



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0063798
(43) 공개일자 2014년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/70 (2006.01) H01M 4/38 (2006.01)
H01M 4/583 (2010.01) H01M 4/13 (2010.01)
H01M 4/134 (2010.01) H01M 4/62 (2006.01)
H01G 11/22 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2014-7009652
(22) 출원일자(국제) 2012년09월07일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년04월11일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2012/073560
(87) 국제공개번호 WO 2013/039186
국제공개일자 2013년03월21일
(30) 우선권주장
JP-P-2011-203579 2011년09월16일 일본(JP)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
가부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398
(72) 발명자
타지마 료타
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
야마자키 슌페이
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가
부시키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장훈

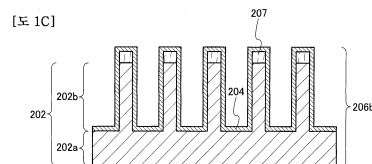
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 축전 장치

(57) 요약

충방전 용량이 크고, 충방전에 의한 배터리 특성의 열화가 적고, 급속 충방전을 실행할 수 있는 축전 장치가 제공된다. 축전 장치는 음극을 포함한다. 음극은 집전체와 상기 집전체 위에 제공된 활물질층을 포함한다. 활물질층은 집전체로부터 돌출하는 복수의 돌기들과 상기 복수의 돌기들 위에 제공된 그래핀을 포함한다. 상기 복수의 돌기들의 축들은 동일한 방향으로 지향된다. 상기 집전체와 상기 복수의 돌기들 사이에 공통부가 제공될 수 있다.

대표도



(72) 발명자

오구니 텃페이

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

오사다 타케시

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

사사가와 신야

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

구리키 카즈타카

일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가부
시키키가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 내

(30) 우선권주장

JP-P-2011-207692 2011년09월22일 일본(JP)

JP-P-2011-217646 2011년09월30일 일본(JP)

특허청구의 범위

청구항 1

음극을 포함하는 축전 장치에 있어서,

상기 음극은:

공통부와;

상기 공통부로부터 돌출한 복수의 돌기들과;

상기 공통부 및 상기 복수의 돌기들 위에 제공된 그래핀을 갖는 층을 포함하는, 축전 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들의 축들은 동일한 방향으로 지향되는, 축전 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

횡단면 형상에서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 큰, 축전 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

종단면 형상에서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분 폭은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분 폭보다 넓은, 축전 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 공통부 또는 상기 복수의 돌기들은 실리콘을 포함하는, 축전 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들 각각은 기둥형, 원추 또는 피라미드형, 판형, 또는 파이프형을 갖는, 축전 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분과 상기 그래핀 사이에 보호층을 더 포함하는, 축전 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 음극의 그래핀 위에 제공된 절연층을 더 포함하는, 축전 장치.

청구항 9

음극을 포함하는 축전 장치에 있어서,

상기 음극은:

집전체와;

상기 집전체 위에 제공된 공통부와;

상기 공통부로부터 돌출하는 복수의 돌기들과;

상기 공통부와 상기 복수의 돌기들 위에 제공된 그래핀을 갖는 층을 포함하는, 축전 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들의 축들은 동일한 방향으로 지향되는, 축전 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

횡단면 형상에서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 큰, 축전 장치.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

종단면 형상에서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분 폭은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분 폭보다 넓은, 축전 장치.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 공통부 또는 상기 복수의 돌기들은 실리콘을 포함하는, 축전 장치.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들 각각은 기둥형, 원추 또는 피라미드형, 판형, 또는 파이프형을 갖는, 축전 장치.

청구항 15

제 9 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분과 상기 그래핀 사이에 보호층을 더 포함하는, 축전 장치.

청구항 16

제 9 항에 있어서,

상기 음극의 그래핀 위에 제공된 절연층을 더 포함하는, 축전 장치.

청구항 17

음극을 포함하는 축전 장치에 있어서,

상기 음극은:

집전체와;

상기 집전체 위에 제공된 복수의 돌기들과;

상기 집전체와 상기 복수의 돌기들 위에 제공된 그래핀을 갖는 층을 포함하는, 축전 장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들의 측들은 동일한 방향으로 지향되는, 축전 장치.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

횡단면 형상에서, 상기 집전체와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 큰, 축전 장치.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

종단면 형상에서, 상기 집전체와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분 폭은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분 폭보다 넓은, 축전 장치.

청구항 21

제 17 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들 각각은 기둥형, 원추 또는 피라미드형, 판형, 또는 파이프형을 갖는, 축전 장치.

청구항 22

제 17 항에 있어서,

상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분과 상기 그래핀 사이에 보호층을 더 포함하는, 축전 장치.

청구항 23

제 17 항에 있어서,

상기 음극의 그래핀 위에 제공된 절연층을 더 포함하는, 축전 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 축전 장치 및 축전 장치 제작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년, 리튬 이온 2차 전지, 리튬 이온 커패시터, 및 공기 전지와 같은 축전 장치가 개발되어 왔다.

[0003] 축전 장치용 전극은 집전체의 표면 위에 활물질을 제공함으로써 제작된다. 음극 활물질로서, 탄소 또는 실리콘과 같이 캐리어로 기능하는 이온들(이하, 캐리어 이온이라 칭함)을 흡장 및 방출할 수 있는 재료가 사용된다. 예컨대, 실리콘 또는 인이 도핑된 실리콘은 탄소에 비해 약 4배의 캐리어 이온들을 흡장할 수 있고, 그에 따라 탄소보다 높은 이론 용량을 갖고, 축전 장치의 용량을 증가시키는 데 있어 이점을 갖는다.

[0004] 하지만, 흡장되는 캐리어 이온들의 양이 증가될 때, 충방전 사이클에서 캐리어 이온들의 흡장 및 방출에 따라 활물질의 체적이 크게 변화하고, 결과적으로 집전체와 실리콘 사이의 밀착성이 낮아지고, 충방전에 의해 전지 특성이 열화된다. 따라서, 실리콘을 사용하여 형성된 층이 집전체 위에 형성되고, 그래파이트(graphite)를 사용하여 형성된 층이 상기 실리콘을 사용하여 형성된 층 위에 형성됨으로써, 상기 실리콘을 사용하여 형성된 층의 팽창 및 수축에 의한 전지 특성의 열화를 감소시킨다(특허문서 1 참조).

[0005] 실리콘은 탄소 보다 낮은 전기 전도성을 가지므로, 실리콘 입자들의 표면을 그래파이트로 피복하고 집전체 위에 실리콘 입자들을 포함하는 활물질층을 형성함으로써, 활물질층의 저항률이 감소된 음극이 제작된다.

[0006] 근년, 반도체 장치들에 도전성 전자 재료로서 그래핀을 사용하는 것이 연구되고 있다. 그래핀은 이중 결합(그래파이트 결합 또는 sp^2 결합이라고도 함)을 갖는 하나의 원자층 두께의 탄소 분자의 시트(sheet)를 나타낸다.

[0007] 그래핀은 화학적으로 안정하고, 양호한 전기 특성을 가져, 반도체 장치들에 포함된 트랜지스터의 채널 영역, 비어(via), 배선 등에 적용하는데 기대되었다. 또한, 활물질의 입자들은 리튬 이온 전지에서 전극 재료의 전도성을 높이기 위해서 그래파이트 또는 그래핀으로 피복된다(특허문서 2 참조).

[0008] 또한, 충전 장치에 있어서, 용량을 증가시키기 위해 양극과 음극 각각에 복수의 돌기들이 제공되고; 그러한 충전 장치에 있어서, 충방전으로 인하여 전극의 체적이 증가될 때 전극들 사이의 세퍼레이터에 가해지는 압력을 감소하기 위해 양극과 음극의 복수의 돌기들 각각의 상단 부분에 절연체가 제공된다(특허문서 3 내지 5 참조).

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 일본 공개 특허 공보 번호 2001-283834
(특허문헌 0002) 일본 공개 특허 공보 번호 2011-029184
(특허문헌 0003) 일본 공개 특허 공보 번호 2010-219030
(특허문헌 0004) 일본 공개 특허 공보 번호 2010-239122
(특허문헌 0005) 일본 공개 특허 공보 번호 2010-219392

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 집전체 위에 제공된 실리콘을 사용하여 형성된 층이 그래파이트를 사용하여 형성된 층으로 피복될 때, 그래파이트를 사용하여 형성된 층의 두께가 예컨대 서브미크론 내지 미크론 정도로 크기 때문에, 실리콘을 사용하여 형성된 층과 전해질 사이에 이동되는 캐리어 이온들의 양이 감소된다. 또한, 그래파이트로 피복된 실리콘 입자들을 포함하는 활물질층에서, 활물질층에 포함된 실리콘의 양이 감소된다. 결과적으로, 실리콘과 캐리어 이온들 사이의 반응량이 감소되어, 충방전 용량의 감소를 야기하고, 충전 장치에서 고속 충방전을 실행하는 것이 어렵게 된다.

[0011] 또한, 활물질의 입자들이 그래핀으로 피복될 때에도, 충방전의 반복으로 인하여 활물질의 입자량의 팽창과 수축을 억제하기 어렵고, 이러한 팽창과 수축으로 인하여 활물질 입자들의 분쇄(pulverization)를 억제하기 어렵다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 관점에서, 본 발명의 실시예는 충전 용량과 방전 용량이 높고, 충방전이 고속으로 실행될 수 있으며, 충방전에 기인한 전지 특성의 열화가 작은 충전 장치를 제공한다.

[0013] 본 발명의 하나의 실시예는 음극을 포함하는 충전 장치이다. 상기 음극은 공통부와, 상기 공통부로부터 돌출한 복수의 돌기들과, 상기 공통부 및 상기 복수의 돌기들 위에 제공된 그래핀을 포함한다. 적어도 상기 복수의 돌기들은 활물질로서 기능한다. 상기 복수의 돌기들의 축들은 동일한 방향으로 지향된다.

[0014] 횡단면 형상에서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 클 수도 있다는 것을 주의해야 한다. 또한, 종단면 형상에서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분 폭은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분 폭보다 넓을 수도 있다.

[0015] 본 발명의 하나의 실시예는 음극을 포함하는 충전 장치이다. 상기 음극은 집전체와, 상기 집전체 위에 제공된 활물질층을 포함한다. 상기 활물질층은 상기 집전체로부터 돌출하는 복수의 돌기들과, 상기 복수의 돌기들 위에 제공된 그래핀을 포함한다. 상기 복수의 돌기들의 축들은 동일한 방향으로 지향된다. 공통부는 상기 집전체와 상기 복수의 돌기들 사이에 제공될 수도 있다는 것을 주의해야 한다.

[0016] 상기 집전체와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 단면적은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 단면적 보다 클 수도 있다는 것을 주의해야 한다. 또한, 종단면 형상에서, 상기 집전체와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분 폭은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분 폭보다 넓을 수도 있다.

- [0017] 본 발명의 하나의 실시예는 공통부와, 상기 공통부로부터 돌출하는 복수의 돌기들과, 상기 공통부와 상기 복수의 돌기들 위에 제공된 그래핀을 포함하는 축전 장치이다. 적어도 상기 복수의 돌기들은 활물질로서 기능한다. 상기 복수의 돌기들은 위에서 바라볼 때 병진 대칭성을 갖는다.
- [0018] 횡단면 형상에서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 클 수도 있다는 것을 주의해야 한다. 또한, 종단면 형상에서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분 폭은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분 폭보다 넓을 수도 있다.
- [0019] 본 발명의 하나의 실시예는 집전체와 상기 집전체 위에 제공된 활물질층을 포함하는 축전 장치이다. 상기 활물질층은 상기 집전체로부터 돌출하는 복수의 돌기들과 상기 복수의 돌기들 위에 제공된 그래핀을 포함한다. 상기 복수의 돌기들은 위에서 바라볼 때 병진 대칭성을 갖는다. 공통부가 상기 집전체와 상기 복수의 돌기들 사이에 제공될 수도 있다는 것을 주의해야 한다.
- [0020] 상기 집전체와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 단면적은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 단면적 보다 클 수도 있다는 것을 주의해야 한다. 또한, 종단면 형상에서, 상기 집전체와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분 폭은 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분 폭보다 넓을 수도 있다.
- [0021] 상기 전극에서, 상기 공통부는 상기 집전체의 전체 표면을 피복하는 영역을 의미하며, 상기 복수의 돌기들과 유사한 재료를 사용하여 형성된다. 또한, 복수의 돌기들 각각의 축은 상기 돌기의 상단 부분(또는, 상기 돌기의 상단 부분의 중심)과 상기 공통부 또는 상기 집전체와 접하는 상기 돌기의 하단 부분의 중심을 통과하는 직선을 의미한다. 즉, 상기 축은 상기 돌기의 길이 방향의 중심을 통과하는 직선이다. 상기 복수의 돌기들의 축들이 동일한 방향으로 지향될 때, 상기 복수의 돌기들의 직선들은 서로 실질적으로 평행하다. 특히, 상기 복수의 돌기들의 직선들 사이의 각은 10도 이하, 바람직하게는 5도 이하이다. 상술한 바와 같이, 상기 복수의 돌기들은 다양한 방향으로 연장하는 위스커형 구조체(*whisker-like structures*)와는 다른, 에칭에 의해 형성된 구조체이다.
- [0022] 상기 공통부와 상기 복수의 돌기들은 실리콘, 인 또는 붕소와 같은 전도성 형태를 부여하는 불순물이 첨가된 실리콘, 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 또는 비정질 실리콘을 사용하여 형성될 수 있다. 대안적으로, 상기 공통부는 단결정 실리콘 또는 다결정 실리콘을 사용하여 형성되고, 상기 복수의 돌기들은 비정질 실리콘을 사용하여 형성될 수 있다. 또한, 상기 공통부와, 상기 복수의 돌기들의 일부가 단결정 실리콘 또는 다결정 실리콘을 사용하여 형성되고, 상기 복수의 돌기들의 나머지 다른 부분이 비정질 실리콘을 사용하여 형성될 수 있다.
- [0023] 상기 복수의 돌기들은 각각 기둥형, 원추 또는 피라미드형, 판형, 또는 파이프형을 가질 수 있다.
- [0024] 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분과 상기 그래핀 사이에 보호층이 제공될 수 있다.
- [0025] 상기 복수의 돌기들의 표면은 그래핀으로 피복될 수 있다. 그래핀은 그 범주에서 단층 그래핀 및 다층 그래핀을 포함한다. 그래핀은 2 at.% 이상 11 at.% 이하, 바람직하게는 3 at.% 이상 10 at.% 이하의 농도로 산소를 함유할 수 있다.
- [0026] 또한, 스페이서로 기능하는 절연층이 상기 음극의 그래핀 위에 제공될 수 있다.
- [0027] 상기 음극의 그래핀 위에 제공된 절연층은 도트형, 직사각형, 격자형 등을 갖는 상단 부분면을 갖고, 적어도 하나의 돌기의 상단 부분 위에 제공된다. 상기 음극의 그래핀 위에 제공된 절연층은 아크릴 수지, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 폴리이미드 또는 폴리아미드와 같은 유기 재료, 또는 글라스 페이스트, 글라스 프리트 또는 글라스 리본과 같은 저융점 글라스를 사용하여 형성되는 것이 바람직하다. 상기 음극의 그래핀 위에 제공된 절연층은 전해질의 용질을 포함할 수 있다. 상기 음극의 그래핀 위에 제공된 절연층의 두께는 1 μm 이상 10 μm 이하가 바람직하고, 2 μm 이상 7 μm 이하가 더 바람직하다.
- [0028] 본 발명의 하나의 실시예는 전극을 제작하는 방법이며, 상기 방법은 실리콘 기판 위에 마스크를 형성하는 단계, 공통부와 상기 공통부로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 형성하도록 상기 실리콘 기판의 일부를 에칭하는 단계, 및 상기 공통부와 상기 복수의 돌기들 위에 그래핀을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0029] 본 발명의 하나의 실시예는 전극을 제작하는 방법이며, 상기 방법은 집전체 위에 실리콘층을 형성하는 단계, 상기 실리콘층 위에 마스크를 형성하는 단계, 상기 집전체로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 형성하도록 상기 실리콘층의 일부를 에칭하는 단계, 및 적어도 상기 복수의 돌기들 위에 그래핀을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0030] 본 발명의 실시예는 음극을 제작하는 방법이며, 상기 방법은 실리콘 기판 위에 마스크를 형성하는 단계, 공통부

와 상기 공통부로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 형성하도록 상기 실리콘 기판의 일부를 에칭하는 단계, 산소 플라즈마 처리 등에 의해 상기 마스크의 사이즈를 감소시킴으로써 다른 마스크를 형성하는 단계, 횡단면 형상에 서, 상기 공통부와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적이 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 크게 되도록 상기 공통부와 상기 복수의 돌기들을 형성하기 위해 상기 공통부로부터 돌출하는 복수의 돌기들의 적어도 일부를 에칭하는 단계, 및 상기 공통부와 상기 복수의 돌기들 위에 그래핀을 형성하는 단계를 포함한다.

[0031] 본 발명의 실시예는 음극을 제작하는 방법이며, 상기 방법은 집전체 위에 실리콘층을 형성하는 단계, 상기 실리콘층 위에 마스크를 형성하는 단계, 상기 집전체로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 형성하도록 상기 실리콘층의 일부를 에칭하는 단계, 레지스트 슬리밍(resist slimming) 등에 의해 상기 마스크의 사이즈를 감소시킴으로써 다른 마스크를 형성하는 단계, 횡단면 형상에서, 상기 집전체와 접하는 상기 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적이 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 크게 되도록 상기 복수의 돌기들을 형성하기 위해 상기 집전체로부터 돌출하는 복수의 돌기들의 적어도 일부를 에칭하는 단계, 및 상기 집전체와 상기 복수의 돌기들 위에 그래핀을 형성하는 단계를 포함한다.

[0032] 본 발명의 실시예는 음극을 제작하는 방법이며, 상기 방법은 실리콘 기판 위에 마스크를 형성하는 단계, 공통부와 상기 공통부로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 형성하도록 상기 실리콘 기판의 일부를 에칭하는 단계, 상기 공통부와 상기 복수의 돌기들 위에 그래핀을 형성하는 단계, 및 상기 그래핀 위에 스페이서로 기능하는 절연층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0033] 본 발명의 실시예는 음극을 제작하는 방법이며, 상기 방법은 집전체 위에 실리콘층을 형성하는 단계, 상기 실리콘층 위에 마스크를 형성하는 단계, 상기 집전체로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 형성하도록 상기 실리콘층의 일부를 에칭하는 단계, 적어도 상기 복수의 돌기들 위에 그래핀을 형성하는 단계, 및 상기 그래핀 위에 스페이서로 기능하는 절연층을 형성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0034] 전극의 활물질은 공통부와 상기 공통부로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 포함한다. 상기 복수의 돌기들의 축들은 동일한 방향으로 지향되고, 상기 돌기들은 상기 공통부와 수직인 방향으로 돌출하므로, 전극에 있어서 상기 돌기들의 밀도가 증가될 수 있고, 상기 활물질의 표면적이 증가될 수 있다. 상기 복수의 돌기들 사이에 공간이 제공된다. 또한, 상기 활물질 위에는 그래핀이 제공된다. 따라서, 충전 시 상기 활물질이 팽창될 때라도 상기 돌기들 사이의 접촉이 감소될 수 있다. 상기 활물질이 박리될 때에도 활물질이 붕락(broken)되는 것이 방지될 수 있다. 상기 복수의 돌기들이 병진 대칭성을 갖고 음극에서 균일성이 높게 형성되므로, 양극과 음극 각각에서 국소적인 반응이 감소되고, 양극과 음극 사이에서 캐리어 이온들과 활물질이 서로 균일하게 반응한다. 결과적으로, 상기 음극이 충전 장치에 사용되는 경우에, 고속의 충방전이 가능하게 되고, 충방전에 의한 활물질의 붕락과 박리가 억제될 수 있다. 즉, 개선된 충방전 사이클 특성을 갖는 충전 장치가 제작될 수 있다.

[0035] 본 발명의 실시예에 따라, 횡단면 형상에서, 집전체 또는 공통부와 접하는 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적이 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 크다. 즉, 복수의 돌기들 각각은 하단 부분이 상단 부분보다 넓은 형상을 갖는다. 따라서, 기계적 강도가 개선되고, 충방전 반응에 의해 야기된 활물질의 팽창과 수축에 기인한 분쇄 또는 박리와 같은 열화가 억제될 수 있다. 또한, 하단 부분이 상단 부분보다 넓은 형상을 각각 갖는 복수의 돌기들을 음극에 사용하여 전지의 어셈블리가 이루어지고, 이러한 경우, 상기 복수의 돌기들의 상단 부분들이 세퍼레이터 등과 접촉함으로써 깨지게 되더라도, 상기 복수의 돌기들의 하단 부분들은 높은 강도를 가진 채로 남아있게 된다. 따라서, 상기 전지를 제작하는 데 있어 어셈블리의 수율이 개선될 수 있다.

[0036] 상기 충전 장치에서 상기 활물질의 표면이 전해질과 접촉할 때, 전해질과 활물질은 서로 반응하여, 상기 활물질의 표면 위에 막이 형성된다. 상기 막은 고체 전해질 인터페이스(SEI)라고 칭하고, 활물질과 전해질 사이의 반응을 완화하고 안정화를 위해 필요한 것으로 고려되고 있다. 하지만, 상기 막의 두께가 증가될 때, 캐리어 이온들이 활물질에 의해 흡장될 가능성이 낮게 되어, 활물질과 전해질 사이의 캐리어 이온들의 전도성 저하와 같은 문제가 야기된다. 활물질을 피복하는 그래핀이 상기 막의 두께 증가를 억제함으로써, 캐리어 이온들의 전도성 감소가 억제될 수 있다.

[0037] 실리콘은 탄소보다 낮은 전기 전도성을 갖고, 실리콘이 충방전에 의해 비정질화될 때, 전기 전도성은 더욱 저하된다. 따라서, 실리콘이 활물질로서 사용된 음극은 높은 저항률을 갖는다. 하지만, 그래핀은 높은 전도성을 가지므로, 실리콘을 그래핀으로 피복함으로써, 캐리어 이온들이 통과하는 그래핀에서 전자들은 충분히 높은 속도

로 이동할 수 있다. 또한, 그래핀은 얇은 시트 형상을 갖고 있어, 복수의 돌기들 위에 그래핀을 제공함으로써, 활물질층에서 실리콘양은 증가될 수 있고, 캐리어 이온들은 그래파이트에서보다 더 쉽게 이동할 수 있다. 결과적으로, 캐리어 이온들의 전도성이 증가될 수 있고, 활물질인 실리콘과 캐리어 이온들 사이의 반응이 증가될 수 있고, 캐리어 이온들이 활물질에 의해 용이하게 흡장될 수 있다. 따라서, 상기 음극을 포함하는 축전 장치는 충방전을 고속으로 실행할 수 있다.

[0038] 스페이서로 기능하는 절연층이 음극의 그래핀 위에 제공될 때, 상기 음극과 양극 사이에 세퍼레이터가 제공될 필요가 없으므로, 상기 음극과 상기 양극 사이의 거리가 짧아질 수 있다. 결과적으로, 상기 음극과 상기 양극 사이에 이동하는 캐리어 이온들의 양이 증가될 수 있다.

[0039] 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 복수의 돌기들을 포함하는 활물질과 상기 활물질 위에 제공되는 그래핀이 적어도 제공되며, 그에 따라 충방전 용량이 높고 충방전에 의한 열화가 적으며 충방전을 고속으로 실행할 수 있는 축전 장치가 제공될 수 있다.

[0040] 본 발명의 하나의 실시예에 따라, 복수의 돌기들을 포함하는 활물질과 상기 활물질 위에 제공되는 그래핀이 제공되고, 횡단면 형상에서, 집전체 또는 공통부와 접하는 복수의 돌기들 각각의 하단 부분의 면적이 상기 복수의 돌기들 각각의 상단 부분의 면적보다 크게 되어, 그에 따라 충방전 용량이 높고 충방전에 의한 열화가 적으며 충방전을 고속으로 실행할 수 있는 축전 장치가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0041] 도 1은 음극을 도시하는 도면.
 도 2는 음극에 포함된 돌기의 형상을 도시하는 도면.
 도 3은 음극을 도시하는 도면.
 도 4는 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 5는 음극을 도시하는 도면.
 도 6은 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 7은 음극을 도시하는 도면.
 도 8은 음극에 포함된 돌기의 형상을 도시하는 도면.
 도 9는 음극을 도시하는 도면.
 도 10은 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 11은 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 12는 음극을 도시하는 도면.
 도 13은 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 14는 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 15는 음극을 도시하는 도면.
 도 16은 스페이서의 형상을 도시하는 도면.
 도 17은 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 18은 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 19는 음극을 제작하는 방법을 도시하는 도면.
 도 20은 양극을 도시하는 도면.
 도 21은 양극을 도시하는 도면.
 도 22는 축전 장치를 도시하는 도면.
 도 23은 전자 장치를 도시하는 도면.

도 24는 전자 장치를 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0042] 이후, 도면들을 참조하여 실시예들이 설명된다. 하지만, 실시예들은 다양한 다른 방식으로 실행될 수 있으며, 당업자들은 본 발명의 취지와 범위를 벗어나지 않고서 그러한 방식과 그 상세가 다양하게 변경될 수 있다는 것을 용이하게 이해할 것이다. 따라서, 본 발명은 본 실시예들의 하기 설명에 제한되는 것으로 이해되어서는 안 된다.
- [0043] (실시예 1)
- [0044] 본 실시예에서, 충방전을 통한 열화가 적고 우수한 충방전 사이클 특성을 갖는 축전 장치의 음극의 구조 및 그 제작 방법이 도 1a 내지 도 1c, 도 2a 내지 도 2d, 도 3a 내지 도 3d, 도 4a 내지 도 4c, 도 5a 내지 도 5d, 및 도 6a 내지 도 6c를 참조하여 설명된다.
- [0045] 도 1a는 음극(206)의 단면도이다. 음극(206)은 활물질로서 기능한다.
- [0046] 활물질은 캐리어 이온들의 흡장 및 방출에 관한 물질을 지칭한다는 것을 주의해야 한다. 활물질층은 활물질 외에도 도전 첨가제, 바인더, 그래핀 등의 하나 이상을 포함한다. 따라서, 활물질과 활물질층은 서로 구별된다.
- [0047] 리튬 이온이 캐리어 이온으로 사용되는 2차 전지를 리튬 이온 2차 전지라고 한다. 리튬 이온 대신에 사용될 수 있는 캐리어 이온의 예로서, 나트륨 이온, 칼륨 이온과 같은 알칼리 금속 이온; 칼슘 이온, 스트론튬 이온, 바륨 이온과 같은 알칼리 토금속 이온; 베릴륨 이온; 마그네슘 이온 등이 있다.
- [0048] 음극(206)의 상세한 구조가 도 1b 및 도 1c를 참조하여 설명된다. 음극(206)의 상세한 예들은 도 1b 및 도 1c에서 음극(206a) 및 음극(206b)이다.
- [0049] 도 1b는 음극(206a)의 확대 단면도이다. 음극(206a)은 활물질(202)과 상기 활물질(202) 위에 제공된 그래핀(204)을 포함한다. 활물질(202)은 공통부(202a)와 상기 공통부(202a)로부터 돌출한 복수의 돌기들(202b)을 포함한다. 그래핀(204)은 활물질(202)의 적어도 일부를 피복한다. 대안적으로, 그래핀(204)은 활물질(202)의 공통부(202a) 및 복수의 돌기들(202b)의 표면들을 피복할 수 있다.
- [0050] 활물질(202)로서는, 캐리어로서 작용하는 이온을 흡장 및 방출할 수 있는, 실리콘, 게르마늄, 주석, 알루미늄 등 어떠한 것도 사용된다. 높은 이론 충방전 용량을 갖는 실리콘이 활물질(202)로서 사용되는 것이 바람직하다. 대안적으로, 인 또는 붕소와 같은 하나의 도전형을 부여하는 불순물 원소가 첨가된 실리콘이 사용될 수 있다. 인 또는 붕소와 같은 하나의 도전형을 부여하는 불순물 원소가 첨가된 실리콘은 보다 높은 도전성을 가지므로, 음극의 도전성이 증가될 수 있다. 따라서, 활물질(202)로서 실리콘이 사용되는 음극을 포함하는 축전 장치에 비교하여, 방전 용량이 더욱 개선될 수 있다.
- [0051] 공통부(202a)는 복수의 돌기들(202b)의 기저층으로서 기능한다. 공통부(202a)는 연속하는 층이며, 복수의 돌기들(202b)과 접한다.
- [0052] 돌기들(202b) 각각은: 원주형(221)(도 2a 참조) 또는 각주형과 같은 기둥형, 원추형(222)(도 2b 참조) 또는 피라미드형, 판형(223)(도 2c 참조), 파이프형(224)(도 2d 참조) 등의 형상을 적절히 가질 수 있다. 돌기(202b)의 꼭대기 또는 모서리는 곡선이 될 수 있음을 주의해야 한다. 도 1b에서는 원주형 돌기가 돌기(202b)로서 사용된다.
- [0053] 본 실시예에서 전극의 상단면이 도 3a 내지 도 3d를 참조하며 설명된다.
- [0054] 도 3a는 공통부(202a)와 상기 공통부(202a)로부터 돌출하는 복수의 돌기들(202b)을 도시하는 상면도이다. 상단 형상이 원형인 복수의 돌기들(202b)이 배열된다. 도 3b는 도 3a의 복수의 돌기들(202b)이 방향 a로 이동한 후의 상면도이다. 도 3a 및 도 3b에서, 복수의 돌기들(202b)은 동일한 위치들에 제공된다. 즉, 도 3a에 도시된 복수의 돌기들(202b)은 병진 대칭성을 갖는다. 여기서, 도 3a에서 복수의 돌기들(202b)은 방향 a로 이동하지만, 방향 b 또는 c로 이동한 후 도 3b와 같은 결과가 얻어질 수 있다.
- [0055] 파선(205)으로 표시된 대칭성의 단위에서 돌기(202b)의 비율은 25% 이상 60% 이하가 바람직하다. 즉, 대칭성의 단위에서 공간의 비율(돌기가 없는 영역)은 40% 이상 75% 이하가 바람직하다. 대칭성의 단위에서 돌기(202b)의 비율이 25% 이상일 때, 음극의 이론 충방전 용량은 약 1000 mAh/g 이상이다. 또한, 대칭성의 단위에서 돌기(202b)의 비율을 60% 이하로 설정함으로써, 충방전 용량이 최대(즉, 이론 용량)가 되고 돌기들이 팽창할 때에도

인접하는 돌기들이 서로 접하지 않게 되어, 돌기들의 봉락이 방지된다. 결과적으로, 높은 충방전 용량이 달성될 수 있고, 충방전에 의한 음극의 열화가 감소될 수 있다.

- [0056] 도 3c는 공통부(202a)와 상기 공통부(202a)로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 도시하는 상면도이다. 상단 형상이 원형인 돌기(202b)와 상단 형상이 정방형인 돌기(202c)가 교호하여 배열된다. 도 3d는 복수의 돌기들(202b 및 202c)이 방향 b로 이동한 후의 상면도이다. 도 3c 및 도 3d의 상면도에서, 복수의 돌기들(202b 및 202c)은 동일한 위치들에 제공된다. 즉, 도 3c에 도시된 복수의 돌기들(202b 및 202c)은 병진 대칭성을 갖는다.
- [0057] 복수의 돌기들이 병진 대칭성을 갖도록 제공함으로써, 복수의 돌기들 사이에 전자 전도성의 변화가 감소될 수 있다. 따라서, 양극과 음극에서의 국소적 반응이 감소될 수 있고, 캐리어 이온들과 활물질 사이의 반응이 균일하게 발생할 수 있으며, 확산 과전압(농도 과전압)이 방지될 수 있어, 전지 특성의 신뢰성이 증가될 수 있다.
- [0058] 공통부(202a) 및 복수의 돌기들(202b)은 적절히 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖는다. 대안적으로, 공통부(202a)는 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖고, 복수의 돌기들(202b)은 비정질 구조를 가질 수 있다. 또한, 공통부(202a)와, 복수의 돌기들(202b)의 일부가 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖고, 복수의 돌기들(202b)의 나머지 다른 부분이 비정질 구조를 가질 수 있다. 상기 복수의 돌기들(202b)의 일부는 적어도 상기 공통부(202a)와 접하는 영역을 포함한다는 것을 주의해야 한다.
- [0059] 공통부(202a)와 복수의 돌기들(202b) 사이의 인터페이스는 명확하지 않다. 따라서, 활물질(202)에 있어서, 복수의 돌기들(202b) 사이의 골들(depressions) 중에서 가장 깊은 골을 포함하고, 돌기들(202b)이 형성되는 면과 평행한 면이 공통부(202a)와 복수의 돌기들(202b) 사이의 인터페이스(233)로서 규정된다.
- [0060] 또한, 복수의 돌기들(202b)의 길이 방향들은 동일한 방향으로 지향된다. 즉, 복수의 돌기들(202b)의 축들(231)은 서로 평행하다. 더욱이, 복수의 돌기들(202b)은 바람직하게 실질적으로 동일한 형상을 갖는다. 그러한 구조로, 활물질의 체적이 제어될 수 있다. 또한, 돌기의 축(231)은 돌기의 상단(또는, 돌기의 상단면의 중심)과 공통부와 접하는 돌기의 하단면의 중심을 통과하는 직선이다. 즉, 축은 돌기의 길이 방향의 중심을 통과하는 직선이다. 복수의 돌기들의 축들이 동일한 방향으로 지향될 때, 복수의 돌기들의 축들은 서로 실질적으로 평행하다. 특히, 복수의 돌기들의 축들 사이의 각은 10도 이하이고, 바람직하게는 5도 이하이다.
- [0061] 복수의 돌기들(202b)이 공통부(202a)로부터 연장하는 방향을 길이 방향이라 칭하고, 길이 방향과 평행하는 단면 형상을 종단면 형상이라 칭한다. 또한, 복수의 돌기들(202b)의 길이 방향에 실질적으로 수직인 면의 단면 형상을 횡단면 형상이라 칭한다.
- [0062] 횡단면 형상에서, 돌기(202b)의 폭은 0.1 μm 이상 1 μm 이하이고, 바람직하게는 0.2 μm 이상 0.5 μm 이하이다. 돌기(202b)의 높이는 돌기(202b) 폭의 5배 이상 100배 이하이고, 바람직하게는 10배 이상 50배 이하이며, 대표적으로는 0.5 μm 이상 100 μm 이하이고, 바람직하게는 1 μm 이상 50 μm 이하이다.
- [0063] 횡단면 형상에서, 돌기(202b)의 폭이 0.1 μm 이상이 됨에 따라, 충방전 용량이 증가될 수 있다. 횡단면 형상에서, 돌기(202b)의 폭이 1 μm 이하가 됨에 따라, 충방전 시 복수의 돌기들이 팽창하거나 접하는 경우에도 돌기들의 봉락이 방지될 수 있다. 또한, 돌기(202b)의 높이가 0.5 μm 이상이 됨에 따라 충방전 용량이 증가될 수 있다. 돌기(202b)의 높이가 100 μm 이하가 됨에 따라, 충방전 시 복수의 돌기들이 팽창하거나 접하는 경우에도 돌기들의 봉락이 방지될 수 있다.
- [0064] 종단면 형상에서, 돌기(202b)의 높이는 상단을 통과하는 축과 평행한 방향으로 공통부(202a)와 돌기(202b)의 상단(또는, 상단면의 중심) 사이의 거리이다.
- [0065] 복수의 돌기들(202b)은 미리 결정된 간격을 두고 공통부(202a) 위에 제공된다. 복수의 돌기들(202b) 사이의 간격은 바람직하게는 돌기(202b) 폭의 1.29배 내지 2배이다. 결과적으로, 음극을 포함하는 충전 장치의 충전에 의해 돌기(202b)의 체적이 증가하는 경우라도, 돌기들(202b)은 서로 접하지 않고, 봉락이 방지될 수 있으며, 게다가 충전 장치의 충방전 용량의 감소가 방지될 수 있다.
- [0066] 그래핀(204)은 도전 첨가제로서 기능한다. 또한, 그래핀(204)은 활물질로서 기능하는 경우도 있다.
- [0067] 그래핀(204)은 그 범주에 있어서 단층 그래핀 및 다층 그래핀을 포함한다. 그래핀(204)은 수 μm 의 시트 형상을 갖는다.
- [0068] 단층 그래핀은 sp^2 결합을 갖는 1원자층 두께의 탄소 분자 시트를 말하며, 극히 얇다. 또한, 탄소 원자들로 각각 구성된 육원환들이 평면 방향으로 연결되고, 칠원환, 팔원환, 구원환, 십원환과 같이, 육원환의 일부에서 탄소-

탄소 결합이 절단될 때 각각 형성되는 다원환들(poly-membered rings)이 부분적으로 형성된다.

- [0069] 일부 경우에 다원환은 탄소 원자 및 산소 원자로 구성된다. 또한, 일부 경우 탄소 원자들로 구성된 다원환에서 산소 원자는 탄소 원자들 중 하나와 결합된다. 상기한 다원환은 육원환의 일부에서 탄소-탄소 결합이 절단되고 결합이 절단된 탄소 원자에 산소 원자가 결합 될 때 형성된다. 따라서, 이온들이 이동할 수 있는 경로로 기능하는 간극이 탄소 원자와 산소 원자 사이의 결합에 포함된다. 즉, 그래핀에 포함되는 산소 원자들의 비율이 높아짐에 따라, 이온들이 이동할 수 있는 경로로서 각각 기능하는 간극들의 비율이 증가된다.
- [0070] 그래핀(204)이 산소를 함유할 때, 그래핀의 구성 원자에서 산소의 비율은 2 at.% 이상 11 at.% 이하, 바람직하게는 3 at.% 이상 10 at.% 이하이다. 산소의 비율이 낮아짐에 따라, 그래핀의 도전성은 증가된다. 산소의 비율이 높아짐에 따라, 그래핀에서 이온들의 경로들로 작용하는 간극들이 많이 형성될 수 있다.
- [0071] 그래핀(204)이 다층 그래핀일 때, 그래핀(204)은 복수의 단층 그래핀들을 포함하고, 대표적으로는, 2층 내지 100층의 단층 그래핀들을 포함하므로, 매우 얇다. 단층 그래핀은 산소를 포함하므로, 그래핀들 사이의 층간 거리는 0.34 nm 보다 크고 0.5 nm 이하이며, 바람직하게는 0.38 nm 이상 0.42 nm 이하, 보다 바람직하게는 0.39 nm 이상 0.41 nm 이하이다. 통상의 그래파이트에서, 단층 그래핀들 사이의 층간 거리는 0.34 nm 이다. 그래핀(204)에서의 층간 거리가 통상의 그래파이트에서보다 길기 때문에, 단층 그래핀의 표면과 평행한 방향으로 이온들이 용이하게 이동될 수 있다. 또한, 그래핀(204)은 산소를 함유하고, 다원환이 형성된 단층 그래핀 또는 다층 그래핀을 포함하여, 곳곳에 간극들을 포함한다. 따라서, 그래핀(204)이 다층 그래핀인 경우에, 이온들은 단층 그래핀들 사이의 겹을 통하여 단층 그래핀의 표면과 평행하는 방향으로, 그리고 단층 그래핀들 각각에 형성된 간극을 통하여 그래핀의 표면에 수직인 방향으로 이동할 수 있다.
- [0072] 음극의 활물질로서 실리콘을 사용함으로써, 그래파이트가 활물질로서 사용되는 경우에서보다 이론 용량이 크며, 따라서 실리콘은 충전 장치를 소형화하는 데 있어 유리하다.
- [0073] 또한, 복수의 돌기들(202b)이 음극(206)의 활물질(202)에서 공통부(202a)로부터 돌출하므로, 활물질(202)은 판형 활물질보다 큰 표면적을 갖는다. 복수의 돌기들의 축들은 동일한 방향으로 지향되고, 돌기들은 공통부와 수직인 방향으로 돌출하므로, 음극에서 돌기들의 밀도가 증가될 수 있고, 활물질의 표면적이 또한 증가될 수 있다. 복수의 돌기들 사이에 공간이 제공된다. 또한, 그래핀은 활물질 위에 제공된다. 그에 따라, 활물질이 충전으로 팽창되더라도, 돌기들 사이의 접촉이 감소된다. 또한, 활물질이 박리되더라도 그래핀은 활물질이 붕락되는 것을 방지할 수 있다. 복수의 돌기들은 병진 대칭성을 갖고 음극에서 균일성이 높게 형성되므로, 양극과 음극 각각에서 국소적 반응이 감소될 수 있고, 캐리어 이온들과 활물질이 양극과 음극에서 서로 균일하게 반응할 수 있다. 결과적으로, 음극(206)이 충전 장치에 사용되는 경우에, 고속의 충방전이 가능하게 되고, 충방전에 의한 활물질의 붕락과 박리가 억제될 수 있으며, 그에 의해 개선된 사이클 특성을 갖는 충전 장치가 제작될 수 있다. 더욱이, 돌기들의 형상이 실질적으로 동일할 때, 국소적 충방전이 감소될 수 있고, 활물질의 중량이 제어될 수 있다. 또한, 돌기들의 높이가 실질적으로 동일하게 될 때, 전지의 제작 공정에서 하중이 국소적으로 적용되는 것이 방지될 수 있어, 수율을 증가시킬 수 있다. 따라서, 전지의 사양이 양호하게 제어될 수 있다.
- [0074] 충전 장치에서 활물질(202)의 표면이 전해질과 접하게 될 때 전해질과 활물질은 서로 반응하여, 활물질의 표면에 막이 형성된다. 이러한 막은 활물질과 전해질 사이의 반응을 완화하고 안정화시키기 위해 필요한 것으로 고려된 고체 전해질 인터페이스(SEI)라 칭해진다. 하지만, 그러한 막이 두껍게 되면, 캐리어 이온들이 활물질에 의해 어렵게 흡장되고, 활물질과 전해질 사이의 캐리어 이온들의 전도성을 감소할 수 있다.
- [0075] 활물질(202)을 피복하는 그래핀(204)은 막의 두께 증가를 억제할 수 있으므로, 캐리어 이온들의 전도성의 저하가 억제될 수 있다.
- [0076] 그래핀은 높은 도전성을 가지므로, 실리콘을 그래핀으로 피복함으로써, 전자들이 그래핀에서 고속으로 이동할 수 있다. 또한, 그래핀은 얇은 시트 형상을 가지므로, 복수의 돌기들 위에 그래핀을 제공함으로써, 활물질층에서 활물질의 양이 증가될 수 있으며, 캐리어 이온들은 그래파이트에서보다 더 쉽게 이동할 수 있다. 결과적으로, 캐리어 이온들의 전도성이 증가될 수 있으므로, 활물질인 실리콘과 캐리어 이온들 사이의 반응이 증가될 수 있고, 캐리어 이온들이 활물질에 의해 용이하게 흡장될 수 있다. 따라서, 상기한 음극을 포함하는 충전 장치는 고속으로 충방전을 실행할 수 있다.
- [0077] 활물질(202)과 그래핀(204) 사이에는 산화 실리콘층이 제공될 수 있음을 주의해야 한다. 활물질(202) 위에 산화 실리콘층을 제공함으로써, 캐리어들인 이온들이 충전 장치의 충전 시에 산화 실리콘으로 삽입된다. 결과적으로, Li_4SiO_4 , Na_4SiO_4 , 또는 K_4SiO_4 와 같은 알칼리 금속 실리케이트, Ca_2SiO_4 , Sr_2SiO_4 , 또는 Ba_2SiO_4 와 같은 알칼리

도금속 실리케이트, Be_2SiO_4 , Mg_2SiO_4 등의 실리케이트 화합물이 형성된다. 그러한 실리케이트 화합물은 캐리어 이온들이 이동하는 경로로서 기능한다. 산화 실리콘층을 제공함으로써, 활물질(202)의 팽창이 억제될 수 있다. 따라서, 충방전 용량이 유지되면서 활물질(202)의 붕괴가 억제될 수 있다. 충전 후 방전에 있어서, 캐리어 이온들로 기능하는 모든 금속 이온들이 산화 실리콘층에 형성되는 실리케이트 화합물로부터 방출되는 것은 아니며, 금속 이온들 중 일부가 남아, 산화 실리콘층은 산화 실리콘과 실리케이트 화합물의 혼합층이 된다.

- [0078] 또한, 산화 실리콘층의 두께는 2 nm 이상 10 nm 이하가 바람직하다. 산화 실리콘층의 두께가 2 nm 이상이 되면, 충방전에 의한 활물질(202)의 팽창이 완화될 수 있다. 또한, 산화 실리콘층의 두께가 10 nm 이하가 되면, 캐리어 이온들은 용이하게 이동될 수 있고, 충전 용량의 감소를 방지할 수 있다. 활물질(202) 위에 산화 실리콘층을 제공함으로써, 충방전 시 활물질(202)의 팽창 및 수축이 완화될 수 있어, 활물질(202)의 붕괴가 방지될 수 있다.
- [0079] 도 1c에 도시된 음극(206b)과 같이, 활물질(202)에서 돌기(202b)의 상단과 그래핀(204) 사이에 보호층(207)이 제공될 수 있다. 이 경우에, 돌기(202b)의 측면이 그래핀(204)과 접한다.
- [0080] 도전층, 반도체층, 또는 절연층이 보호층(207)으로서 적절히 사용될 수 있다. 보호층(207)의 두께는 100 nm 이상 10 μm 이하가 바람직하다. 활물질(202)에 대한 재료보다 에칭 속도가 느린 재료를 사용하여 보호층(207)이 형성될 경우, 복수의 돌기들이 에칭에 의해 형성될 때 보호층(207)이 하드 마스크로서 기능하여, 복수의 돌기들 사이의 높이 변화가 감소될 수 있다.
- [0081] 다음에, 음극(206)을 제작하는 방법이 도 4a 내지 도 4c를 참조하여 설명된다. 여기서, 음극(206)의 한 형태로서, 도 1b에 도시된 음극(206a)이 설명된다.
- [0082] 도 4a에 도시된 바와 같이, 실리콘 기판(200) 위에 마스크들(208a 내지 208e)이 형성된다.
- [0083] 실리콘 기판(200)으로서, 단결정 실리콘 기판 또는 다결정 실리콘 기판이 사용된다. 실리콘 기판으로서, 인이 도핑된 n형 실리콘 기판 또는 붕소가 도핑된 p형 실리콘 기판을 사용함으로써, 활물질은 집전체를 설치하지 않고서 음극으로서 사용될 수 있다.
- [0084] 마스크들(208a 내지 208e)은 포토리소그래피 공정에 의해 형성될 수 있다. 대안적으로, 마스크들(208a 내지 208e)은 잉크젯법, 프린팅법 등에 의해 형성될 수 있다.
- [0085] 실리콘 기판(200)은 마스크들(208a 내지 208e)을 사용하여 선택적으로 에칭될 수 있어, 활물질(202)이 도 4b에 도시된 바와 같이 형성된다. 실리콘 기판을 에칭하는 방법으로서, 드라이 에칭법 또는 웨트 에칭법이 적절히 사용될 수 있다. 디프 에칭법인 보쉬 공정(Bosch process)이 사용될 때 높은 돌기가 형성될 수 있음을 주의해야 한다.
- [0086] 예컨대, n형 실리콘 기판은 염소, 브롬화수소, 및 산소를 에칭 가스로서 사용하여 유도 결합형 플라즈마 장치(ICP apparatus)로 에칭됨으로써, 활물질(202)이 형성된다. 에칭 시간은 공통부(202a)가 남아있도록 조정된다. 에칭 가스의 유량비는 적절하게 조정될 수 있다. 예컨대, 염소, 브롬화수소, 및 산소의 유량비는 10:15:3으로 될 수 있다.
- [0087] 본 실시예에서 설명된 바와 같이, 실리콘 기판은 마스크들을 사용하여 에칭되며, 그에 따라 동일한 방향으로 축들이 지향되는 복수의 돌기들이 형성될 수 있다. 또한, 실질적으로 동일한 형상들을 갖는 복수의 돌기들이 형성될 수 있다.
- [0088] 다음에, 활물질(202) 위에 그래핀(204)이 형성되어, 음극(206a)이 도 4c에 도시된 바와 같이 형성될 수 있다.
- [0089] 그래핀(204)을 형성하는 방법으로서, 기상법(gas phase method) 및 액상법(liquid phase method)이 있다. 기상법에 있어서, 활물질(202) 위에 니켈, 철, 금, 구리, 또는 그러한 금속을 포함하는 합금을 핵으로서 형성한 후, 메탄 또는 아세틸렌과 같은 탄화 수소를 함유하는 분위기에서 상기 핵으로부터 그래핀이 성장된다. 액상법에 있어서, 산화 그래핀을 함유하는 분산액(dispersion liquid)을 사용하여 활물질(202)의 표면 위에 산화 그래핀이 제공되고, 그래핀을 형성하도록 산화 그래핀이 감소된다.
- [0090] 산화 그래핀을 함유하는 분산액은 산화 그래핀이 용매에서 분산되는 방법, 그래파이트가 용매에서 산화된 후 산화 그래파이트가 산화 그래핀으로 분리되어 산화 그래핀을 함유하는 분산액을 형성하도록 하는 방법 등에 의해 얻어진다. 이러한 실시예에서, 그래파이트를 산화한 후 산화 그래파이트를 산화 그래핀으로 분리함으로써 형성된 산화 그래핀을 함유하는 분산액을 사용하여 활물질(202) 위에 그래핀(204)이 형성된다.

- [0091] 이러한 실시예에서, 산화 그래핀은 Hummers법이라 칭하는 산화법에 의해 형성된다. Hummers법은 다음과 같다: 과망간산칼륨의 황산 용액 등이 그래파이트 분말에 혼합되어 산화 반응시키고; 산화 그래파이트를 함유하는 혼합된 용액이 형성된다. 산화 그래파이트는 그래파이트에서 탄소의 산화에 의해 에폭시기, 카르복실기를 포함하는 카르보닐기, 또는 히드록실기와 같은 관능기를 함유한다. 따라서, 산화 그래파이트에서 복수의 그래핀들의 인접하는 그래핀들 사이의 층간 거리는 그래파이트의 층간 거리보다 길다. 다음에, 산화 그래파이트를 함유하는 혼합 용액에 초음파 진동이 전달되어, 층간 거리가 긴 산화 그래파이트가 벽개(cleave)될 수 있어 산화 그래핀을 분리하고 산화 그래핀을 함유하는 분산액을 형성한다. Hummers식과는 다른 산화 그래핀 형성 방법이 적절히 사용될 수 있음을 주의해야 한다.
- [0092] 산화 그래핀은 에폭시기, 카르복실기를 포함하는 카르보닐기, 히드록실기 등을 포함한다. 그러한 치환기는 높은 극성을 가지므로, 산화 그래핀들은 극성을 갖는 액체로 분산하기 쉽다. 특히, 수소는 극성을 갖는 액체로 이온화되므로, 카르보닐기를 포함하는 산화 그래핀은 이온화되고, 상이한 산화 그래핀들은 더욱 분산하기 쉽다. 따라서, 극성을 갖는 액체에서, 산화 그래핀들을 균일하게 분산하고, 이후 단계에서, 산화 그래핀들은 활물질(202)의 표면 위에 균일하게 제공될 수 있다.
- [0093] 활물질(202) 위에 산화 그래핀을 제공하기 위해 산화 그래핀을 함유하는 분산액에 활물질(202)을 담그는 방법으로서, 코팅법, 스핀 코팅법, 디핑법(dipping method), 스프레이법, 전기영동법 등이 활용될 수 있다. 대안적으로, 이들 방법들이 적절히 조합될 수 있다. 전기영동법을 사용하면, 이온화된 산화 그래핀이 활물질로 전기적으로 이동될 수 있으며, 그에 의해 복수의 돌기들과 접하지 않는 공통부의 표면상에도 산화 그래핀이 제공될 수 있다. 따라서, 복수의 돌기들의 높이가 높더라도, 공통부 및 복수의 돌기들의 표면 위에 산화 그래핀이 균일하게 제공될 수 있다.
- [0094] 활물질(202) 위에 제공된 산화 그래핀을 환원하는 방법으로, 가열처리가 150 ° C 이상, 바람직하게는 200 ° C 이상 및 진공, 공기, 불활성 가스(질소, 희가스 등)의 분위기 등에서 활물질(202)이 견딜 수 있는 온도 이하에서 실행될 수 있다. 보다 높은 온도에서 그리고 보다 긴 시간 동안 가열되면, 산화 그래핀은 보다 높은 범위로 환원되어, 높은 순도(즉, 탄소와는 다른 원소들의 낮은 농도)를 갖는 그래핀이 얻어질 수 있다. 또한, 산화 그래핀을 환원하도록 환원 용액에 담그는 방법이 있다.
- [0095] 그래파이트는 Hummers법에 따라 황산으로 처리되므로, 숯πον기 등이 산화 그래핀에 결합되고, 그 분해(탈리)가 200 ° C 이상 300 ° C 이하, 바람직하게는 200 ° C 이상 250 ° C 이하에서 행해진다. 따라서, 가열에 의해 산화 그래핀을 환원하는 방법에 있어서, 산화 그래핀은 200 ° C 이상에서 환원되는 게 바람직하다.
- [0096] 환원 처리를 통하여, 인접하는 그래핀들이 서로 결합되어, 거대한 망형(net-like shape) 또는 시트형을 형성한다. 또한, 환원 처리를 통하여, 산소의 탈리로 인해 그래핀들에 간극들이 형성된다. 또한, 그래핀들은 기관의 표면과 평행하게 서로 중첩된다. 결과적으로, 이온들이 층들 사이와 간극들에서 이동할 수 있는 그래핀들이 형성된다.
- [0097] 이러한 실시예에 따라, 도 1b에 도시된 음극(206a)이 형성된다.
- [0098] 보호층이 실리콘 기관(200) 위에 형성되고, 마스크들(208a 내지 208e)이 보호층 위에 형성되며, 마스크들(208a 내지 208e)을 사용하여 분리된 보호층들(207)이 형성된다(도 1c참조). 보호층 형성 후, 마스크들(208a 내지 208e) 및 분리된 보호층들을 사용하여 실리콘 기관(200)이 선택적으로 에칭되고, 그에 의해 도 1c에 도시된 음극(206b)이 형성될 수 있다. 복수의 돌기들(202b)의 높이가 높을 때, 즉, 에칭 시간이 길 때 마스크들은 에칭 단계에서 점진적으로 얇아져, 실리콘 기관(200)을 노출하도록 마스크들의 일부가 제거된다. 그에 따라, 돌기들 사이에서 높이 변화가 있게 된다. 하지만, 분리된 보호층들(207)을 하드 마스크로 사용함으로써, 실리콘 기관(200)이 노출되는 것이 방지될 수 있으며, 돌기들 사이에서 높이 변화가 감소될 수 있다.
- [0099] (실시예 2)
- [0100] 본 실시예에서는, 실시예 1과는 다른 구조를 갖는 음극 및 이러한 음극을 제작하는 방법이 도 5a 내지 도 5d 및 도 6a 내지 도 6c를 참조하여 설명될 것이다. 이러한 실시예에서 설명하는 음극은 집전체가 제공된다는 점에서 실시예 1과는 상이하다.
- [0101] 도 5a는 음극(216)의 단면도이다. 음극(216)에서, 활물질층(215)이 집전체(211) 위에 제공된다.
- [0102] 음극(216)의 상세한 구조가 도 5b 내지 도 5d를 참조하여 설명될 것이다. 음극(216)에 포함된 활물질층(215)의 특정 예들은 도 5b, 도 5c 및 도 5d에서 각각 활물질층(215a), 활물질층(215b), 및 활물질층(215c) 이다.

- [0103] 도 5b는 집전체(211) 및 활물질층(215a)의 확대된 단면도이다. 활물질층(215a)은 집전체(211) 위에 제공된다. 활물질층(215a)은 활물질(212)과 활물질(212) 위에 제공된 그래핀(214)을 포함한다. 활물질(212)은 공통부(212a)와 공통부(212a)로부터 돌출하는 복수의 돌기들(212b)을 포함한다. 또한, 복수의 돌기들(212b)의 길이 방향들은 동일한 방향으로 지향된다. 즉, 복수의 돌기들(212b)의 축들(241)은 동일한 방향으로 지향된다. 또한, 돌기의 축(241)은 돌기의 상단(또는 돌기의 상단면의 중심)과 공통부와 접하는 돌기의 하단면의 중심을 통과하는 직선이다. 즉, 상기 축은 돌기의 길이 방향의 중심을 통과하는 직선이다.
- [0104] 실리사이드를 형성하는 금속 재료를 사용하여 집전체(211)가 형성될 때, 집전체(211)에서, 활물질(212)과 접하는 측 상에 실리사이드층이 형성될 수 있다. 실리사이드를 형성하는 금속 재료가 집전체(211)를 형성하기 위해 사용되는 경우, 티탄 실리사이드, 지르코늄 실리사이드, 하프늄 실리사이드, 바나듐 실리사이드, 니오븀 실리사이드, 탄탈 실리사이드, 크롬 실리사이드, 몰리브덴 실리사이드, 코발트 실리사이드, 니켈 실리사이드 등이 실리사이드층으로서 형성된다.
- [0105] 집전체(211)는 스테인리스강, 금, 백금, 아연, 철, 알루미늄, 구리, 또는 티탄으로 대표되는 금속, 또는 이들의 합금과 같은 도전성이 높은 재료를 사용하여 형성될 수 있다. 집전체(211)는 실리콘, 티탄, 네오디뮴, 스칸듐, 또는 몰리브덴과 같은 내열성을 개선하는 원소가 첨가되는 알루미늄 합금을 사용하여 형성되는 것이 바람직하다는 것을 주의해야 한다. 대안적으로, 집전체(211)는 실리콘과 반응하여 실리사이드를 형성하는 금속 원소를 사용하여 형성될 수 있다. 실리콘과 반응하여 실리사이드를 형성하는 금속 원소의 예는 지르코늄, 티탄, 하프늄, 바나듐, 니오븀, 탄탈, 크롬, 몰리브덴, 텅스텐, 코발트, 니켈 등을 포함한다.
- [0106] 집전체(211)는 박형(foil-like shape), 판형(sheet형), 망형, 펀칭 메탈형(punching-metal shape), 및 확장된 메탈형(expanded-metal shape) 등을 적절히 가질 수 있다.
- [0107] 활물질(212)은 실시예 1에서의 활물질(202)과 유사한 재료를 사용하여 적절히 형성될 수 있다.
- [0108] 공통부(212a)는 복수의 돌기들(212b)의 기저층으로 기능하고 집전체(211) 위에 연속하는 층으로서, 실시예 1의 공통부(202a)와 유사하다. 또한, 공통부(212a)와 복수의 돌기들(212b)은 서로 접한다.
- [0109] 상기 복수의 돌기들(212b)은 실시예 1의 복수의 돌기들(202b)과 동일한 형상을 적절히 가질 수 있다.
- [0110] 공통부(212a)와 복수의 돌기들(212b)은 단결정 구조, 다결정 구조, 또는 비정질 구조를 적절히 가질 수 있다. 또한, 공통부(212a)와 복수의 돌기들(212b)은 미세결정 구조와 같은 상기 세 구조들의 중간에 있는 결정 구조를 가질 수 있다. 대안적으로, 공통부(212a)는 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖고, 복수의 돌기들(212b)은 비정질 구조를 가질 수 있다. 또한, 공통부(212a)와 복수의 돌기들(212b)의 일부가 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖고, 복수의 돌기들(212b)의 나머지 다른 부분이 비정질 구조를 가질 수 있다. 상기 복수의 돌기들(212b)의 일부는 적어도 상기 공통부(212a)와 접하는 영역을 포함한다는 것을 주의해야 한다.
- [0111] 돌기(212b)의 폭 또는 높이는 실시예 1의 돌기(202b)와 동일하게 될 수 있다.
- [0112] 그래핀(214)으로서는, 실시예 1의 그래핀(204)이 적절히 사용될 수 있다.
- [0113] 도 5c의 활물질층(215b)에서와 같이, 음극(216)은 공통부가 제공되지 않고, 서로 분리된 복수의 돌기들(212b)이 집전체(211) 위에 제공되며, 그래핀(214)이 집전체(211)와 복수의 돌기들(212b) 위에 형성되는 구조를 가질 수도 있다. 복수의 돌기들(212b)의 축들(251)은 동일한 방향으로 지향된다. 돌기(212b)의 축(251)은 돌기의 상단(또는 돌기의 상단면의 중심)과 집전체(211)와 접하는 돌기(212b)의 하단면의 중심을 통과하는 직선이다. 즉, 상기 축은 돌기의 길이 방향의 중심을 통과하는 직선이다.
- [0114] 그래핀(214)은 집전체(211)의 일부와 접하여, 전자들이 그래핀(214)에서 용이하게 흐를 수 있고, 캐리어 이온들과 활물질 사이의 반응이 개선될 수 있다.
- [0115] 도 5d에 도시된 활물질층(215c)에서와 같이, 돌기(212b)의 상단과 그래핀(214) 사이에 보호층(217)이 제공될 수도 있다. 실시예 1에서 설명된 보호층(207)의 것과 유사한 재료가 보호층(217)에 적절히 사용될 수 있다. 여기서 도 5b의 활물질(212)을 사용하여 설명하지만, 보호층(217)은 도 5c의 활물질 위에 제공될 수도 있다.
- [0116] 본 실시예에서 설명되는 음극에서, 활물질층은 지지체로서 집전체(211)를 사용하여 제공될 수 있다. 따라서, 집전체(211)가 포일형, 망형 등의 가요성을 가질 때, 가요성을 갖는 음극이 형성될 수 있다.
- [0117] 음극(216)을 형성하는 방법이 도 6a 내지 도 6c를 참조하여 설명될 것이다. 여기에서, 활물질층(215)의 하나의

형태로서 도 5b에 도시된 활물질층(215a)이 설명될 것이다.

- [0118] 도 6a에 도시된 바와 같이, 실리콘층(210)이 집전체(211) 위에 형성된다. 다음에, 실시예 1에서와 같이, 마스크들(208a 내지 208e)이 실리콘층(210) 위에 형성된다.
- [0119] 실리콘층(210)은 CVD법, 스퍼터링법 등에 의해 적절히 형성될 수 있다. 실리콘층(210)은 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 또는 비정질 실리콘을 사용하여 형성된다. 실리콘층(210)은 인이 첨가된 n형 실리콘층 또는 붕소가 첨가된 p형 실리콘층을 사용하여 형성될 수도 있다.
- [0120] 실리콘층(210)은 마스크들(208a 내지 208e)을 사용하여 선택적으로 에칭되어, 활물질(212)이 도 6b에 도시된 바와 같이 형성된다. 실리콘층(210)을 에칭하는 방법으로서, 드라이 에칭법 또는 웨트 에칭법이 적절히 사용될 수 있다. 드라이 에칭법인 보쉬 공정이 사용될 때 높은 돌기가 형성될 수 있다는 것을 주의해야 한다.
- [0121] 마스크들(208a 내지 208e)이 제거된 후, 그래핀(214)이 활물질(212) 위에 형성되어, 집전체(211) 위에 활물질층(215a)이 제공되는 음극(216)이 제작될 수 있다.
- [0122] 그래핀(214)은 실시예 1에서 설명된 그래핀(204)의 것과 유사한 방식으로 형성될 수 있다.
- [0123] 도 6b에서, 공통부(212a)가 에칭되어 집전체(211)를 노출할 때 도 5c에 도시된 활물질층(215b)을 포함하는 음극이 제작될 수 있다는 것을 주의해야 한다.
- [0124] 보호층이 실리콘층(210) 위에 형성되고, 마스크들(208a 내지 208e)이 보호층 위에 형성되며, 분리된 보호층들(217)이 마스크들(208a 내지 208e)을 사용하여 형성된다(도 5c 참조). 보호층 형성 후, 마스크들(208a 내지 208e)과 분리된 보호층들(217)을 사용하여 실리콘층(210)은 선택적으로 에칭되고, 그에 의해 도 5d에 도시된 활물질층(215c)을 포함하는 음극이 형성될 수 있다. 복수의 돌기들(212b)의 높이가 높을 때, 즉, 에칭 시간이 길 때 마스크들은 에칭 단계에서 점진적으로 얇아지며, 실리콘층(210)을 노출하도록 마스크들의 일부가 제거된다. 따라서, 돌기들 사이에서 높이 변화가 있게 된다. 하지만, 분리된 보호층들(217)을 하드 마스크들로 사용함으로써, 실리콘층(210)이 노출되는 것이 방지될 수 있으며, 돌기들 사이에서 높이 변화가 감소될 수 있다.
- [0125] (실시예 3)
- [0126] 본 실시예에서는, 실시예 1 및 실시예 2의 것들과는 다른 구조를 갖는 음극 및 이러한 음극을 제작하는 방법이다. 도 7a 내지 도 7c, 도 8a 내지 도 8d, 도 9a 내지 도 9d, 도 10a 내지 도 10c, 및 도 11a 및 도 11b를 참조하여 설명될 것이다.
- [0127] 도 7a는 음극(266)의 단면도이다. 음극(266)은 활물질로서 기능한다.
- [0128] 음극(266)의 상세 구조가 도 7b 및 도 7c를 참조하여 설명될 것이다. 음극(266)의 특정 예들은 도 7b 및 도 7c에서 각각 음극(266a) 및 음극(266b)이다.
- [0129] 도 7b는 음극(266a)의 확대된 단면도이다. 음극(266a)은 활물질(262)과 활물질(262) 위에 제공된 그래핀(264)을 포함한다. 활물질(262)은 공통부(262a)와 공통부(262a)로부터 돌출하는 복수의 돌기들(262b)을 포함한다. 그래핀(264)은 활물질(262)의 적어도 일부를 피복한다. 대안적으로, 그래핀(264)은 활물질(262)의 공통부(262a)와 복수의 돌기들(262b)의 표면들을 피복할 수도 있다.
- [0130] 활물질(262)은 실시예 1에서 활물질(202)을 위해 주어진 하나 이상의 재료들을 사용하여 형성될 수 있다.
- [0131] 공통부(262a)는 복수의 돌기들(262b)의 기저층으로서 기능한다. 공통부(262a)는 연속하는 층이며, 복수의 돌기들(262b)과 접한다.
- [0132] 도 7b 및 도 7c에 도시된 바와 같이, 종단면 형상에서, 돌기(262b)는 공통부(262a)와 접하는 하단 부분의 폭이 상단 부분의 폭보다 넓은 형상을 갖는다. 돌기들(262b) 각각은: 원주형(281)(도 8a 참조) 또는 각주형과 같은 기둥형, 원주형(282)(도 8b 참조) 또는 피라미드형, 판형(283)(도 8c 참조), 파이프형(284)(도 8d 참조) 등의 형상들 중 어떠한 것도 적절히 가질 수 있다. 돌기(262b)의 꼭대기 또는 모서리는 곡선이 될 수 있음을 주의해야 한다. 도 7b에서는 원주형 돌기가 돌기(262b)로서 사용된다.
- [0133] 상기 설명된 바와 같이, 종단면 형상에서, 돌기(262b)는 공통부(262a)와 접하는 하단 부분의 폭이 상단 부분의 폭보다 넓은 형상을 갖는다. 즉, 복수의 돌기들 각각은 하단 부분이 상단 부분보다 넓은 형상을 갖는다. 따라서, 기계적 강도가 개선되고, 충방전 반응에 의해 야기된 활물질의 팽창과 수축에 의한 분쇄 또는 박리와 같은 열화가 억제될 수 있다. 또한, 하단 부분이 상단 부분보다 넓은 형상을 각각 갖는 복수의 돌기들을 음극에

사용하여 전지의 어셈블리가 이루어지고, 이러한 경우, 상기 복수의 돌기들의 상단 부분들이 세퍼레이터 등과 접함으로써 깨지게 되더라도, 상기 복수의 돌기들의 하단 부분들은 높은 강도를 가진 채로 남아있게 된다. 따라서, 상기 전지를 제작하는 데 있어 어셈블리의 수율이 개선될 수 있다.

[0134] 본 실시예에서 전극의 상단면이 도 9a 내지 도 9d를 참조하여 설명될 것이다.

[0135] 도 9a는 공통부(262a)와 상기 공통부(262a)로부터 돌출하는 복수의 돌기들(262b)을 도시하는 상면도이다. 상단 형상이 원형인 복수의 돌기들(262b)이 배열된다. 도 7b 및 도 7c에 도시된 바와 같이, 종단면 형상에서, 돌기(262b)는 공통부(262a)와 접하는 하단 부분의 폭이 상단 부분의 폭보다 넓은 형상을 갖는다. 따라서, 상면도에 있어서, 돌기(262b)는 두 개의 상이한 원형들로 표시된다. 본 실시예에서, 돌기(262b)는 상단 형상에서 상이한 단면 영역들을 갖는 두 개의 원형들에 의해 표시되지만, 본 발명은 이에 제한되지 않으며, 돌기는 상이한 단면 영역들을 갖는 두 개 이상의 원형들로 표시될 수도 있다. 도 9b는 도 9a의 복수의 돌기들(262b)이 방향 a로 이동한 후의 상면도이다. 도 9a 및 도 9b에서, 복수의 돌기들(262b)은 동일한 위치들에 제공된다. 즉, 도 9a에 도시된 복수의 돌기들(262b)은 병진 대칭성을 갖는다. 여기서, 도 9a에서 복수의 돌기들(262b)은 방향 a로 이동하지만, 방향 b 또는 c로 이동한 후 도 9b와 같은 결과가 얻어질 수 있다.

[0136] 파선(269)으로 표시된 대칭성의 단위에서 돌기(262b)의 비율은 25% 이상 60% 이하가 바람직하다. 즉, 대칭성의 단위에서 공간의 비율은 40% 이상 75% 이하가 바람직하다. 대칭성의 단위에서 돌기(262b)의 비율이 25% 이상일 때, 음극의 이론 충방전 용량은 약 1000 mAh/g 이상이 될 수 있다. 또한, 대칭성의 단위에서 돌기(262b)의 비율을 60% 이하로 설정함으로써, 충방전 용량이 최대(즉, 이론 용량)가 되고 돌기들이 팽창할 때에도 인접하는 돌기들이 서로 접하지 않게 되고, 돌기들의 붕락이 방지될 수 있다. 결과적으로, 높은 충방전 용량이 얻어질 수 있고, 충방전에 의한 음극의 열화가 감소될 수 있다.

[0137] 도 9c는 공통부(262a)와 상기 공통부(262a)로부터 돌출하는 복수의 돌기들을 도시하는 상면도이다. 상단 형상이 원형인 돌기(262b)와 상단 형상이 정방형인 돌기(262c)가 교호하여 배열된다. 도 9d는 복수의 돌기들(262b 및 262c)이 방향 b로 이동한 후의 상면도이다. 도 9c 및 도 9d의 상면도에서, 복수의 돌기들(262b 및 262c)은 동일한 위치들에 제공된다. 즉, 도 9c에 도시된 복수의 돌기들(262b 및 262c)은 병진 대칭성을 갖는다.

[0138] 복수의 돌기들이 병진 대칭성을 갖도록 제공함으로써, 복수의 돌기들 사이에 전자 전도성의 변화가 감소될 수 있다. 따라서, 양극과 음극에서의 국소적 반응이 감소될 수 있고, 캐리어 이온들과 활물질 사이의 반응이 균일하게 발생할 수 있으며, 확산 과전압(농도 과전압)이 방지될 수 있어, 전지 특성의 신뢰성이 증가될 수 있다.

[0139] 공통부(262a) 및 복수의 돌기들(262b)은 적절히 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖는다. 대안적으로, 공통부(262a)는 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖고, 복수의 돌기들(262b)은 비정질 구조를 가질 수 있다. 또한, 공통부(262a)와, 복수의 돌기들(262b)의 일부가 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖고, 복수의 돌기들(262b)의 나머지 다른 부분이 비정질 구조를 가질 수 있다. 상기 복수의 돌기들(262b)의 일부는 적어도 상기 공통부(262a)와 접하는 영역을 포함한다는 것을 주의해야 한다.

[0140] 공통부(262a)와 복수의 돌기들(262b) 사이의 인터페이스는 명확하지 않다. 따라서, 활물질(262)에 있어서, 복수의 돌기들(262b) 사이의 골들 중에서 가장 깊은 골을 포함하고, 돌기들(262b)이 형성되는 면과 평행한 면이 공통부(262a)와 복수의 돌기들(262b) 사이의 인터페이스(233)로서 규정된다.

[0141] 또한, 복수의 돌기들(262b)의 길이 방향들은 동일한 방향으로 지향된다. 즉, 복수의 돌기들(262b)의 축들(231)이 동일한 방향으로 지향된다. 복수의 돌기들(262b)은 실질적으로 동일한 형상을 갖는 것이 바람직하다. 그러한 구조로, 활물질의 체적이 제어될 수 있다. 또한, 돌기의 축(231)은 돌기의 상단(또는, 돌기의 상단면의 중심)과 공통부와 접하는 돌기의 하단면의 중심을 통과하는 직선이다. 즉, 축은 돌기의 길이 방향의 중심을 통과하는 직선이다. 복수의 돌기들의 축들이 동일한 방향으로 지향될 때, 복수의 돌기들의 축들은 서로 실질적으로 평행하다. 특히, 복수의 돌기들의 축들 사이의 각은 10도 이하이고, 바람직하게는 5도 이하이다.

[0142] 복수의 돌기들(262b)이 공통부(262a)로부터 연장하는 방향을 길이 방향이라 칭하고, 길이 방향과 평행하는 단면 형상을 종단면 형상이라 칭한다. 또한, 복수의 돌기들(262b)의 길이 방향에 실질적으로 수직인 면의 단면 형상을 횡단면 형상이라 칭한다.

[0143] 횡단면 형상에서, 돌기(262b)의 하단 부분의 폭은 0.1 μm 이상 1 μm 이하이고, 바람직하게는 0.2 μm 이상 0.5 μm 이하이다. 돌기(262b)의 높이는 돌기(262b)의 하단 부분의 폭의 5배 이상 100배 이하이고, 바람직하게는 10배 이상 50배 이하이며, 대표적으로는 0.5 μm 이상 100 μm 이하이고, 바람직하게는 1 μm 이상 50 μm

이하이다.

- [0144] 횡단면 형상에서, 돌기(262b)의 하단 부분의 폭이 $0.1\ \mu\text{m}$ 이상이 됨에 따라, 충방전 용량이 증가될 수 있다. 횡단면 형상에서, 돌기(262b)의 하단 부분의 폭이 $1\ \mu\text{m}$ 이하가 됨에 따라, 충방전 시 복수의 돌기들이 팽창하는 경우에도 돌기들의 붕락이 방지될 수 있다. 또한, 돌기(262b)의 높이가 $0.5\ \mu\text{m}$ 이상이 됨에 따라 충방전 용량이 증가될 수 있다. 돌기(262b)의 높이가 $100\ \mu\text{m}$ 이하가 됨에 따라, 충방전 시 복수의 돌기들이 팽창하는 경우에도 돌기들의 붕락이 방지될 수 있다.
- [0145] 종단면 형상에서, 돌기(262b)의 높이는 상단을 통과하는 축과 평행한 방향으로 공통부(262a)와 돌기(262b)의 상단(또는, 상단면의 중심) 사이의 거리이다.
- [0146] 복수의 돌기들(262b)은 미리 결정된 간격을 두고 공통부(262a) 위에 제공된다. 복수의 돌기들(262b) 사이의 간격은 바람직하게는 돌기(262b)의 하단 부분의 폭의 1.29배 내지 2배이다. 결과적으로, 음극을 포함하는 축전 장치의 충전에 의해 돌기(262b)의 체적이 증가하는 경우라도, 돌기들(262b)은 서로 접하지 않고, 붕락이 방지될 수 있으며, 게다가 축전 장치의 충방전 용량의 감소가 방지될 수 있다.
- [0147] 그래핀(264)은 도전 첨가제로서 기능한다. 그래핀(264)은 활물질로서 기능하는 경우도 있다. 실시예 1에서 설명된 그래핀(204)이 그래핀(264)으로서 적절히 사용될 수 있다.
- [0148] 또한, 복수의 돌기들(262b)은 음극(266)의 활물질(262)의 공통부(262a)로부터 돌출하고, 활물질(262)은 판형 활물질보다 큰 표면적을 갖는다. 복수의 돌기들의 축들은 동일한 방향으로 지향되고 돌기들은 공통부와 수직인 방향으로 돌출하므로, 음극에 있어서 상기 돌기들의 밀도가 증가될 수 있고, 상기 활물질의 표면적이 또한 증가될 수 있다. 상기 복수의 돌기들 사이에 공간이 제공된다. 또한, 그래핀은 활물질을 피복한다. 따라서, 충전 시 상기 활물질이 팽창될 때라도 상기 돌기들 사이의 접촉이 감소될 수 있다. 또한, 활물질이 박리되더라도 그래핀은 활물질이 붕락되는 것을 방지할 수 있다. 복수의 돌기들은 병진 대칭성을 갖고 음극에서 균일성이 높게 형성되므로, 양극과 음극 각각에서 국소적 반응이 감소될 수 있고, 캐리어 이온들과 활물질이 양극과 음극에서 서로 균일하게 반응할 수 있다. 결과적으로, 음극(266)이 축전 장치에 사용되는 경우에, 고속의 충방전이 가능하게 되고, 충방전에 의한 활물질의 붕락과 박리가 억제될 수 있으며, 그에 의해 개선된 사이클 특성을 갖는 축전 장치가 제작될 수 있다. 더욱이, 돌기들의 형상이 실질적으로 동일할 때, 국소적 충방전이 감소될 수 있고, 활물질의 중량이 제어될 수 있다. 또한, 돌기들의 높이가 실질적으로 동일하게 될 때, 전지의 제작 공정에서 하중이 국소적으로 적용되는 것이 방지될 수 있어, 수율을 증가시킬 수 있다. 따라서, 전지의 사양이 양호하게 제어될 수 있다.
- [0149] 축전 장치에서 활물질(262)의 표면이 전해질과 접하게 될 때 전해질과 활물질은 서로 반응하여, 활물질의 표면에 막이 형성된다. 이러한 막은 활물질과 전해질 사이의 반응을 완화하고 안정화시키기 위해 필요한 것으로 고려된 고체 전해질 인터페이스(SEI)라 칭해진다. 하지만, 그러한 막이 두껍게 되면, 캐리어 이온들이 활물질에 의해 어렵게 흡장되고, 활물질과 전해질 사이의 캐리어 이온들의 전도성을 감소할 수 있다.
- [0150] 활물질(262)을 피복하는 그래핀(264)은 막의 두께 증가를 억제할 수 있으므로, 캐리어 이온들의 전도성의 저하가 억제될 수 있다.
- [0151] 그래핀은 높은 도전성을 가지므로, 실리콘을 그래핀으로 피복함으로써, 전자들이 그래핀에서 충분히 고속으로 이동할 수 있다. 또한, 그래핀은 얇은 시트 형상을 가지므로, 복수의 돌기들을 그래핀으로 피복함으로써, 활물질층에서 활물질의 양이 증가될 수 있으며, 캐리어 이온들은 그래파이트에서보다 더 쉽게 이동할 수 있다. 결과적으로, 캐리어 이온들의 전도성이 증가될 수 있으므로, 활물질인 실리콘과 캐리어 이온들 사이의 반응이 증가될 수 있고, 캐리어 이온들이 활물질에 의해 용이하게 흡장될 수 있다. 따라서, 상기한 음극을 포함하는 축전 장치는 고속으로 충방전을 실행할 수 있다.
- [0152] 실시예 1에서 활물질(202)과 그래핀(204) 사이의 산화 실리콘층과 같이 활물질(262)과 그래핀(264) 사이에 산화 실리콘층이 제공될 수 있음을 주의해야 한다. 그 경우에, 복수의 돌기(262b)의 측면들은 그래핀(264)과 접한다.
- [0153] 도 7c에 도시된 음극(266b)과 같이, 보호층(277)은 활물질(262)의 돌기(262b)의 상단과 그래핀(264) 사이에 제공될 수 있다.
- [0154] 보호층(277)은 실시예 1에 설명된 보호층(207)의 것과 유사한 방식으로 형성될 수 있다.
- [0155] 다음에, 음극(266)을 제작하는 방법이 도 10a 내지 도 10c 및 도 11a 및 도 11b를 참조하여 설명될 것이다. 여

기서, 음극(266)의 하나의 형태로서, 도 7b에 도시된 음극(266a)이 설명될 것이다.

- [0156] 도 10a에 도시된 바와 같이, 마스크들(268a 내지 268e)이 실리콘 기판(260) 위에 형성된다.
- [0157] 실리콘 기판(260)으로서, 실시예 1에 설명된 실리콘 기판(200)이 적절히 사용될 수 있다.
- [0158] 마스크들(268a 내지 268e)은 실시예 1에 설명된 마스크들(208a 내지 208e)의 것과 유사한 방식으로 형성될 수 있다.
- [0159] 실리콘 기판(260)은 마스크들(268a 내지 268e)을 사용하여 선택적으로 에칭될 수 있어, 활물질(261)이 도 10b에 도시된 바와 같이 형성된다. 실리콘 기판(260)을 에칭하는 방법으로서, 실리콘 기판(200)을 에칭하기 위해 사용된 에칭 방법이 적절히 사용될 수 있다.
- [0160] 그 다음에, 마스크들(268a 내지 268e)은 산소 플라즈마 처리 등에 의해 사이즈가 감소되어, 마스크들(268f 내지 268j)이 도 10c에 도시된 바와 같이 형성된다.
- [0161] 마스크들(268f 내지 268j)을 사용하여 활물질(261)이 선택적으로 에칭되어, 도 11a에 도시된 바와 같이, 공통부(262a)와 복수의 돌기들(262b)을 포함한 활물질(262)이 형성될 수 있다. 이 실시예에서, 에칭 시간이 조정되어 공통부(262a)가 남게 되고 종단면 형상에서, 돌기(262b)는 공통부(262a)와 접하는 하단 부분 폭이 상단 부분 폭보다 넓은 형상을 갖는다. 활물질(261)의 에칭은 실리콘 기판(260)의 것과 유사한 방식으로 실행될 수 있다.
- [0162] 이 실시예에 설명된 바와 같이, 실리콘 기판이 마스크들을 사용하여 에칭되어, 측들이 동일한 방향으로 지향되는 복수의 돌기들이 형성될 수 있다. 또한, 형상들이 실질적으로 동일한 복수의 돌기들이 형성될 수 있다.
- [0163] 마스크들(268f 내지 268j)이 제거된 후에, 그래핀(264)이 활물질(262) 위에 형성되어, 음극(266a)이 도 11b에 도시된 바와 같이 제작될 수 있다.
- [0164] 그래핀(264)은 실시예 1에 적절하게 설명된 그래핀(204)을 형성하는 방법에 의해 형성될 수 있다.
- [0165] 이 실시예에 따르면, 도 7b에 도시된 음극(266a)이 형성될 수 있다.
- [0166] 도 7c에 도시된 음극(266b)은 다음과 같은 방식으로 형성될 수 있다: 보호층이 실리콘 기판(260) 위에 형성되고, 마스크들(268a 내지 268e)이 보호층 위에 형성되며, 마스크들(268a 내지 268e)을 사용하여 분리된 보호층들이 형성되고, 실리콘 기판(260)이 마스크들(268a 내지 268e) 및 분리된 보호층들을 사용하여 선택적으로 에칭되고, 마스크들(268a 내지 268e)이 마스크들(268f 내지 268j) 및 보호층들(267)을 형성하도록 산소 플라즈마 처리 등에 의해 사이즈를 감소시키고(도 7c 참조), 에칭이 또한 마스크들(268f 내지 268j) 및 분리된 보호층들(267)을 사용하여 선택적으로 실행된다. 복수의 돌기들(262b)의 높이가 높을 때, 즉, 에칭 시간이 길 때 마스크들은 에칭 단계에서 점진적으로 얇아져, 실리콘 기판(260)을 노출하도록 마스크들의 일부가 제거된다. 그에 따라, 돌기들 사이에서 높이 변화가 있게 된다. 하지만, 분리된 보호층들(267)을 하드 마스크들로 사용함으로써, 실리콘 기판(260)이 노출되는 것이 방지될 수 있으며, 돌기들 사이에서 높이 변화가 감소될 수 있다.
- [0167] (실시예 4)
- [0168] 이 실시예에서, 실시예 1 내지 실시예 3의 구조와는 다른 구조를 가진 음극 및 음극을 제작하는 방법이 도 12a 내지 도 12d, 도 13a 내지 도 13c, 및 도 14a 및 도 14b를 참조하여 설명될 것이다. 이 실시예에 설명된 음극은 집전체가 제공된다는 점에서 실시예 1 내지 실시예 3의 음극과 다르다. 또한, 돌기의 형상도 실시예 2의 것과 다르다.
- [0169] 도 12a는 음극(276)의 단면도이다. 음극(276)에서, 활물질층(275)이 집전체(271) 위에 제공된다.
- [0170] 음극(276)의 특정한 구조가 도 12b 내지 도 12d를 참조하여 설명될 것이다. 음극(276)에 포함된 활물질층(275)의 특정 예들은 도 12b, 도 12c, 및 도 12d에서 각각 활물질층(275a), 활물질층(275b), 및 활물질층(275c)이다.
- [0171] 도 12b는 집전체(271)와 활물질층(275a)의 확대 단면도이다. 활물질층(275a)은 집전체(271) 위에 제공된다. 활물질층(275a)은 활물질(272)과 활물질(272) 위에 제공된 그래핀(274)을 포함한다. 활물질(272)은 공통부(272a)와 공통부(272a)로부터 돌출하는 복수의 돌기들(272b)을 포함한다. 또한, 복수의 돌기들(272b)의 길이 방향들은 동일한 방향으로 지향된다. 즉, 복수의 돌기들(272b)의 측들(241)은 동일한 방향으로 지향된다.
- [0172] 도 12b 내지 도 12d에 도시된 바와 같이, 종단면 형상에서, 돌기(272b)는 공통부 또는 집전체와 접하는 하단 부

분 폭이 상단 부분 폭보다 넓은 형상을 갖는다.

- [0173] 상술된 바와 같이, 종단면 형상에서, 돌기(272b)는 공통부 또는 집전체와 접하는 하단 부분 폭이 상단 부분 폭보다 넓은 형상을 갖는다. 즉, 복수의 돌기들 각각은 하단 부분이 상단 부분보다 넓은 형상을 갖는다. 따라서, 기계적 강도가 개선되고, 충방전 반응에 의해 야기된 활물질의 팽창과 수축에 기인한 분쇄 또는 박리와 같은 열화가 억제될 수 있다. 또한, 하단 부분이 상단 부분보다 넓은 형상을 각각 갖는 복수의 돌기들을 음극에 사용하여 전지의 어셈블리가 이루어지고, 이러한 경우, 상기 복수의 돌기들의 상단 부분들이 세퍼레이터 등과 접촉함으로써 깨지게 되더라도, 상기 복수의 돌기들의 하단 부분들은 높은 강도를 가진 채로 남아있게 된다. 따라서, 상기 전지를 제작하는 데 있어 어셈블리의 수율이 개선될 수 있다.
- [0174] 집전체(271)로서, 실시예 2에 설명된 집전체(211)가 적절하게 사용될 수 있다.
- [0175] 활물질(272)은 실시예 1의 활물질(202)의 재료와 유사한 재료를 사용하여 형성될 수 있다.
- [0176] 공통부(272a)는 복수의 돌기들(272b)의 기저층으로 기능하고 집전체(271) 위에 연속하는 층으로서, 실시예 3의 공통부(262a)와 유사하다. 또한, 공통부(272a)와 복수의 돌기들(272b)은 서로 접한다.
- [0177] 상기 복수의 돌기들(272b)은 실시예 3의 복수의 돌기들(262b)과 동일한 형상을 적절히 가질 수 있다.
- [0178] 공통부(272a)와 복수의 돌기들(272b)은 단결정 구조, 다결정 구조, 또는 비정질 구조를 적절히 가질 수 있다. 또한, 공통부(272a)와 복수의 돌기들(272b)은 미세결정 구조와 같은 상기 세 구조들의 중간에 있는 결정 구조를 가질 수 있다. 대안적으로, 공통부(272a)는 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖고, 복수의 돌기들(272b)은 비정질 구조를 가질 수 있다. 또한, 공통부(272a)와, 복수의 돌기들(272b)의 일부가 단결정 구조 또는 다결정 구조를 갖고, 복수의 돌기들(272b)의 나머지 다른 부분이 비정질 구조를 가질 수 있다. 상기 복수의 돌기들(272b)의 일부는 적어도 상기 공통부(272a)와 접하는 영역을 포함한다는 것을 주의해야 한다.
- [0179] 돌기(272b)의 폭 또는 높이는 실시예 3의 돌기(262b)와 동일하게 될 수 있다.
- [0180] 그래핀(274)으로서, 실시예 3의 그래핀(264)의 구조와 유사한 구조를 가진 그래핀이 적절하게 사용될 수 있다.
- [0181] 도 12c의 활물질층(275b)에서와 같이, 음극(276)은 공통부가 제공되지 않고, 서로 분리된 복수의 돌기들(272b)이 집전체(271) 위에 제공되며, 그래핀(274)이 집전체(271)와 복수의 돌기들(272b) 위에 형성되는 구조를 가질 수도 있다. 복수의 돌기들(272b)의 축들(251)은 동일한 방향으로 지향된다.
- [0182] 그래핀(274)은 집전체(271)의 일부와 접하여, 전자들이 그래핀(274)에서 용이하게 흐를 수 있고, 캐리어 이온들과 활물질 사이의 반응이 개선될 수 있다.
- [0183] 도 12d에 도시된 활물질층(275c)에서와 같이, 돌기(272b)의 상단과 그래핀(274) 사이에 보호층(277)이 제공될 수도 있다. 실시예 1에서 설명된 보호층(207)의 것과 유사한 재료가 보호층(277)에 적절히 사용될 수 있다. 여기서는 도 12b의 활물질(272)을 사용하여 설명하지만, 보호층(277)은 도 12c의 활물질 위에 제공될 수도 있다.
- [0184] 본 실시예에서 설명되는 음극에서, 활물질층은 지지체로서 집전체(271)를 사용하여 제공될 수 있다. 따라서, 집전체(271)가 포일형, 망형 등의 가요성을 가질 때, 가요성을 갖는 음극이 형성될 수 있다.
- [0185] 음극(276)을 형성하는 방법이 도 13a 내지 도 13c 및 도 14a 및 도 14b를 참조하여 설명될 것이다. 여기에서, 활물질층(275)의 하나의 형태로서 도 12b에 도시된 활물질층(275a)이 설명될 것이다.
- [0186] 도 13a에 도시된 바와 같이, 실리콘층(270)이 실시예 2에서와 같이 집전체(271) 위에 형성된다. 다음에, 실시예 1에서와 같이, 마스크들(268a 내지 268e)이 실리콘층(270) 위에 형성된다.
- [0187] 실리콘층(270)은 마스크들(268a 내지 268e)을 사용하여 선택적으로 에칭되어, 활물질(280)이 도 13b에 도시된 바와 같이 형성된다. 실리콘층(270)을 에칭하는 방법으로서, 실시예 1에서 설명된 에칭 방법이 적절히 사용될 수 있다.
- [0188] 그 다음에, 마스크들(268a 내지 268e)은 산소 플라즈마 처리 등에 의해 사이즈가 감소되어, 마스크들(268f 내지 268j)이 도 13c에 도시된 바와 같이 형성된다.
- [0189] 마스크들(268f 내지 268j)을 사용하여 활물질(280)이 선택적으로 에칭되어, 도 14a에 도시된 바와 같이, 공통부(272a)와 복수의 돌기들(272b)을 포함한 활물질(272)이 형성될 수 있다. 이 실시예에서, 에칭 시간이 조정되어 공통부(272a)가 남게 되고 종단면 형상에서, 돌기(272)는 공통부(272a)와 접하는 하단 부분 폭이 상단 부분 폭보다 넓은 형상을 갖는다. 활물질(280)의 에칭은 실리콘층(270)의 에칭의 방식과 유사한 방식으로 실행될 수 있

다.

- [0190] 마스크들(268f 내지 268j)이 제거된 후, 그래핀(274)이 활물질(272) 위에 형성되어, 도 14b에 도시된 바와 같이, 집전체(271) 위에 활물질층(275a)이 제공되는 음극이 제작될 수 있다.
- [0191] 그래핀(274)은 실시예 1에서 설명된 그래핀(204)의 것과 유사한 방식으로 형성될 수 있다.
- [0192] 도 14a에서, 공통부(272a)가 집전체(271)를 노출하도록 예칭되어, 도 12c에 도시된 활물질층(275b)을 포함한 음극이 제작될 수 있다는 것을 주의해야 한다.
- [0193] 도 12d에 도시된 음극은 다음과 같은 방식으로 형성될 수 있다: 보호층이 실리콘층(270) 위에 형성되고, 마스크들(268a 내지 268e)이 보호층 위에 형성되며, 마스크들(268a 내지 268e)을 사용하여 분리된 보호층들이 형성되고, 실리콘층(270)이 마스크들(268a 내지 268e) 및 분리된 보호층들을 사용하여 선택적으로 예칭되고, 마스크들(268a 내지 268e)이 마스크들(268f 내지 268j) 및 보호층들(277)을 형성하도록 산소 플라스마 처리 등에 의해 사이즈를 감소시키고(도 12d 참조), 예칭이 또한 마스크들(268f 내지 268j) 및 분리된 보호층들(277)을 사용하여 선택적으로 실행된다. 복수의 돌기들(272b)의 높이가 높을 때, 즉, 예칭 시간이 길 때 마스크들은 예칭 단계에서 점진적으로 얇아져, 실리콘층(270)을 노출하도록 마스크들의 일부가 제거된다. 그에 따라, 돌기들 사이에서 높이 변화가 있게 된다. 하지만, 분리된 보호층들(277)을 하드 마스크들로 사용함으로써, 실리콘층(270)이 노출되는 것이 방지될 수 있으며, 돌기들 사이에서 높이 변화가 감소될 수 있다.
- [0194] (실시예 5)
- [0195] 이 실시예에서, 실시예 1 내지 실시예 4의 구조와는 다른 구조를 가진 음극 및 음극을 제작하는 방법이 도 15a 내지 도 15c, 도 16a 내지 도 16c, 및 도 17a 내지 도 17c를 참조하여 설명될 것이다. 이 실시예에서, 실시예 1을 사용하여 설명되지만, 이 실시예는 또한 실시예 3에 적절히 적용될 수 있다.
- [0196] 도 15a는 음극(206)의 단면도이다. 음극(206)은 활물질로서 기능한다. 스페이서(이하에 스페이서(209)로서 지칭됨)로서 기능하는 절연층은 음극(206) 위에 제공된다.
- [0197] 음극(206)의 특정한 구조가 도 15b 및 도 15c를 참조하여 설명될 것이다. 음극(206)의 특정 예들은 도 15b 및 도 15c에서 각각 음극(206a) 및 음극(206b)이다.
- [0198] 도 15b는 음극(206a)과 스페이서(209)의 확대 단면도이다. 음극(206a)은 활물질(202)과 상기 활물질(202) 위에 제공된 그래핀(204)을 포함한다. 활물질(202)은 공통부(202a)와 상기 공통부(202a)로부터 돌출한 복수의 돌기들(202b)을 포함한다. 스페이서(209)는 음극(206a)의 그래핀(204) 위에 제공된다.
- [0199] 스페이서(209)는 절연성이 있고 전해질과 반응하지 않는 재료를 사용하여 형성된다. 특히, 아크릴 수지, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 폴리이미드 또는 폴리아미드와 같은 유기 재료, 글라스 페이스트, 글라스 프리트 또는 글라스 리본과 같은 저융점 글라스 재료 등이 사용될 수 있다. 이후에 설명되는 전해질의 용질이 절연성이 있고 전해질과 반응하지 않는 재료와 혼합될 수 있다는 것을 주의해야 한다. 그 결과, 스페이서(209)는 또한 고체 전해질로서 기능한다.
- [0200] 스페이서(209)의 두께는 바람직하게는 1 μm 이상 10 μm 이하, 더 바람직하게는 2 μm 이상 7 μm 이하이다. 결과적으로 수십 마이크로미터의 두께를 가진 세퍼레이터가 종래의 축전 장치에서와 같이 양극과 음극 사이에 제공되는 경우와 비교해 볼 때, 양극과 음극 사이의 거리는 감소될 수 있고, 양극과 음극 사이의 캐리어 이온들의 이동 거리도 짧아질 수 있다. 따라서, 양극과 음극은 서로 접하는 것으로부터 방지될 수 있고, 축전 장치에 포함된 캐리어 이온들은 충방전을 위해 효과적으로 사용될 수 있다.
- [0201] 스페이서(209)의 형상은 도 16a 내지 도 16c를 참조하여 설명되어 있다. 도 16a 내지 도 16c는 음극(206)의 상면도들이다. 스페이서(209)의 특정 예들은 도 16a, 도 16b, 및 도 16c에서 각각 스페이서(209a), 스페이서(209b), 및 스페이서(209c)이다. 도 16a 내지 도 16c에서, 복수의 돌기들(202b)이 파선들로 표시되고 스페이서들(209a 내지 209c)이 실선들로 표시된다.
- [0202] 도 16a는 하나의 스페이서(209a)가 각각의 돌기(202b) 위에 제공되는 음극(206)을 도시한 상면도이다. 여기서, 스페이서(209a)의 형상은 원형이지만, 또한 적절히 다각형일 수도 있다.
- [0203] 도 16b는 직사각형 스페이서(209b)가 돌기들(202b) 위에 제공되는 음극(206)을 도시한 상면도이다. 여기서, 하나의 스페이서(209b)가 제공되어 복수의 돌기들(202b) 위에 직선 밴드(straight band)를 형성한다. 이 실시예에서, 스페이서(209b)의 측면이 직선이지만 또한 곡선일 수도 있음을 주의해야 한다.

- [0204] 도 16c는 격자형 스페이서(209c)가 돌기들(202b) 위에 제공되는 음극(206)을 도시한 상면도이다. 여기서, 하나의 스페이서(209c)는 복수의 돌기들(202b) 위에 제공된다.
- [0205] 스페이서(209)의 형상은 도 16a 내지 도 16c의 것들로 제한되지 않는다. 스페이서(209)가 스페이서의 부분에 개구를 갖기에 충분하고 폐쇄 원형 또는 다각형 루프 형태를 가질 수도 있다.
- [0206] 스페이서(209)가 음극(206) 위에 제공되기 때문에, 세퍼레이터는 나중에 완성되는 축전 장치에서 필요하지 않다. 결과적으로, 축전 장치의 구성 요소들의 수와 비용이 감소될 수 있다.
- [0207] 도 15c에 도시된 음극(206b)과 같이, 보호층(207)이 활물질(202)의 돌기(202b)의 상단과 그래핀(204) 사이에 제공될 수 있다.
- [0208] 다음에, 음극(206)을 제작하는 방법이 도 17a 내지 도 17c를 참조하여 설명될 것이다. 여기서, 음극(206)의 하나의 형태로서, 도 15b에 도시된 음극(206a)이 설명될 것이다.
- [0209] 도 17a에 도시된 바와 같이, 마스크들(208a 내지 208e)이 실시예 1에서와 같이 실리콘 기판(200) 위에 형성된다.
- [0210] 실리콘 기판(200)이 실시예 1에서와 같이 마스크들(208a 내지 208e)을 사용하여 선택적으로 에칭되어, 활물질(202)이 도 17b에 도시된 바와 같이 형성된다.
- [0211] 다음에, 마스크들(208a 내지 208e)이 제거된 후에, 그래핀(204)이 실시예 1에서와 같이 활물질(202) 위에 형성되어, 음극(206a)이 도 17c에 도시된 바와 같이 형성될 수 있다.
- [0212] 그 다음에, 스페이서(209)가 그래핀(204) 위에 형성된다(도 17c 참조). 스페이서(209)는 스페이서(209)의 재료를 포함한 구성 요소가 스페이서(209)의 재료를 포함한 구성 요소의 용제를 기화시키도록 인쇄 방법, 잉크젯 방법 등에 의해 돌기들 위에 선택적으로 제공되고 가열되는 방식으로 형성될 수 있다. 대안적으로, 스페이서(209)는 돌기들의 상단 부분들만을 스페이서(209)의 재료를 포함한 구성 요소에 담그고, 그 다음에 가열이 스페이서(209)의 재료를 포함한 구성 요소의 용제를 기화시키도록 실행되는 방식으로 형성될 수 있다.
- [0213] 이 실시예에 따르면, 도 15b에 도시된 음극(206a)이 형성될 수 있다.
- [0214] 보호층이 실리콘 기판(200) 위에 형성되고, 마스크들(208a 내지 208e)이 보호층 위에 형성되며, 분리된 보호층들(207)이 마스크들(208a 내지 208e)을 사용하여 형성된다(도 15c 참조). 보호층 형성 후, 마스크들(208a 내지 208e) 및 분리된 보호층들을 사용하여 실리콘 기판(200)이 선택적으로 에칭된다. 그 후, 그래핀(204)과 스페이서(209)가 형성되어 도 15c의 음극(206b)이 형성될 수 있다. 복수의 돌기들(202b)의 높이가 높을 때, 즉, 에칭 시간이 길 때 마스크들은 에칭 단계에서 점진적으로 얇아져, 실리콘 기판(200)을 노출하도록 마스크들의 일부가 제거된다. 그에 따라, 돌기들 사이에서 높이 변화가 있게 된다. 하지만, 분리된 보호층들(207)을 하드 마스크들로 사용함으로써, 실리콘 기판(200)이 노출되는 것이 방지될 수 있으며, 돌기들 사이에서 높이 변화가 감소될 수 있다.
- [0215] (실시예 6)
- [0216] 이 실시예에서, 실시예 1 내지 실시예 5와는 다른 구조를 갖는 음극 및 이러한 음극을 제작하는 방법이 도 18a 내지 도 18d 및 도 19a 내지 도 19c를 참조하여 설명될 것이다. 이러한 실시예에서 설명하는 음극은 집전체가 제공된다는 점에서 실시예 5와는 상이하다. 이 실시예에서, 실시예 2를 사용하여 설명되지만, 이 실시예가 또한 실시예 4에 적절히 적용될 수 있다.
- [0217] 도 18a는 음극(216)의 단면도이다. 음극(216)에서, 활물질층(215)이 집전체(211) 위에 제공된다. 스페이서(이하에 스페이서(219)로서 지칭됨)로서 기능하는 절연층이 음극(216) 위에 제공된다.
- [0218] 음극(216)의 특정한 구조가 도 18b 내지 도 18c를 참조하여 설명될 것이다. 음극(216)에 포함된 활물질층(215)의 특정 예들은 도 18b, 도 18c, 및 도 18d에서 각각 활물질층(215a), 활물질층(215b), 및 활물질층(215c)이다.
- [0219] 도 18b는 집전체(211)와 활물질층(215a), 스페이서(219)의 확대 단면도이다. 활물질층(215a)은 집전체(211) 위에 제공된다. 스페이서(219)는 활물질층(215a)의 그래핀(214) 위에 제공된다.
- [0220] 스페이서(219)는 실시예 5의 스페이서(209)의 것과 유사한 재료를 사용하여 형성될 수 있다.

- [0221] 도 18c의 활물질층(215b)에서와 같이, 음극(216)은 공통부가 제공되지 않고, 서로 분리된 복수의 돌기들(212b)이 집전체(211) 위에 제공되며, 그래핀(214)이 집전체(211)와 복수의 돌기들(212b) 위에 형성되는 구조를 가질 수도 있다.
- [0222] 그래핀(214)은 집전체(211)의 일부와 접하여, 전자들이 그래핀(214)에서 용이하게 흐를 수 있고, 캐리어 이온들과 활물질 사이의 반응이 개선될 수 있다.
- [0223] 도 18d에 도시된 활물질층(215c)에서와 같이, 돌기(212b)의 상단과 그래핀(214) 사이에 보호층(217)이 제공될 수도 있다.
- [0224] 음극(216)을 형성하는 방법이 도 19a 내지 도 19c를 참조하여 설명될 것이다. 여기에서, 활물질층(215)의 하나의 형태로서 도 18b에 도시된 활물질층(215a)이 설명될 것이다.
- [0225] 도 19a에 도시된 바와 같이, 실리콘층(210)이 실시예 2에서와 같이 집전체(211) 위에 형성된다. 다음에, 실시예 2에서와 같이, 마스크들(208a 내지 208e)이 실리콘층(210) 위에 형성된다.
- [0226] 실리콘층(210)이 실시예 1에서와 같이 마스크들(208a 내지 208e)을 사용하여 선택적으로 에칭되므로 활물질(212)이 도 19b에 도시된 바와 같이 형성된다.
- [0227] 다음에, 실시예 1에서와 같이, 마스크들(208a 내지 208e)이 제거된 후에, 그래핀(214)이 활물질(212) 위에 형성된다.
- [0228] 그래핀(214)은 실시예 5에 도시된 그래핀(204)의 것과 유사한 방식으로 형성될 수 있다.
- [0229] 그 다음에, 스페이서(219)가 그래핀(214) 위에 형성된다(도 19c 참조).
- [0230] 스페이서(219)는 실시예 5의 스페이서(209)의 것과 유사한 방식으로 형성될 수 있다.
- [0231] 상기 단계들을 통해, 활물질층(215a)이 집전체(211)와 스페이서(219) 위에 제공되는 음극(216)이 제작될 수 있다.
- [0232] 도 19b에서, 공통부(212a)가 집전체(211)를 노출하도록 에칭될 때, 도 18c에 도시된 활물질층(215b)을 포함한 음극이 제작될 수 있음을 주의해야 한다.
- [0233] 보호층이 실리콘층(210) 위에 형성되고, 마스크들(208a 내지 208e)이 보호층 위에 형성되고, 분리된 보호층들(217)이 마스크들(208a 내지 208e)을 사용하여 형성된다(도 18c 참조). 그 후에, 마스크들(208a 내지 208e) 및 분리된 보호층들을 사용하여, 실리콘층(210)이 선택적으로 에칭된다. 그 후에, 그래핀(214)과 스페이서(219)가 형성되어, 도 18d에 도시된 바와 같이 활물질층(215c)을 포함한 음극이 형성될 수 있다. 복수의 돌기들(212b)의 높이가 높을 때, 즉, 에칭 시간이 길 때 마스크들은 에칭 단계에서 점진적으로 얇아지며, 실리콘층(210)을 노출하도록 마스크들의 일부가 제거된다. 따라서, 돌기들 사이에서 높이 변화가 있게 된다. 하지만, 분리된 보호층들(217)을 하드 마스크들로 사용함으로써, 실리콘층(210)이 노출되는 것이 방지될 수 있으며, 돌기들 사이에서 높이 변화가 감소될 수 있다.
- [0234] (실시예 7)
- [0235] 이 실시예에서, 축전 장치의 구조 및 축전 장치의 제작 방법이 설명될 것이다.
- [0236] 먼저, 양극 및 양극의 제작 방법이 설명될 것이다.
- [0237] 도 20a는 양극(311)의 단면도이다. 양극(311)에서, 양극 활물질층(309)은 양극 집전체(307) 위에 형성된다.
- [0238] 양극 집전체(307)로서, 백금, 알루미늄, 구리, 티타늄, 또는 스테인리스강과 같은 높은 전도성을 가진 재료가 사용될 수 있다. 양극 집전체(307)는 포일형, 판형, 망형 등을 적절히 가질 수 있다.
- [0239] 양극 활물질층(309)은 재료로서, LiFeO_2 , LiCoO_2 , LiNiO_2 , 또는 LiMn_2O_4 와 같은 리튬 화합물, 또는 V_2O_5 , Cr_2O_5 , MnO_2 등을 사용하여 형성될 수 있다.
- [0240] 대안적으로, 올리빈형 리튬 함유 합성 산화물(일반식 LiMPO_4 (M은 Fe, Mn, Co, 및 Ni 중 하나 이상임))이 사용될 수 있다. 재료로서 사용될 수 있는 일반식 LiMPO_4 의 대표적인 예들은 LiFePO_4 , LiNiPO_4 , LiCoPO_4 , LiMnPO_4 , $\text{LiFe}_a\text{Ni}_b\text{PO}_4$, $\text{LiFe}_a\text{Co}_b\text{PO}_4$, $\text{LiFe}_a\text{Mn}_b\text{PO}_4$, $\text{LiNi}_a\text{Co}_b\text{PO}_4$, $\text{LiNi}_a\text{Mn}_b\text{PO}_4$ ($a+b \leq 1$, $0 < a < 1$, 및 $0 < b < 1$),

$\text{LiFe}_c\text{Ni}_d\text{Co}_e\text{PO}_4$, $\text{LiFe}_c\text{Ni}_d\text{Mn}_e\text{PO}_4$, $\text{LiNi}_c\text{Co}_d\text{Mn}_e\text{PO}_4$ ($c+d+e \leq 1$, $0 < c < 1$, $0 < d < 1$, 및 $0 < e < 1$), 및 $\text{LiFe}_f\text{Ni}_g\text{Co}_h\text{Mn}_i\text{PO}_4$ ($f+g+h+i \leq 1$, $0 < f < 1$, $0 < g < 1$, $0 < h < 1$, 및 $0 < i < 1$)와 같은 리튬 화합물들이다.

[0241] 대안적으로, 일반식 Li_2MSiO_4 (M은 Fe, Mn, Co, 및 Ni 중 하나 이상임)와 같은 리튬 함유 합성 산화물이 사용될 수 있다. 재료로서 사용될 수 있는, 일반식 Li_2MSiO_4 의 대표적인 예들은 $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$, $\text{Li}_2\text{NiSiO}_4$, $\text{Li}_2\text{CoSiO}_4$, $\text{Li}_2\text{MnSiO}_4$, $\text{Li}_2\text{Fe}_k\text{Ni}_l\text{SiO}_4$, $\text{Li}_2\text{Fe}_k\text{Co}_l\text{SiO}_4$, $\text{Li}_2\text{Fe}_k\text{Mn}_l\text{SiO}_4$, $\text{Li}_2\text{Ni}_k\text{Co}_l\text{SiO}_4$, $\text{Li}_2\text{Ni}_k\text{Mn}_l\text{SiO}_4$ ($k+l \leq 1$, $0 < k < 1$, 및 $0 < l < 1$), $\text{Li}_2\text{Fe}_m\text{Ni}_n\text{Co}_q\text{SiO}_4$, $\text{Li}_2\text{Fe}_m\text{Ni}_n\text{Mn}_q\text{SiO}_4$, $\text{Li}_2\text{Ni}_m\text{Co}_n\text{Mn}_q\text{SiO}_4$ ($m+n+q \leq 1$, $0 < m < 1$, $0 < n < 1$, 및 $0 < q < 1$), 및 $\text{Li}_2\text{Fe}_r\text{Ni}_s\text{Co}_t\text{Mn}_u\text{SiO}_4$ ($r+s+t+u \leq 1$, $0 < r < 1$, $0 < s < 1$, $0 < t < 1$, 및 $0 < u < 1$)와 같은 리튬 화합물들이다.

[0242] 캐리어 이온들이 리튬 이온들, 알칼리 토금속 이온들, 베릴륨 이온들, 또는 마그네슘 이온들과는 다른 알칼리 금속 이온들인 경우에, 양극 활물질층(309)은 리튬 화합물 및 리튬 함유 합성 산화물 내의 리튬 대신에, 알칼리 금속(예를 들어, 나트륨, 칼륨), 알칼리 토금속(예를 들어, 칼슘, 스트론튬, 바륨), 베릴륨, 또는 마그네슘을 포함할 수도 있다.

[0243] 도 20b는 양극 활물질층(309)의 상면도이다. 양극 활물질층(309)은 캐리어 이온들을 흡장 및 방출할 수 있는 입자들인 양극 활물질들(321), 및 양극 활물질들(321)의 복수의 입자들을 피복하고 양극 활물질들(321)의 복수의 입자들을 적어도 부분적으로 둘러싸는 그래핀들(323)을 포함한다. 복수의 그래핀들(323)은 양극 활물질들(321)의 복수의 입자들의 표면들을 피복한다. 양극 활물질들(321)은 부분적으로 노출될 수도 있다. 실시예 1에 설명된 그래핀(204)은 그래핀(323)으로서 적절히 사용될 수 있다.

[0244] 양극 활물질(321)의 입자의 사이즈는 바람직하게는 20 nm 이상 100 nm 이하이다. 양극 활물질(321)의 입자의 사이즈는 전자들이 양극 활물질들(321)에서 이동하기 때문에 바람직하게는 더 작아야 한다는 것을 주의해야 한다.

[0245] 양극 물질층(309)이 그래핀들(323)을 함유하는 경우에, 양극 활물질들(321)의 표면들이 그래파이트층으로 피복되지 않을 때에도 충분한 특징들을 얻을 수 있었지만, 전자들이 양극 활물질들 사이의 호핑(hopping)을 이동시키고 전류가 흐를 수 있기 때문에 그래파이트층으로 피복된 양극 활물질 및 그래핀(323) 둘 다를 사용하는 것이 바람직하다.

[0246] 도 20c는 도 20b의 양극 활물질층(309)의 부분 단면도이다. 양극 활물질층(309)은 양극 활물질들(321) 및 양극 활물질들(321)을 부분적으로 피복한 그래핀들(323)을 포함한다. 그래핀들(323)은 단면에서 선형 형태들을 갖는 것으로 관찰된다. 양극 활물질들의 복수의 입자들은 하나의 그래핀 또는 복수의 그래핀들로 적어도 부분적으로 둘러싸인다. 즉, 양극 활물질들의 복수의 입자들은 하나의 그래핀 내에 또는 복수의 그래핀들 사이에 존재한다. 그래핀이 자루 같은(bag-like) 형태를 갖고, 양극 활물질들의 복수의 입자들이 몇몇의 경우들에서 자루 같은 부분으로 적어도 부분적으로 둘러싸인다는 것을 주의해야 한다. 게다가, 양극 활물질들은 그래핀들로 피복되지 않고 몇몇의 경우들에서 부분적으로 노출된다.

[0247] 양극 활물질층(309)의 바람직한 두께는 20 μm 이상 100 μm 이하의 범위에서 결정된다. 크랙과 분리가 발생하지 않도록 양극 활물질층(309)의 두께를 적절히 조정하는 것이 바람직하다.

[0248] 양극 활물질층(309)이 그래핀의 체적의 0.1배 내지 10배 큰 체적을 가진 아세틸렌 블랙 입자들, 1차원 팽창을 하는 탄소 입자들(예를 들어, 탄소 나노섬유들), 또는 다른 공지된 바인더들을 포함할 수도 있다는 것을 주의해야 한다.

[0249] 양극 활물질의 예로서, 체적이 캐리어들의 역할을 하는 이온들의 흡장에 의해 팽창되는 재료가 제공된다. 이러한 재료가 사용될 때, 양극 활물질층은 취약하게 되고 부분적으로 충방전에 의해 붕괴되고, 그 결과 충전 장치의 더 낮은 신뢰도를 초래한다. 그러나, 양극 활물질들의 주변을 피복한 그래핀(323)은 양극 활물질들의 체적이 충방전 때문에 증가되고 감소될 때에도 양극 활물질들의 분산 및 양극 활물질층의 붕괴를 방지한다. 즉, 그래핀은 양극 활물질들의 체적이 충방전에 의해 증가되고 감소될 때에도 양극 활물질들 사이의 결합을 유지하는 역할을 한다.

[0250] 그래핀(323)은 양극 활물질들의 복수의 입자들과 접촉하고 또한 도전 첨가제의 역할을 한다. 또한, 그래핀(323)은 캐리어 이온들을 흡장하고 방출할 수 있는 양극 활물질들(321)을 유지하는 기능을 갖는다. 따라서, 바인더는 양극 활물질층과 혼합되지 않아야 한다. 따라서, 양극 활물질층 내의 양극 활물질들의 비율은 증가될 수 있

고 축전 장치의 방전 용량이 증가될 수 있다.

- [0251] 다음에, 양극 활물질층(309)의 제작 방법이 설명될 것이다.
- [0252] 양극 활물질들의 입자들 및 산화 그래핀을 포함한 슬러리(slurry)가 형성된다. 양극 집전체가 슬러리로 코팅된 후에, 실시예 1에서 설명되는, 그래핀의 제작 방법에서와 같이, 환원 처리를 위해 환원성 분위기에서 가열되어 양극 활물질들이 구워지고(bake) 산소의 일부가 그래핀에서 간극들을 형성하기 위해 산화 그래핀으로부터 방출된다. 산화 그래핀 내의 산소가 완전히 감소되지 않고 부분적으로 그래핀 내에 남아있음을 주의해야 한다. 상기 프로세스를 통해, 양극 활물질층(309)은 양극 집전체(307) 위에 형성될 수 있다. 결과적으로, 양극 활물질층(309)은 높은 전도성을 가진다.
- [0253] 산화 그래핀은 산소를 함유하고 따라서 극성 용매에서 음전기로 대전된다. 음전기로 대전된 결과로서, 산화 그래핀이 분산된다. 따라서, 슬러리에 포함된 양극 활물질들이 쉽게 모여지지 않아서, 양극 활물질의 입자의 사이즈가 베이킹에 의해 증가되는 것이 방지될 수 있다. 따라서, 양극 활물질들 내의 전자들의 이동이 용이하게 되고, 양극 활물질층의 전도성의 증가를 초래한다.
- [0254] 도 21a 및 도 21b에 도시된 바와 같이, 스페이서(331)가 양극(311)의 표면 위에 제공될 수 있다. 도 21a는 스페이서를 포함한 양극의 사시도이고, 도 21b는 도 21a의 파선 및 점선(A-B)에 따른 단면도이다.
- [0255] 도 21a 및 도 21b에 도시된 바와 같이, 양극(311)에서, 양극 활물질층(309)이 양극 집전체(307) 위에 제공된다. 스페이서(331)는 양극 활물질층(309) 위에 제공된다.
- [0256] 스페이서(331)는 절연성을 갖고 전해질과 반응하지 않는 재료를 사용하여 형성될 수 있다. 특히, 아크릴 수지, 에폭시 수지, 실리콘 수지, 폴리이미드 또는 폴리아미드와 같은 유기 재료, 글라스 페이스트, 글라스 프리트 또는 글라스 리본과 같은 저융점 글라스 등이 사용될 수 있다. 스페이서(331)가 양극(311) 위에 제공되기 때문에, 세퍼레이터는 나중에 완성되는 축전 장치에서 필요하지 않다. 그 결과, 축전 장치의 구성 요소들의 수 및 비용이 감소될 수 있다.
- [0257] 스페이서(331)는 격자 형태 또는 패쇄 원형 또는 다각형 루프 형태와 같은, 양극 활물질층(309)의 부분을 노출하는 평면 형태인 것이 바람직하다. 그 결과, 양극과 음극 사이의 접촉이 방지될 수 있고, 양극과 음극 사이의 캐리어 이온들의 이동이 촉진될 수 있다.
- [0258] 스페이서(331)의 두께는 바람직하게는 1 μm 이상 5 μm 이하, 바람직하게는 2 μm 이상 3 μm 이하이다. 결과적으로, 수십 마이크로미터의 두께를 가진 세퍼레이터가 종래의 축전 장치에서와 같이 양극과 음극 사이에 제공되는 경우와 비교해 볼 때, 양극과 음극 사이의 거리는 감소될 수 있고, 양극과 음극 사이의 캐리어 이온들의 이동 거리도 짧아질 수 있다. 따라서, 축전 장치에 포함된 캐리어 이온들은 충방전을 위해 효과적으로 사용될 수 있다.
- [0259] 스페이서(331)는 프린팅법, 잉크젯법 등에 의해 적절히 형성될 수 있다.
- [0260] 다음에, 축전 장치의 구조 및 축전 장치의 제작 방법이 설명될 것이다.
- [0261] 축전 장치들의 대표적인 예인 이 실시예의 리튬 이온 2차 전지의 실시예가 도 22를 참조하여 설명될 것이다. 여기서, 리튬 이온 2차 전지의 단면 구조가 아래에 설명된다.
- [0262] 도 22는 리튬 이온 2차 전지의 단면도이다.
- [0263] 리튬 이온 2차 전지(400)는 음극 집전체(407) 및 음극 활물질층(409)을 포함한 음극(411), 양극 집전체(401) 및 양극 활물질층(403)을 포함한 양극(405), 및 음극(411)과 양극(405) 사이에 제공된 세퍼레이터(413)를 포함한다. 세퍼레이터(413)가 전해질(415)을 포함한다는 것을 주의해야 한다. 음극 집전체(407)는 외부 단자(419)에 연결되고 양극 집전체(401)는 외부 단자(417)에 연결된다. 외부 단자(419)의 단부 부분은 개스킷(421)에 내장된다. 즉, 외부 단자들(417 및 419)은 개스킷(421)으로 서로로부터 절연된다.
- [0264] 실시예 1에서 설명된 음극(206), 실시예 2에서 설명된 음극(216), 실시예 3에서 설명된 음극(266), 실시예 4에서 설명된 음극(276)은 음극(411)으로서 적절히 사용될 수 있다.
- [0265] 양극 집전체(401) 및 양극 활물질층(403)으로서, 이 실시예에서 설명되는 양극 집전체(307) 및 양극 활물질층(309)이 적절히 사용될 수 있다.
- [0266] 절연 다공성 재료가 세퍼레이터(413)에 대해 사용된다. 세퍼레이터(413)의 특정 예들은 셀룰로오스(종이), 폴리

에틸렌, 및 폴리프로필렌을 포함한다.

- [0267] 도 21a 및 도 21b에 도시된 바와 같이 양극 활물질층 위에 스페이서를 포함한 양극이 양극(405)으로서 사용될 때, 세퍼레이터(413)가 반드시 제공될 필요는 없다.
- [0268] 전해질(415)의 용질로서, 캐리어 이온들을 포함한 재료가 사용된다. 전해질의 용질의 특정 예들은 LiClO_4 , LiAsF_6 , LiBF_4 , LiPF_6 , 및 $\text{Li}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2\text{N}$ 과 같은 리튬 염을 포함한다.
- [0269] 캐리어 이온들이 리튬 이온들과는 다른 알칼리 금속 이온들, 상기 리튬 염들 내의 리튬 대신에, 알칼리 토금속 이온들, 베릴륨 이온들, 또는 마그네슘 이온들일 때, 알칼리 금속(예를 들어, 나트륨 또는 칼륨), 알칼리 토금속(예를 들어, 칼슘, 스트론튬, 또는 바륨), 베릴륨, 또는 마그네슘이 전해질(415)의 용질로 사용될 수 있다는 것을 주의해야 한다.
- [0270] 전해질(415)의 용매로서, 캐리어 이온들이 이동할 수 있는 재료가 사용된다. 전해질(415)의 용매로서, 아프로틱(aprotic) 유기 용매가 바람직하게 사용된다. 아프로틱 유기 용매의 특정 예들은 탄산 에틸렌, 탄산 프로필렌, 탄산 디메틸, 탄산 디에틸, γ -부틸로락톤, 아세토니트릴, 디메소시에탄, 테트라히드로푸란 등을 포함하고, 이 재료들 중 하나 이상이 사용될 수 있다. 젤형(gelled) 폴리머 재료가 전해질(415)의 용매로서 사용될 때, 액체 누수 등에 대한 안전성이 증가된다. 또한, 리튬 이온 2차 전지(400)가 더 얇아지고 더 가벼워질 수 있다. 젤형 폴리머 재료의 특정 예들은 실리콘 젤, 아크릴 젤, 아크릴로니트릴 젤, 산화 폴리에틸렌, 산화 폴리프로필렌, 플루오린 기반 폴리머 등을 포함한다. 게다가, 전해질(415)의 용매로서 비가연성 및 비휘발성의 특징들을 가진 이온성 액체(실온에서 녹는 염)의 하나 또는 복수의 종류들을 사용하여, 축전 장치 내의 합선이 방지될 수 있고, 게다가, 내부 온도가 과충전 등 때문에 증가될 때에도, 축전 장치의 폭발, 점화 등이 방지될 수 있다.
- [0271] 전해질(415)로서, Li_3PO_4 와 같은 고체 전해질이 사용될 수 있다. 전해질(415)로서 고체 전해질을 사용하는 경우, 세퍼레이터(413)가 불필요하다는 것을 주의해야 한다.
- [0272] 외부 단자들(417 및 419)에 대해, 스테인리스강 강판 또는 알루미늄 판과 같은 금속 부재가 적절히 사용될 수 있다.
- [0273] 이 실시예에서, 코인형 리튬 이온 2차 전지가 리튬 이온 2차 전지(400)로서 제공되지만, 밀폐형 리튬 이온 2차 전지, 원통형 리튬 이온 2차 전지, 및 정사각형 리튬 이온 2차 전지와 같은 다양한 형태들을 가진 임의의 리튬 이온 2차 전지들이 사용될 수 있음을 주의해야 한다. 또한, 복수의 양극들, 복수의 음극들, 및 복수의 세퍼레이터들이 적층되거나 또는 롤링된(rolled) 구조가 이용될 수도 있다.
- [0274] 다음에, 이 실시예에서 설명된 리튬 이온 2차 전지(400)의 제작 방법이 설명될 것이다.
- [0275] 실시예 1과 이 실시예에서 설명된 제작 방법에 의해, 양극(405) 및 음극(411)이 적절히 형성된다.
- [0276] 다음에, 양극(405), 세퍼레이터(413), 및 음극(411)에 전해질(415)이 주입된다. 다음에, 양극(405), 세퍼레이터(413), 개스킷(421), 음극(411), 및 외부 단자(419)가 이 순서로 외부 단자(417) 위에 적층되고, 외부 단자(417) 및 외부 단자(419)가 "코인 셀 크림퍼(coin cell crimper)"로 서로에 대해 크림프(crimp)된다. 따라서, 코인형 리튬 이온 2차 전지가 제작될 수 있다.
- [0277] 스페이서와 와셔(washer)가 외부 단자(417) 및 양극(405) 사이 또는 외부 단자(419) 및 음극(411) 사이에 제공될 수 있어 외부 단자(417) 및 양극(405) 사이 또는 외부 단자(419) 및 음극(411) 사이의 연결이 개선된다는 것을 주의해야 한다.
- [0278] (실시예 8)
- [0279] 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치가 전력에 의해 구동되는 다양한 전기 장치들의 전원으로서 사용될 수 있다.
- [0280] 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치를 사용한 전기 장치들의 특정 예들은 다음과 같다: 표시 장치들, 조명 장치들, 데스크탑 퍼스널 컴퓨터들 또는 랩탑 퍼스널 컴퓨터들, 디지털 다기능 디스크(DVD)와 같은 기록 매체에 저장된 정지 화상 및 동영상들을 재생하는 이미지 재생 장치들, 모바일 폰들, 휴대용 게임 기들, 휴대용 정보 단말들, 전자책 단말기들, 비디오 카메라들 및 디지털 스틸 카메라들과 같은 카메라들, 전자레인지들과 같은 고주파수 가열 장치들, 전기 밥솥들, 전기 세탁기들, 에어컨들과 같은 에어컨 시스템들, 전기 냉장고들, 전기 냉동기들, 전기 냉동냉장고들, DNA를 보존하기 위한 냉동고들, 투석 장치들 등. 게다가, 축전 장치로부터 전력

을 사용하는 전기 모터에 의해 구동된 움직이는 물체들은 또한 전기 장치들의 카테고리에 포함된다. 움직이는 물체들의 예들로서, 전기 자동차들, 내부 연소 엔진과 전기 모터 둘 다를 포함하는 하이브리드 자동차들, 보조 모터가 달린 자전거들을 포함한 모터 구동식 자전거들 등이 있다.

- [0281] 전기 장치들에서, 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치는 거의 전체 소비 전력에 대해 전력을 공급하는 축전 장치로서 사용될 수 있다(이러한 축전 장치는 주요 전원 장치로서 지칭됨). 대안적으로, 전기 장치들에서, 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치는 주요 전원 장치 또는 상업적 전원 장치로부터 전력의 공급이 중단될 때 전기 장치들에 전력을 공급할 수 있는 축전 장치로서 사용될 수 있다(이러한 축전 장치는 무정전 전원 장치로서 지칭됨). 또한 대안적으로, 전기 장치들에서, 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치는 주요 전원 장치 또는 상업적 전원 장치로부터의 전원 장치로서 동시에 전기 장치들에 전력을 공급하는 축전 장치로서 사용될 수 있다(이러한 축전 장치는 보조 전원 장치로서 지칭됨).
- [0282] 도 23은 전기 장치들의 특정 구조들을 도시한다. 도 23에서, 표시 장치(5000)는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치(5004)를 포함한 전기 장치의 하나의 예이다. 특히, 표시 장치(5000)는 TV 방송 수신을 위한 표시 장치에 대응하고 하우징(5001), 표시부(5002), 스피커 부분들(5003), 축전 장치(5004) 등을 포함한다. 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치(5004)는 하우징(5001) 내에 제공된다. 표시 장치(5000)는 상업적 전원 장치로부터 전력을 수신할 수 있다. 대안적으로, 표시 장치(5000)는 축전 장치(5004)에 저장된 전력을 사용할 수 있다. 따라서 표시 장치(5000)는 전력이 정전 등 때문에 상업적 전원 장치로부터 공급될 수 없을 때에도 무정전 전원 장치로서 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치(5004)를 사용하여 작동될 수 있다.
- [0283] 액정 표시 장치, 유기 EL 요소와 같은 발광 요소가 각각의 픽셀에 제공되는 발광 장치, 전기 이동 표시 장치, 디지털 미소 반사 표시 장치(DMD), 플라즈마 표시 패널(PDP), 전계 방출 표시 장치(FED) 등과 같은 반도체 표시 장치가 표시부(5002)에 대해 사용될 수 있다.
- [0284] 표시 장치가 그 카테고리에서, 퍼스널 컴퓨터들에 대한 모든 정보 표시 장치들, TV 방송 수신과는 다른 광고 표시 장치들 등을 포함한다는 것을 주의해야 한다.
- [0285] 도 23에서, 설치된 조명 장치(5100)는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치(5103)를 포함한 전기 장치의 예이다. 특히, 조명 장치(5100)는 하우징(5101), 광원(5102), 축전 장치(5103) 등을 포함한다. 도 23은 축전 장치(5103)가 하우징(5101)과 광원(5102)이 설치된 천장(5104)에 제공되는 경우를 도시하고; 대안적으로, 축전 장치(5103)는 하우징(5101)에 제공될 수 있다. 조명 장치(5100)는 상업적 전원 장치로부터 전력을 수신할 수 있다. 대안적으로, 조명 장치(5100)는 축전 장치(5103)에 저장된 전력을 사용할 수 있다. 따라서, 조명 장치(5100)는 전력이 정전 등 때문에 상업적 전원 장치로부터 공급될 수 없을 때에도 무정전 전원 장치로서 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치(5103)를 사용하여 작동될 수 있다.
- [0286] 비록 천장(5104)에 제공된 설치된 조명 장치(5100)가 예로서 도 23에 도시될지라도, 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치가 예를 들어, 천장(5104)과는 다른 벽(5105), 바닥(5106), 창(5107) 등에 제공된 설치된 조명 장치로 사용될 수 있다는 것을 주의해야 한다. 대안적으로, 축전 장치는 테이블 상단 조명 장치 등으로 사용될 수 있다.
- [0287] 광원(5102)으로서, 전력을 사용하여 인위적으로 광선을 제공하는 인공 광원이 사용될 수 있다. 특히, 백열등 또는 형광등과 같은 방전 램프, 및 LED 또는 유기 EL 요소와 같은 발광 요소는 인공 광원의 예들이다.
- [0288] 도 23에서, 실내기(5200) 및 실외기(5204)를 포함한 에어컨은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치(5203)를 포함한 전기 장치의 예이다. 특히, 실내기(5200)는 하우징(5201), 송풍구(5202), 축전 장치(5203) 등을 포함한다. 비록 도 23이 축전 장치(5203)가 실내기(5200)에 제공되는 경우를 도시할지라도, 축전 장치(5203)는 실외기(5204)에 제공될 수 있다. 또한 대안적으로, 축전 장치들(5203)은 실내기(5200) 및 실외기(5204) 둘 다에 제공될 수 있다. 에어컨은 상업적 전원 장치로부터 전력을 수신할 수 있다. 대안적으로, 에어컨은 축전 장치(5203)에 저장된 전력을 사용할 수 있다. 특히, 축전 장치들(5203)이 실내기(5200) 및 실외기(5204) 둘 다에 제공되는 경우에, 에어컨은 전력이 정전 등 때문에 상업적 전원 장치로부터 공급될 수 없을 때에도 무정전 전원 장치로서 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치들(5203)을 사용하여 작동될 수 있다.
- [0289] 비록 실내기 및 실외기를 포함한 분리된 에어컨이 예로서 도 23에 도시될지라도, 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치가 실내기 및 실외기의 기능들이 하나의 하우징으로 통합되는 에어컨에 사용될 수 있다.
- [0290] 도 23에서, 전기 냉동냉장고(5300)는 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치(5304)를 포함한 전기 장치의 하나의 예이다. 특히, 전기 냉동냉장고(5300)는 하우징(5301), 냉장실용 문(5302), 냉동실용 문(5303), 축전 장

치(5304) 등을 포함한다. 축전 장치(5304)는 도 23에서 하우징(5301)에 제공된다. 전기 냉동냉장고(5300)는 상업적 전원 장치로부터 전력을 수신할 수 있고 또는 축전 장치(5304)에 저장된 전력을 사용할 수 있다. 따라서, 전기 냉동냉장고(5300)는 전력이 정전 등 때문에 상업적 전원 장치로부터 공급될 수 없을 때에도 무정전 전원 장치로서 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치(5304)를 사용하여 작동될 수 있다.

[0291] 상술된 전기 장치들 중에서, 전자레인지와 같은 고주파수 가열 장치 및 전기 밥솥과 같은 전기 장치는 단시간에 높은 전력을 필요로 한다는 것을 주의해야 한다. 전기 장치들의 사용 시 상업적 전원의 회로 차단기의 트리핑(tripping)은 상업적 전원 장치에 의해 충분히 공급될 수 없는 전력을 공급하는 보조 전원 장치로서 본 발명의 하나의 실시예에 따른 축전 장치를 사용하여 방지될 수 있다.

[0292] 게다가, 전기 장치들이 사용되지 않을 때, 특히, 상업적 전원 장치에 의해 공급될 수 있는 전력의 총량에 대해 실제로 사용되는 전력의 양의 비율(이러한 비율은 전력의 사용률로서 지칭됨)이 낮은 시간 기간에서, 전력이 축전 장치에 저장될 수 있어, 전력의 사용률이 전기 장치들이 사용될 때 시간 기간에서 감소될 수 있다. 전기 냉동냉장고(5300)의 경우에, 전력이 온도가 낮고 냉장실용 문(5302)과 냉동실용 문(5303)이 개폐되지 않을 때 야간에 축전 장치(5304)에 저장될 수 있다. 축전 장치(5304)는 온도가 높고 냉장실용 문(5302)과 냉동실용 문(5303)이 개폐될 때 주간에 보조 전원 장치로서 사용되고; 따라서, 주간에 전력 사용률은 감소될 수 있다.

[0293] 다음에, 전기 장치들의 하나의 예인 휴대용 정보 단말이 도 24a 내지 도 24c를 참고하여 설명될 것이다.

[0294] 도 24a 및 도 24b는 접을 수 있는 태블릿 단말을 도시한다. 도 24a에서, 태블릿 단말은 개방되고, 하우징(9630), 표시부(9631a), 표시부(9631b), 표시 방식들을 전환하는 스위치(9034), 전원 스위치(9035), 전력 절약 방식으로 전환하는 스위치(9036), 잠금 장치(9033), 및 조작 스위치(9038)를 포함한다.

[0295] 표시부(9631a)의 부분은 터치 패널 영역(9632a)일 수 있고 데이터는 표시된 조작키(9638)가 터치될 때 입력될 수 있다. 표시부(9631a)의 절반 영역이 표시 기능만을 갖고 다른 나머지 절반 영역이 터치 패널 기능을 가지는 구조가 예로서 도시될지라도, 표시부(9631a)는 상기 구조로 제한되지 않는다. 표시부(9631a)의 전체 영역은 터치 패널 기능을 가질 수도 있다. 예를 들어, 표시부(9631a)는 터치 패널이 될 전체 영역 내의 키보드 버튼들을 표시할 수 있고, 표시부(9631b)는 표시 스크린으로서 사용될 수 있다.

[0296] 표시부(9631a)와 유사하게, 표시부(9631b)의 부분은 터치 패널 영역(9632b)일 수 있다. 터치 패널의 키보드를 보여주고/숨기는 스위칭 버튼(9639)은 손가락, 스타일러스 등으로 터치되어, 키보드 버튼들이 표시부(9631b) 상에 표시될 수 있다.

[0297] 터치 입력이 터치 패널 영역(9632a) 및 터치 패널 영역(9632b)에 동시에 실행될 수 있다.

[0298] 표시 방식들을 전환하는 스위치(9034)가 인물 방식, 풍경 방식 등 사이, 및 예를 들어, 단색 표시 및 컬러 표시 사이의 표시를 전환할 수 있다. 전력 절약 모드로 전환하는 스위치(9036)는 태블릿 단말에 통합된 광 센서에 의해 검출되는 태블릿 단말의 사용 시 외부 광선의 양에 따라 최적일 표시 휘도를 제어할 수 있다. 자이로스코프 또는 가속 센서와 같은, 성질을 검출하는 센서를 포함한 다른 검출 장치는 광 센서에 추가하여, 태블릿 단말에 통합될 수도 있다.

[0299] 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)가 동일한 표시 영역을 갖지만; 그것에 제한하지 않고서, 표시부들 중 하나가 사이즈 및 표시 품질에서 다른 표시부와 상이할 수도 있다는 예를 도 24a가 도시한다는 것을 주의해야 한다. 예를 들어, 하나의 표시 패널은 다른 표시 패널보다 더 높은 선명도를 표시할 수도 있다.

[0300] 태블릿 단말이 도 24b에 폐쇄되어 있다. 태블릿 단말은 하우징(9630), 태양 전지(9633), 충방전 제어 회로(9634), 배터리(9635), 및 DCDC 컨버터(9636)를 포함한다. 도 24b에서, 배터리(9635) 및 DCDC 컨버터(9636)를 포함한 구조가 충방전 제어 회로(9634)의 예로서 도시되어 있다. 상기 실시예들 중 어느 하나에 설명된 축전 장치가 배터리(9635)로서 사용된다.

[0301] 태블릿 단말이 접힐 수 있기 때문에, 하우징(9630)은 태블릿 단말을 사용하지 않을 때 닫힐 수 있다. 그 결과, 표시부(9631a) 및 표시부(9631b)가 보호될 수 있고; 따라서, 긴 기간 동안 훌륭한 내구성 및 훌륭한 신뢰도를 가진 태블릿 단말이 제공될 수 있다.

[0302] 게다가, 도 24a 및 도 24b에 도시된 태블릿 단말은 다양한 종류의 데이터(예를 들어, 정지 화상, 동영상, 및 텍스트 이미지)를 표시하는 기능, 달력, 날짜, 시간 등을 표시부에 표시하는 기능, 터치 입력에 의해 표시부 상에 표시된 데이터를 작동하거나 또는 편집하는 터치 입력 기능, 다양한 종류의 소프트웨어(프로그램들)에 의한 처

리를 제어하는 기능 등을 가질 수 있다.

- [0303] 태블릿 단말의 표면 상에 제공된 태양 전지(9633)는 전력을 터치 패널, 표시부, 비디오 신호 처리부 등에 공급할 수 있다. 태양 전지(9633)가 하우징(9630)의 하나 또는 2개의 표면들 상에 제공되는 구조가 배터리(9635)를 충분히 충전하는데 바람직하다는 것을 주의해야 한다. 상기 실시예들 중 어느 하나에 설명된 충전 장치가 배터리(9635)로서 사용될 때, 사이즈 감소 등의 이점이 있다.
- [0304] 도 24b에 도시된 충방전 제어 회로(9634)의 구조 및 작동이 도 24c의 블록도를 참조하여 설명되어 있다. 태양 전지(9633), 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636), 컨버터(9637), 스위치들(SW1 내지 SW3), 및 표시부(9631)가 도 24c에 도시되어 있고, 배터리(9635), DCDC 컨버터(9636), 컨버터(9637), 및 스위치들(SW1 내지 SW3)이 도 24b의 충방전 제어 회로(9634)에 대응한다.
- [0305] 먼저, 전력이 외부 광선을 사용한 태양 전지(9633)에 의해 생성되는 경우의 작동의 예가 설명된다. 태양 전지에 의해 생성된 전력의 전압은 DCDC 컨버터(9636)에 의해 상승하거나 또는 하강하고 전력은 배터리(9635)를 충전하는 전압을 갖는다. 다음에, 태양 전지(9633)로부터의 전력이 표시부(9631)의 작동을 위해 사용될 때, 스위치(SW1)가 켜지고 전력의 전압이 컨버터(9637)에 의해 상승하거나 또는 하강하여 표시부(9631)에 대해 필요한 전압이 된다. 게다가, 표시부(9631) 상에 표시되지 않을 때, 스위치(SW1)가 꺼지고 스위치(SW2)가 켜져서 배터리(9635)의 충전이 실행될 수도 있다.
- [0306] 태양 전지(9633)가 전력 생성 수단의 예로서 설명되지만; 그에 제한되지 않고, 배터리(9635)가 압전기 소자 또는 열전기 변환 소자(펠티에 소자)와 같은 다른 전력 생성 수단을 사용하여 충전될 수도 있다는 것을 주의해야 한다. 예를 들어, 배터리(9635)는 무선으로 (접촉 없이) 전력을 전송하고 수신하여 충전할 수 있는 비접촉 전력 전송 모듈로 충전될 수 있거나 또는 다른 충전 수단이 조합하여 사용될 수도 있다.
- [0307] 상기 실시예들 중 어느 하나에 설명된 충전 장치가 포함되는 한, 본 발명의 실시예는 도 24a 내지 도 24c에 도시된 전기 장치에 제한되지 않음은 말할 필요도 없다.
- [0308] 이 실시예는 상술된 실시예들 중 어느 하나와 적절히 결합하여 구현될 수 있다.

부호의 설명

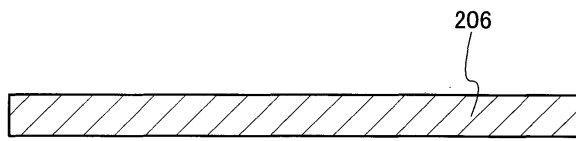
- [0309] 200: 실리콘 기판, 202: 활물질, 202a: 공통부, 202b: 돌기, 202c: 돌기, 204: 그래핀, 206: 음극, 206a: 음극, 206b: 음극, 207: 보호층, 208a: 마스크, 208e: 마스크, 209: 스페이서, 205: 파선, 209a: 스페이서, 209b: 스페이서, 209c: 스페이서, 210: 실리콘층, 211: 집전체, 212: 활물질, 212a: 공통부, 212b: 돌기, 214: 그래핀, 215: 활물질층, 215a: 활물질층, 215b: 활물질층, 215c: 활물질층, 216: 음극, 217: 보호층, 219: 스페이서, 221: 원주형, 222: 원주형, 223: 판형, 231: 축, 233: 인터페이스, 241: 축, 251: 축, 260: 실리콘 기판, 261: 활물질, 262: 활물질, 262a: 공통부, 262b: 돌기, 262c: 돌기, 264: 그래핀, 266: 음극, 266a: 음극, 266b: 음극, 267: 보호층, 268a: 마스크, 268e: 마스크, 268f: 마스크, 268j: 마스크, 269: 파선, 270: 실리콘층, 271: 집전체, 272: 활물질, 272a: 공통부, 272b: 돌기, 274: 그래핀, 275: 활물질층, 275a: 활물질층, 275b: 활물질층, 275c: 활물질층, 276: 음극, 277: 보호층, 280: 활물질, 281: 원주형, 282: 원주형, 283: 판형, 307: 양극 집전체, 309: 양극 활물질층, 311: 양극, 321: 양극 활물질, 323: 그래핀, 331: 스페이서, 400: 리튬 이온 2차 전지, 401: 양극 집전체, 403: 양극 활물질층, 405: 양극, 407: 음극 집전체, 409: 음극 활물질층, 411: 음극, 413: 세퍼레이터, 415: 전해질, 417: 외부 단자, 419: 외부 단자, 421: 개스킷, 5000: 표시 장치, 5001: 하우징, 5002: 표시부, 5003: 스피커부, 5004: 충전 장치, 5100: 조명 장치, 5101: 하우징, 5102: 광원, 5103: 충전 장치, 5104: 천장, 5105: 벽, 5106: 바닥, 5107: 창, 5200: 실내기, 5201: 하우징, 5202: 송풍구, 5203: 충전 장치, 5204: 실외기, 5300: 전기 냉동냉장고, 5301: 하우징, 5302: 냉장실용 문, 5303: 냉동실용 문, 5304: 충전 장치, 9033: 잠금 장치, 9034: 스위치, 9035: 전원 스위치, 9036: 스위치, 9038: 조작 스위치, 9630: 하우징, 9631: 표시부, 9631a: 표시부, 9631b: 표시부, 9632a: 터치 패널 영역, 9632b: 터치 패널 영역, 9633: 태양 전지, 9634: 충방전 제어 회로, 9635: 배터리, 9636: DCDC 컨버터, 9637: 컨버터, 9638: 조작키, 9639: 버튼

본 출원은 2011년 9월 16일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 일련번호 제 2011-203579, 2011년 9월 22일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 일련번호 제 2011-207692, 및 2011년 9월 30일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허 출원 일련번호 제 2011-217646에 기초하고, 그 전체 내용들은 참조로써 여기에 포함되어 있다.

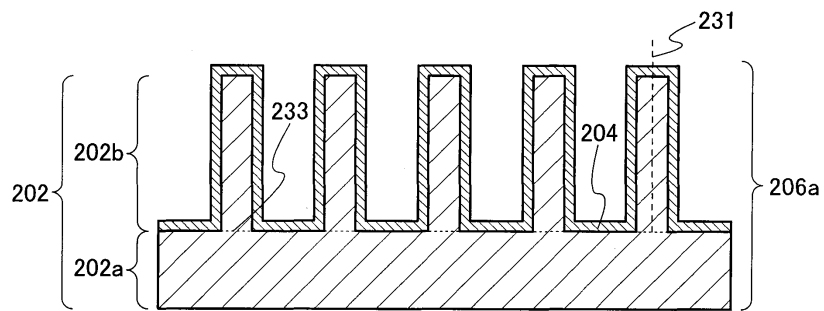
도면

도면1

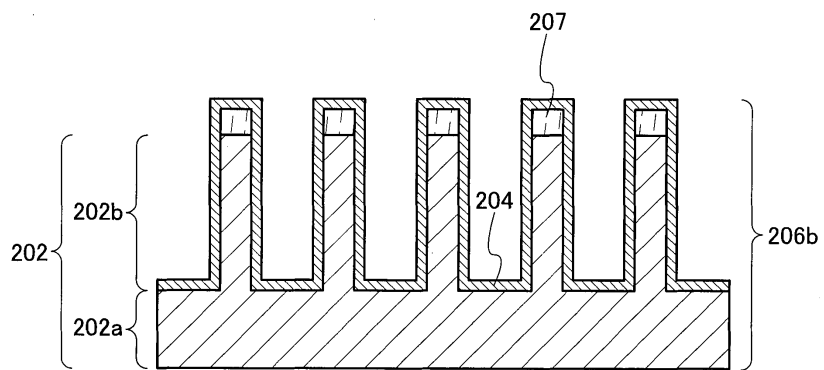
(A)



(B)

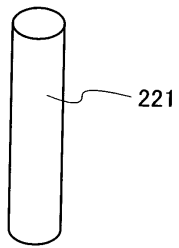


(C)

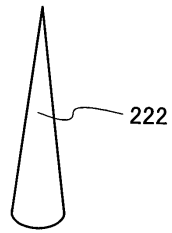


도면2

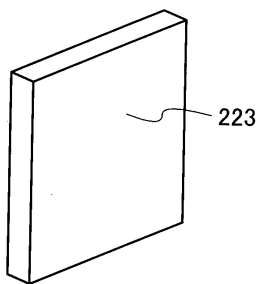
(A)



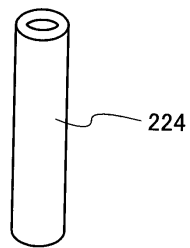
(B)



(C)

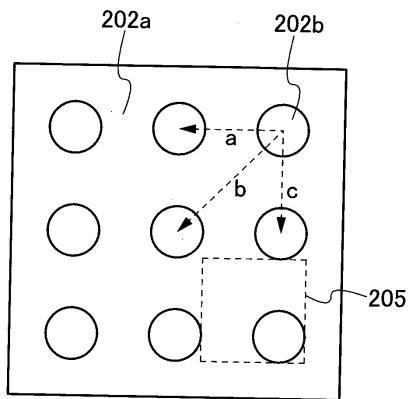


(D)

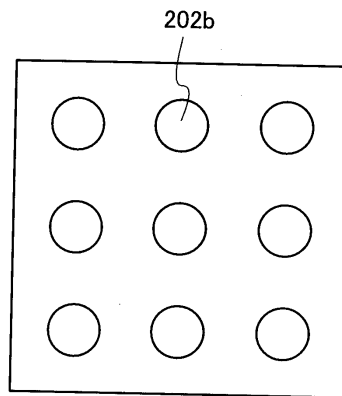


도면3

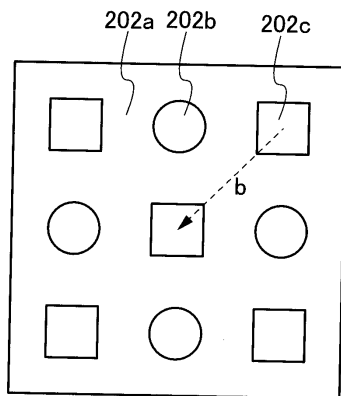
(A)



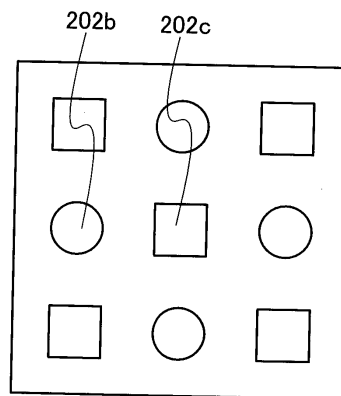
(B)



(C)

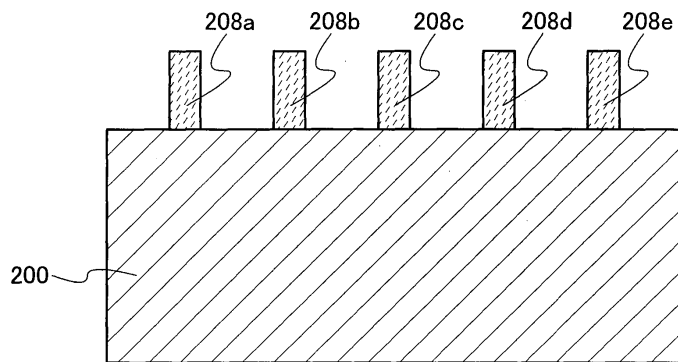


(D)

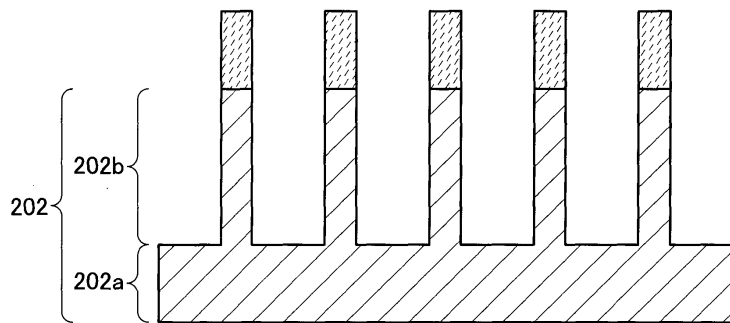


도면4

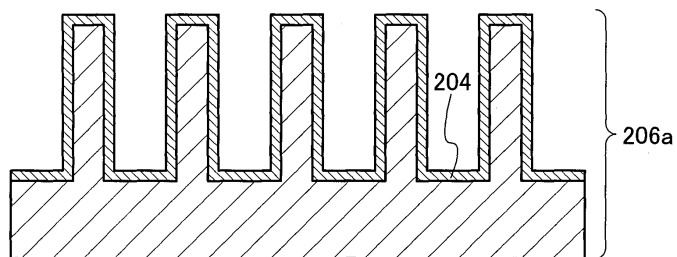
(A)



(B)

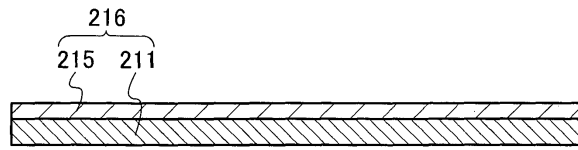


(C)

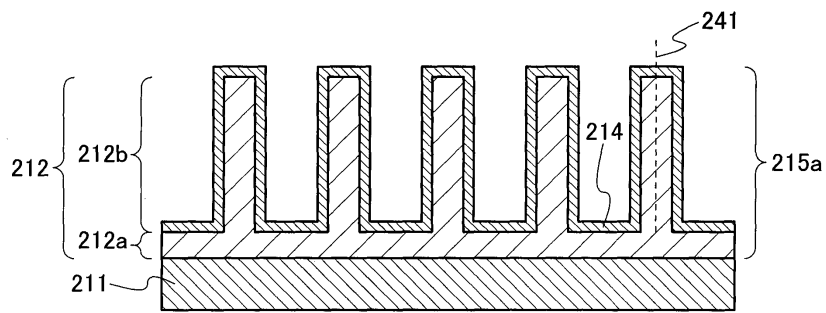


도면5

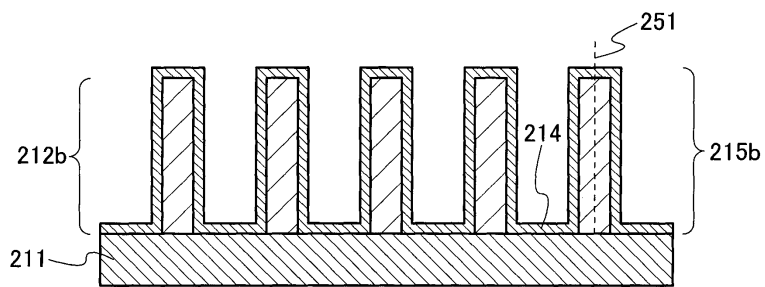
(A)



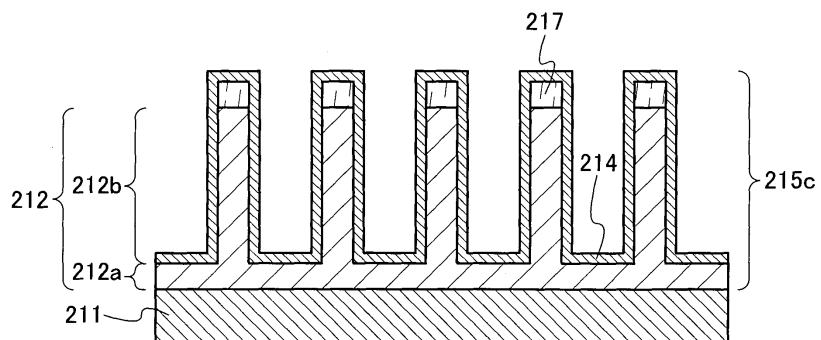
(B)



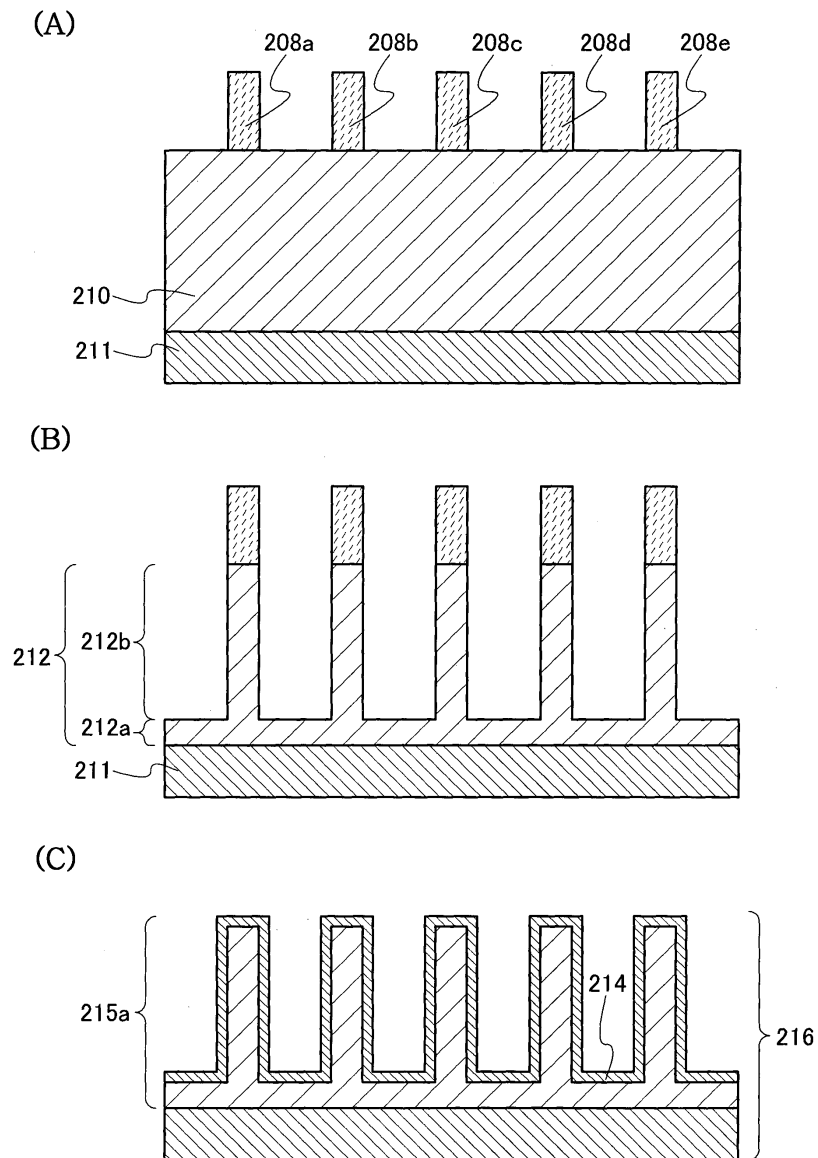
(C)



(D)

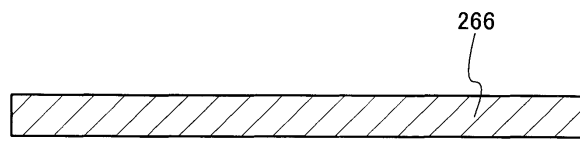


도면6

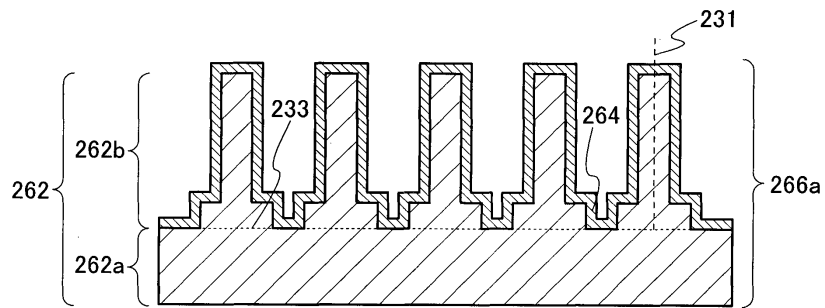


도면7

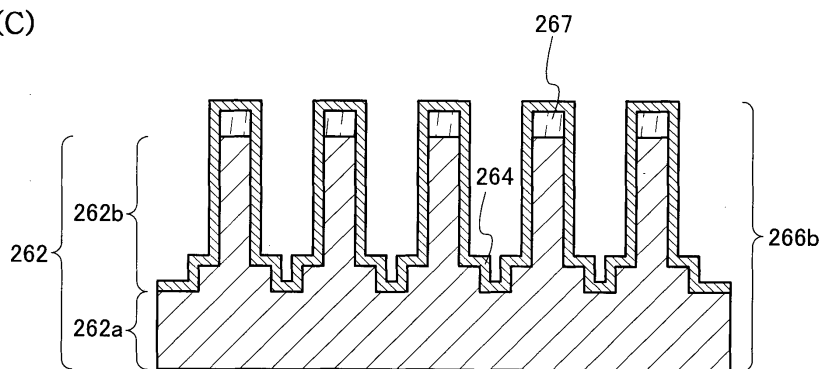
(A)



(B)

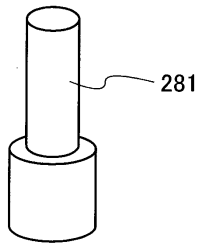


(C)

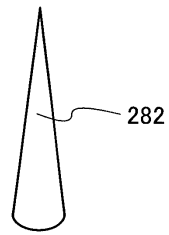


도면8

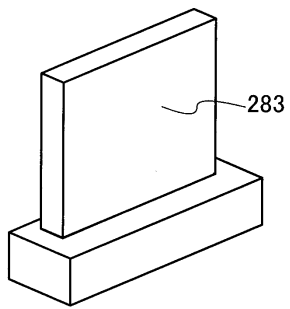
(A)



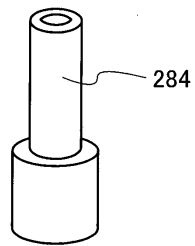
(B)



(C)

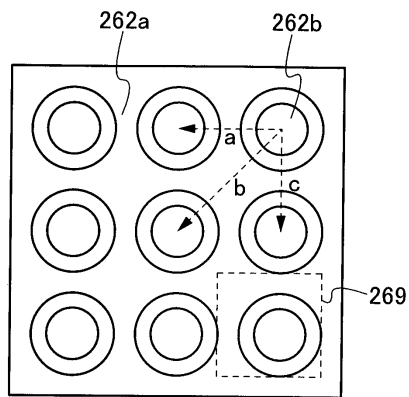


(D)

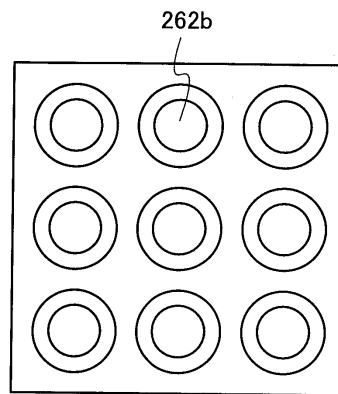


도면9

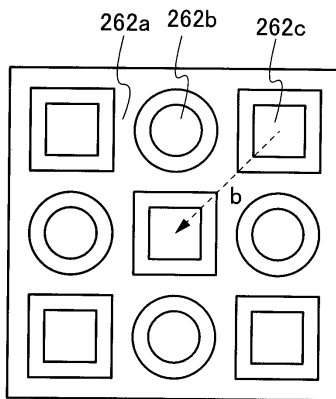
(A)



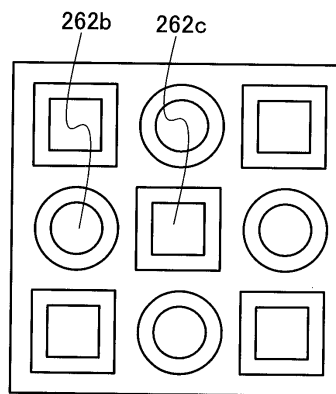
(B)



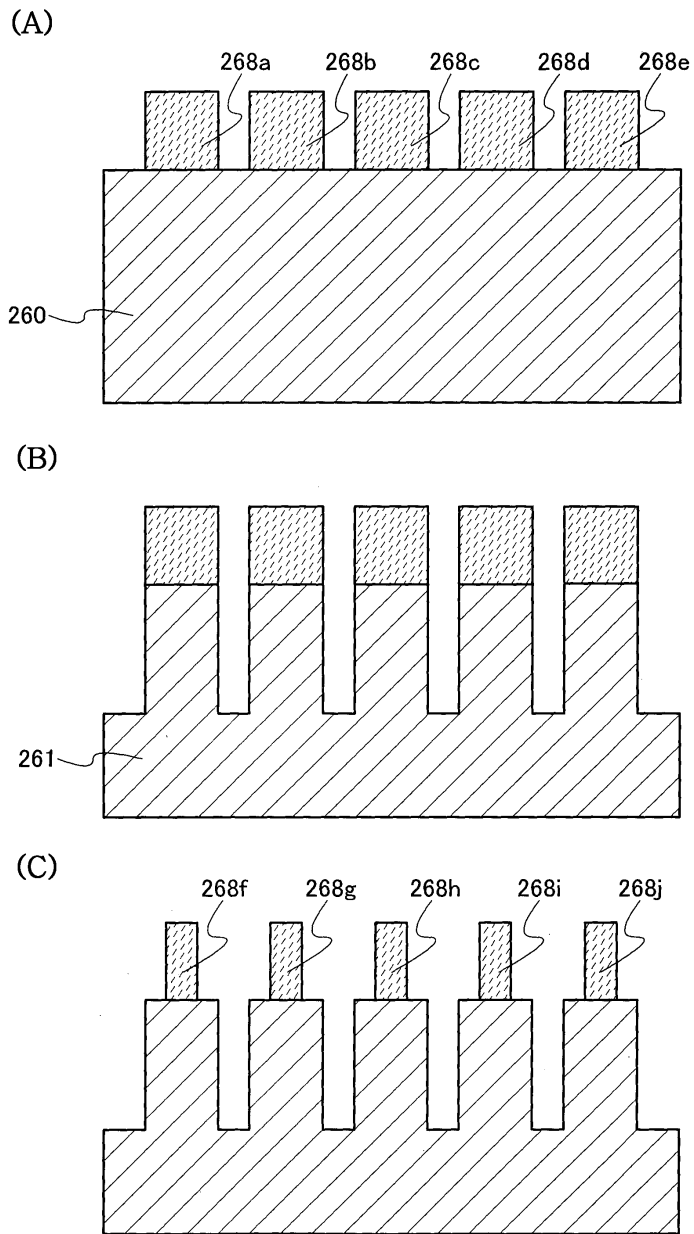
(C)



(D)

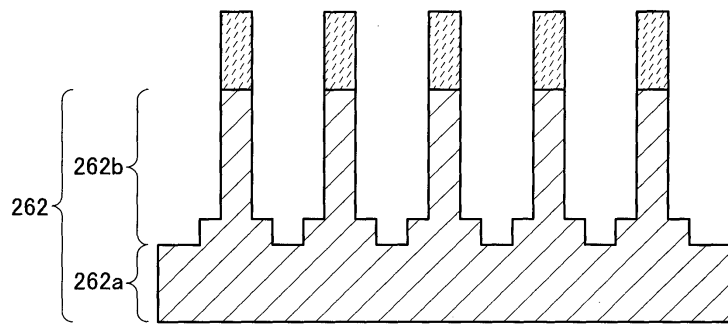


도면10

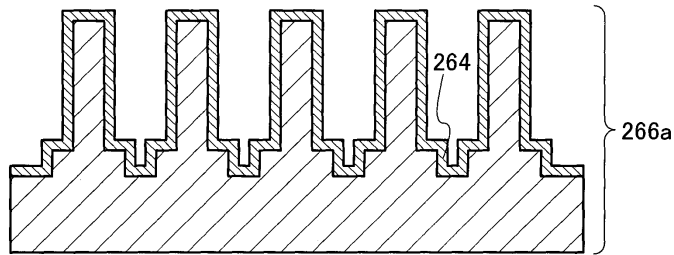


도면11

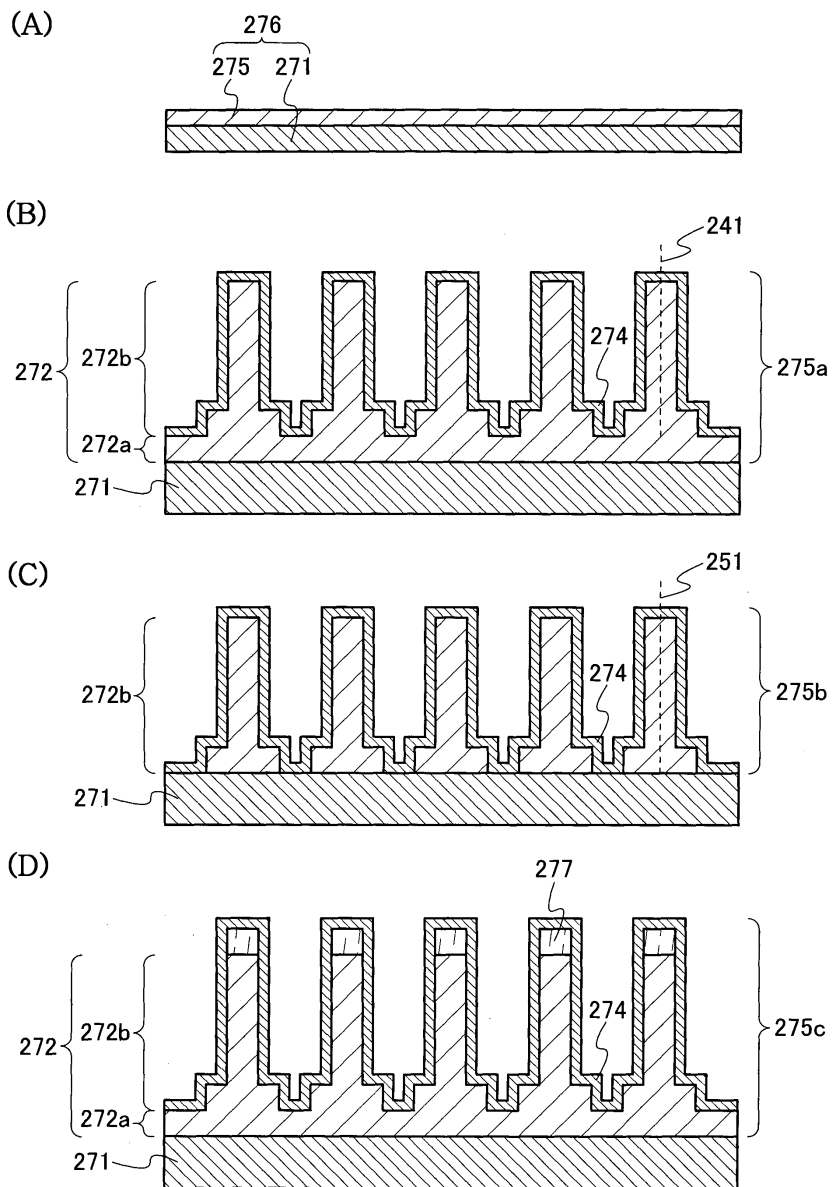
(A)



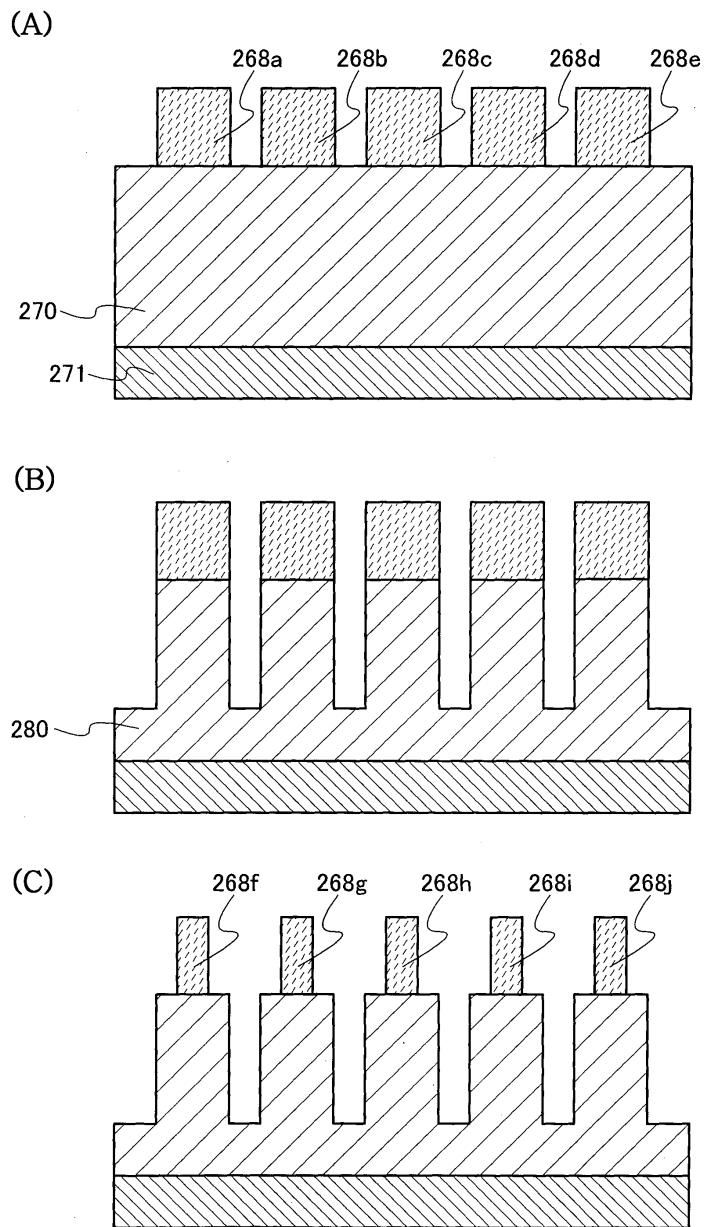
(B)



도면12

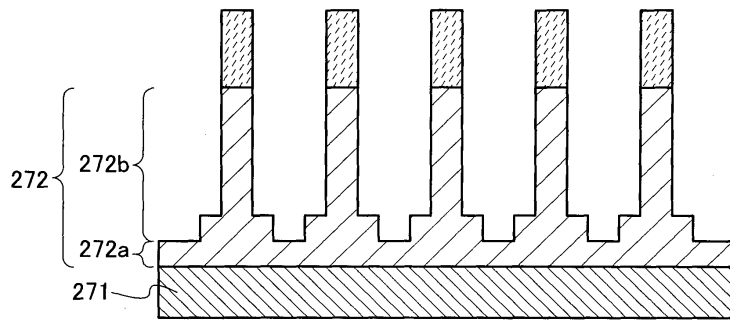


도면13

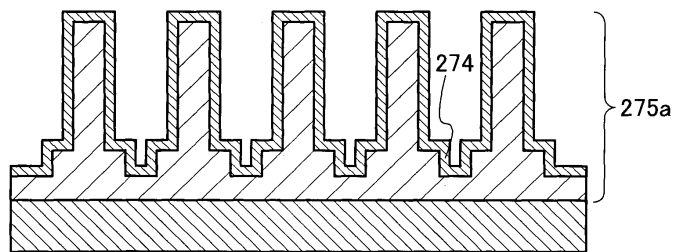


도면14

(A)

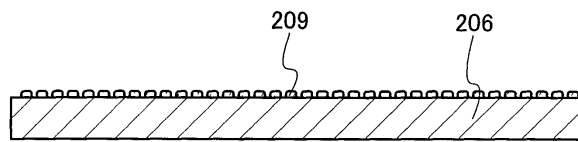


(B)

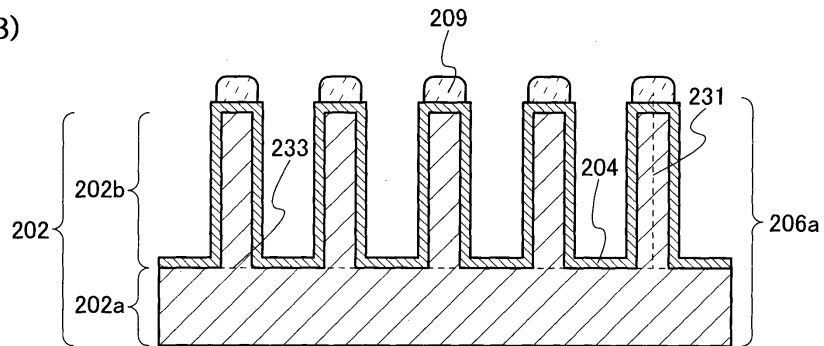


도면15

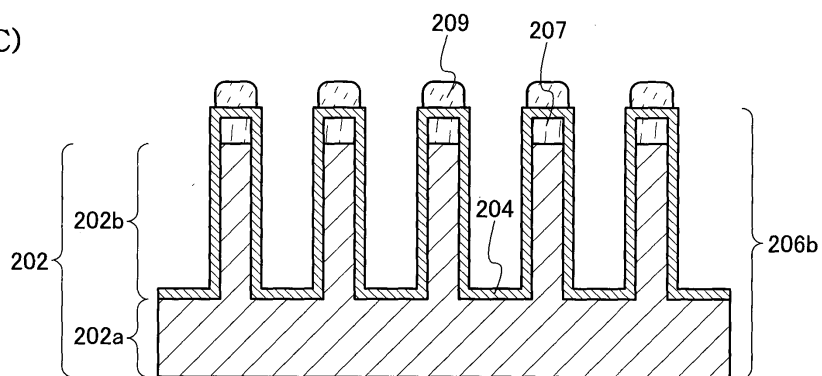
(A)



(B)

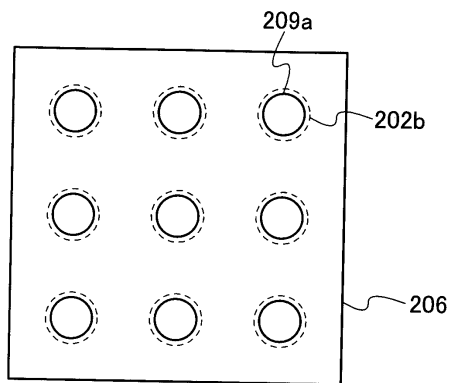


(C)

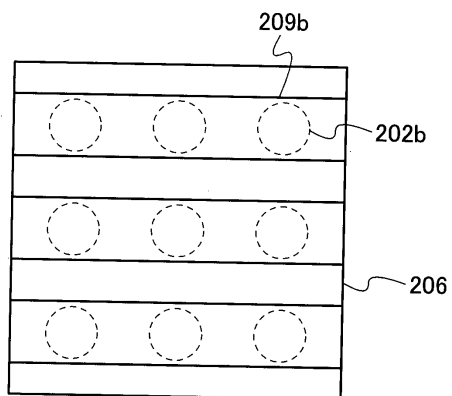


도면16

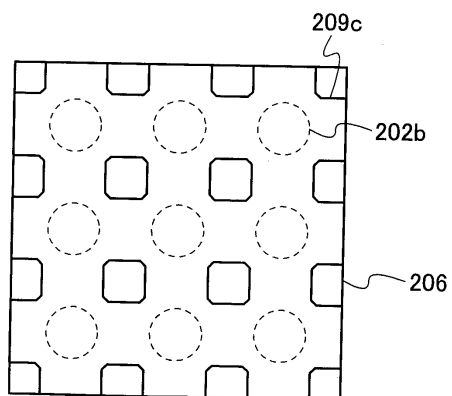
(A)



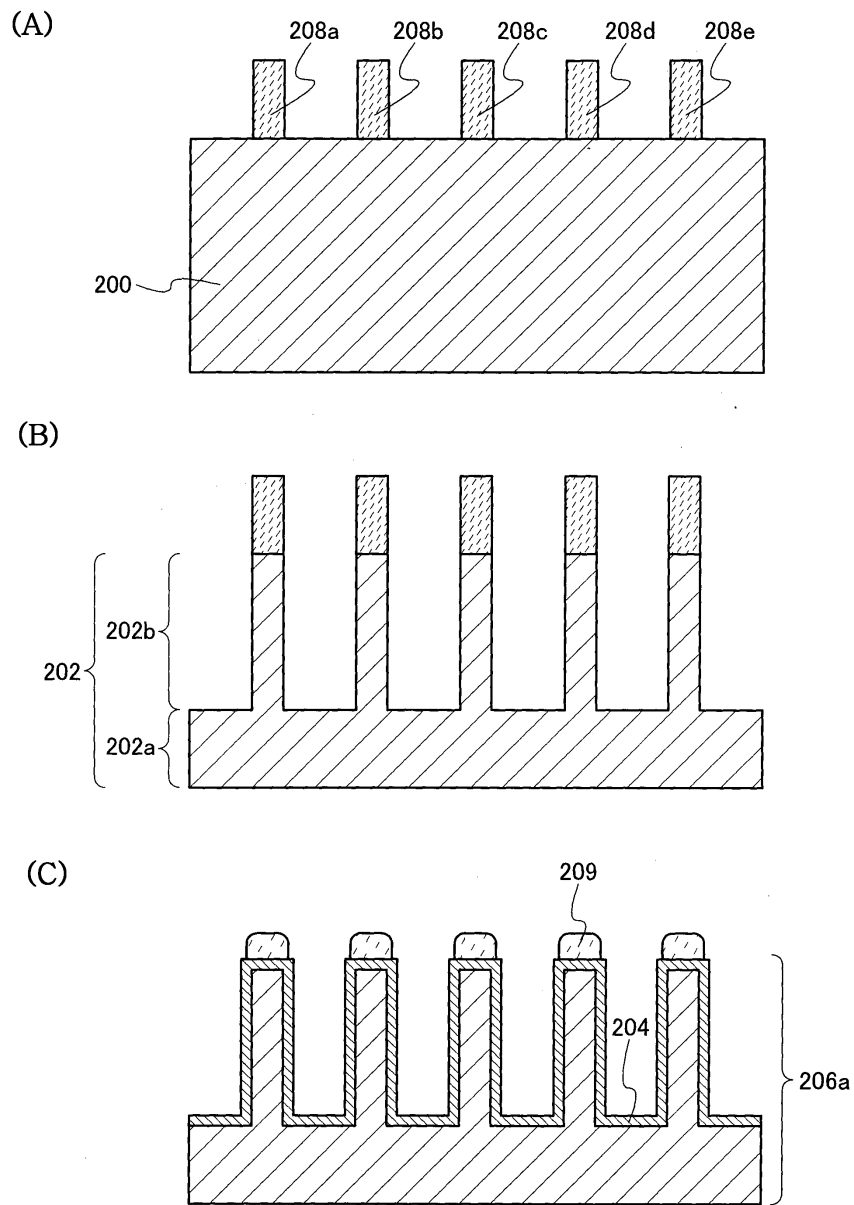
(B)



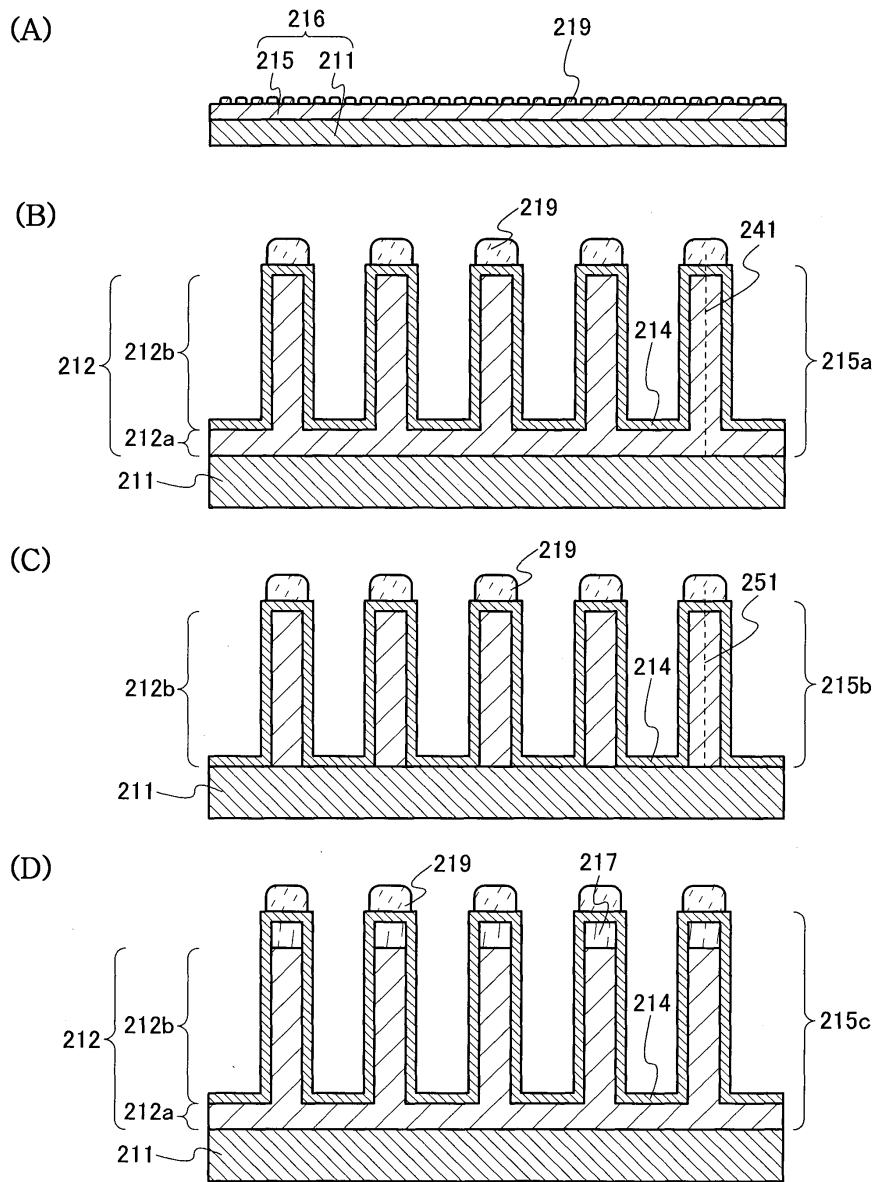
(C)



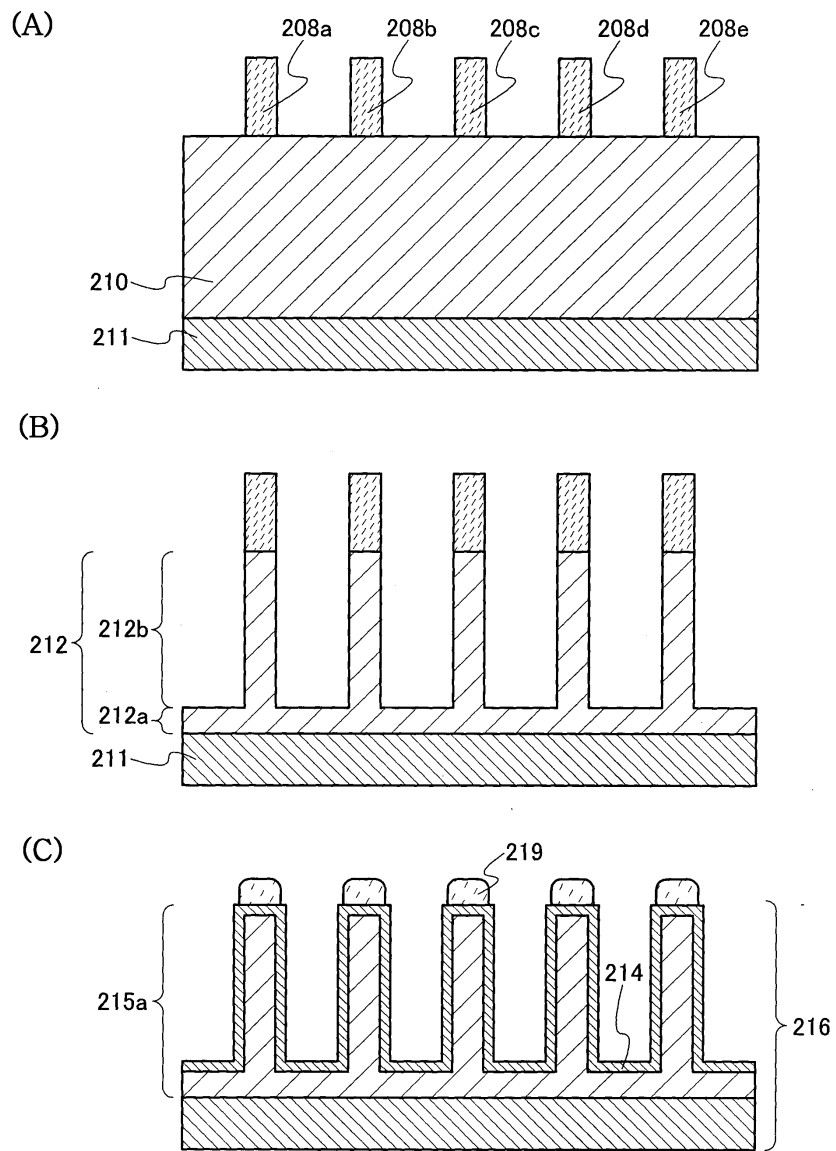
도면17



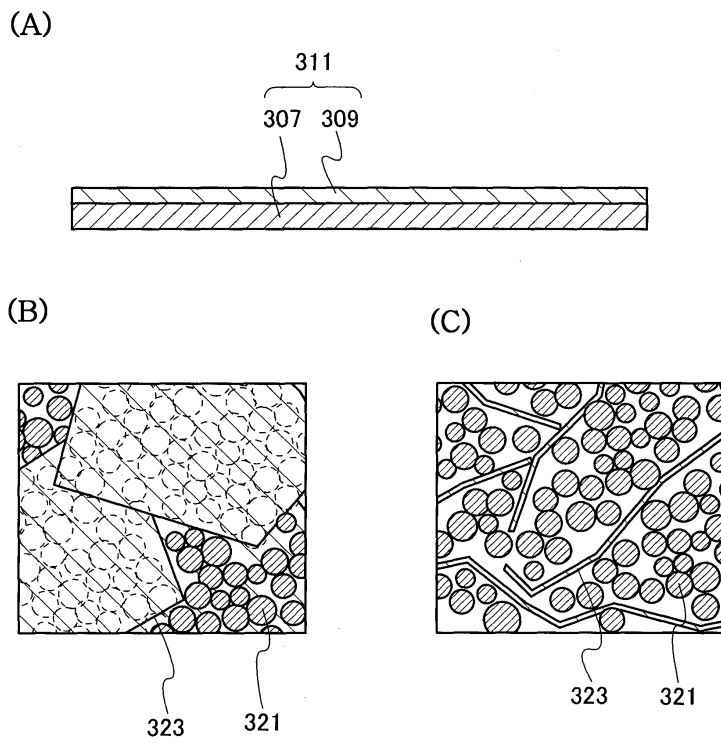
도면18



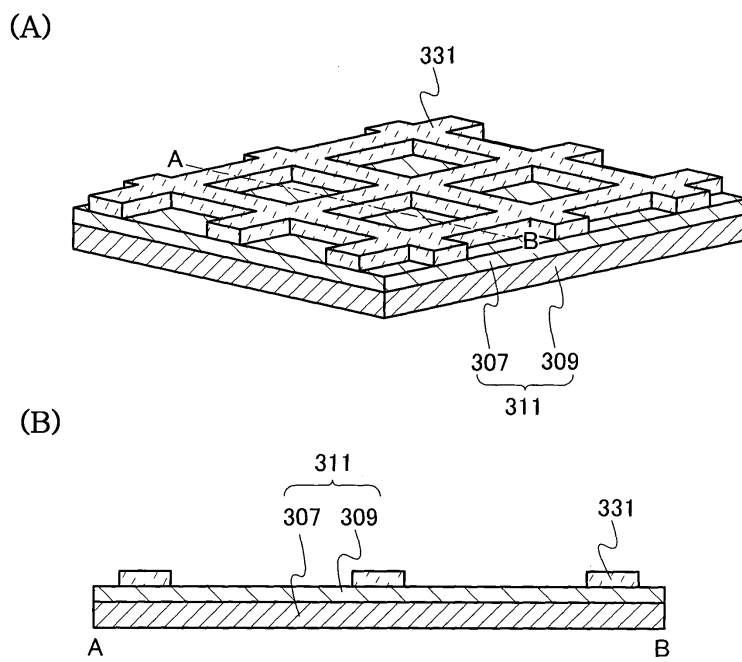
도면19



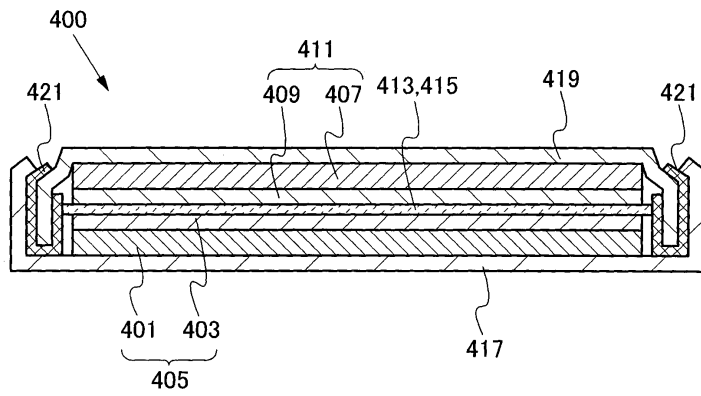
도면20



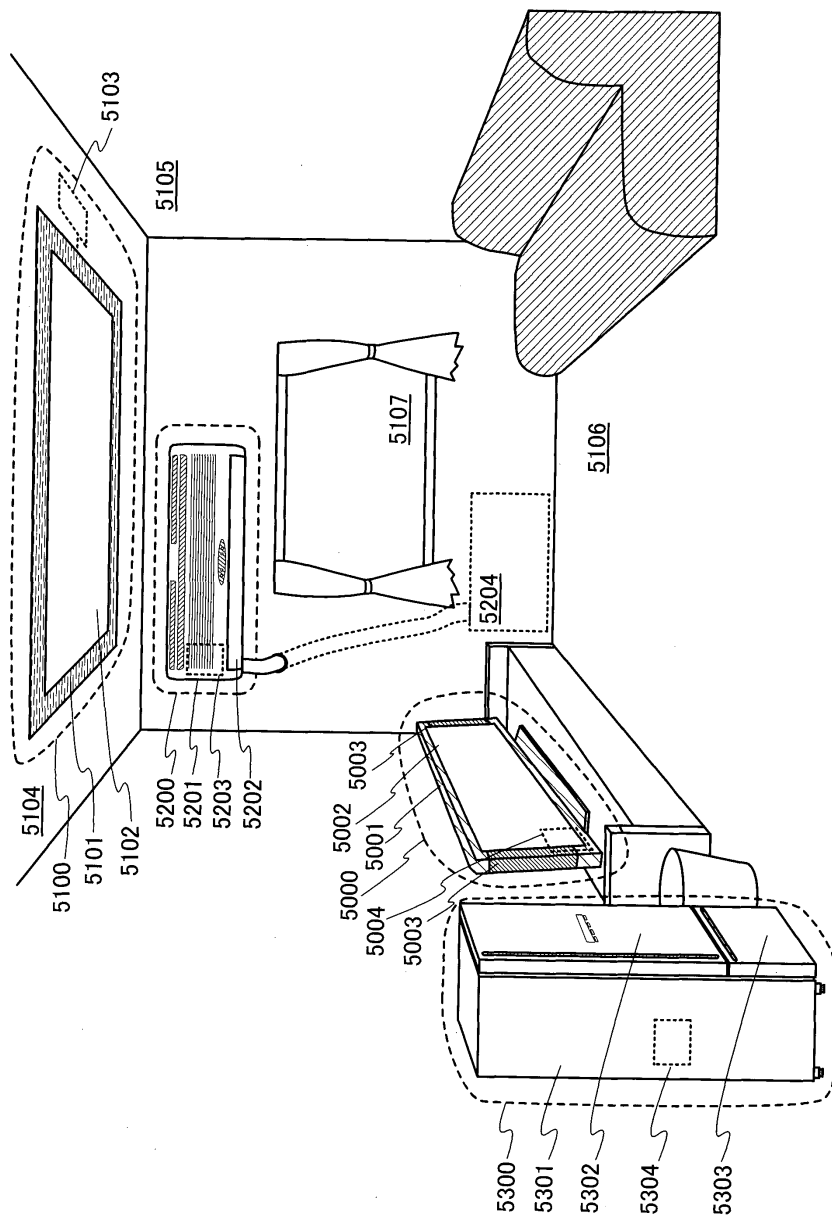
도면21



도면22



도면23



도면24

