



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월21일
(11) 등록번호 10-1360571
(24) 등록일자 2014년02월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 10/36 (2006.01) H01M 4/36 (2006.01)
H01M 4/64 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7009552
(22) 출원일자(국제) 2005년10월27일
심사청구일자 2010년10월26일
(85) 번역문제출일자 2007년04월26일
(65) 공개번호 10-2007-0093049
(43) 공개일자 2007년09월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/038761
(87) 국제공개번호 WO 2006/050022
국제공개일자 2006년05월11일
(30) 우선권주장
10/976,508 2004년10월29일 미국(US)
10/979,043 2004년10월29일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
W02003044882 A1
JP평성10208748 A
US6165646 A
US6365301 A

(73) 특허권자
메드트로닉 인코포레이티드
미합중국 미네소타 55432, 미네아폴리스, 메드트로닉 파크웨이 노스이스트 710
(72) 발명자
하워드, 윌리엄, 주.
미국, 미네소타 55113, 로즈빌, 2550 노스 피스크 스트리트
슈미트, 크레이그, 엘.
미국, 미네소타 55311, 이건, 831 허든 메도우 트레일
스코트, 에릭, 알.
미국, 미네소타 55311, 메이플 그로브, 7781 세난도아 레인 엔.
(74) 대리인
김학제, 문혜정

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 이종국

(54) 발명의 명칭 리튬-이온 전지 및 의료 장치

(57) 요약

본 발명은 양극 집전체, 제 1 활성 물질(first active material) 및 제 2 활성 물질(second active material)로 구성되는 양극을 포함하는 리튬 이온 전지에 관한 것이다. 상기 전지는 또한 음극 집전체 및 리튬 티탄염 물질을 포함하는 제 3 활성 물질(third active materials)을 갖는 음극을 포함한다. 제 1 활성 물질, 제 2 활성 물질 및 제 3 활성 물질은 리튬 이온들의 도핑(doping) 및 언도핑(undoping)을 허용하도록 구성된다. 상기 제 2 활성 물질은 음극 집전체의 부식 전위 미만이고 제 1 활성 물질의 분해 전위를 초과하는 범위의 충방전 용량을 시현한다.

특허청구의 범위

청구항 1

양극 집전체(positive current collector), 제 1 활성 물질(first active material) 및 제 2 활성 물질(second active material)을 포함하는 양극(positive electrode); 및

음극 집전체(negative current collector) 및 제 3 활성 물질(third active material)을 포함하는 음극(negative electrode)을 포함하는 리튬-이온 전지(lithium-ion battery)로서, 상기 제 3 활성 물질은 리튬 티탄염 물질(lithium titanate material)을 포함하고;

상기 제 1 활성 물질, 제 2 활성 물질 및 제 3 활성물질은 리튬 이온들의 도핑(doping) 및 언도핑(undoping)을 허용하도록 구성되고, 상기 제 1 활성 물질은 리튬을 포함하는 화합물을 포함하고, 제 2 활성 물질은 리튬화 V_6O_{13} 또는 $LiMn_2O_4$ 를 포함하여 상기 제 2 활성 물질은 음극 집전체의 부식 전위(corrosion potential) 미만이고 제 1 활성 물질의 분해 전위(decomposition potential)를 초과하는 충방전 용량을 시현하는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 2

제 1항에 있어서, 제 3 활성 물질은 $Li_4Ti_5O_{12}$ 을 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 3

제 1항 또는 2항에 있어서, 상기 양극 및 음극은 음극 집전체의 부식 전위 미만이고 제 1 활성 물질의 분해 전위를 초과하는 제로 전압 교차 전위(zero voltage crossing potentials)를 갖는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 제 1 활성 물질은 $LiCoO_2$ 을 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 6

제 1항 또는 2항에 있어서, 상기 제 1 활성 물질은 $LiNiO_2$ 을 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 7

제 1항 또는 2항에 있어서, 상기 제 1 활성 물질은 $LiAl_xCo_yNi_{(1-x-y)}O_2$ (x 는 0.05 와 0.3 사이이고 y 는 0.1 과 0.3 사이)을 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 8

제 1항 또는 2항에 있어서, 상기 음극 집전체는 구리(copper), 티타늄(titanium), 니켈(nickel) 및 알루미늄(aluminum)중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제 1항 또는 2항에 있어서, 상기 전지는 10 mAh 와 1000 mAh 사이의 용량을 갖는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 13

제 1항 또는 2항에 있어서, 상기 리튬-이온 전지는 전지가 후속적으로 재충전될 때 전지 용량의 손실 없이 제로-전압 조건으로 방전될 수 있는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 14

제 1항 또는 2항에 있어서, 상기 리튬 이온 전지가 의료 장치에 제공되는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 15

제 14항에 있어서, 상기 의료 장치의 적어도 일부분은 환자의 체내에 이식되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 16

제 15항에 있어서, 리튬-이온 전지를 포함하는 상기 의료 장치의 일부분은 환자의 체내에 이식되고, 상기 리튬-이온 전지는 상기 리튬-이온 전지를 환자의 몸으로부터 꺼내지 않고 충전될 수 있는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

청구항 17

제 14항에 있어서, 상기 의료 장치는 신경 자극 기구(neurological stimulation device), 심세동기(cardiac defibrillator), 심장 박동 조절기(cardiac pacemakers), 심수축용 변조기(cardiac contractility modulator), 제세동기(cardioverters), 약물 투여용 기구(drug administering devices), 인공 와우 이식기(cochlear implants), 보청기(hearing aids), 센서(sensors), 원격 측정 기구(telemetry devices) 및 진단 레코더(diagnostic recorders)로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 리튬-이온 전지.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 리튬 전지들에 관련된다. 보다 구체적으로, 본 발명은 과방전 조건에서 비교적 내구성이 뛰어난 리튬-이온 전지들에 관련된다.

배경기술

[0002] 리튬-이온 전지는 그 위에 활성 물질(예를 들어, LiCoO_2)을 갖는 양극 집전체(positive current collector)(예를 들어, 알루미늄 호일과 같은 알루미늄) 및 그 위에 활성 물질(예를 들어 흑연과 같은 탄소 물질)을 갖는 음극 집전체(negative current collector)(예를 들어, 구리 호일과 같은 구리)를 포함한다. 양극 집전체 및 그 위에 공급되는 활성 물질은 양극으로 간주되고, 음극 집전체 및 그 위에 공급되는 활성 물질은 음극으로 간주된다.

[0003] 도 1은 상술한 리튬-이온 전지(10)의 일부분에 대한 개략도이다. 상기 전지(10)는 양극 집전체(22) 및 양극 활성 물질(24)을 포함하는 양극(20), 음극 집전체(32) 및 음극 활성 물질을 포함하는 음극(30), 전해질(40) 및 양

극(20)과 음극(30)의 중간 또는 사이에 제공되는 세퍼레이터(separator)(예를 들어, 고분자 미세다공성 세퍼레이터, 미도시)를 포함한다. 상기 전극들(20,30)은 각각 플랫(flat) 또는 평판(planar plate)으로 제공되거나 나선형(spiral) 또는 다른 배치(예를 들어, 타원 배치)로 래핑되거나 와운드(wound)될 수 있다. 상기 전극은 또한 폴디드(folded) 배치로 제공될 수 있다.

- [0004] 상기 전지(10)가 충전되고 방전되는 동안, 리튬 이온들은 양극(20) 및 음극(30) 사이에서 이동한다. 예를 들어, 전지(10)가 방전될 때, 리튬 이온은 음극(30)에서 양극(20)으로 흐른다. 반대로 전지(10)가 충전될 때, 리튬 이온은 양극(20)에서 음극(30)으로 흐른다.
- [0005] 도 2는 기존의 리튬-이온 전지의 이론적인 충방전 특성을 도시한 그래프(100)이다. 곡선 110은 그 위에 LiCoO_2 활성 물질을 갖는 알루미늄 집전체를 포함하는 양극의 리튬 기준 전극에 대한 전극 전위를 나타내고, 곡선 120은 그 위에 탄소질 활성 물질을 갖는 구리 집전체를 포함하는 음극의 리튬 기준 전극에 대한 전극 전위를 나타낸다. 곡선 110과 120의 차이는 총체적인 전지 전압(cell voltage)을 나타낸다.
- [0006] 도 2에 도시된 바와 같이, 최대용량으로 초기 충전되면, 양극 전위는 곡선 110으로 도시된 것과 같이, 약 3.0 볼트에서부터 음극을 형성하기 위하여 사용된 구리의 부식 전위(corrosion potential)(점선 122)를 초과하는 점까지 증가한다. 음극 전위는 약 3.0 볼트부터 알루미늄 집전체 위에 제공된 LiCoO_2 활성 물질의 분해 전위(decomposition potential)(점선 112) 미만의 점까지 감소한다. 초기 충전되면, 전지는 음극 집전체 위의 비활성층의 형성으로 인해서 용량의 비가역적 손실이 초래되고, 이는 고체-전해질 인터페이스(interface)("SEI")로 불릴 수도 있다. 이러한 용량의 비가역적 손실은 곡선(120)에서 레지(ledge) 또는 셸프(shelf)(124)로 도시된다.
- [0007] 기존의 리튬-이온 전지의 하나의 문제점은 전지가 근-제로 전압(near-zero volts)으로 방전되면, 사용된 재료 및 케이스의 극성에 따라서 전달가능한 용량의 손실 및 음극 집전체(구리) 및 혹은 전지 케이스의 부식을 초래한다는 것이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 전지의 초기 충전 후 계속 전지가 방전되어 전지 전압이 제로 전압에 접근하면서(즉, 제로 퍼센트 용량) 음극 전위는 점선(126)에 의한 경로를 따른다. 도 2에 도시된 바와 같이, 음극 전위는 음극 집전체의 구리 부식 전위(구리의 경우 약 3.5 볼트이고 도 2의 점선 122로 도시)에 접근하여 안정 상태에 이른다.
- [0008] 곡선 110과 120이 교차하는 지점은 때때로 제로 전압 교차 전위(zero voltage crossing potential)라고 칭하는데, 전지 전압이 0인 것에 해당한다.(즉 이 지점에서 두 곡선들 사이의 차이는 제로이다.) 구리 부식 전위에서 발생하는 상기 구리 집전체의 분해(degradation)로 인하여, 음극 집전체에 사용된 구리 물질은 전지가 제로 전압 조건에 다다르기 전에 부식되어 전지에 있어서 전달가능한 용량의 극심한 손실을 가져온다.
- [0009] 도 2에 전지가 제로 전압 배치에 접근할 때 음극 집전체의 부식이 초래될 수 있는 이론적인 전지의 충방전 특성이 도시되었지만, 양극 집전체상의 활성 물질이 제로-볼트에 가까운 조건하에서 분해될 수 있는 경우도 있다. 이와 같은 경우에, 리튬 기준 전극에 대한 양극의 이론적인 충방전 전위는 양극 활성 물질의 분해 전위(도 2의 112로 도시)까지 감소하는데, 이러한 지점에서는 양극 활성 물질이 분해되어 장래의 과방전 조건에 대한 보호가 감소될 가능성이 있다.
- [0010] 리튬 이온 전지의 손상은 저전압 조건에서도 일어날 수 있기 때문에, 기존의 리튬 이온 전지는 보호 회로를 포함할 수 있고/있거나 전지로부터의 전류 드레인(drain)을 현저하게 감소시키는(예를 들어, 전지를 절연함으로써) 보호 회로를 포함하는 장치 내에서 사용될 수 있다.
- [0011] 의료 장치 산업은 환자를 치료하기 위한 광범위한 전자적 및 기계적 기구를 생산하고 있다. 의학적인 상태에 따라서, 의료 장치는 치료를 받는 환자에게 외과 적으로 이식되거나 외부적으로 연결될 수 있다. 임상의학자들은 환자의 의학적 상태를 치료하기 위하여 의료 장치를 단독으로 사용하거나 약물 치료 및 외과 수술과 함께 사용한다. 몇몇 질병에 있어서, 의료 장치는 환자를 보다 건강한 상태로 회복시키고 충분한 삶을 제공하는 가장 좋은, 때때로 유일한, 치료방법을 제공한다.
- [0012] 이식가능한 의료 장치를 포함하여 이와 같은 의료 장치에 전지 전력을 제공하는 것이 바람직하다. 이와 같은 경우에, 재충전될 수 있는 전지를 제공하는 것이 유리할 것이다. 또한 전지가 손상되어 계속적인 충방전 작동에 있어서 전지의 기능이 떨어지는 실질적인 위험 없이(즉 전극 또는 전지 케이스의 부식이 일어나지 않고, 양극 활성 물질이 분해되지 않는 등) 근 제로 볼트로 방전될 수 있는 전지를 제공하는 것이 유리할 것이다.
- [0013] 전달 가능한 용량이 뒤이어 감소하거나 음극 또는 전지 케이스가 부식되지 않고 근 제로 볼트로 방전될 수 있는

전지(예를 들어 리튬 이온 전지)를 제공하는 것이 유리할 것이다. 전지 기능이 현저하게 떨어지지 않고 전지가 큰 제로 전압 조건에서 사용될 수 있도록 전지의 초기 충전으로 인한 비가역적 용량의 손실이 보상되는 전지를 제공하는 것도 유리할 것이다. 이들 중의 하나 이상 또는 다른 이점들을 포함하는 전지를 활용하는 의료 장치(예를 들어, 이식 가능한 의료 장치)를 제공하는 것 또한 유리할 것이다.

[0014] [요약]

[0015] 본 발명의 일 구현예는 양극 집전체, 제 1 활성 물질(first active material) 및 제 2 활성 물질(second active material)로 구성되는 양극을 포함하는 전지에 관한 것이다. 상기 전지는 또한 음극 집전체 및 리튬 티탄염 물질로 구성되는 제 3 활성 물질(third active materials)로 구성되는 음극을 포함한다. 제 1 활성 물질, 제 2 활성 물질 및 제 3 활성 물질은 리튬 이온들의 도핑(doping) 및 언도핑(undoping)을 허용하도록 구성된다. 상기 제 2 활성 물질은 음극 집전체의 부식 전위 미만이고 제 1 활성 물질의 분해 전위를 초과하는 범위 내의 충방전 용량을 시현한다.

발명의 상세한 설명

[0023] 도 3에 본 발명의 일 구현예에 의한 리튬-이온 전지(200)의 일부분에 대한 개략적인 단면도가 도시되었다. 일 구현예에 의하면, 상기 전지(200)는 약 10과 1000 mAh 사이의 정격(rating)을 갖는다. 다른 일 구현예에 의하면 상기 전지는 약 100과 400 mAh사이의 정격을 갖는다. 다른 일 구현예에 의하면, 상기 전지는 약 300 mAh 전지이다. 다른 일 구현예에 의하면, 상기 전지는 약 75 mAh 전지이다.

[0024] 전지(200)는 적어도 하나의 양극(210) 및 음극(220)을 갖는다. 상기 극들은 전지(200)의 플레이트(flat) 또는 편평한 구성요소로 제공될 수 있다. 전극들은 나선형 또는 다른 배치로 감기거나 폴디드(folded) 배치로 제공될 수 있다. 예를 들어, 전극들은 직사각의 맨드릴(rectangular mandrel) 둘레에 감겨서 각형 전지 케이스에 삽입되도록 타원형 와운드 코일(oval wound coil)을 형성한다. 다른 구현예에 의하면, 전지는 버튼 전지 전지(a button cell battery), 박막 고체상 전지 또는 다른 리튬-이온 전지 구성으로 제공될 수 있다.

[0025] 상기 전지 케이스(미도시)는 스테인리스 스틸 또는 다른 금속으로 만들어질 수 있다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전지 케이스는 티타늄, 알루미늄 또는 그들의 합금으로 만들어질 수 있다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전지 케이스는 플라스틱 재료 또는 플라스틱-호일 라미네이트(laminate) 물질(예를 들어, 폴리올레핀층(polyolefin layer)과 폴리에스터층(polyester layer)에 중간층으로 제공되는 알루미늄 호일)로 만들어질 수 있다.

[0026] 다른 구현예에 의하면, 음극은 니켈 또는 니켈 합금으로 구성된 부재(member) 또는 탭(tab)에 의하여 스테인리스 스틸 케이스에 연결된다. 알루미늄 또는 알루미늄 합금 부재 또는 탭은 양극에 연결되거나 부착될 수 있다. 일 구현예에 의하면, 니켈 및 알루미늄 탭들은 전지에 대한 단자들(terminals)로 기능할 수 있다.

[0027] 전지(200)의 용적은 다양한 구현예들에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 전극이 와운드되어 각형 전지 케이스로 제공될 수 있는 하나의 구현예에 의하면, 전지는 약 30-40 mm 사이 × 약 20-30 mm 사이 × 약 5-7 mm 사이의 용적을 갖는다. 다른 구현예에 의하면, 전지의 용적은 약 20mm × 20mm × 3mm 이다.

[0028] 다른 구현예에 의하면, 전지는 약 30mm의 직경 및 약 3mm의 두께를 갖는 버튼 전지 타입(button cell type) 전지의 형태로 제공될 수 있다. 관련된 기술분야의 당업자들에게 본원에 기술된 치수들 및 구조들은 예시적인 것에 불과하고, 다양한 크기, 모양 및 구조를 가진 전지들이 본원 발명과 관련하여 생산될 수 있다.

[0029] 전해질(230)은 양극과 음극의 중간 또는 사이에 제공되어 리튬 이온이 지나는 매체를 제공한다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전해질은 액체(예를 들어, 하나 이상의 비-수용성 용매들에 용해된 리튬염)일 수 있다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전해질은 폴리(에틸렌 옥사이드) 또는 실리콘과 같은 고분자 물질에 용해된 리튬염일 수 있다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전해질은 N-메틸-N-알킬피롤리디늄비스(트리플루오로메탄설포닐)이미드염(N-methyl-N-alkylpyrrolidiniumbis

[0030] (trifluoromethanesulfonyl)imide salts)과 같은 이온성 액체일 수 있다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전해질은 리튬 포스포러스 옥시나이트라이드(lithium phosphorous oxynitride)(LiPON)와 같은 리튬-이온 전도성 유리나 같은 고체상 전해질일 수 있다.

[0031] 다양한 다른 전해질들이 다른 구현예들에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 다른 구현예에 의하면, 상기 전해질은 1.0 M의 LiPF₆염에서 에틸렌 카보네이트(ethylene carbonate)와 다이에틸렌 카보네이트(diethylene

carbonate)(EC :DEC)의 1:1 혼합물일 수 있다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전해질은 폴리프로필렌 카보네이트(polypropylene carbonate) 용액 및 리튬 비스-옥살라토보레이트염(lithium bis-oxalatoborate salt)(때때로 LiBOB로 간주되는)을 포함할 수 있다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전해질은 하나 이상의 PVDF 공중합체(PVDF copolymer), PVDF-폴리이미드 물질(PVDF-polyimide material) 및 유기실리콘 중합체(organosilicon polymer), 열중합 겔(thermal polymerization gel), 라디에이션 경화된 아크릴레이트(a radiation cured acrylate), 중합체 겔을 포함한 미립자(a particulate with polymer gel), 무기 겔 중합체 전해질, PVDF 겔, 폴리에틸렌 옥사이드(polyethylen oxide)(PEO), 유리 세라믹 전해질(a glass ceramic electrolyte), 인산염 유리(phosphatate glasses), 리튬 전도성 유리(lithium conducting glasses) 및 무기 이온성 액체 또는 겔 등을 포함할 수 있다.

[0032] 세퍼레이터(250)는 양극(210) 및 음극(220) 중간 또는 사이에 제공된다. 일 구현예에 의하면 상기 세퍼레이터(250)는 전해질 및 리튬 이온이 세퍼레이터의 한 방향에서 다른 방향으로 이동하도록 허용하는 미세공(micropores)을 포함하는 폴리프로필렌/폴리에틸렌(polypropylene/polyethelene) 또는 폴리올레핀 다중층 라미네이트(polyolefin multilayer laminate)와 같은 고분자 물질이다. 일 구현예에 의하면 세퍼레이터(250)의 두께는 약 10 μm 와 50 μm 사이이다. 특별한 일 구현예에 의하면, 세퍼레이터의 두께는 약 25 μm 이고 포어(pore)의 평균 크기는 약 0.02 μm 및 0.1 μm 사이이다.

[0033] 상기 양극(210)은 금속과 같은 전도성 물질로 만들어진 집전체(212)를 포함한다. 일 구현예에 의하면, 상기 집전체(212)는 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성된다. 일 구현예에 의하면, 상기 집전체(212)의 두께는 약 5 μm 와 75 μm 사이이다. 특별한 일 구현예에 의하면, 상기 집전체(212)의 두께는 약 20 μm 이다. 양극 집전체(212)가 얇은 호일 물질로 도시되고 기술되었지만, 상기 양극 집전체는 다양한 구현예들에 의한 임의의 다른 구성을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 양극 집전체는 메쉬 그리드(mesh grid), 확장된 금속 그리드, 광화학적 인 에칭된 그리드 등과 같은 그리드(grid)일 수 있다

[0034] 집전체(212)는 그 위에 활성 물질층(214)(예를 들어 집전체 위에 코팅된)을 갖는다. 도 3에서 활성 물질층(214)이 집전체(212)의 한 쪽에만 도시되었지만, 활성 물질층(214)과 동일하거나 유사한 활성 물질층이 집전체의 양쪽에 코팅될 수 있다.

[0035] 도 3에 도시된 바와 같이, 층 214는 제 1 활성 물질(216) 및 제 2 또는 보조 활성 물질(218)을 포함한다. 일 구현예에서 제 1 활성 물질(216) 및 제 2 활성 물질(218)이 각각 분리되어 도시되었지만, 제 1 활성 물질(216) 및 제 2 활성 물질(218)이 서로 혼합된(예를 들어, 도 4에 도시된 일 구현예에서 층(214)는 제 1 활성 물질(216) 및 제 2 활성 물질(218)을 모두 포함한다.) 단일 활성 물질층으로 제공될 수 있다. 바인더 물질 역시 다양한 전극 요소들을 서로 결합하거나 지지하기 위해 활성 물질층(214)과 관련하여 사용될 수 있다. 예를 들어, 일 구현예에 의하면 상기 활성 물질층은 흑연과 같은 전도성 첨가제 및 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride) (PVDF) 또는 탄성 중합체(elastomeric polymer)와 같은 바인더를 포함할 수 있다.

[0036] 일 구현예에 의하면, 제 1 활성 물질(216)은 리튬을 포함하는 물질 또는 화합물이다. 제 1 활성 물질(216)에 포함된 상기 리튬은 전지가 방전되고 충전되는 동안 각각 도핑(doped)되고 언도핑(undoped)될 수 있다. 일 구현예에 의하면, 제 1 활성 물질(216)은 리튬 코발트 옥사이드(lithium cobalt oxide)(LiCoO_2)이다. 다른 일 구현예에 의하면, 상기 양극 활성 물질은 LiNiO_2 또는 $\text{LiCo}_x\text{Ni}_{(1-x)}\text{O}_2$ (x 는 0.05 와 0.8 사이)형태의 물질 형태이다. 다른 일 구현예에 의하면, 상기 양극 활성 물질은 $\text{LiAl}_x\text{Ni}_{(1-x)}\text{O}_2$ (여기서 x 는 약 0.05과 0.3 사이이고 y 는 약 0.1과 0.3 사이) 형태이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 제 1 활성 물질은 LiMn_2O_4 을 포함할 수 있다.

[0037] 다양한 구현예들에 의하면, 제 1 활성 물질은 $\text{Li}_{1-x}\text{MO}_2$ (여기서 M은 금속) 형태의 물질(예를 들어, LiCoO_2 , LiNiO_2 , 및 LiMnO_2), $\text{Li}_{1-w}(\text{M}'_x\text{M}''_y)\text{O}_2$ (여기서 M' 및 M''은 다른 금속) 형태의 물질(예를 들어, $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y)\text{O}_2$, $\text{Li}(\text{Ni}_{1/2}\text{Mn}_{1/2})\text{O}_2$, $\text{Li}(\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x})$, $\text{Li}(\text{Al}_x\text{Mn}_{1-x})$, $\text{Li}(\text{Co}_x\text{M}_{1-x})\text{O}_2$, $\text{Li}(\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x})\text{O}_2$, 및 $\text{Li}(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})\text{O}_2$), $\text{Li}_{1-w}(\text{Mn}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$ 형태의 물질(예를 들어, $\text{LiCo}_x\text{Mn}_y\text{Ni}_{(1-x-y)}\text{O}_2$, $\text{Li}(\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$, $\text{Li}(\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3-x}\text{Mg}_x)\text{O}_2$, $\text{Li}(\text{Mn}_{0.4}\text{Ni}_{0.4}\text{Co}_{0.2})\text{O}_2$, 및 $\text{Li}(\text{Mn}_{0.1}\text{Ni}_{0.1}\text{Co}_{0.8})\text{O}_2$), $\text{Li}_{1-w}(\text{Mn}_x\text{Ni}_y\text{Co}_{1-2x})\text{O}_2$ 형태의 물질, $\text{Li}_{1-w}(\text{Mn}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Al}_w)\text{O}_2$ 형태의 물질, $\text{Li}_{1-w}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Al}_z)\text{O}_2$ 형태의 물질(예를 들어, $\text{Li}(\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05})\text{O}_2$), $\text{Li}_{1-w}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{M}_z)\text{O}_2$ (여기서 M은 금속) 형태의 물질, $\text{Li}_{1-w}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{M}_z)\text{O}_2$ (여기서 M은 금속) 형태의 물질, $\text{Li}(\text{Ni}_{x-y}\text{Mn}_y\text{Cr}_{2-x})\text{O}_4$ 형태의 물질, LiMn_2O_4 , $\text{LiM}''\text{M}'_2\text{O}_4$ (여기서 M' 및 M''은 서로 다른 금속) 형태의 물질(예를 들어, $\text{LiMn}_{2-y-z}\text{Ni}_y\text{Li}_z\text{O}_4$, $\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$, LiNiCuO_4 , $\text{LiMn}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_4$, $\text{LiNi}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_4$, 및 $\text{Li}_{1.05}\text{Al}_{0.1}\text{Mn}_{1.85}\text{O}_{4-z}\text{F}_z$), Li_2MnO_3 , $\text{Li}_x\text{V}_y\text{O}_z$ 형태의 물질(예를 들어, LiV_3O_8 , LiV_2O_5 , 및

$\text{LiV}_6\text{O}_{13}$), LiMPO_4 (여기서 M은 금속) 또는 $\text{LiM}_x'\text{M}''_{1-x}\text{PO}_4$ (여기서 M' 및 M''은 서로 다른 금속)(예를 들어, LiFePO_4 , $\text{LiFe}_{x-1}\text{M}_{1-x}\text{PO}_4$, LiVOPO_4 , 및 $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$) 및 LiMPO_{4x} (M은 철(iron) 또는 바나듐(vanadium) 이고 x는 플루오린(fluorine) 이다) 및 이들의 조합들과 같은 물질을 포함할 수 있다.

[0038] 제 2 활성 물질(218)은 음극(220)의 일부분으로 제공되는 음극 집전체(222)에 사용된 물질(및/또는 상기 음극 집전체가 전기적으로 부착되거나 전기적으로 통하는 임의의 다른 물질, 예를 들어 전지용 케이스 또는 하우징(housing))의 부식 전위 미만이고 상기 제 1 활성 물질(216)의 분해 전위를 초과하는 비교적 많이 순환할 수 있는 충방전 용량(즉 순환가능한 용량)을 갖도록 선택된 물질이다. 예를 들어 음극 집전체(222)가 부식 전위가 약 3.5 볼트인 구리로 구성된 일 구현예에 의하면, 제 2 활성 물질(218)은 3.5 볼트 미만의 상당한 충방전 용량을 포함한다.

[0039] 제 2 활성 물질(218)은 제조시의 상태(as-constructed state)에는 전기화학적으로 활성인 리튬을 포함한다. 다양한 구현예들에 의하면, 상기 제 2 활성 물질은 다음 물질 및 이들 조합의 리튬화 형태일 수 있다.: V_2O_5 , V_6O_{13} , LiMn_2O_4 (스피넬(spinel)), $\text{Li}_5\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, Li_xVO_2 (x 는 약 0 과 1 사이), V_3O_8 , MoO_3 , TiS_2 , WO_2 , MoO_2 , 및 RuO_2 .

[0040] 제 2 활성 물질(218)은 공급시 상태(as-provided state)에는 전기 화학적으로 순환할 수 있는 리튬을 포함하지 않고, 전기화학적으로 순환할 수 있는 리튬은 전지로 제조되기 이전에 제 2 활성 물질에 첨가될 수 있다. 상기 리튬은 화학적 또는 전기 화학적 공정으로 첨가될 수 있다. 이와 같은 공정은 부틸 리튬의 첨가 또는 금속 리튬과 전기적인 접촉 또는 리튬을 포함하고, 제 2 물질보다 낮은 전기화학적 전위를 갖는 다른 리튬 소스를 포함할 수 있다(공정을 활성화하기 위해 부가적으로 전해질을 첨가). 다른 구현예에 의하면, 상기 공정은 전구 제 2 물질(precursor secondary material)이 전해질내에 존재하는 리튬 이온이 전구 물질에 삽입되는 음극 전위(cathodic potential)로 분극되는 전해질 공정일 수 있다. 또한 전기 화학적으로 순환가능한 리튬은 리튬-알루미늄 화합물, 리튬-주석 화합물, 리튬-실리콘 화합물과 같은 리튬 금속간 화합물(litium intermetallic compound)인 리튬을 포함하는 화합물 또는 음극 집전체의 부식 전위보다 낮은 전위에서 비가역적으로 리튬을 내어놓는 다른 유사한 화합물(전기적으로 연결되는 임의의 물질)의 첨가에 의하여 첨가될 수 있다.

[0041] 일 구현예에 의하면, 전기화학적으로 활성이거나 순환가능한 리튬은 미세하게 분할되거나 분말인 리튬으로 첨가된다. 이와 같은 분말형 리튬은 공기 및 습기와 반응을 줄이기 위해 패시브 코팅(passive coating)(예를 들어 박층 또는 리튬 카보네이트 필름)을 포함할 수 있다. 이와 같은 물질은 제 2 활성 물질을 전지 제조에 적용하기에 앞서서 제 2 활성 물질과 혼합되거나 다른 별도의 활성 물질층으로 첨가될 수 있다. 다른 구현예에 의하면, 상기 미세하게 분할되거나 분말형인 리튬 입자들은 약 $1\mu\text{m}$ 와 $100\mu\text{m}$ 사이의 직경을 갖고, 특별한 다른 구현예에 의하면, 약 $5\mu\text{m}$ 와 $30\mu\text{m}$ 사이의 직경을 갖는다.

[0042] 양극(210)의 제 2 활성 물질(218)에 포함된 리튬은 음극 집전체 및/또는 전기적으로 연결된 임의의 전지 요소(예를 들어, 케이스)의 부식 전위 미만이고 양극 활성 물질의 분해 전극을 초과하는 상당한 충전/방전 용량을 갖는다. 상기 제 2 활성 물질은 제조된 상태에는 전기화학적으로 활성인 리튬을 포함한다. 상기 리튬은 음극 집전체(222)에 대한 부식 전위 미만에서 현저하게 도핑된다. 이렇게 함으로써 이 물질은 방전 상태에서 양극의 최종 전위를 낮추어 제로 전압 교차 전위(zero voltage crossing potential)는 음극 집전체 및 전지 케이스의 부식 전위 미만으로 유지된다. 제 2 활성 물질은 전지가 충전되면 리튬을 방출할 수 있다.

[0043] 위에서 제 2 활성 물질(218)로서 이용가능한 다양한 물질이 기술되었지만, 그러한 물질에 부가하여 또는 그러한 물질들 대신에 광범위한 추가 물질들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 상기 제2 활성 물질은 하나 이상의 Li_xMoO_3 ($0 < x \leq 2$), Li_xMoO_2 ($0 < x \leq 1$), $\text{Li}_x\text{Mo}_2\text{O}_4$ ($0 < x \leq 2$), Li_xMnO_2 ($0 < x \leq 1$), $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ ($0 < x \leq 2$), $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ ($0 < x \leq 2.5$), $\text{Li}_x\text{V}_3\text{O}_8$ ($0 < x \leq 3.5$), $\text{Li}_x\text{V}_6\text{O}_{13}$ ($\text{Li}_x\text{VO}_{2.19}$ 에 대하여 $0 < x \leq 6$ 및 $\text{Li}_x\text{VO}_{2.17}$ 에 대하여 $0 < x \leq 3.6$), Li_xVO_2 ($0 < x \leq 1$), Li_xWO_3 ($0 < x \leq 1$), Li_xWO_2 ($0 < x \leq 1$), Li_xTiO_2 (아나타제)(anatase) ($0 < x \leq 1$), $\text{Li}_x\text{Ti}_2\text{O}_4$ ($0 < x \leq 2$), Li_xRuO_2 ($0 < x \leq 1$), $\text{Li}_x\text{Fe}_2\text{O}_3$ ($0 < x \leq 2$), $\text{Li}_x\text{Fe}_3\text{O}_4$ ($0 < x \leq 2$), $\text{Li}_x\text{Cr}_2\text{O}$ ($0 < x \leq 3$), Li_xCr ($0 < x \leq 3.8$), 및 $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_{1-y}\text{O}_2$ ($0 < x \leq 1$, $0.90 < y \leq 1.00$)와 같은 산화물을 포함할 수 있다. x 는 전지가 처음 충전되는 동안 상기 물질들이 음극 집전체의 부식 전위 미만으로 언도핑 되는 리튬을 거의 또는 전혀 갖지 않도록 선택된다.

[0044] 다른 구현예에 의하면, 상기 제 2 활성 물질은 하나 이상의 $\text{Li}_x\text{V}_2\text{S}_5$ ($0 < x \leq 4.8$), Li_xTaS_2 ($0 < x \leq 1$),

Li_xFeS ($0 < x \leq 1$), Li_xFeS_2 ($0 < x \leq 1$), Li_xNbS_3 ($0 < x \leq 2.4$), Li_xMoS_3 ($0 < x \leq 3$), Li_xMoS_2 ($0 < x \leq 1$), Li_xTiS_2 ($0 < x \leq 1$), Li_xZrS_2 ($0 < x \leq 1$), $\text{Li}_x\text{Fe}_{0.25}\text{V}_{0.75}\text{S}_2$ ($0 < x \leq 1$), $\text{Li}_x\text{Cr}_{0.75}\text{V}_{0.25}\text{S}_2$ ($0 < x \leq 0.65$), 및 $\text{Li}_x\text{Cr}_{0.5}\text{V}_{0.5}\text{S}_2$ ($0 < x \leq 1$)와 같은 황화물을 포함할 수 있다. x 는 전지가 처음 충전되는 동안 상기 물질들이 음극 집전체의 부식 전위 미만으로 언도핑 되는 리튬을 거의 또는 전혀 갖지 않도록 선택된다.

[0045] 다른 일 구현예에 의하면, 상기 제 2 활성 물질은 다음과 같은 하나 이상의 셀레나이드 물질을 포함할 수 있다. Li_xNbSe_3 ($0 < x \leq 3$), Li_xVSe_2 ($0 < x \leq 1$). 다양한 다른 물질 역시 사용될 수 있다. 예를 들어, Li_xNiPS_3 ($0 < x \leq 1.5$) 및 Li_xFePS_3 ($0 < x \leq 1.5$), x 는 전지가 처음 충전되는 동안 상기 물질들이 음극 집전체의 부식 전위 미만으로 언도핑 되는 리튬을 거의 또는 전혀 갖지 않도록 선택된다.

[0046] 일 구현예에 의하면, 상기 활성 물질층(214)의 두께는 약 $0.1\mu\text{m}$ 와 3mm 사이이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 활성 물질층(214)의 두께는 약 $25\mu\text{m}$ 와 $300\mu\text{m}$ 사이이다. 다른 특별한 구현예에 의하면, 상기 활성 물질층(214)의 두께는 약 $75\mu\text{m}$ 이다. 제 1 활성 물질(216)과 제 2 활성 물질(218)이 별도의 활성 물질층으로 제공되는 구현예에 있어서, 제 1 활성 물질(216)의 두께는 약 $25\mu\text{m}$ 와 $300\mu\text{m}$ 사이이고(특별한 일 구현예에 의하면 $75\mu\text{m}$), 제 2 활성 물질(218)의 두께는 약 $5\mu\text{m}$ 와 $60\mu\text{m}$ 사이이다(특별한 일 구현예에 의하면 $10\mu\text{m}$).

[0047] 첨가되는 제 2 활성 물질(218)의 양은 그러한 물질로부터 순환될 수 있는 리튬의 전기화학적 등가물들(예를 들어, 용량)에 의해 결정된다. 일 구현예에 의하면, 상기 양은 실무적으로 가능한 최소량인데, 이는 전지의 평균 동작 전압(및 따라서 에너지 밀도)이 감소되는 양을 최소화하기 때문이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 양은 음극 활성 물질과 양극 활성 물질의 비가역적인 용량 사이의 차이와 같은 최소량이다.

[0048] 음극(220)의 일부분으로 포함된 음극 집전체(222)는 금속과 같은 전도성 물질로 만들어진다. 일 구현예에 의하면, 집전체(222)는 구리 또는 구리 합금이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 집전체(222)는 티타늄 또는 티타늄 합금이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 집전체(222)는 니켈 또는 니켈 합금이다. 상기 음극 활성 물질(224)이 탄소가 아닌 다른 구현예에 의하면, 상기 집전체(222)는 알루미늄 또는 알루미늄 합금이다. 음극 집전체(222)가 얇은 호일 물질로 도시되고 기술되었지만, 상기 양극 집전체는 다양한 구현예에 따른 다양한 다른 구성의 하나일 수 있다. 예를 들어, 상기 양극 집전체는 메쉬 그리드(mesh grid), 확장된 금속 그리드, 광화학적으로 에칭된 그리드 등일 수 있다.

[0049] 일 구현예에 의하면, 상기 집전체(222)의 두께는 약 100nm 와 $100\mu\text{m}$ 사이이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 집전체(222)의 두께는 약 $5\mu\text{m}$ 와 $25\mu\text{m}$ 사이이다. 다른 특별한 구현예에 의하면 상기 집전체(222)의 두께는 약 $10\mu\text{m}$ 이다.

[0050] 상기 음극 집전체(222)는 그 위에 음극 활성 물질(224)을 갖는다. 도 3에서 활성 물질층(224)이 집전체(222)의 한 면에만 도시되었지만, 활성 물질층과 동일하거나 유사한 활성 물질층이 집전체(222)의 양쪽에 코팅될 수 있다.

[0051] 일 구현예에 의하면, 음극 활성 물질은 탄소질 물질(예를 들어, 탄소)이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 음극 활성 물질(224)은 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 와 같은 리튬 티탄염 (lithium titanate)물질이다. 음극 활성 물질로서 적당한 다른 리튬 티탄염 물질들은 하나 이상의 다음과 같은 리튬 티탄염 스피넬 물질을 포함할 수 있다: $\text{H}_x\text{Li}_{y-x}\text{TiO}_x\text{O}_4$, $\text{H}_x\text{Li}_{y-x}\text{TiO}_x\text{O}_4$, $\text{Li}_4\text{M}_x\text{Ti}_{5-x}\text{O}_{12}$, $\text{Li}_x\text{Ti}_y\text{O}_4$, $\text{Li}_x\text{Ti}_y\text{O}_4$, Li_2TiO_3 , $\text{Li}_4\text{Ti}_{4.75}\text{V}_{0.25}\text{O}_{12}$, $\text{Li}_4\text{Ti}_{4.75}\text{Fe}_{0.25}\text{O}_{11.88}$, 및 $\text{Li}_4\text{Ti}_{4.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_{12}$, 및 $\text{LiM}^{\text{M}}\text{XO}_4$ (여기서 M^{M} 은 니켈, 코발트, 철, 망간, 바나듐, 구리, 크로뮴, 몰리브덴, 니오비움 또는 이들의 조합), M^{M} 은 3가의 비-전이 금속, X 는 지르코늄, 티타늄 또는 이들 둘의 조합. 이와 같은 리튬 티타늄 스피넬 물질들은 임의의 리튬화 상태로 사용될 수 있다.(예를 들어, $\text{Li}_{4+x}\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, $0 < x \leq 3$)

[0052] 탄소질 물질 대신 리튬 티탄염 물질을 사용하는 이점은 리튬 티탄염 물질이 탄소질 물질보다 높은 정격으로 전지를 충방전시킨다는 것이다. 리튬 티탄염은 또한 소위 "제로-스트레인(zero-strain)" 물질이기 때문에 우수한 사이클 수명을 갖는다. 제로-스트레인" 물질은 리튬 도핑/디-도핑(de-doping)에 의해 수축 또는 신축되지 않고 그것들을 스트레인-연관 분해 메커니즘(strain-related degradation mechanism)으로부터 자유롭게 하는 결정 격자(crystal lattice)를 갖는다. 다른 구현예들에 의하면, 상기 음극 활성 물질(224)는 탄소, Li_xAl , Li_xSn , Li_xSi , Li_xSnO , 금속 나노 입자 복합체(예를 들어, Li_xAl , Li_xSn , Li_xSi 또는 Li_xSnO 를 포함) 또는 탄소에 코팅된 리튬 티탄염 일 수 있다.

- [0053] 리튬 티탄염을 사용하는 다른 이점은 리튬-이온 전지의 음극에서 사용될 때, 그와 같은 물질은 리튬 기준 전극에 대하여 약 1.5 V의 전위 플래토(plateau)에서 리튬을 순환시킨다는 것이다. 이는 리튬 이온 전지에 일반적으로 사용되는 그래파이트 탄소보다 훨씬 높고, 완전히 충전된 상태에서 약 0.1 V 아래로 리튬을 순환시킨다. 그 결과, 리튬 티탄염을 사용한 전지는 충전되는 동안 리튬이 잘 도금되지 않을(기준 리튬에 대하여 0 V에서 일어남) 것으로 생각된다. 리튬 도금은 리튬 이온 전지의 작동에 있어서 손실을 주는 것으로 잘 알려져 있다. 또한 이러한 리튬 도금이 일어나지 않기 위해 리튬 티탄염 음극들은 탄소 음극들을 초과하는 정격으로 충전될 수 있다. 예를 들어, 리튬 이온 전지의 충전 정격에 대한 공통 상위 한계는 약 1C이다.(상기 전지는 한 시간 이내에 방전 상태에서 완전하게 충전될 수 있다는 것을 의미) 이와 달리, 리튬 티탄염이 10C 정격으로까지 충전될 수 있다는 것이 보고되었다(즉, 1/10 시간 또는 6분에 완전히 충전됨). 전지를 보다 빨리 재충전할 수 있는 것은 그와 같은 전지를 사용하는 기구의 기능을 증가시킨다. 리튬 티탄염 물질의 높은 전위의 다른 이점은 리튬 이온 전지에 흔히 사용되는 유기 용매(프로필렌 카보네이트(propylene carbonate)와 같은)의 분해를 피한다는 것이다. 이렇게 함으로써, 가스의 생성, 전지 스웰링(cell swelling), 가역적인 전지 용량의 감소 및 전지 파워를 감소시키는 저항성 필름(resistive films)의 축적과 같은 단점들을 줄일 수 있다.
- [0054] 바인더 물질 역시 활성 물질층(224)과 관련하여 사용될 수 있다. 예를 들어, 일 구현예에 의하면 상기 활성 물질층은 흑연과 같은 전도성 첨가제 및 폴리비닐리덴 플루오라이드(as polyvinylidene fluoride)(PVDF) 또는 탄성중합체(elastomeric polymer)와 같은 바인더를 포함할 수 있다.
- [0055] 다양한 구현예들에 의하면, 상기 활성 물질층(224)의 두께는 약 0.1 μm 와 3 μm 사이이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 활성 물질층(224)의 두께는 약 25 μm 와 300 μm 사이이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 활성 물질층(224)의 두께는 약 20 μm 와 90 μm 사이이다. 다른 특별한 구현예에 의하면, 상기 활성 물질층의 두께는 약 75 μm 이다
- [0056] 도 5는 도 3에 도시되고 기술된 일구현예에 대한 리튬-이온 전지의 이론적인 충방전 방식을 도시한 그래프(300)이다. 곡선 310은 그 위에 LiCoO_2 제 1 활성 물질 및 제 2 활성 물질을 갖는 알루미늄 집전체를 포함하는 양극(예를 들어, 양극(210))의 리튬 기준 전극에 대한 전극 전위를 나타낸다.
- [0057] 제 2 활성 물질은 현저한 음극 집전체의 부식 전위(점선 322로 도시) 미만이고 LiCoO_2 제 1 활성 물질의 분해 전극(점선 312로 도시)을 초과하는 상당한 충방전 용량을 갖도록 선택된다. 다양한 구현예들에 의하면, 상기 제 2 활성 물질은 다음 물질 및 이들 조합의 리튬화 형태일 수 있다: V_2O_5 , V_6O_{13} , LiMn_2O_4 (스피넬), $\text{LiM}_x\text{Mn}_{(2-x)}\text{O}_4$ (스피넬), M 은 Li을 포함하는 금속이고 x 는 약 0과 2사이, $\text{Li}_5\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, Li_xVO_2 , V_3O_8 , MoO_3 , TiS_2 , WO_2 , MoO_2 , 및 RuO_2 .
- [0058] 곡선 320은 충전되는 동안 LiCoO_2 리튬 티탄염 물질(즉, $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)을 갖는 구리 집전체를 포함하는 음극의 리튬 기준 전극에 대한 전극 전위를 나타낸다. 곡선 310과 320 사이의 차이는 전지의 총체적인 전지 전압을 나타낸다.
- [0059] 도 5에 도시된 바와 같이, 최대용량으로 초기 충전되면, 양극 전위는 곡선 310으로 도시한 바와 같이, 약 2.1 볼트(지점 311)에서 음극을 형성하기 위하여 사용된 구리의 부식 전위(점선 322)를 초과하는 지점까지 증가한다. 음극 전위는 약 3.0 볼트에서 양극 집전체 위에 제공되는 LiCoO_2 활성 물질의 분해 전위(점선 312) 미만인 지점까지 감소한다. 일 구현예에 의하면, 구리의 부식 전위는 약 3.5 볼트이다. LiCoO_2 활성 물질의 예견되는 분해 전위는 약 1.6 볼트이다. 실험적으로 관찰되는 일 구현예에 의하면, LiCoO_2 활성 물질의 분해 전위는 약 1.35 볼트이다.
- [0060] 이어지는 전지의 방전시에, 음극 전위는 선 326의 경로를 따른다. 그러나 제 2 활성 물질이 음극 집전체의 부식 전위(점선 322) 미만이고 LiCoO_2 제 1 활성 물질의 분해 전극을 초과하는 상당한 충방전 용량을 갖도록 선택되고, $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 활성 물질이 음극 집전체에 제공되기 때문에 제로 전압 교차 전위(330 지점)는 음극 집전체의 부식 전위 미만이고 LiCoO_2 제 1 활성 물질의 분해 전위를 초과하고 따라서 음극 집전체(및 가능한 전지 케이스)의 부식 및 연관된 전지 충전 용량의 손실을 피할 수 있다.
- [0061] 양극 집전체 위에 제공되는 제 1 및 제 2 활성 물질들(예를 들어, 제 1 활성 물질(216) 및 제 2 활성 물질(218))의 충전/방전 특성이 도 5의 곡선 310에 두 부분(314, 316)으로 도시되었다. 곡선 310의 314 부분은 제 1 활성 물질(즉, LiCoO_2)의 도핑 및 언도핑에 기인한 양극의 충전/방전 거동을 나타내고, 곡선 310의 316 부분은 제

2 활성 물질(즉, 리튬화된 V_6O_{13} , $LiMn_2O_4$ 등)의 도핑 및 언도핑에 기인한 양극의 충전/방전 거동을 나타낸다. 전지가 충전되면, 양극 전위는 지점 311(약 2.1 볼트)에서 시작하고, 충전이 진행되면서 그래프의 오른쪽으로 진행한다. 전지가 계속 방전되면, 양극 전위는 그래프의 오른쪽에서 왼쪽 즉, 곡선 310의 314 부분에서 곡선 310의 316 부분으로 진행한다.

- [0062] 본원에 기술된 리튬-이온 전지가 완전히 충전되는 동안 대응하는 집전체를 포함한 양 극들의 물질들은 안정하다 (예를 들어, 집전체들의 부식 및/또는 활성 물질의 분해를 피할 수 있다.). 이와 같은 배열의 이점 중 하나는 감소된 기구 기능성(즉, 더 빈번한 재충전의 필요)의 발생 및 집전체 및 전지 케이스(잠재적인 부식 및 유해한 전지 콘텐츠(contents)의 누출 가능성과 함께)의 부식을 감소시키거나 피할 수 있다는 것이다. 이와 같은 배열의 다른 이점은 전지 성능이 현저하게 감소하지 않고 상기 전지가 큰 체로 전압으로 반복적으로 순환(즉, 충방전)될 수 있다는 것이다.
- [0063] 본원에 도시되고 기술된 전지를 사용하여 다양한 이점들을 얻을 수 있다. 예를 들어, 이와 같은 전지를 사용하면 큰 체로 전압 조건에 다가가도록 전지의 연결을 끊기 위해 회로를 사용하지 않을 수 있다. 이와 같이 함으로써 볼륨 및 비용을 줄일 수 있다.
- [0064] 일 구현예에 의하면, 상술한 리튬-이온 전지들은 인체에 이식될 수 있는 의료 장치("이식 가능한 의료 장치(implantable medical devices)" 또는 "IMD's"로 표기)와 관련하여 사용될 수 있다.
- [0065] 도 6은 인체 또는 환자(430)의 몸통(432)내에 이식된 시스템(400)(예를 들어, 이식 가능한 의료 장치)의 개략도이다. 상기 시스템(400)은 환자(430)에게 치료 고전압(therapeutic high voltage)(예를 들어, 700 볼트) 치료를 제공하기 위해 구성된 제세동기(defibrillator)로 도시된 이식가능한 의료 장치의 형태로서 기구(410)를 포함한다.
- [0066] 일 구현예에 의하면, 상기 기구(410)는 밀폐형으로 봉해지고, 생물학적으로 삽입된 컨테이너(container) 또는 하우징(housing)(414)을 포함한다. 상기 컨테이너는 전도성 물질로 만들어질 수 있다. 하나 이상의 리드들(leads)(416)은 혈관(422)을 거쳐 전기적으로 기구(410) 및 환자의 심장(420)에 연결된다. 전극(417)은 심장의 활동을 감지하도록 제공되고/제공되거나 심장(420)에 전기적인 전위를 제공한다. 적어도 상기 리드들(416)의 일 부분(예를 들어, 노출된 전극(417)으로 도시된 리드의 말단 부분)은 하나 이상의 심실 및 심방에 근접하거나 접촉하여 제공될 수 있다.
- [0067] 상기 기구(410)는 전력을 제공하는 전지(450)를 포함한다. 다른 일 구현예에 의하면, 상기 전지는 기구 또는 환자(430)의 외부에 제공될 수 있다.(예를 들어, 전지의 제거 및 교체 및/또는 충전을 허용하도록) 전지(450)의 크기 및 용량은 환자의 신체적 또는 의학적 특성에 요구되는 충전량, 기구의 크기 또는 구성 및 다른 다양한 인자들을 포함한 인자들에 기초하여 선택될 수 있다. 일 구현예에 의하면, 상기 전지는 5 mAh 전지이다. 다른 구현예에 의하면, 상기 전지는 300 mAh 전지이다. 다양한 다른 구현예에 의하면, 상기 전지는 약 10 과 100 mAh 사이의 용량을 갖는다.
- [0068] 다른 구현예에 의하면, 하나 이상의 전지가 기구(410)에 전력을 제공한다. 이와 같은 구현예들에서, 상기 전지는 동일한 용량을 가지거나 하나 이상의 전지는 다른 전지 또는 전지들에 비하여 더 높거나 낮은 용량을 가질 수 있다. 예를 들어, 일 구현예에 의하면, 전지들 중 하나는 약 500 mAh의 용량을 가지는 반면, 전지들 중 다른 하나는 약 70 mAh의 용량을 갖는다.
- [0069] 도 7에 도시된 다른 일 구현예에 의하면, 이식 가능한 신경계 자극 기구(implantable neurological stimulation device)(500)(이식가능한 뉴로(neuro) 자극기 또는 INS)는 상술한 다양한 구현예들에 의한 전지(502)를 포함할 수 있다. 몇몇 뉴로 자극기 및 연관된 부품들은 메드트로닉사의 "이식 가능한 뉴로자극 시스템"("Implantable Neurostimulation Systems")이라는 제목의 브로셔에 도시되고 기술되었다.
- [0070] INS는 인체의 신경 시스템 또는 기관들에 영향을 주기 위해 사용되는 하나 이상의 전기적인 자극 신호들을 형성한다. 리드의 원위단에 이동된 전기적인 접촉은 척추 또는 뇌와 같은 소정의 자극 위치에 위치되고 상기 리드의 근위단은 INS에 연결된다.
- [0071] INS는 외과 수술적으로 복부(abdomen), 큰 가슴근 부위(pectoral region), 상부 엉덩이 부위(upper buttocks area) 내의 피하 주머니와 같은 개체 내에 이식된다. 임상학자는 프로그래머를 사용한 치료법으로 INS를 계획한다. 상기 치료법은 구체적인 환자의 치료법에 대한 자극 신호의 파라미터를 구성한다. INS는 통증, 실금(incontinence), 간질(epilepsy) 및 파킨슨 질병(Parkinson's disease)과 같은 움직임 장애 및 수면 무호흡

(sleep apnea)과 같은 상태를 치료하기 위해 사용된다. 부가적인 치료법들이 다양한 생리학적, 심리학적 및 감정적 질병들을 치료하기 위해 나타날 수 있다. 치료법을 실행하기 위하여 INS가 이식되기 이전에, INS 기능들의 일부 또는 전부를 복제한 외부 스크리너(screener)가 계획된 치료법의 효력을 평가하기 위하여 환자에게 연결된다.

[0072] INS(500)은 리드 연장부(522) 및 자극 리드(524)를 포함한다. 상기 자극 리드(524)는 근위단 위에 커넥터(532)를 구비하고 원위단 위에 전기적인 접촉부들(미도시)을 구비한 하나 이상의 절연된 전기적인 전도체들이다. 미네아폴리스의 메드트로닉사에서 구입 가능한 3487A, Pisces-Quad®와 같은 자극 리드들은 경피적으로 환자에게 삽입되고, 역시 메드트로닉사에서 구입 가능한 3998 Specify®와 같은 자극 리드들은 외과 수술적으로 이식된다.

[0073] 비록 상기 리드 커넥터(532)가 INS(500)에 직접적으로 연결될 수 있지만(예를 들어, 지점 536에서) 일반적으로 상기 리드 커넥터(532)는 리드 연장부(522)에 연결된다. 메드트로닉사에서 구입 가능한 7495와 같은 상기 리드 연장부(522)는 INS(500)에 연결된다.

[0074] INS(500)의 이식은 일반적으로 환자가 국소 마취되는 동안에 적어도 하나의 자극 리드(524)를 이식함으로써 시작된다. 상기 자극 리드는 경피적으로 또는 외과 수술적으로 이식된다. 상기 자극 리드(524)가 일단 이식되어 위치되고 나면, 일반적으로 이식 후에 자극 리드(524)의 움직임을 최소화하기 위하여 상기 자극 리드(524)의 원위단은 고정된다. 자극 리드(524)의 근위단은 리드 연장부(522)에 연결되도록 배치될 수 있다.

[0075] 상기 INS(500)는 치료법에 의해 프로그래밍 되고 치료법은 종종 환자에게 최적이 되도록 수정된다.(즉, INS는 주어진 상황에 적절한 치료법이 행해지도록 다수의 프로그램 또는 치료법들과 함께 프로그래밍 될 수 있다.) 전지(502)가 재충전이 필요한 경우에, 외부 리드(미도시)는 전기적으로 상기 전지를 충전기에 연결하기 위하여 사용될 수 있다.

[0076] 의사 프로그래머와 환자 프로그래머(미도시)는 의사 또는 환자가 다양한 치료법을 행할 수 있도록 하기 위하여 제공될 수 있다. 콘솔(console) 프로그래머로 알려진 의사 프로그래머는 또한 이식된 INS(500)과 통신하기 위하여 원격 측정(telemetry)을 사용하고, 임상학자는 INS(500)내에 저장된 환자의 치료법, 환자의 INS(500) 시스템의 고장을 계획하고 관리할 수 있고/있거나 데이터를 수집할 수 있다. 의사 프로그래머의 하나의 예는 메드트로닉사에서 구입 가능한 7432 Console Programmer 이다. 환자 프로그래머 또한 INS와 통신하기 위하여 원격 측정을 사용할 수 있고, 환자는 임상학자에 의해 정해진 자신의 치료법에 대한 것들을 관리할 수 있다. 환자 프로그래머의 하나의 예는 메드트로닉사에서 구입 가능한 7434 Itrel 3 EZ Patient®이다.

[0077] 본원에 기술된 의료 장치들(예를 들어, 시스템(400, 500))이 심세동기(cardiac defibrillator) 및 신경 자극 기구로 도시되고 기술되었지만, 심장 박동 조절기(cardiac pacemakers), 제세동기(cardioverters), 심수축용 변조기(contractility modulators), 약물 투여용 기구(drug administering devices), 진단 레코더(diagnostic recorders), 보청기(hearing aids), 센서(sensors), 원격 측정 기구(telemetry devices), 인공 와우 이식기(cochlear implants) 및 이와 같은 기구들과 같은 다양한 질병의 증상을 경감시키기 위한 다른 유형의 이식가능한 의료 장치들이 다른 일 구현예에서 사용될 수 있다. 다른 일 구현예에서, 본원에 도시되고 기술된 바와 같은 전지들이 이식할 수 없는 의료 장치 또는 다른 유형의 기구에 사용될 수 있다.

[0078] 상기 의료 장치들이 환자의 체내에 이식될 때 본원에 기술된 의료 장치들이 충전되거나 방전되는 것도 고려된다. 즉 일 구현예에 의하면, 의료 장치를 충방전시키기 위하여 환자로부터 상기 의료 장치를 분리하거나 제거할 필요가 없다. 예를 들어, 신체의 외부에서 이식된 전지로 에너지를 전달하기 위하여 자기적인 유도가 사용될 때 이식된 전지에 직접적으로 접촉하지 않고 또한 환자의 피부에서 임플란트가 돌출되는 부분 없이 경피성 에너지 전달 기구(transcutaneous energy transfer (TET))가 사용될 수 있다. 다른 일 구현예에 의하면, 상기 커넥터는 환자의 신체 외부에 제공될 수 있어서 전지를 충방전하기 위하여 충전 기구에 전기적으로 연결될 수 있다. 다른 일 구현예에 의하면, 의료 장치는 전지를 충방전하기 위하여 환자로부터 제거 또는 분리가 필요하도록 제공될 수 있다.

[0079] 본 발명이 다양한 의료 장치와 리튬-이온 전지의 사용을 기술하였지만, 상기와 같은 전지들은 컴퓨터(예를 들어, 랩탑 컴퓨터), 전화기(예를 들어, 전지룰러(cellular), 모바일(mobile) 또는 무선 전화기), 자동차 및 리튬-이온 전지의 형태로 전력을 제공하는 것이 유익할 수 있는 임의의 다른 기구 또는 적용을 포함하여 다양하게 사용될 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0080] 또한 다양한 구현예들에 의하여 도시되고 기술된 리튬-이온 전지의 구조 및 배열은 단지 예시적인 것에 불과하

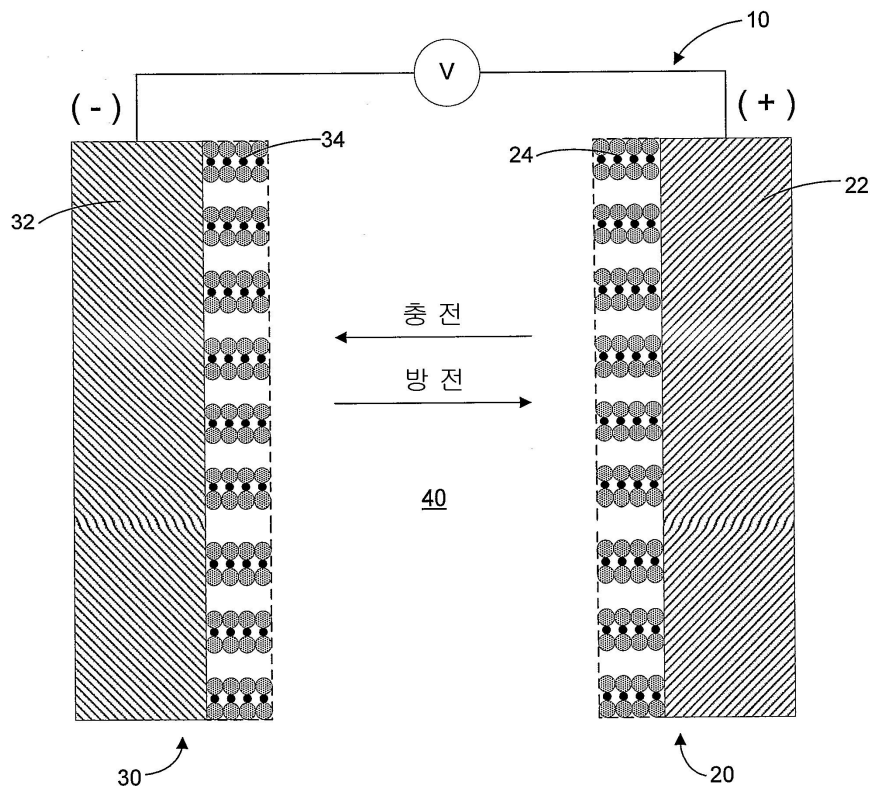
다. 비록 본원에 단지 몇몇의 구현예들만이 상세하게 기술되었지만, 본 발명의 본질 내에서 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자들에 의하여 다양한 변경이 가능하다. (예를 들어, 크기, 용적, 구조, 다양한 요소들의 형태 및 부분, 파라미터 값들, 탑재 구조(mounting arrangements), 물질의 사용, 색, 방향 등) 따라서 이러한 모든 변형은 첨부된 청구범위에 의해서 정해지는 본 발명의 보호범위 내에 포함되는 것으로 의도된다. 바람직한 구현예 및 기타의 구현예의 디자인, 동작 조건 및 배열에 대해서 첨부된 청구범위에 표현된 본 발명의 보호범위로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 다른 치환, 변경, 변화 및 생략이 이루어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

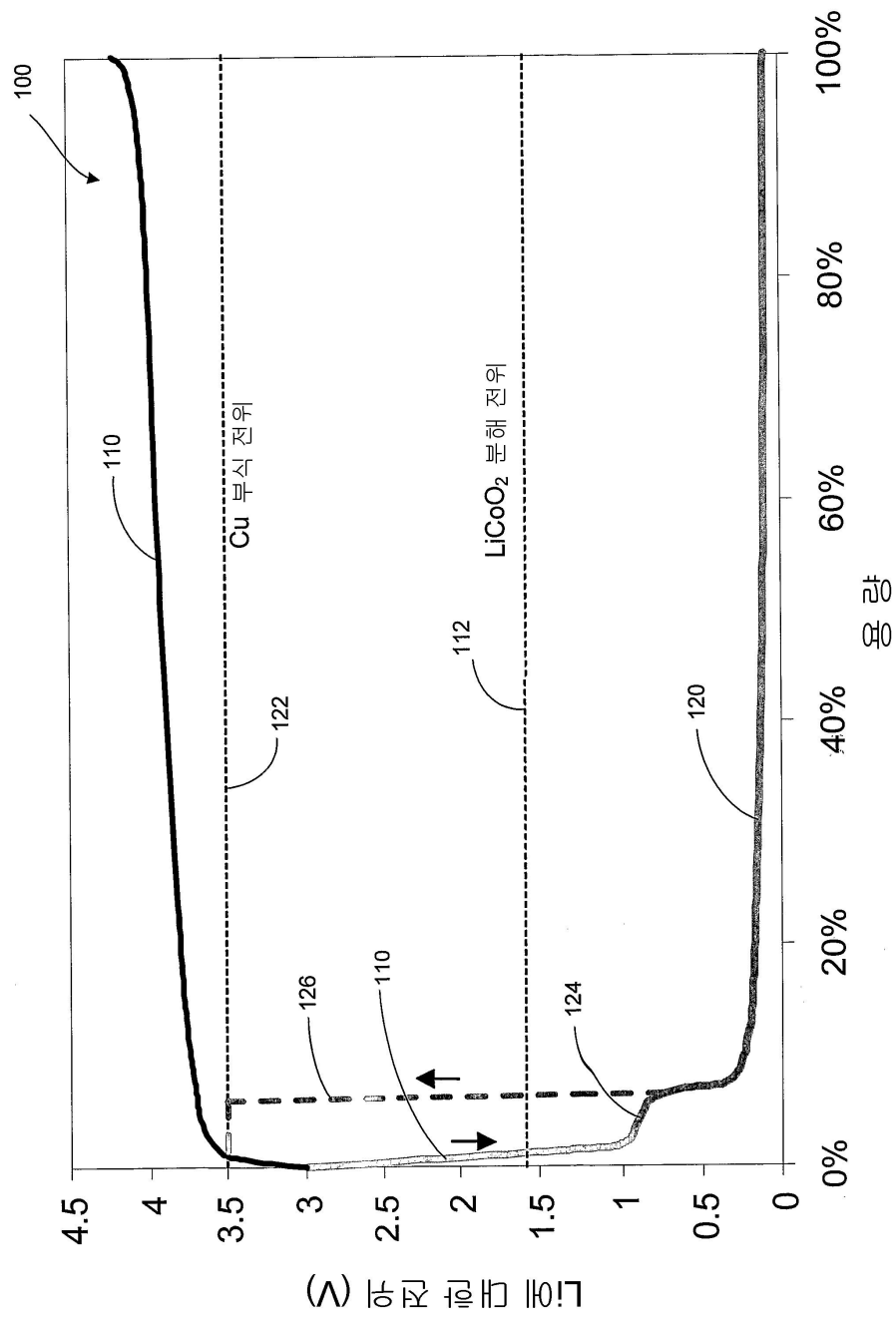
- [0016] 도 1은 종래의 리튬-이온 전지의 단면 개략도,
- [0017] 도 2는 도 1에 개략적으로 도시된 종래의 리튬-이온 전지의 이론적인 충방전 특성을 도시한 그래프,
- [0018] 도 3은 본 발명의 일 구현예에 의한 리튬-이온 전지 일부분의 단면 개략도,
- [0019] 도 4는 본 발명의 다른 구현예에 의한 리튬-이온 전지의 일부분의 단면 개략도,
- [0020] 도 5는 도 3에 도시된 리튬-이온 전지의 이론적인 충방전 특성을 도시한 그래프,
- [0021] 도 6은 환자의 신체 또는 몸통 내에 이식된 이식 가능한 의료 장치 형태의 시스템에 대한 개략도, 및
- [0022] 도 7은 이식 가능한 의료 장치 형태의 다른 시스템에 대한 개략도이다.

도면

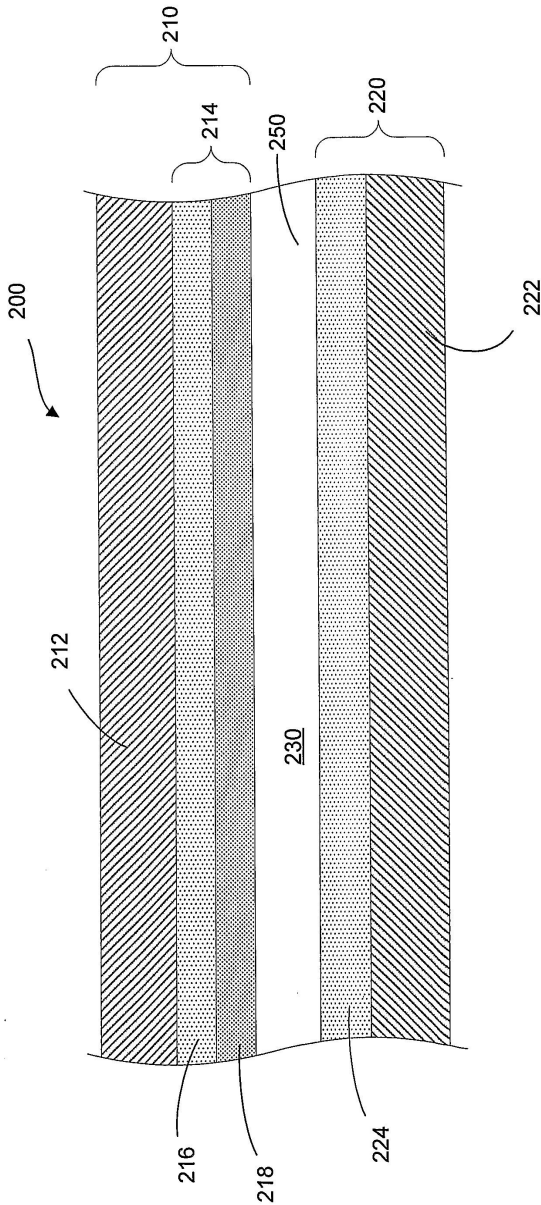
도면1



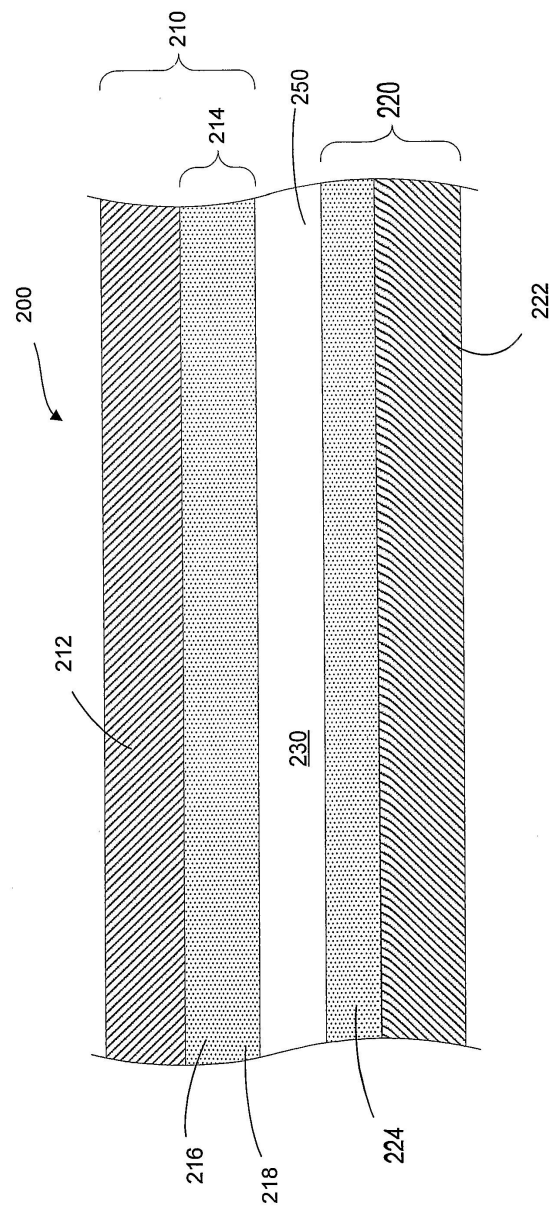
도면2



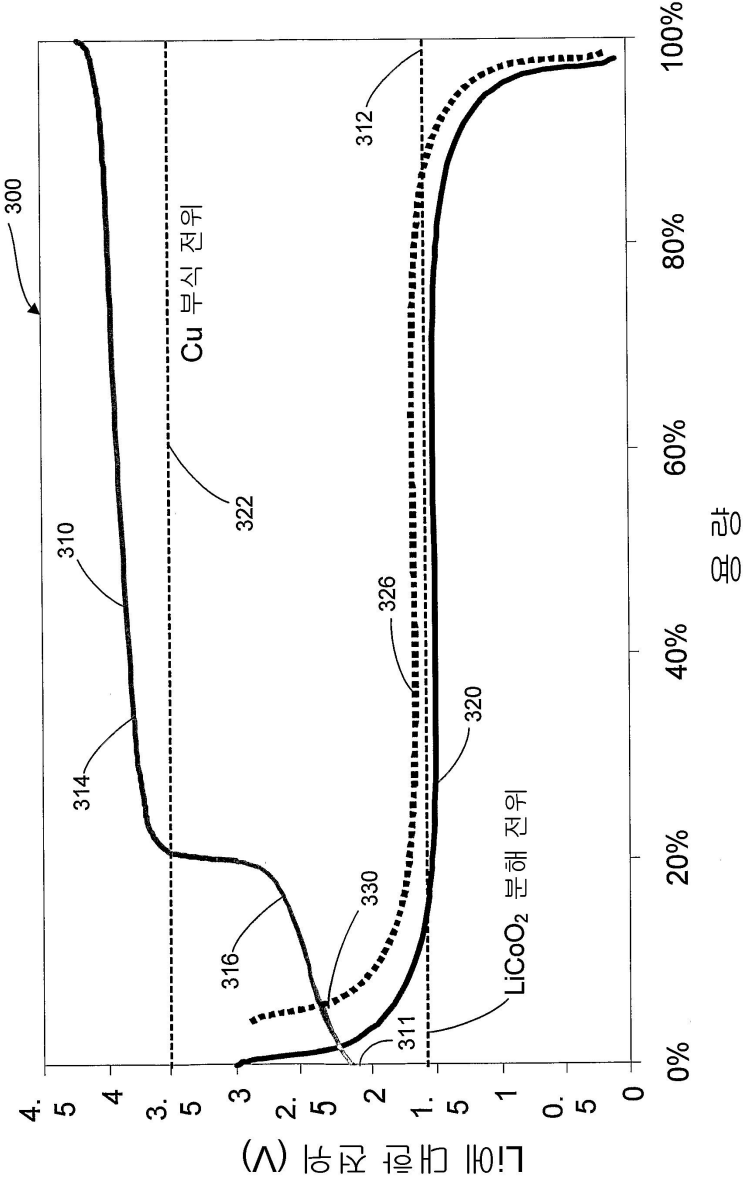
도면3



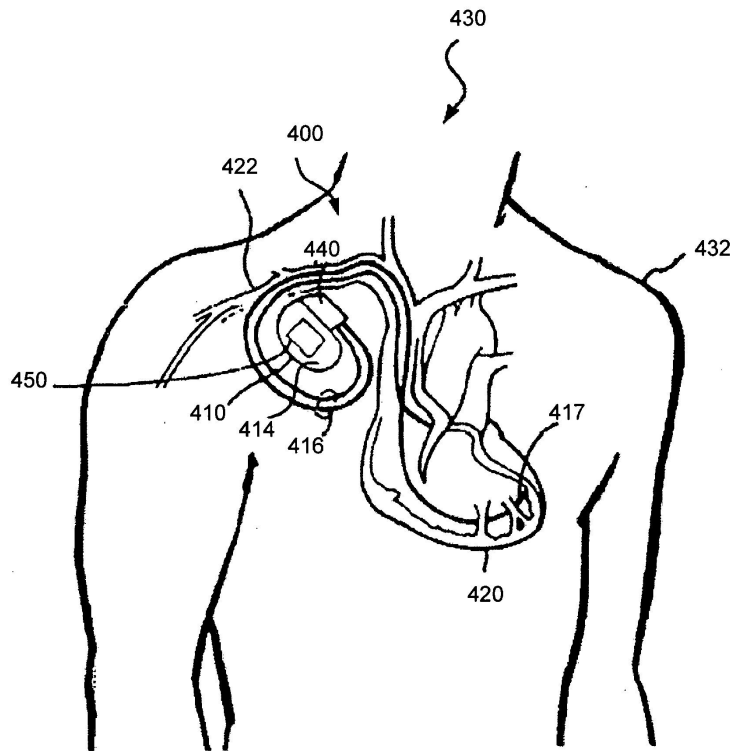
도면4



도면5



도면6



도면7

