



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0015752  
(43) 공개일자 2010년02월12일

(51) Int. Cl.

H01M 4/02 (2006.01) H01M 4/04 (2006.01)  
H01M 4/66 (2006.01) H01M 10/05 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2009-7021938

(22) 출원일자 2008년03월05일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2009년10월21일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/055844

(87) 국제공개번호 WO 2008/124227

국제공개일자 2008년10월16일

(30) 우선권주장

11/696,979 2007년04월05일 미국(US)

(71) 출원인

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

오브로박 마크 엔

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

크리스텐센, 리프

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

매그누손 더글라스 씨

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

(74) 대리인

김영, 양영준

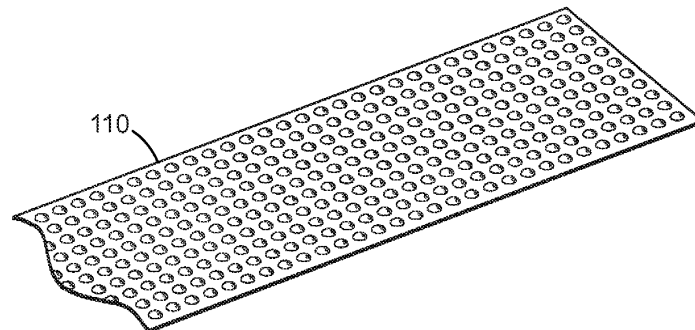
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 용기된 패턴을 갖는 전극

(57) 요약

집전 장치 및 집전 장치와 전기 접촉하는 활성 재료를 포함하는 전기화학 전지용 전극 - 여기서, 전극은 용기된 패턴을 가짐 - 이 제공되며, 전극을 제조하고 사용하는 방법 및 전극을 포함하는 전기화학 전지도 제공된다.

대표도 - 도1a



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

집전 장치, 및 집전 장치와 전기 접촉하는 활성 재료를 포함하며,  
용기된 패턴을 갖는 전기화학 전지용 전극.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 집전 장치는 포일을 포함하는 전극.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 포일은 두께가 약 5 마이크로미터 내지 약 20 마이크로미터인 전극.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 집전 장치는 알루미늄, 알루미늄 합금, 구리, 스테인레스 강, 니켈 및 그 조합으로부터 선택되는 전극.

### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 음극을 포함하는 전극.

### 청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 활성 재료는 합금 분말을 포함하는 전극.

### 청구항 7

제6항에 있어서, 분말은 흑연을 포함하는 전극.

### 청구항 8

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 양극을 포함하는 전극.

### 청구항 9

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 활성 재료는 박막으로 제공되는 전극.

### 청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 용기된 패턴은 주름 또는 용기된 특징부 또는 둘 모두를 포함하는 전극.

### 청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 전극의 적어도 한 예지 상에 용기된 패턴을 추가로 포함하는 전극.

### 청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 용기된 패턴은 오목 및 볼록한 용기된 특징부를 포함하는 전극.

### 청구항 13

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 패턴은 사실상 정현파 단면을 포함하는 전극.

### 청구항 14

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 패턴은 정사각형 격자 또는 삼각형 격자를 포함하는 전극.

### 청구항 15

용기된 도트(dot)를 추가로 포함하는 제14항의 패턴.

#### 청구항 16

집전 장치에 활성 재료를 첨가하는 단계; 및

활성 재료를 포함하는 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하는 단계를 포함하는 전극 제조 방법.

#### 청구항 17

제16항에 있어서, 활성 재료를 첨가하는 단계는 코팅을 적용하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 18

제16항 또는 제17항에 있어서, 코팅을 건조시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 19

제16항에 있어서, 활성 재료를 첨가하는 단계는 재료의 박막을 적용하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 20

제16항에 있어서, 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하는 단계는 엠보싱 롤러를 통해 전극을 통과시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 21

제16항에 있어서, 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하는 단계는 약 10 kPa 내지 약 250 kPa의 압력에서 실시되는 방법.

#### 청구항 22

제16항에 있어서, 활성 재료를 포함하는 집전 장치를 캘린더링하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 23

제22항에 있어서, 캘린더링 단계는 엠보싱 전에 이루어지는 방법.

#### 청구항 24

제22항에 있어서, 캘린더링 단계는 활성 재료를 포함하는 집전 장치를 약 250 MPa 내지 약 1500 MPa의 압력에서 롤러 사이로 통과시키는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 25

음극,

양극, 및

분리막을 포함하며;

음극, 양극, 또는 둘 모두는 제1항 내지 제15항 중 어느 한 항의 전극을 포함하는 전기화학 전지.

#### 청구항 26

제25항의 적어도 하나의 전지를 포함하는 배터리 팩.

### 명세서

### 기술 분야

#### 관련 출원

본 출원은, 2007년 4월 5일에 출원되었으며 전체적으로 본 명세서에 참고로 포함되는 미국 특허 출원 제

[0001]

[0002]

11/696,979호의 우선권을 주장한다.

[0003] 본 발명은 전기화학 전지용 전극 및 이들을 이용하여 제조된 전기화학 전지에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0004] 재충전식 리튬 이온 배터리는 다양한 전자 소자에 포함된다. 가장 구매하기 쉬운 리튬 이온 배터리는 충전 동안 삽입 기작(intercalation mechanism)을 통하여 리튬 혼입이 가능한 흑연과 같은 재료를 포함하는 음극을 갖는다. 그러한 삽입형 전극은 일반적으로 우수한 사이클 수명(cycle life) 및 쿨롱 효율(coulombic efficiency)을 나타낸다. 그러나, 삽입형 재료의 단위 질량당 혼입될 수 있는 리튬의 양은 상대적으로 적다.

[0005] 충전 동안 합금 기작(alloying mechanism)을 통해 리튬이 혼입되는 제2 부류의 음극 재료가 알려져 있다. 이들 합금형 재료는 흔히 삽입형 재료보다 단위 질량당 더 많은 양의 리튬이 혼입될 수 있지만, 합금에의 리튬의 첨가는 일반적으로 큰 부피 변화가 수반된다. 일부 합금형 음극은 상대적으로 불량한 수명과 낮은 에너지 밀도를 나타낸다.

[0006] 합금형 음극의 불량한 성능은 합금의 리튬화와 탈리튬화로부터 기인하는 음극의 큰 부피 변화로부터 기인할 수 있다. 이러한 부피 변화는 그러한 전극이 리튬 이온 전지 내에 포함될 때 큰 내부 응력이 생성되게 할 수 있다. 그 결과, 음극은 정상적인 충전/방전 과정 동안 모든 방향으로 팽창 및 수축할 수 있다. 이러한 팽창은, 예를 들어, 집전 장치(current collector)의 비틀림, 집전 장치의 인열, 및/또는 전지 분리막(cell separator)의 압착을 일으킬 수 있는 내부 응력을 야기할 수 있다. 임의의 이들 효과는 사이클 수명을 심각하게 감소시키고 또한 전지 안전성에 해로운 영향을 줄 수 있다.

[0007] 개요

[0008] 상기의 내용을 고려하여, 합금 음극 재료를 포함하는 음극의 충전 및 방전 동안의 부피 팽창에 의해 생성되는 내부 응력을 용인할 수 있는 전기화학 전지 설계에 대한 필요가 있다고 인식된다.

[0009] 일 태양에서, 집전 장치, 및 이 집전 장치와 전기 접촉하고 있는 활성 재료를 포함하는 전기화학 전지용 전극이 제공되며, 여기서 이 전극은 용기된 패턴을 갖는다.

[0010] 다른 태양에서, 집전 장치에 활성 재료를 첨가하는 단계 및 활성 재료를 포함하는 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하는 단계를 포함하는 전극 제조 방법이 제공된다.

[0011] 또 다른 태양에서, 음극, 양극, 및 분리막을 포함하는 전기화학 전지가 제공되며, 여기서 음극, 양극 또는 이들 둘 모두는 집전 장치 및 이 집전 장치와 전기 접촉하고 있는 활성 재료를 포함하며, 집전 장치와 전기 접촉하고 있는 활성 재료를 포함하는 전극 중 적어도 하나는 용기된 패턴을 가진다.

[0012] 본 출원에서,

[0013] 관사("a", "an" 및 "the")는 기재되어 있는 요소들 중 하나 이상을 의미하도록 "적어도 하나"와 서로 바꾸어서 사용될 수 있으며;

[0014] "금속"이라는 용어는 원소 상태이든 이온 상태이든, 금속 및 반금속(예를 들어, 탄소, 규소 및 게르마늄)의 둘 모두를 지칭하며;

[0015] "합금"이라는 용어는 임의의 일 금속의 자체적인 물리적 특성과 상이한 물리적 특성을 갖는 둘 이상의 금속의 혼성물(composition of two or more metal)을 지칭하며;

[0016] "리튬화되다" 및 "리튬화"라는 용어는 전극 재료에 리튬을 첨가하는 공정을 지칭하며;

[0017] "탈리튬화되다" 및 "탈리튬화"라는 용어는 전극 재료로부터 리튬을 제거하는 공정을 지칭하며;

[0018] "활성 재료"라는 용어는 리튬화 및 탈리튬화를 겪을 수 있는 재료를 지칭하며;

[0019] "불활성 재료"라는 용어는 리튬화 및 탈리튬화를 겪을 수 없는 재료를 지칭하며;

[0020] "분말" 또는 "분말형 재료"라는 용어는 일 치수에서 평균 최대 길이가 약 100  $\mu\text{m}$  이하일 수 있는 입자를 지칭한다.

[0021] "충전하다" 및 "충전하는"이라는 용어는 전지에 전기화학 에너지를 제공하는 공정을 지칭하며;

[0022] "방전하다" 및 "방전하는"이라는 용어는, 예를 들어, 원하는 작업을 수행하기 위하여 전지를 이용할 때, 전지로

부터 전기화학 에너지를 제거하는 공정을 지칭하며;

- [0023] "양극"이라는 문구는 전기화학적 환원과 리튬화가 방전 공정 동안 발생하는 전극 (종종 캐소드(cathode)로 불림)을 지칭하며; 및
- [0024] "음극"이라는 문구는 전기화학적 산화와 탈리튬화가 방전 공정 동안 발생하는 전극 (종종 애노드(anode)로 불림)을 지칭하며;
- [0025] "용기된 특징부"라는 용어는 용기된 패턴 내의 엠보싱된 요소를 설명하는 데 사용되며;
- [0026] "용기된 패턴"이라는 문구는 시트 평면의 위 또는 아래 또는 둘 모두로 연장될 수 있는 시트 상의 용기된 특징부를 지칭한다. 용기된 패턴은 용기된 특징부의 규칙적인 배열, 용기된 특징부의 랜덤한 배열, 용기된 특징부의 상이한 규칙적이거나 랜덤한 배열의 조합 또는 표면상의 용기된 특징부의 임의의 배열의 형태일 수 있으며, 더욱이 용기된 특징부는 하나, 둘, 셋 또는 그 이상의 깊이 수준으로 이루어질 수 있다. 또한, "용기된 패턴"이라는 문구는 용기된 특징부가 있거나 없는 전극의 주름(corrugation)을 지칭할 수 있다. 용기된 패턴은 전극 평면의 위 또는 전극 평면의 아래(일반적으로 디보싱(debossing)으로 알려짐) 또는 둘 모두에 있을 수 있으며, 볼록 또는 오목 요소 또는 이들 둘 모두를 포함할 수 있으며;
- [0027] "z-방향" 및 "z-방향 치수"라는 용어는 전극 평면의 위 또는 아래에서 전극 평면에 수직한 용기된 패턴의 최대 연장을 지칭한다.

### 발명의 상세한 설명

- [0035] 본 명세서에서 모든 수는 "약"이라는 용어로 수식되는 것으로 간주된다. 종점(endpoint)에 의한 수치 범위의 언급은 그 범위 내에 포함되는 모든 수 (예를 들어, 1 내지 5는 1, 1.5, 2, 2.75, 3, 3.80, 4 및 5를 포함함)를 포함한다.
- [0036] 제공된 전극은 집전 장치 및 이 집전 장치와 전기 접촉하는 활성 재료를 포함한다. 집전 장치는 본 기술 분야에 알려진 임의의 재료 또는 재료들의 조합일 수 있다. 예를 들어, 전형적으로 리튬 이온 전기화학 전지에 사용되는 집전 장치는, 예를 들어, 양극용 알루미늄 또는 알루미늄 합금과 음극용 구리, 스테인레스 강, 니켈, 및 그 조합과 같은 전도성 금속 또는 합금의 얇은 포일(foil)을 포함한다. 포일은 두께가 약 5 내지 약 20  $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 집전 장치는 또한 전기 전도성 코팅 또는 필름을 포함하는 중합체 필름을 포함할 수 있다.
- [0037] 따라서, 집전 장치와 전기 접촉하는 적어도 하나의 활성 재료가 제공된다. 다양한 활성 재료를 이용할 수 있다. 이들 활성 재료는 복합체 코팅 내의 분말 형태이거나 또는 예컨대 얇은 스퍼터링된 필름으로서의 활성 재료의 침착된 층 형태일 수 있다. 음극용 활성 재료는 단일 화학 원소 또는 합금 형태일 수 있다. 예시적인 음극용 활성 재료는, 예를 들어, 탄소, 규소, 은, 리튬, 주석, 비스무스, 납, 안티몬, 게르마늄, 아연, 금, 백금, 팔라듐, 비소, 알루미늄, 갈륨 및 인듐과 같은 하나 이상의 금속 또는 반금속(metalloid)을 포함할 수 있다. 음극용 활성 재료는 몰리브덴, 니오븀, 텅스텐, 탄탈륨, 철, 구리, 티타늄, 바나듐, 크롬, 망간, 니켈, 코발트, 지르코늄, 이트륨, 란타늄, 악티늄족, 및 알칼리 토금속과 같은 하나 이상의 불활성 원소를 추가로 포함할 수 있다. 합금은 비결정성일 수 있으며, 결정형 또는 나노결정형일 수 있으며, 또는 하나 초과 상(phase)으로 존재할 수 있다. 분말은 일 방향에서 100  $\mu\text{m}$  이하, 80  $\mu\text{m}$  이하, 60  $\mu\text{m}$  이하, 40  $\mu\text{m}$  이하, 20  $\mu\text{m}$  이하, 2  $\mu\text{m}$  이하 또는 훨씬 더 작은 최대 치수를 가질 수 있다. 분말형 물질은, 예를 들어, 1 마이크로미터 미만, 적어도 0.5  $\mu\text{m}$ , 적어도 1  $\mu\text{m}$ , 적어도 2  $\mu\text{m}$ , 적어도 5  $\mu\text{m}$ , 또는 적어도 10  $\mu\text{m}$  또는 훨씬 더 큰 입자 직경(최소 치수)을 가질 수 있다. 예를 들어, 적합한 분말은 종종 0.5  $\mu\text{m}$  내지 100  $\mu\text{m}$ , 0.5  $\mu\text{m}$  내지 80  $\mu\text{m}$ , 0.5  $\mu\text{m}$  내지 60  $\mu\text{m}$ , 0.5  $\mu\text{m}$  내지 40  $\mu\text{m}$ , 0.5  $\mu\text{m}$  내지 2.0  $\mu\text{m}$ , 10 내지 60  $\mu\text{m}$ , 20 내지 60  $\mu\text{m}$ , 40 내지 60  $\mu\text{m}$ , 2 내지 40  $\mu\text{m}$ , 10 내지 40  $\mu\text{m}$ , 5 내지 20  $\mu\text{m}$ , 또는 10 내지 20  $\mu\text{m}$ 의 치수를 갖는다.
- [0038] 합금이 하나 초과 상으로 존재할 경우, 입자에 원래 존재하는 (즉, 첫번째 리튬화 전의) 각각의 상은 입자 내의 다른 상과 접촉할 수 있다. 예를 들어, 규소:구리:은 합금을 기재로 하는 입자에서, 규소 상은 규화구리 상 및 은 또는 은 합금 상 둘 모두와 접촉하고 있을 수 있다. 입자 내의 각각의 상은, 예를 들어, 일 방향에서 약 50 nm 미만, 약 40 nm 미만, 약 30 nm 미만, 약 20 nm 미만, 약 15 nm 미만, 또는 훨씬 더 작은 최대 치수를 가질 수 있다.
- [0039] 예시적인 규소 함유 활성 재료는 규소 합금을 포함하며, 여기서 활성 재료는 약 50 몰퍼센트(몰%) 내지 약 85 몰%의 규소, 약 5 내지 약 12 몰%의 철, 약 5 내지 약 12 몰%의 티타늄, 및 약 5 내지 약 12 몰%의 탄소를 포함한다. 추가적으로, 활성 재료는 순수한 규소일 수 있다. 유용한 규소 합금의 더 많은 예로는 미국 특허 출원

공개 제2006/0046144호 (오브로박(Obrovac) 등)에 논의된 것들과 같은 규소, 구리, 및 은 또는 은 합금을 포함하는 조성물; 미국 특허 출원 공개 제2005/0031957호 (크리스텐슨(Christensen) 등)에 논의된 것들과 같은 다중상 규소 함유 전극; 미국 특허 출원 공개 제2007/0020521호, 제2007/0020522호 및 제2007/0020528호 (모두 오브로박 등)에 개시된 것들과 같은 주석, 인듐 및 란타늄, 악티늄족 원소 또는 이트륨을 포함하는 규소 합금; 미국 특허 출원 공개 제2007/0128517호 (크리스텐슨 등)에 논의된 것들과 같이 규소 함량이 높은 비결정성 합금; 미국 특허 출원 공개 제2007/0269718호 (크라우스(Krause) 등); 미국 특허 출원 공개 제2007/0148544호 (르(Le)); 국제특허 공개 WO 2007/044315호 (크라우스 등); 및 미국 특허 제6,203,944호 (터너(Turner))에 논의된 것들과 같은 전극용으로 사용된 다른 분말형 재료를 포함한다.

[0040] 본 발명의 전극은 또한 활성 재료, 흑연 및 결합제를 포함하는 복합체를 포함할 수 있다. 흑연을 포함하는 음극의 예는 본 출원인의 공계류 중인 미국 특허 출원 제11/679,591호 (크리스텐슨 등)에 개시된다.

[0041] 또한, 유용한 음극은, 집전 장치에 직접 부착되고 집전 장치와 전기 접촉하는 활성 재료의 박막으로서 제공될 수 있다. 박막은, 예를 들어, 증발 또는 화학적 증착, 플라즈마 증착 또는 스퍼터링에 의해 집전 장치에 적용될 수 있다. 박막은 순수 원소 또는 합금 형태일 수 있다. 박막은 순수 규소일 수 있다. 박막은 활성 원소만을 또는 활성 원소와 불활성 원소 둘 모두를 포함하는 합금일 수 있다. 유용한 박막 음극의 예는 미국 특허 제6,203,944호, 제6,255,017호, 제6,436,578호, 및 제6,699,336호 (모두 터너 또는 터너 등)에 기재된다.

[0042] 본 발명의 전기화학 전지 및 배터리 또는 배터리 팩(pack)의 양극 제조에 유용한 활성 재료는 리튬을 포함한다. 양극 활성 재료의 예는  $\text{Li}_{4/3}\text{Ti}_{5/3}\text{O}_4$ ,  $\text{LiV}_3\text{O}_8$ ,  $\text{LiV}_2\text{O}_5$ ,  $\text{LiCo}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}\text{O}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiFePO}_4$ ,  $\text{LiMnPO}_4$ ,  $\text{LiCoPO}_4$ ,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , 및  $\text{LiCoO}_2$ ; 미국 특허 제6,964,828호, 제7,078,128호(루(Lu) 등)에 기재된 것과 같은 코발트, 망간 및 니켈의 혼합된 금속 산화물을 포함하는 양극 활성 재료 조성물; 및 미국 특허 제6,680,145호(오브로박 등)에서 논의된 것과 같은 나노복합 양극 활성 재료를 포함한다.

[0043] 본 발명의 전극은 결합제를 포함할 수 있다. 예시적인 중합체 결합제에는 폴리올레핀, 예를 들어 에틸렌, 프로필렌, 또는 부틸렌 단량체로부터 제조되는 것; 플루오르화 폴리올레핀, 예를 들어 비닐리덴 플루오라이드 단량체로부터 제조되는 것; 퍼플루오르화 폴리올레핀, 예를 들어 헥사플루오로프로필렌 단량체로부터 제조되는 것; 퍼플루오르화 폴리(알킬 비닐 에테르); 퍼플루오르화 폴리(알콕시 비닐 에테르); 또는 그 조합이 포함된다. 중합체 결합제의 구체적인 예에는 비닐리덴 플루오라이드, 테트라플루오로에틸렌, 및 프로필렌의 중합체 또는 공중합체; 및 비닐리덴 플루오라이드와 헥사플루오로프로필렌의 공중합체가 포함된다.

[0044] 일부 전극에서는, 결합제가 가교결합될 수 있다. 가교결합은 결합제의 기계적 특성을 향상시킬 수 있으며, 활성 재료 조성물과 존재할 수 있는 임의의 전기 전도성 희석제 사이의 접촉을 향상시킬 수 있다. 다른 결합제는 미국 특허 출원 공개 제2006/0099506호 (크라우스 등)에 기재된 방향족, 지방족 또는 지환족 폴리이미드와 같은 폴리이미드를 포함한다.

[0045] 결합제를 포함하는 전극은 본 출원인의 공동 소유 출원인 미국 특허 출원 제11/671,601호(르)에 개시된 리튬 폴리아크릴레이트를 포함할 수 있다. 리튬 폴리아크릴레이트는 수산화리튬으로 중화되는 폴리(아크릴산)으로부터 제조될 수 있다. 본 출원에서, 폴리(아크릴산)은 아크릴산 또는 메타크릴산 또는 그들의 유도체의 임의의 중합체 또는 공중합체를 포함하며, 여기서 공중합체의 적어도 약 50 몰%, 적어도 약 60 몰%, 적어도 약 70 몰%, 적어도 약 80 몰%, 또는 적어도 약 90 몰%가 아크릴산 또는 메타크릴산을 이용하여 제조된다. 이들 공중합체를 형성하는 데 사용될 수 있는 유용한 단량체는, 예를 들어, (분지형 또는 비분지형의) 1 내지 12개의 탄소 원자를 가진 알킬기를 갖는 아크릴산 또는 메타크릴산의 알킬 에스테르, 아크릴로니트릴, 아크릴아미드, N-알킬 아크릴아미드, N,N-다이알킬아크릴아미드, 하이드록시알킬아크릴레이트 등을 포함한다. 특별히 중화 또는 부분 중화 후에, 수용성인 아크릴산 또는 메타크릴산의 중합체 또는 공중합체가 특히 관심의 대상이다. 수용성은 전형적으로 중합체 또는 공중합체 및/또는 조성물의 분자량의 함수이다. 폴리(아크릴산)이 매우 수용성이며 상당한 물분율의 아크릴산을 포함하는 공중합체와 함께 바람직하다. 폴리(메타크릴)산은 덜 수용성이며, 특히 분자량이 클수록 덜 수용성이다.

[0046] 양극 또는 음극 복합 코팅을 제조하기 위하여, 분말형 활성 재료, 임의의 선택된 첨가제, 예를 들어, 결합제, 전도성 희석제, 충전제, 점착 촉진제, 코팅 점도 변경을 위한 증점화제, 예를 들어, 카르복시메틸셀룰로오스(CMC), 및 당업자에 의해 알려진 다른 첨가제를 물 또는 N-메틸피롤리디논(NMP)과 같은 적합한 코팅 용매에 혼합하여 코팅 분산물 또는 코팅 혼합물을 형성한다. 분산물은 완전히 혼합되며, 이어서 나이프 코팅, 노치 바 코팅, 딥 코팅, 분무 코팅, 전기분무 코팅, 또는 그라비아 코팅과 같은 임의의 적절한 분산물 코팅 기술에 의해



포일 집전 장치에 적용된다. 집전 장치는 전형적으로, 예를 들어, 구리, 알루미늄, 스테인레스 강 또는 니켈 포일과 같은 전도성 금속의 얇은 포일이다. 슬러리를 집전 장치 포일 상에 코팅한 후 공기 중에서 건조되게 하고, 이어서 보통 용매를 제거하기 위하여 전형적으로 약 80℃ 내지 약 300℃의 가열된 오븐에서 약 1시간 동안 건조시킨다.

[0047] 본 발명은 전기화학 전지에 사용하기 위한 용기된 패턴을 갖는 전극을 제공한다. 더욱이, 본 발명은 리튬 이온 전기화학 전지에 전극을 제공한다. 본 명세서에서 논의된 것과 예상할 수 있는 그 변형을 제외하고는, 본 발명은 용기된 패턴 내의 용기된 특징부의 배열, 용기된 패턴 내의 용기된 특징부의 모양 또는 프로파일, 또는 용기된 특징부의 깊이 또는 깊이들에 의해 한정되지 않는다.

[0048] 음극 활성 재료를 함유한 전형적인 전극은 z-방향 치수가 5  $\mu\text{m}$  내지 200  $\mu\text{m}$ 일 수 있으며, 10%만큼 적게 또는 300%만큼 많게 부피가 팽창할 수 있다. 이러한 팽창은 전극 표면에 수직한 방향에서 발생할 수 있으며, 이는 약 1  $\mu\text{m}$  내지 약 100  $\mu\text{m}$  범위의 z-방향 치수 변화에 상응한다. 본 발명에 따르면, 전기화학 전지 내의 한 전극 또는 양 전극은 용기된 패턴을 포함할 수 있다. 전극 내의 용기된 패턴은 전극 또는 전극들의 전체 z-방향 치수를 증가시키는 효과를 갖는다. 리튬 이온 전지의 충전 동안, 음극의 부피 팽창은 엠보싱된 전극 내의 용기된 패턴이 평탄해지게 할 수 있다. 본 발명의 이러한 모드에서, 하나 또는 양 전극 상의 용기된 패턴은 음극의 부피 팽창을 수용하는 부피를 제공할 수 있다. 용기된 패턴은 리튬화 동안 음극의 팽창에 의해 야기된 z-방향 치수의 증가와 거의 동일한 양만큼 전체 전극 z-방향 치수를 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 용기된 패턴으로 엠보싱 후 전극의 증가된 z-방향 치수는 약 1 mm 미만, 약 0.5 mm 미만, 약 0.1 mm 미만, 약 50  $\mu\text{m}$  미만, 약 25  $\mu\text{m}$  미만, 약 10  $\mu\text{m}$  미만 또는 훨씬 더 작을 수 있다.

[0049] 본 발명은 용기된 패턴 내의 용기된 특징부의 모양 또는 중형비로 한정되지 않는다. 용기된 특징부는 엠보싱 과정 동안 집전 장치에의 전극 코팅의 부착에 영향을 주지 않기 위해 그리고 또한 사이클링 동안 훨씬 더 균일한 전류 분배를 제공하기 위하여 라운드지게 할 수 있다. 선택적으로, 용기된 특징부는 원, 정사각형, 타원형, 다른 규칙적인 모양 또는 불규칙적인 모양일 수 있다. 전극은 또한 주름질 수 있다. 주름진다는 것은 전극이 접힘부(fold) 또는 사실상 평행한 교대하는 릿지(ridge) 및 그루브(groove)로 형상화될 수 있음을 의미한다. 릿지 및 그루브가 라운드질 수 있다는 것이 또한 고려된다. 추가적으로, 용기된 특징부가 사실상 정현파 방식으로 파형을 이루어 전극이 에지에서 볼 때 사실상 정현파 단면을 가질 수 있는 것이 가능하다. 주름진 전극 상에 작은 용기된 특징부를 갖는 것이 또한 가능하다.

[0050] 본 발명은 또한 용기된 패턴 내의 용기된 특징부의 프로파일에 의해 한정되지 않는다. 용기된 패턴 내의 용기된 특징부의 프로파일은 임의의 공지된 모양을 포함할 수 있으며, 예를 들어, 라운드진 또는 구, 계란, 타원, 포물선 등의 모양인 프로파일을 포함할 수 있다. 용기된 특징부의 프로파일은 라운드진 에지, 경사진 에지, 다단계 에지 또는 불규칙한 에지를 가질 수 있다. 프로파일은 또한 규칙적이거나 규칙적이지 않은 임의의 3차원 패턴으로 조각될 수 있다. 또한, 하나 초과 용기된 특징부를 가진 엠보싱 주형을 제조하는 것을 포함하는 임의의 공지된 수단에 의해 또는 상이한 엠보싱 주형을 통한 전극의 다수 패스(pass)에 의해 생성된 다단계 패턴이 있을 수 있다.

[0051] 본 발명은 또한 용기된 패턴 내의 용기된 특징부의 배열에 의해 한정되지 않는다. 본 발명의 일 실시 형태에서, 용기된 특징부는 전극 코팅 전체에 걸쳐, 일정 패턴으로 또는 랜덤하게, 다소 균일하게 분포되어 음극 부피 팽창의 수용이 균일하게 분포되도록 할 수 있다. 용기된 패턴 내의 용기된 특징부의 적합한 배열은 정사각형 격자 배열, 삼각형 격자 배열, 또는 랜덤 배열을 포함한다. 더욱이, 용기된 특징부 사이의 간격은 전극의 감김(winding)을 용이하게 하며 충전 동안 음극 부피 팽창의 균일한 수용을 가능하게 한다. 용기된 특징부 사이의 적합한 간격은 약 2 cm 미만, 약 1 cm 미만, 약 5 mm 미만, 약 2 mm 미만, 약 0.5 mm 미만, 약 0.1 mm 미만 또는 심지어 0 mm (예를 들어, 파동형 또는 정현파 특징부와 같은 연속적인 용기된 특징부의 경우)일 수 있다.

[0052] 일부 예시적인 용기된 패턴은 도 1a 내지 도 1e에 도시된다. 도 1a는 전극(110)에 엠보싱된 정사각형 격자 패턴의 용기된 도트가 구비된 실시 형태를 예시한다. 도트는 전극의 한 면에서 용기된 볼록 표면이고 전극의 다른 면에서 도트는 파여진 오목 표면이 되도록 포일 평면을 통해 돌출한다. 도 1b는 전극(120)이 엠보싱된 삼각형 격자 패턴의 용기된 도트를 갖는 실시 형태를 예시한다. 도 1c는 전극(130)이 주름지며 사실상 v 모양인 플리트 또는 접힘부를 갖는 실시 형태를 예시한다. 도 1d는 전극(140)이 사실상 정현파 모양인 주름진 파동형 플리트를 갖는 실시 형태의 예시도이다. 도 1e는 전극(150)이 2개의 에지에서 경사진 파동형 플리트를 갖는 실시 형태의 예시도이다. 전극(150)은 전극의 중앙에 평평한 영역(152)을 가지며 양 에지(154)에 경사지고 주름진

파동부(undulation)를 갖는다.

- [0053] 전극의 예지는 엠보싱되고 용기된 패턴을 가질 수 있음이 고려된다. 전극의 모든 예지는 엠보싱되고 용기된 패턴을 가질 수 있고, 예지의 단지 일부만이 엠보싱되고 용기된 패턴을 가지고, 단지 하나의 예지만이 엠보싱되고 용기된 패턴을 가질 수 있고, 예지의 단지 일부만이 엠보싱되고 용기된 패턴을 갖고, 또는 일부 실시 형태에서는 어떠한 예지도 엠보싱되고 용기된 패턴을 갖지 않을 수 있다. 예를 들어, 연장된 직사각형(웹) 형태로 제조된 전극에서는 웹의 긴 예지 또는 예지들을 따라 엠보싱되고 용기된 패턴을 갖는 것이 때로는 유리하다. 이는 도 1e에 도시된다. 때때로, 전기화학 전지를 제작할 때, 애노드 면적은 캐소드의 면적보다 클 수 있으며, 특히 리튬 이온 전기화학 전지에서 그러하다. 이 경우에, 캐소드 치수를 초과하여 연장되는 애노드의 예지만을 따라 엠보싱되고 용기된 패턴을 갖는 것이 유리할 수 있다. 본 발명의 모든 언급된 태양은 함께 그리고 임의의 조합으로 사용될 수 있다. 즉, 음극, 양극, 또는 두 전극 모두가 엠보싱되고 용기된 패턴 또는 패턴들을 가질 수 있으며, 음극은 엠보싱된 예지 또는 예지들을 추가로 포함할 수 있다. 감겨진 전기화학 전지에서는, 전극의 단부에 탭(222)을 부착하여 전기 접촉을 향상시키는 것이 때로는 바람직하다. 이러한 탭은 용접 또는 납땜에 의해 전극에 부착될 수 있다. 전극의 엠보싱된 영역이 전극 탭(222)이 부착될 수 있는 전극 영역을 포함하는 것은 바람직하지 않다. 엠보싱 패턴은 전극 상에 탭이 양호하게 용접되는 것을 방해할 수 있다.
- [0054] 본 발명의 다른 태양은 집전 장치에 활성 재료를 첨가하는 단계 및 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하는 단계를 포함하는 전극 제조 방법을 기재한다. 활성 재료를 첨가하는 단계는 코팅을 적용하는 단계를 포함할 수 있다. 코팅은 본 기술 분야의 숙련자에게 알려진 임의의 방법에 의해 부가될 수 있다. 예를 들어, 활성 재료는 용매 중의 분산물로서 코팅될 수 있다. 활성 재료는 증착될 수 있다. 활성 재료는 라미네이팅되거나 전기도금될 수 있다.
- [0055] 활성 재료가 집전 장치에 첨가된 후, 전극은 캘린더링되거나 캘린더링되지 않을 수 있다. 만일 전극이 캘린더링된다면, 이 캘린더링 단계는 활성 재료를 포함하는 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하기 전에 이루어져서, 용기된 패턴이 이 공정 동안 평활하게 되거나 소거되지 않게 할 수 있다.
- [0056] 활성 재료를 포함하는 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하는 단계는 전극을 하나 이상의 엠보싱 롤(embossing roll)을 통과시킴으로써 이루어질 수 있다. 엠보싱 롤은 가열되거나 가열되지 않을 수 있다. 한 가지 방법에서, 엠보싱 롤은 용기된 패턴의 양각(positive engraving)을 가진 롤 및 용기된 패턴의 음각(negative impression)을 가진 반대 롤(counter roll)을 포함할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 하나의 롤은 용기된 패턴의 이미지로 조각되고 반대 롤은 부드러운 고무로 입힌 또는 다르게는 탄성중합체성의 표면으로 덮일 수 있다. 또 다른 실시 형태에서, 활성 재료를 포함하는 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하는 단계는, 예를 들어, 유압 프레스를 이용하여 플레이트 사이에서 전극을 압착시킴으로써 이루어질 수 있다. 예를 들어, 전극은 용기된 패턴의 양각과 음각을 갖는 정합되는 세트의 플레이트 사이에서 압착될 수 있으며, 또는 선택적으로, 하나의 플레이트는 용기된 패턴의 이미지로 조각되고 다른 플레이트는 고무로 덮이거나 또는 다르게는 탄성중합체성의 표면을 구비할 수 있다.
- [0057] 다른 실시 형태에서, 활성 재료를 포함하는 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하는 단계는 탄성중합체 시트, 전극, 및 천공되거나 또는 다르게는 용기된 패턴의 음 이미지(negative image)로 조각된 시트를 포함하는 스택을 일 세트의 롤러를 통과시킴으로써 이루어질 수 있다. 이는 한 단계로 또는 여러 단계로 이루어질 수 있다.
- [0058] 용기된 패턴을 제공하는 데 사용되는 압력은 약 500 kPa 만큼 작거나, 약 200 kPa 만큼 작거나, 약 100 kPa 만큼 작거나, 약 50 kPa 만큼 작거나 또는 훨씬 더 작을 수 있거나, 또는 약 500 kPa보다 크거나, 약 1000 kPa보다 크거나 또는 훨씬 더 클 수 있다. 공정 동안의 온도 또한 한정되지는 않지만, 약 20℃보다 작거나, 약 15℃보다 작거나 또는 훨씬 더 작거나, 또는 약 20℃보다 크거나, 약 30℃보다 크거나, 약 60℃보다 크거나, 약 100℃보다 크거나, 약 150℃보다 크거나 또는 훨씬 더 클 수 있다.
- [0059] 복합 활성 재료를 포함하는 전극은 활성 재료를 포함하는 집전 장치에 용기된 패턴을 제공하기 전에 캘린더링될 수 있다. 캘린더링은 전극을 압력 하에 둘 이상의 롤러를 통해 통과시킴으로써 이루어진다. 선택적으로, 롤러 중 하나 이상은 가열되거나 냉각될 수 있다. 롤러는 약 100 MPa, 약 500 MPa, 약 750 MPa, 또는 약 1000 MPa 또는 훨씬 더 큰 압력값 내지 약 2000 MPa, 약 1500 MPa, 약 1000 MPa, 약 750 MPa 또는 훨씬 더 작은 압력값의 압력을 가할 수 있다.
- [0060] 본 발명의 추가 태양은, 음극, 양극 및 분리막을 포함하는 전기화학 전지를 제공하며, 여기서 음극, 양극 또는 이들 둘 모두는 집전 장치 및 이 집전 장치와 전기 접촉하고 있는 활성 재료를 포함하며, 집전 장치와 전기 접



촉하고 있는 활성 재료를 포함하는 전극 중 적어도 하나는 용기된 패턴을 가진다. 본 발명의 전기화학 전지는 분리막을 포함할 수 있다. 이들은 또한 전해질을 포함할 수 있다.

[0061] 본 발명의 전기화학 전지는 양극과 음극의 각각을 적어도 하나 취하고 이들을 전해질에 둘으로써 제조되는데, 여기서 적어도 하나의 전극은 집전 장치와 전기 접촉하는 활성 재료를 포함하며 전술한 용기된 패턴을 가진다. 전형적으로, 미국 노스캐롤라이나주 샬럿 소재의 헤켄스트 셀라니즈, 코포레이션(Hoechst Celanese, Corp.)으로부터 입수가 가능한 셀가드(CELGARD) 2400 미세다공성 재료와 같은 미세다공성 분리막을 이용하여 음극의 양극에 대한 직접 접촉으로 인한 전기적 단락(electrical short circuit)을 방지한다.

[0062] 개시된 리튬 이온 전지에 다양한 전극이 사용될 수 있다. 대표적인 전해질은 하나 이상의 리튬 염과, 고체, 액체 또는 젤 형태의 전하 운반 매질을 포함한다. 예시적인 리튬 염은  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$ ,  $\text{LiClO}_4$ , 리튬 비스(옥살라토)보레이트,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiAsF}_6$ ,  $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ , 및 이들의 조합을 포함한다. 예시적인 전하 운반 매질은 전지의 전극이 작동할 수 있는 전기화학적 범위 및 온도 범위에서 동결 또는 비등 없이 안정하며, 적당량의 전하가 양극으로부터 음극으로 수송될 수 있도록 충분한 양의 리튬 염을 용해시킬 수 있고, 선택된 리튬 이온 전지에서 잘 작동한다. 예시적인 고체 전하 운반 매질은 중합체성 매질, 예를 들어, 폴리에틸렌 옥사이드, 폴리테트라플루오로에틸렌, 폴리비닐리덴 플루오라이드, 불소 함유 공중합체, 폴리아크릴로니트릴, 그 조합 및 당업자에게 익숙한 다른 고체 매질을 포함한다. 예시적인 액체 전하 운반 매질은 에틸렌 카르보네이트, 프로필렌 카르보네이트, 다이메틸 카르보네이트, 다이에틸 카르보네이트, 에틸-메틸 카르보네이트, 부틸렌 카르보네이트, 비닐렌 카르보네이트, 플루오로에틸렌 카르보네이트, 플루오로프로필렌 카르보네이트,  $\gamma$ -부틸로락톤, 메틸 디플루오로아세테이트, 에틸 디플루오로아세테이트, 다이메톡시에탄, 다이글라임(비스(2-메톡시에틸)에테르), 테트라하이드로푸란, 다이옥솔란, 이들의 조합 및 당업자에게 친숙한 다른 매질을 포함한다. 예시적인 전하 운반 매질 젤은 미국 특허 제6,387,570호 (나카무라(Nakamura) 등) 및 미국 특허 제6,780,544호 (노(Noh))에 기재된 것을 포함한다. 전하 운반 매질 용해력은 적합한 공용매의 첨가에 의해 향상될 수 있다. 예시적인 공용매에는 선택된 전해질을 포함하는 Li 이온 전지와 상용성인 방향족 물질이 포함된다. 대표적인 공용매는 톨루엔, 설펜, 다이메톡시에탄, 그 조합 및 당업자에게 친숙한 다른 공용매를 포함한다. 전해질은 당업자에게 친숙한 다른 첨가제를 포함할 수 있다. 예를 들어, 전해질은 미국 특허 제5,709,968호 (쉬미즈(Shimizu)), 제5,763,119호 (아다치(Adachi)); 제5,536,599호 (알람기르(Alamgir) 등); 제5,858,573호 (아브라함(Abraham) 등); 제5,882,812호 (비스코(Visco) 등); 제6,004,698호 (리처드슨(Richardson) 등); 제6,045,952호 (케르(Kerr) 등); 및 제6,387,571호 (라인(Lain) 등); 및 미국 특허 출원 공개 제2005/0221168호, 제2005/0221196호, 제2006/0263696호 및 제2006/0263697호 (모두 단(Dahn) 등)에 기재된 것들과 같은 레독스 화학 셔틀(redox chemical shuttle)을 포함할 수 있다.

[0063] 전기화학 전지는 몇몇 기하학적 형태로 제작될 수 있다. 전극은 보통 직사각형 또는 원형 시트로서 전지에 이용된다. 음극 시트와, 양극 시트와, 음극과 양극 사이에 샌드위치된 분리막을 포함하는 스택을 제조하여 층상 구조체를 형성하는 것이 전형적이다. 2325 동전형 전지와 같은 동전형 전지에서는, 층상 구조체의 구성요소들이 라운드진 디스크로 절단되어, 이들이 사실상 수직 스택을 형성하고 이 스택은 이어서 동전형 전지 본체 내로 삽입될 수 있다. 정사각형, 직사각형, 삼각형, 규칙적인 모양의 다각형 또는 임의의 불규칙적 모양의 다각형과 같은 그러나 이로 한정되지 않는 다양한 기하학적 모양의 음극, 분리막 및 양극을 포함하는 사실상 수직 스택을 형성하는 것이 또한 가능하다. 사실상 수직 스택은 또한 2개의 치수가 상당히 상이한 직사각형일 수 있다. 예를 들어, 도 1a 내지 도 1e는 연장된 직사각형 모양인 본 발명의 음극을 나타낸다. 이들 전극 중 하나는 유사한 모양의 양극 및 분리막(그들 사이에 샌드위치됨)과 조합되어, 짧은 치수와 긴 치수를 갖는 수직 스택을 형성할 수 있다. 일부 전기화학 전지 설계에서는, 전술한 연장된 수직 스택이 "젤리롤"로 알려진 것으로 타이트하게 감길 수 있다. 도 2는 리튬 이온 전기화학 전지 구성요소(200)의 젤리롤 구성의 예시적인 도면이다. 젤리롤은 코어(240) 주위에 감긴 4개의 층을 갖는다. 이 예에서, 최내측 층은 코팅된 양극(210)인데, 이는 엠보싱되거나 주름지지 않는다. 이 층에 인접하게 분리막 층(230)이 있다. 다음으로, 짧은 에지에 용접된 탭(222)을 갖는 코팅되고 엠보싱된 음극(220)이 있다. 마지막으로, 다른 분리막 층(230)이 최외측 층이다. 캐소드 층(210)은 최내측 에지 상에 코어(240)와 전극(210)의 에지에 전기적으로 부착될 수 있는 (도면에는 도시되지 않은) 탭을 갖는다. 이들 4개의 층은 코어 주위에 타이트하게 감긴다. 이어서, 젤리롤은 캔 또는 파우치와 같은 용기 내에 둘 수 있으며, 이는 이어서 전해질로 채워져서 원통형 전기화학 전지를 형성할 수 있다. 젤리롤은 또한 평탄화되고 용기 내에 위치되어 프리즘형 전지를 형성할 수 있다.

[0064] 젤리롤의 두 가지 실시 형태가 도 3a 및 도 3b에 의해 예시된다. 도 3a는, 젤리롤(310)에서 엠보싱된 패턴이 삼각형 격자 패턴의 용기된 도트인 것을 제외하고는, 도 2에 도시된 바와 같이 젤리롤(200)을 제조하는 데 사용

된 것과 동일한 절차에 의해 제조된 젤리롤(310)의 예시도이다. 애노드는 엠보싱되었으며 캐소드는 평평하였다. 도 3b는, 도 3b에서 양 전극이 평평한 것을 제외하고는, 도 3a에서와 같이 동일한 구성요소 및 치수를 갖는 층으로 제조된 젤리롤(320)이다. 이들 예시도는, 엠보싱된 전극이 임의의 엠보싱된 전극이 없는 것보다 더 많은 부피를 차지하는 젤리롤을 예시한다. 도 3a의 젤리롤은 팽창 및 수축을 위한 엠보싱된 패턴 사이의 간격을 제공한다.

[0065] 수직 스택이 다수 층을 포함할 수 있음이 또한 고려된다. 예를 들어, 음극, 분리막 및 양극의 수직 스택을 취하고, 외부 전극들 사이에 추가의 분리막을 둠으로써 상기 스택을 다른 수직 스택 위에 두어 이들이 서로 전기 접촉하지 않도록 하는 것이 가능하다. 따라서, 다수의 수직 스택이 이러한 방식으로 제조될 수 있다.

[0066] 개시된 전지는 휴대용 컴퓨터, 태블릿 디스플레이(tablet display), 개인용 정보 단말기(personal digital assistant), 휴대폰, 전동 장치(motorized device)(예를 들어, 전기 기구 및 차량), 기기, 조명 장치(예를 들어, 회중 전등), 및 가열 장치를 비롯한 다양한 장치에 이용될 수 있다. 본 발명의 하나 이상의 전기화학 전지는 조합되어 배터리 팩을 제공할 수 있다. 재충전가능한 리튬 이온 전지 및 배터리 팩의 구성 및 사용에 관한 추가적인 상세 사항은 당업자에게 친숙할 것이다.

[0067] 본 발명은 하기의 예시적 실시예에서 추가로 설명되는데, 여기서 모든 백분율은 달리 표시되지 않으면 중량 퍼센트에 의한 것이다.

## 실시예

[0068] 예비 실시예 1 - 합금 분말

[0069] 합금 조성물,  $\text{Si}_{74.8}\text{Fe}_{12.6}\text{Ti}_{12.6}$ 은 규소 덩어리 (123.31 g, 미국 매사추세츠주 워드 힐 소재의 알파 아에사르(Alfa Aesar)/99.999%), 철 조각 (41.29 g, 알파 아에사르/99.97%) 및 티타늄 스펀지 (35.40 g, 알파 아에사르/99.7%)를 ARC 노에서 용융시킴으로써 제조하였다. 합금 잉곳을 부수고 분쇄하여 긴 치수가 대략 150  $\mu\text{m}$ 인 입자를 갖는 합금 분말을 생성하였다.

[0070] 16개의 탄화텅스텐 볼(3.2 mm 직경)을 갖는 스펙스 밀(Spex mill) (미국 뉴저지주 메투첸 소재의 스펙스 서티프레프 그룹(Spex Certiprep Group))에서 아르곤 분위기에서 1시간 동안 반응성 볼 밀링하여 합금,  $\text{Si}_{66.5}\text{Fe}_{11.2}\text{Ti}_{11.2}\text{C}_{11.2}$ 를  $\text{Si}_{74.8}\text{Fe}_{12.6}\text{Ti}_{12.6}$  합금 분말(2.872 g) 및 흑연(0.128 g)(팀렉스(TIMREX) SFG44, 스위스 보디오 소재의 팀칼 리미티드(Timcal Ltd.))으로부터 제조하였다.

[0071] 실시예 1

[0072] 64.02 wt%의 합금 분말,  $\text{Si}_{66.5}\text{Fe}_{11.2}\text{Ti}_{11.2}\text{C}_{11.2}$ , (평균 입자 크기 1  $\mu\text{m}$ , 밀도 = 3.65  $\text{g}/\text{cm}^3$ ), 32.98 wt% 팀렉스 SLP30 흑연 분말 (밀도 = 2.26  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,  $d_{002}$  = 0.3354 내지 0.3356 나노미터, 팀칼 리미티드), 2.5 wt% 리튬 폴리 아크릴레이트 및 0.5 wt% 카르복시메틸 셀룰로오스의 조성을 갖는 음극을 하기와 같이 제조하였다.

[0073] 2.3 kg의 탈이온수, 93.23 g의 폴리(아크릴산) (450 MW, 알드리치(Aldrich)) 및 31.08 g의 LiOH를 1시간 동안 로스(Ross) 플래니터리 믹서 (미국 뉴욕주 소재의 찰스 로스 앤드 선 컴퍼니(Charles Ross and Son Company))에서 혼합하였다. 3.00 kg 합금 분말, 1.545 kg SLP-30 흑연 및 23.67 g의 CMC (셀룰로오스 겜 타입 7H3SF, 미국 델라웨어주 윌밍턴 소재의 허큘레스(Hercules))의 건조 분말 혼합물을 이 용액에 천천히 첨가하였다. 첨가 후, 분산물을 1.5시간 동안 혼합하였다. 생성된 슬러리를 30.5  $\text{cm}/\text{min}$ 의 속도로, 나이프-오버-롤(knife-over-roll)을 이용하여 히라노(Hirano) 코팅기에서 10  $\mu\text{m}$  구리 포일 상에 코팅하였다. 코팅을 약 30°C로 유지되는 3-구역 오븐 내에서 질소 유동 하에 건조시켰다. 결과적으로, 포일의 양면을 코팅하였다.

[0074] 건조된 코팅을 약 1000 MPa 압력 하에 캘린더 롤에서 압착하였고, 그 후 코팅의 두께는 70  $\mu\text{m}$ 였다. 이어서, 전극을 폭 58 mm 및 길이 780 mm의 조각으로 가늘게 조각냈다. 전극 코팅 영역을 젖은 천을 이용하여 전극의 한 단부의 양면으로부터 제거하여 1.0 cm의 구리 포일 집전 장치를 노출시켰다. 이는 후속 단계에서 전극 상에 탭이 용접될 수 있도록 하기 위해 이루어졌다. 이어서, 구멍 직경이 0.159 cm이고 구멍 중심 사이의 간격이 0.277 cm인 둥근 구멍으로 삼각형 격자 패턴으로 천공된 12.7 cm  $\times$  122 cm의 16 게이지 스틸 시트 상에 전극을 두었다. 이어서, 0.70 mm 두께의 고무 시트를 전극 위에 두어, 탭을 위해 코팅이 제거된 전극 영역을 제외한 전체 전극을 덮었다. 이어서, 이 조립체를 한 쌍의 스틸 롤러를 통해 통과시켰으며, 롤러를 통과한 후 전극이 용기된 도트 패턴을 구비하고 엠보싱된 전극 두께가 110  $\mu\text{m}$ 가 되도록 롤러 사이의 갭을 조정하였다.

[0075] 전술한 바와 같이 제조된 음극을 도 2에 도시된 바와 같이 젤리롤로 감았으며, 분리막과 포일 양극의 교번층은 엠보싱된 패턴을 갖지 않았다. 도 3a의 생성된 롤은 어느 전극에도 엠보싱된 패턴이 없는 동일한 치수(두께 및 폭)의 2개의 포일 전극으로 제조된 대조 젤리롤보다 직경이 상당히 더 컸다. 대조군은 도 3b에 도시된다.

[0076] 본 발명의 범주 및 취지를 벗어나지 않고도 본 발명에 대한 다양한 변형 및 변경이 당업자에게 명백하게 될 것이다. 본 발명을 본 명세서에 설명된 예시적 실시 형태 및 실시예로 부당하게 제한하려는 것이 아니며, 그러한 실시예 및 실시 형태는 본 명세서에서 하기와 같이 설명된 청구의 범위에 의해서만 제한하려는 본 발명의 범위와 함께 단지 예로서 제시된다는 것을 이해하여야 한다. 본 출원에 언급된 모든 참고 문헌은 참고로 본 명세서에 포함된다.

### 도면의 간단한 설명

[0028] 도 1a는 정사각형 격자 패턴의 융기된 도트(dot)를 갖는 전극의 일 실시 형태를 예시한 도면.

[0029] 도 1b는 삼각형 격자 패턴의 융기된 도트를 갖는 전극의 일 실시 형태를 예시한 도면.

[0030] 도 1c는 주름진 플리트(pleat)를 갖는 전극의 일 실시 형태를 예시한 도면.

[0031] 도 1d는 정현파 모양의 파동형 플리트를 갖는 전극의 일 실시 형태를 예시한 도면.

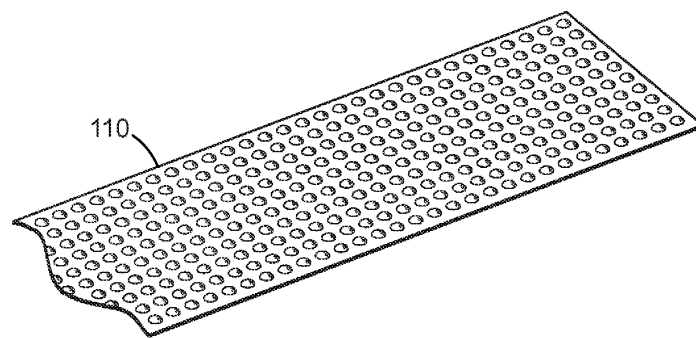
[0032] 도 1e는 2개의 에지에 경사진 파동형 플리트를 갖는 전극의 일 실시 형태를 예시한 도면.

[0033] 도 2는 본 발명의 다른 실시 형태에서 융기된 패턴을 갖는 전극을 포함하는 리튬 이온 전기화학 전지의 젤리롤(jellyroll) 형태의 분해도.

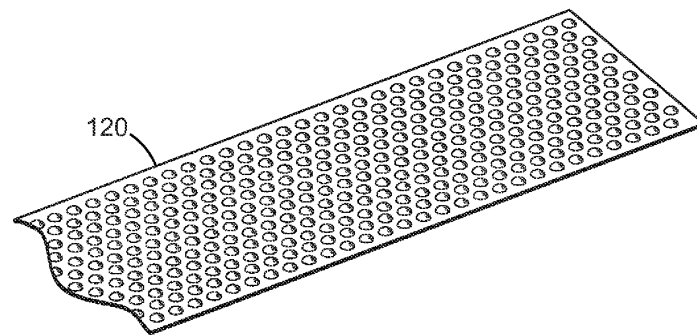
[0034] 도 3a 및 도 3b는 젤리롤 형상의 2개의 전기화학 전지의 실시 형태들의 예시도로, 도 3a에서는 하나의 전극은 정사각형 격자 패턴의 융기된 도트를 가지고 다른 전극은 평평하며, 도 3b에서는 양 전극이 평평하다.

### 도면

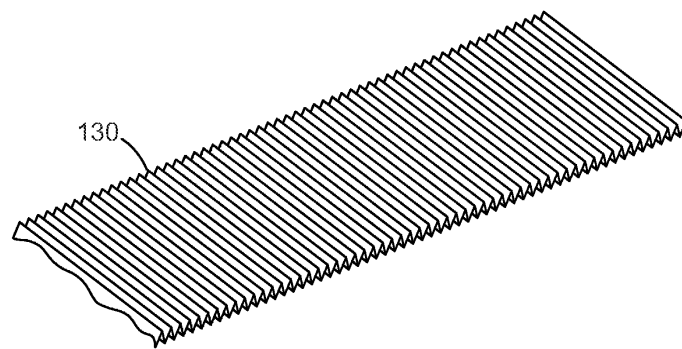
#### 도면1a



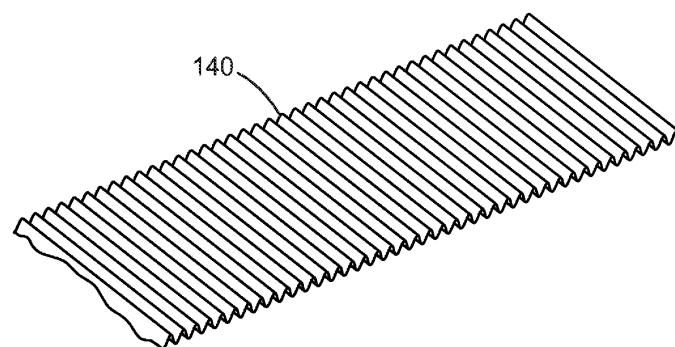
도면1b



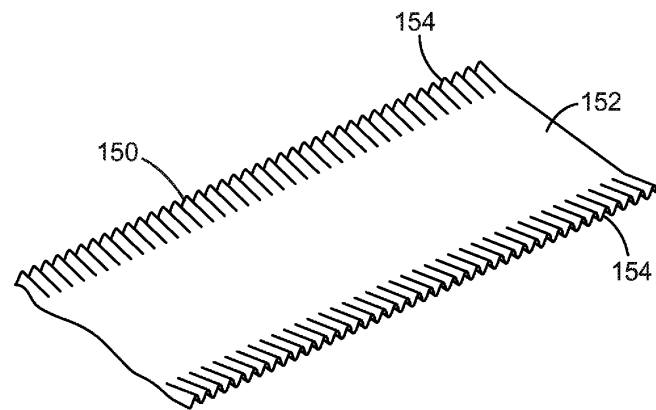
도면1c



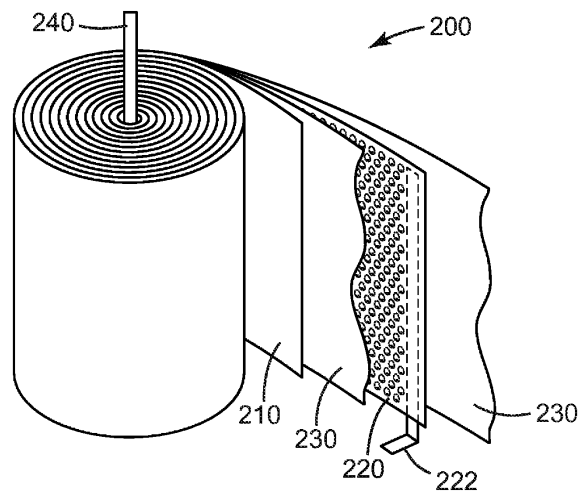
도면1d



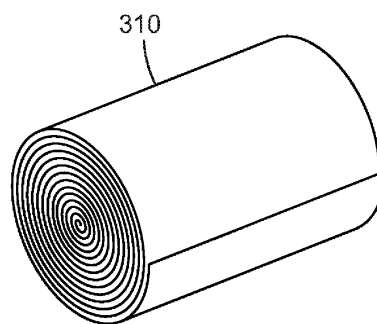
도면1e



도면2



도면3a





도면3b

