨 이온 전지가 제조될 수 있다. 이하, 도 5를 참조하여, 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지의 구조가 설명된다.
- [0041] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- [0042] 도 5를 참조하면, 도 1 내지 도 4를 참조하여 설명된 본 발명의 실시 예에 따른 전해질(100)이 제공된다.
- [0043] 도 5에서 알 수 있듯이, 칼륨 이온 전지(400)는, 음극 전극(200), 상기 음극 전극(200) 상의 양극 전극(300), 및 상기 음극 전극(200)과 상기 양극 전극(300) 사이의 상기 전해질(100)을 포함할 수 있다.
- [0044] 상기 음극 전극(200)은, 구체적으로, 음극 집전체(220) 상에 음극 활물질층(210)이 코팅되어 있는 구조일 수 있다. 예를 들어, 상기 음극 집전체(220)는, 구리 호일(Cu foil)일 수 있다. 예를 들어, 상기 음극 활물질층(210) 내에 음극 활물질은, 하이드로카본(hydrocarbon) 또는 그래파이트(graphite)일 수 있다.
- [0045] 상기 양극 전극(300)은, 예를 들어, 칼륨 금속 포일(potassium metal foil), 프리시안 블루(prussian blue, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$) 또는 금속 황화물(metal sulfides) 중에서 어느 하나가 집전체 상에 코팅된 것일 수 있다.
- [0046] 또한, 도 5에 도시되지 않았지만, 상기 음극 전극(200) 및 상기 양극 전극(300) 사이에 분리막이 추가적으로 배치될 수 있음은 자명하다.
- [0048] 상술된 본 발명의 실시 예에 따른 상기 칼륨 이온 전지는 충방전 과정에서 상기 음극 활물질층 상에 계면층이 형성될 수 있다. 이하, 도 6를 참조하여, 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지 내에 계면층이 설명된다.
- [0049] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지 내에 계면층의 구조 및 특징을 설명하기 위한 도면이다.
- [0050] 도 6을 참조하면, 도 1 내지 도 5를 참조하여 설명된 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지(400)가 제공된다. 도 6의 (a)는, 본 발명의 실시 예에 따른 상기 칼륨 이온 전지(400) 내에 음극 활물질층(210) 상에 형성된 계면층(120)이고, 상기 칼륨 이온 전지(400) 내에 전해질(100)은, 상기 전해질(100) 대비 0.2wt%의 플루오로에틸렌 카보네이트(FEC, 110)를 포함한다.
- [0051] 도 6에서 알 수 있듯이, 도 6의 (a)에서 도시된 바와 같이, 상기 계면층(120, FEC 0.2wt%)은, 유기물(122) 및 무기물(124)을 포함할 수 있다.
- [0052] 보다 구체적으로, 상기 유기물(122)은, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.2wt%)의 충방전 과정에서, 칼륨 이온(130)의 이동 경로를 제공할 수 있다.
- [0053] 그리고, 상기 무기물(124)은, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.2wt%)의 충방전 과정에서, 상기 유기물(122)이, 베이스 전해액 분자(140)에 의해 팽윤되거나 용해되는 것을 방지할 수 있다. 또한, 상기 무기물(124)은, 상기 음극 활물질층(210) 상에, 상기 계면층(120, FEC 0.2wt%)을 조밀하게 형성시킬 수 있다.
- [0054] 이에 따라서, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.2wt%)의 충방전 과정에서, 상기 유기물(122)은, 상기 무기물(124)에 의해, 상기 베이스 전해액 분자(140)으로부터 팽윤되거나 용해되는 것이 방지될 수 있다. 따라서, 상기 유기물(122)은, 상기 칼륨 이온(130)의 이동 경로를 용이하게 형성하여, 상기 음극 활물질층(210)으로 상기 칼륨 이온(130)을 용이하게 전달할 수 있다. 이에 따라서, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.2wt%)의 전기화학적 특성이 향상될 수 있다.
- [0055] 그리고, 상기 무기물(124)은, 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 상기 음극 활물질층(210) 상에 상기 계면층(120, FEC 0.2wt%)을 조밀하게 형성할 수 있다. 따라서, 상기 계면층(120, FEC 0.2wt%)의 물리적 안정성이 향상될 수 있다. 이에 따라서, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.2wt%)는, 충방전 사이클에 있어서, 고효율 및 고신뢰성을 가질 수 있다.
- [0056] 이와 달리, 상기 전해질(100)에 상기 플루오로에틸렌 카보네이트(FEC, 110)가 첨가되지 않은 경우, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 음극 활물질층(210) 상에, 계면층(120, FEC 0.0wt%)이 형성될 수 있다.
- [0057] 상기 계면층(120, FEC 0.0wt%)은, 상기 유기물(122)의 비율이 상기 무기물(124)의 비율보다 더 높은 것은 물론,

상기 무기물(124)의 비율이 과도하게 낮을 수 있다. 따라서, 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.0wt%)의 충방전 과정에서, 상기 유기물(122)은, 과도하게 낮은 비율의 상기 무기물(124)에 의해, 상기 베이스 전해액 분자(140)로부터 팽윤되고 용해될 수 있다. 이에 따라서, 상기 유기물(122)은 기공을 가질 수 있다. 이로 인해, 상기 칼륨 이온(130)의 이동 경로가 상대적으로 더 길어져, 상기 칼륨 이온(130)이, 상기 음극 활물질층(210)으로, 용이하게 전달되지 않을 수 있다. 이에 따라서, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.0wt%)는, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.2wt%)보다, 전기화학적 특성이 떨어질 수 있다.

[0058] 그리고, 상대적으로 낮은 비율의 상기 무기물(124)에 의해, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 음극 활물질층(210) 상에, 상기 계면층(120, FEC 0.0wt%)이 상기 계면층(120, FEC 0.2wt%)보다, 더 낮은 밀도로 형성될 수 있다. 따라서, 상기 계면층(120, FEC 0.0wt%)은, 상기 계면층(120, FEC 0.2wt%)보다, 물리적 안정성이 떨어질 수 있다. 이에 따라서, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.0wt%)는, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.2wt%)보다, 충방전 사이클에 있어서, 효율 및 신뢰성이 떨어질 수 있다.

[0059] 이와 달리, 상기 전해질(100)에 상기 플루오로에틸렌 카보네이트(FEC, 110)가 상기 전해질(100) 대비 5.0wt% 첨가된 경우, 즉 0.2wt% 초과하여 첨가되는 경우, 도 6의 (c)에 도시된 바와 같이, 상기 음극 활물질층(210) 상에, 계면층(120, FEC 5.0wt%)이 형성될 수 있다.

[0060] 상기 계면층(120, FEC 5.0wt%)은, 상기 유기물(122)의 비율이 상기 무기물(124)의 비율보다 더 낮은 것은 물론 상기 무기물(124)의 비율이 과도하게 높을 수 있다. 따라서, 칼륨 이온 전지(400, FEC 5.0wt%)의 충방전 과정에서, 상기 유기물(122)은, 높은 비율의 상기 무기물(124)에 의해, 상기 베이스 전해액 분자(140)로부터 팽윤되거나 용해되는 것이 방지될 수 있다. 하지만, 과도하게 낮은 비율의 상기 유기물(122)로 인해, 상기 칼륨 이온(130)의 이동 경로가 용이하게 형성되지 않아, 상기 칼륨이온(130)이, 음극 활물질층(210)으로, 용이하게 전달되지 않을 수 있다. 따라서, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 5.0wt%)는, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.2wt%)보다, 전기화학적 특성이 현저하게 떨어질 수 있다.

[0061] 그리고, 과도하게 높은 비율의 상기 무기물(124)로 인해, 도 6의 (c)에 도시된 바와 같이, 상기 음극 활물질층(210) 상에, 상기 계면층(120, FEC 5.0wt%)이 상기 계면층(120, FEC 0.2wt%)보다, 더 높은 밀도로 형성될 수 있다. 따라서, 상기 계면층(120, FEC 5.0wt%)은, 상기 계면층(120, FEC 0.2wt%)보다, 실질적으로 물리적 안정성이 높을 수 있다.

[0062] 하지만, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 5.0wt%)의 전기화학적 특성이, 상기 칼륨 이온 전지(400, FEC 0.0wt%)보다 낮아, 실질적으로 사용하기에 어려울 수 있다.

[0063] 결론적으로, 상기 전해질(100)에 상기 플루오로에틸렌 카보네이트(FEC, 110)의 첨가량이 증가할수록, 상기 계면층(120) 내에, 상기 무기물(124)의 비율이 상대적으로 증가할 수 있다.

[0064] 본 출원의 실시 예에 따르면, 상기 플루오로에틸렌 카보네이트(FEC, 110)가, 상기 전해질(100) 대비 0.2wt% 이하로 첨가되는 경우, 칼륨 이온 전지(400) 내에 상기 계면층(120)은, 상기 베이스 전해액 분자(140)에 의해 팽윤되거나 용해되지 않고, 상기 음극 활물질층(210)과 밀착된 조밀한 구조를 가질 수 있다. 따라서, 상기 계면층(120)은, 전기화학적으로 물리적으로 안정성을 갖고, 상기 계면층(120)을 포함하는 상기 칼륨 이온 전지(400)는, 충방전 사이클에 있어서, 고효율 및 고신뢰성을 가질 수 있다. 이에 따라서, 상기 칼륨 이온 전지(400)는, 휴대폰, 태블릿 PC, 전기자동차, 드론 등의 다양한 산업 분야에 활용될 수 있다.

[0066] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 칼륨 이온 전지용 전해질 및 이를 이용한 칼륨 이온 전지의 구체적인 실험 예 및 특성평가가 설명된다.

[0068] 실험 예 1에 따른 칼륨 이온 전지의 제조

[0069] 전해질 제조에 있어서, 베이스 전해액으로 에틸렌 카보네이트(ethylene carbonate, EC) 및 디메틸 카보네이트(dimethyl carbonate, DMC), 칼륨 염으로 헥사플루오르인산칼륨(potassium hexafluorophosphate, KPF₆)을 준비하였다.

[0070] 상기 EC 및 상기 DMC를 부피비 1:1로 교반하여 상기 베이스 전해액을 제조하였다. 그리고, 상기 베이스 전해액을 진공오븐에서 120℃로 1주 동안 열처리 한 후, KPF₆(0.8M)를 첨가하여 상기 전해질을 제조하였다.

[0071] 음극 전극의 제조에 있어서, 음극 집전체로 구리 호일(Cu foil), 음극 활물질로 하드카본(hard carbon, HC), 전도성 물질로 카본블랙(carbon black, CB), 바인더로 폴루오르화 폴리비닐리덴(polyvinylidene fluoride, PVDF), 용매로 메틸피롤리돈(N-methyl-2-pyrrolidone, NMP)을 준비하였다.

[0072] 상기 HC는, 아르곤 가스(200mLmin⁻¹) 분위기에서 1,200℃로 2시간 열처리하여 정제하였다. 정제된 상기 HC, 상기 PVDF, 및 상기 CB를 상기 NMP에 제공하고 교반하여 음극 활물질 코팅제를 제조하였다. 그리고, 상기 구리 호일 상에 상기 음극 활물질 코팅제를 바코팅(bar-coating)하고, 컨벤션 오븐(convention oven)에서 80℃로 2시간 건조하여, 30um 두께의 음극 활물질층을 포함하는 상기 음극 전극을 제조하였다.

[0073] 그리고, 양극 전극으로는 칼륨 금속 호일(potassium metal foil)을 사용하여, 상기 음극 전극 상에 양극 전극을 배치시키고, 상기 음극 전극 및 상기 양극 전극 사이에 상기 전해질을 주입하여, 상기 칼륨 이온 전지를 제조하였다.

[0075] 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 전지의 제조

[0076] 전해질 제조에 있어서, 전해질 첨가제로 플루오로에틸렌 카보네이트(fluoro ethylene carbonate, FEC)를 상기 전해질 대비 0.2wt%를 첨가한 것을 제외하고, 실험 예 1과 동일한 방법으로 칼륨 이온 전지를 제조하였다.

[0078] 실험 예 3에 따른 칼륨 이온 전지의 제조

[0079] 전해질 제조에 있어서, 전해질 첨가제로 플루오로에틸렌 카보네이트(fluoro ethylene carbonate, FEC)를 상기 전해질 대비 0.5wt%를 첨가한 것을 제외하고, 실험 예 1과 동일한 방법으로 칼륨 이온 전지를 제조하였다.

[0081] 실험 예 4에 따른 칼륨 이온 전지의 제조

[0082] 전해질 제조에 있어서, 전해질 첨가제로 플루오로에틸렌 카보네이트(fluoro ethylene carbonate, FEC)를 상기 전해질 대비 1.0wt%를 첨가한 것을 제외하고, 실험 예 1과 동일한 방법으로 칼륨 이온 전지를 제조하였다.

[0084] 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 제조

[0085] 전해질 제조에 있어서, 전해질 첨가제로 플루오로에틸렌 카보네이트(fluoro ethylene carbonate, FEC)를 상기 전해질 대비 5.0wt%를 첨가한 것을 제외하고, 실험 예 1과 동일한 방법으로 칼륨 이온 전지를 제조하였다.

표 1

구 분	FEC 함유량(wt%)
실험 예 1	0.0
실험 예 2	0.2
실험 예 3	0.5
실험 예 4	1.0
실험 예 5	5.0

[0088] 도 7은 실험 예 1 및 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 전지의 정전류 충방전(galvanostatic charge-discharge)을 측정한 도면이고, 도 8은 실험 예 3 및 실험 예 4에 따른 칼륨 이온 전지의 정전류 충방전을 측정한 도면이고, 도 9는 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 정전류 충방전을 측정한 도면이다.

[0089] 도 7 내지 도 9를 참조하면, 실험 예들(실험 예 1 내지 실험 예 5)에 따른 칼륨 이온 전지를 0.01V 내지 3.0V voltage에서 20 mA g⁻¹의 current rate로 specific capacity를 측정하였다.

[0090] 도 7 내지 도 9에서 알 수 있듯이, 전해질 첨가제로 플루오로에틸렌 카보네이트를 첨가한 실험 예 2 내지 실험 예 5에 따른 상기 칼륨 이온 전지는, 초기 방전 과정에서, 약 1.4V를 기점으로 급격하게 감소하는 plateau

capacity를 갖는 것을 알 수 있다. 그리고, 상기 플루오로에틸렌 카보네이트의 첨가량이 증가할수록 더 급격하게 감소하는 plateau capacity를 갖는 경향을 알 수 있다.

- [0091] 실험 예 2에 따른 상기 칼륨 이온 전지는, 충전 사이클에서, 충전 횟수가 증가하여도 capacity가 가역적으로 복원되는 것을 알 수 있다.
- [0093] 도 10은 실험 예 1, 실험 예 2, 및 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 CE(coulombic efficiency)의 값을 측정한 도면이다.
- [0094] 도 10을 참조하면, 실험 예들(실험 예 1, 실험 예 2, 실험 예 5)에 따른 칼륨 이온 전지를 1, 2, 3, 5, 및 10사이클의 충방전을 수행한 후 CE 값을 측정하였다.
- [0095] 도 10에서 알 수 있듯이, 실험 예 1에 따른 상기 칼륨 이온 전지는, 1사이클(37.3%), 2사이클(70.9%), 3사이클(78.1%), 5사이클(83.4%), 10사이클(86.4%) 순서로 CE 값이 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0096] 실험 예 2에 따른 상기 칼륨 이온 전지는, 1사이클(86.5%), 2사이클(89.3%), 3사이클(94.3%), 5사이클(96.8%), 10사이클(97.8%) 순서로 CE 값이 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0097] 실험 예 5에 따른 상기 칼륨 이온 전지는, 1사이클(12.8%), 2사이클(64.7%), 3사이클(68.6%), 5사이클(72.3%), 10사이클(77.9%) 순서로 CE 값이 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0098] 따라서, 실험 예 2에 따른 상기 칼륨 이온 전지는, 실험 예 1 및 실험 예 5에 따른 상기 칼륨 이온 전지보다, CE 값이 1사이클, 2사이클, 3사이클, 5사이클, 및 10사이클에서 더 높은 것을 알 수 있다.
- [0100] 도 11은 실험 예 1에 따른 칼륨 이온 전지의 EIS(electrochemical impedance spectroscopy)를 측정한 도면이다.
- [0101] 도 11을 참조하면, 1, 10, 20, 50사이클의 충방전을 수행한 후, 실험 예 1에 따른 칼륨 이온 전지 내에 계면층에 대한 저항을 측정하였다. 상기 계면층의 EIS 측정은, 25℃에서, 진동수 1mHz 내지 1MHz으로 측정되었다.
- [0102] 도 11에서 알 수 있듯이, 상기 칼륨 이온 전지를 1사이클 충방전을 수행한 후, 상기 계면층의 값은 약 1,900Ω인 것을 알 수 있다.
- [0103] 상기 칼륨 이온 전지를 10사이클 충방전을 수행한 후, 상기 계면층의 저항 값은 약 2,242Ω인 것을 알 수 있다.
- [0104] 상기 칼륨 이온 전지를 20사이클 충방전을 수행한 후, 상기 계면층의 저항 값은, 약 2,622Ω인 것을 알 수 있다.
- [0105] 상기 칼륨 이온 전지를 50사이클 충방전을 수행한 후, 상기 계면층의 저항 값은, 약 3,040Ω인 것을 알 수 있다.
- [0106] 따라서, 실험 예 1에 따른 칼륨 이온 전지의 충방전 사이클 횟수가 증가할수록, 상기 계면층의 저항 값이 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0108] 도 12는 실험 예 1, 실험 예 2, 및 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지 내에 음극 활물질층을 FE-SEM(field emission scanning electron microscopy) 촬영한 사진이다.
- [0109] 도 12를 참조하면, 도 12의 (a)는, 실험 예 1에 따른 음극 활물질층의 표면을 촬영하였고, 도 12의 (b)는, 실험 예 1에 따른 칼륨 이온 전지를 50사이클 충방전을 수행한 후, 상기 음극 활물질층의 표면을 촬영하였고, 도 12의 (c)는, 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 전지를 50사이클 충방전을 수행한 후, 음극 활물질층의 표면을 촬영하였고, 도 12의 (d)는, 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지를 50사이클 충방전을 수행한 후, 음극 활물질층의 표면을 촬영하였다.
- [0110] 도 12에서 알 수 있듯이, 도 12의 (a) 및 도 12의 (b)를 비교하면, 실험 예 1에 따른 상기 칼륨 이온 전지를 50사이클 충방전을 수행한 경우, 실험 예 1에 따른 상기 음극 활물질층의 표면에 부산물이 생성된 것을 알 수 있다.

- [0111] 이와 달리, 도 12의 (c) 및 도 12의 (d)와 같이, 실험 예 2 및 실험 예 5에 따른 상기 칼륨 이온 전지를 50사이클 충방전을 수행한 경우, 실험 예 2 및 실험 예 5에 따른 상기 음극 활물질층의 표면은 실험 예 1에 따른 상기 음극 활물질층의 표면보다 상대적으로 더 적게 부산물이 생성된 것을 알 수 있다.
- [0113] 도 13은 실험 예 1, 실험 예 2, 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 OCV(open circuit voltage)를 측정한 도면이다.
- [0114] 도 13을 참조하면, 실험 예들(실험 예 1, 실험 예 2, 실험 예 5)에 따른 칼륨 이온 전지의 OCV를 시간에 따라 측정하였다.
- [0115] 도 13에서 알 수 있듯이, 실험 예 1에 따른 상기 칼륨 이온 전지의 OCV는, 시간에 따라서 초기에 급격하게 감소하고 이후 점차적으로 감소하여, 약 2.20V로 수렴되는 것을 알 수 있다.
- [0116] 실험 예 2에 따른 상기 칼륨 이온 전지의 OCV는, 시간에 따라서 약 2.4V까지 급격하게 감소하고 약 2.4V를 기점으로 증가하기 시작하여, 약 2.58V로 수렴되는 것을 알 수 있다.
- [0117] 실험 예 5에 따른 상기 칼륨 이온 전지의 OCV는, 시간에 따라서 점차적으로 감소하여 약 2.71V로 수렴되는 것을 알 수 있다.
- [0119] 도 14는 실험 예 1에 따른 칼륨 이온 전지의 EIS를 측정한 도면이고, 도 15는 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 전지의 EIS를 측정한 도면이고, 도 16은 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지의 EIS를 측정한 도면이다.
- [0120] 도 14 내지 도 16을 참조하면, 실험 예들(실험 예 1, 실험 예 2, 실험 예 3)에 따른 칼륨 이온 전지 내에 계면층에 대한 EIS의 측정은, 25℃에서 진동수 1mHz 내지 1MHz로 측정되었다.
- [0121] 도 14 내지 도 16에서 알 수 있듯이, 초기 방전 단계(①)에서, 실험 예 1에 따른 상기 계면층의 초기 저항은 약 110Ω인 것을 알 수 있고, 실험 예 2에 따른 상기 계면층의 초기 저항은 약 450Ω인 것을 알 수 있고, 실험 예 5에 따른 상기 계면층의 초기 저항은 약 2,000Ω인 것을 알 수 있다. 따라서, 초기 방전 단계(①)에서, 실험 예 1에 따른 상기 계면층의 전도성이 가장 높은 것을 알 수 있다.
- [0122] 이와 달리, 충방전 과정에서, 실험 예 1에 따른 계면층의 저항은, 약 4,000Ω까지 증가하였고, 실험 예 2에 따른 상기 계면층의 저항은 약 2,000Ω까지 증가한 것을 알 수 있다. 따라서, 충방전 과정에서, 실험 예 2에 따른 상기 계면층의 전도성이 가장 높은 것을 알 수 있다.
- [0123] 이에 따라서, 실험 예들(실험 예 1, 실험 예 2, 실험 예 5)에 따른 칼륨 이온 전지의 충방전을 수행하는 경우, 실험 예 2에 따른 상기 계면층의 구조 변화가 가장 적은 것을 알 수 있다.
- [0125] 도 17은 실험 예 1, 실험 예 2, 및 실험 예 5에 따른 칼륨 이온 전지를 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy)로 분석한 도면이다.
- [0126] 도 17을 참조하면, 실험 예들(실험 예 1, 실험 예 2, 실험 예 5)에 따른 칼륨 이온 전지 내에 계면층에 대한 C-C, C-O, 및 C=O 결합구조의 peak를 나타내는 C 1s 스펙트럼 및 K-O, K-F 및 K-C_x 결합구조의 peak를 나타내는 K 2p 스펙트럼이 나타났다.
- [0127] 도 17에서 알 수 있듯이, 실험 예 1에 따른 상기 계면층 및 실험 예 2에 따른 상기 계면층을 비교하면, 실험 예 2에 따른 상기 계면층은, K-F의 peak 세기가 C-O, C=O, CF₂, 및 K-O의 peak 세기보다 높은 것을 알 수 있다.
- [0128] 실험 예 5에 따른 상기 계면층 및 실험 예 2에 따른 상기 계면층을 비교하면, 실험 예 2에 따른 상기 계면층은, K-F의 peak 세기가 C-C 및 K-C_x의 peak 세기보다 낮은 것을 알 수 있다.
- [0129] 그리고, 실험 예 1, 실험 예 2, 및 실험 예 5에 따른 상기 계면층의 K-F 및 K-C_x의 peak 세기비율(I_{KF}/I_{KC})은, 각각, 0.25, 0.54 및 3.34인 것을 알 수 있다.
- [0130] 따라서, 실험 예 5에 따른 상기 계면층, 실험 예 2에 따른 상기 계면층, 실험 예 1에 따른 계면층 순서로, K-

F의 peak 세기가 높은 것을 알 수 있다.

- [0132] 도 18은 실험 예 1 및 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 반쪽전지 내에 음극 전극의 전압을 측정한 도면이다.
- [0133] 도 18을 참조하면, 실험 예 1 및 실험 예 2에 따른 음극 전극은 완전히 충전되었고 0.01V에서 자발적인 방전을 수행되었다.
- [0134] 도 18에서 알 수 있듯이, 실험 예 1에 따른 상기 음극 전극의 전압은, 실험 예 2에 따른 상기 음극 전극의 전압보다, 전압 증가율이 더 큰 것을 알 수 있다.
- [0135] 그리고, 240시간 후에, 실험 예 1에 따른 상기 음극 전극의 전압은 약 $0.52V(2.2mVh^{-1})$ 인 것을 알 수 있고, 실험 예 2에 따른 상기 음극 전극의 전압은 약 $0.36V(1.5mVh^{-1})$ 인 것을 알 수 있다.
- [0136] 따라서, 240시간 후, 실험 예 2에 따른 상기 음극 전극의 전압의 변화는, 실험 예 1에 따른 상기 음극 전극의 전압의 변화보다 더 작은 것을 알 수 있다.
- [0138] 도 19는 실험 예 1 및 실험 예 2에 따른 칼륨 이온 전지의 충방전을 수행한 후 specific capacity를 측정한 도면이다.
- [0139] 도 19를 참조하면, 실험 예들(실험 예 1, 실험 예 2)에 따른 칼륨 이온 전지의 충방전은 100사이클까지 수행되었다.
- [0140] 도 19에서 알 수 있듯이, 실험 예 1에 따른 상기 칼륨 이온 전지의 specific capacity는 40사이클 충방전 후, 급격하게 감소하기 시작하여 90사이클 이후부터 실질적으로 $0mAhg^{-1}$ 에 가까워지는 것을 알 수 있다.
- [0141] 이와 달리, 실험 예 2에 따른 상기 칼륨 이온 전지의 specific capacity는 실질적으로 100사이클까지 약 $160mAhg^{-1}$ 를 유지하는 것을 알 수 있다. 그리고, 실험 예 2에 따른 상기 칼륨 이온 전지의 CE 값은 5사이클부터 100사이클까지 약 97.5%로 유지되는 것을 알 수 있다.
- [0142] 따라서, 실험 예 2에 따른 상기 칼륨 이온 전지가 실험 예 1에 따른 상기 칼륨 이온 전지보다 충방전에 있어서 더 안정적인 것을 알 수 있다.
- [0144] 이상, 본 발명을 바람직한 실시 예를 사용하여 상세히 설명하였으나, 본 발명의 범위는 특정 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 첨부된 특허청구범위에 의하여 해석되어야 할 것이다. 또한, 이 기술분야에서 통상의 지식을 습득한 자라면, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않으면서도 많은 수정과 변형이 가능함을 이해하여야 할 것이다.

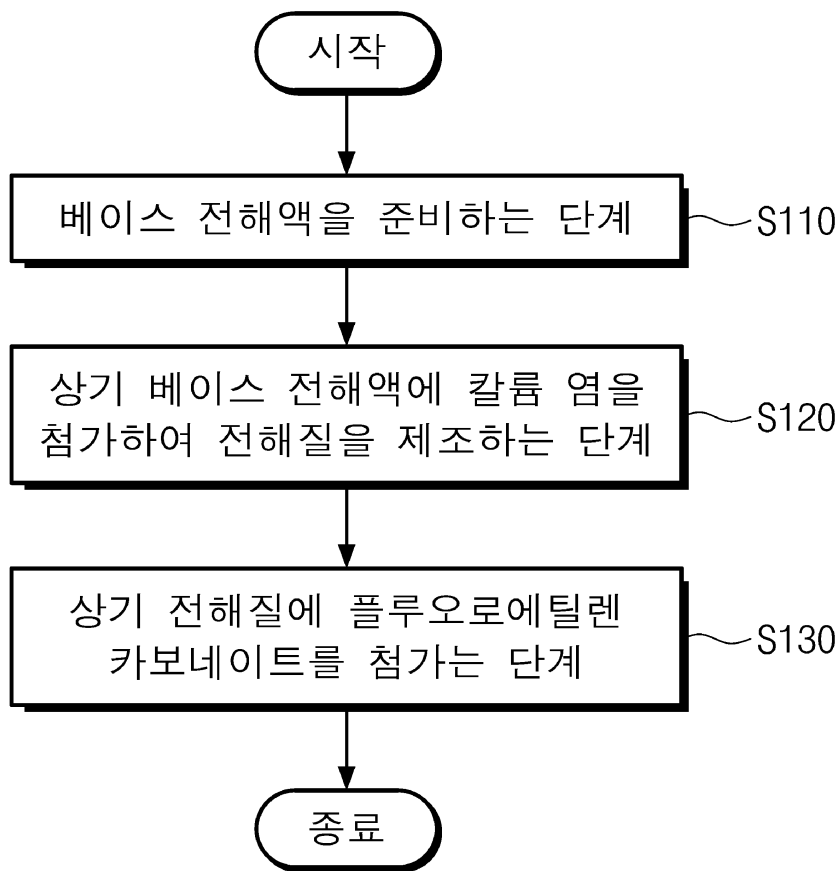
부호의 설명

- [0145] 100: 전해질
- 102: 에틸렌 카보네이트
- 104: 디메틸 카보네이트
- 106: 베이스 전해액
- 108: 칼륨염
- 110: 플루오로에틸렌 카보네이트
- 120: 계면층
- 122: 유기물
- 124: 무기물
- 130: 칼륨 이온

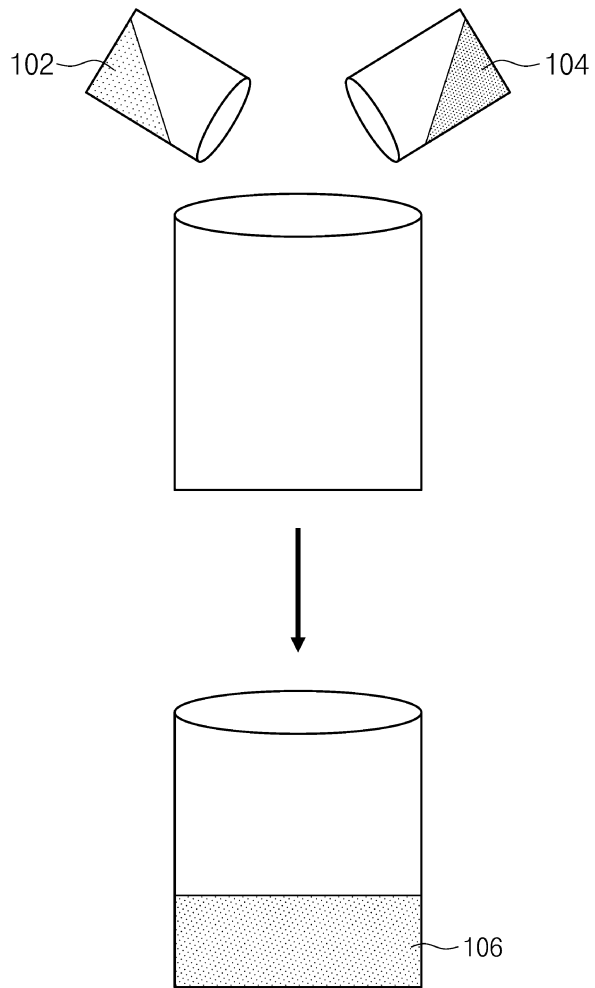
- 140: 베이스 전해액 분자
- 200: 음극 전극
- 210: 음극 활물질층
- 220: 음극 집전체
- 300: 양극 전극
- 400: 칼륨 이온 전지

도면

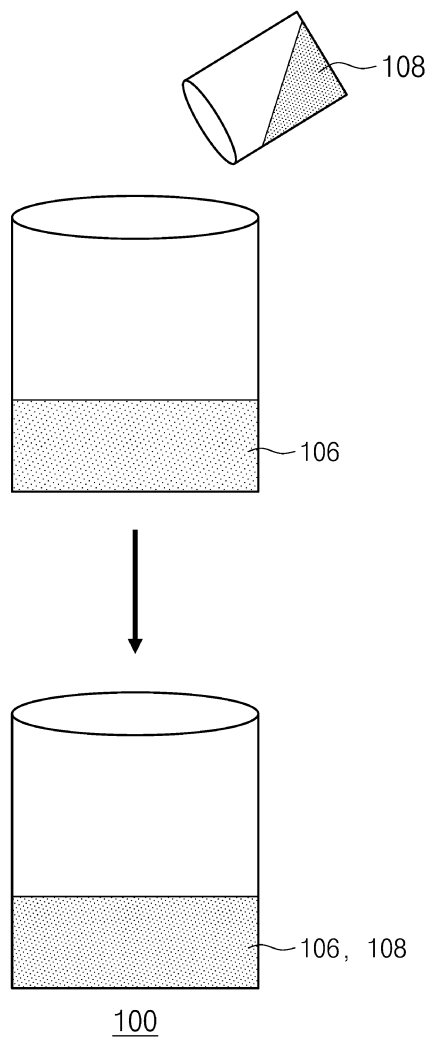
도면1



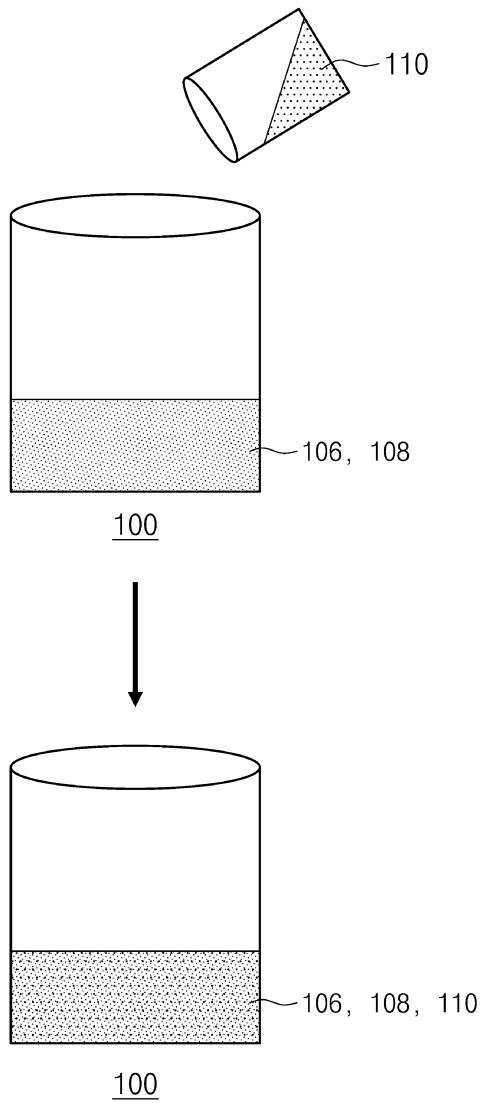
도면2



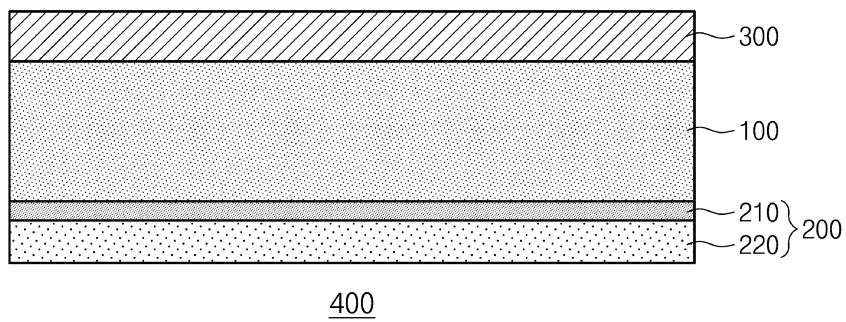
도면3



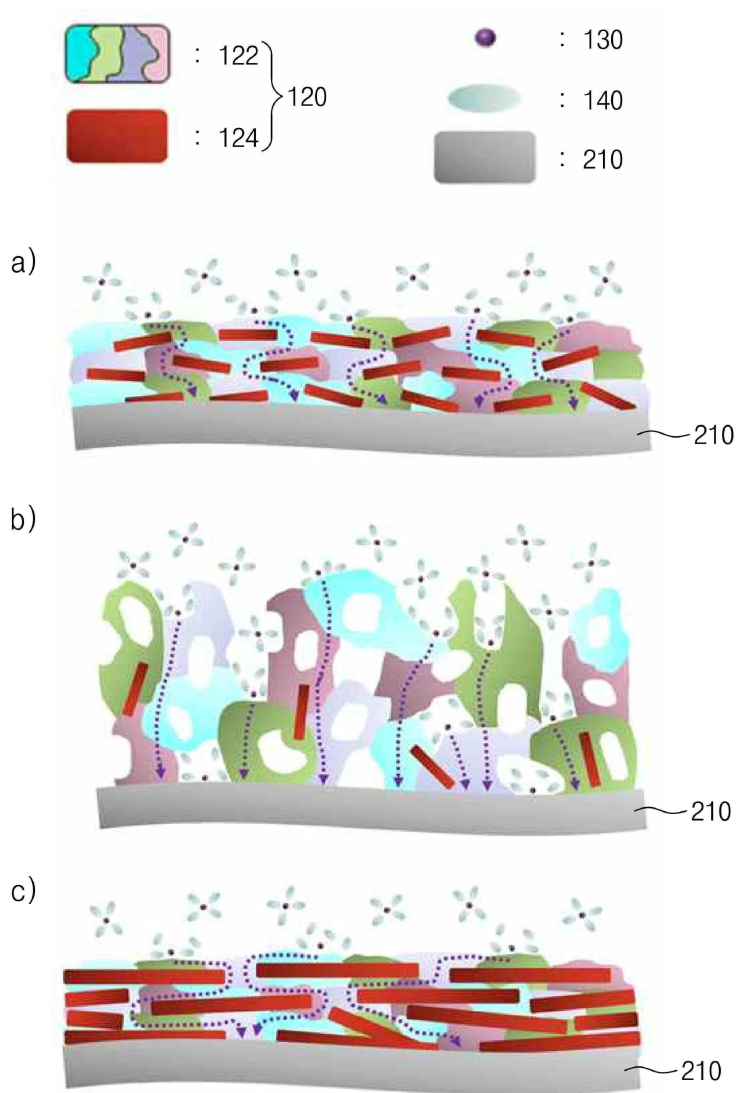
도면4



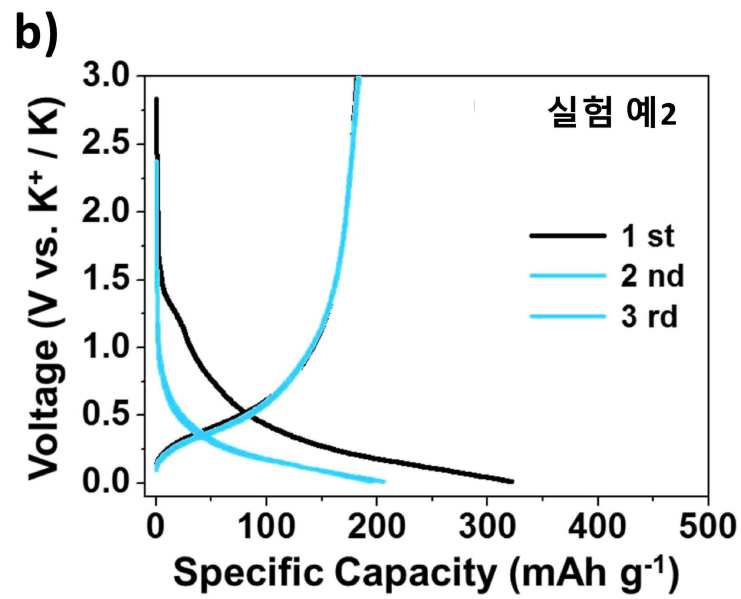
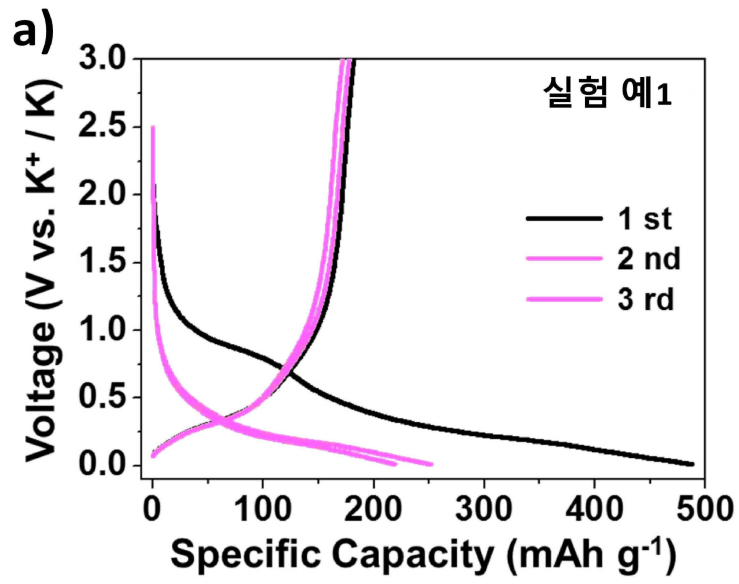
도면5



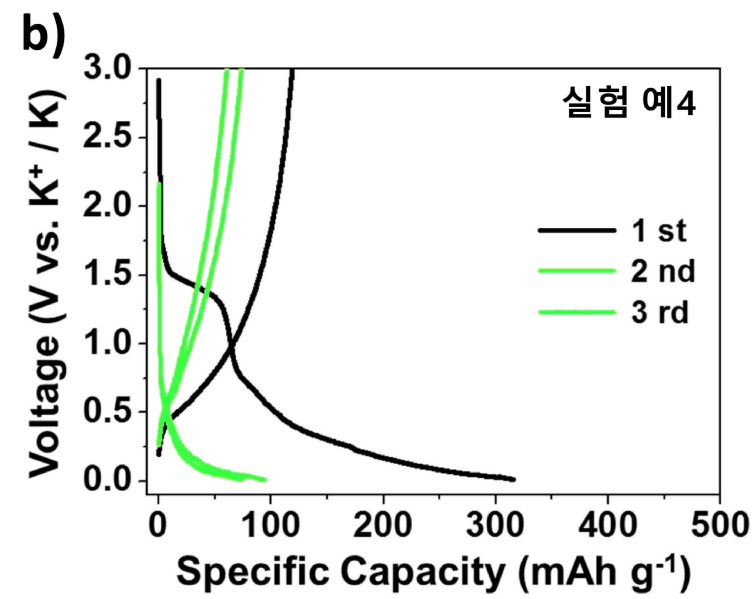
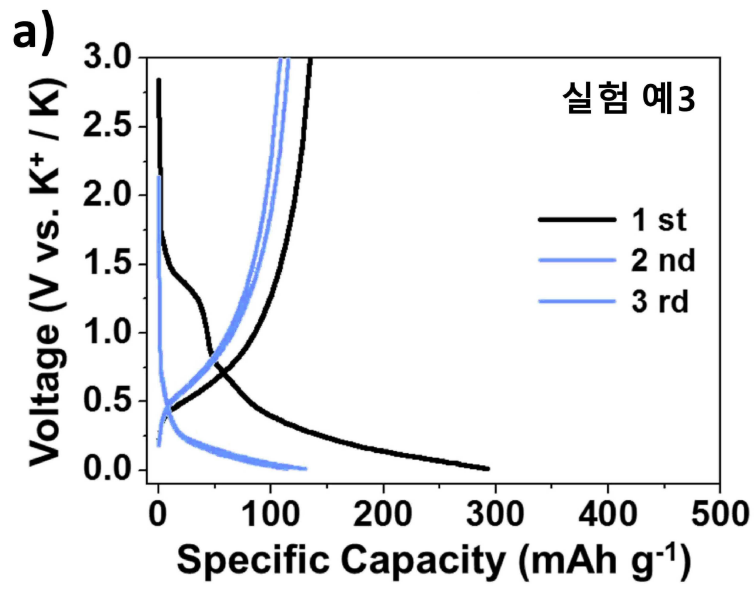
도면6



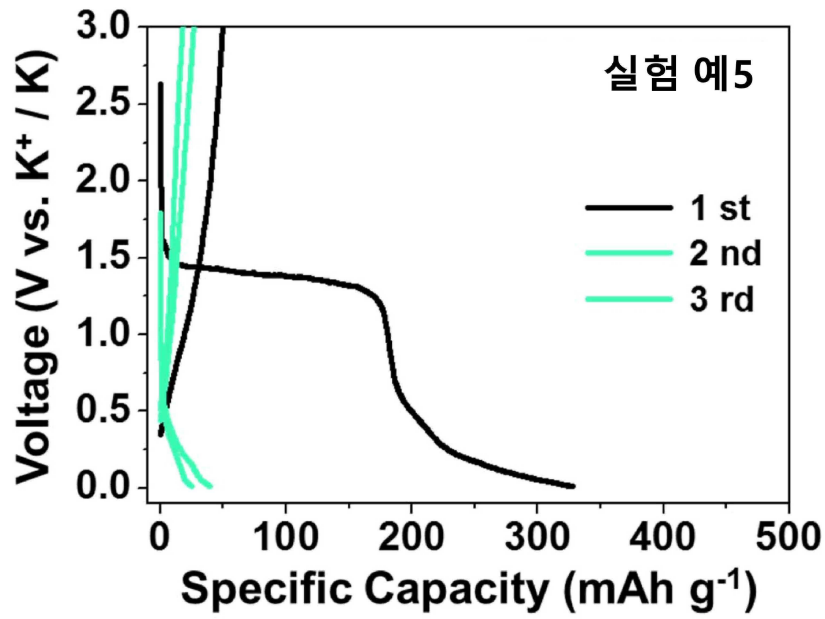
도면7



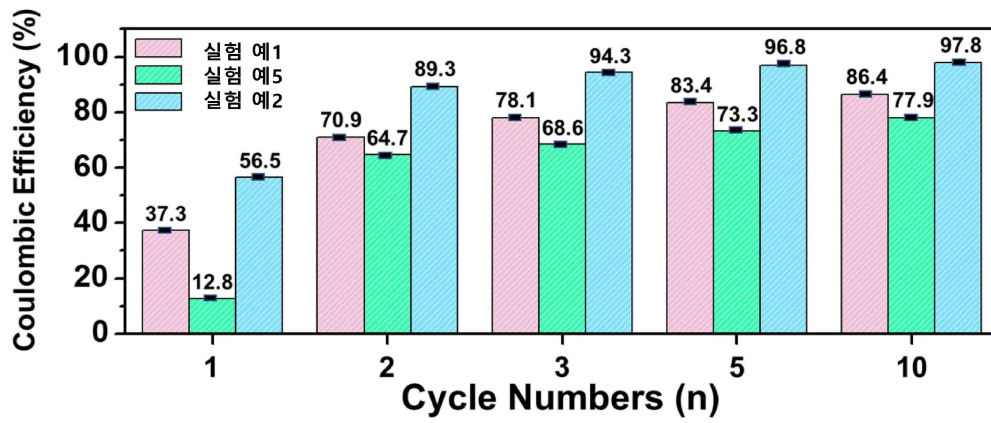
도면8



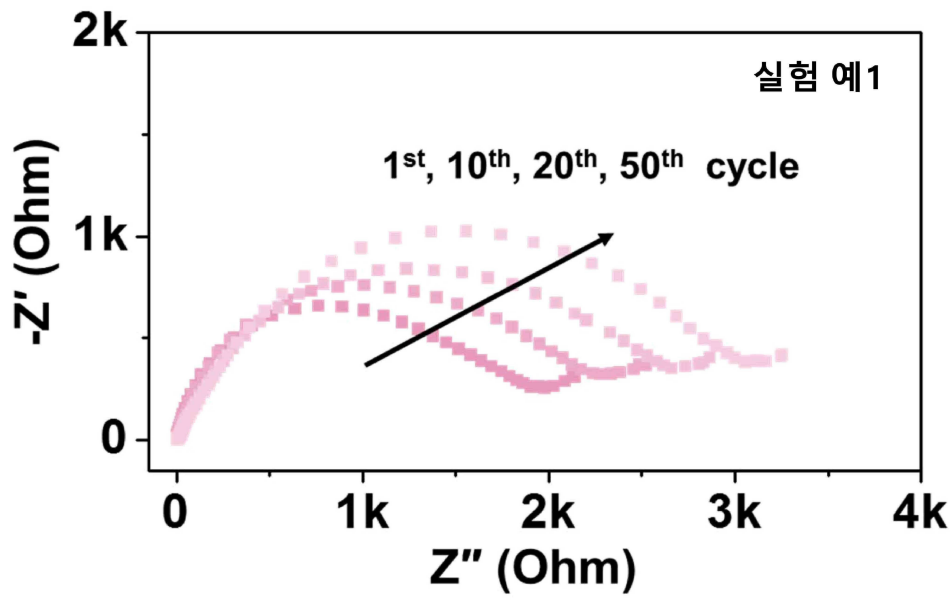
도면9



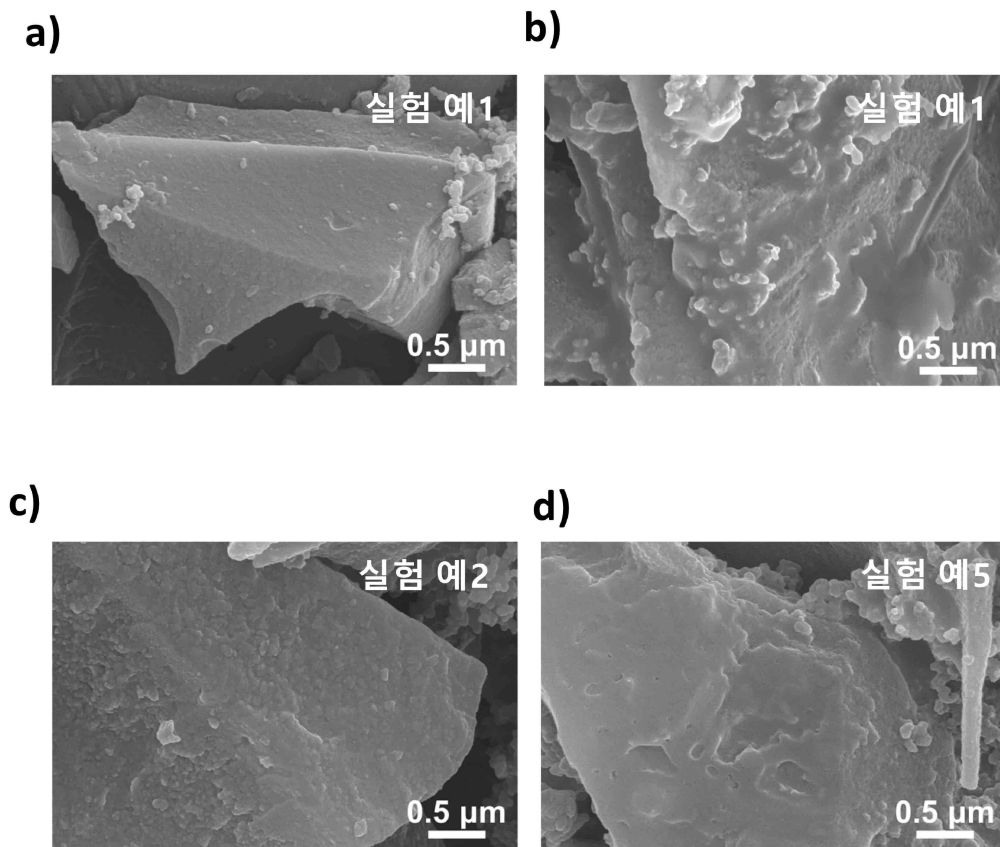
도면10



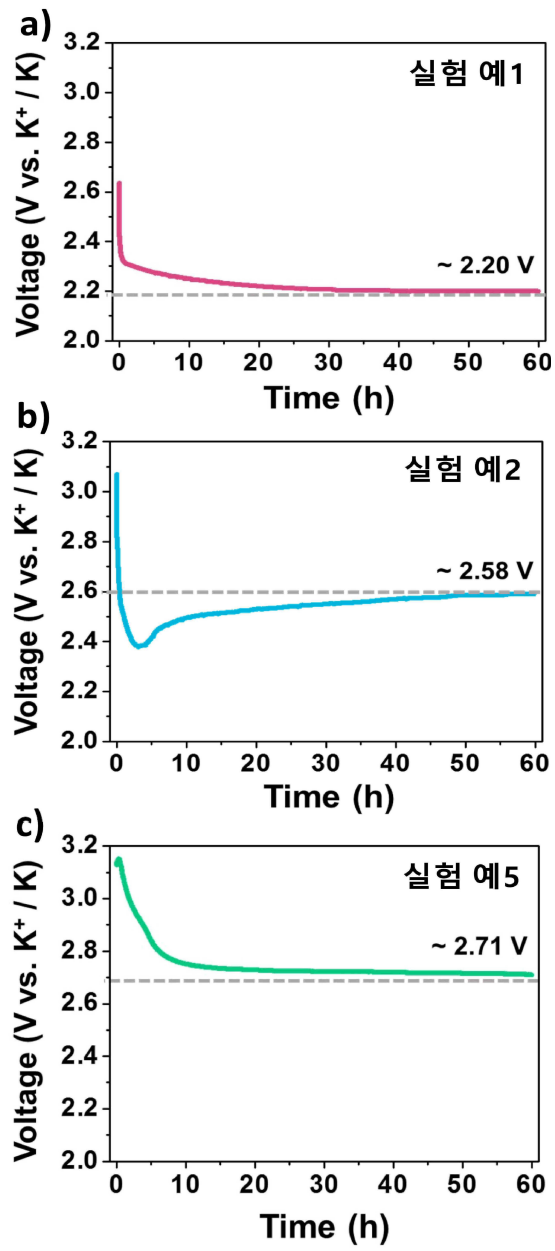
도면11



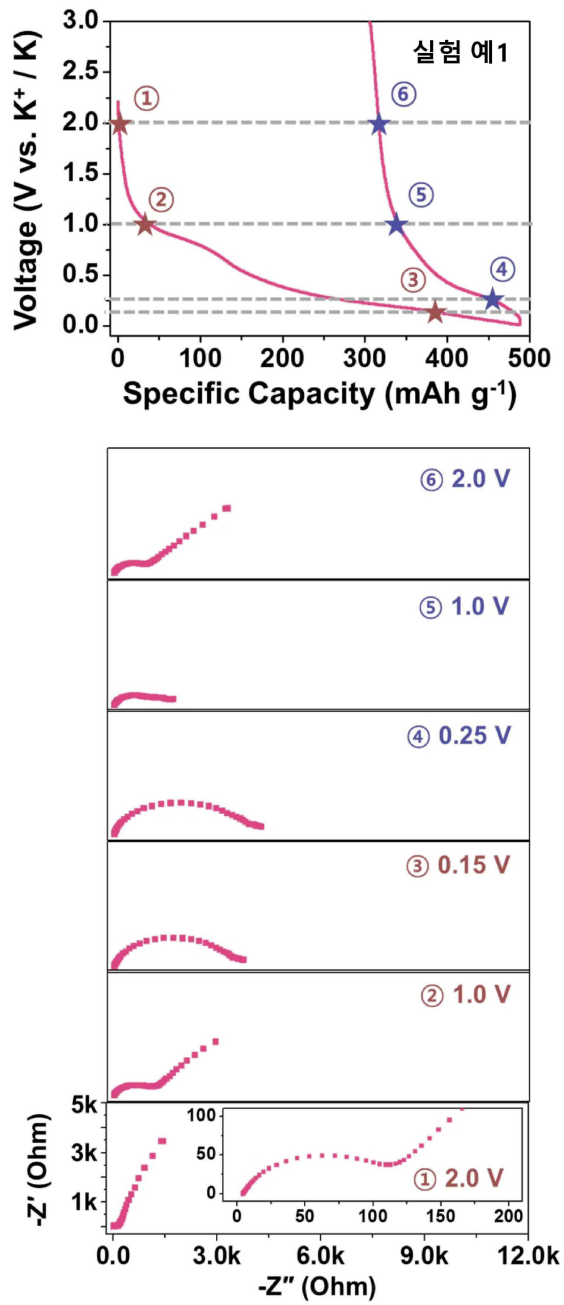
도면12



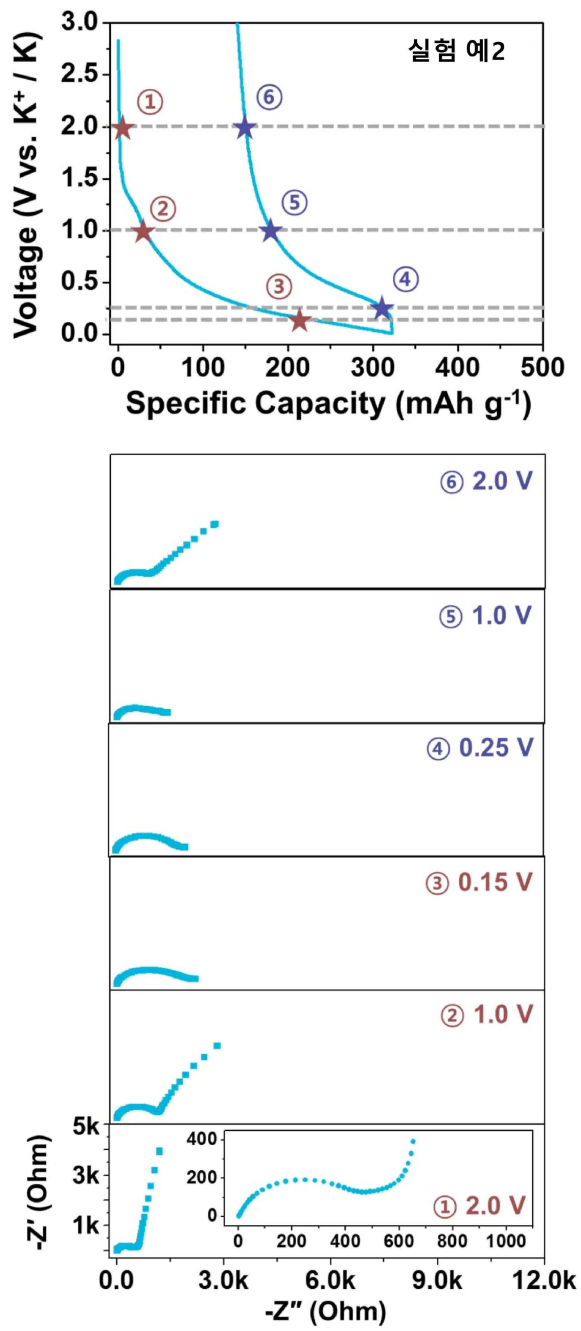
도면13



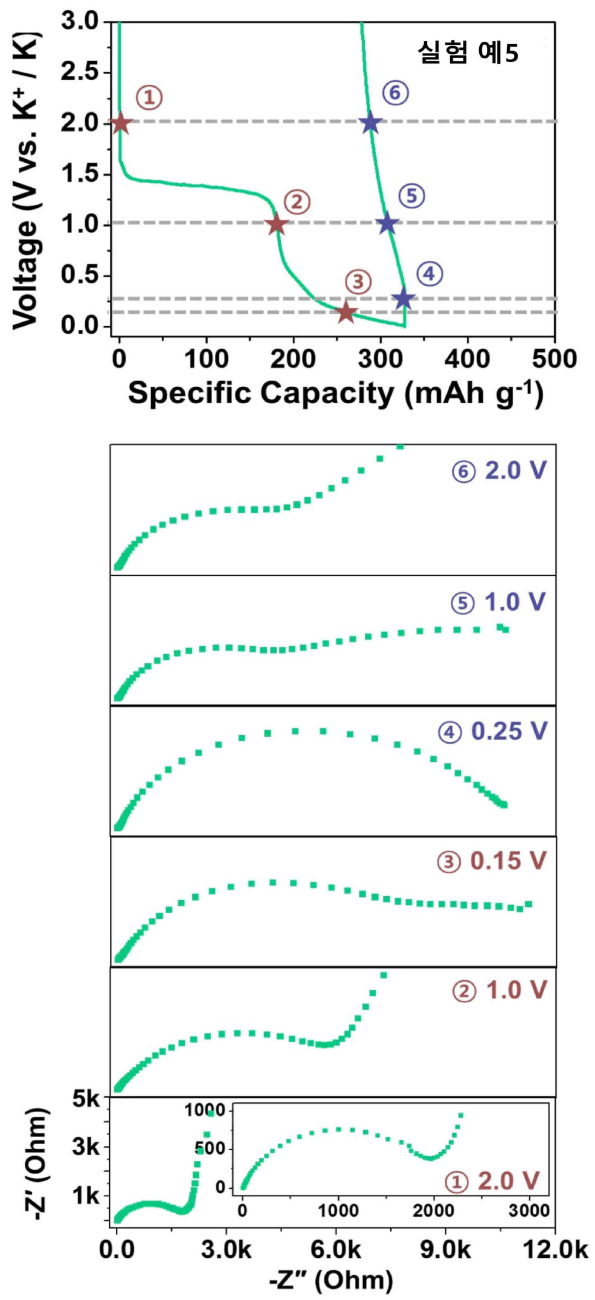
도면14



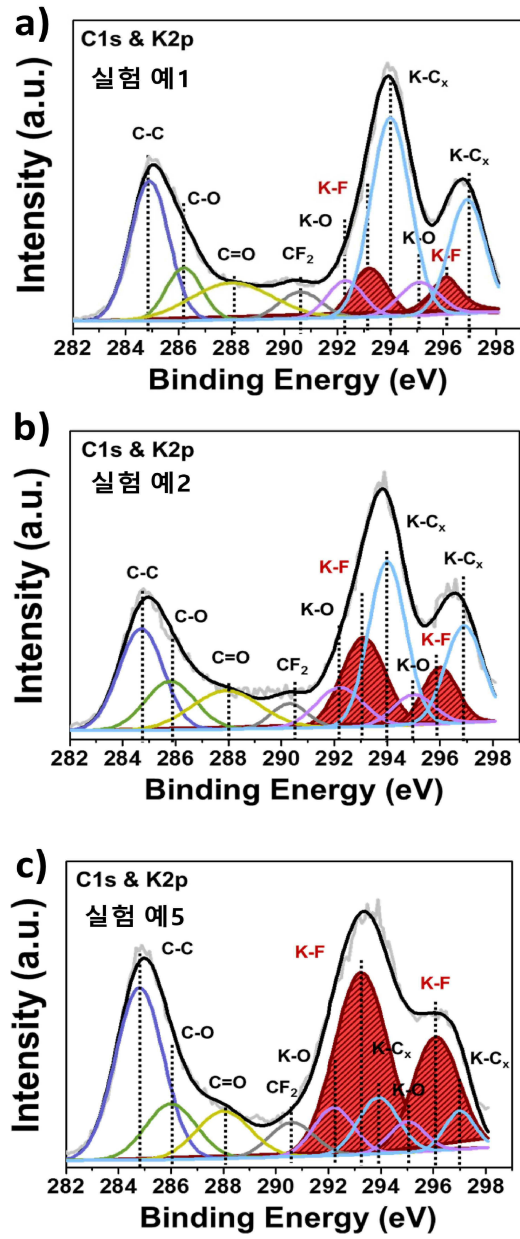
도면15



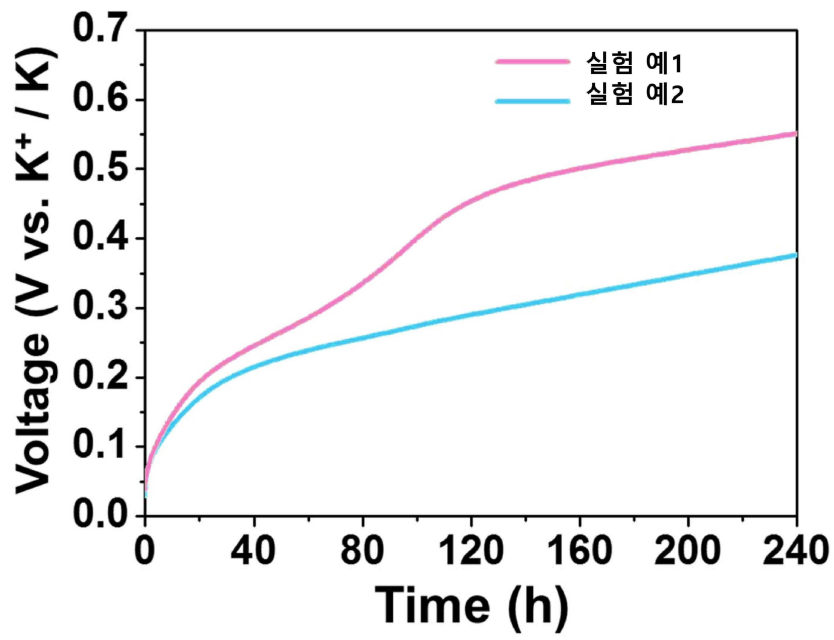
도면16



도면17



도면18



도면19

