



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월10일  
(11) 등록번호 10-2793671  
(24) 등록일자 2025년04월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
HO1M 10/04 (2015.01) HO1M 10/052 (2010.01)  
HO1M 10/0585 (2010.01) HO1M 4/04 (2006.01)  
HO1M 4/13 (2010.01) HO1M 4/66 (2006.01)  
HO1M 4/70 (2006.01) HO1M 50/105 (2021.01)  
HO1M 50/46 (2021.01)
- (52) CPC특허분류  
HO1M 10/0436 (2013.01)  
HO1M 10/0413 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7041858(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2015년11월04일  
심사청구일자 2024년01월02일
- (85) 번역문제출일자 2023년12월04일
- (65) 공개번호 10-2023-0171477
- (43) 공개일자 2023년12월20일
- (62) 원출원 특허 10-2017-7015132  
원출원일자(국제) 2015년11월04일  
심사청구일자 2020년10월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/058992
- (87) 국제공개번호 WO 2016/073575  
국제공개일자 2016년05월12일
- (30) 우선권주장  
62/075,373 2014년11월05일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US20140315097 A1  
US20130065122 A1  
KR1020130098339 A

- (73) 특허권자  
24엠 테크놀로지스, 인크.  
미국 매사추세츠 (우편번호 02139) 캠브리지 브루클라인 스트리트 130 스위트 200
- (72) 발명자  
자가스, 레이몬드  
미국 02171 매사추세츠주 퀸시 아파트먼트 1211 웨스트 스윈턴 스트리트 95  
쿠란, 제프리  
미국 02886 로드아일랜드주 워윅 버튼우드 애비뉴 1078  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
양영준, 김연송, 백만기

전체 청구항 수 : 총 24 항

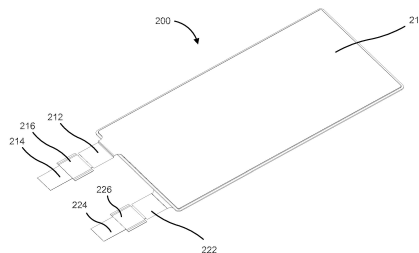
심사관 : 임홍철

(54) 발명의 명칭 반고체 전극을 갖는 전기화학 전지 및 그것의 제조 방법

(57) 요약

본원에 기술된 실시양태는 일반적으로 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 전극을 갖는 전기화학 전지에 관한 것이다. 일부 실시양태에서, 전기화학 전지는 포지티브 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 포지티브 전극 및 네거티브 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 네거티브 전극을 포함한다. 분리기가 반고체 포지티브 (뒷면에 계속)

대표도



전극과 반고체 네거티브 전극 사이에 배치된다. 반고체 포지티브 전극 및 반고체 네거티브 전극 중 적어도 하나는 적어도 약 250  $\mu\text{m}$ 의 두께를 가질 수 있다.

(52) CPC특허분류

*H01M 10/052* (2013.01)

*H01M 10/0585* (2013.01)

*H01M 4/0404* (2013.01)

*H01M 4/0409* (2013.01)

*H01M 4/13* (2013.01)

*H01M 4/661* (2013.01)

*H01M 4/70* (2013.01)

*H01M 50/105* (2021.01)

*H01M 50/46* (2021.01)

(72) 발명자

도허티, 트리스탄

미국 02143 매사추세츠주 서머빌 그래니트 스트리트 5 넘버2알

슬로컴, 알렉산더 에이치.

미국 03304 뉴햄프셔주 보우 메릴 크로싱 1

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전기화학 전지 적층체로서,

제1 표면, 제2 표면, 및 제1 집전체로부터 연장되는 제1 탭을 갖는 상기 제1 집전체 - 상기 제1 집전체의 상기 제1 표면 상에 반고체 캐소드 물질이 배치됨 -; 및

제1 표면, 제2 표면, 및 제2 집전체로부터 연장되는 제2 탭을 갖는 상기 제2 집전체 - 상기 제2 집전체의 상기 제1 표면 상에 상기 반고체 캐소드 물질이 배치됨 -

를 포함하고,

상기 제1 탭 및 상기 제2 탭은 포지티브 배일에서 함께 결합되고, 상기 포지티브 배일은 포지티브 리드에 결합 되도록 구성되는, 전기화학 전지 적층체.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않고, 상기 제2 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않고, 상기 제1 집전체의 상기 제2 표면에 결합되는, 전기화학 전지 적층체.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 집전체의 상기 제2 표면과 상기 제2 집전체의 상기 제2 표면 사이에 배치된 이격자 - 상기 제2 집전체의 상기 제2 표면은 상기 이격자를 통해 상기 제1 집전체의 상기 제2 표면에 결합됨 -를 더 포함하는, 전기화학 전지 적층체.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

제1 표면 및 제2 표면을 갖는 제3 집전체를 추가로 포함하고, 상기 제3 집전체의 상기 제1 표면 상에 반고체 애노드가 배치되고, 상기 제3 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않은, 전기화학 전지 적층체.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제3 집전체의 상기 반고체 애노드와 상기 제1 집전체의 상기 반고체 캐소드 사이에 배치된 제1 분리기를 추가로 포함하는, 전기화학 전지 적층체.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

제1 표면 및 제2 표면을 갖는 제4 집전체를 추가로 포함하고, 상기 제4 집전체의 상기 제1 표면 상에 반고체 애노드가 배치되고, 상기 제4 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않고, 상기 제3 집전체의 상기 제2 표면에 결합되는, 전기화학 전지 적층체.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

제3 탭이 상기 제3 집전체로부터 연장되고, 제4 탭이 상기 제4 집전체로부터 연장되고, 상기 제3 탭 및 상기 제

4 탭은 네거티브 배일에서 함께 결합되고, 상기 네거티브 배일은 네거티브 리드에 결합되도록 구성되는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 8**

제6항에 있어서,

제1 표면 및 제2 표면을 갖는 제5 집전체를 추가로 포함하고, 상기 제5 집전체의 상기 제1 표면 상에 반고체 캐소드가 배치되고, 상기 제5 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 9**

제8항에 있어서,

상기 제4 집전체의 상기 반고체 애노드와 상기 제5 집전체의 상기 반고체 캐소드 사이에 배치된 제2 분리기를 추가로 포함하는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 10**

제8항에 있어서,

상기 제5 집전체로부터 제5 탭이 연장되고, 상기 제5 탭은 상기 포지티브 배일에 결합되는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 제5 탭은 상기 제1 탭 및 상기 제2 탭의 길이보다 긴 길이를 갖는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 제5 탭은 상기 제1 탭 및 상기 제2 탭의 두께보다 큰 두께를 갖는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 13**

전기화학 전지 적층체로서,

제1 표면, 제2 표면, 및 제1 집전체로부터 연장되는 제1 탭을 갖는 상기 제1 집전체 - 상기 제1 집전체의 상기 제1 표면 상에 반고체 애노드 물질이 배치됨 -; 및

제1 표면, 제2 표면, 및 제2 집전체로부터 연장되는 제2 탭을 갖는 상기 제2 집전체 - 상기 제2 집전체의 상기 제1 표면 상에 상기 반고체 애노드 물질이 배치됨 -

를 포함하고,

상기 제1 탭 및 상기 제2 탭은 네거티브 배일에서 함께 결합되고, 상기 네거티브 배일은 네거티브 리드에 결합되도록 구성되는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 제1 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않고, 상기 제2 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않고, 상기 제1 집전체의 상기 제2 표면에 결합되는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 15**

제14항에 있어서,

상기 제1 집전체의 상기 제2 표면과 상기 제2 집전체의 상기 제2 표면 사이에 배치된 이격자를 추가로 포함하고, 상기 제2 집전체의 상기 제2 표면은 상기 이격자를 통해 상기 제1 집전체의 상기 제2 표면에 결합되

는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 16**

제13항에 있어서,

제1 표면 및 제2 표면을 갖는 제3 집전체를 추가로 포함하고, 상기 제3 집전체의 상기 제1 표면 상에 반고체 캐소드가 배치되고, 상기 제3 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않은, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 제3 집전체의 상기 반고체 캐소드와 상기 제1 집전체의 상기 반고체 애노드 사이에 배치된 제1 분리기를 추가로 포함하는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

제1 표면 및 제2 표면을 갖는 제4 집전체를 추가로 포함하고, 상기 제4 집전체의 상기 제1 표면 상에 반고체 캐소드가 배치되고, 상기 제4 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않고, 상기 제3 집전체의 상기 제2 표면에 결합되는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

제3 탭이 상기 제3 집전체로부터 연장되고, 제4 탭이 상기 제4 집전체로부터 연장되고, 상기 제3 탭 및 상기 제4 탭은 포지티브 배일에서 함께 결합되고, 상기 포지티브 배일은 포지티브 리드에 결합되도록 구성되는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 20**

제18항에 있어서,

제1 표면 및 제2 표면을 갖는 제5 집전체를 추가로 포함하고, 상기 제5 집전체의 상기 제1 표면 상에 반고체 애노드가 배치되고, 상기 제5 집전체의 상기 제2 표면은 코팅되지 않은, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 21**

제20항에 있어서,

상기 제4 집전체의 상기 반고체 캐소드와 상기 제5 집전체의 상기 반고체 애노드 사이에 배치된 제2 분리기를 추가로 포함하는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 22**

제20항에 있어서,

상기 제5 집전체로부터 제5 탭이 연장되고, 상기 제5 탭은 상기 네거티브 배일에 결합되는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

상기 제5 탭은 상기 제1 탭 및 상기 제2 탭의 길이보다 긴 길이를 갖는, 전기화학 전지 적층체.

**청구항 24**

제23항에 있어서,

상기 제5 탭은 상기 제1 탭 및 상기 제2 탭의 두께보다 큰 두께를 갖는, 전기화학 전지 적층체.

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] <관련 출원과의 교차-참조>
- [0002] 본 출원은 2014년 11월 5일에 출원된 발명의 명칭 "Electrochemical Cells Having Semi-Solid Electrodes and Methods of Manufacturing the Same"의 U.S. 가출원 제62/075,373호의 우선권 및 이익을 주장하며, 상기 가출원의 개시 내용은 그 전문이 본원에 참조로 포함된다.

**배경 기술**

- [0003] 본원에 기술된 실시양태는 일반적으로 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 전극을 갖는 전기화학 전지, 이러한 전기화학 전지의 적층체, 및 이러한 전기화학 전지 적층체의 형성 방법에 관한 것이다.
- [0004] 배터리는 전형적으로 고체 전극, 분리기, 전해질, 및 부수적 성분, 예컨대, 예를 들어, 포장, 열 관리, 전지 밸런싱, 전류 캐리어의 단자 내로의 통합, 및/또는 다른 이러한 성분으로 구성된다. 전극은 전형적으로 활성 물질, 전도성 물질, 결합제 및 다른 첨가제를 포함한다.
- [0005] 일부 공지된 배터리 제조 방법은, 금속성 기관 (예를 들어, 집전체)을 용매 중에 용해 또는 분산된 활성 물질, 전도성 첨가제 및 결합제로 구성된 슬러리로 코팅하고, 용매를 증발시키고, 건조된 고체 매트릭스를 특정된 두께로 캘린더링하는 것을 포함한다. 이어서, 전극을 절단하고, 다른 성분과 함께 포장하고, 전해질을 함침시키고, 이어서 전체 포장체를 밀봉한다.
- [0006] 이러한 공지된 방법은 일반적으로 전극의 캐스팅과 같은 복잡하고 비용이 많이 드는 제조 단계를 포함하며, 제한된 두께, 예를 들어 100  $\mu\text{m}$  미만 (최종 단일 면 코팅 두께)의 전극에만 적합하다. 이들 제한된 두께의 전극의 공지된 제조 방법은 더 낮은 용량, 더 낮은 에너지 밀도 및 높은 불활성 성분 대 활성 물질 비를 갖는 배터리를 초래한다. 게다가, 공지된 전극 배합물에 사용되는 결합제는 전극의 비틀림도(tortuosity)를 증가시키고 이온 전도도를 감소시킬 수 있다.
- [0007] 활성 물질 대 불활성 물질의 비를 증가시키기 위해, 일반적으로 전극 활성 물질 (즉, 애노드 배합물 슬러리 및 캐소드 배합물 슬러리)을 집전체의 양쪽 면 상에 코팅함으로써 통상의 전기화학 전지를 형성한다. 분리기를 전극들 사이, 즉 애노드와 캐소드 사이에 배치하여, 통상의 전기화학 전지를 형성한다. 복수의 이러한 전기화학 전지들을, 일반적으로 그들 사이에 배치된 이격자와 함께, 서로의 위에 적층하여, 전기화학 전지 적층체를 형성할 수 있다. 이로 인해 활성 물질 대 불활성 물질 비에 긍정적인 영향이 미쳐지지만, 제조 공정이 복잡해진다. 게다가, 전기화학 배터리를 조립하는 데 요구되는 시간이 상당할 수 있다. 이로 인해, 온도 변동 또는 습기에 의한 전극 물질의 노출이 증가하여, 전극 물질이 열화됨으로써, 전극의 전자 특성이 열화될 수 있다.
- [0008] 따라서, 더 긴 사이클 수명, 증가된 에너지 밀도, 충전 용량 및 전체 성능을 갖는 신규한 전기화학 배터리 및 전극을 개발하는 것이 에너지 저장 시스템 개발의 지속적인 목표이다.

**발명의 내용**

- [0009] <요약>
- [0010] 본원에 기술된 실시양태는 일반적으로 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 전극을 갖는 전기화학 전지에 관한 것이다. 일부 실시양태에서, 전기화학 전지는 포지티브 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 포지티브 전극 및 네거티브 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 네거티브 전극을 포함한다. 분리기는 반고체 포지티브 전극과 반고체 네거티브 전극 사이에 배치된다. 반고체 포지티브 전극 및 반고체 네거티브 전극 중 적어도 하나는 적어도 약 250  $\mu\text{m}$ 의 두께를 가질 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0011] 도 1은 한 실시양태에 따른 전기화학 전지의 개략적 도해이다.
- 도 2는 한 실시양태에 따른 파우치 내의 전기화학 전지의 투시도이다.
- 도 3은 파우치가 제거된 상태의, 도 2의 전기화학 전지를 도시한다.

도 4는 도 3의 전기화학 전지의 분해도이다.

도 5는 한 실시양태에 따른, 복수의 전기화학 전지를 포함하는 파우치 내의 전기화학 전지 적층체를 도시한다.

도 6은 파우치가 제거된 상태의, 도 5의 전기화학 전지 적층체를 도시한다.

도 7은 도 6에 도시된 바와 같은 선 AA를 따라 취해진, 도 5의 도시된 전기화학 전지 적층체의 측면면도를 도시한다.

도 8은 한 실시양태에 따른, 하나의 포지티브 집전체 및 하나의 네거티브 집전체가 나머지 포지티브 및 네거티브 집전체의 탭보다 훨씬 더 긴 탭을 갖는 것인 전기화학 전지 적층체의 투시도이다.

도 9는 도 8에서 화살표 B에 의해 도시된, 도 8의 전기화학 전지 적층체의 일부분의 측면도이다.

도 10은 한 실시양태에 따른, 전기화학 전지 적층체의 형성 방법의 개략적 흐름도를 도시한다.

도 11a 내지 11i는 한 실시양태에 따른 전기화학 전지를 제조하는 공정의 단계를 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0012] 가전용 배터리는 리튬-이온 배터리 기술의 진보와 더불어 에너지 밀도가 점차 증가하고 있다. 제조된 배터리의 저장된 에너지 또는 충전 용량은 (1) 활성 물질의 고유 충전 용량 (mAh/g) (2) 전극의 부피 (cm<sup>3</sup>) (즉, 전극 두께, 전극 면적, 및 층 (적층체)의 개수의 곱), 및 (3) 전극 매질 중 활성 물질의 로딩 (예를 들어, 전극 매질 cm<sup>3</sup> 당 활성 물질의 그램)의 함수이다. 그러므로, 상업적 매력의 향상 (예를 들어, 증가된 에너지 밀도 및 감소된 비용)을 위해, 면적 충전 용량 (mAh/cm<sup>2</sup>)을 증가시키는 것이 일반적으로 바람직하다. 면적 충전 용량은, 예를 들어, 더 높은 고유 충전 용량을 갖는 활성 물질을 사용하고/거나, 전체 전극 배합물 중 활성 전하 저장 물질의 상대 백분율 (즉, "로딩")을 증가시키고/거나, 임의의 주어진 배터리 형태 인자에 사용되는 전극 물질의 상대 백분율을 증가시키는 것에 의해 증가될 수 있다. 달리 말해서, 활성 전하 저장 성분 (예를 들어, 전극) 대 불활성 성분 (예를 들어, 분리기 및 집전체) 비가 증가하면, 배터리의 전체 성능에 기여하지 않는 성분이 제거되거나 감소됨으로써 배터리의 전체 에너지 밀도가 증가된다. 면적 충전 용량의 증가 및 그러므로 불활성 성분의 상대 백분율의 감소를 달성하는 하나의 방안은 전극의 두께를 증가시키는 것이다.

[0013] 본원에 기술된 반고체 전극은 (i) 반고체 전극의 감소된 비틀림도 및 더 높은 전자 전도도로 인해 더 두껍게 (예를 들어, 250 μm 초과 내지 2,000 μm 이하 또는 심지어는 그 초과로), (ii) 더 높은 활성 물질의 로딩을 갖도록, (iii) 더 적은 개수의 장비를 이용하는 단순화된 제조 공정에 의해 제조될 수 있다. 이들 반고체 전극은 고착된 또는 유동성 구조로 형성될 수 있고, 활성 성분에 대한 불활성 성분의 부피, 질량 및 비용 기여를 감소 시킴으로써, 반고체 전극을 사용하여 제조한 배터리의 상업적 매력을 향상시킨다. 일부 실시양태에서, 본원에 기술된 반고체 전극은 결합제를 함유하지 않고/거나 통상의 배터리 제조에 사용되는 결합제를 사용하지 않는다. 대신에, 통상의 전극에서 결합제에 의해 통상적으로 점유되는 전극의 부피가 이제는, 1) 비틀림도를 감소시키고 이온 확산에 이용가능한 전체 면을 증가시킴으로써, 높은 비율로 사용 시에 두꺼운 통상의 전극에서 전형적인 염 고갈 효과에 대응하는 효과를 갖는 전해질, 2) 배터리의 충전 용량을 증가시키는 효과를 갖는 활성 물질, 또는 3) 전극의 전자 전도도를 증가시킴으로써, 두꺼운 통상의 전극의 높은 내부 임피던스에 대응하는 효과를 갖는 전도성 첨가제에 의해 점유된다. 본원에 기술된 반고체 전극의 감소된 비틀림도 및 더 높은 전자 전도도는 반고체 전극으로부터 형성된 전기화학 전지의 우수한 속도 역량(rate capability) 및 충전 용량을 초래한다.

[0014] 본원에 기술된 반고체 전극은 통상의 전극보다 훨씬 더 두껍게 제조될 수 있기 때문에, 통상의 전극을 포함하는 전기화학 전지 적층체로부터 형성된 유사한 배터리에 비해, 반고체 전극을 포함하는 전기화학 전지 적층체로부터 형성된 배터리에서 활성 물질 (즉, 반고체 캐소드 및/또는 애노드) 대 불활성 물질 (즉, 집전체 및 분리기) 비가 훨씬 더 높을 수 있다. 이로 인해 본원에 기술된 반고체 전극을 포함하는 배터리의 전체 충전 용량 및 에너지 밀도가 상당히 증가된다. 두꺼운 반고체 전극 및 그의 다양한 배합물을 이용하는 전기화학 전지의 예는 2015년 3월 31일에 허여된 발명의 명칭 "Semi-Solid Electrodes Having High Rate Capability,"의 U.S. 특허 제8,993,159호 ("159 특허"라고도 지칭됨), 2014년 3월 10일에 출원된 발명의 명칭 "Asymmetric Battery Having a Semi-Solid Cathode and High Energy Density Anode,"의 U.S. 특허 공개 제2014/0315097호 ("097 공개"라고도 지칭됨), 및 2014년 7월 21일에 출원된 발명의 명칭 "Semi-Solid Electrodes with Gel Polymer Additive,"의 U.S. 특허 공개 제2015/0024279호 ("279 공개"라고도 지칭됨)에 기술되어 있고, 상기 특허 및 공개의 전체 개시 내용은 본원에 참조로 포함된다.

- [0015] 본원에 기술된 반고체 전극은 전해질이 슬러리 배합물에 포함되도록 슬러리로서 배합된다. 이는, 전기화학 전지가 용기, 예를 들어 파우치 또는 캔 내에 배치된 후에 전해질이 일반적으로 전기화학 전지에 첨가되는 것인 통상의 전극, 예를 들어 캘린더링된 전극과 반대된다. 반고체 전극이 더 긴 시간 동안 주위 환경에 노출되면 전해질의 증발이 촉진됨으로써, 전기화학 전지의 물리적 특성 (예를 들어, 유동성) 및/또는 전자 특성 (예를 들어, 전도도, 충전 용량, 에너지 밀도 등)이 영향받을 수 있다. 더욱이, 주위 환경 중의 수분은 또한 전해질의 성능에 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 전해질 증발 및/또는 열화를 제한하기 위해 가장 짧은 시간 내에, 본원에 기술된 반고체 전극을 포함하는 전기화학 전지를 조립하는 것이 유익할 것이다. 그러나, 일부 경우에, 반고체 전극을 집전체 (예를 들어, 금속 호일)의 양쪽 면 상에 배치하는 데에는 상당한 시간이 소요될 수 있다. 더욱이, 이러한 전기화학 전지로부터 전기화학 전지 적층체를 형성하기 위해, 이격자를 종종 인접한 전기화학 전지들 사이에 배치하는데, 이로 인해 전기화학 전지 내에 포함된 반고체 전극이 주위 분위기에 노출되는 시간이 추가로 증가될 수 있다.
- [0016] 본원에 기술된 전기화학 전지의 실시양태는 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 전극을 포함한다. 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅을 하면 집전체의 양쪽 면 상에 코팅하는 것과 연관된 시간뿐만 아니라 제조상 복잡성이 감소한다. 이어서, 인접한 전기화학 전지의 집전체들이 서로 맞닿도록 전기화학 전지를 적층함으로써, 전기화학 전지 적층체를 쉽게 형성할 수 있다. 예를 들어, 제1 전기화학 전지 내에 포함된 포지티브 집전체의 코팅되지 않은 면은 제2 전기화학 전지 내에 포함된 포지티브 집전체의 코팅되지 않은 면과 맞닿을 수 있다. 마찬가지로, 제1 전기화학 전지 내에 포함된 네거티브 집전체의 코팅되지 않은 면은 제3 전기화학 전지 내에 포함된 네거티브 집전체의 코팅되지 않은 면과 맞닿을 수 있고, 기타 등등이다. 이로 인해 전기화학 전지 적층체의 형성에 사용되는 시간이 추가로 감소됨으로써, 전극이 주위 환경에 노출되는 것이 최소화될 수 있다. 전기화학 전지를 형성하는 데 요구되는 짧은 조립 시간으로 인해 또한 전해질 증발이 감소되고/거나 물 투과로 인한 반고체 전극의 열화가 또한 최소화될 수 있다.
- [0017] 일부 실시양태에서, 전기화학 전지는 포지티브 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 포지티브 전극 및 네거티브 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 네거티브 전극을 포함한다. 이온-투과성 멤브레인이 반고체 포지티브 전극과 반고체 네거티브 전극 사이에 배치된다. 반고체 포지티브 전극 및 반고체 네거티브 전극 중 적어도 하나는 적어도 약 250  $\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는다. 일부 실시양태에서, 포지티브 집전체 및/또는 네거티브 집전체는 금속 호일, 예를 들어, 알루미늄 호일 또는 구리 호일을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 전기화학 전지는 진공 밀봉된 파우치 내에 배치될 수 있다.
- [0018] 일부 실시양태에서, 전기화학 전지 적층체의 형성 방법은 반고체 캐소드를 포지티브 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅하고 반고체 애노드를 네거티브 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅하는 것을 포함한다. 분리를 반고체 캐소드와 반고체 애노드 사이에 배치하여 제1 전기화학 전지를 형성한다. 제2 전기화학 전지를 제1 전기화학 전지와 상당히 유사하게 형성한다. 게다가, 제3 전기화학 전지를 제1 전기화학 전지와 상당히 유사하게 형성하고, 기타 등등이다. 제2 전기화학 전지의 포지티브 집전체의 코팅되지 않은 면이 제1 전기화학 전지의 포지티브 집전체의 코팅되지 않은 면 상에 배치되도록 제2 전기화학 전지를 제1 전기화학 전지 상에 배치한다. 마찬가지로, 제3 전기화학 전지의 네거티브 집전체의 코팅되지 않은 면이 제1 전기화학 전지의 네거티브 집전체의 코팅되지 않은 면 상에 배치되도록 제3 전기화학 전지를 제1 전기화학 전지 상에 배치함으로써, 전기화학 전지 적층체를 형성한다. 일부 실시양태에서, 임의의 제1 전기화학 전지, 제2 전기화학 전지, 및 제3 전기화학 전지의 반고체 캐소드 및/또는 반고체 애노드 내에 포함된 전해질의 증발이 최소화되도록, 전기화학 전지 적층체를 형성하는 데 요구되는 시간이 충분히 감소될 수 있다.
- [0019] 반고체 전극의 혼합 및 형성은 일반적으로 (i) 원료 이송 및/또는 공급, (ii) 혼합, (iii) 혼합된 슬러리 이송, (iv) 분배 및/또는 압출, 및 (v) 형성을 포함한다. 일부 실시양태에서, 공정의 여러 단계를 동시에 및/또는 동일한 장비를 사용하여 수행할 수 있다. 예를 들어, 혼합 및 슬러리의 이송을 동시에 압출기를 사용하여 수행할 수 있다. 공정의 각각의 단계는 하나 이상의 가능한 실시양태를 포함할 수 있다. 예를 들어, 공정의 각각의 단계를 수동으로 또는 임의의 다양한 공정 장비를 사용하여 수행할 수 있다. 각각의 단계는 또한 하나 이상의 부-공정(sub-process), 및 임의로, 공정 품질을 모니터링하기 위한 검사 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 일부 실시양태에서, 공정 조건은 적어도 약 0.80, 적어도 약 0.90, 적어도 약 0.95, 또는 적어도 약 0.975의 혼합 지수를 갖는 제조 슬러리가 제조되도록 선택될 수 있다. 일부 실시양태에서, 공정 조건은 적어도 약  $10^{-6}$  S/cm, 적어도 약  $10^{-5}$  S/cm, 적어도 약  $10^{-4}$  S/cm, 적어도 약  $10^{-3}$  S/cm, 또는 적어도 약  $10^{-2}$  S/cm의 전자 전도

도를 갖는 제조 슬러리가 생성되도록 선택될 수 있다. 일부 실시양태에서, 공정 조건은  $1,000 \text{ s}^{-1}$ 의 겔보기 전단 속도에서 약  $100,000 \text{ Pa}\cdot\text{s}$  미만, 약  $10,000 \text{ Pa}\cdot\text{s}$  미만, 또는 약  $1,000 \text{ Pa}\cdot\text{s}$  미만의 실온에서의 겔보기 점도를 갖는 제조 슬러리가 제조되도록 선택될 수 있다. 일부 실시양태에서, 공정 조건은 본원에 기술된 바와 같은 둘 이상의 특성을 갖는 제조 슬러리가 제조되도록 선택될 수 있다. 본원에 기술된 반고체 전극 조성물을 제조하는 데 사용될 수 있는 시스템 및 방법의 예는 2013년 3월 15일에 출원된 발명의 명칭 "Electrochemical Slurry Compositions and Methods for Preparing the Same"의 U.S. 특허 공개 제2013/0337319호 ("319 공개"라고도 지칭됨)에 기술되어 있으며, 상기 공개의 전체 개시 내용은 본원에 참조로 포함된다.

[0021] 본원에 사용된 용어 "약" 및 "대략"은 일반적으로 언급된 값의 플러스 또는 마이너스 10%를 의미하고, 예를 들어 약  $250 \mu\text{m}$ 는  $225 \mu\text{m}$  내지  $275 \mu\text{m}$ 를 포함할 것이고, 약  $1,000 \mu\text{m}$ 는  $900 \mu\text{m}$  내지  $1,100 \mu\text{m}$ 를 포함할 것이다.

[0022] 본원에 사용된 용어 "반고체"는, 액체상과 고체상의 혼합물인 물질, 예를 들어, 예컨대, 입자 현탁액, 콜로이드성 현탁액, 에멀전, 겔, 또는 미셀을 지칭한다.

[0023] 본원에 사용된 용어 "활성화된 탄소 네트워크" 및 "네트워크화된 탄소"는 전극의 일반적인 정성적 상태에 관한 것이다. 예를 들어, 활성화된 탄소 네트워크 (또는 네트워크화된 탄소)를 갖는 전극은, 전극 내의 탄소 입자가 입자들 사이에서 전극의 두께 및 길이를 통한 전기적 접촉 및 전기 전도를 용이하게 하는 개별 입자 모폴로지 및 서로에 대한 배열을 갖도록 한 것이다. 역으로, 용어 "불활성화된 탄소 네트워크" 및 "비-네트워크화된 탄소"는 탄소 입자가 전극을 통한 적절한 전기 전도를 제공하도록 충분히 연결되지는 않을 수 있는 개별 입자 섬 (island) 또는 다중-입자 응결 섬으로서 존재하는 것인 전극에 관한 것이다.

[0024] 도 1은 전기화학 전지(100)의 개략적 도해를 도시한다. 전기화학 전지(100)는 포지티브 집전체(110) 및 네거티브 집전체(120)를 포함한다. 반고체 캐소드(140)는 포지티브 집전체(110) 상에 배치되고, 반고체 애노드(150)는 네거티브 집전체(120) 상에 배치된다. 분리기(130)는 반고체 캐소드(140)와 반고체 애노드(150) 사이에 배치된다. 반고체 캐소드(140)와 반고체 애노드(150) 중 적어도 하나는 적어도 약  $250 \mu\text{m}$ , 예를 들어, 약  $250 \mu\text{m}$  내지 약  $2,000 \mu\text{m}$ 의 범위의 두께를 갖는다.

[0025] 포지티브 집전체(110) 및 네거티브 집전체(120)는 전자 전도성이며 전지의 작동 조건 하에 전기화학적으로 불활성인 임의의 집전체일 수 있다. 리튬 전지를 위한 전형적인 집전체는 네거티브 집전체(120)의 경우에 구리, 알루미늄, 또는 티타늄, 및 포지티브 집전체(110)의 경우에 알루미늄을 시트 또는 메쉬 또는 그의 임의의 조합의 형태로 포함한다. 집전체 물질은 전기화학 전지(100)의 반고체 캐소드(140) 및 반고체 애노드(150)의 작동 전위에서 안정하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 비-수성 리튬 시스템에서, 포지티브 집전체(110)는 알루미늄, 또는  $\text{Li}/\text{Li}^+$ 에 대해 2.5 내지 5.0 V의 작동 전위에서 전기화학적으로 용해되지 않는 전도성 물질로 코팅된 알루미늄을 포함할 수 있다. 이러한 물질은 백금, 금, 니켈, 전도성 금속 산화물, 예컨대 산화바나듐, 및 탄소를 포함한다. 네거티브 집전체(120)는 구리를 포함할 수 있거나, 리튬, 탄소 및/또는 또 다른 전도체 상에 배치된 이러한 물질을 포함하는 코팅과 합금 또는 금속간 화합물을 형성하지 않는 다른 금속을 포함할 수 있다. 각각의 포지티브 집전체(110) 및 네거티브 집전체(120)는 약 20 마이크로미터 미만, 예를 들어, 약 1 마이크로미터, 2 마이크로미터, 3 마이크로미터, 4 마이크로미터, 5 마이크로미터, 6 마이크로미터, 7 마이크로미터, 8 마이크로미터, 9 마이크로미터, 10 마이크로미터, 12 마이크로미터, 14 마이크로미터, 16 마이크로미터, 또는 18 마이크로미터 (그들 사이의 모든 범위를 포함함)의 두께를 가질 수 있다. 이러한 얇은 포지티브 집전체(110) 및 네거티브 집전체(120)를 사용하면 전기화학 전지(100)의 비용 및 전체 중량이 상당히 감소될 수 있다.

[0026] 전기화학 전지(100) 내에 포함된 반고체 캐소드(140)와 반고체 애노드(150)는 분리기(130)에 의해 분리된다. 분리기(130)는 이온 수송을 할 수 있는 임의의 통상의 멤브레인, 즉 이온-투과성 멤브레인일 수 있다. 일부 실시양태에서, 분리기(130)는 그를 통한 이온의 수송을 허용하는 액체 불투과성 멤브레인, 즉 고체 또는 겔 이온 전도체이다. 일부 실시양태에서, 분리기(130)는, 반고체 캐소드(140) 전기활성 물질과 반고체 애노드(150) 전기활성 물질 사이의 이온의 왕복을 허용하면서도 전자의 전달을 방지하는, 액체 전해질이 주입된 다공성 중합체 멤브레인이다. 일부 실시양태에서, 분리기(130)는 반고체 캐소드(140) 및 반고체 애노드(150) 조성물을 형성하는 입자가 멤브레인을 횡단하는 것을 방지하는 미세다공성 멤브레인이다. 일부 실시양태에서, 분리기(130)는, 임의로 특정 온도 초과에서 용해 또는 "폐쇄"되어 더 이상 작동 이온을 투과시키지 않는 능력을 갖는, 리튬 이온 배터리 산업에서 사용되고 관련 기술분야의 통상의 기술자에게 널리 공지된 유형의 단일 또는 다층 미세다공성 분리기이다. 일부 실시양태에서, 분리기(130)는, 리튬 염이 착화되어 리튬 전도도를 제공하는 것인 폴리에틸렌옥사이드 (PEO) 중합체, 또는 양성자 전도체인 나피온(Nafion)<sup>TM</sup> 멤브레인을 포함할 수 있다. 예를 들어, PEO 기재의 전해질이 분리기(130)로서 사용될 수 있고, 이는, 임의로 지지 층으로서의 유리 섬유 분리기와 같은

다른 멤브레인에 의해 안정화된, 편흡-비함유 고체 이온 전도체이다. PEO는 또한 포지티브 또는 네거티브 전극 산화환원 조성물에서 슬러리 안정화제, 분산제 등으로서 사용될 수 있다. PEO는 전형적인 알킬 카르보네이트-기계의 전해질과 접촉 시에 안정하다. 이는 특히, Li 금속에 대해 약 3.6 V 미만인 포지티브 전극에서의 전지 전위를 갖는 인산염-기계의 전지 화학에서 유용할 수 있다. 산화환원 전지의 작동 온도는 멤브레인의 이온 전도도를 개선하기 위해 필요에 따라 상승될 수 있다.

[0027] 반고체 캐소드(140)는, 예를 들어, 활성 물질 및/또는 전도성 물질을 포함할 수 있는 이온-저장 고체상 물질을 포함할 수 있다. 이온-저장 고체상 물질의 양은 약 0 부피% 내지 약 80 부피%의 범위일 수 있다. 캐소드(140)는 활성 물질, 예컨대, 예를 들어, 리튬 보유 화합물 (예를 들어, 리튬 철 인산염 (LFP),  $\text{LiCoO}_2$ , Mg로 도핑된  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Co}, \text{Al})\text{O}_2$  ("NCA"로서 공지됨),  $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Mn}, \text{Co})\text{O}_2$  ("NMC"로서 공지됨),  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  및 그것의 유도체 등)을 포함할 수 있다. 캐소드(140)는 또한 전도성 물질, 예컨대, 예를 들어, 흑연, 탄소 분말, 열분해 탄소, 카본블랙, 탄소 섬유, 탄소 마이크로섬유, 탄소 나노튜브 (CNT), 단일벽 CNT, 다중벽 CNT, "버키 볼(bucky ball)"을 포함하는 풀러렌 탄소, 그래핀 시트 및/또는 그래핀 시트의 응집체, 임의의 다른 전도성 물질, 그의 합금 또는 조합을 포함할 수 있다. 캐소드(140)는 또한 비-수성 액체 전해질, 예컨대, 예를 들어, 에틸렌 카르보네이트, 디메틸 카르보네이트, 디에틸 카르보네이트, SSDE, 또는 본원에 기술된 임의의 다른 전해질 또는 그의 조합을 포함할 수 있다.

[0028] 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 또한, 예를 들어, 활성 물질 및/또는 전도성 물질을 포함할 수 있는 이온-저장 고체상 물질을 포함할 수 있다. 이온-저장 고체상 물질의 양은 약 0 부피% 내지 약 80 부피%의 범위일 수 있다. 반고체 애노드(150)는 애노드 활성 물질, 예컨대, 예를 들어, 리튬 금속, 탄소, 리튬-삽입된 탄소, 질화리튬, 리튬 합금, 및 규소, 비스무트, 붕소, 갈륨, 인듐, 아연, 주석, 산화주석, 안티모니, 알루미늄, 산화티타늄, 몰리브데넘, 게르마늄, 망가니즈, 니오븀, 바나듐, 탄탈럼, 금, 백금, 철, 구리, 크로뮴, 니켈, 코발트, 지르코늄, 이트륨, 산화몰리브데넘, 산화게르마늄, 산화규소, 탄화규소의 리튬 합금 형성 화합물, 임의의 다른 물질 또는 그의 합금, 및 그의 임의의 다른 조합을 포함할 수 있다.

[0029] 반고체 애노드(150)는 또한 탄소질 물질, 예컨대, 예를 들어, 흑연, 탄소 분말, 열분해 탄소, 카본블랙, 탄소 섬유, 탄소 마이크로섬유, 탄소 나노튜브 (CNT), 단일벽 CNT, 다중벽 CNT, "버키 볼"을 포함하는 풀러렌 탄소, 그래핀 시트 및/또는 그래핀 시트의 응집체, 임의의 다른 탄소질 물질 또는 그의 조합일 수 있는 전도성 물질을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 또한 비-수성 액체 전해질, 예컨대, 예를 들어, 에틸렌 카르보네이트, 디메틸 카르보네이트, 디에틸 카르보네이트, 또는 본원에 기술된 임의의 다른 전해질 또는 그의 조합을 포함할 수 있다.

[0030] 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140) 및/또는 반고체 애노드(150)는 활성 물질 및 임의로 전도성 물질을 비-수성 액체 전해질 중에 현탁된 미립자 형태로 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140) 및/또는 반고체 애노드(150) 입자 (예를 들어, 캐소드 또는 애노드 입자)는 적어도 약 1  $\mu\text{m}$ 의 유효 직경을 가질 수 있다. 일부 실시양태에서, 캐소드 또는 애노드 입자는 약 1  $\mu\text{m}$  내지 약 10  $\mu\text{m}$ 의 유효 직경을 갖는다. 일부 실시양태에서, 캐소드 또는 애노드 입자는 적어도 약 10  $\mu\text{m}$  이상의 유효 직경을 갖는다. 일부 실시양태에서, 캐소드 또는 애노드 입자는 약 1  $\mu\text{m}$  미만의 유효 직경을 갖는다. 일부 실시양태에서, 캐소드 또는 애노드 입자는 약 0.5  $\mu\text{m}$  미만의 유효 직경을 갖는다. 일부 실시양태에서, 캐소드 또는 애노드 입자는 약 0.25  $\mu\text{m}$  미만의 유효 직경을 갖는다. 일부 실시양태에서, 캐소드 또는 애노드 입자는 약 0.1  $\mu\text{m}$  미만의 유효 직경을 갖는다. 일부 실시양태에서, 캐소드 또는 애노드 입자는 약 0.05  $\mu\text{m}$  미만의 유효 직경을 갖는다. 다른 실시양태에서, 캐소드 또는 애노드 입자는 약 0.01  $\mu\text{m}$  미만의 유효 직경을 갖는다.

[0031] 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140)는 약 20% 내지 약 80 부피%의 활성 물질을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140)는 약 40 부피% 내지 약 75 부피%, 약 50 부피% 내지 약 75 부피%, 약 60 부피% 내지 약 75 부피%, 또는 약 60 부피% 내지 약 80 부피%의 활성 물질을 포함할 수 있다.

[0032] 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140)는 약 0 부피% 내지 약 25 부피%의 전도성 물질을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140)는 약 1.0 부피% 내지 약 6 부피%, 약 6 부피% 내지 약 12 부피%, 또는 약 2 부피% 내지 약 15 부피%의 전도성 물질을 포함할 수 있다.

[0033] 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140)는 약 20 부피% 내지 약 70 부피%의 전해질을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140)는 약 30 부피% 내지 약 60 부피%, 약 40 부피% 내지 약 50 부피%, 또는 약 20 부피% 내지 약 40 부피%의 전해질을 포함할 수 있다.

- [0034] 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 약 20 부피% 내지 약 80 부피%의 활성 물질을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 약 40 부피% 내지 약 75 부피%, 약 50 부피% 내지 약 75 부피%, 약 60 부피% 내지 약 75 부피%, 또는 약 60 부피% 내지 약 80 부피%의 활성 물질을 포함할 수 있다.
- [0035] 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 약 0 부피% 내지 약 20 부피%의 전도성 물질을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 약 1 부피% 내지 약 10 부피%, 1 부피% 내지 약 6 부피%, 약 0.5 부피% 내지 약 2 부피%, 약 2 부피% 내지 약 6 부피%, 또는 약 2 부피% 내지 약 4 부피%의 전도성 물질을 포함할 수 있다.
- [0036] 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 약 20 부피% 내지 약 70 부피%의 전해질을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 약 30 부피% 내지 약 60 부피%, 약 40 부피% 내지 약 50 부피%, 또는 약 20 부피% 내지 약 40 부피%의 전해질을 포함할 수 있다.
- [0037] 반고체 캐소드(140) 및/또는 반고체 애노드(150) 조성물, 그의 다양한 배합물, 및 그로부터 형성된 전기화학 전지에서 사용될 수 있는 활성 물질, 전도성 물질, 및/또는 전해질의 예는 '159 특허, 2014년 5월 13일에 허여된 발명의 명칭 "High Energy Density Redox Flow Device"의 U.S. 특허 제8,722,226호 ("226 특허"라고도 지칭됨) 및 2010년 12월 16일에 출원된 발명의 명칭 "High Energy Density Redox Flow Device"의 U.S. 특허 공개 제 2011/0200848호 ("848 공개"라고도 지칭됨)에 기술되어 있고, 상기 특허 및 공개의 전체 개시 내용은 본원에 참조로 포함된다.
- [0038] 일부 실시양태에서, 반고체 애노드(150)는 또한 약 1 부피% 내지 약 30 부피%의 고용량 물질을 포함할 수 있다. 이러한 고용량 물질은, 예를 들어, 규소, 비스무트, 붕소, 갈륨, 인듐, 아연, 주석, 안티모니, 알루미늄, 산화티타늄, 몰리브데넘, 게르마늄, 망가니즈, 니오븀, 바나듐, 탄탈럼, 철, 구리, 금, 백금, 크로뮴, 니켈, 코발트, 지르코늄, 이트륨, 산화몰리브데넘, 산화게르마늄, 산화규소, 탄화규소, 임의의 다른 고용량 물질 또는 그의 합금, 및 그의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 일부 실시양태에서, 반고체는 약 1 부피% 내지 약 5 부피%, 약 1 부피% 내지 약 10 부피%, 또는 약 1 부피% 내지 약 20 부피%의 고용량 물질을 포함할 수 있다. 반고체 애노드(150), 그의 다양한 배합물 및 그로부터 형성된 전기화학 전지 내에 포함될 수 있는 고용량 물질의 예는 '097 공개에 기술되어 있다.
- [0039] 전기화학 전지(100)는 본원에 반고체 캐소드(140) 및 반고체 애노드(150)를 포함하는 것으로 기술되어 있지만, 일부 실시양태에서, 하나의 반고체 전극만을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시양태에서, 캐소드(140)는 반고체 캐소드일 수 있고 애노드(150)는 통상의 고체 애노드 (예를 들어, 고용량 고체 애노드)일 수 있다. 마찬가지로, 일부 실시양태에서, 캐소드(140)는 고체 캐소드일 수 있고 애노드(150)는 반고체 애노드일 수 있다.
- [0040] 일부 실시양태에서, 반고체 캐소드(140) 및/또는 반고체 애노드(150) 중 적어도 하나 내에 포함된 전해질은 약 0.1 중량% 내지 약 1 중량%의 겔-중합체 첨가제를 포함할 수 있다. 반고체 캐소드(140) 및/또는 반고체 애노드(150) 배합물, 및 그로부터의 전기화학 전지 내에 포함될 수 있는 겔 중합체 첨가제의 예는 '279 공개에 기술되어 있다.
- [0041] 일부 실시양태에서, 캐소드(140) 및/또는 애노드(150) 반고체 현탁액은 초기에 유동성일 수 있고, "고착"에 의해 비-유동성으로 될 수 있다. 일부 실시양태에서, 고착은 광중합의 작용에 의해 수행될 수 있다. 일부 실시양태에서, 고착은 반고체 캐소드 및/또는 반고체 애노드로부터 형성된 전기화학 전지(100)의 비-충전 포지티브 및/또는 네거티브 전기활성 대역에 의해 투과된 과장을 갖는 전자기 복사선의 작용에 의해 수행된다. 일부 실시양태에서, 반고체 현탁액은 가열에 의해 고착될 수 있다. 일부 실시양태에서, 고착을 용이하게 하기 위해 하나 이상의 첨가제가 반고체 현탁액에 첨가된다.
- [0042] 일부 실시양태에서, 주입 가능한 유동성 반고체 캐소드(140) 및/또는 반고체 애노드(150)는 "가소화"에 의해 비-유동성으로 된다. 일부 실시양태에서, 주입 가능한 유동성 반고체 현탁액의 레올로지 특성은 희석제, 증점제 및/또는 가소제의 첨가에 의해 변경될 수 있다. 일부 실시양태에서, 이들 작용제는 가공성을 증진시키고, 유동 조건 및 포지티브 및 네거티브 전기활성 대역 충전 작업 하에 반고체 현탁액의 조성 균일성을 유지하는 것을 돕는다. 일부 실시양태에서는, 가공 요건을 수용하도록 유동성 반고체 현탁액의 유동 특성을 조정하기 위해 하나 이상의 첨가제가 유동성 반고체 현탁액에 첨가된다.
- [0043] 작동 이온에 대한 저장 호스트인 네거티브 및/또는 포지티브 이온-저장 물질을 사용하는 시스템은, 상기 물질이 물질의 모든 다른 구성성분을 전해질에 대해 실질적으로 불용성으로 유지하면서도 작동 이온을 흡수하거나 방출할 수 있는 것을 의미하며, 이는 전해질이 전기화학적 조성물 생성물로 오염되지 않기 때문에 특히 유리하다.

또한, 네거티브 및/또는 포지티브 리튬 이온-저장 물질을 사용하는 시스템이 비-수성 전기화학적 조성물 사용 시에 특히 유리하다.

- [0044] 일부 실시양태에서, 반고체 이온-저장 산화환원 조성물은 통상의 리튬-이온 배터리에서 작용하는 것으로 밝혀진 물질을 포함한다. 일부 실시양태에서, 포지티브 반고체 전기활성 물질은 리튬 포지티브 전기활성 물질을 함유하고, 리튬 양이온은 네거티브 전극과 포지티브 전극 사이에서 왕복하여 액체 전해질 중에 현탁된 고체 호스트 입자 내로 삽입된다.
- [0045] 반고체 캐소드(140)는 포지티브 집전체(110)의 한쪽 면 상에만 코팅된다. 마찬가지로, 반고체 애노드(150)는 네거티브 집전체(120)의 한쪽 면 상에만 코팅된다. 예를 들어, 반고체 전극은 캐스팅, 드롭 코팅, 가압, 롤 가압되거나 달리 임의의 다른 적합한 방법에 의해 집전체 상에 배치될 수 있다. 반고체 전극을 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅하면 전기화학 전지(100)의 형성을 위한 시간이 상당히 감소될 수 있다. 이로 인해 반고체 캐소드(140) 및/또는 반고체 애노드(150) 슬러리 배합물 중에 포함된 전해질의 증발이 상당히 저감될 수 있다. 게다가, 주위 환경 중에 존재하는 수분예의 전해질의 노출이 최소화됨으로써, 전해질의 열화가 방지될 수 있다.
- [0046] 복수의 전기화학 전지(100)를 전지 적층체로서 배치하여 전기화학 전지 적층체를 형성할 수 있다. 예를 들어, 전기화학 전지(100)는 제1 전기화학 전지(100)일 수 있다. 전지 적층체는 제2 전기화학 전지 (도시되지 않음) 및 제3 전기화학 전지 (도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 각각의 제2 전기화학 전지 및 제3 전기화학 전지는 제1 전기화학 전지(100)와 상당히 유사할 수 있다. 제2 전기화학 전지 내에 포함된 포지티브 집전체(110)의 코팅되지 않은 표면은 제1 전기화학 전지(100) 내에 포함된 포지티브 집전체(110)의 코팅되지 않은 표면 상에 배치될 수 있다. 마찬가지로, 제3 전기화학 전지 내에 포함된 네거티브 집전체(120)의 코팅되지 않은 표면은 제1 전기화학 전지(100) 내에 포함된 네거티브 집전체(120)의 코팅되지 않은 표면 상에 배치될 수 있다. 임의의 개수의 전기화학 전지(100)가 전지 적층체 내에 포함될 수 있다. 본원에 기술된 바와 같이 복수의 전기화학 전지(100)를 적층하면 전기화학 전지 적층체를 형성하는 데 요구되는 시간이 현저히 감소된다. 이로 인해 본원에 기술된 바와 같은 전해질의 증발 및/또는 열화가 최소화될 수 있다.
- [0047] 도 2 내지 4는 포지티브 집전체(210) 및 네거티브 집전체(220)를 포함하는 전기화학 전지(200)를 도시한다. 반고체 캐소드(240)는 포지티브 집전체(210) 상에 배치되고 반고체 애노드(250)는 네거티브 집전체(220) 상에 배치된다. 분리기(230)는 반고체 캐소드(240)와 반고체 애노드(250) 사이에 배치된다. 전기화학 전지(200)는 파워치(260) 내에 배치된다.
- [0048] 포지티브 집전체(210)는 금속 호일, 예를 들어, 구리 또는 알루미늄 호일, 또는 전기화학 전지(200) 내에 포함된 포지티브 집전체(210)와 관련하여 기술되는 임의의 다른 물질로부터 형성될 수 있다. 포지티브 집전체(210)는 약 20  $\mu\text{m}$  내지 약 40  $\mu\text{m}$ , 예를 들어, 약 25  $\mu\text{m}$ , 약 30  $\mu\text{m}$ , 또는 약 35  $\mu\text{m}$ 의 범위 (그들 사이의 모든 범위를 포함함)의 두께를 가질 수 있다. 일부 실시양태에서, 포지티브 집전체(210)는 약 20  $\mu\text{m}$  미만, 예를 들어, 약 5  $\mu\text{m}$ , 6  $\mu\text{m}$ , 7  $\mu\text{m}$ , 8  $\mu\text{m}$ , 9  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$ , 12  $\mu\text{m}$ , 14  $\mu\text{m}$ , 16  $\mu\text{m}$ , 또는 약 18  $\mu\text{m}$  (그들 사이의 모든 범위를 포함함)의 두께를 가질 수 있다. 포지티브 집전체(210)는 포지티브 리드(214)와 결합된 탭(212)을 포함한다. 일부 실시양태에서, 탭(212)은 포지티브 리드(214)와의 결합을 위해 요망되는 길이로 절단될 수 있다. 포지티브 리드는 임의의 적합한 방법, 예를 들어, 초음파 용접, 클램핑, 크립핑, 접촉 테이프 등에 의해 탭(212)과 결합될 수 있는 전도 금속 (예를 들어, 구리 또는 알루미늄)의 스트립일 수 있다. 링(216)은 포지티브 리드(214)의 일부분 주위에 감기고, 전기화학 전지(200)가 파워치(260) 내에 배치될 때 파워치(260)의 가장자리에 맞추어 정렬된다. 따라서 파워치(260)가 밀봉될 때, 링(216)은 파워치(260)가 열적으로 밀봉 가능한 것을 보장한다. 링(216)은 절연 물질, 예를 들어, 압선된 플라스틱, 예컨대 서린(Surlin), 또는 임의의 다른 적합한 물질로부터 형성될 수 있다.
- [0049] 네거티브 집전체(220)는 금속 호일, 예를 들어, 구리 또는 알루미늄 호일, 또는 전기화학 전지(200) 내에 포함된 네거티브 집전체(220)와 관련하여 기술되는 임의의 다른 물질로부터 형성될 수 있다. 네거티브 집전체(220)는 약 20  $\mu\text{m}$  내지 약 40  $\mu\text{m}$ , 예를 들어, 약 25  $\mu\text{m}$ , 약 30  $\mu\text{m}$ , 또는 약 35  $\mu\text{m}$ 의 범위 (그들 사이의 모든 범위를 포함함)의 두께를 가질 수 있다. 일부 실시양태에서, 네거티브 집전체(220)는 약 20  $\mu\text{m}$  미만, 예를 들어, 약 5  $\mu\text{m}$ , 6  $\mu\text{m}$ , 7  $\mu\text{m}$ , 8  $\mu\text{m}$ , 9  $\mu\text{m}$ , 10  $\mu\text{m}$ , 12  $\mu\text{m}$ , 14  $\mu\text{m}$ , 16  $\mu\text{m}$ , 또는 약 18  $\mu\text{m}$  (그들 사이의 모든 범위를 포함함)의 두께를 가질 수 있다. 네거티브 집전체(220)는 또한 네거티브 리드(224)와 결합된 탭(222)을 포함한다. 일부 실시양태에서, 탭(222)은 네거티브 리드(224)와의 결합을 위해 요망되는 길이로 절단될 수 있다. 네거티브 리드(224)는 포지티브 리드(214)와 상당히 유사할 수 있고, 본원에 추가로 상세하게 기술되어 있지 않다. 링(226)은 네거티브 리드(224)의 일부분 주위에 감기고, 전기화학 전지(200)가 파워치(260) 내에 배

치될 때 파우치(260)의 가장자리에 맞추어 정렬된다. 따라서 파우치(260)가 밀봉될 때, 링(226)은 파우치(260)가 열적으로 밀봉 가능한 것을 보장한다. 링(226)은 절연 물질, 예를 들어, 엄선된 플라스틱, 예컨대 서린, 또는 임의의 다른 적합한 물질로부터 형성될 수 있다.

[0050] 분리기(230)는 이온-투과성 멤브레인일 수 있고 전기화학 전지(200) 내에 포함된 분리기(230)와 관련하여 기술되는 임의의 물질로부터 형성될 수 있다. 분리기(230)는 약 10  $\mu\text{m}$  내지 약 30  $\mu\text{m}$ , 예를 들어 약 15  $\mu\text{m}$ , 약 20  $\mu\text{m}$ , 또는 약 25  $\mu\text{m}$  (그들 사이의 모든 범위를 포함함)의 두께를 가질 수 있다.

[0051] 반고체 캐소드(240)는 분리기(230)에 가까이 있는 포지티브 집전체(210)의 제1 표면 상에 배치, 예를 들어 코팅된다. 분리기(230)에서 멀리 있는 포지티브 집전체(210)의 제2 표면은 코팅되지 않은 채로 있다. 마찬가지로, 반고체 애노드(250)는 분리기(230)에 가까이 있는 네거티브 집전체(220)의 제1 표면 상에 배치, 예를 들어 코팅된다. 분리기(230)에서 멀리 있는 네거티브 집전체(220)의 제2 표면은 코팅되지 않은 채로 있다. 달리 말해서, 반고체 캐소드(240) 및 반고체 애노드(250)는 각각 포지티브 집전체(210) 및 네거티브 집전체(220)의 한쪽 면 상에만 코팅된다. 한쪽 면만 코팅하면, 전기화학 전지(200)를 제조하는 데 요구되는 시간이 감소된다. 이로 인해 반고체 캐소드(240) 및/또는 반고체 애노드(250) 배합물 중에 포함된 전해질의 증발 및/또는 열화 (예를 들어 주위 습기로 인한)가 저감된다. 반고체 캐소드(240) 및 반고체 애노드(250)를 각각 전기화학 전지(100) 내에 포함된 반고체 캐소드(140) 및 반고체 애노드(150)와 관련하여 기술된 바와 같은 임의의 성분 (예를 들어, 활성 물질 및/또는 전도성 물질, 전해질, 첨가제, 겔 중합체 등)을 사용하여 배합할 수 있다. 더욱이, 각각의 반고체 캐소드(240) 및/또는 반고체 애노드(250)는 적어도 약 250  $\mu\text{m}$ 의 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 반고체 캐소드(240) 및/또는 반고체 애노드(250)는 약 250  $\mu\text{m}$  내지 약 2,000  $\mu\text{m}$ 의 범위의 두께를 가질 수 있다.

[0052] 제조된 전기화학 전지(200)는 전기화학 전지(200) 물질을 환경으로부터 기밀 격리시킬 수 있는 다면형 (prismatic) 파우치(260) 내에 진공 밀봉될 수 있다. 따라서, 파우치(260)는 전해질 용매 및/또는 부식성 염과 같은 위험 물질이 주위 환경에 누출되는 것을 회피하는 역할을 할 수 있고, 전지 내로의 물 및/또는 산소의 침투를 방지할 수 있다. 파우치(260)의 다른 기능은, 예를 들어, 내부 층의 압축 포장, 안전성 및 취급을 위한 전압 격리, 및 전기화학 전지(200) 조립체의 기계적 보호를 포함할 수 있다.

[0053] 전형적인 파우치 물질은 예를 들어, 2층 또는 3층 고체 필름-유사 층으로서 형성된, 접착제에 의해 함께 결합된 라미네이트 (예를 들어, 다층 시트)를 포함할 수 있다. 본원에 사용된 단어 "라미네이트"는 또한 서로 화학적으로 접착되지 않은 물질의 층을 지칭할 수 있다. 예를 들어, 층들은 서로 면적 접촉할 수 있고 다른 결합 방법, 예컨대, 예를 들어, 열 밀봉에 의해 결합될 수 있다. 일부 실시양태에서, 파우치(260)는 폴리프로필렌, 예를 들어, 캐스트 프로필렌으로부터 형성될 수 있다. 일부 실시양태에서, 적어도 플라스틱 물질로 형성된 제1 또는 내부 층 및 전자 전도 물질로 형성된 제2 층을 포함해서 전지의 전기화학적 기능성 요소로서 사용될 수 있는 다층 라미네이트 시트를 포함하는 케이싱 또는 파우치를 갖는 전기화학 전지가 형성될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시양태에서, 파우치의 전자 전도 물질 (예를 들어, 금속 호일)은 전지를 위한 집전체로서 사용될 수 있다. 일부 실시양태에서, 금속 호일은 통과(pass-through) 탭으로서 사용될 수 있다. 따라서, 전지 파우치의 다층 또는 라미네이트 시트(들)는 포장 물질로서 작용하는 외에도 전지의 전기화학적 기능성 물질로서 사용될 수 있다. 다층 라미네이트 시트를 포함하는 케이싱 또는 파우치를 갖는 전기화학 전지를 제조하는 시스템, 장치, 및 방법은 2014년 11월 17일에 출원된 발명의 명칭 "Electrochemical Cells and Methods of Manufacturing the Same"의 U.S. 특허 공개 제2015/0171406호 ("406 공개"라고도 지칭됨)에 기술되어 있고, 상기 공개의 전체 개시 내용은 본원에 참조로 포함된다.

[0054] 복수의 전기화학 전지(200), 또는 본원에 기술된 임의의 다른 전기화학 전지는 전기화학 전지 적층체로서 배치되어, 예를 들어, 전기화학 배터리를 형성할 수 있다. 이제 도 5 내지 7을 참조하자면, 전기화학 전지 적층체(3000)가 그것 내에 배치된 복수의 전기화학 전지를 포함하는 것으로 도시되어 있다. 전기화학 전지 적층체(3000)는 파우치(360), 예를 들어 도 2 내지 4와 관련하여 기술된 파우치(260)와 상당히 유사할 수 있는, 그러므로 본원에 추가로 상세하게 기술되지 않는 진공 밀봉된 파우치 내에 배치될 수 있다.

[0055] 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함된 각각의 복수의 전기화학 전지, 예를 들어 제2 전기화학 전지(300b) (도 6)는 전기화학 전지(100, 또는 200)와 상당히 유사할 수 있다. 복수의 전기화학 전지 내에 포함된 각각의 집전체는 탭을 포함한다. 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같이, 제2 전기화학 전지(300b)의 포지티브 집전체(310b) (도 7)는 탭(312b)을 포함하고, 제2 전기화학 전지(300b)의 네거티브 집전체(320b)는 탭(322b)을 포함한다. 복수의 전기화학 전지 내에 포함된 포지티브 집전체의 각각의 탭은 포지티브 배일(313) 내에서 함께 결

합되고, 이어서 이는 포지티브 리드(314)에 결합된다. 일부 실시양태에서, 포지티브 집전체의 각각의 탭은 서로의 위에 겹쳐져서 포지티브 배일(313)을 형성할 수 있다. 일부 실시양태에서, 포지티브 배일(313) 내에 포함된 탭은 포지티브 리드(314)와의 결합에 요망되는 길이로 절단될 수 있다. 일부 실시양태에서, 전지의 내부를 향해 배치된 전지(300) 내에 포함된 포지티브 집전체(310) 및/또는 네거티브 집전체(320)는 최외부 전기화학 전지(300) 내에 포함된 포지티브 집전체(310)의 탭(312) 및/또는 네거티브 집전체(320)의 탭(322)보다 훨씬 더 짧은 탭을 가질 수 있다. 예를 들어, 전기화학 전지(300c) 내에 포함된 포지티브 집전체(310c)의 탭은 각각 전기화학 전지(300a 및 300b) 내에 포함된 포지티브 집전체(310a 및 310b)의 탭보다 훨씬 더 길 수 있다. 마찬가지로, 전기화학 전지(300a) 내에 포함된 네거티브 집전체(320a)의 탭은 각각 전기화학 전지(300b 및 300c) 내에 포함된 네거티브 집전체(320b 및 320c)의 탭보다 훨씬 더 길 수 있다. 이러한 실시양태에서, 더 짧은 탭은, 예를 들어, 초음파 용접, 클램핑, 크립핑, 접착 테이프 등을 통해 더 긴 탭에 결합되어 배일 (즉, 배일(313 및 323))을 형성할 수 있다. 이어서 최외부 포지티브 집전체 및 최외부 네거티브 집전체 (예를 들어, 포지티브 집전체(310c) 및 네거티브 집전체(310a))의 더 긴 탭은 포지티브 리드(314) 및 네거티브 리드(324)에 결합될 수 있다. 이러한 방식으로, 탭을 형성하는 데 요구되는 물질의 양이 감소됨으로써, 전기화학 전지(300)의 비용 및/또는 전체 중량이 감소될 수 있다. 일부 실시양태에서, 최내부 전기화학 전지(300)의 포지티브 집전체(310) 및 네거티브 집전체의 탭은 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함된 나머지 전기화학 전지의 포지티브 집전체(310) 및 네거티브 집전체(320)의 탭(310 및 320)보다 더 길 수 있다. 일부 실시양태에서, 더 긴 탭을 포함하는 포지티브 집전체(310) 및/또는 네거티브 집전체(320)는 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함된 다른 전기화학 전지(300) 내에 포함된 포지티브 집전체(310) 및/또는 네거티브 집전체(320)보다 훨씬 더 두꺼울 수 있다. 일부 실시양태에서, 각각의 포지티브 집전체(310) 및 네거티브 집전체(320)는 파우치(360)로부터 밖으로 연장될 정도로 충분히 길 수 있는 (예를 들어, 각각 최외부 포지티브 집전체(310) 및 최외부 네거티브 집전체(320)의 포지티브 탭(312) 및 네거티브 탭(322)과 대략 동일한 길이의) 탭을 가질 수 있다. 이러한 실시양태에서, 예를 들어, 각각의 포지티브 집전체(310)의 탭은, 예를 들어, 초음파 용접, 클램핑, 크립핑, 접착 테이프 등을 통해 함께 결합되어 포지티브 배일 (예를 들어, 배일(313))을 형성할 수 있다. 마찬가지로, 각각의 네거티브 집전체(320)의 탭은 본원에 기술된 바와 같이 함께 결합되어 네거티브 배일 (예를 들어, 배일(323))을 형성할 수 있다. 본원에 기술된 바와 같이, 포지티브 배일 (각각의 포지티브 집전체의 탭을 포함함) 및 네거티브 배일 (각각의 네거티브 집전체의 탭을 포함함)은 파우치로부터 밖으로 연장될 수 있고, 전기화학 전지 적층체(3000)를 전기적으로 접속시키는 데 사용될 수 있다. 달리 말해서, 이러한 실시양태에서, 포지티브 리드(314) 및 네거티브 리드(324)가 전기화학 전지 적층체 내에 포함되지 않도록, 전기화학 전지 적층체(3000)는 포지티브 배일 및 네거티브 배일을 통해 외부 전자 성분에 직접 전기적으로 결합될 수 있다.

[0056] 포지티브 리드(314)는 임의의 적합한 방법, 예를 들어, 초음파 용접, 클램핑, 크립핑, 접착 테이프 등에 의해 포지티브 배일(313)에 결합될 수 있는 전도 금속 (예를 들어, 구리 또는 알루미늄)의 스트립일 수 있다. 링(316)은 포지티브 리드(314)의 일부분 주위에 감기고 전기화학 전지(300)가 파우치(360) 내에 배치될 때 파우치(360)의 가장자리에 맞추어 정렬된다. 따라서 파우치(360)가 밀봉될 때, 링(316)은 파우치(360)가 열적으로 밀봉 가능한 것을 보장한다. 링(316)은 절연 물질, 예를 들어, 염선된 플라스틱, 예컨대 서린, 또는 임의의 다른 적합한 물질로부터 형성될 수 있다. 마찬가지로, 복수의 전기화학 전지 내에 포함된 네거티브 집전체의 각각의 탭은 네거티브 배일(323) 내에서 함께 결합하고, 이어서 이는 네거티브 리드(324)에 결합된다. 일부 실시양태에서, 네거티브 집전체의 각각의 탭은 서로의 위에 겹쳐져서 네거티브 배일(323)을 형성할 수 있다. 일부 실시양태에서, 네거티브 배일(323) 내에 포함된 탭은 포지티브 리드(314)와의 결합을 위해 요망되는 길이로 절단될 수 있다. 네거티브 리드(324)는 포지티브 리드(314)와 상당히 유사할 수 있고, 그러므로 본원에 추가로 상세하게 기술되지 않는다. 게다가, 링(326)은 네거티브 리드(324)의 일부분 주위에 감기고 전기화학 전지(300)가 파우치(360) 내에 배치될 때 파우치(360)의 가장자리에 맞추어 정렬된다. 링(326)은 링(316)과 상당히 유사할 수 있고, 그러므로 본원에 추가로 상세하게 기술되지 않는다.

[0057] 도 7은 선 AA (도 6)를 따라 취해진 전기화학 전지 적층체(3000)의 일부분의 측단면도를 도시한다. 전기화학 전지 적층체(3000)의 일부분은 제1 전기화학 전지(300a), 제2 전기화학 전지(300b) 및 제3 전기화학 전지(300c)를 포함한다. 제1 전기화학 전지(300a)는 제1 포지티브 집전체(310a), 제1 네거티브 집전체(320a) 및 제1 분리기(330a)를 포함한다. 제1 반고체 캐소드(340a)는 제1 분리기(330a) 쪽을 향하는 제1 포지티브 집전체(310a)의 한쪽 면 상에만 배치된다. 마찬가지로, 제1 반고체 애노드(350a)는 제1 분리기(330a) 쪽을 향하는 제1 네거티브 집전체(320a)의 한쪽 면 상에만 배치된다. 제1 분리기(330a)는 제1 반고체 캐소드(340a)와 제1 반고체 애노드(350a) 사이에 배치된다.

[0058] 제2 전기화학 전지(300b)는 제2 포지티브 집전체(310b), 제2 네거티브 집전체(320b) 및 제2 분리기(330b)를 포

함한다. 제2 반고체 캐소드(340b)는 제2 분리기(330b) 쪽을 향하는 제2 포지티브 집전체(310b)의 한쪽 면 상에만 배치된다. 마찬가지로, 제2 반고체 애노드(350b)는 제2 분리기(330b) 쪽을 향하는 제2 네거티브 집전체(320b)의 한쪽 면 상에만 배치된다. 제2 분리기(330b)는 제2 반고체 캐소드(340b)와 제2 반고체 애노드(350b) 사이에 배치된다.

[0059] 제3 전기화학 전지(300c)는 제3 포지티브 집전체(310c), 제3 네거티브 집전체(320c) 및 제3 분리기(330c)를 포함한다. 제3 반고체 캐소드(340c)는 제3 분리기(330c) 쪽을 향하는 제3 포지티브 집전체(310c)의 한쪽 면 상에만 배치된다. 마찬가지로, 제3 반고체 애노드(350c)는 제3 분리기(330c) 쪽을 향하는 제3 네거티브 집전체(320c)의 한쪽 면 상에만 배치된다. 제3 분리기(330c)는 제3 반고체 캐소드(340c)와 제3 반고체 애노드(350c) 사이에 배치된다.

[0060] 제1 전기화학 전지(300a), 제2 전기화학 전지(300b), 및 제3 전기화학 전지(300c)는 서로 상당히 유사할 수 있다. 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함된 각각의 전기화학 전지 내에 포함된 포지티브 집전체, 네거티브 집전체, 및 분리기는 전기화학 전지(100) 내에 포함된 포지티브 집전체(110), 네거티브 집전체(120) 및 분리기(130)와 관련하여 기술되는 임의의 물질로부터 형성될 수 있다. 게다가, 전기화학 전지 적층체(3000)의 각각의 전기화학 전지 내에 포함된 반고체 캐소드 및 반고체 애노드는 전기화학 전지(100) 내에 포함된 반고체 캐소드(140) 및 반고체 애노드(150)와 관련하여 기술되는 임의의 물질 또는 방법에 의해 배합될 수 있다.

[0061] 제2 포지티브 집전체(310b)의 코팅되지 않은 면이 제1 포지티브 집전체(310a)의 코팅되지 않은 면에 인접하여 맞닿도록, 제2 전기화학 전지(300b)는 제1 전기화학 전지(300a) 상에 배치된다. 마찬가지로, 제3 네거티브 집전체(320c)의 코팅되지 않은 면이 제1 네거티브 집전체(320a)의 코팅되지 않은 면에 인접하여 맞닿도록, 제3 전기화학 전지(300c)는 제1 전기화학 전지(300a) 상에 배치된다. 전기화학 전지 적층체(3000)가 8개의 전기화학 전지를 포함하는 것으로 도시되어 있지만 (도 6), 임의의 개수의 전기화학 전지가 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함될 수 있다. 본원에 도시되어 있지는 않지만, 일부 실시양태에서, 이격자, 예를 들어, 전기 및/또는 열 절연 이격자가 각각의 인접한 전기화학 전지들 사이에 배치될 수 있다. 일부 실시양태에서, 이격자는 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함된 각각의 전기화학 전지 상에 적층체 압력을 가하도록 구성될 수 있다. 적합한 이격자는, 예를 들어, 폼 패드, 고무 패드, 플라스틱 시트, 종이 또는 판지 스트립 등을 포함할 수 있다.

[0062] 통상의 전기화학 전지 적층체에 비해, 전기화학 전지 적층체(3000)는 더 짧은 시간 내에 형성될 수 있다. 이로 인해 본원에 기술된 바와 같이 전해질의 증발 및/또는 열화가 최소화될 수 있다. 전기화학 전지 적층체(3000)는, 집전체의 양쪽 면 상에 코팅된 본원에 기술된 반고체 전극을 포함하는 유사한 크기의 전기화학 전지 적층체에 비해, 더 작은 활성 물질 대 불활성 물질 비를 가질 수 있다. 그러나, 집전체의 양쪽 면 상에 코팅된 통상의 전극을 포함하는 통상의 전기화학 전지 적층체에 비해, 전기화학 전지 적층체는 여전히 더 높은 활성 물질 대 불활성 물질 비를 가질 수 있다. 이는, 일반적으로 약 200  $\mu\text{m}$ 보다 더 두껍게 제조될 수 없는 통상의 전극에 비해, 반고체 전극은 훨씬 더 두껍게, 예를 들어 약 250  $\mu\text{m}$  내지 약 2,000  $\mu\text{m}$ 의 범위로 제조될 수 있기 때문이다. 따라서, 필적할 만한 에너지 밀도 및 충전 용량을 제공하는 통상의 전기화학 전지 적층체에 비해, 전기화학 전지 적층체(3000)는 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함된 더 적은 개수의 전기화학 전지 (예를 들어, 전기화학 전지(300))를 사용하여 요망되는 에너지 밀도 및 충전 용량을 제공할 수 있다. 게다가, 전기화학 전지 적층체(300) 내에 포함된, 단일 면이 코팅된 전기화학 전지(300)는 통상의 전지 내에 포함될 수 없는 안전성 또는 보호성 특징부를 포함할 수 있다. 예를 들어, 안전성 주변부 또는 벽이 반고체 캐소드(230) 및 반고체 애노드(240)를 보호하기 위해 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함된 집전체 (즉, 포지티브 집전체(310) 및 네거티브 집전체(320))의 가장자리 주위에 배치될 수 있다. 더욱이, 전기화학 전지 적층체(3000) 내에 포함된 인접한 전기화학 전지들 사이의 약간의 정렬불량은 용인될 수 있어서, 전기화학 전지 적층체(3000)는 통상의 전기화학 전지 적층체에 비해 더 짧은 시간 내에 형성될 수 있다.

[0063] 일부 실시양태에서, 전기화학 전지 적층체는 복수의 포지티브 및 네거티브 집전체를 포함하는 복수의 전지 적층체를 포함할 수 있다. 복수의 포지티브 집전체 중 하나 및 복수의 네거티브 집전체 중 하나는 나머지 집전체의 탭보다 훨씬 더 긴 탭을 가질 수 있고 리드가 요구되지 않도록 외부 전자제품과의 접속을 위해 전기화학 전지 파우치로부터 밖으로 연장될 수 있다. 예를 들어, 이제 도 8을 참조하자면, 전기화학 전지 적층체(4000)는 그것 내에 배치된 복수의 전기화학 전지를 포함하는 것으로 도시되어 있다. 전기화학 전지 적층체(4000)는 파우치 (도시되지 않음), 예를 들어 도 2 내지 4와 관련하여 기술된 파우치(260)와 상당히 유사할 수 있는 진공 밀봉된 파우치 내에 배치될 수 있다.

[0064] 전기화학 전지 적층체(4000) 내에 포함된 각각의 복수의 전기화학 전지는 전기화학 전지(100, 200, 또는 300)와

상당히 유사할 수 있고, 그러므로 본원에 추가로 상세하게 기술되지 않는다. 복수의 전기화학 전지 내에 포함 된 각각의 집전체는 탭을 포함한다. 예를 들어, 도 8에 도시된 바와 같이, 최외부 포지티브 집전체(410b)는 나머지 포지티브 집전체의 탭보다 훨씬 더 긴 탭(412b)을 포함할 수 있다. 포지티브 집전체의 탭은 배일(413) 내에서 함께 결합될 수 있고 결합 메커니즘(413), 예컨대, 예를 들어, 초음파 용접, 클램핑, 크립핑, 접착 테이프 등에 의해 서로 결합될 수 있다. 마찬가지로, 최외부 네거티브 집전체(420a)는 나머지 네거티브 집전체의 탭보다 훨씬 더 긴 탭(422a)을 포함할 수 있다. 네거티브 집전체의 탭은 배일(423) 내에서 함께 결합될 수 있고 결합 메커니즘(425), 예컨대, 예를 들어, 초음파 용접, 클램핑, 크립핑, 접착 테이프 등에 의해 서로 결합된다. 이러한 방식으로, 각각 나머지 탭보다 훨씬 더 긴 포지티브 집전체(410b)의 탭(412b) 및 네거티브 집전체(420 b)의 탭(422a)이 배일 및 파우치로부터 밖으로 연장되도록, 포지티브 집전체 및 네거티브 집전체의 각각의 탭은 서로 전자적으로 결합된다. 따라서, 포지티브 탭(412b) 및 네거티브 탭(422a)은 임의의 부수적인 성분 (예를 들어, 리드)가 사용되지 않도록 외부 전자제품과의 전자적 접촉을 위해 사용될 수 있다.

[0065] 더욱 확장하여, 도 9는 네거티브 집전체의 배일을 포함하는, 도 8에서 화살표 B에 의해 도시된 전기화학 전지 적층체(4000)의 일부분의 측면도를 도시한다. 전기화학 전지 적층체는 8개의 전지 적층체를 포함하고, 각각의 상기 적층체는 포지티브 집전체 및 네거티브 집전체를 포함한다. 도 9에 도시된 바와 같이, 전기화학 전지 적층체(4000)는 8개의 네거티브 집전체(422a-h)를 포함한다. 집전체는 배일(423) 내에서 함께 접합되고 본원에 기술된 바와 같은 결합 메커니즘(425)에 의해 서로 결합된다. 네거티브 집전체(420a)의 네거티브 탭(422a) (도 8)은 나머지 네거티브 집전체의 네거티브 탭(422b-h)보다 훨씬 더 길다. 그러므로, 탭(422a)은 전기화학 전지 적층체(4000)를 포장하는 데 사용된 배일 너머로 파우치로부터 밖으로 연장될 수 있다. 이러한 방식으로, 탭(422a)은 전기화학 전지 적층체(4000)를 외부 전자제품과 접속시키는 데 사용될 수 있어서, 전기화학 전지 적층체(4000) 내에 포함된 각각의 네거티브 집전체는 탭(422a)을 통해 외부 전자제품과 전자적 소통을 한다. 따라서, 외부 결합 성분, 예를 들어, 네거티브 리드는 사용되지 않고, 이로 인해 제조는 더 단순해지고 비용이 감소 된다.

[0066] 도 10은 복수의 전기화학 전지를 포함하는 전기화학 전지 적층체를 제조하기 위한 예시적인 방법(400)을 도시하는 흐름도를 도시한다. 방법(400)은 반고체 캐소드를 포지티브 집전체(402)의 한쪽 면 상에 코팅하는 것을 포함한다. 반고체 캐소드는, 예를 들어, 반고체 캐소드(140, 240), 또는 본원에 기술된 임의의 다른 반고체 캐소드를 포함할 수 있다. 적합한 포지티브 집전체는, 예를 들어, 포지티브 집전체(110, 210), 또는 본원에 기술된 임의의 다른 포지티브 집전체를 포함할 수 있다. 이어서 반고체 애노드를 네거티브 집전체(404)의 한쪽 면 상에만 코팅한다. 반고체 애노드는 본원에 기술된 임의의 반고체 애노드, 예를 들어, 반고체 애노드 (150, 250), 또는 본원에 기술된 임의의 다른 반고체 애노드를 포함할 수 있다. 적합한 네거티브 집전체는, 예를 들어, 네 거티브 집전체(120, 220), 또는 본원에 기술된 임의의 다른 네거티브 집전체를 포함할 수 있다. 분리기 (예를 들어, 분리기(130, 230), 또는 본원에 기술된 임의의 다른 분리기)를 반고체 캐소드와 반고체 애노드 사이에 배치하여 제1 전기화학 전지(406)를 형성한다. 제2 전기화학 전지를 제1 전기화학 전지(408)와 상당히 유사한 방식으로 형성한다. 게다가, 제3 전기화학 전지를 제1 전기화학 전지(410)와 상당히 유사한 방식으로 형성한다. 각각의 제1 전기화학 전지, 제2 전기화학 전지, 및 제3 전기화학 전지는 전기화학 전지(100, 200), 또는 본원에 기술된 임의의 다른 전기화학 전지와 상당히 유사할 수 있다.

[0067] 전기화학 전지 적층체를 형성하기 위해, 제2 전기화학 전지의 포지티브 집전체의 코팅되지 않은 면이 제1 전기 화학 전지(412)의 포지티브 집전체의 코팅되지 않은 면 상에 (예를 들어, 인접하게 또는 맞닿게) 배치되도록, 제2 전기화학 전지를 제1 전기화학 전지 상에 배치한다. 이어서, 제3 전기화학 전지의 네거티브 집전체의 코팅 되지 않은 면이 제1 전기화학 전지의 네거티브 집전체의 코팅되지 않은 면 상에 배치되도록, 제3 전기화학 전지를 제1 전기화학 전지 상에 (예를 들어, 인접하게 또는 맞닿게) 배치하여, 전기화학 전지 적층체를 형성한다. 전기화학 전지 적층체는 전기화학 전지 적층체(3000) 또는 본원에 기술된 임의의 다른 전기화학 전지 적층체와 상당히 유사할 수 있다. 일부 실시양태에서, 전기화학 전지 적층체를 형성하는 데 요구되는 시간은, 임의의 제 1 전기화학 전지, 제2 전기화학 전지 및 제3 전기화학 전지의 반고체 애노드 또는 반고체 캐소드 내에 포함된 전해질의 증발이 상당히 저감되도록, 충분히 짧을 수 있다.

[0068] 일부 실시양태에서, 방법(400)은 임의로 제1 전기화학 전지의 포지티브 집전체와 제2 전기화학 전지의 포지티브 집전체 사이에 제1 이격자를 배치하고/거나 제3 전기화학 전지의 네거티브 집전체와 제1 전기화학 전지의 네거 티브 집전체 사이에 제2 이격자를 배치하는 것을 포함할 수 있다. 이격자는 열 및/또는 전기 절연 물질, 예컨 대, 예를 들어, 폼 패드, 고무 패드, 플라스틱 시트, 종이 또는 판지 스트립 등을 포함할 수 있다.

[0069] 도 11a 내지 11i는 한 실시양태에 따른, 집전체의 한쪽 면 상에만 코팅된 반고체 전극을 갖는 전기화학 전지

(500)의 제조 공정의 다양한 단계를 도시한다. 도 11a에 도시된 바와 같이, 프레임(562) ("이격자 프레임"이라고도 지칭됨)을 전력 연결 탭(512)을 포함하는 집전체(510) 상에 배치한다. 집전체(510)는, 예를 들어, 홀더(565) (본원에 "집전체 홀더"라고도 지칭됨) 상에 놓일 수 있고, 상기 홀더는 집전체(510)를 제자리에 고정하기 위해 홀더(565) 표면에 걸쳐 복수의 작은 구멍 (도시되지 않음)을 통해 임의로 진공을 가할 수 있다. 프레임(562)은 집전체(510)의 위에 놓일 때 아래에 있는 집전체(510)를 노출시킬 수 있는 개구(575)를 갖는다.

[0070] 도 11b는 프레임(562)의 개구(575)에 의해 한정된 집전체(510)의 노출된 부분 상에 배치된 전극 슬러리(540)를 도시한다. 개구(575)는 완성된 전극(540)의 표면적을 한정하고 프레임(562)의 두께는 완성된 전극(540)의 두께를 한정한다. 도 11c 및 11d는 집전체(510)의 노출된 부분의 표면을 따라 매끄럽게 되거나 펴 발라진 전극 슬러리(540)를 도시한다. 일부 실시양태에서, 블레이드(580) (본원에 "닥터 블레이드"라고도 지칭됨) 또는 직선형 날을 갖는 기기가 전극 슬러리(540)를 펴 바르는 데 사용될 수 있다. 일부 실시양태에서, 전극 슬러리(540)를 침착시키거나 펴 바르는 동안에 블레이드(580) 또는 홀더(565)를 진동시키기 위해 블레이드(580) 및/또는 홀더(565)를 진동원 (도시되지 않음)에 조작 가능하게 결합시킬 수 있다. 진동은 슬러리 침착 단계 동안 또는 후에 반고체 전극 물질(540)의 분산을 용이하게 할 수 있다.

[0071] 임의로, 기기 (도시되지 않음), 예컨대, 예를 들어, 광학적 또는 레이저 간섭법, 타원계측법 또는 광학적 또는 레이저 스캐닝 탐침을 포함하는 임의의 비-접촉식 측정 기술을 사용하는 광학적 또는 임의의 분석적 도구를 사용하여, 펴 발라진 전극 슬러리(540)의 표면 모폴로지를 검사하고 임의로 표면 균일도 (예를 들어, 두께)를 측정한다. 블레이드(580)가 전극 슬러리(540)를 펴 바르는 동안에 비-접촉식 기기를 현장에서 알맞게 사용할 수 있다.

[0072] 도 11e에 도시된 바와 같이, 전극 슬러리(540)를 펴 바른 후에, 프레임(562)을 제거하여, 집전체(510)의 노출된 부분 상에 펴 발라진 전극(540)의 부분만을 남겨 놓을 수 있다. 도 11f에 도시된 바와 같이, 분리기(530)가 전극(540)을 덮도록 분리기(530)를 전극(540) 상에 놓을 수 있다.

[0073] 상기 도 11a 내지 11f에 도시된 제조 단계는 전극을 집전체 상에 침착시키는 단계를 망라한다. 예를 들어, 전극(540)은 캐소드일 수 있고 집전체(510)는 포지티브 집전체일 수 있다. 반고체 애노드(550)를 네거티브 집전체(520) 상에 배치하기 위해 도 11a 내지 11e에 도시된 제조 단계를 반복할 수 있다. 그러나, 단일 분리기(530)를 전기화학 전지(500)에서 사용하기 때문에, 도 11f에 도시된 제조 단계를 반고체 캐소드 침착 단계 또는 반고체 애노드 침착 단계 중 하나에서만 수행한다.

[0074] 도 11g에 도시된 바와 같이, 반고체 캐소드(540) 및 반고체 애노드(550) 둘 다를 그것의 각각의 집전체(510 및 520) 상에 배치한 후에, 도시된 바와 같이 반고체 캐소드(540) 및 반고체 애노드(550)가 서로를 향하면서 서로의 위에 있고 분리기(530)에 의해서만 분리되도록, 그것들을 정렬할 수 있다. 도시된 바와 같이, 반고체 애노드(550)는 네거티브 집전체(520)의 아랫면 상에 있기 때문에 보이지 않는다. 조립된 전극-적층체는 도 3에 도시된 도해와 비슷하다.

[0075] 도 11h에 가장 잘 도시된 바와 같이, 전기화학 전지(500)는, 이후에 도 11i에 도시된 바와 같은 완성된 전기화학 전지(500)를 형성하도록 진공(566) 및 열(567) 밀봉되는 파우치(560) 내부에 배치된 캐소드-분리기-애노드의 단일 적층체를 포함한다. 포지티브 집전체(510)는 전력 연결 탭(512)을 포함하는 반면에, 네거티브 집전체(520)는 전력 연결 탭(522)을 포함한다. 파우치(560) 내의 완성된 전기화학 전지(500)는 도 2에 도시된 전기화학 전지(200)와 상당히 유사할 수 있다. 일부 실시양태에서, 복수의 전기화학 전지(500)는 적층되어, 도 5 내지 7에 도시된 전기화학 전지 적층체(3000)와 상당히 유사할 수 있는 전기화학 전지 적층체를 형성할 수 있다.

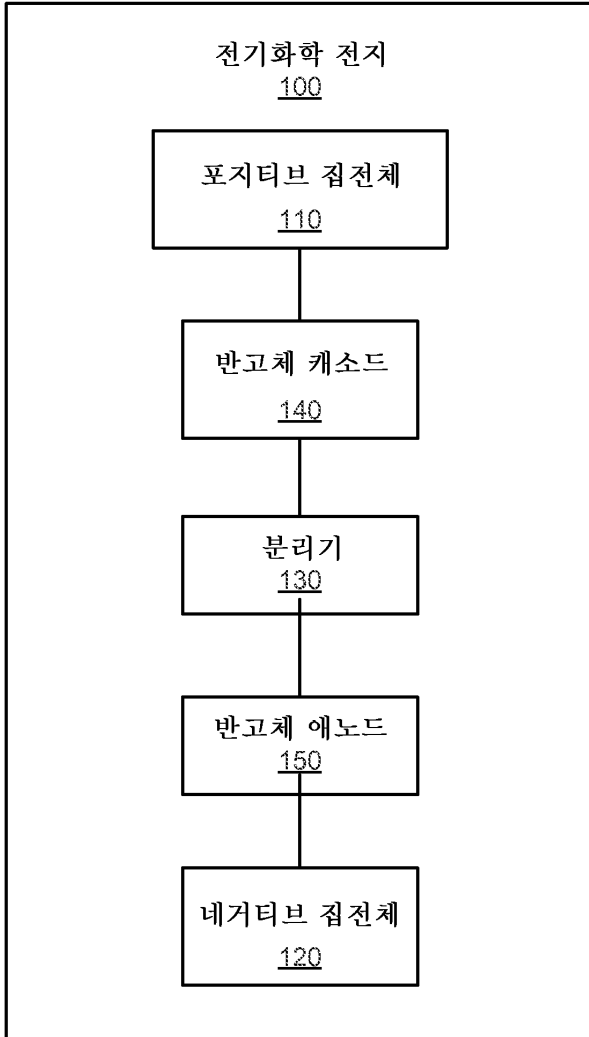
[0076] 시스템, 방법 및 장치의 다양한 실시양태가 상기에 기술되었지만, 그것은 예로서 제시된 것일 뿐이지 제한하려는 것은 아니라는 것을 이해해야 한다. 상기에 기술된 방법 및 단계가 특정한 순서로 일어나는 특정한 일들을 나타내는 경우에, 본 개시 내용의 이익을 취하는 관련 기술분야의 통상의 기술자라면 특정한 단계의 순서는 변경될 수 있고 이러한 변경은 본 발명의 변형에 따른 것이라는 것을 알 것이다. 추가적으로, 가능한 경우에 특정한 단계를 병렬식 공정으로 동시에 수행할 수 있을 뿐만 아니라 상기에 기술된 바와 같이 순차적으로 수행할 수 있다. 실시양태가 특히 도시되고 기술되었지만, 형태 및 세부 사항에 있어서의 다양한 변화가 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0077] 예를 들어, 다양한 실시양태가 특정한 특징부 및/또는 성분의 조합을 갖는 것으로 기술되었지만, 본원에 기술된 임의의 실시양태로부터의 임의의 특징부 및/또는 성분의 임의의 조합 또는 부-조합을 갖는 다른 실시양태가 가능하다. 예를 들어, 전기화학 전지의 일부 실시양태가 다면형인 것으로 기술되었지만, 다른 실시양태에서, 전

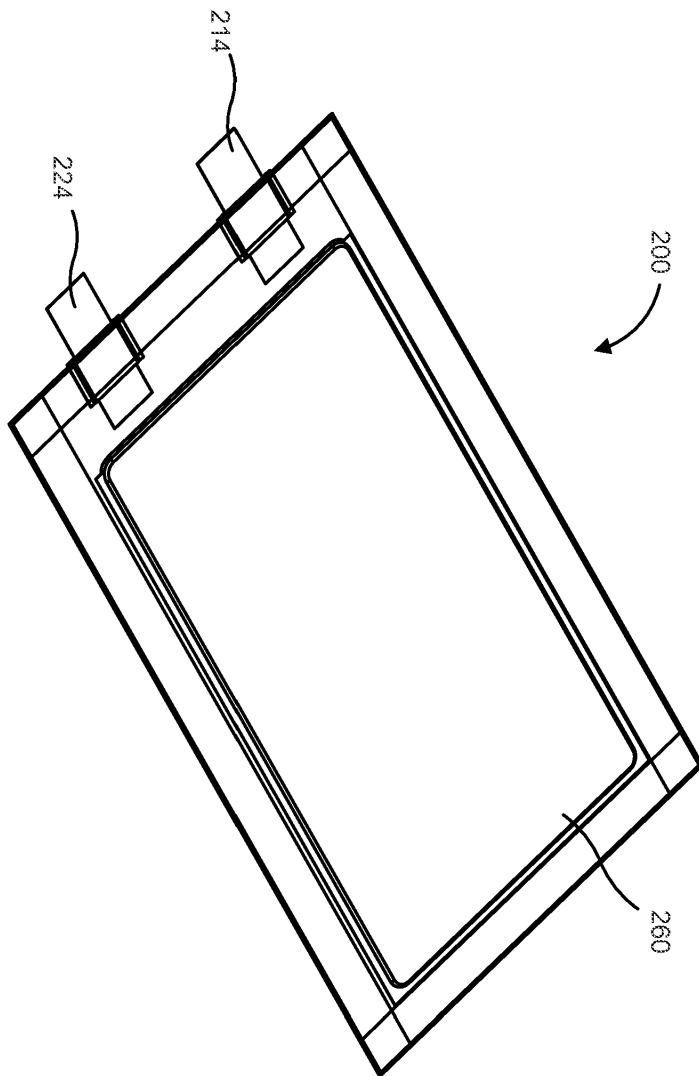
기화학 전지는 곡선형이거나, 구부러지거나, 파형이거나, 임의의 다른 모양을 가질 수 있다. 또한, 다양한 성분들의 구체적인 구성은 또한 다양할 수 있다. 예를 들어, 다양한 성분의 크기 및 구체적인 모양은 도시된 실시양태와 상이할 수 있으면서도 여전히 본원에 기술된 바와 같은 기능을 제공할 수 있다.

도면

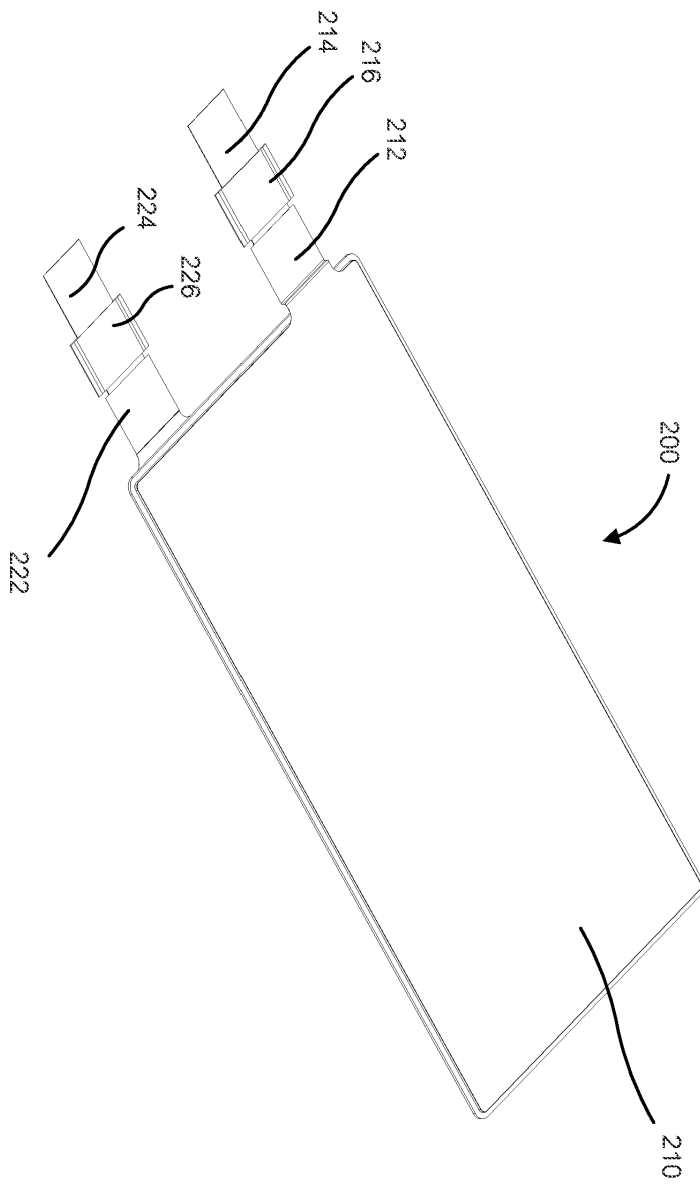
도면1



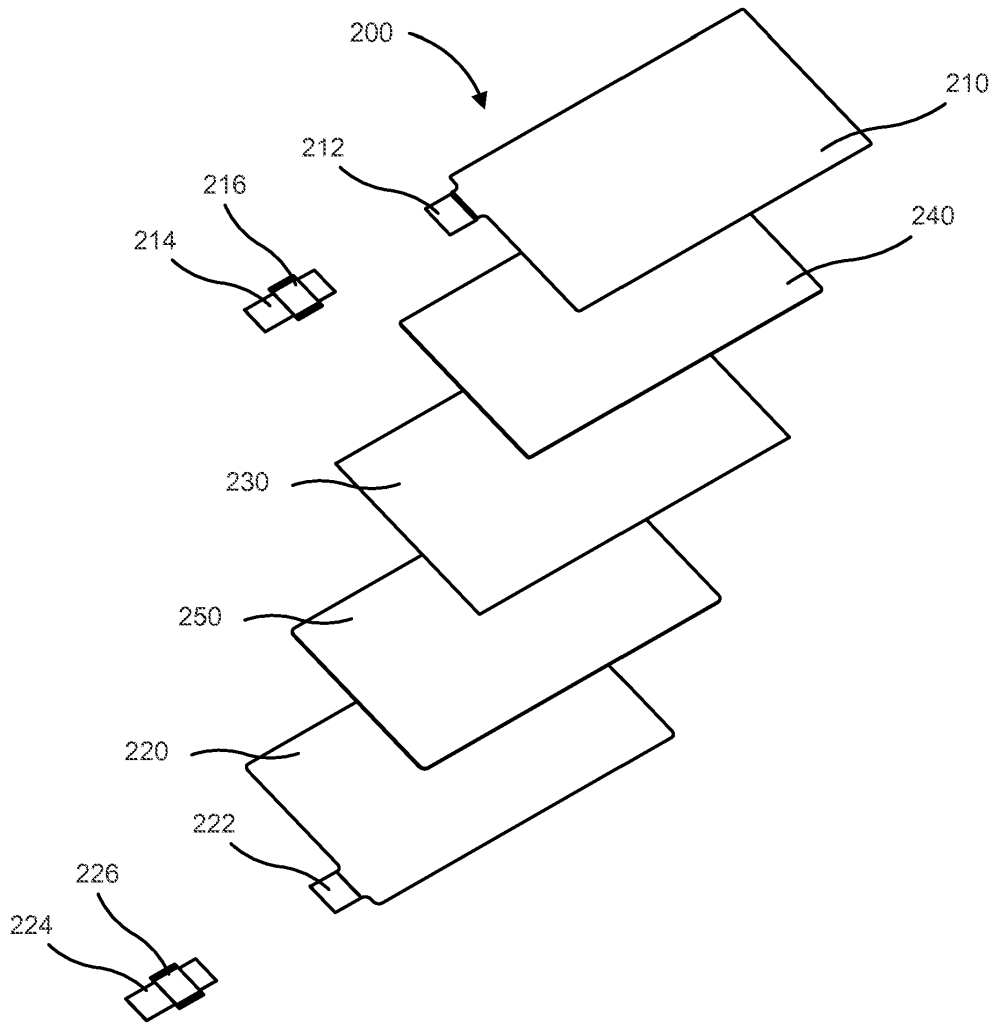
도면2



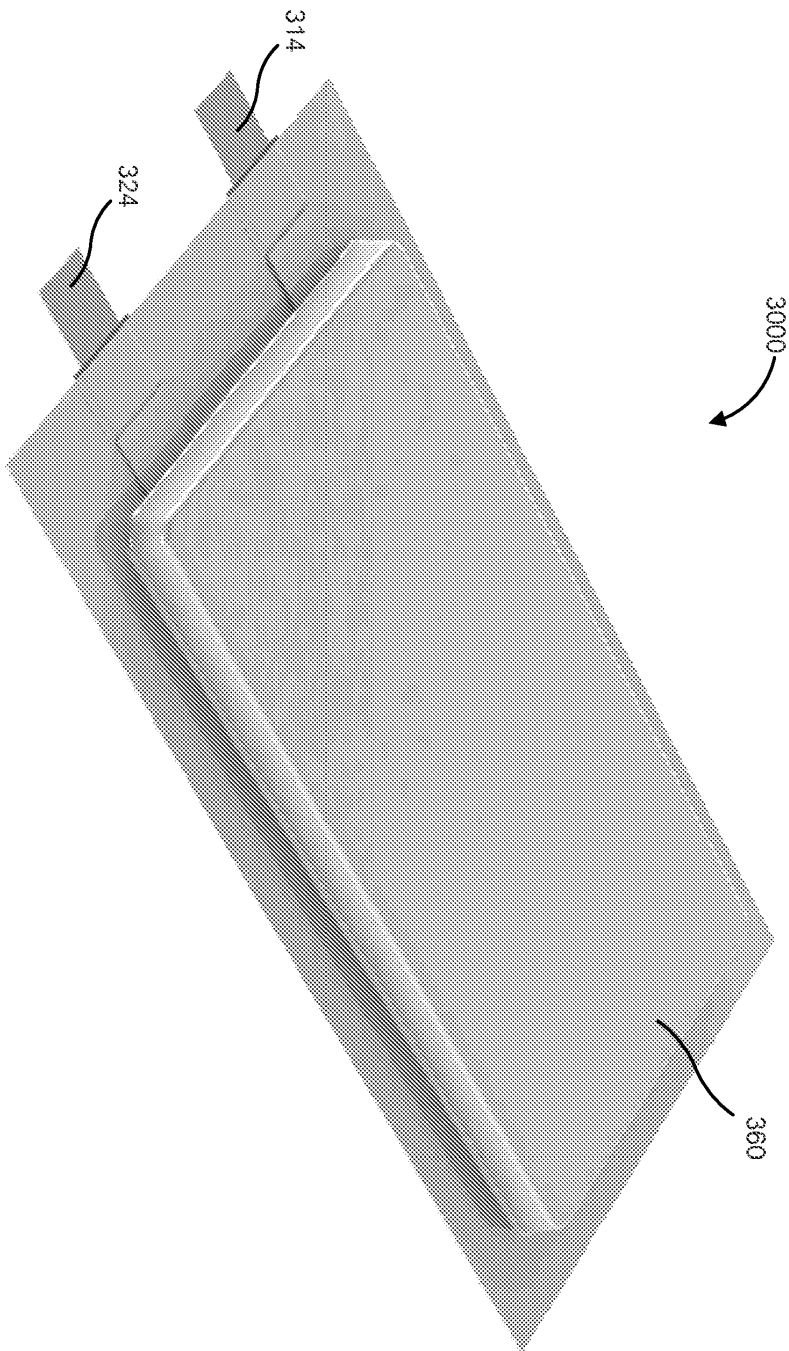
도면3



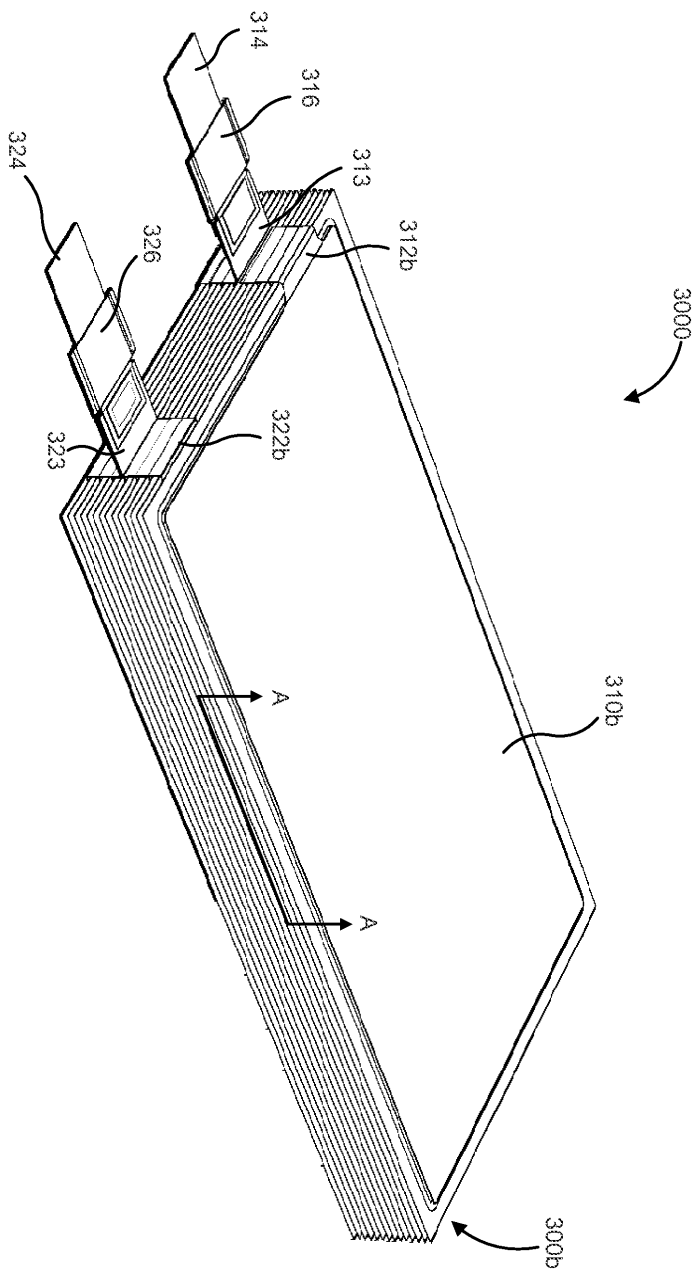
도면4



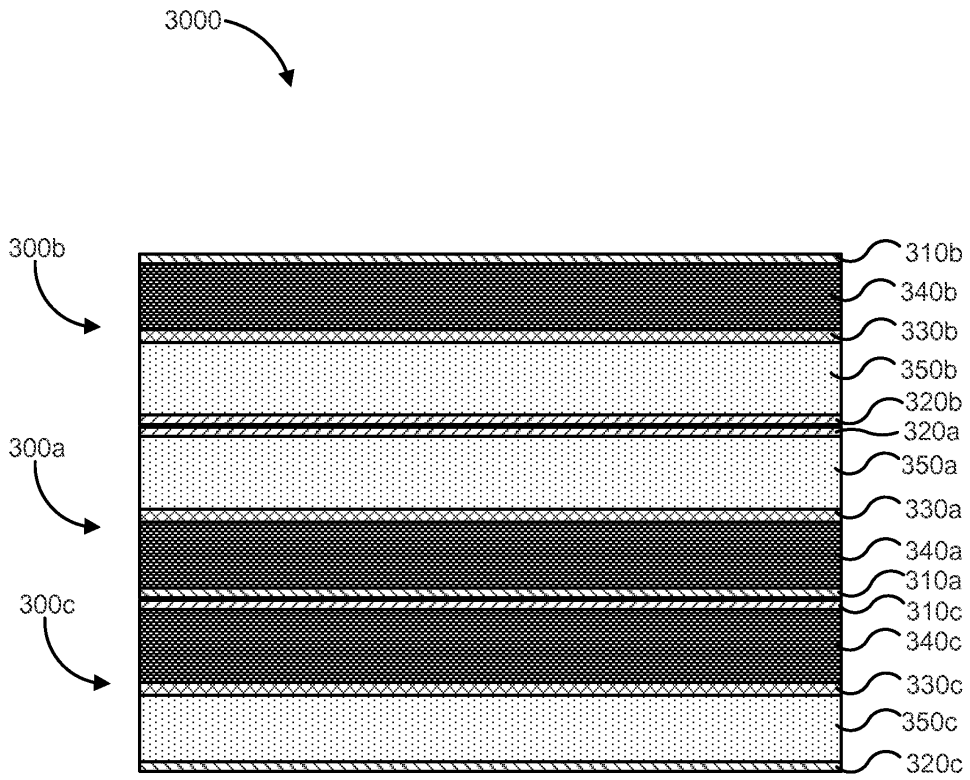
도면5



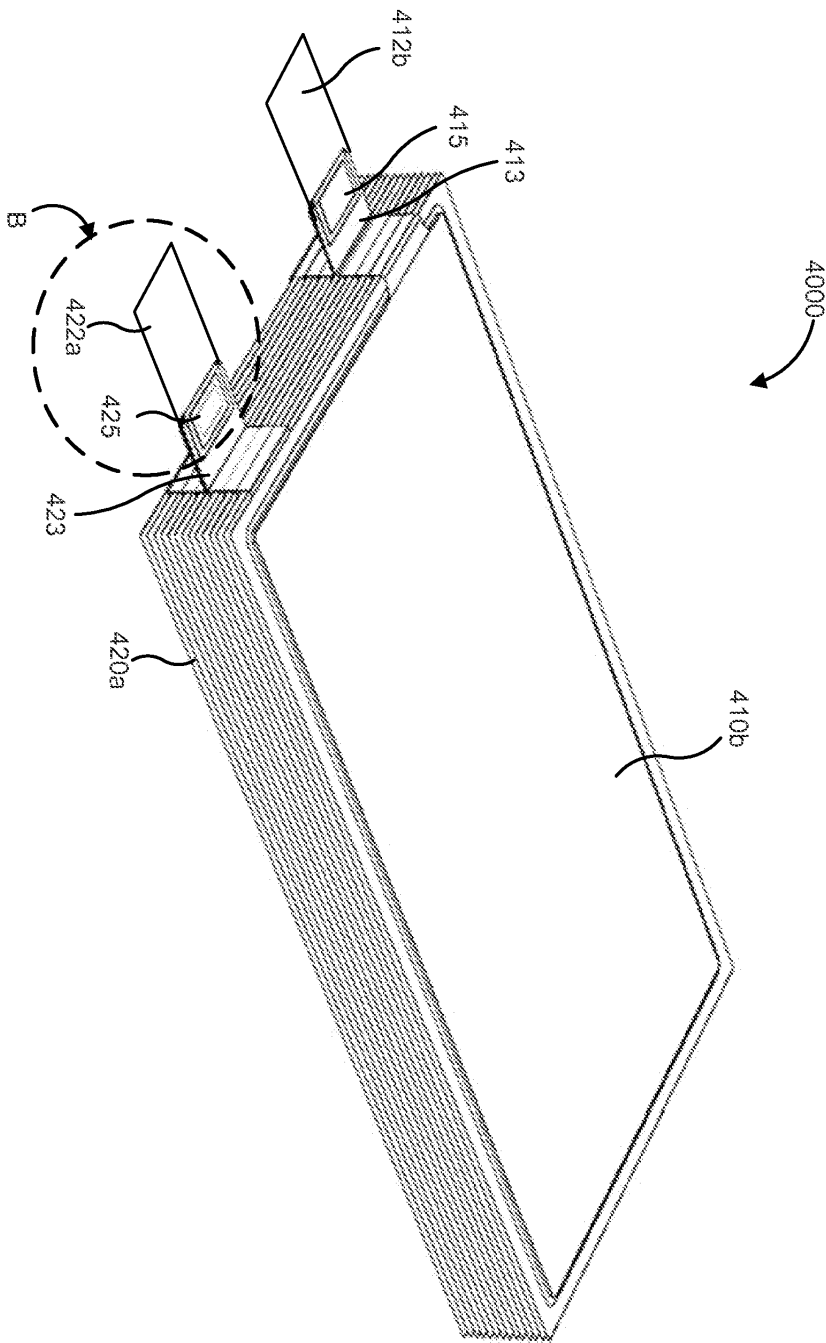
도면6



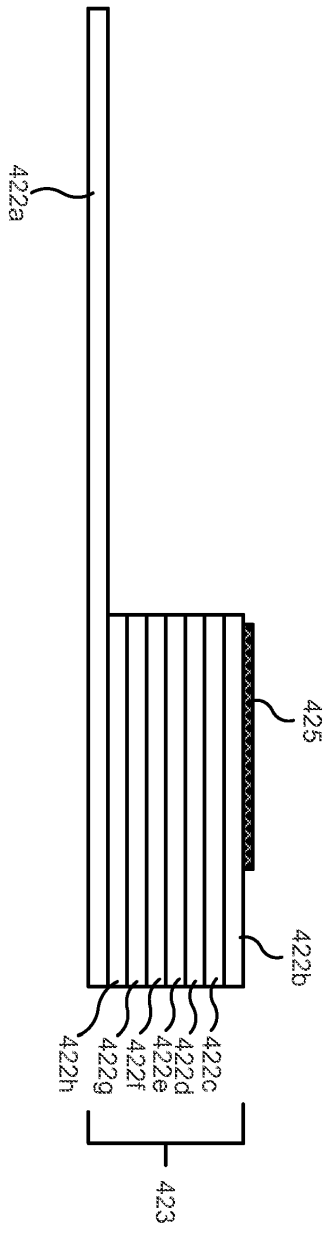
도면7



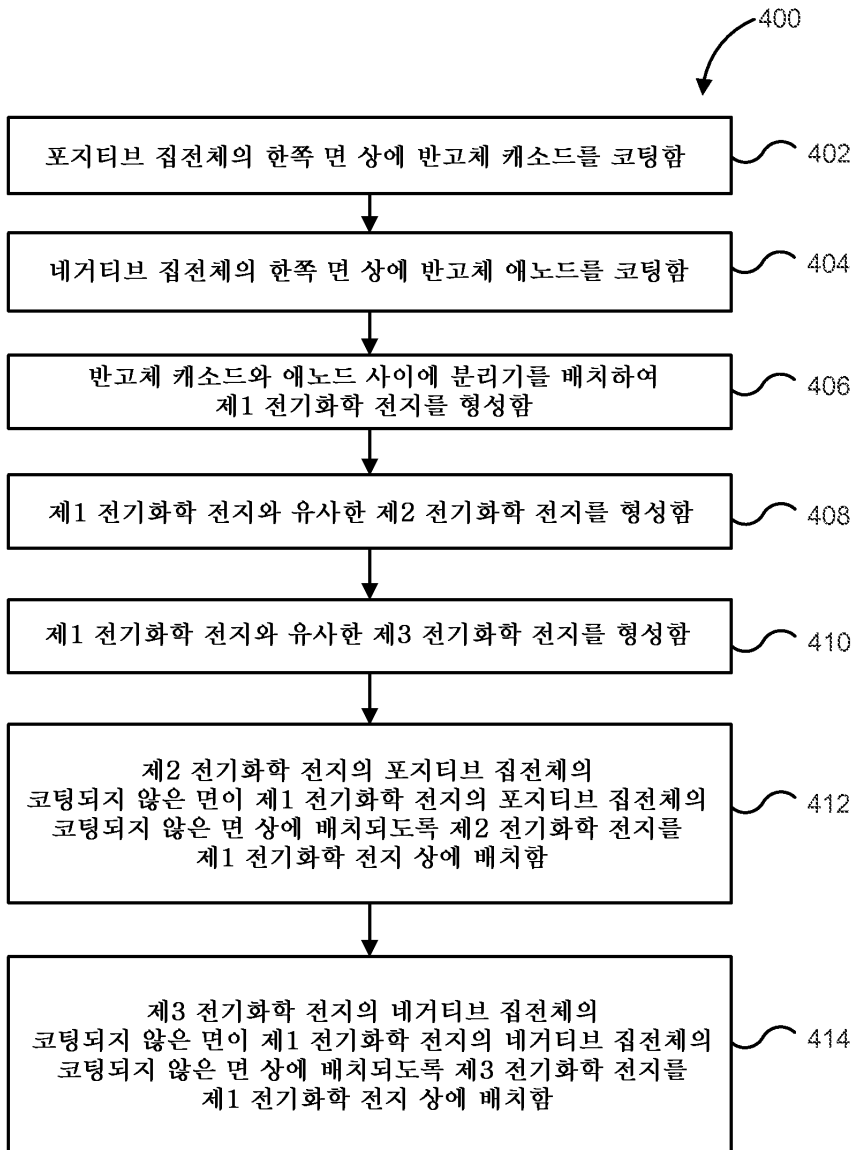
도면8



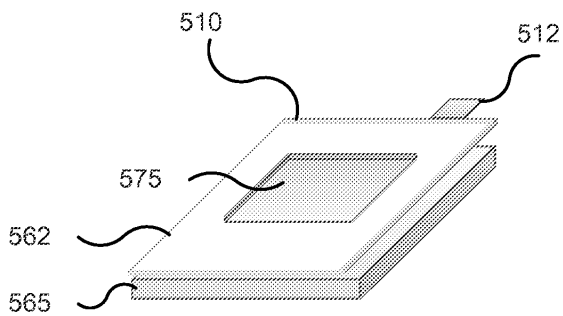
도면9



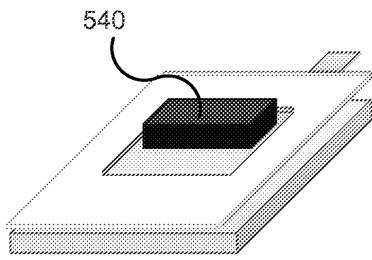
도면10



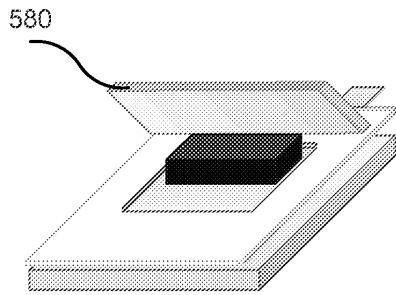
도면11a



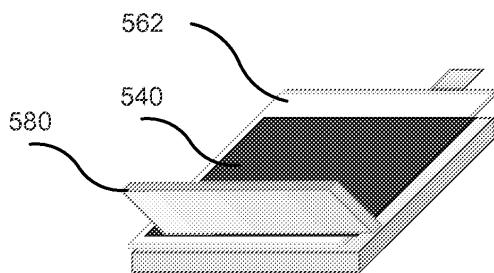
도면11b



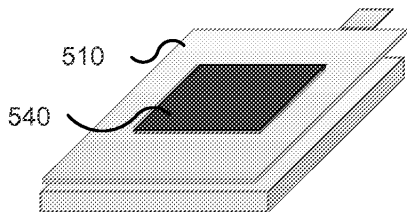
도면11c



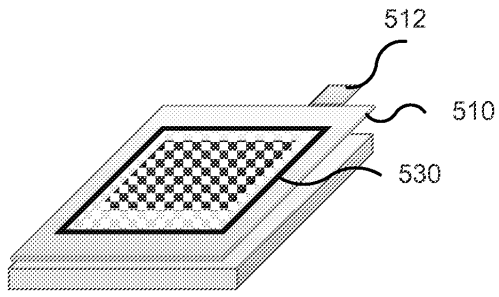
도면11d



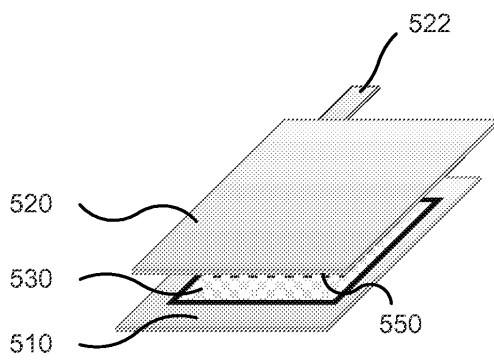
도면11e



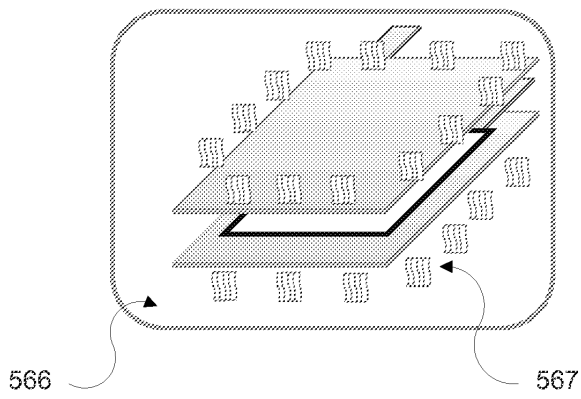
도면11f



도면11g



도면11h



도면11i

