



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0089280
(43) 공개일자 2011년08월05일

(51) Int. Cl.

H01M 4/02 (2006.01) *H01M 4/62* (2006.01)
H01M 4/64 (2006.01) *H01G 9/042* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7011322

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년11월18일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년05월18일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/064992

(87) 국제공개번호 WO 2010/059729

국제공개일자 2010년05월27일

(30) 우선권주장

61/115,815 2008년11월18일 미국(US)

61/150,987 2009년02월09일 미국(US)

(71) 출원인

존슨 컨트롤스 테크놀러지 컴퍼니

미국 미시건 49423 홀랜드 이스트 32 스트리트
912

(72) 발명자

스티전 리차드 엠.

미국 48103-1770 미시건 앤 아버 코튼테일 코트
3196 에이피티. 4

웨츨 데니스 에이.

미국 48176 미시건 세일린 아버리팀 드라이브 849
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박장원

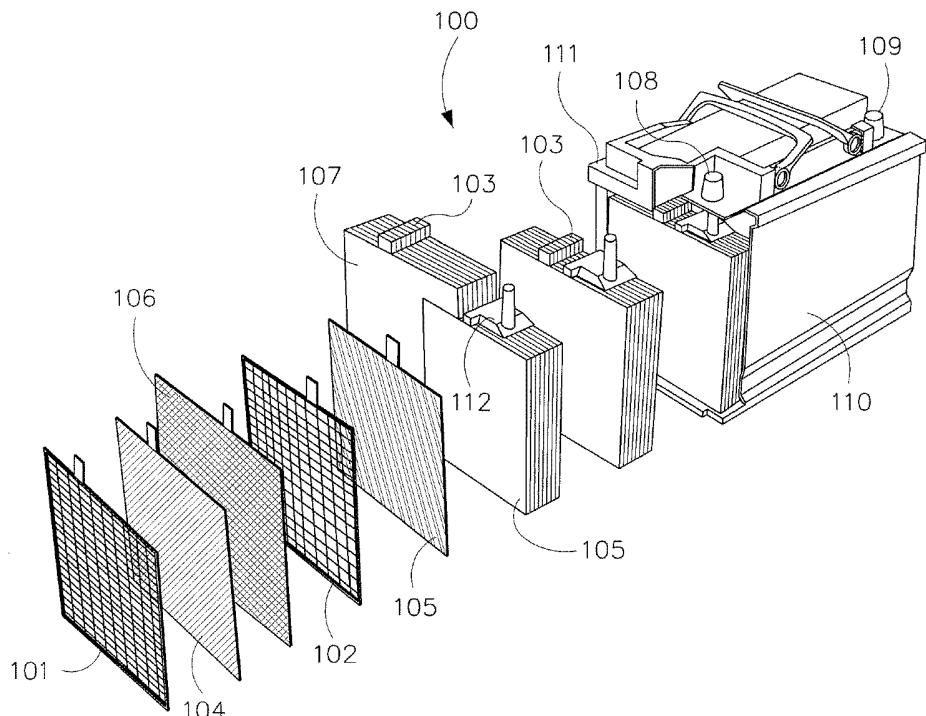
전체 청구항 수 : 총 35 항

(54) 전력 저장 장치

(57) 요 약

전력 저장 장치는 탄소(흑연, 팽창 흑연, 활성탄, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, CNT 또는 CNT 코팅된 흑연)로 코팅된 대표면적 섬유들(예컨대, 이형 단면 섬유들 및/또는 극세섬유들), 전극 전해액 및/또는 전극들 내의 전극 활성 물질(예컨대, 납 산화물)을 포함한다. 전극들은 전기화학 배터리, 전기화학 이중층 캐패시터 및 비대칭 캐패시터와 같은 전력 저장 장치를 형성하는 데 사용된다.

대 표 도



(72) 발명자

그륀스턴 로버트 쥐.

미국 53204-4302 위스콘신 밀워키 에스 워터 스트리트 130 에이피티. 301

렉 월리엄 제이.

미국 53217 위스콘신 화이트피쉬 베이 엔. 켄트 애버뉴 5725

수바라만 라마찬드란

미국 53217 위스콘신 폭스 포인트 엔. 포트 워싱턴 로드 8700 #211

시만스키 제임스 에스.

미국 53228 위스콘신 그린필드 더블유. 업햄 애버뉴 9569

마이스너 에버하트

독일 31515 분스토르프 아흐터베르거 스트라쎄 62

특허청구의 범위

청구항 1

적어도 하나의 양극;

적어도 하나의 음극; 및

양극을 음극으로부터 이격시키는 적어도 하나의 이격판을 포함하는 전력 저장 장치에 있어서,

적어도 하나의 음극 또는 적어도 하나의 양극 중 적어도 하나가 대표면적 섬유들을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 대표면적 섬유는 이형 단면 섬유인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 대표면적 섬유는 극세섬유인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 음극이 대표면적 섬유들을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 양극이 대표면적 섬유들을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 탄소 첨가제로 코팅된 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 음극이 탄소 첨가제로 코팅된 대표면적 섬유들을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄소 첨가제는 흑연, 팽창 흑연, 활성탄, 카본 블랙, 탄소 나노섬유 또는 탄소 나노튜브 중 적어도 일 종을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 이형 단면 섬유들인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 대표면적 섬유들은 매트 형태로 형성된 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 대표면적 섬유들은 도전체인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 12

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 대표면적 섬유들은 전기 절연체인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 대표면적 섬유들은 전극 활성 물질로 코팅된 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 14

전하 수집체 그리드;
전하 수집체 그리드 상에 코팅된 전극 활성 물질; 및
대표면적 섬유들을 포함하는 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 15

제14항에 있어서,
상기 대표면적 섬유는 이형 단면 섬유인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 16

제14항에 있어서,
상기 대표면적 섬유는 극세섬유인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 17

제14항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 대표면적 섬유들은 탄소 첨가제로 코팅된 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 18

제14항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전극은 양극인 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 19

제14항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전극은 음극인 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 20

제14항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 탄소 첨가제는 흑연, 팽창 흑연, 활성탄, 카본 블랙, 탄소 나노섬유 또는 탄소 나노튜브 중 적어도 일 종

을 포함하는 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 21

제14항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 이형 단면 섬유들인 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 22

제14항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 매트 형태로 형성된 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 23

제14항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 도전체인 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 24

제14항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 전기 절연체인 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 25

제14항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 전극 활성 물질로 코팅된 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 26

대표면적 섬유들로 된 매트를 포함하는 전하 수집체와;

매트 상의 전극 활성 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 대표면적 섬유는 이형 단면 섬유인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 28

제26항에 있어서,

상기 대표면적 섬유는 극세섬유인 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 29

제26항 내지 제28항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 탄소 첨가제로 코팅된 것을 특징으로 하는 전력 저장 장치.

청구항 30

제26항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전극은 양극인 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 31

제26항 내지 제30항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전극은 음극인 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 32

제26항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들 상에 코팅된 탄소 첨가제를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 33

제32항에 있어서,

상기 탄소 첨가제는 흑연, 팽창 흑연, 활성탄, 카본 블랙, 탄소 나노섬유 또는 탄소 나노튜브 중 적어도 일 종을 포함하는 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 34

제26항 내지 제33항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 이형 단면 섬유들인 것을 특징으로 하는 전극.

청구항 35

제26항 내지 제34항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 대표면적 섬유들은 매트 형태로 형성된 것을 특징으로 하는 전극.

명세서

기술 분야

[0001]

본 출원은 2008년 11월 18일자 미국 특허 가출원 제61/115,815호 및 2009년 2월 9일자 미국 특허 가출원 61/150,987호의 우선권을 주장하며, 이를 명세서의 전체 내용을 본 명세서 내에 원용하여 포함한다.

[0002]

본 발명은 전기화학 배터리, 전기화학 이중층 캐ǣ시터 및 비대칭 캐ǣ시터에 섬유(예컨대, 흡수성 섬유(wicking fiber))를 사용하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0003]

자동차와 같은 차량에 사용하기 위하여 전기화학 배터리 및 캐ǣ시터와 같은 전력 저장 장치를 제공하는 것은 공지되어 있다. 예를 들면, 시동, 조명 및 점화("SLI": starting, lighting and ignition) 용도로 납축전지가 사용되어 왔다.

[0004]

가장 일반적인 전력 저장 장치 중 두 가지는 배터리와 캐ǣ시터이다. 통상적인 납축전지의 전극은 전하 수집체(charge collector)로도 작용하는 기판(예컨대, 그리드, 플레이트 또는 스크린)에 도포되는 납 페이스트를 생성하는 것에 의해 형성된다. 납 페이스트가 건조됨에 따라 개기공(open pore)들이 납 페이스트 내에 형성되는데, 이 개기공들에 배터리의 전해액이 들어가서 그리드의 반응 면적을 증가시키고 충전 용량을 증가시킬 수 있다. 그러나 공극률이 과도하면 전극의 구조적인 완전성이 감소된다. 또한 통상적인 전극의 공극률이 제한되어 있기 때문에, 활성 물질 중 상당량이 전해액에 접근할 수 없고 반응에 이용될 수 없기 때문에 충분히 이용되지 않거나 본질적으로 낭비된다. 일반적으로, 통상적인 납축 전극의 납 중에서 약 반 정도가 사용될 수 없거나 사용되지 않게 된다. 수명 동안 배터리는 여러 번 충전되고 방전될 수 있는데, 이러한 충전과 방전에 의해 전류를 공급하는 환원-산화 반응이 반복적으로 전환됨에 따라 또한 전극이 열화될 수 있다. 시간이 지남에 따라, 전극의 구역들은 전극의 나머지 부분으로부터 전기적으로 분리되게 된다. 전극의 구조적 완전성도 또한 시간이 지남에 따라 열화된다. 전극 재료를 제자리에 유지하도록, 면포 층(scrim layer)(예컨대, 섬유 망)이 사용될 수 있다. 면포 층 매트는 활성 물질 페이스트를 도포하기 전에 전하 수집체 상에 놓일 수 있고 그리고/또는 활성 물질 페이스트가 도포된 후에 페이스트 위에 놓일 수 있다. 면포 층은 전극을 함께 유지하는 것을 도울 수는 있지만, 공극률을 개선하거나 반응성을 증가시키지는 않는다.

[0005]

캐ǣ시터는 두 도전체 사이에 있는 전기장의 형태로 전력을 저장한다. 일반적인 캐ǣ시터는 얇은 플레이트들의 적층체(캐ǣ시터 플레이트와 유전체를 번갈아서 적층함)나 얇은 시트로 된 롤(캐ǣ시터 시트와 유전체 시트를

번갈아서 함께 감음)을 사용한다. 에너지는 일반적으로 유전체 재료에 의해 분리되어 있는 인접한 플레이트들 또는 시트들 상에 동일한 크기와 반대 극성을 갖는 전하들의 형태로 저장된다. 일반적인 캐패시터에서 전류는 캐패시터 표면으로부터 전체 캐패시터 플레이트를 통해 흐르고, 이로 인해 플레이트는 저항 손실을 감소시키도록 도전성일 것과 과열되어 녹지 않도록 충분히 두꺼울 것이 요구된다. 이러한 요건에 의해 캐패시터의 전력 저장성 대 무게 비에 바람직하지 않은 제한이 가해지게 된다. 캐패시턴스(즉, 각 플레이트에 저장된 전하의 양)는 플레이트의 표면적에 비례하고, 플레이트들 간의 거리에 반비례한다. 따라서 캐패시터의 에너지를 저장하는 능력을 증가시키기 위해서는 보통 플레이트의 크기를 증가시키고 그리고/또는 플레이트들 간의 거리를 감소시킬 필요가 있다. 그러나 플레이트의 크기를 증가시키면 저항과 과열 문제가 증가되고, 플레이트의 간격을 감소시키면 전하가 플레이트들 간을 바로 통과(즉, 단락)하여 플레이트들이 소손(burn out)되고 캐패시터가 전하를 유지할 수 없게 될 위험이 증가된다.

[0006] 전기화학 이중층 캐패시터("EDLC": electrochemical double layer capacitor)는 전통적인 정전식 캐패시터 (electrostatic capacitor)보다 단위 무게 및 단위 부피 당 더 많은 에너지를 저장할 수 있는 전력 저장 장치이다. 또한, EDLC는 일반적으로 통상적인 충전 배터리들보다 더 높은 출력률(power rating)로 저장된 에너지를 전달한다. 통상적인 EDLC는 다공성 이격판에 의해 전기적으로 접촉되지 않게 분리된 두 개의 다공성 전극으로 이루어진다. 이격판과 전극들은 둘 다 전해질 용액이 배어 있다. 이에 따라 이온 전류가 이격판을 통해 전극들 간을 흐를 수 있게 되지만 전류가 셀(cell)을 단락시키는 것은 방지된다. 접전 그리드가 전극들 각각의 후면에 결합된다. EDLC는 전해액에 담긴 두 전극들 사이에 전위가 존재할 때 형성되는 극성화된 액체 층에 정전 에너지를 저장한다. 전위가 전극들을 가로질러 가해지면, 가해진 전기장 하에서의 전하 분리로 인한 그리고 또한 쌍극자 배열 및 전해질 분자의 전극 표면 전체에 걸친 정렬로 인한 전해질 이온의 극성화에 의해 전극과 전해액의 계면에 양전하와 음전하의 이중 층이 형성된다. 어떠한 환원-산화 반응도 전하 저장 메커니즘과 연관되지 않는다.

[0007] 비대칭 전기화학 캐패시터는 전극들 중 하나에 대해 배터리 전극을 사용한다. 배터리 전극은 탄소 전극에 비해 용량이 커서, 충전에 따라 전압이 크게 변하지 않는다. 이에 따라 전반적인 셀 전압이 더 높아지게 된다. 비대칭 캐패시터 소재들의 예로 탄소와 PbO₂ 및 탄소와 NiOOH를 들 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 전력 저장 용량이 더 크고, 무게가 감소되고 그리고/또는 순환성(cyclability)이 개선된 전력 저장 장치에 대한 필요성은 여전히 크다. 하기의 특징들 또는 다른 유리한 특징들 중 하나 이상을 포함하는 본 출원에 개시된 유형의, 예를 들어 배터리, 캐패시터, 비대칭 캐패시터 등과 같은, 전력 저장 장치를 제공하는 것은 바람직할 것이다.

[0009] 1. 구조적 완전성이 감소되지 않으면서 투과성이 증가된 전력 저장 장치용 전극,

[0010] 2. 투과성이 감소되지 않으면서 구조적 완전성이 증가된 전력 저장 장치용 전극,

[0011] 3. 전력 용량이 감소되지 않으면서 활성 물질을 더 적게 사용하는 전력 저장 장치,

[0012] 4. 전기화학 배터리 및 캐패시터 둘 다로서 에너지를 저장하는 전극들을 포함하는 전력 저장 장치,

[0013] 5. 출력 대 크기 비가 통상적인 전력 저장 장치보다 높은 전력 저장 장치.

과제의 해결 수단

[0014] 예시적인 실시예는 적어도 하나의 양극, 적어도 하나의 음극, 및 양극을 음극으로부터 이격시키는 적어도 하나의 이격판을 포함하되, 적어도 하나의 음극 또는 적어도 하나의 양극 중 적어도 하나가 대표면적 섬유들을 포함하는 전력 저장 장치에 관한 것이다.

[0015] 또 다른 예시적인 실시예는 전하 수집체 그리드, 전하 수집체 그리드 상에 코팅된 전극 활성 물질 및 대표면적 섬유를 포함하는 전극에 관한 것이다.

[0016] 또 다른 예시적인 실시예는 대표면적 섬유로 된 매트를 포함하는 전하 수집체와, 매트 상에 코팅된 전극 활성 물질을 포함하는 전극에 관한 것이다.

[0017] 본 발명에 따른 시스템들과 방법들의 여러 가지 실시예들의 상술한 특징과 다른 특징들 및 장점들은 본 발명에

따른 여러 가지 장치들, 구조물들 및/또한 방법들의 여러 가지 예시적인 실시예들에 대한 하기의 상세한 설명에 기재되어 있거나 또는 상세한 설명으로부터 명백히 알 수 있다.

[0018] 다음의 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 시스템들과 방법들의 여러 가지 예시적인 실시예들을 설명한다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 예시적인 실시예에 따른 배터리 모듈을 포함하는 차량을 도시한 사시도이다.

도 2는 예시적인 실시예에 따른 배터리 모듈을 일부를 잘라내어서 도시한 분해도이다.

도 3은 본 발명에 따른 삼엽 단면 섬유(troilobal fiber)의 예시적인 실시예를 도시한 단면도이다.

도 4는 본 발명에 따른 사엽 단면 섬유(quadrilobal fiber)의 예시적인 실시예를 도시한 단면도이다.

도 5는 본 발명에 따른 원형 단면 섬유의 예시적인 실시예를 도시한 단면도이다.

도 6은 예시적인 실시예에 따른 탄소가 첨가되고 배터리 전극 활성 물질로 코팅된 삼엽 단면 섬유를 도시한 단면도이다.

도 7은 예시적인 제1 실시예에 따른 흡수성 섬유로 된 매트를 구비한 전극을 도시한 부분 사시도이다.

도 8은 예시적인 제2 실시예에 따른 탄소가 첨가되고 배터리 전극 활성 물질로 코팅된 삼엽 단면 섬유를 도시한 단면도이다.

도 9는 예시적인 실시예에 따른 섬유 내부에 코팅된 전극 활성 물질을 구비하고 전해액이 침투된 섬유를 도시한 단면도이다.

도 10은 예시적인 실시예에 따른 도 9의 실시예에 따른 섬유를 이용한 이중 전기화학 배터리 및 EDLC의 정면도이다.

도 11a는 예시적인 실시예에 따른 배터리 그리드의 정면도이다.

도 11b는 예시적인 실시예에 다른 대표면적 섬유에 의해 덮인 도 11a의 배터리 그리드를 도시한 정면도이다.

도 11c는 예시적인 실시예에 따른 전극 활성 물질에 의해 덮인 도 11b의 배터리 그리드를 도시한 정면도이다.

도 12a는 예시적인 실시예에 따른 전극 활성 물질로 코팅된 이형 단면 섬유(shaped fiber)를 도시한 단면도이다.

도 12b는 예시적인 실시예에 따른 침투성 절연체로 코팅된 도 12a의 섬유를 도시한 단면도이다.

도 12c는 예시적인 실시예에 따른 도 12b의 섬유로 이루어진 매트를 도시한 사시도이다.

도 13은 예시적인 제1 실시예에 따른 이성분 필라멘트(bicomponent filament)의 단부를 도시한 도면이다.

도 14는 예시적인 제2 실시예에 따른 이성분 필라멘트를 도시한 사시도이다.

도 15는 예시적인 제3 실시예에 따른 이성분 필라멘트를 도시한 사시도이다.

도 16은 예시적인 제4 실시예에 따른 이성분 필라멘트를 도시한 측면도이다.

도 17은 예시적인 제5 실시예에 따른 이성분 필라멘트를 도시한 측면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 도면들을 반드시 축척에 맞추어 도시한 것이 아니라는 점을 이해해야 한다. 어떤 경우에는, 본 발명을 이해하는데 필요하지 않은 부분들이나 다른 부분들을 알아보기 어렵게 만드는 부분들을 생략하였다. 물론 본 발명이 반드시 본 명세서 내에서 예시된 특정의 실시예들로 한정되지는 않는다는 점을 이해해야 한다.

[0021] 도 1을 참조하면, 예시적인 실시예에 따른 전력 저장 장치(100)를 포함하는 차량(160)이 도시되어 있다. 차량(160)이 자동차인 것으로 도시되어 있지만, 여러 가지 대안적인 실시예들에 따르면 차량은, 그 중에서도, 오토바이, 버스, 레저용 차량(recreational vehicle), 보트 등을 포함하는 여러 가지 유형의 차량들을 포함할 수 있다. 예시적인 실시예에 따르면, 차량(160)은 이동(locomotive purpose)을 위해 내연 기관(미도시)을 사용한다.

[0022] 도 1에 도시된 전력 저장 장치(100)는 차량(160) 및/또는 여러 가지 차량 시스템(예컨대, 시동, 조명 및 점화

시스템("SLI"))을 시동시키거나 작동시키는 데 필요한 전력의 적어도 일부를 제공한다. 또한, 전력 저장 장치(100)가 차량과 관련되지 않은 여러 가지 용도로도 사용될 수 있고 그러한 모든 용도들도 본 명세서에서 개시된 범위 내에 있는 것으로 간주되어야 한다는 것을 이해해야 한다.

[0023] 예시적인 실시예에 따른 전력 저장 장치(100)가 도 2에 도시되어 있다. 여러 가지 실시예들에서, 전력 저장 장치(100)는 전해액을 수용한 용기 또는 하우징(110)의 각각 분리되어 있는 칸들에 마련된 여러 개의 셀 요소를 포함한다. 도 2의 실시예는 자동차 용에 관한 것인데, 자동차용 표준 12볼트 배터리를 제조하기 위해 여섯 개의 적층체(107)들 각각에 12개 내지 16개의 플레이트(104, 105)들로 된 그룹들이 사용된다. 당업자라면 본 명세서를 읽고 나서 전력 저장 장치(100)를 구성하는 데 사용되는 각각의 플레이트(104, 105)들의 크기와 수, 임의의 특정 적층체(107) 내의 플레이트(104, 105)들의 크기와 수 및 적층체(107)들의 수가 희망하는 최종 용도에 따라 광범위하게 달라질 수 있다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다.

[0024] 여러 가지 실시예들에서, 하우징(110)은 박스형의 베이스 또는 용기를 포함하고 적어도 부분적으로는 성형 가능한 수지로 만들어진다. 다수의 적층체(107) 또는 플레이트 블록이 전력 저장 장치의 용량에 따라 직렬로 연결되고, 일반적으로 황산 수용액인 전해액과 함께 용기 또는 하우징(110) 내에 수용된다.

[0025] 여러 가지 실시예들에서, 전력 저장 장치(100)는 전측 벽, 단부 벽들, 후측 벽 및 저벽을 구비한 칸을 포함한다. 여러 가지 실시예들에서, 다섯 개의 격벽 또는 칸막이가 단부 벽들 사이에 마련되어, 자동차용 12볼트 배터리에 일반적으로 있는 여섯 개의 칸을 형성한다. 다른 실시예들에서, 격벽들과 칸들의 수는 전압이 다른 전력 저장 장치를 제조하도록 달라질 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 플레이트 블록 또는 적층체(107)는 각 칸에 위치되는데, 각 플레이트 블록 또는 적층체(107)는 적어도 하나의 러그(103)를 구비한 하나 이상의 양극 플레이트(104)와 음극 플레이트(105), 및 각각의 양극 플레이트(104)와 음극 플레이트(105) 사이에 놓이거나 마련된 이격판(106)을 포함한다. 여러 가지 실시예들에서, 양극 플레이트(104)와 음극 플레이트(105)는 양극 또는 음극 전극 활성 물질 또는 페이스트로 각각 코팅된, 러그(103)가 부착된 그리드(101, 102)를 포함한다.

[0026] 커버(111)가 하우징(110)에 마련되는데, 여러 가지 실시예들에서, 커버(111)는 전해액이 셀들에 가해질 수 있게 하고 서비스될 수 있게 하는 단자 부싱들과 충전튜브(fill tube)들을 포함한다. 전해액이 충전 튜브들로부터 원치 않게 유출되는 것을 방지하도록, 전력 저장 장치는 하나 이상의 필터 구멍 캡 및/또는 환기 캡 조립체를 또한 포함할 수 있다.

[0027] 적어도 하나의 양극 단자 기둥(108)과 음극 단자 기둥(109)을 전력 저장 장치의 상부 또는 전측 칸 상에서 또는 그 주위에서 볼 수 있다. 이러한 단자 기둥(108, 109)들은 일반적으로 전력 저장 장치의 디자인에 따라 커버(111) 및/또는 하우징의 전측부(110)를 통과하여 연장될 수 있는 부분을 포함한다. 여러 가지 실시예들에서, 단자 기둥(108, 109)들은 산의 누출을 방지하는 데 도움이 되도록 단자 기둥 셀 조립체(미도시)도 또한 통과하여 연장된다. 단자 장치들을 당업계에서 공지되어 있는 상부, 측부 또는 모서리 배치들을 포함한 여러 가지 방식으로 배치할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0028] 또한 도 2는 플레이트 세트의 각 러그를 전기적으로 결합하기에 충분한 길이의 가늘고 긴 사각형 몸체부 및 등근 상부를 구비한 상방으로 연장하는 부재를 포함하는 통상적인 캐스트온 스트랩(cast-on strap)(112)을 도시하고 있다. 또한 도 2는 음극 단자 기둥에 결합된 캐스트온 스트랩 결합 러그들을 도시하고 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 여러 가지 실시예들에 따르면, 캐스트온 스트랩은 단부 칸들에 있는 각각의 러그들을 결합시키는 몸체부와 커버를 통과하여 돌출하도록 몸체부에 형성된 기둥을 포함한다.

[0029] 각 셀 요소 또는 챕터(chapter)는 적어도 하나의 양극 플레이트(104), 적어도 하나의 음극 플레이트(105) 및 각 양극 플레이트(104)와 음극 플레이트(105) 사이에 위치된 이격판(106)을 포함한다. 이격판(106)들은 플레이트들 사이에 설치되어 단락과 전력 저장 장치(100)에서 일어나는 반응 도중 생성되는 바람직스럽지 않은 전자의 흐름을 방지한다.

[0030] 위에서 설명한 바와 같이, 통상적인 배터리 플레이트 또는 전극의 반응성은 플레이트 또는 전극의 공극률(빈공간의 양에 관련됨)이 증가함에 따라 증가한다. 그러나 통상적인 전극의 구조적 완전성 또는 강도와 내부 도전성은 공극률이 증가함에 따라 감소된다. 또한, 통상적인 전극의 구조 강도와 내부 도전성은 배터리가 방전되고 충전됨에 따라 시간이 지날수록 열화되는 경향이 있다.

[0031] 본 명세서에서 설명하는 플레이트들 또는 전극들은 통상적인 전극들보다 더 큰 공극률 및/또는 구조적 완전성을 갖는다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 전해질 용액을 흡수하는 능력을 갖는 작은 대표면적 섬유(예컨대, 이형 단면 섬유 및/또는 극세 섬유)들이 전극들의 여러 가지 구성품들 또는 부품들에 포함되거나 이에 관련되어

사용된다. 대표면적 섬유는 전극을 강화시킬 수 있고 그리고/또는 전해액이 전극 활성 물질로 더 잘 침투하는 경로를 생성할 수 있다. 그 결과로써 생성된 전극들은 동일한 전류를 생산하고 충-방전 사이클을 통해 충전 용량을 유지하는 데 있어 통상적인 전극들보다 전극 활성 물질을 더 적게 필요로 한다. 전극들은 또한 구조적 완전성 및/또는 내부 도전성을 더 잘 유지한다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 비흡수성(non-wicking)인 도전성 섬유들도 또한 전극 활성 물질을 강화시키고 내부 전극 도전성을 증가시키는 데 사용될 수 있다.

[0032] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 개시된 전극들은 전기화학 이중층 캐패시터("EDLC")에서도 역시 유용하다. 예를 들어 흑연, 팽창 흑연(expanded graphite), 활성탄, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, 및 탄소 나노튜브("CNT": carbon nanotube) 또는 이들 재료들의 조합을 포함하는 다양한 형태의 탄소를 포함시키는 것에 의해 캐패시턴스가 향상된다. 탄소는 흡수성 섬유들에 마련(예컨대, 코팅 또는 함침)될 수 있고 그리고/또는 활성 물질과 혼합될 수 있다. 섬유에 탄소를 첨가하면 섬유의 유효 표면적과 도전성을 증가시키는 데 도움이 된다. 도전성 섬유들은 (예컨대, 전극들의 부분들의 물리적 및/또는 전기적 단선에 의해 그리고/또는 전극들에 불량 도전체들이 형성되는 것에 의해) 전극의 부분들이 전기적으로 분리되는 것을 방지한다. 본 명세서에서 사용되는 "전극"이라는 용어가 전기화학 배터리 셀, EDLC 및/또는 비대칭 캐패시터(예컨대, 이중 배터리/EDLC)에 전하를 저장하는데 사용되는 장치를 지칭한다는 것을 이해해야 한다.

[0033] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 개시된 전력 저장 장치는 비대칭 캐패시터를 포함한다. 비대칭 캐패시터는 플레이트들 중 하나가 배터리 전극으로 대체된 전기화학 캐패시터이다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 개시된 전력 저장 장치의 전극들은 동시에 전기화학 배터리 전극 및 전기화학 캐패시터 전극으로서 전하를 저장한다.

[0034] 예시적으로, 도 3 내지 도 5는 본 발명의 범위 내에 있는 세 개의 이형 단면 섬유들을 도시한다. 도 3은 삼엽 단면 섬유(241)의 일 실시예를 도시한다. 도 4는 사엽 단면 섬유(242)의 일 실시예를 도시한다. 도 5는 원형 단면 섬유(243)의 일 실시예를 도시한다. 이들 형상과 다른 형상들은 접착제를 사용하지 않고 또는 접착제가 필요 없이 코팅된 재료를 유지하는 능력을 갖는다. 현재 공지되어 있거나 장차 개발될 다른 섬유 형상들도 또한 사용될 수 있다.

[0035] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들은 가공 방법에 따라 단면 직경이 약 1 마이크론 내지 약 100 마이크론이고 길이는 0.02 내지 20mm이다. 높은 표면적 대 부피 비를 갖는 흡수성 섬유의 제조법은 공지되어 있다. 예를 들어, 라르그만(Largman) 등(미국 특허 제5,057,368호)은 삼엽 단면 섬유 및 사엽 단면 섬유의 제조법에 대해 다루고 있는데, 그 명세서의 전체 내용을 본 명세서 내에 원용하여 포함한다.

[0036] 각각의 섬유는 직선형이거나 비직선형일 수 있다. 비직선형 섬유들은 예를 들어 코일형 섬유, 루프형 섬유, 권축 섬유(crimped fiber), 분기전결 섬유(air entangled fiber)를 포함하는 하나 이상의 형상을 가질 수 있는데 반드시 이에 한정되지는 않는다. 이들은 예시적으로 제시된 것이고, 각각의 섬유들은 이를 형태 또는 다른 형태들 중 하나 이상의 형태를 갖는 단면을 구비할 수 있다.

[0037] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들은 폴리머(예컨대, 폴리에스터, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 및/또는 폴리에틸렌 테레프탈레이트)로 형성된다. 부가적인 재료(예컨대, 탄소, 금속 및 금속 산화물)들이 섬유의 형성 전, 후에 폴리머와 함께 이용될 수 있다. 섬유들은 예를 들어, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 및/또는 유리를 포함하는 다양한 유기 및/또는 무기 재료로 형성될 수 있다. 섬유들은 또한 그 구성에 따라 유형 I, 유형 II 또는 유형 III의 캐패시터로서 작용할 수 있는 도전성 폴리머(예컨대, 레독스 폴리머(redox polymer))로 만들어질 수 있다. 재료의 선택은 재료들이 놓이거나 이용될 환경에 의해 좌우될 수 있다 (예컨대, 산의 부식 효과에 내성이 있는 재료들은 셀에 사용됨). 섬유들은 단일 단계 또는 기계적, 화학적, 전기적 특성들 및/또는 "유체" 전송 특성이 변하는 각기 다른 재료 충들을 제공하는 다수 단계들로 형성될 수 있다.

[0038] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들은 그대로 사용될 수 있고, 탄화될 수 있으며, 그리고/또는 가공 재료(engineered material)(예컨대, 금속, 카본 블랙, 실리카, 산화 주석, 흑연 및/또는 산)가 사전 첨가(pre-load)될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들은 여러 가지 방법들 및/또는 수단들을 이용하여 미리 처리된다. 사전 첨가 재료들은 예를 들어 나노섬유 및 다중 벽 나노튜브와 같은 나노급 재료들을 포함할 수 있다. 예를 들어 분무에 의해 또는 섬유를 (예컨대, 도전성 금속에) 침적시키는 것에 의해서 분산액 및 슬러리 형태의 용제(예컨대, 물, 산 또는 다른 용제)를 통한 증착과 같은 적당한 임의의 수단에 의해 코팅이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 섬유들이 형성될 수 있는 재료들 중 다수가 납계 전극 활성 물질들보다 용융점이 높다. 따라서 납계 활성 물질은 섬유들을 용융된 활성 물질에 담그고 활성 물질을 섬유 상에서 경화(stiffen)시키고, 고

화시키고 그리고/또는 형성시킴으로써 섬유들에 도포될 수 있다.

[0039] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, EDLC는 전기화학 배터리(예컨대, 납축전지 또는 리튬 이온 배터리)와 통합되어 있다. 여러 가지 실시예들에서, 배터리 전극들은 EDLC 전극들로서도 작용한다. 전극들은 배터리 전극 활성 물질과 탄소를 둘 다 포함할 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 전해액은 배터리 활성 물질과 화학적으로 반응하여 EDLC 대전층(EDLC charged layer)을 형성하기에 충분한 이온들을 함유한다.

[0040] 섬유들은 도전성 재료들 및/또는 유전체 재료들을 포함하는 여러 가지 재료들로 구성될 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 섬유들은 둘 이상의 재료(예컨대, 도전성 코어와 유전성 표면)로 만들어진다. 섬유들은 코어에서 또는 내부적(예컨대, 그 내부에서)으로 도전성일 수 있고 표면 상에서 또는 외부적으로 유전성일 수 있는데, 이에 따라 코어는 유전성 재료에 의해 형성된 캐페시터용 집전체(current collector)이거나 또는 그렇게 작용할 수 있게 될 것이다. 이는 예를 들어 섬유들을 공압출하거나 도전성 섬유를 유전체로 코팅하는 것에 의해 적어도 부분적으로 달성될 수 있다.

[0041] 여러 가지 예시적인 실시예들에서는, 도 6에 도시된 바와 같이, 예시적인 삼엽 단면 섬유(341)는 탄소 첨가제(246)(예컨대, 흑연, 팽창 흑연, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, 및/또는 CNT)로 코팅되거나 또는 침가된다. 탄소 재료들은 원래의 형태(즉, 어떤 결합제 재료도 없이) 또는 (예컨대, 섬유 내에) 안정적인 다공성 복합재료를 형성하도록 탄소에 공지된 양의 결합제가 침가된 복합적인 형태로 섬유의 영역들에 또는 영역들 상에 침가될 수 있다. CNT, 탄소 나노섬유 및 탄소 휀스커(carbon whisker)는 다양한 기판 상에서 성장할 수 있다. 이를 이룩하기 위한 한 가지 방법이 국제 특허 출원 PCT/US2007/011577호에 개시되어 있는데, 그 명세서의 전체 내용을 본명세서 내에 원용하여 포함한다.

[0042] 여러 가지 예시적인 실시예들에서는, 도 6에 도시된 바와 같이, 섬유(341)(예컨대, 내부면)는 탄소로 코팅되고 전극 활성 물질로 둘러싸인다(예컨대, 섬유 상에 코팅되거나 섬유와 혼합됨).

[0043] 여러 가지 예시적인 실시예들에서는, 도 7에 도시된 바와 같이, 흡수성 섬유들이 매트(223) 형태(직물, 부직포 또는 점접착 부직포(point bonded))로 마련되거나 형성된다. 여러 가지 실시예들에서, 활성 물질(223)(예컨대, 납 산화물)이 매트(222) 상에 제공(예컨대, 코팅됨)되어 전력 저장 장치(예컨대, 전기화학 배터리)용 전극(220)을 형성한다. 여러 가지 실시예들에서는, 도 6에 도시된 바와 같이, 섬유들은 또한 탄소(예컨대, 흑연, 팽창 흑연, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, 및/또는 CNT)로 코팅될 수도 있고, 어떤 실시예들에서는 EDLC로서 작용할 수도 있다. 그러한 실시예들은 수명을 증가시키고, 높은 계면적을 생성하여 활성 전극에 대한 이중층 캐페시턴스를 증가시키는 것을 도울 수 있으며, 충전 수입성(charge acceptance) 및/또는 고율 방전을 최적화하고 그리고/또는 (예컨대, 초기 충전시의) 활성 물질의 전환 효율을 개선시키는 것을 도울 수 있다.

[0044] 여러 가지 대안적인 실시예들에서, 섬유들의 짧은 조각들이 도 7에 도시된 더 긴 섬유들에 더하여 또는 이를 대신에 활성 물질을 개재시키거나, 혼합시키거나 또는 구비한다. 짧은 섬유 조각들과 활성 물질의 혼합물은 일반적인 전하 수집체(예컨대, 그리드, 플레이트 또는 스크린) 상에 또는 섬유 매트 상에 마련(예컨대, 코팅)될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 활성 물질을 지지하는 플록 구조(flocking structure)를 형성하는 것을 돋도록 길이가 짧은 섬유는 전하 수집체의 표면에 부착될 수 있다. 활성 물질에 짧은 섬유 조각들을 포함시키면 전극의 공극률 및/또는 반응성을 증가시키는 데 도움이 되고, 이는 전극을 형성하는 데 필요한 활성 물질의 양을 감소시키는 데 도움이 된다. 섬유 조각들이 탄소로 코팅되면, 만들어진 플레이트는 또한 EDLC로서도 작용할 수 있다.

[0045] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유 망을 포함하는 면포 층(미도시)이 전극에 포함된다. 면포 층은 활성 물질과 전하 수집체 사이에 포함되고 그리고/또는 활성 물질 위에 포함되거나 활성 물질에 적어도 부분적으로 매립될 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 면포 층은 상술한 유형의 흡수성 섬유들로 형성된다. 면포 층을 포함하는 섬유들은 예를 들어 전극 활성 물질, 탄소(예컨대, 흑연, 팽창 흑연, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, 및/또는 CNT), 실리카 및/또는 산과 같은 재료가 사전 침가될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 면포 층은 탄소로 형성되고 그리고/또는 탄소로 코팅되거나 함침되어 (예컨대, 스폰지 납 및 탄소 캐페시터 전극들의) 캐페시턴스와 도전성을 개선시키는 데 도움이 된다. 다른 실시예들에서는, 면포 층은 탄소와 납 산화물로 코팅되거나 함침되어 이중 전기화학 배터리 전극 및 EDLC를 형성한다. 면포 층은 활성 물질에 부착되는 그리고/또는 활성 물질을 지지하는 면포의 능력을 조정하도록 여러 가지 패턴의 직물망 또는 부직포망으로 형성될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 면포 층은 섬유들이 직접 결합되거나 연결된 상태로 또는 섬유들이 플레이트 커넥터를 형성하거나 그 형성을 돋는 상태에서 수집체 그리드로서 또는 수집체 그리드의 일부로서 사용될 수 있다.

- [0046] 도 8은 표면의 적어도 일부분 상에 탄소(245)(예컨대, 흑연, 팽창 흑연, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, 및/또는 CNT)와 전해액(224)을 적어도 부분적으로 구비(예컨대, 코팅)한 예시적인 섬유(241)를 도시한 단면도이다. 여러 가지 실시예들에서, 섬유(241)들은 또한 전해액에 함침되고 전극 활성 물질(223)로 적어도 부분적으로 둘러싸인다. 여러 가지 실시예들에서, 이형 단면 섬유(241)들 간의 평균 거리는 배터리 전극의 두께의 대략 반이다. 그러나 다른 간격을 사용할 수도 있다.
- [0047] 여러 가지 예시적인 실시예들에 따르면, 배터리 셀은 흡수성 섬유(예컨대, 대표면적 섬유)들을 구비한 전극을 포함하는데, 이 흡수성 섬유들은 전극으로 그리고/또는 전극을 통과하여 연장된다. 여러 가지 실시예들에서, 흡수성 섬유들은 전해액을 전극(예컨대, 전극 내부)으로 빨아들이는 것을 도와서 공극률을 개선하는 것을 도움으로써, 전극의 유효 표면적을 증가시킨다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들은 (예를 들어, 배터리 사이클에 의해 초래되는 구조적 열화를 방지하는) 페이스팅 섬유(pasting fiber)들 또는 보강 섬유들로서 작용하는 것에 의해 전극의 구조적 완전성을 유지하는 데에도 도움이 된다.
- [0048] 여러 가지 예시적인 실시예들에 따르면, 배터리 셀(230)은 전극 활성 물질(예컨대, 납계 페이스트)이 첨가된 흡수성 섬유(예시적인 섬유의 단면이 도 9에 도시됨)들로 된 어레이(225)를 포함한다. 여러 가지 실시예들에서, 섬유 어레이(225)는 실질적으로 전해질 용액(224)에 담긴다. 섬유 어레이(225)들은 임의의 형태(예컨대, 루스 섬유(loose fiber), 직물 매트 또는 부직포 매트, 번들 등)일 수 있다. 여러 가지 실시예들에서는, 도 10에 도시된 바와 같이, 섬유 어레이(225)들은 전극용 집전체로서 작용할 수 있는데, 일부는 양극 활성 물질이 첨가되고 나머지는 음극 활성 물질이 첨가된다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 그러한 섬유들을 이용하여 만들어진 전극들은 필요한 납의 양을 감소시키고 전조 공정을 단축시키거나 없애고, 접착제를 요구하지 않고 그리고/또는 도전성을 증가시키는 데 도움이 된다.
- [0049] 여러 가지 예시적인 실시예들에 따르면, 섬유들로부터 EDLC 효과를 얻도록 도시된 여러 가지 실시예들 중 임의의 실시예의 섬유들에 탄소(예컨대, 흑연, 팽창 흑연, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, 및/또는 CNT)가 첨가될 수 있다. 탄소 첨가제는 EDLC용 탄소-전해질 계면을 생성하는 것을 돋는다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, CNT를 섬유들에 첨가하면 섬유들을 따라 전해지는 도전성도 증가된다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들은 탄소를 함유하고 비대칭 캐패시터를 형성하는 전기화학 배터리 전극의 일부분이다.
- [0050] 여러 가지 예시적인 실시예들에 따르면, 전극의 구조가 도 11a 내지 도 11c에 도시되어 있다. 여러 가지 실시예들에서, 흡수성 섬유들은 전극 활성 물질을 구비(예컨대, 첨가)한다. 탄소 첨가제도 섬유들에 첨가될 수 있다. 섬유들은 또한 적어도 부분적으로 배터리 이격판으로 피복될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서는, 도 11a에 도시된 바와 같이, 전하 수집체(201)(예컨대, 그리드, 플레이트 또는 스크린)가 마련된다. 전하 수집체는, 도 11b에 도시된 바와 같이, 적어도 부분적으로 전극 섬유들(222)을 구비하거나 전극 섬유들로 코팅된다. 섬유들은 전하 수집체의 일 측면 또는 양 측면들 상에 마련될 수 있고 그리고/또는 단자에 결합될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서는, 도 11c에 도시된 바와 같이, 섬유들(222)은 전하 수집체와 접촉되는 외부 표면들 상에 전극 활성 물질(223)을 적어도 부분적으로 구비한다(예컨대, 외부 전극 활성 물질은 섬유의 내부에 첨가된 것과 특성이 반대일 수 있음). 도시된 전하 수집체는 남 그리드 또는 남 스크린 형태의 양극 수집체이지만, 임의의 전하 수집체 또는 기판일 수 있다. 어떤 실시예에서는, 전하 수집체는 적어도 부분적으로 도전성 흡수성 섬유들로 만들어진 매트이다. 임의의 적절한 또는 적당한 이격판 재료가 잠재적으로 사용될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들의 내부에 마련된 활성 물질은 외부에 코팅된 것과 동일하지 않다(예컨대, 한 쪽은 음극 활성 물질인데 비해 다른 쪽은 양극 활성 물질임).
- [0051] 여러 가지 대안적인 실시예들에서, 짧은 섬유 조각들은 도 11b와 도 11c에 도시된 바와 같이 긴 섬유들에 더하여 또는 긴 섬유들을 대신하여 하나 이상의 배터리 그리드 상에 구비될 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 섬유들은 활성 물질을 지지하는 것을 돋기 위해 사용될 수 있는 "부유 구조물(floating structure)"에 마련되거나 도포된다.
- [0052] 여러 가지 예시적인 실시예들에 따르면, 도 12a에 도시된 바와 같이, 배터리 셀은 양극 또는 음극 활성 물질(223)로 코팅된 흡수성 섬유(241)들을 포함한다. 도 12b에 도시된 바와 같이, 섬유(241)들은 배터리 이격판의 피복 또는 재킷(206)으로 적어도 부분적으로 절연된다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서는, 도 12c에 도시된 바와 같이, 섬유(241)들은 대략 동일하거나 비슷한 양의 양극과 음극을 포함하는 매트(222) 형태(예컨대, 직물 또는 부직포)로 형성된다. 다른 예시적인 실시예들에서는, 배터리 셀들에는 서로 별도인 양극만의 매트들과 음극만의 매트들이 형성될 수 있다.
- [0053] 어떤 실시예들에 따르면, 전극 활성 물질 페이스트는 전극 내에 탄소 매트릭스를 생성하는 것을 돋도록 예를 들

어 흑연, 팽창 흑연, 활성탄, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, CNT 또는 흑연 코팅 CNT와 같은 탄소를 구비(혼합)한다. 탄소 섬유들이 마련됨으로써, 예를 들어 전극 활성 물질의 구조적 완전성, 전극의 공극률 및/또는 전극의 EDLC로서 작용할 수 있는 능력이 증가된다. 여러 가지 실시예들에 따르면, 전극은 탄소 나노섬유 또는 CNT(단일 벽 또는 다중 벽)와 물(예컨대, 초음파 분산) 또는 납 분말(예컨대, 압출기에 의해 분산됨)의 마스터 배치(master-batch)를 생성하고 이 마스터 배치에 전극 활성 물질을 제공(예컨대, 혼합 또는 배합(blending))하여 전극 활성 물질 혼합물 페이스트를 형성하는 것에 의해 제조된다. 여러 가지 실시예들에서, 페이스트는 전극 기판의 적어도 일부분 상에 도포되거나 제공되고, 건조되고 그리고/또는 건조되게 되어 전극 플레이트를 형성한다. 이는 예를 들어 혼합물을 기판 상에 롤링시키는 것을 포함하는 여러 가지 방법으로 이루어질 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 탄소는 전극 전체에 실질적으로 균일하게 분산된다. 탄소 섬유들은 여러 가지 크기일 수 있고 여러 가지 농도(예컨대 전극 혼합물의 약 0.05 내지 5중량%)로 사용될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 탄소 섬유를 첨가하면 전기화학 배터리 용량을 감소시키지 않고도 EDLC로서의 캐패시턴스가 증가된다. 여러 가지 실시예들에서, 탄소 섬유들은 전극의 구조적 완전성도 개선시킨다.

[0054] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들은 전기화학적으로 도핑(예컨대, P도핑 또는 N도핑)될 수 있는 도전 폴리머(conducting polymer) 또는 도전성 폴리머(conductive polymer)로 만들어질 수 있고, 이에 의해 전해 캐패시터로서 작용할 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 두 유형의 전극(예컨대, 양극과 음극)들 모두 P도핑과 N도핑 중 어느 하나가 가능한 동일한 재료(예컨대, 유형 III)로 이루어질 수 있고, 이에 의해 전해 캐패시터로서 작용할 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 도전 폴리머로 만들어진 섬유들로 적어도 부분적으로 형성된 면포 매트가 전극에 첨가되어 EDLC 기능을 제공할 수 있다.

[0055] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 전력 저장 장치는 극세섬유(microfiber)를 이용하여 형성된다. 본 명세서에서의 개시를 위한 목적으로 사용되는 경우, "극세섬유"는 필라멘트당 데니어("dpf": denier per filament)가 약 1.5 이하인 임의의 섬유이다. 어떤 경우에는 이러한 종류의 섬유들을 "マイクロデンジャー(microdenier)"라고도 한다. 극세섬유들은 둑근 단면을 포함하는 임의의 단면 형상을 가질 수 있다. 극세섬유들은 위에서 설명한 실시예들 중 어떤 실시예에서도 이형 단면 섬유들에 더하여 또는 이들을 대신하여 사용될 수 있다. 극세섬유들은 부피에 비해 큰 표면적 때문에 액체를 흡수할 때 특히 효과적이다. 극세섬유들은 폴리머(예컨대, 폴리에스터, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 및/또는 폴리에틸렌 테레프탈레이트)로 만들어질 수 있다.

[0056] 텍스타일(textile)에 극세섬유를 사용하는 것은 공지되어 있다. 예를 들어, 예시적인 극세섬유들이 미국 특허들 제6,627,025호, 제7,160,612호 및 제7,431,869호, 그리고 존 에프. 하게우드(John F. Hagewood)의 "초극세섬유: 혁명을 넘어"(<http://www.hillsinc.net/ultrabeyond.shtml>)에 개시되어 있는데, 이들 전부의 전체 내용을 본 명세서 내에 원용하여 포함한다. 이들 유형의 극세섬유들은 직물이나 매트로 형성되든 그렇지 않든 본 명세서에서 개시된 전력 저장 장치에 사용될 수 있다.

[0057] 어떤 실시예들에서는, 극세섬유들은 2 내지 4dpf 범위의 이성분 필라멘트를 방사(spinning)하고 처리한 후에 필라멘트들이 0.1dpf 이하의 극세섬유들로 분할되는 것에 의해 형성된다. 도 13은 약 3dpf의 이성분 필라멘트를 도시한다. 제2 성분의 매트릭스에 제1성분의 극세섬유들이 64개가 있다. 이 실시예에서, 이성분 필라멘트는 대략 80%의 극세섬유와 20%의 매트릭스로 이루어진다. 이성분 필라멘트의 dpf가 3이기 때문에, 방사는 표준 호모 폴리머 섬유의 경우와 동일할 것이다. 극세섬유들은 매트릭스 성분을 용해(dissolving out)시키는 것에 의해 매트릭스 성분으로부터 분리되는데, 이 공정은 필라멘트 및/또는 극세섬유가 매트 또는 다른 전력 저장 장치 구조물로 형성되기 전 또는 후에 행해질 수 있다. 도 14는 매트릭스 성분을 용해시키는 상술한 기법에 을 이용하여 형성되고 일부가 극세섬유들로 분리된, 필라멘트당 1120개의 극세섬유들을 갖는 이성분 필라멘트를 도시한다. 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유들은 2 내지 4dpf의 이성분 사(yarn) 필라멘트들을 방사시키는 것에 의해 형성되는데, 방사는 통상적인 기법들을 이용하여 행해질 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 사에 약한 부식제(mild caustic)가 가해져 이성분 사 필라멘트로부터 각각의 극세섬유들을 분리한다. 도 15는 이 기법에 따라 만들어진 약 0.1dpf의 극세섬유들을 도시한다.

[0058] 어떤 예시적인 실시예들에서는, 사 필라멘트들은 부식제를 사용하지 않고 극세섬유들로 분리된다. 도 16에 도시된 것 같은 분할될 수 있는 중공 섬유들이 부식제 없이 분할될 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 폴리에스터/폴리프로필렌 필라멘트가 방사되고 그 후에 분할된다. 도 15는 처리 전에 198개의 3dpf 필라멘트들을 갖는 필라멘트를 도시한다. 여러 가지 실시예들에서, 필라멘트들은 기계적으로 연신되어 약 0.2dpf의 극세섬유들을 3,168 개 생성한다.

[0059] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 그리고 도 17에 도시된 바와 같이, 극세섬유들은 제1 폴리머 코어와 삼엽 또

는 삼각형 단면의 팁(tip)들에 있는 양이 더 적은 제2 폴리머를 구비한 이성분 필라멘트로 형성된다. 도 17에 도시된 실시예에서, 코어 폴리머는 용융 방사될 수 있는 폴리우레탄이고 팁들은 폴리프로필렌이다. 두 폴리머들의 비는 폴리우레탄이 대략 70%이고 폴리프로필렌이 30%이다. 도시된 바와 같이, 필라멘트들은 표준 완전배향사(fully oriented yarn)의 방사/연신 공정들을 이용하여 만들어지고 대략 3dpf이다. 방사 후에, 여러 가지 실시예에서는, 필라멘트들이 연사(twisting)되고 습식 가열되어 도 17에 도시된 것 같은 필라멘트를 생성하는 것을 돋는다. 약 0.2dpf 이하의 극세섬유를 형성하는 코어와 별도인 팁들은 필라멘트 코어 둘레에 나선형으로 감긴다. 필라멘트 코어는 또한 가열 공정 중에 수축될 수 있다.

[0060] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 극세섬유들은 그대로 사용될 수 있고, 그리고/또는 가공재료(예컨대, 금속, 탄소(예컨대, 흑연, 팽창 흑연, 활성탄, 카본 블랙, 탄소 나노섬유 및/또는 CNT), 실리카, 산화 주석, 흑연 및/또는 산)가 사전 첨가(pre-load)될 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유들은 여러 가지 방법들 및/또는 수단들을 이용하여 미리 처리된다. 사전 코팅된 재료들은 예를 들어 나노섬유 및 나노튜브와 같은 나노급 재료들을 포함할 수 있다. 예를 들어 분무에 의해 또는 섬유를(예컨대, 도전성 금속에) 침적시키는 것에 의해서 분산액 및 슬러리 형태의 용제(예컨대, 물, 산 또는 다른 용제)를 통한 증착과 같은 적당한 임의의 수단에 의해 코팅이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 극세섬유들이 형성될 수 있는 재료들 중 다수가 납계 전극 활성 물질들보다 용융점이 높다. 따라서 납계 활성 물질은 섬유들을 용융된 활성 물질에 담그고 활성 물질을 섬유 상에서 경화시키고, 고화시키고 그리고/또는 형성시킴으로써 섬유들에 도포될 수 있다.

[0061] 극세섬유들은 도전성 재료들 및/또는 유전체 재료들을 포함하는 여러 가지 재료들로 구성될 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유들은 하나 이상의 재료(예컨대, 도전성 코어 및 유전성 표면)로 만들어진다. 극세섬유들은 코어에서 또는 내부적으로 도전성일 수 있고, 표면 상에서 또는 외부적으로 유전성일 수 있는데, 이에 따라 코어는 유전성 재료에 의해 형성된 캐패시터용 집전체로서 작용할 수 있게 될 것이다. 이는 예를 들어 도전성 극세섬유를 유전체로 코팅하는 것에 의해 적어도 부분적으로 달성될 수 있다.

[0062] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 극세섬유들은 탄소(예컨대, 흑연, 팽창 흑연, 카본 블랙, 탄소 나노섬유, 및/또는 CNT)로 코팅된다. 탄소 재료들은 원래의 형태(즉, 어떤 결합제 재료도 없이) 또는 극세섬유 상에 안정적인 다공성 복합재료를 형성하도록 탄소에 공지된 양의 결합제가 첨가된 복합적인 형태로 극세섬유들 상에 코팅되거나 제공될 수 있다. CNT, 탄소 나노섬유 및 탄소 휘스커는 다양한 기판 상에서 성장할 수 있다.

[0063] 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유 세그먼트들(예컨대, 짧은 극세섬유 조각들)이 하나 이상의 배터리 그리드 상에 마련된다. 여러 가지 실시예들에서, 그렇게 생성된 극세섬유들은 활성 물질을 지지하는 것을 돋기 위해 사용될 수 있는 "부유 구조물"에 도포된다.

[0064] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 배터리 전극은 극세섬유들을 이용하여 형성되는데, 극세섬유들은 탄소화되거나 또는 흑연화되고, 활성 물질로 코팅되거나 또는 활성 물질을 구비한다. 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유는 폴리머(예컨대, 폴리올레핀)로 만들어진다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 금속 입자들(예컨대, 니켈, 철, 코발트, 몰리브덴)이 마련(예컨대, 표면에 도포)되는데, 이는 예를 들어 분무와 같은 임의의 적당한 수단에 의해 달성될 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 금속 입자들은 탄소섬유(예컨대, CNT)가 형성되거나 성장할 수 있는 기관들 또는 시드들이다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 활성 물질은 예를 들어 활성 물질을 탄소 극세섬유/나노튜브 번들의 둘레로 그리고/또는 상기 번들을 관통하여 압축하거나 롤링하는 것에 의해 극세섬유 둘레에 마련되거나 도포된다. 여러 가지 실시예들에서, 번들은 전해질 용액으로 적셔진다. 공정의 임의의 시점에서, 각각의 극세섬유들은 직물 또는 부직포일 수 있는 번들들 또는 매트들로 형성될 수 있다.

[0065] 각각의 극세섬유들은 직선형이거나 비직선형일 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 극세섬유들은 코일형, 루프형, 권축형, 분기전결형 또는 이러한 형상들 및 다른 형상들의 임의의 조합일 수 있다.

[0066] 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유들은 매트(예컨대, 직물, 부직포, 또는 점접착 부직포)에 마련되거나 형성된다. 여러 가지 실시예들에서, 활성 물질(예컨대, 납 산화물)이 극세섬유 매트 상에 마련(코팅)되어 전기화학 배터리용 전극을 형성한다. 극세섬유들은 또한 탄소 또는 나노튜브들로 코팅될 수도 있다(그리고, 적어도 어떤 실시예들에서는, 이에 의해 EDLC로서 작용함). 이러한 실시예들은 수명을 증가시키고, 높은 계면적을 생성하여 활성 전극에 대한 이중층 캐패시턴스를 증가시키는 것을 도울 수 있으며, 충전 수입성 및/또는 고율 방전을 최적화하고 그리고/또는 (예컨대, 초기 충전시의) 활성 물질의 전환 효율을 개선시키는 것을 도울 수 있다.

[0067] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 극세섬유들의 조각들(예컨대, 짧은 조각들)이 활성 물질을 개재시키거나, 혼합시키거나 또는 마련한다. 짧은 극세섬유 조각들과 활성 물질의 혼합물은 통상의 전하 수집체(예컨대, 그리드,

플레이트 또는 스크린) 상에 또는 섬유 매트 상에 마련(예컨대, 코팅)될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 활성 물질을 지지하는 플록 구조를 형성하는 것을 돋도록 길이가 짧은 극세섬유가 전하 수집체의 표면에 부착될 수 있다. 활성 물질에 짧은 극세섬유 조각들을 포함시키면 전극의 공극률 및/또는 반응성을 증가시키는데 도움이 되고, 이는 전극을 형성하는 데 필요한 활성 물질의 양을 감소시키는 데 도움이 된다. 극세섬유 조각들이 탄소로 코팅되면, 전극들은 또한 EDLC에서 사용될 수도 있다.

[0068] 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 극세섬유 망을 포함하는 면포 층이 전극에 포함된다. 면포 층은 활성 물질과 전하 수집체 사이에 포함되고 그리고/또는 활성 물질 위에 포함되거나 활성 물질에 적어도 부분적으로 매립될 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 면포 층은 상술한 유형의 극세섬유들로 형성된다. 면포 층을 포함하는 극세섬유들은 예를 들어 활성 물질, 탄소, 실리카, 흑연 및/또는 산과 같은 재료가 사전 첨가될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 면포 층은 탄소로 형성되고 그리고/또는 탄소로 코팅되거나 함침되어, (스폰지 납 및 탄소 캐페시터 전극들의) 캐페시턴스와 도전성을 개선시키는 데 도움이 된다. 다른 실시예들에서, 면포 층은 탄소화 납 산화물로 코팅되거나 함침되어 이중 전기화학 배터리 전극 및 EDLC를 형성한다. 면포 층은 활성 물질에 부착되는 그리고/또는 활성 물질을 지지하는 면포의 능력을 조정하도록 여러 가지 패턴의 직물망 또는 부직포망으로 형성될 수 있다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 면포 층은 극세섬유들이 직접 결합되거나 연결된 상태로 또는 극세섬유들이 플레이트 커넥터를 형성하거나 그 형성을 돋는 상태에서 수집체 그리드로서 또는 수집체 그리드의 일부로서 사용될 수 있다.

[0069] 여러 가지 예시적인 실시예들에 따르면, 배터리 셀은 극세섬유들을 구비한 전극을 포함하는데, 이 극세섬유들은 전극으로 그리고/또는 전극을 통과하여 연장된다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 극세섬유들은 전해액을 전극(예컨대, 전극 내부)(예컨대, 활성 물질)으로 빨아들이는 것을 도와서 공극률을 개선하는 것을 도움으로써, 전극의 유효 표면적을 증가시킨다. 여러 가지 예시적인 실시예들에서, 섬유들은 (예컨대, 배터리가 충전되고 방전됨에 따라) 페이스팅 섬유들 또는 보강 섬유들로서 작용하는 것에 의해 전극의 구조적 완전성을 유지하는 데에도 도움이 된다.

[0070] 여러 가지 예시적인 실시예들에 따르면, 배터리 셀은 전극 활성 물질(예컨대, 페이스트)이 코팅된 극세섬유들로 된 어레이를 포함한다. 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유들은 실질적으로 전해질 용액에 담긴다. 극세섬유 어레이들은 임의의 형태(예컨대, 루스 섬유, 직물 매트 또는 부직포 매트, 번들 등)일 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유들은 전극(예컨대, 전류를 전도시킴)들로 작용하는데, 어떤 극세섬유 어레이들은 양극 활성 물질로 코팅되고 다른 극세섬유 어레이들은 음극 활성 물질로 코팅된다.

[0071] 여러 가지 실시예들에서, 극세섬유들은 전기화학적으로 도핑(예컨대, P도핑 또는 N도핑)될 수 있는 도전 폴리머 또는 도전성 폴리머로 만들어질 수 있고, 이에 의해 전해 캐페시터로서 작용할 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 두 유형의 전극들 모두 P도핑과 N도핑 중 어느 하나가 가능한 동일한 재료(예컨대, 유형 III)로 이루어질 수 있고, 이에 의해 전해 캐페시터로서 작용할 수 있다. 여러 가지 실시예들에서, 도전 폴리머로 만들어진 극세섬유들로 적어도 부분적으로 형성된 면포 매트가 전극에 첨가되어 전극에 EDLC 기능을 제공할 수 있다.

[0072] 본 명세서에서, "대략", "약", "실질적으로"라는 용어들 및 이와 유사한 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자들에 의해 사용되는 혼란 그리고 용인된 용법을 고려하여 넓은 의미를 갖도록 사용되었다. 본 명세서를 읽는 당업자라면 이러한 용어들이 어떤 특징들을 이들 특징의 범위를 제시된 정확한 수치 범위로 제한하지 않으면서 기재하고 청구하도록 의도된 것이라는 점을 이해해야 한다. 따라서 이러한 용어들은 본 명세서에서 기재되고 청구된 본 발명의 요지의 사소하거나 중요하지 않은 개조 또는 변경이 첨부된 청구범위에 기재된 본 발명의 범위 내에 있는 것으로 간주된다는 것을 나타내는 것으로 이해되어야 한다.

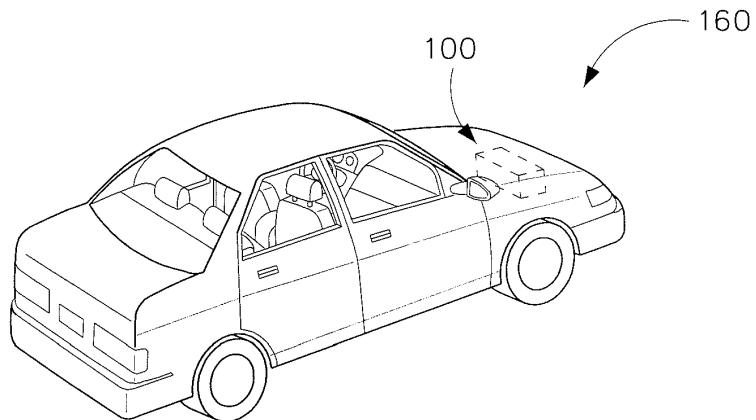
[0073] 본 명세서에서의 설명을 위한 목적으로 사용되는 경우, "결합된"이라는 용어는 두 개의 부재를 직접적으로 또는 간접적으로 서로 잇는 것(joining)을 의미한다. 이러한 이름은 사실상 고정적이거나 사실상 가동적일 수 있다. 이러한 이름은 두 개의 부재를 또는 두 개의 부재들과 임의의 추가적인 중간 부재들이 서로 또는 두 개의 부재와 또는 두 개의 부재 및 임의의 추가 중간 부재들이 서로 부착된 단일의 통합체로 일체로 형성됨으로써 달성될 수 있다. 이러한 이름은 사실상 영구적일 수 있고 또는 사실상 제거가능하거나 해제가능할 수 있다. "결합하는"이라는 용어는 두 구성 요소들 간의 연결을 생성하여 전류가 이를 구성 요소들 사이를 흐를 수 있게 하는 것을 포함한다.

[0074] 여러 가지 실시예들에 도시된 전력 저장 장치의 구성 및 배열은 단지 예시를 위해 제시된 것이라는 점에 주목해야 한다. 본 명세서에서 몇 개의 실시예들만 상세하게 설명하였지만, 본 명세서를 읽은 당업자라면 청구범위에 기재된 요지의 신규한 교시들과 장점들을 벗어나지 않으면서 많은 변형례(예컨대, 여러 가지 요소들의 크기, 치

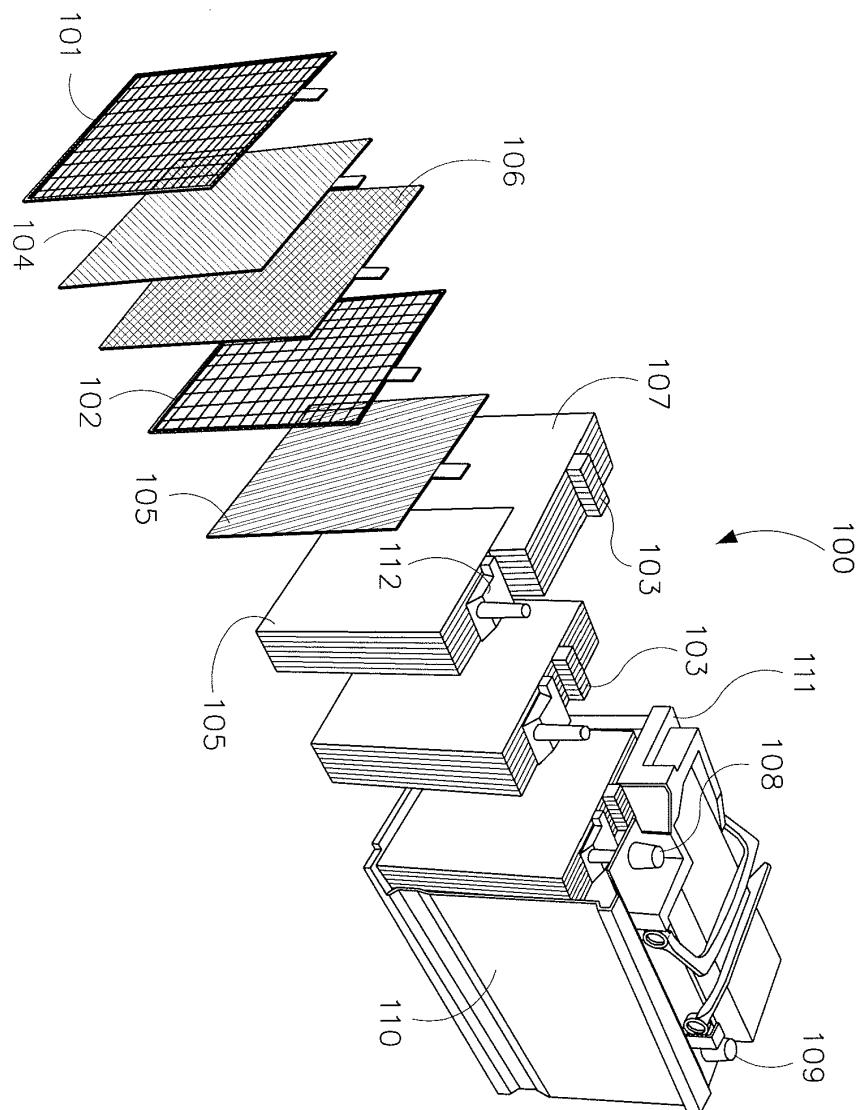
수, 구조, 형상 및 비율, 파라미터 값, 장착 장치, 재료의 사용, 색상, 배향 등의 변화)가 가능하다는 것을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 일체로 형성된 것으로 도시된 요소들이 다수의 부품 또는 요소로 구성될 수 있고, 요소들의 위치가 뒤바뀌거나 변화될 수 있고, 개별 부품들 또는 위치들의 유형이나 수가 변경되거나 변화될 수 있다. 실시예들을 변경하도록 임의의 공정 또는 방법 단계들의 순서나 차례가 변화되거나 재조정될 수 있다. 첨부된 청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 다른 대체, 변형, 변경 및 생략들이 여러 가지 실시예들의 구성, 작용 조건 및 배치에서 행해질 수 있다.

도면

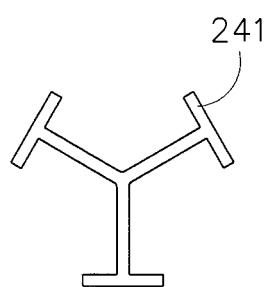
도면1



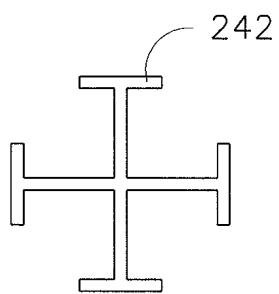
도면2



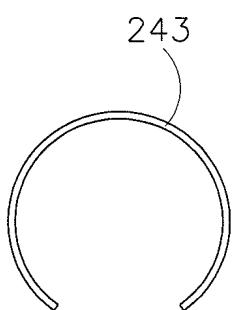
도면3



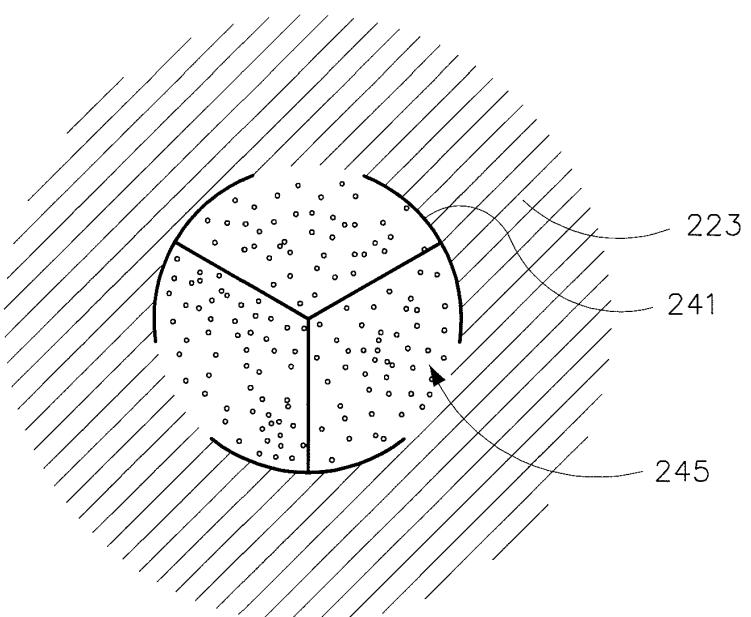
도면4



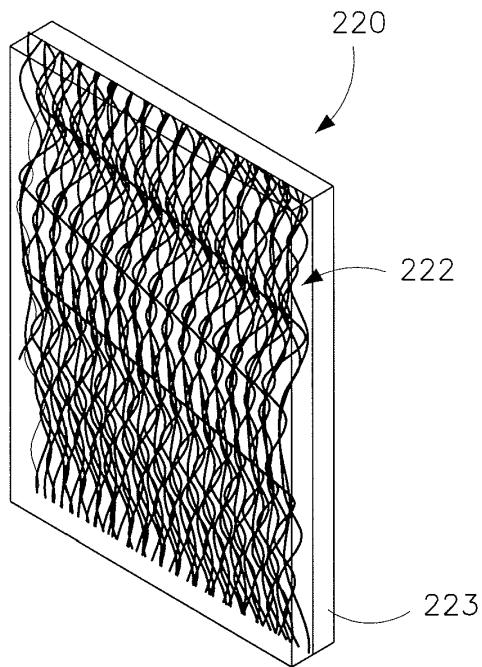
도면5



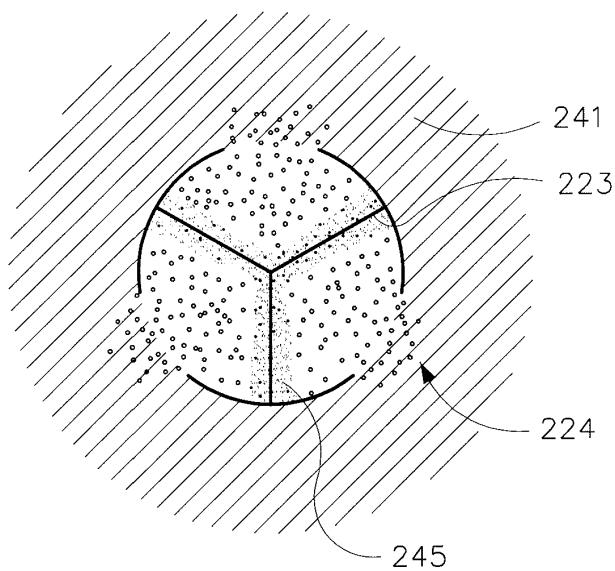
도면6



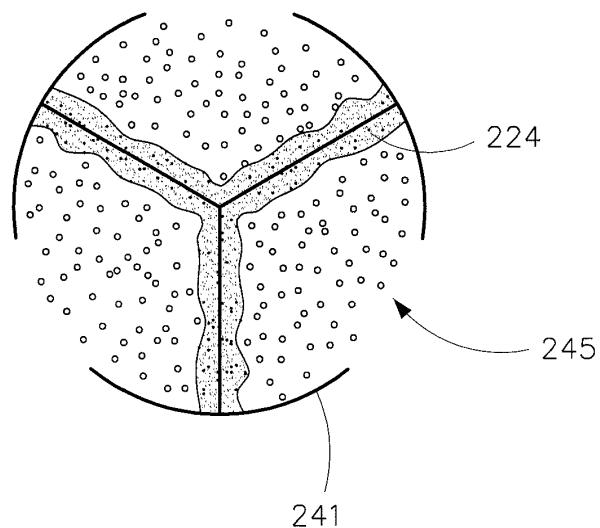
도면7



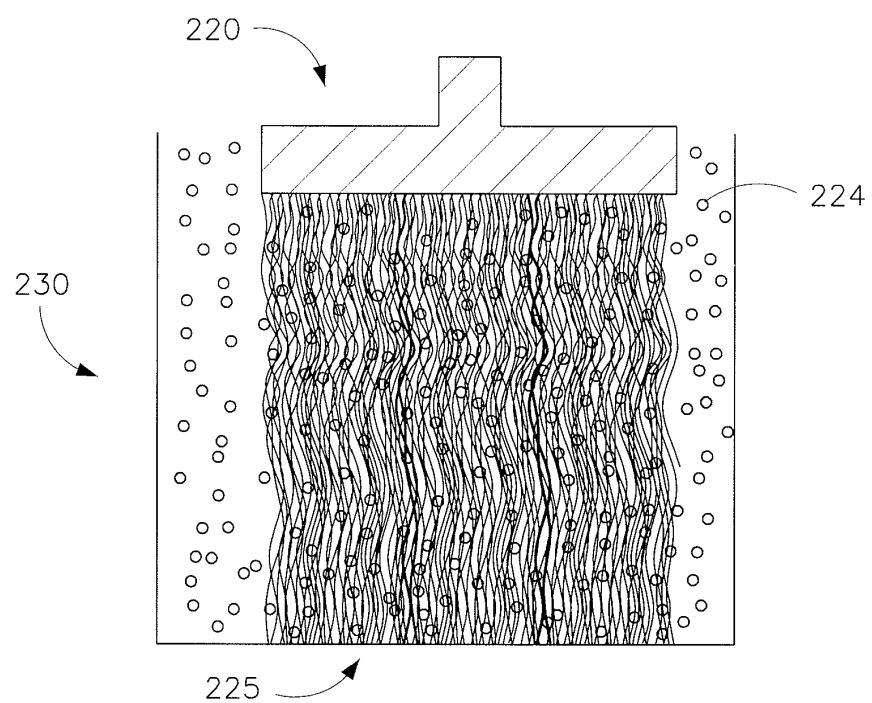
도면8



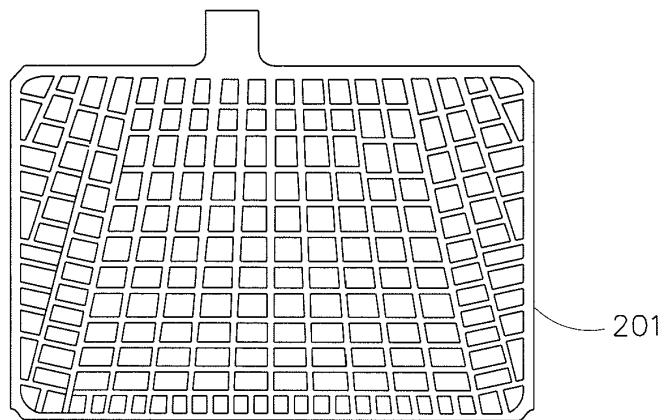
도면9



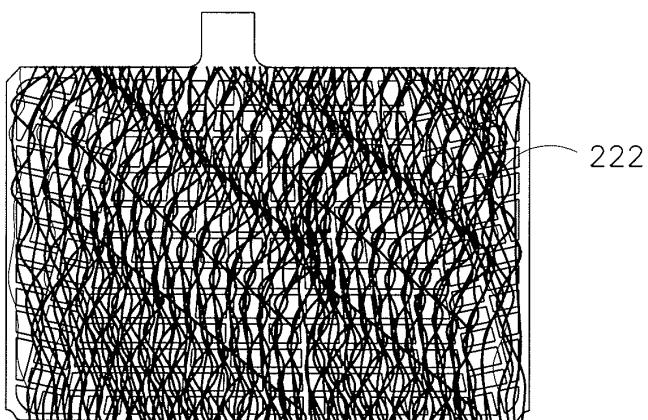
도면10



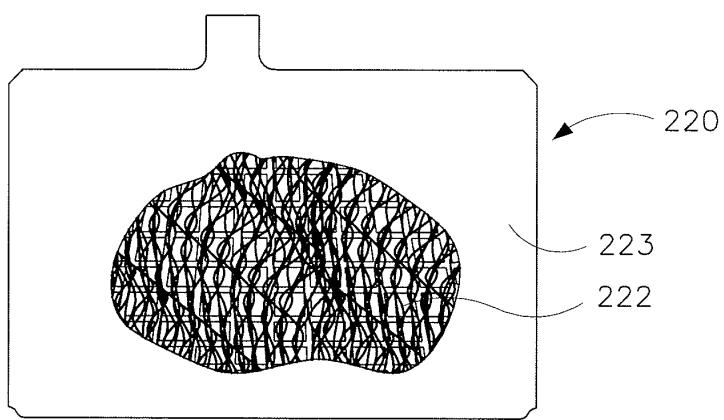
도면11a



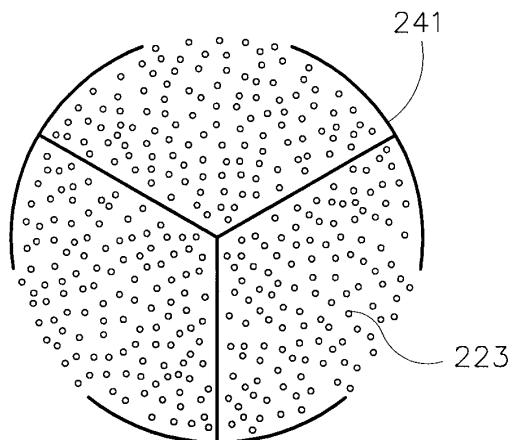
도면11b



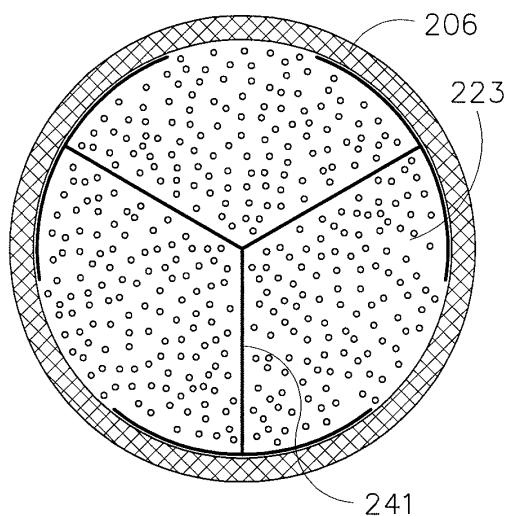
도면11c



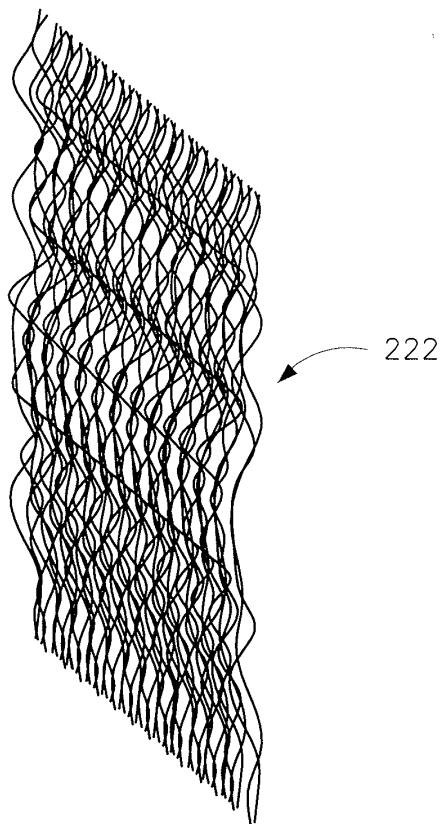
도면12a



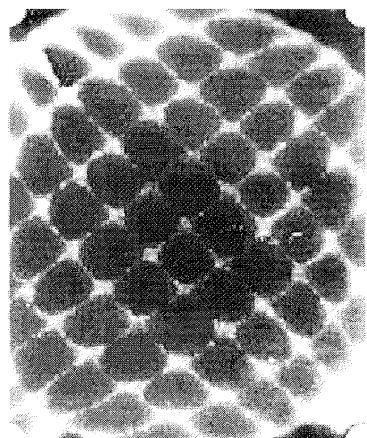
도면12b



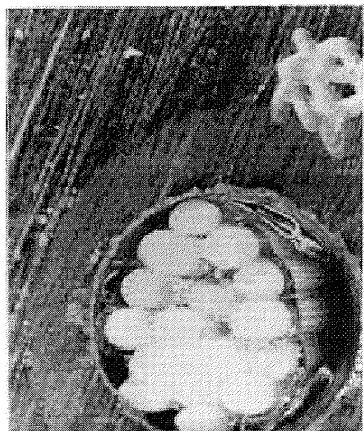
도면12c



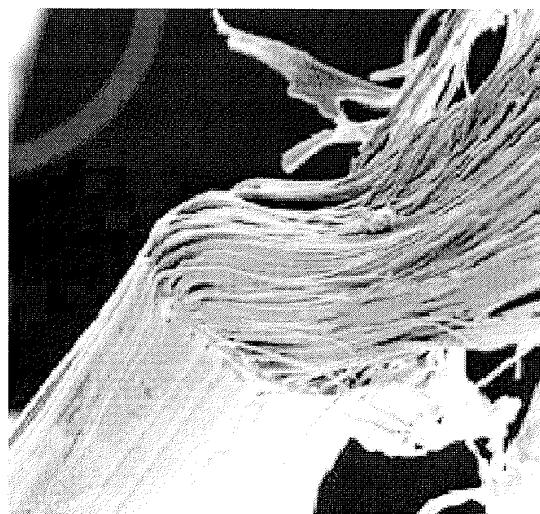
도면13



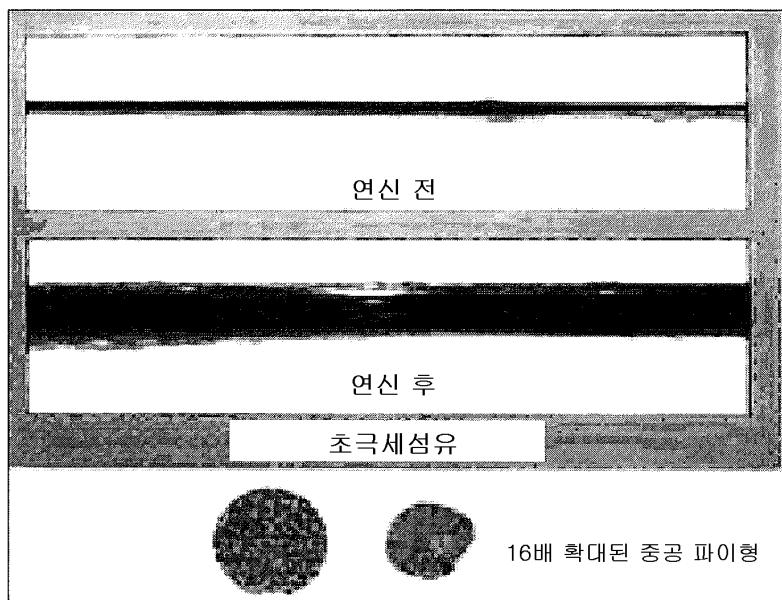
도면14



도면15



도면16



도면17

