(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월17일
(11) 등록번호 10-1513384
(24) 등록일자 2015년04월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/58 (2015.01) *H01M 10/0525* (2010.01)
H01M 4/68 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7020275(분할)
(22) 출원일자(국제) 2009년02월25일
심사청구일자 2014년02월24일
(85) 번역문제출일자 2013년07월30일
(65) 공개번호 10-2013-0089674
(43) 공개일자 2013년08월12일
(62) 원출원 특허 10-2010-7018725
원출원일자(국제) 2009년02월25일
심사청구일자 2013년04월18일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/035195
(87) 국제공개번호 WO 2009/108731
국제공개일자 2009년09월03일
(30) 우선권주장
12/392,525 2009년02월25일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
WO2007086411 A1

(73) 특허권자
로제스키, 로날드 앤쏘니
미국 캘리포니아 팰러 앨토 셔먼 애비뉴 425 스위트 230 피터스 버니 엘엘피 (내) (우:94306)
(72) 발명자
로제스키, 로날드 앤쏘니
미국 캘리포니아 팰러 앨토 셔먼 애비뉴 425 스위트 230 피터스 버니 엘엘피 (내) (우:94306)
(74) 대리인
양영준, 양영환

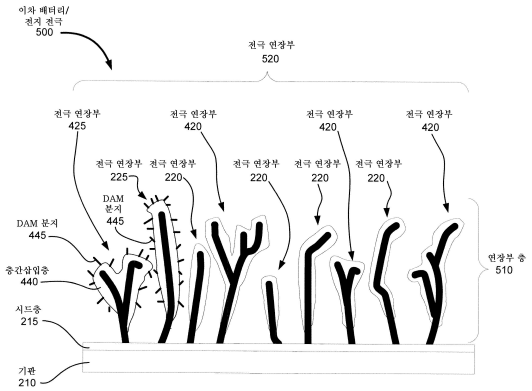
전체 청구항 수 : 총 29 항 심사관 : 노석철

(54) 발명의 명칭 **고용량 전극**

(57) 요 약

고용량 전극은 다수의 지지체 필라멘트가 위에 배치된 전도성 기판을 포함한다. 각 지지체 필라멘트는 그의 폭보다 실질적으로 큰 길이를 가지고, 예를 들어 탄소 나노튜브(CNT), 탄소 나노섬유(CNF) 및/또는 나노와이어(NW)를 포함할 수 있다. 지지체 필라멘트는 니트(neat) 지지체 필라멘트보다 더 큰 이온 흡수 용량을 갖는 물질, 예를 들어 규소로 코팅된다. 기판에 가까운 위치에 있는 지지체 필라멘트의 줄기 영역은 임의로 이온 흡수 물질이 없다. 이 줄기 영역은 기판으로부터의 지지체 필라멘트의 탈착 없이 이온 흡수 물질의 팽창을 허용한다.

대 표 도 - 도5a



(30) 우선권주장
61/067,018 2008년02월25일 미국(US)
61/130,679 2008년06월02일 미국(US)

명 세 서

청구범위

청구항 1

리튬 이온 전지에 사용하기 위한 공여체/수용체 물질(DAM)이며, 공여체/수용체 물질(DAM)은

금속 및 규소를 포함하는 지지체 필라멘트; 및

지지체 필라멘트를 코팅하는 층간삽입층을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은 지지체 필라멘트의 이온 흡수 용량보다 2배 이상 더 큰 이온 흡수 용량을 가지며, 리튬 이온 전지의 순환 동안 리튬 이온을 흡수하고 방출하도록 구성되어 있으며, 여기서 지지체 필라멘트는 기판에 이르는 전기적 경로를 제공하며, 층간삽입층에 대한 지지체를 제공하는 것인,

리튬 이온 전지에 사용하기 위한 공여체/수용체 물질(DAM).

청구항 2

제1항에 있어서, 공여체/수용체 물질(DAM)은 규소 및 흑연을 포함하는 것인 공여체/수용체 물질(DAM).

청구항 3

제1항에 있어서, 공여체/수용체 물질(DAM)은 주석 함유 물질 및 규소로 이루어지는 군 중에서 선택되는 것인 공여체/수용체 물질(DAM).

청구항 4

제1항에 있어서, 지지체 필라멘트는 금속 및 규소를 함유하는 나노와이어를 포함하는 것인 공여체/수용체 물질(DAM).

청구항 5

제1항에 있어서, 층간삽입층 위에 형성된 상층을 더 포함하는 공여체/수용체 물질(DAM).

청구항 6

리튬 이온 전지에 사용하기 위한 리튬 이온 전극이며, 리튬 이온 전극은 공여체/수용체 물질(DAM), 및

금속 및 규소의 금속을 포함하며, 공여체/수용체 물질(DAM)과 전기적으로 연통하는 집전기 기판을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은

금속 및 규소를 포함하는 지지체 필라멘트, 및

지지체 필라멘트를 코팅하며, 지지체 필라멘트의 이온 흡수 용량보다 2배 이상 더 큰 이온 흡수 용량을 갖는 층간삽입층을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은 리튬 이온 전지의 순환 동안 리튬 이온을 흡수하고 방출하도록 구성되어 있으며, 여기서 지지체 필라멘트는 기판에 이르는 전기적 경로를 제공하는 것인,

리튬 이온 전지에 사용하기 위한 리튬 이온 전극.

청구항 7

제6항에 있어서, 지지체 필라멘트는 기판에 고정된(rooted) 나노와이어를 포함하고, 나노와이어는 자유로운 말단(free-end)과 기판에 고정된 말단을 포함하는 것인 리튬 이온 전극.

청구항 8

제6항에 있어서, 층간삽입층은 기판에 근접한 말단에서의 두께가 기판에서 먼 쪽의 두께의 50% 미만인 것인 리

튬 이온 전극.

청구항 9

제6항에 있어서, 지지체 필라멘트와 집전기 기판 사이에 위치하며, 지지체 필라멘트와 집전기 기판 사이의 야금학적인 부착 및 전기 전도도를 개선하도록 구성된 중간 층을 더 포함하는 리튬 이온 전극.

청구항 10

제6항에 있어서, 지지체 필라멘트와 층간삽입층 사이에 위치하며, 지지체 필라멘트와 층간삽입층 사이의 야금학적인 부착 및 전기 전도도를 개선하도록 구성된 중간 층을 더 포함하는 리튬 이온 전극.

청구항 11

제6항에 있어서, 기판이 구리를 포함하는 것인 리튬 이온 전극.

청구항 12

제6항에 있어서, 리튬 이온 전극이 음의 전극인 리튬 이온 전극.

청구항 13

제6항에 있어서, 리튬 이온 전극이 양의 전극인 리튬 이온 전극.

청구항 14

공여체/수용체 물질(DAM), 및

금속 및 규소의 금속을 포함하며, 공여체/수용체 물질(DAM)과 전기적으로 연통하는 집전기 기판을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은

금속 및 규소를 포함하는 지지체 필라멘트, 및

지지체 필라멘트를 코팅하며, 지지체 필라멘트의 이온 흡수 용량보다 2배 이상 더 큰 이온 흡수 용량을 갖는 층간삽입층을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은 리튬 이온 전지의 순환 동안 리튬 이온을 흡수하고 방출하도록 구성되어 있으며, 여기서 지지체 필라멘트는 기판에 이르는 전기적 경로를 제공하는 것인, 리튬 이온 전지.

청구항 15

리튬 이온 전지에 사용하기 위한 공여체/수용체 물질(DAM)이며, 공여체/수용체 물질(DAM)은

금속 및 규소를 포함하는 지지체 필라멘트; 및

지지체 필라멘트를 코팅하며, 규소를 포함하는 층간삽입층을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은 리튬 이온 전지의 순환 동안 리튬 이온을 흡수하고 방출하도록 구성되어 있으며, 여기서 지지체 필라멘트는 기판에 이르는 전기적 경로를 제공하며, 층간삽입층에 대한 지지체를 제공하는 것인,

리튬 이온 전지에 사용하기 위한 공여체/수용체 물질(DAM).

청구항 16

리튬 이온 전지에 사용하기 위한 리튬 이온 전극이며, 리튬 이온 전극은 공여체/수용체 물질(DAM), 및

지지체 필라멘트의 금속을 포함하며, 공여체/수용체 물질(DAM)과 전기적으로 연통하는 집전기 기판을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은

금속 및 규소를 포함하는 지지체 필라멘트, 및

지지체 필라멘트를 코팅하며, 리튬 층간삽입 용량이 흑연의 층간삽입 용량보다 큰 층간삽입층을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은 리튬 이온 전지의 순환 동안 리튬 이온을 흡수하고 방출하도록 구성되어 있으며, 여기서 지지체 필라멘트는 기판에 이르는 전기적 경로를 제공하는 것인,

리튬 이온 전지에 사용하기 위한 리튬 이온 전극.

청구항 17

공여체/수용체 물질(DAM), 및

지지체 필라멘트의 금속을 포함하며, 공여체/수용체 물질(DAM)과 전기적으로 연통하는 집전기 기판을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은

금속-규소 계면을 포함하는 지지체 필라멘트, 및

지지체 필라멘트를 코팅하며, 규소를 포함하는 층간삽입층을 포함하며,

상기 공여체/수용체 물질(DAM)은 리튬 이온 전지의 순환 동안 리튬 이온을 흡수하고 방출하도록 구성되어 있으며, 여기서 지지체 필라멘트는 기판에 이르는 전기적 경로를 제공하는 것인, 리튬 이온 전지.

청구항 18

제16항에 있어서, 공여체/수용체 물질(DAM)은 규소를 포함하는 것인 리튬 이온 전극.

청구항 19

제16항에 있어서, 공여체/수용체 물질(DAM)은 규소와 금속 산화물을 포함하는 것인 리튬 이온 전극.

청구항 20

제16항에 있어서, 공여체/수용체 물질(DAM)은 규소와 질화물을 포함하거나, 또는 규소와 흑연을 포함하는 것인 리튬 이온 전극.

청구항 21

재충전가능 배터리에 사용하기 위한 전극층이며, 전극층은

내부 공동 및 고용량 공여체/수용체 물질(DAM)의 층을 포함하는 나노튜브, 및

나노튜브 아래에 있는 전도성 기판

을 포함하는 것인, 재충전가능 배터리에 사용하기 위한 전극층.

청구항 22

내부 공동 및 고용량 공여체/수용체 물질(DAM)의 층을 포함하는 나노튜브, 및

나노튜브 아래에 있으며, 나노튜브의 적어도 일부는 전도성 기판 위의 지점에서 상호연결되는 것인 전도성 기판

을 포함하는 전극층을 포함하는 리튬 이온 배터리.

청구항 23

내부 공동을 갖는 나노튜브,

나노튜브의 둘레에 배치되고, 고용량 공여체/수용체 물질(DAM)을 포함하는 층들, 및

나노튜브 아래에 있는 전도성 기판

을 포함하는 전극.

청구항 24

제23항에 있어서, 고용량 공여체/수용체 물질(DAM)이 규소 및 주석으로 이루어지는 군 중에서 선택되는 1종 이상의 물질을 포함하는 것인 전극.

청구항 25

제23항에 있어서, 고용량 공여체/수용체 물질(DAM)이 규소 및 3d 금속 산화물을 포함하는 것인 전극.

청구항 26

제23항에 있어서, 나노튜브의 외부 표면을 실질적으로 덮는 상층을 더 포함하며, 상기 상층은 금속, 다이아몬드 유사 코팅, SiO_2, 중합체 및 결합제로 이루어지는 군 중에서 선택되는 1종 이상의 물질을 포함하는 것인 전극.

청구항 27

제23항에 있어서, 나노튜브는 길이 대 직경 비가 5:1이상이며, 길이가 1 ㎛ 내지 100 ㎛인 전극.

청구항 28

제23항에 있어서, 나노튜브의 적어도 일부는 탄소 나노튜브를 포함하는 것인 전극.

청구항 29

내부 공동 및 고용량 공여체/수용체 물질(DAM)을 포함하는 나노튜브, 및

나노튜브 아래에 있으며, 나노튜브의 적어도 일부는 전도성 기판 위의 지점에서 상호연결되는 것인 전도성 기판

을 포함하는 제1 전극층,

제2 전극, 및

전해질

을 포함하는 리튬 이온 배터리.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본원은 2008년 2월 25일자로 출원된 미국 특허 출원 12/392,525 및 2008년 2월 25일자로 출원된 미국 특허 가출원 61/067,018 및 2008년 6월 2일자로 출원된 미국 특허 가출원 61/130,679를 우선권 주장의 기초로 하는 출원이다. 이들 출원의 게재 내용은 전체를 본원에 참고로 인용한다.

[0003] 발명의 분야

[0004] 본 발명은 배터리 기술 분야에 속한다.

배 경 기 술

[0005] 관련 기술

[0006] 배터리/연료 전지(배터리)의 4 가지 기본 설계 매개변수는 에너지 밀도, 전력 밀도, 순환 수명 및 안전성을 포함한다. 에너지 밀도는 배터리가 얼마나 많은 에너지를 저장할 수 있는지를 의미하고, MJ/kg(mega-joule/kilogram) 단위로 측정된다. 전력 밀도(또한, 전력 대 중량 비 및 비전력이라고도 부름)는 단위 질량 당 저장 에너지를 얼마나 빨리 전달할 수 있는지를 의미하고, W/kg (kilowatt/kilogram) 단위로 측정된다. 순환 수명은 배터리의 충전 용량 대 충전/방전 순환 수를 의미한다. 대표적으로, 순환 수명이 클수록 더 유용하다. 배터리의 안전성에 관한 고려 사항은 사람 또는 성질에 해를 끼칠 수 있는 과정, 예를 들어 독성 화학물질 방출 및 발화점으로의 과열을 포함한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 도 1은 선행 기술의 리튬 이온 이차(재충전가능) 배터리/전지 (100)의 단면을 도시한다. 이차 배터리/전지

(100)은 애노드 (120), 전해질 (140), 분리막 (130), 전해질 (140) 및 캐소드 (110)을 포함한다. 일부 경우에서, 배터리의 애노드 (120)은 흑연을 포함한다. 애노드 (120)에 흑연을 사용하는 이유는 리튬 이온 층간삽입의 용이성 및 흑연의 낮은 비용을 포함한다. 별법으로, 애노드 (120)은 애노드의 벌크(거시적) 기판에 직접 적용된 규소를 포함한다. 규소를 사용하는 이유는 규소가 흑연보다 대략 10 배 많은 리튬 이온을 층간삽입할 수 있기 때문이다. 불행하게도, 규소는 대표적으로 최대한의 리튬 이온 층간삽입시 400% 이상 팽창하고, 이는 규소 파손을 일으키고 애노드 (120)에 대한 규소의 고착을 실질적으로 손상시킴으로써 수명을 단축할 수 있다.

[0008] 이차 배터리/전지 (100) 사이의 분리막 (130)은 기공성 막을 포함한다. 일부 실시태양에서, 기공성 막은 마이크로기공성 폴리올레핀 막이다. 마이크로기공성 폴리올레핀은 배터리 내부의 반응에 참여하지 않는다. 분리막 (130)은 대표적으로 약 50 ㎛의 두께를 가지고, 기공 (135)를 포함한다. 기공 (135)의 크기의 대표적인 평균은 약 2.0 ㎛ 이상이다.

[0009] 이차 배터리/전지 (100)의 캐소드 (110)은 일반적으로 세 종류가 있다. 이들 세 종류는 층상 산화물(예: $LiCoO_2$, $LiMnO_2$ 또는 $LiNiO_2$), 다가 음이온(예: 리튬 철 포스페이트), 또는 스피넬(예: 산화망간)을 포함한다.

캐소드 (110)에 이용되는 물질은 대표적으로 벌크 물질 또는 벌크 침착된/성장한 필름이다. 불행하게도, 이들 물질의 거시적 성질 때문에, 캐소드 (110)의 벌크 물질에서의 이온 확산이 충전 및 방전 순환 동안에 산화 속도 및 환원 속도를 제한한다. 이온의 불량한 확산 속도는 전체 전력 밀도를 제한한다. 캐소드는 배터리/전지 (100)으로부터 전류를 인출하기 위해 전기 접점 (150A)에 전기적으로 커플링될 수 있다. 애노드는 배터리/전지 (100)으로부터 전류를 인출하기 위해 전기 접점 (150B)에 전기적으로 커플링될 수 있다.

[0010] 이차 배터리/전지 (100)에서 전해질 (140)은 용매에 용해된 염, 예를 들어 $LiClO_4$, $LiPF_6$, $LiBF_4$ 및/또는 기타 등등일 수 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 요약

[0012] 본 발명의 다양한 실시태양은 기판, 기판에 부착된 다수의 지지체 필라멘트, 및 지지체 필라멘트에 부착되고 이온 흡수시 부피가 5% 이상 팽창하도록 구성된 이온 흡수 물질을 포함하고, 전해질의 제1 영역에 배치된 전극; 전해질의 제1 영역과 제2 영역을 분리하도록 구성된 분리막; 및 전해질의 제2 영역에 배치된 캐소드를 포함하고, 캐소드, 애노드 및 분리막이 재충전가능 배터리로서 작동하도록 구성된 시스템을 포함한다.

[0013] 본 발명의 다양한 실시태양은 전도성 기판; 탄소 나노튜브(CNT), 탄소 나노섬유(CNF) 또는 나노와이어(NW)를 포함하는, 기판에 부착된 다수의 지지체 필라멘트; 및 각 지지체 필라멘트의 전부가 아니라 일부에 부착되고 이온 흡수시 부피가 5 배 이상 팽창하도록 구성된 이온 흡수 물질을 포함하는 전극을 포함한다.

[0014] 본 발명의 다양한 실시태양은 전도성 기판을 수용하는 것; 전도성 기판에 커플링된 10:1 이상의 종횡비(길이/폭)를 갖는 다수의 지지체 필라멘트를 생성하는 것; 이온에 대해 지지체 필라멘트보다 10 배 이상 큰 이온 흡수 용량을 갖는 이온 흡수 물질로 다수의 지지체 필라멘트를 코팅하여 전극을 생성하는 것을 포함하는 방법을 포함한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 재충전가능 배터리로서 작동하도록 구성된 시스템 및 전극은 에너지 밀도, 전력 밀도, 순환 수명 및 안전성이 우수하며, 안전하다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 선행 기술의 재충전가능 배터리의 단면도를 나타낸다.

도 2a는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 전극의 단면도를 나타낸다.

도 2b는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 도 2a의 시드(seed)층의 세부 사항을 도시한 단면도이다.

도 2c는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는, 지지체 필라멘트와 층간삽입층 사이의 하층 및 층간삽입층을 캡슐화하는 상층을 도시하는 도 2a의 전극 연장부의 일부의 단면도이다.

도 3은 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 도 2a의 지지체 필라멘트의 세부 사항을 도시하는 도 2의 전극의

단면도이다.

도 4a는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 별형의 전극의 단면도를 나타낸다.

도 4b는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 별형의 전극의 단면도를 나타낸다.

도 4c는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 도 4a의 지지체 필라멘트의 세부 사항을 도시하는 단면도이다.

도 5a는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 별형의 전극의 단면도를 나타낸다.

도 5b는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 도 5a의 지지체 필라멘트 및 전극의 세부 사항을 도시하는 도면을 나타낸다.

도 6a는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 도 2a의 선 a-a를 따라서 절취한 전극 연장부의 단면도를 나타낸다.

도 6b는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 도 2a의 선 a-a를 따라서 절취한 지지체 필라멘트의 단면도를 나타낸다.

도 6c는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 도 2a의 선 a-a를 따라서 절취한 지지체 필라멘트의 단면도를 나타낸다.

도 7은 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 지지체 필라멘트의 추가의 실시태양을 도시한 도면을 나타낸다.

도 8은 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 전극의 제조 방법 및 임의로 사용 방법을 도시하는 도면을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 상세한 설명

[0018] 본 발명의 다양한 실시태양은 개선된 전극을 포함하는 재충전가능(이차) 배터리를 포함한다. 임의로, 본 발명의 전극은 개선된 배터리를 생성하기 위해 이차 배터리/전지 (100)의 캐소드 및/또는 애노드의 일부에 포함된다. 전극은 대표적으로 시드층을 이용해서 기판 상에서 성장된 또는 기판에 부착된 전극을 포함한다. 전극 연장부는 전극의 표면적을 증가하도록 구성되고, 지지체 필라멘트 및 층간삽입층을 포함한다. 다양한 실시태양에서, 지지체 필라멘트 물질은 탄소 나노튜브(CNT), 탄소 나노섬유(CNF), 나노와이어(NW)(약 5 ㎛ 미만의 직경을 갖는 와이어), 금속, 반도체, 절연체, 규소 및/또는 기타 등등을 포함한다. CNT, CNF 및/또는 NW는 단일벽 또는 다중벽일 수 있다. 지지체 필라멘트는 기판에 이르는 전기적 경로 및 층간삽입층을 위한 기계적 토대를 제공한다. 층간삽입층은 전해질로부터 이온 흡수 및/또는 공여를 위한 영역을 제공한다. 본원에서 이용될 때, 층간삽입층은 애노드 및 캐소드 둘 모두에서 이용될 수 있다. 다양한 실시태양에서, 층간삽입층은 전해질로부터 이온을 공여 및/또는 수용하도록 구성된 공여체/수용체 물질(DAM)을 포함한다. 이러한 이온 공여 및/또는 수용은 흡착 과정 및 흡수 과정 둘 모두를 포함할 수 있다. 층간삽입층은 이온 흡수시 부피가 5%, 10%, 15%, 50%, 100%, 200% 또는 400% 이상 팽창할 수 있다.

[0019] 다양한 실시태양에서, DAM은 규소, 흑연, Sn, Sn-C, 금속간 화합물, 인화물, 질화물, 3d 금속 산화물, 또는 $LiCoPO_4$, $LiMnPO_4$, $LiMn_2O_4$, $LiCoO_2$, $LiNiO_2$, MnO_2, 바나듐 산화물 V_2O_5 및 LiV_3O_8, 다가 음이온 물질, 예를 들어 $Li(1-x)VOPO_4$, $Li(x)FePO_4$, $LiMnO_2$, Li_2FePO_4F, 도핑된 $LiMn_2O_4$, 및/또는 기타 등등을 포함한다. DAM은 지지체 필라멘트 상에 침착되거나 또는 지지체 필라멘트 상에서 성장한다. 일부 실시태양에서는, 특히 층간삽입층에서 DAM이 팽창 및/또는 수축하는 동안 DAM을 지지하기 위해 추가의 강도(예: 인장, 압축, 전단 및/또는 기타 등등)가 지지체 필라멘트에 제공된다. 일부 실시태양에서, DAM은 지지체 필라멘트의 전부가 아니라 일부를 피복한다. 예를 들어, 지지체 필라멘트의 일부는 코팅되지 않은 채로 있을 수 있다. 코팅되지 않은 부분은 예를 들어 전극 연장부와 기판 사이에서 굴곡성 및 움직임의 자유를 제공할 수 있다. 일부 상황에서, 이것은 층간삽입층에서 DAM의 팽창 및/또는 수축 동안에 지지체 필라멘트가 시드층으로부터 분리될 가능성을 감소시킨다.

[0020] 전극 연장부는 층간삽입 부피 및 표면적을 증가시키고, 이렇게 함으로써 편평한 표면에 침착된 물질층에 비해 전극의 에너지 밀도를 개선한다. 전극 연장부는 기판과 층간삽입층 사이의 굴곡성 계면으로 쓰일 수 있고, 이렇게 함으로써 층간삽입층의 부피 팽창이 큰 정도(예를 들어, 2X, 4X, 6X 등)로 일어나는 것을 허용하고, 동시에 그 물질이 기판으로부터 분리될 위험성을 감소시킨다. 또, 전극 연장부는 층간삽입 물질의 벌크에서 이온의

확산 거리를 감소시킬 수 있고, 따라서 전극의 전력 밀도를 개선한다.

[0021] 도 2a는 전극 (200)의 단면을 도시한다. 본 발명의 다양한 실시태양에 따르면, 재충전가능 배터리, 예를 들어 도 1의 이차 배터리/전지에 하나 이상의 전극 (200)이 이용될 수 있다. 전극 (200)은 기판 (210), 임의의 시드층 (215), 및 전극 연장부 (220)을 포함한다. 전극 연장부 (220)은 지지체 필라멘트 (230) 및 층간삽입층 (240)을 포함한다. 시드층 (215)는 지지체 필라멘트 (230)의 성장을 개시하고 전극 연장부 (220)과 기판 (210)의 연결을 촉진하는 데 이용될 수 있다. 별형의 실시태양에서는, 전극 연장부 (220)이 기판 (210)에 직접 커플링된다. 지지체 필라멘트 (230)은 층간삽입층 (240)을 지지하고 층간삽입층 (240)과 기판 (210) 사이에 전기적 경로를 제공한다. 층간삽입층 (240)은 DAM을 포함하고, 이온의 층간삽입을 위한 표면/부피를 제공한다. 전극 (200)은 대표적으로 다수의 전극 연장부 (220)을 포함한다.

[0022] 지지체 필라멘트 (230)은 약 500 ㎚ 미만의 직경을 가진다(그의 길이를 따라서 평균한 것임). 더 구체적으로, 지지체 필라멘트 (230)의 직경은 1 - 10 ㎚, 10 - 50 ㎚ 및 100 - 500 ㎚로 다양할 수 있다.

[0023] 다양한 실시태양에서, 기판 (210)은 기공성 물질, 금속, 반도체 및/또는 절연체를 포함한다. 예를 들어, 기판 (210)은 낮은 산소 함량을 갖는 구리를 포함할 수 있다. 기판 (210)은 다양한 모양으로 제작될 수 있다. 예를 들어, 기판 (210)은 평면형(단면 및 양면), 원통형, 지느러미형 및/또는 기타 등등일 수 있다. 일부 실시태양에서, 기판 (210)의 모양은 이용가능한 표면적을 최대화하도록 선택된다. 다양한 실시태양에서, 기판 (210)의 두께는 이차 배터리/전지 (100)의 특정 응용에 의존해서 1 ㎛ 내지 100 ㎛, 100 ㎛ 내지 1 ㎜, 1 ㎜ 내지 3 ㎜, 또는 그 초과의 범위이다.

[0024] 임의의 시드층 (215)는 많은 기능 중 하나 이상에 소용이 되고, 여러 개의 부속층을 포함할 수 있다. 예를 들어, 시드층 (215)는 처음 층 (250), 중간 층, 및/또는 마지막 층 (260)을 포함할 수 있다. 시드층 (215)는 지지체 필라멘트 (230)의 처음 성장이 일어나는 영역을 조절함으로써 지지체 필라멘트 (230)의 직경(도 3에서는 지지체 필라멘트 직경 (310)으로 정의됨)을 조절하도록 구성될 수 있다. 처음 층 (250), 중간 층 및/또는 마지막 층 (260)의 상대 및/또는 절대 두께는 지지체 필라멘트 (230)의 처음 성장 영역 및 따라서 지지체 필라멘트 직경 (310)을 조절하도록 선택될 수 있다. 별법으로, 지지체 필라멘트 직경 (310)은 역미셀(reverse-micelle) 방법을 이용해서 조절되고, 이 경우, 개시 부위의 직경 (310)은 역미셀 방법에 이용되는 시드 물질의 적당한 크기 또는 양에 의해 결정된다. CNT/CNF/NW 성장 분야의 숙련자는 다른 방법들도 지지체 필라멘트 (230)의 직경 조절에 이용가능하다는 것을 인식할 것이다. 일부 실시태양에서, 시드층 (215)는 기판에 대한 지지체 필라멘트 (230)의 고착을 조절할 수 있다. 인접하는 지지체 필라멘트 (230) 사이의 간격 및/또는 지지체 필라멘트의 직경은 층간삽입층 (240)에서의 DAM의 가능한 두께를 제한할 수 있고, 그 역도 마찬가지다.

[0025] 시드층 (215)는 지지체 필라멘트 (230)의 개시점의 밀도 및/또는 성장 개시점의 면밀도를 조절할 수 있다. 개시점의 밀도는 지지체 필라멘트 (230) 부착점의 밀도를 결정한다. 부착점의 밀도는 10^{6}/㎠ 내지 10^{11}/㎠일 수 있고, 일반적으로 10^{7}/㎠ 내지 10^{10}/㎠이다. 개시 밀도는 단위 면적 당 지지체 필라멘트 개시 부위의 수, 예를 들어 개수/㎠로 표현될 수 있다. 면밀도는 시드층 (215) 및 기판 (210)으로부터 먼 위치에 있는 지지체 필라멘트 (230) 끝단의 밀도이다. 본원의 다른 곳에서 추가로 논의하는 바와 같이, 지지체 필라멘트 (230)이 분지화될 수 있기 때문에 면밀도가 부착점의 밀도보다 더 클 수 있다. 면밀도는 단위 면적 당 지지체 필라멘트 끝단의 수, 예를 들어 개수/㎠로 표현될 수 있다.

[0026] 일부 실시태양에서, 시드층 (215)는 기판 (210) 상에 단일 층으로 침착된 단일 물질이다. 별법으로, 시드층 (215)는 상이한 물질의 다수의(2 개, 3 개 또는 그 초과) 부속층, 예를 들어 처음 층 (250), 중간 층 및/또는 마지막 층 (260)을 포함한다. 시드층 (215)의 각 부속층은 다양한 기능을 수행하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 부속층 중 하나는 층 사이의 원자 이동을 막도록 구성된 배리어층; 두 층을 함께 결합하도록 구성된 점착층; 아래에 있는 층 또는 위에 있는 층을 화학적/물리적 열화로부터 보호하도록 구성된 보호층; 전도성을 제공하도록 구성된 전도층; 두 층 사이에서 기계적 완충제로 작용하도록 구성된 응력/변형층; 마지막 시드 물질이 아래에 있는 기판에 결합하도록/기판으로부터 이탈하도록 구성된 결합/이탈층; CNT/CNF/NW의 성장을 억제하도록 구성된 층; 및/또는 CNT/CNF 또는 NW 성장을 개시하는 시드층을 포함할 수 있다. 박막 성장 및 침착 분야의 통상의 기술을 가진 자는 시드층 (215)의 박막 층상 구조가 쓰일 수 있는 다른 용도를 인식할 것이다.

[0027] 도 2b는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 도 2a의 시드층 (215)의 세부 사항을 도시하는 단면도이다. 도 2b에 도시된 시드층 (215)는 상이한 물질을 포함하는 부속층의 스택을 포함한다. 본원의 다른 곳에서 기술하는 바와 같이, 부속층은 예를 들어 처음 층 (250), 중간 층 (255) 및 마지막 층 (260)을 포함한다. 처음 층 (25

0)은 기판과 커플링되어 중간 층 (255)를 위한 토대를 형성한다. 중간 층 (255)는 처음 층 (250) 상에 침착되고 마지막 층 (260)을 위한 토대를 형성하도록 구성된다. 마지막 층 (260)은 중간 층 (255) 상에 침착되고, 지지체 필라멘트 (230)의 부착 및 성장 개시를 위한 부위를 제공하도록 구성된다. 별법으로, 마지막 층 (260)은 CNT/CNF/NW의 성장을 억제하도록 구성된다.

[0028] 다양한 실시태양에서, 마지막 층 (260)은 몰리브덴, 철, 코발트, 니켈 및/또는 기타 등등을 포함한다. 마지막 층 (260)의 다양한 물질은 포함하는 CNT, CNF 및/또는 NW의 성장을 개시 또는 억제하고/하거나 부착을 제공한다. 중간 층 (255)는 예를 들어 철, 코발트, 니켈, 티탄, 질화티탄, 알루미늄 및/또는 기타 등등을 포함할 수 있다. 처음 층 (250)은 예를 들어 백금, 텅스텐, 티탄, 크롬 및/또는 기타 등등을 포함할 수 있다. 시드층 (215)의 부속층에 다른 물질이 포함될 수 있음을 인식할 것이다.

[0029] 다양한 실시태양에서, 지지체 필라멘트 (230)은 NW, CNF 및/또는 CNT를 포함한다. 지지체 필라멘트 (230)은 층간삽입층 (240)의 침착 및 성장을 위한 기계적 토대를 제공한다. 또, 지지체 필라멘트 (230)은 층간삽입층 (240)의 DAM에 강도(예: 인장 강도, 압축 강도, 전단 강도 및/또는 기타 등등)을 제공할 수 있다. 추가의 강도는 DAM의 팽창 및/또는 수축 동안 층간삽입층 (240)의 손상을 감소시키거나 또는 방지한다. 다양한 실시태양에서, 지지체 필라멘트 (230)의 물질은 CNT, CNF, NW, 금속, 반도체, 절연체 및/또는 기타 등등을 포함한다. CNT는 단일벽 또는 다중벽을 포함할 수 있다. 일부 실시태양에서는, 지지체 필라멘트 (230)의 CNT/CNF가 DAM으로 작용하도록 구성된다.

[0030] 일부 실시태양에서, 층간삽입층 (240)은 지지체 필라멘트 (230)의 길이의 전부가 아니라 일부를 코팅한다. 따라서, 지지체 필라멘트 (230)의 일부는 코팅되지 않은 줄기 (235)를 형성한다. 줄기 (235)는 지지체 필라멘트 (230)의 굴곡 및 움직임을 위한 영역을 제공하도록 구성된다. 이러한 굴곡은 층간삽입층 (240)의 팽창 및 수축으로 인한 기계적 응력을 감소시킬 수 있다. 응력이 감소하지 않으면, 이러한 응력은 시드층 (215)로부터 지지체 필라멘트 (230)의 파손 및/또는 분리를 일으킬 수 있다. 줄기 (235)의 길이는 수 Å 내지 수 ㎛의 범위일 수 있다. 일부 실시태양에서, 줄기 (235)의 길이는 층간삽입층 (240)이 완전 팽창할 때 층간삽입층이 시드층 (215)에 이르지 못하거나 또는 시드층 (215)에 간신히 이르도록 선택된다. 다양한 실시태양에서, 줄기의 길이는 0.1 ㎛ 이상, 0.25 ㎛ 이상, 0.3 ㎛ 이상, 0.5 ㎛ 이상, 또는 1.0 ㎛ 이상이다. 일부 실시태양에서, 줄기 (235)의 길이는 1 ㎛보다 실질적으로 크다. 줄기 (235)는 대표적으로 시드층 (215)에 가장 가까운 지지체 필름 (230)의 단부에 근접하여 위치한다. 그러나, 코팅되지 않은 줄기 (235)는 지지체 필라멘트 (230)의 다른 또는 대체 부분에 제공될 수 있다. 예를 들어, 코팅되지 않은 줄기 (235)는 지지체 필라멘트 (230) 내의 분지에 근접해서 제공될 수 있다.

[0031] 일부 실시태양에서, 줄기 (235)는 코팅을 전혀 갖지 않는 영역이라기보다는 오히려, 전극 연장부 (220)의 다른 부분들에 비해 감소된 층간삽입층 (240) 코팅을 갖는 영역이다. 예를 들어, 줄기 (235)는 전극 연장부 (220)의 다른 영역에서 발견되는 층간삽입층 (240)의 두께의 10% 미만, 25% 미만 또는 50% 미만의 두께를 갖는 층간삽입층 (240) 코팅을 가질 수 있다.

[0032] 도 2c는 지지체 필라멘트 (230)과 층간삽입층 (240) 사이의 임의의 하층 (290) 및 층간삽입층 (240)을 캡슐화하는 임의의 상층 (295)를 포함하는 도 2a의 전극 연장부 (220)의 일부의 단면도이다. 일부 실시태양에서, 하층 (290)은 층간삽입층 (240)의 증기-액체-고체(VLS) 성장을 위한 시드층을 제공하도록 구성된다. 별법으로, 하층 (290)은 하나의 금속 또는 일련의 금속(예: 금, 은, 구리 및/또는 기타 등등) 또는 염(예: LiF)의 얇은 층(1 ㎛ 미만)을 포함한다. 요망되는 효과에 의존해서 다른 물질이 하층 (290)을 형성하는 데 이용될 수 있다.

[0033] 상층 (295)는 층간삽입층 (240) 상에서 성장/침착될 수 있다. 상층 (295)는 층간삽입층 (240)을 일부 또는 전부 캡슐화할 수 있다. 상층 (295)를 이루는 물질은 예를 들어 금속, 예를 들어 금, 은, 구리 및/또는 기타 등등을 포함한다. 또, 상층 (295)는 다이아몬드 유사 코팅(DLC), 또는 절연체, 예를 들어 SiO_2, 결합제, 중합체, 또는 기타 등등을 포함할 수 있다. 금속, 반도체 또는 절연체의 경우, 상층 (295)의 두께는 대표적으로 1 ㎛ 미만이다. 다양한 실시태양에서, 상층 (295)의 두께는 결합제의 경우 1 ㎛ 정도 크기일 수 있거나 또는 중합체의 경우 이보다 더 클 수 있다.

[0034] DAM은 다양한 방법을 이용해서 지지체 필라멘트 (230) 상에서 성장/침착될 수 있다. 이 방법은 예를 들어 증발, 스퍼터링, PECVD(플라즈마 강화 화학 증착), 저압 화학 증착(LPCVD), VLS(증기-액체-고체 합성), 전해 도금, 무전해 도금, "무전계" 화학 증착(CVD), 유기금속 CVD, 분자선 에피택시(MBE) 및/또는 기타 등등을 포함한다. 일부 실시태양에서, DAM 분포는 지지체 필라멘트의 표면에 걸쳐서 균일하다. 별법으로, DAM 분포는 지지체 필라멘트 (230)의 길이에 걸쳐서 균일하지 않다. 예를 들어, 줄기 (450) 높이는 CNT/CNF/NW의 높이의 0%

내지 99%로 다양할 수 있다. 일부 실시태양에서, 기판 (210)에 근접하는 DAM은 지지체 필라멘트 (230)의 먼 위치에 있는 단부에 비해 더 작은 두께를 가진다. 이러해서, DAM의 두께는 지지체 필라멘트 (230)을 따라서 기판 (210)으로부터의 거리에 따라서 증가할 수 있다.

[0035] DAM의 팽창은 DAM에 포함되는 물질에 의존한다. 예를 들어, 규소의 경우, 팽창은 400% 정도로 클 수 있다. Sn(주석)의 경우, 팽창은 대략 233%일 수 있다. 캐소드 팽창은 전극이 전해질에 삽입될 때 및 배터리가 과방전에 이르도록 작동될 때 일어난다. DAM의 두께는 수 ㎚ 내지 수십 ㎛의 범위일 수 있다. 예를 들어, 다양한 실시태양에서, 두께(팽창되지 않은 상태)는 1 - 10 ㎚, 10 - 1000 ㎚, 1 ㎛ 내지 50 ㎛이다. 임의로, 애노드에 비해 캐소드에 더 큰 두께가 이용된다.

[0036] 줄기 (235)의 요망되는 길이를 달성하는 데는 많은 방법이 이용될 수 있다. 이러한 방법의 예는 성장 중인 지지체 필라멘트 (230)의 종횡비 조절, 방향성 침착, 전해 침착, 줄기를 격리하도록 하부 층에 무전해 침착, 지지체 필라멘트 (230)에 층간삽입층 (240)의 성장/침착을 개방하도록 스퍼터링 및 차폐층의 얕은 에칭, 지지체 필라멘트 (230)의 성장 전에 예비 커플링 층 격리(즉, 시드 위치 차폐), 유리한 종횡비(예를 들어, 나무 모양 구조)를 달성하도록 지지체 필라멘트 (230)의 성장 매개변수 변경, 또는 침착 및 지지체 필라멘트 (230)으로부터 DAM 피복을 도로 없애도록 방향성 에칭 수행을 포함한다.

[0037] 도 3은 도 2a의 지지체 필라멘트 (230)의 세부 사항을 도시하는 전극 (200)의 단면도이다. 도 3은 명료하게 하기 위해 층간삽입층 (240)이 생략되어 있다는 점에서 도 2a와 상이하다. 다양한 실시태양에서, 지지체 필라멘트 직경 (310)은 10 ㎚ 미만, 10 내지 100 ㎚, 100 내지 500 ㎚, 및 500 ㎚ 초과이다. 지지체 필라멘트 직경 (310)은 지지체 필라멘트 (230)의 길이를 따라서 다를 수 있다.

[0038] 다양한 실시태양에서, 지지체 필라멘트 (230)의 높이 (320)은 약 1 ㎛ 내지 약 100 ㎛, 100 ㎛ 내지 500 ㎛, 500 ㎛ 내지 약 1000 ㎛, 또는 약 1000 ㎛ 초과이다. 이 높이는 지지체 필라멘트 (230)이 기울거나 또는 구부려지기 때문에 다를 수 있다. 지지체 필라멘트 (230)의 성장을 위한 개시 부위 (330)은 지지체 필라멘트 (230)의 성장이 완료된 후 마지막 층 (260)이 시드층의 바로 앞 층에 부착된 채로 있는 시딩된(seeded) 기저부를 포함할 수 있다. 임의로, 지지체 필라멘트 (230)은 필라멘트 연장부 끝단 (340)을 포함하고, 여기서는 성장이 완료된 후 마지막 층이 시드층의 나머지로부터 분리되고, 지지체 필라멘트의 끝단에 존재한다.

[0039] 도 4a는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 전극 (400)의 단면을 도시한다. 전극 (400)은 도 2a의 전극 연장부 (220)의 별형의 실시태양인 전극 연장부 (420)을 포함한다. 도 4a는 도 4a에 도시된 전극 연장부 (420)이 하나 이상의 분지를 포함한다는 점에서 도 2a와 상이하다. 구체적으로, 전극 연장부 (420)은 지지체 필라멘트 (430)을 포함하고, 지지체 필라멘트 (430)은 시드층 (215)와 단일 점 접촉하는 단일 줄기 (450)을 공유하는 다수의 분지 (420a), (420b) 및 (420c)를 포함한다. 추가로, 전극 연장부 (420)은 분지 (420a) - (420c)를 포함해서 지지체 필라멘트 (430)에 적용될 수 있는 층간삽입층 (440)을 포함한다. 지지체 필라멘트 (430) 및 층간삽입층 (440)은 지지체 필라멘트 (230) 및 층간삽입층 (240)의 별형의 실시태양이다. 도 4a에 도시된 다수의 분지 (420a) - (420c)는 전극 연장부 (420)의 유효 표면적 증가를 제공하고, 따라서 층간삽입층 (440)의 DAM의 유효 부피 및 전극 (400)의 표면 부피의 증가를 제공한다. 전극 (400)은 다수의 전극 연장부 (420)을 포함할 수 있다. 전극은 다수의 전극 연장부 (220) 및 (420)의 혼합을 포함할 수 있다.

[0040] 도 4b는 전극 (400)의 별형의 실시태양의 단면을 도시한다. 전극 (400)은 전극 연장부 (425)를 포함한다. 도 4b는 전극 연장부 (425)의 층간삽입층 (440)이 DAM에 의해 형성된 층간삽입 분지 (445)를 포함한다는 점에서 도 4a와 상이하다. 대표적으로, 층간삽입 분지 (445)의 분지 구조는 0 - 10 ㎚ 규모이다. 그러나, 일부 실시태양에서, 분지 구조의 크기는 10 ㎚ 초과일 수 있다. 마찬가지로, DAM은 본원의 다른 곳에서 예시된 바와 같이 전극 연장부 (220)의 층간삽입층 (240)에 분지를 형성할 수 있다. 임의로, 전극 (400)은 다수의 전극 연장부 (425)를 포함한다. 전극 (400)은 다수의 전극 연장부 (220), (420) 및/또는 (425)의 혼합을 포함할 수 있다.

[0041] 도 4c는 도 4a의 지지체 필라멘트 (430)의 세부 사항을 도시하는 단면도이다. 도 4c는 명료하게 하기 위해 층간삽입층 (440)이 생략되어 있다는 점에서 도 4a 및 4b와 상이하다. 도 4c에 도시된 지지체 필라멘트 (430)은 하나 이상의 분지 (430a) - (430c)를 포함하고, 반면에 도 3에 도시된 지지체 필라멘트 (230)은 분지를 포함하지 않는다는 점에서 도 4c와 도 3은 상이하다. 지지체 필라멘트 분지 (430a) - (430c)는 다양한 방법을 이용해서 생성될 수 있다. 예를 들어, 한 방법에서는, 지지체 필라멘트 분지 (430a), (430b) 및 (430c)가 성장이 일어나는 동안 반응 기체 흐름, 반응 기체 종류 및 온도를 변화시킴으로써 생성된다. CNT/CNF/NW 성장 분야의 통상의 기술을 가진 자는 추가의 분지 (430a), (430b) 및 (430c)를 성장시키는 다른 방법이 있다는 것을 인식할 것이다. 지지체 필라멘트 (430)이 3 개의 지지체 필라멘트 분지 (430a) - (430c)를 갖는 것으로 도시되어 있지

만, 지지체 필라멘트 (430)은 더 많은 분지 또는 더 적은 분지를 포함할 수 있다.

[0042] 도 5a는 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 전극 (500)의 단면을 도시한다. 전극 (500)은 전극 (200) 및 (400)의 별형의 실시태양이다. 전극 (500)은 연장부 층 (510)을 포함한다. 연장부 층 (510)은 일렬로 배열된 다수의 전극 연장부 (520)을 포함한다. 전극 연장부 (520)은 예를 들어 도 2a, 4a 및 4b에 각각 도시된 것 같은 전극 연장부 (220), (420) 및/또는 (425)를 포함한다. 추가로, 전극 (500)은 본원의 다른 곳에서 논의되는 바와 같이 층간삽입 연장부를 갖는 전극 연장부 (225)를 포함한다.

[0043] 도 5b는 도 5a의 전극 (500)의 지지체 필라멘트 (230) 및 (430)의 세부 사항을 도시한다. 도 5b는 명료하게 하기 위해 전극 연장부 (520)의 층간삽입층 (240) 및 (440)이 생략되어 있다는 점에서 도 5a와 상이하다. 임의로, 도 5a 및 도 5b에 도시된 전극 연장부 (520)은 도 3 및 도 4c에 각각 도시된 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 규칙적 또는 반규칙적 조를 포함한다. 전극 연장부 (520)은 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)을 통해서 기판 (210)에 이르는 전기적 경로를 제공한다. 별법으로, 다양한 응용에서 더 높은 저항이 이용된다. 또, 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)은 DAM의 침착/성장을 위한 기계적 토대를 제공한다. 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)은 층간삽입시 DAM의 팽창 및/또는 수축이 일어나는 동안 층간삽입층 (240) 및 (440)을 지지하고 층간삽입층의 파손 및/또는 기판 (210)으로부터 전극 연장부 (520)의 분리를 방지하기 위해 전극 연장부 (520)에 강도(예: 인장 강도, 압축 강도, 전단 강도 및/또는 기타 등등)를 추가로 제공한다.

[0044] DAM은 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)을 전부가 아니라 일부 코팅할 수 있다. 일부 실시태양에서는, 지지체 필라멘트의 대부분이 DAM에 의해 코팅된다. 그러나, 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 줄기 (235)는 코팅되지 않거나, 본질적으로 코팅되지 않거나, 또는 최소한으로 코팅될 수 있다. 이것은 시드층 (215)에서 기판 (210)으로부터 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 분리 가능성을 감소시키면서 층간삽입층 (240) 및/또는 (440)의 DAM이 팽창/수축 동안 굴곡하고 움직이는 것을 허용하는 효과를 가진다. 다양한 실시태양에서, 층간삽입층은 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 90% 내지 99%, 75% 내지 90%, 25% 내지 75%, 및 25% 미만을 피복한다.

[0045] 층간삽입층 (240) 및/또는 (440)에서의 DAM의 두께는 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 다양한 특징에 의해 결정될 수 있다. 이러한 특징은 가장 가까운 이웃 지지체 필라멘트의 간격 또는 지지체 필라멘트 간격 (530), 및 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 직경 (310)을 포함한다.

[0046] DAM은 다양한 방법을 이용해서 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430) 상에서 성장/침착되어 층간삽입층 (440)을 형성할 수 있다. 이러한 방법은 증발, 스퍼터링, PECVD, 저압 화학 증착(LPCVD), VLS, 전해 도금 및 무전해 침착을 포함한다.

[0047] 연장부 층 (510)의 적당한 높이를 달성하는 데는 다양한 방법이 이용될 수 있다. 이러한 방법의 예는 방향성 침착을 수행하면서 성장한 지지체 필라멘트 (230)의 종횡비에 의지; 줄기를 격리하도록 하부 층에 전해 침착 또는 무전해 침착; 지지체 필라멘트 (230)을 DAM 성장/침착에 개방하도록 스퍼터링 및 차폐층의 얕은 에칭; 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 성장 전에 예비커플링 층 격리(즉, 시드 위치 차폐); 유리한 종횡비(예: 나무 모양 구조)를 달성하도록 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 성장 매개변수 변경; 또는 침착 및 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)으로부터 DAM 피복을 도로 없애도록 방향성 에칭 수행을 포함한다.

[0048] 일부 실시태양에서, 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 초기 성장의 직경 (310)은 시드층 (215)의 마지막 층의 두께에 의해 결정된다. 예를 들어, 다양한 실시태양에서, 시드층 (215)의 두께는 150 Å 미만, 150 내지 500 Å, 및 500 Å 초과이다. 시드층 (215)의 마지막 층에 이용되는 물질도 또한 지지체 필라멘트의 초기 직경 (310)을 조절할 수 있다. 예를 들어, 주어진 두께의 니켈은 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 초기 성장 동안 동일 두께의 철에 의해 생성되는 직경과 실질적으로 상이한 지지체 필라멘트 직경 (310)을 생성할 수 있다. 표준 리소그래피 기술을 적용해서 시드층 (215)의 마지막 층(260)에 소정의 직경의 개시 부위 (330)을 인쇄할 수 있고, 이는 또한 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 성장 개시 동안 직경 (310)을 조절한다.

[0049] 연장부 층 (510)의 개시 밀도 (540)은 단위 면적 당 개시 부위로 표현될 수 있다. 개시 밀도 (540)은 지지체 필라멘트 간격 (530)의 평균에 의존한다. 연장부 층 (510)의 면밀도 (560)은 단위 면적 당 끝단 (550)으로 표현될 수 있다. 면밀도 (560)은 개시 밀도 및 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430) 당 끝단 (550)의 평균 수에 의존한다. 개시 밀도 (540) 및 면밀도 (560), 뿐만 아니라 지지체 필라멘트 간격 (530)은 직경 (310)을 조절하는 동일 매개변수에 부분적으로 의존한다. 다양한 실시태양에서, 마지막 시드층의 두께, 물질 선택, 상이한 역미셀 방법 기술, 리소그래피 패턴 및/또는 기타 등등이 모두 개시 밀도 (540) 및/또는 면밀도 (560)의 결정에

기여할 수 있다. 일부 실시태양에서, 지지체 필라멘트 간격 (530)은 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 직경 (310)에 의해 영향받는다.

[0050] 기판 (210)에 대한 지지체 필라멘트 (230) 및/또는 (430)의 고착은 시드층의 물질 선택 및 이용되는 특정 성장 방법에 의해 부분적으로 결정된다. 일부 실시태양에서는, 고착을 제공하기 위해 CNT/CNF의 기저부에 탄화물이 생성될 수 있고, 따라서 끝단 성장을 수반한다. 몇몇 경우에서는, 기저부 성장도 고착을 제공할 수 있다.

[0051] 도 6a는 도 2a의 선 a-a를 따라서 절취한 전극 연장부 (220)의 한 실시태양의 단면을 도시한다. 도 6a에 지지체 필라멘트 (230) 둘레에 층을 형성하는 DAM이 도시되어 있다. 도 6b는 도 2a의 선 a-a를 따라서 절취한 전극 연장부 (220)의 한 실시태양의 단면을 도시한다. 도 6b는 도 6b의 층간삽입층 (240)이 본원의 다른 곳에서 논의되는 나노 구조를 생성하는 다양한 방법을 이용해서 생성된 DAM 돌출부 (610)을 포함한다는 점에서 도 6a와 상이하다. DAM 돌출부는 기저부 (620) 및 끝단 (630)을 포함한다. 기저부 분리 간격 (640)은 인접하는 DAM 돌출부 (610)의 DAM 기저부 (620) 사이의 거리이다. 끝단 분리 간격 (650)은 인접하는 DAM 돌출부 (610)의 DAM 끝단 (620) 사이의 거리이다. DAM 기저부 분리 간격 (640)의 최소 거리는 약 0이다.

[0052] 도 6c는 도 2a의 선 a-a를 따라서 절취한 전극 연장부 (220)의 한 실시태양의 단면을 도시한다. 도 6c는 전극 연장부 (220)이 도 4b에 도시된 분지 (430a) - (430c)와 유사한 분지 (670)을 포함한다는 점에서 도 6a와 상이하다. 분지 (670)은 층간삽입층 (240)을 포함한다. 임의로, 층간삽입층 (240)은 전체 분지 (670)을 덮지는 않는다. 따라서, 분지 (670)을 따라서 층간삽입층 (240)과 지지체 필라멘트 (230) 사이에 분지 줄기 (660)이 생성된다. 일부 실시태양에서, 분지 끝단 분리 거리 (655)는 층간삽입층 (240)에 대해 선택된 두께에 의해 결정되고, 분지 기저부 분리 거리 (645)는 층간삽입층 (440)의 팽창 및 분지 (670)의 직경에 의해 결정된다.

[0053] 도 7은 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 지지체 필라멘트의 추가의 실시태양을 도시한다. 이 실시태양은 지지체 캡(cap) (710) 및 지지체 칼라(collar) (720)을 포함한다. 지지체 캡 (710) 및 지지체 칼라는 층간삽입층 (240)이 부착될 수 있는 추가의 표면적을 제공한다. 지지체 칼라 (720)은 개시 부위(임의로, 시드층 (215)와 접촉함) 근처에 배치될 수 있거나, 또는 지지체 필라멘트 (230) 또는 그의 분지의 길이를 따라서 어느 곳에나 배치될 수 있다.

[0054] 일부 실시태양에서, 지지체 캡 (710) 및/또는 지지체 칼라 (720)의 폭은 층간삽입층이 완전 팽창될 때의 층간삽입층 (240)의 폭과 적어도 같은 폭을 가지도록 선택된다. 예를 들어, 층간삽입층이 완전 팽창될 때 160 ㎚의 직경을 가진다면, 지지체 캡 (710) 및/또는 지지체 칼라 (720)은 160 ㎚ 이상이다.

[0055] 다양한 실시태양에서, 지지체 캡 (710) 및/또는 지지체 칼라 (720)은 DAM을 위한 고정점으로서 작용할 수 있을 뿐 아니라 전극 연장부 (425)의 길이를 따라서 일어나는 DAM 팽창을 제한하는 것으로서 작용할 수 있다. 예를 들어, 지지체 캡 (710)은 반복된 팽창 및 수축의 결과로 DAM이 지지체 필라멘트 (430)의 단부로부터 이동하지 못하게 하도록 구성될 수 있다. 지지체 캡 (710) 및/또는 지지체 칼라 (720)은 지지체 필라멘트 (430)의 직경 변화의 예이다. 다른 변화도 가능하다. 예를 들어, 직경은 주기적으로, 점차적으로 및/또는 갑자기 변할 수 있다. 일부 실시태양에서, 지지체 필라멘트 (430)은 기판 (210)에 인접한 곳에 비해 기판 (210)으로부터 먼 위치에 있는 곳에서 더 큰 직경을 가진다.

[0056] 도 8은 본 발명의 다양한 실시태양에 따르는 전극 제조 방법 및 임의로 전극 사용 방법을 도시한다. 전도성 기판 수용 단계 (810)에서는 기판 (210)을 수용한다. 기판 (210)은 시드층 (215)의 추가 또는 지지체 필라멘트 (230)의 직접 부착을 위해 준비될 수 있다. 기판 (210)은 제삼자에 의해 제공될 수 있거나, 또는 도 8의 방법을 수행하는 당사자에 의해 제조될 수 있다.

[0057] 임의의 시드층 생성 단계 (815)에서는, 시드층 (215)를 기판 (210) 상에 생성한다. 시드층 생성 단계 (815)는 지지체 필라멘트 (230)이 기판 (210)에 직접 부착되는 실시태양에서는 임의적인 것이다. 일부 실시태양에서, 시드층 생성 단계 (815)는 시드층 (215)의 하나 초과의 부속층을 침착 또는 성장시키는 것을 포함한다.

[0058] 지지체 필라멘트 생성 단계 (820)에서는, 다수의 지지체 필라멘트 (230)을 시드층 (215) 또는 기판 (210) 상에 생성한다. 다양한 실시태양에서, 생성된 지지체 필라멘트 (230)은 5:1 이상, 10:1 이상, 20:1 이상, 50:1 이상 또는 100:1 이상의 종횡비(길이/폭)를 가진다.

[0059] 코팅 단계 (825)에서는, 지지체 필라멘트 생성 단계 (820)에서 생성된 지지체 필라멘트 (230)을 층간삽입층 (240)으로 코팅하여 전극을 생성한다. 본원의 다른 곳에서 논의하는 바와 같이, 지지체 필라멘트 (230)의 줄기 (235)는 임의로 코팅되지 않은 채로 있거나 또는 지지체 필라멘트 (230)의 다른 영역보다 작은 두께의 코팅을 가진다. 다양한 실시태양에서, 지지체 필라멘트 (230) 상에 코팅된 층간삽입층 (240)은 지지체 필라멘트 (23

0)보다 이온에 대해 이온 흡착 또는 흡수 용량이 2 배 이상, 5 배 이상 또는 10 배 이상 크다.

[0060] 임의의 전해질 단계 (830)에서는, 단계 (825)에서 생성된 전극을 전해질 용액에 놓는다. 전극은 캐소드 또는 애노드일 수 있다. 일부 실시태양에서, 코팅된 지지체 필라멘트 (230)을 전해질과 접촉하도록 놓는 것은 층간 삽입층 (240)의 이온 흡수 및 팽윤을 일으킬 것이다.

[0061] 임의의 배터리 단계 (835)에서는, 단계 (825)에서 생성된 전극을 재충전가능 배터리의 하나의 셀에 놓는다. 전극은 캐소드 또는 애노드로서 이용될 수 있다. 일부 실시태양에서는, 단계 (825)를 이용해서 생성된 전극이 재충전가능 배터리의 캐소드 및 애노드 둘 모두에 이용된다.

[0062] 임의의 배터리 순환 단계(840)에서는, 단계 (835)의 배터리를 반복적으로 순환(충전 및 방전)한다. 이 공정에서는, 기판 (210)으로부터 다수의 지지체 필라멘트 (230)을 탈착하지 않으면서 층간삽입층 (240)이 이온을 반복적으로 흡수 및 탈리한다. 본원에 기술된 개선된 전극의 일부 실시태양을 이용하는 재충전가능 배터리는 전하 운반 용량의 상당한 손실이 일어남이 없이 600회 넘게 충분히 순환될 수 있다. 이러한 순환 능력은 줄기 (235)의 존재 또는 크기에 의존할 수 있다. 이러한 반복 순환 능력을 달성함과 동시에, 층간삽입층 (440)이 없는 시스템에 비해 6 배 초과의 충전 용량 개선을 달성할 수 있다.

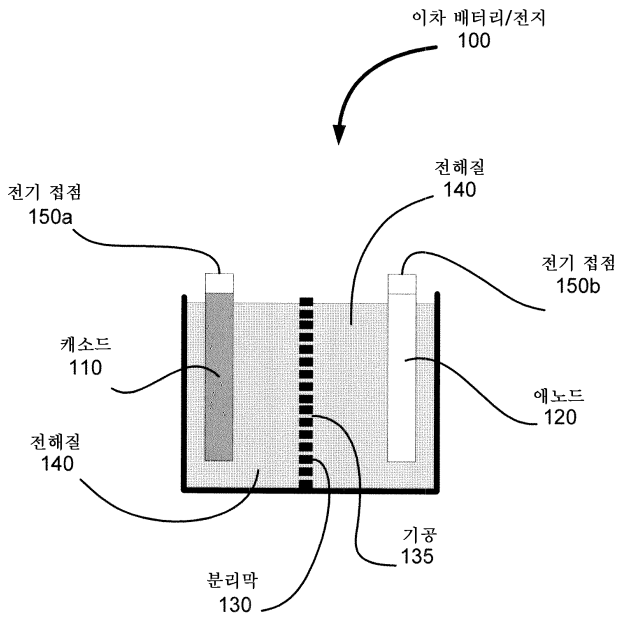
[0063] 본원에서는 수 개의 실시태양이 구체적으로 예시되고/되거나 기술된다. 그러나, 상기 가르침은 본원의 정신 및 의도된 범위에서 벗어남이 없이 첨부된 특허 청구 범위의 범위 내에서 변경 및 변화를 포함한다는 것을 인식할 것이다. 예를 들어, 전극 연장부 (220)을 포함하는 전극을 피복하는 데 추가의 결합제 층이 이용될 수 있다. 이 결합제층은 이온이 층간삽입층 (240) 안팎으로 통과하도록 구성된 이온 침투성 막을 포함할 수 있다.

[0064] 본원에서 논의된 실시태양은 본 발명을 예시한다. 본 발명의 이러한 실시태양을 도면과 관련해서 기술하기 때문에, 기술된 방법 및/또는 특정 구조의 다양한 변경 또는 개조가 당업계 숙련자에게는 명백해질 수 있다. 본 발명의 가르침에 의지하고 이러한 가르침이 해당 기술을 진보하게 하는 이러한 모든 변경, 개조 또는 변화는 본 발명의 정신 및 범위 내에 있는 것으로 여긴다. 따라서, 본 발명은 결코 예시된 실시태양으로만 제한되는 것이 아니기 때문에 이러한 설명 및 도면은 제한적인 의미로 여기지 않아야 한다.

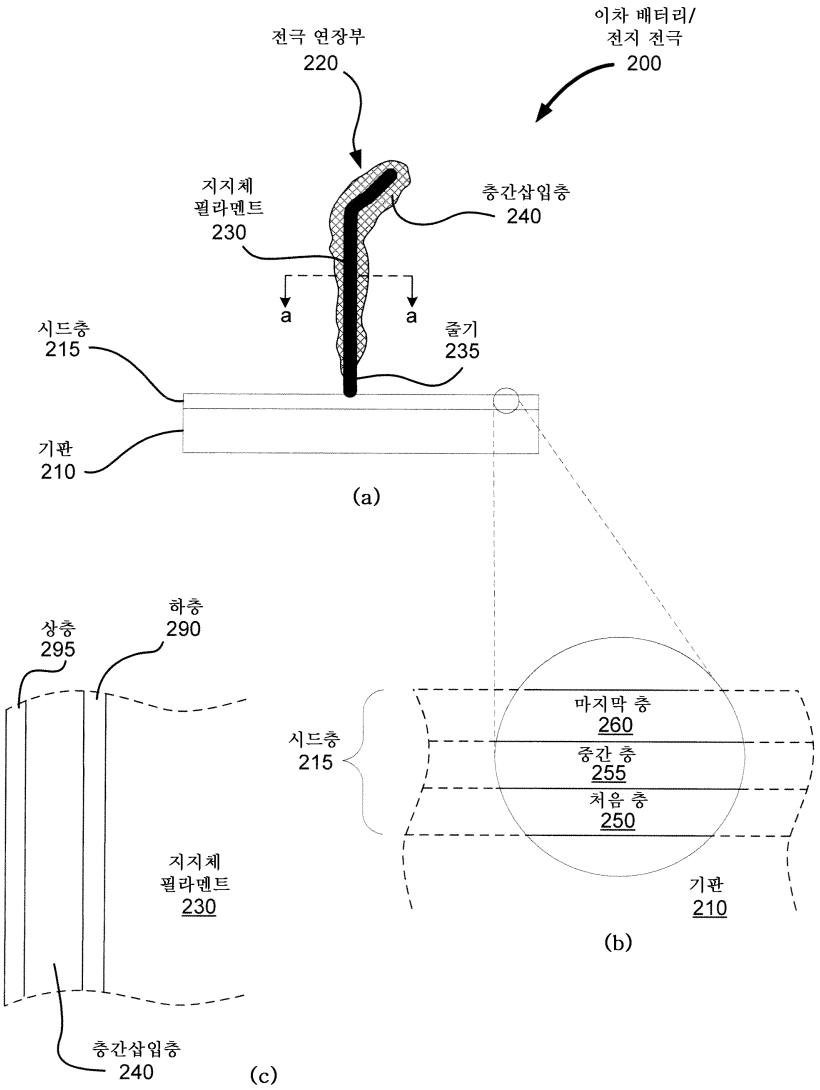
도면

도면1

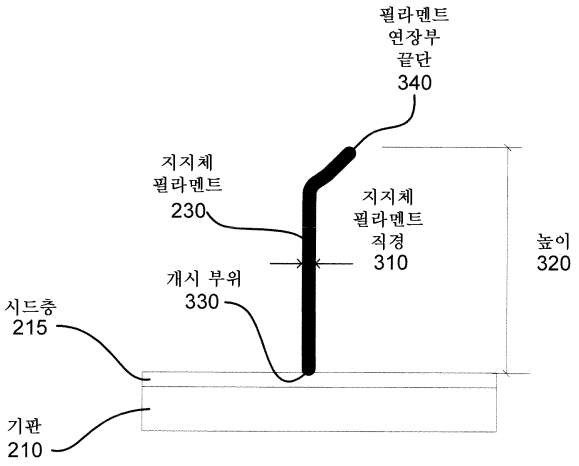
선행 기술



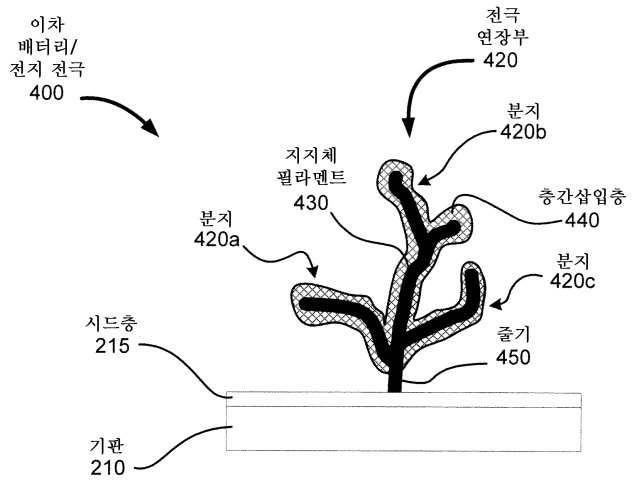
도면2


전극 연장부
220
이차 배터리/
전지 전극
200
지지체
필라멘트
230
층간삽입층
240
a
a
시드층
215
줄기
235
기판
210
(a)
상층
295
하층
290
지지체
필라멘트
230
층간삽입층
240
(c)
시드층
215
마지막 층
260
층간 층
255
처음 층
250
기판
210
(b)

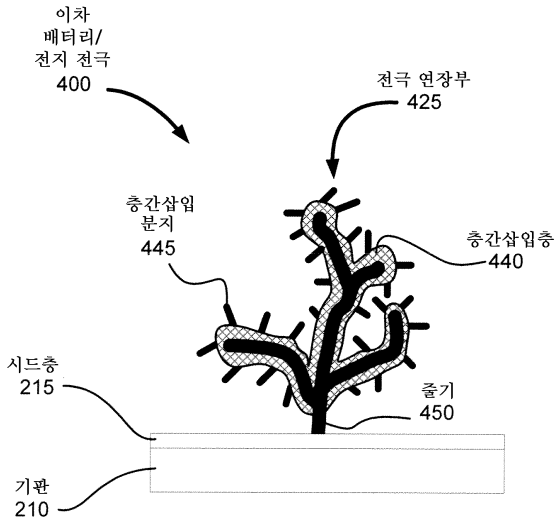
도면3


필라멘트
연장부
끝단
340
지지체
필라멘트
230
지지체
필라멘트
직경
310
높이
320
개시 부위
330
시드층
215
기판
210

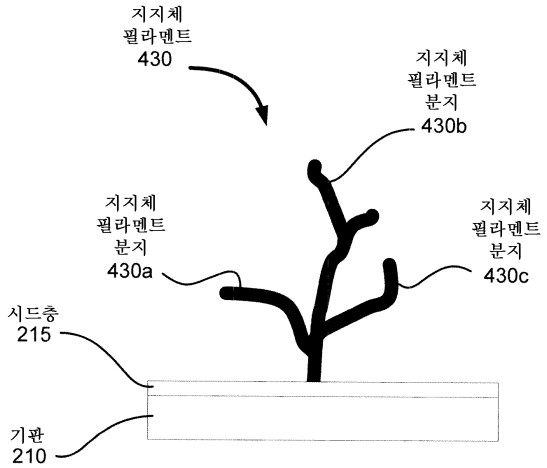
도면4a



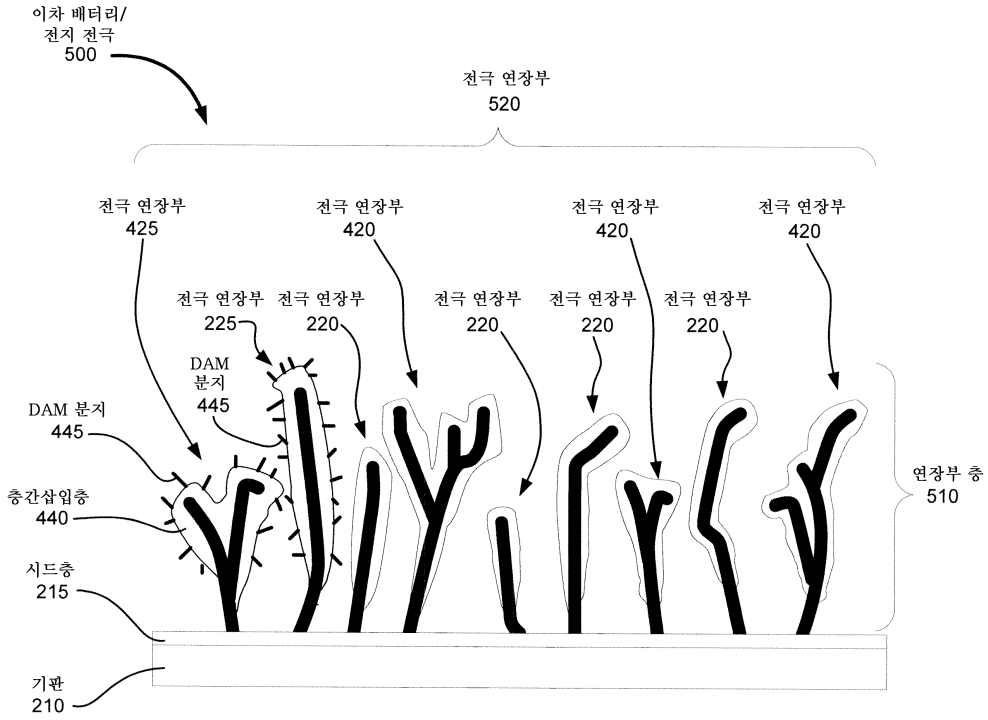
도면4b



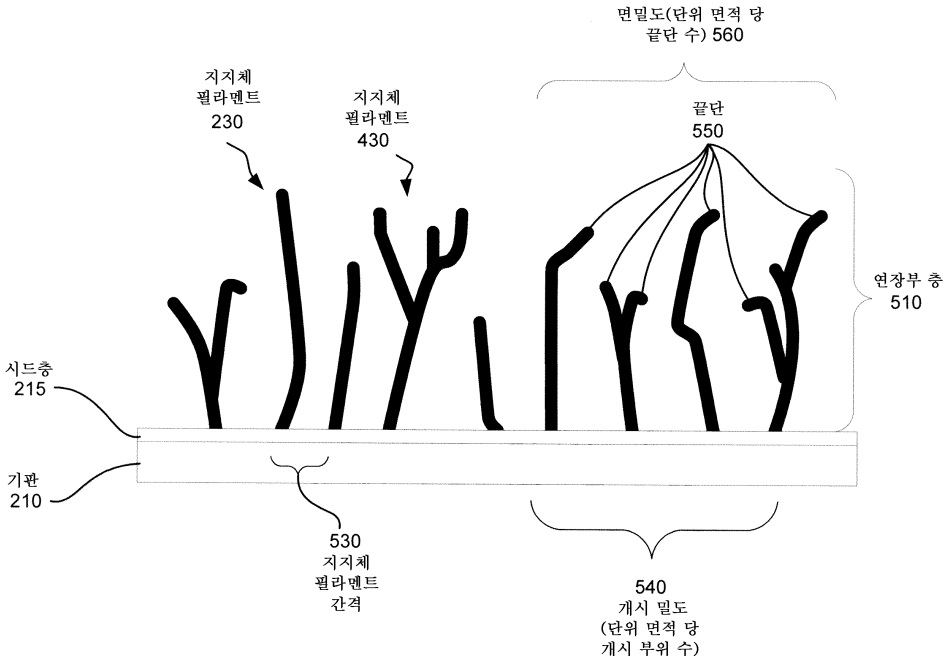
도면4c



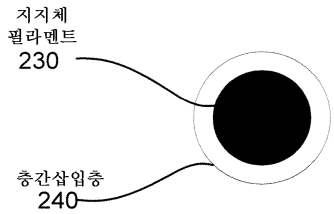
도면5a


이차 배터리/
전지 전극
500
전극 연장부
520
전극 연장부
425
전극 연장부
420
전극 연장부
420
전극 연장부
420
전극 연장부
225
전극 연장부
220
전극 연장부
220
전극 연장부
220
전극 연장부
220
DAM
분지
445
DAM 분지
445
층간삽입층
440
시드층
215
기판
210
연장부 층
510

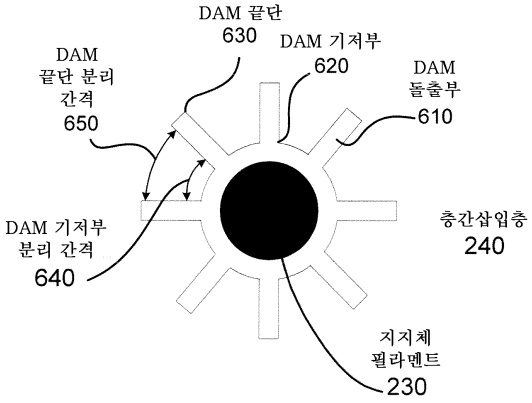
도면5b


면밀도(단위 면적 당
끝단 수) 560
지지체
필라멘트
230
지지체
필라멘트
430
끝단
550
연장부 층
510
시드층
215
기판
210
530
지지체
필라멘트
간격
540
개시 밀도
(단위 면적 당
개시 부위 수)

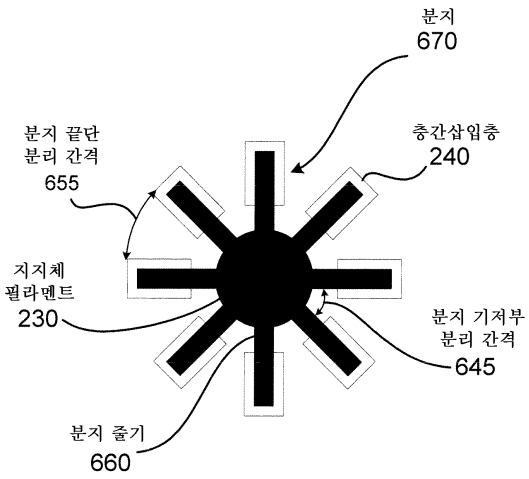
도면6a



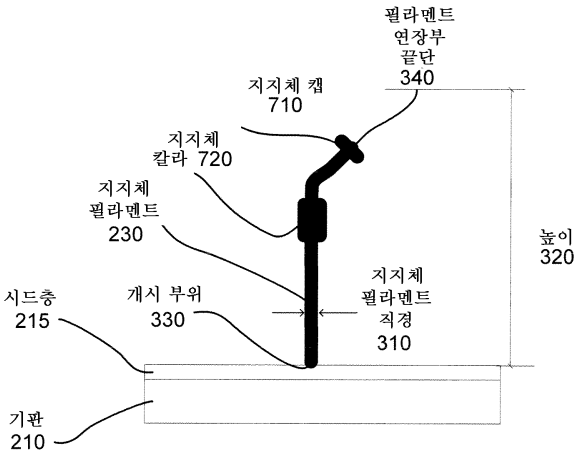
도면6b



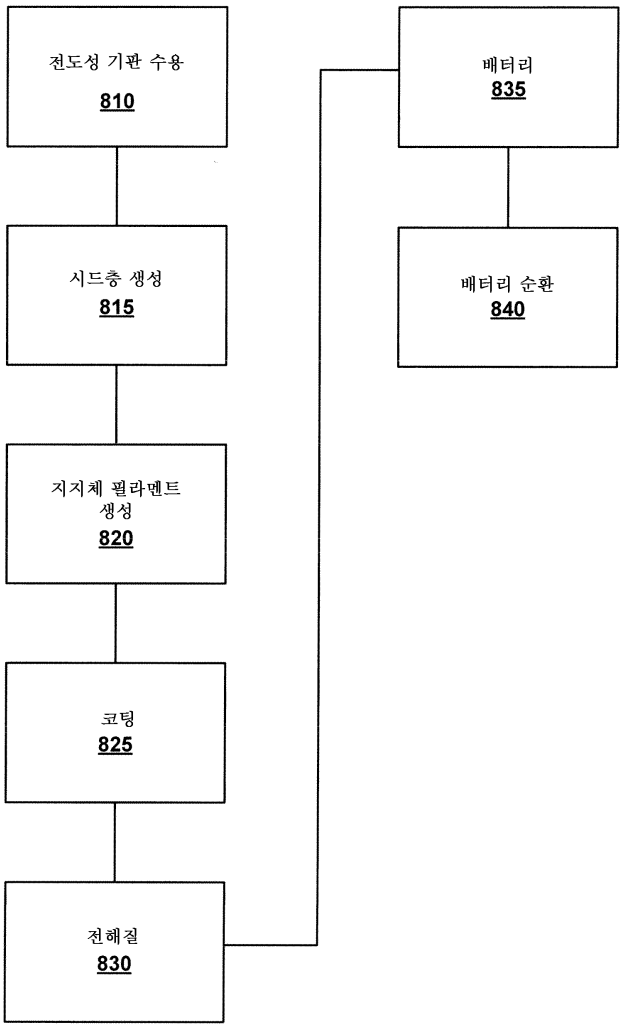
도면6c



도면7


필라멘트
연장부
끝단
340
지지체 캡
710
지지체
칼라 720
지지체
필라멘트
230
높이
320
지지체
필라멘트
직경
310
시드층
215
개시 부위
330
기판
210

도면8


전도성 기판 수용
810
시드층 생성
815
지지체 필라멘트
생성
820
코팅
825
전해질
830
배터리
835
배터리 순환
840