



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0018836
(43) 공개일자 2024년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01M 50/578 (2021.01) H01M 10/0525 (2010.01)

H01M 50/557 (2021.01) H01M 50/581 (2021.01)

(52) CPC특허분류

H01M 50/578 (2021.01)

H01M 10/0525 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0096645

(22) 출원일자 2022년08월03일

심사청구일자 2022년08월03일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

김희동

서울시 노원구 공릉로 126, 두산힐스빌아파트 10
2동 2104호

이두원

경기도 수원시 권선구 호매실로 166번길 33, 180
6동 2103호

(74) 대리인

특허법인이상

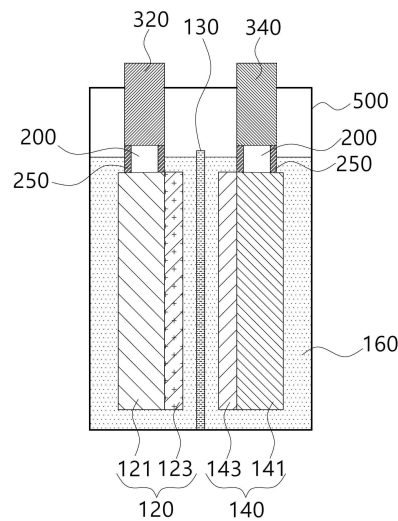
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 멤리스터 기반의 가스센서를 포함하는 리튬이온전지

(57) 요약

리튬이차전지를 제공한다. 리튬이차전지는 외장 케이스, 상기 외장 케이스 내에 수용된 양극, 음극, 및 이들 사이에 위치하는 전해질을 포함한다. 상기 외장 케이스 내에서 상기 양극에 접속하고 상기 외장 케이스 외부로 연장된 양극 리드가 배치된다. 상기 외장 케이스 내에서 상기 음극에 접속하고 상기 외장 케이스 외부로 연장된 음극 리드가 배치된다. 상기 양극과 상기 양극 리드 사이 및 상기 음극과 상기 음극 리드 사이 중 적어도 어느 하나에 위치하고, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 절연막을 구비하는 개시스터(gasistor)가 배치된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01M 50/557 (2023.08)

H01M 50/581 (2021.01)

H01M 2200/10 (2013.01)

H01M 2200/20 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711117730
과제번호	2020R1F1A1048423(20200813)
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학개인지초연구지원
연구과제명	Gasistor 기반의 재사용 가능한 다종가스 센서 어레이 소자 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

외장 케이스;

상기 외장 케이스 내에 수용된 양극, 음극, 및 이들 사이에 위치하는 전해질;

상기 외장 케이스 내에서 상기 양극에 접촉하고 상기 외장 케이스 외부로 연장된 양극 리드;

상기 외장 케이스 내에서 상기 음극에 접촉하고 상기 외장 케이스 외부로 연장된 음극 리드; 및

상기 양극과 상기 양극 리드 사이 및 상기 음극과 상기 음극 리드 사이 중 적어도 어느 하나에 위치하고, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 절연막을 구비하는 개시스터(gasistor)를 포함하는 리튬이차전지.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 절연막은 산화물막이고, 상기 전도성 필라멘트는 산소공공 필라멘트인 리튬이차전지.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 절연막은 질화물막이고, 상기 전도성 필라멘트는 질소공공 필라멘트인 리튬이차전지.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연막이 상기 양극과 상기 양극 리드 사이에 위치하는 경우, 상기 절연막의 일면은 상기 양극과 다른 일면은 상기 양극 리드와 접하고,

상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연막이 상기 음극과 상기 음극 리드 사이에 위치하는 경우, 상기 절연막의 일면은 상기 음극과 다른 일면은 상기 음극 리드와 접하는 리튬이차전지.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연막이 상기 양극과 상기 양극 리드 사이에 위치하는 경우, 상기 절연막과 상기 양극 사이 혹은 상기 절연막과 상기 양극 리드 사이에 위치하는 전극을 더 포함하고,

상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연막이 상기 음극과 상기 음극 리드 사이에 위치하는 경우, 상기 절연막과 상기 음극 사이 혹은 상기 절연막과 상기 음극 리드 사이에 위치하는 전극을 더 포함하는 리튬이차전지.

청구항 6

외장 케이스; 상기 외장 케이스 내에 수용된 양극, 음극, 및 이들 사이에 위치하는 전해질; 상기 양극에 접촉하고 상기 외장 케이스 외부로 연장된 양극 리드; 상기 음극에 접촉하고 상기 외장 케이스 외부로 연장된 음극 리드; 및 상기 양극과 상기 양극 리드 사이 및 상기 음극과 상기 음극 리드 사이 중 적어도 어느 하나에 위치하고, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 절연막을 구비하는 개시스터를 포함하는 리튬이차전지에서,

상기 전도성 필라멘트는 상기 리튬이차전지가 고온 상태가 되면 상기 전해질로부터 발생하는 가스와 반응하고, 상기 가스 발생량이 일정 수준 이상이 되면 적어도 일부분 끊겨, 이에 접촉하는 상기 양극과 상기 양극 리드 사이 및/또는 상기 음극과 상기 음극 리드 사이의 전류를 차단 또는 억제하는 리튬이차전지 동작방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 리튬이차전지의 온도가 낮아지면, 상기 전도성 필라멘트와 반응했던 가스는 탈착되어 상기 전도성 필라멘트는 재생되는 리튬이차전지 동작방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 리튬이온전지에 관한 것으로, 구체적으로는 가스 센서를 포함하는 리튬이온전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 리튬이온전지는 양극, 음극, 그리고 양극과 음극사이의 분리막을 포함하는 전극 구조체에 전해질을 주입하여 제조할 수 있다. 이러한 리튬이온전지를 하나의 단위 셀로 부르며 단위 셀을 직렬 또는 병렬로 연결하여 배터리 모듈을 구성하고 그 모듈을 다시 직렬 또는 병렬로 연결하여 배터리팩을 제작한다. 제작된 배터리팩들은 전기자동차 및 다양한 제품들에 사용되며, 이를 관리하는 시스템을 배터리 관리시스템(BMS, Battery Management System)이라고 부른다.

[0003] 전기 자동차의 충돌, 과열, 과충전 및 다른 미지의 이유로 인하여 배터리팩이 외부의 충격이나 다른 영향을 받게 되어 배터리 관리시스템에서 배터리팩의 제어가 힘들 경우, 제품의 구조적 안정성에 문제가 발생할 수 있다. 구체적으로, 전기 자동차의 충돌 및 다른 미지의 이유로 인하여 끓는점이 낮은 전해질이 고온에 노출된다거나 냉각이 효율적으로 이루어지지 않을 때 전해질이 쉽게 기화가 되어 가스로 변하고 셀의 부피를 팽창시킬 수 있다. 이로 인해 셀의 부피가 커지고 외형이 변형되면서 음극과 양극을 분리하는 분리막이 훼손되고 쇼트가 발생해서 점화원을 제공할 수 있으며, 이와 더불어 전해질로 인한 가스가 외부로 반출되어 공기 중의 산소와 만나 적절한 연소 범위 내의 농도를 가지게 될 때도 불이 붙어 결국 폭발 및 화재로 이어지는 것으로 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 리튬이온전지 단위 셀 내에서 특정 농도 이상의 가스가 발생된 경우 전지 작동을 차단 또는 억제하여 추가 가스 발생을 억제하여 폭발 및 화재를 방지할 수 있는 리튬이온전지를 제공함에 있다.

[0005] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 리튬이차전지를 제공한다. 리튬이차전지는 외장 케이스, 상기 외장 케이스 내에 수용된 양극, 음극, 및 이들 사이에 위치하는 전해질을 포함한다. 상기 외장 케이스 내에서 상기 양극에 접촉하고 상기 외장 케이스 외부로 연장된 양극 리드가 배치된다. 상기 외장 케이스 내에서 상기 음극에 접촉하고 상기 외장 케이스 외부로 연장된 음극 리드가 배치된다. 상기 양극과 상기 양극 리드 사이 및 상기 음극과 상기 음극 리드 사이 중 적어도 어느 하나에 위치하고, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 절연막을 구비하는 개시스터(gasistor)가 배치된다.

[0007] 상기 절연막은 산화물막이고, 상기 전도성 필라멘트는 산소공공 필라멘트일 수 있다. 상기 절연막은 질화물막이고, 상기 전도성 필라멘트는 질소공공 필라멘트일 수 있다.

[0008] 상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연막이 상기 양극과 상기 양극 리드 사이에 위치하는 경우, 상기 절연막의 일면은 상기 양극과 다른 일면은 상기 양극 리드와 접하고, 상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연막이 상기 음극과 상기 음극 리드 사이에 위치하는 경우, 상기 절연막의 일면은 상기 음극과 다른 일면은 상기 음극 리드와 접할 수 있다.

[0009] 상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연막이 상기 양극과 상기 양극 리드 사이에 위치하는 경우, 상기 절연막과 상기 양극 사이 혹은 상기 절연막과 상기 양극 리드 사이에 위치하는 전극을 더 포함하고, 상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연막이 상기 음극과 상기 음극 리드 사이에 위치하는 경우, 상기 절연막과 상기 음극 사이 혹은 상

기 절연막과 상기 음극 리드 사이에 위치하는 전극을 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 상기 리튬이차전지 동작방법을 제공한다. 상기 전도성 필라멘트는 상기 리튬이차전지가 고온 상태가 되면 상기 전해질로부터 발생하는 가스와 반응하고, 상기 가스 발생량이 일정 수준 이상이 되면 적어도 일부분 끊겨, 이에 접촉하는 상기 양극과 상기 양극 리드 사이 및/또는 상기 음극과 상기 음극 리드 사이의 전류를 차단 또는 억제할 수 있다.

[0011] 상기 리튬이차전지의 온도가 낮아지면, 상기 전도성 필라멘트와 반응했던 가스는 탈착되어 상기 전도성 필라멘트는 재생될 수 있다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따르면, 리튬이온전지 단위 셀 내에서 특정 농도 이상의 가스가 발생된 경우 전지 작동을 차단 또는 억제하여 추가 가스 발생을 억제하여 폭발 및 화재를 방지할 수 있는 리튬이온전지를 제공할 수 있다.

[0013] 그러나, 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬이온전지 단위셀을 나타낸 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 개시스터를 나타내는 단면도이다.

도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 개시스터의 동작방법을 나타낸 단면도들이다.

도 5a 및 도 5b는 도 4를 참조하여 설명한 개시스터가 구비된 리튬이차전지에서 발생된 가스와 리튬이차전지에서 흐르는 전류의 상관관계를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 리튬이차전지를 나타낸 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 도면들에 있어서, 층이 다른 층 또는 기판 "상"에 있다고 언급되어지는 경우에 그것은 다른 층 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 층이 개재될 수도 있다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리튬이온전지 단위셀을 나타낸 개략도이다.

[0018] 도 1을 참고하면, 전지는 양극(120), 음극(140), 및 이들 사이에 개재된 전해질(160)을 포함할 수 있다. 상기 전해질(160)은 리튬 이온 전도성을 가진 액체 전해질일 수 있는데, 상기 양극(120)과 상기 음극(140) 사이에 개재된 분리막(130)은 상기 액체 전해질로 함침될 수 있다. 상기 양극(120), 상기 음극(140), 및 상기 분리막(130)은 극판군으로 불리워질 수 있다. 상기 극판군과 전해질(160)은 외장 케이스(500)의 내부에 수용되어 있다.

[0019] 이외에도 상기 전해질(160)은 고체전해질 또는 폴리머전해질일 수 있는데, 이 경우 상기 분리막(130) 대신 고체 전해질막 혹은 젤 형태의 폴리머막이 배치될 수 있다. 이 경우, 액체 전해질은 생략될 수도 있다.

[0020] 상기 양극(120)은 양극집전체(121)와 양극집전체(121) 상에 배치된 양극 활물질층(123)을 포함하고, 상기 음극(140)은 음극집전체(141)와 음극집전체(141) 상에 배치된 음극 활물질층(143)을 포함할 수 있다.

[0021] 상기 양극(120) 구체적으로, 양극집전체(121)는 양극 리드(320)의 일단에 전기적으로 접속할 수 있고, 상기 음극(140) 구체적으로, 음극집전체(141)는 음극 리드(340)의 일단에 전기적으로 접속할 수 있다. 상기 양극 리드(320)의 타단과 상기 음극 리드(340)의 타단은 외장 케이스(500) 외부로 연장되어 외부 전극들(미도시)에 전기적으로 연결될 수 있다. 이 때, 외장 케이스(500)와 리드들(320, 340) 사이에는 절연재료(도 6의 400)가 배치되어 상기 외장 케이스(500)를 밀봉할 수 있다. 상기 절연재료는 수지재료일 수 있다.

[0022] 상기 양극(120) 구체적으로 양극집전체(121)와 상기 양극 리드(320) 사이, 및 상기 음극(140) 구체적으로 음극

집전체(141)와 상기 음극 리드(340) 사이 중 적어도 어느 하나에 멤리스터 기반의 가스센서 즉, 개시스터(gasistor, 200)가 배치될 수 있다. 상기 개시스터(200)가 상기 양극(120) 및 상기 양극 리드(320)에 접하는 면들 또는 상기 음극(140) 및 상기 음극 리드(340)에 접하는 면들을 제외한 면들 즉, 상기 액체 전해질(160)에 노출될 수 있는 면들 상에는 내화학성 재료층(250) 일 예로서, 내화학성 수지층이 배치될 수 있다. 상기 내화학성 재료층(250)은 구체적으로, 폴리카보네이크, 나일론, 폴리부틸렌, 혹은 폴리에틸렌을 함유하는 수지층일 수 있다.

[0023] 상기 개시스터(200)는 하기 도 2 내지 도 4를 참고하여 설명하기로 한다.

[0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 개시스터를 나타내는 단면도이다.

[0026] 도 2를 참조하면, 개시스터(200)는 제1 전극 혹은 하부전극(210), 제2 전극 혹은 상부전극(230), 및 상기 상하부 전극들 사이에 배치된 절연막(220)을 포함할 수 있다. 그러나, 이에 한정되지 않고 상기 하부전극(210)은 양극(도 1의 120) 구체적으로 양극 집전체(도 1의 121) 또는 음극(도 1의 140) 구체적으로 음극 집전체(도 1의 141)일 수 있고, 상기 상부전극(230)은 양극 리드(도 1의 320) 또는 음극 리드(도 1의 340)일 수 있다. 이 경우 상기 절연막(220)은 상기 양극(도 1의 120) 구체적으로 양극 집전체(도 1의 121) 또는 상기 음극(도 1의 140) 구체적으로 음극 집전체(도 1의 141);와 상기 양극 리드(도 1의 320) 또는 음극 리드(도 1의 340) 사이에서 이들에 상하부면들이 각각 전기적으로 접속된 혹은 각각 직접적으로 접촉하는 막일 수 있다.

[0027] 상기 양극 집전체(도 1의 121) 또는 음극 집전체(도 1의 141) 상에 상기 하부 전극(210)이 별도로 배치된 경우, 상기 하부 전극(210)은 Pt, Ag, Ti, Cu, W, 또는 TiN을 포함하는 층으로, 단일층 혹은 Ti/TiN 또는 Cu/TiN 등의 복수의 층일 수 있다.

[0028] 상기 양극 리드(도 1의 320) 또는 음극 리드(도 1의 340) 하부에 상기 상부전극(230)이 별도로 배치된 경우, 상기 상부전극(230)은 Pt, Ag, Ti, Cu, W, 또는 TiN을 포함하는 도전층을 포함하거나 Si, SiC, GaAs, 또는 CIGS(copper indium gallium selenide)를 포함하는 반도체층일 수 있다. 상기 도전층은 단일층 혹은 Ti/TiN 또는 Cu/TiN 등의 복수의 층일 수 있다.

[0029] 상기 절연막(220)은 산화물막, 질화물막, 혹은 폴리머막일 수 있다. 상기 산화물막은 금속 산화물막 구체적으로 SnO_2 , Ta_2O_5 , Al_2O_3 , 또는 SiO_2 막을 포함할 수 있고, 상기 질화물막은 BN(boron nitride) 또는 CN(carbon nitride)막을 포함할 수 있다. 상기 금속 산화물막은 전이금속 산화막 일 예로서, 티타늄 산화물막(ex. TiO_2), 니켈 산화물막(ex. NiO), 구리 산화물막(ex. CuO 또는 Cu_2O), 또는 하프늄 산화물막(ex. HfO_2)일 수 있다. 상기 전이금속 산화막은 화학양론이 맞는(stoichiometric) 전이금속 산화막과 산소풍부 전이금속 산화막의 이중층일 수 있다. 상기 산소풍부 전이금속 산화막은 전이금속 산화막 내에 산소이온을 공급할 수 있어, 상기 전이금속 산화막 내에 산소공공 필라멘트가 형성될 때 산소공공 필라멘트가 너무 두껍게 형성되는 것을 막을 수 있다. 이 경우, 낮은 농도의 가스라도 산소공공 필라멘트가 끊어질 수 있어 가스에 대한 민감도를 향상시킬 수 있다. 일 예로서, 화학양론이 맞는(stoichiometric) 전이금속 산화막과 산소풍부 전이금속 산화막의 이중층은 Ta_2O_5 /산소풍부 Ta_2O_5 일 수 있다.

[0030] 상기 개시스터의 일 예는 양극 리드(도 1의 320) 또는 음극 리드(도 1의 340)/ Ta_2O_5 / 산소풍부 Ta_2O_5 / 양극 집전체(도 1의 121) 또는 음극 집전체(도 1의 141)의 구조를 가질 수 있고, 다른 예는 양극 리드(도 1의 320) 또는 음극 리드(도 1의 340)/ Ta_2O_5 / Ti(하부전극)/ 양극 집전체(도 1의 121) 또는 음극 집전체(도 1의 141)의 구조를 갖거나, 양극 리드(도 1의 320) 또는 음극 리드(도 1의 340)/ Ta_2O_5 / 산소풍부 Ta_2O_5 / Ti(하부전극)/ 양극 집전체(도 1의 121) 또는 음극 집전체(도 1의 141)의 구조를 가질 수 있다.

[0031] 상기 하부 전극(210)과 상기 상부 전극(230)은 다양한 금속막 형성방법 일 예로서, PVD (physical vapor deposition) 또는 CVD (chemical vapor deposition)를 사용할 수 있다. 상기 절연막(220)은 ALD (atomic layer deposition), MOCVD (metal organic chemical vapor deposition), MBE (molecular beam epitaxy)법을 사용하여 형성할 수 있다. 상기 절연막(220)이 폴리머막인 경우, CVD, 디핑법, 스핀코팅법, 스퍼터링, 증발, ALD, 또는 에어로졸 등의 방법을 사용하여 형성할 수 있다.

- [0033] 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 개시스터의 동작방법을 나타낸 단면도들이다.
- [0034] 도 3을 참조하면, 하부전극(210)과 상부전극(230)에 소정의 전압 일 예로서, 포밍전압 혹은 셋전압을 인가하여, 상기 절연막(220) 내에 전도성 필라멘트(CF) 일 예로서 산소공공 필라멘트 또는 질소공공 필라멘트를 형성하여, 개시스터(200)를 셋 상태로 만들 수 있다. 그 결과, 상기 개시스터(200)는 고저항 상태(HRS)로부터 저저항 상태(LRS)로 변화될 수 있다. 상기 포밍전압은 소자 제조 후 최초로 전도성 필라멘트(CF)를 생성하는 전압을 의미하며, 상기 셋 전압은 끊긴 전도성 필라멘트(CF)를 재생하는 전압을 의미할 수 있다.
- [0035] 일 예에서 상기 하부전극(210)은 양극 집전체(도 1의 121) 또는 음극 집전체(도 1의 141)이고, 상기 상부전극(230)은 양극 리드(도 1의 320) 또는 음극 리드(도 1의 340)인 경우에, 상기 상부전극(230) 상에 절연막(220)을 형성한 상태에서 상기 절연막(220)에 상기 하부전극(210) 대신 외부전극을 접속시켜 상기 포밍전압 인가 동작을 수행할 수 있다. 이 후, 외부전극을 제거하고 전도성 필라멘트(CF)가 형성된 절연막(220)을 양극 집전체(도 1의 121) 또는 음극 집전체(도 1의 141)와 도전성 페이스트를 사용하여 접합시킨 후, 양극(도 1의 120), 분리막(130), 및 음극(도 1의 140)을 적층한 후 외장 케이스(500) 내에 배치시키고 액체 전해질(도 1의 160)을 주입하여 리튬이온전지 단위셀을 제조할 수 있다.
- [0036] 도 4를 참조하면, 저저항 상태(LRS) 즉, 상기 전도성 필라멘트(CF)가 형성된 개시스터(200)가 구비된 리튬이차전지 단위셀이 동작하는 과정에서 리튬이차전지가 충격을 받거나, 과열 또는 과충전될 때, 혹은 다른 미지의 이유로 상기 리튬이차전지가 고온 상태가 되어 비정상 동작할 때 전해질로부터 가스가 발생될 수 있다. 상기 가스는 메탄, 일산화탄소, 수소, 및 불화수소산과 같은 다양한 가연성/독성 가스일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니고 전해질의 종류에 따라 달라질 수 있다.
- [0037] 상기 전해질로부터 발생된 가스에 노출된 개시스터(200) 내의 상기 전도성 필라멘트(CF)는 상기 가스와 반응하여 일부에서 끊김이 발생하거나 혹은 폭이 좁아질 수 있고, 이에 따라 상기 개시스터(200)는 고저항 상태(HRS)로 변할 수 있다. 상기 가스의 농도 혹은 축적 농도가 일정 수준 이상이 되면 상기 전도성 필라멘트(CF)는 완전히 끊길 수 있다. 이 경우, 하부전극(210)과 상부전극(230) 구체적으로 상기 양극 집전체(도 1의 121) 또는 음극 집전체(도 1의 141)와 상기 양극 리드(도 1의 320) 또는 음극 리드(도 1의 340) 사이에 흐르는 전류가 차단 또는 억제될 수 있다.
- [0038] 이 후, 고온 상태가 제거되면 상기 개시스터(200) 내로 흡수되었던 가스는 상기 전도성 필라멘트(CF)로부터 탈착되어 상기 전도성 필라멘트(CF)는 회복될 수 있다. 이에 따라, 상기 개시스터(200)는 저저항 상태(LRS)로 변화될 수 있다.
- [0039] 그러나, 이에 한정되지 않고, 리튬이차전지는 소정의 회로를 구비하여 상기 하부전극(210)과 상부전극(230) 사이에 셋 전압을 인가하여, 상기 전도성 필라멘트(CF)를 재생하여 저저항 상태로 만들거나 혹은 리셋 전압을 인가하여 상기 전도성 필라멘트(CF)를 끊어 고저항 상태로 바꿀 수도 있다.
- [0040] 도 5a 및 도 5b는 도 4를 참조하여 설명한 개시스터가 구비된 리튬이차전지에서 발생된 가스와 리튬이차전지에 흐르는 전류의 상관관계를 나타낸 그래프이다.
- [0041] 도 4, 도 5a 및 도 5b를 참고하면, 저저항 상태(LRS) 즉, 상기 전도성 필라멘트(CF)가 형성된 개시스터(200)가 구비된 리튬이차전지는 정상동작시 정상전류가 흐르면서 동작될 수 있다. 그러나, 상기 전해질로부터 발생된 가스에 노출된 개시스터(200) 내의 상기 전도성 필라멘트(CF)는 상기 가스와 반응하여 일부에서 끊김이 발생하거나 혹은 폭이 좁아질 수 있고, 이에 따라 상기 개시스터(200)는 고저항 상태(HRS)로 변화하면서, 리튬이차전지에 흐르는 전류는 크게 줄거나 끊길 수 있다.
- [0042] 이 때, 도 5a에 도시된 바와 같이, 가스의 농도가 한번에 높아지는 경우 리튬이차전지에 흐르는 전류는 크게 줄거나 끊길 수 있다.
- [0043] 이와는 달리, 도 5b에 도시된 바와 같이, 가스 발생량이 축적되는 경우 상기 전도성 필라멘트(CF)의 일부 끊김이 점차로 진행되어 축적 발생량이 일정 수준 이상이 되면 전도성 필라멘트(CF)가 거의 완전히 끊겨 리튬이차전지에 흐르는 전류는 크게 줄거나 끊길 수 있다.
- [0044] 이 후, 고온 상태가 제거되면 상기 개시스터(200) 내로 흡수되었던 가스는 상기 전도성 필라멘트(CF)로부터 탈착되어 상기 전도성 필라멘트(CF)는 회복될 수 있다. 이에 따라, 리튬이차전지에는 정상전류가 흐르면서 다시 정상동작할 수 있다.

[0045] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 리튬이차전지를 나타낸 단면도이다.

[0046] 도 6을 참조하면, 본 실시예에 따른 리튬이차전지는 후술하는 것을 제외하고는 도 1을 참조하여 설명한 리튬이차전지와 동일할 수 있다. 본 실시예에 따른 리튬이차전지는 도 1을 참조하여 설명한 리튬이차전지와는 달리 양극 집전체(121)의 측면이 아닌 상부면 상에 양극 리드(320)가 접속하고, 이들 사이에 개시스터(200)가 배치된 형태를 가질 수 있다. 이와는 별도로 혹은 같이, 음극 집전체(141)의 측면이 아닌 하부면 상에 음극 리드(340)가 접속하고, 이들 사이에 개시스터(200)가 배치된 형태를 가질 수 있다.

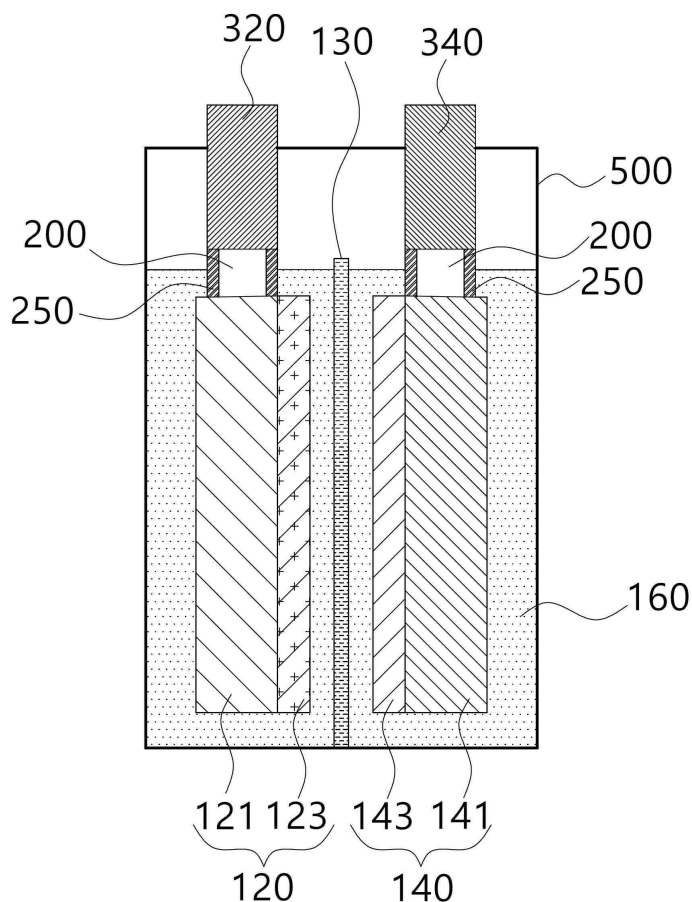
[0048] 상기 리튬이차전지는 원통형, 각형, 파우치형 구조의 단위 셀을 구성할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 상기 개시스터(200)는 액체 전해질(160)의 표면보다 높은 위치에 있을 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0049] 상기 리튬이차전지는 휴대용 컴퓨터, 스마트폰, 스마트패드, 태블릿 PC, 넷북, 웨어러블 전자기기, 전기자동차, 하이브리드 전기자동차, 플러그-인 하이브리드 전기자동차, 경전기자동차(light electric vehicle) 등으로부터 선택되는 장치의 전원으로 사용될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

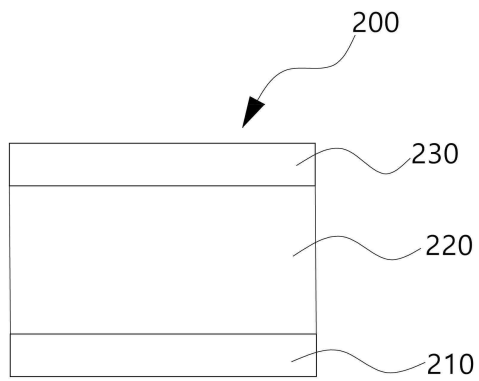
[0050] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

도면

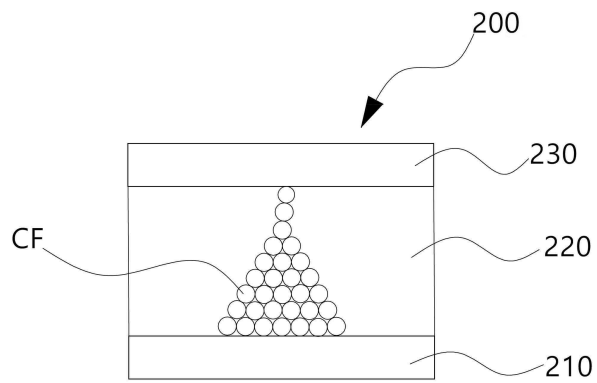
도면1



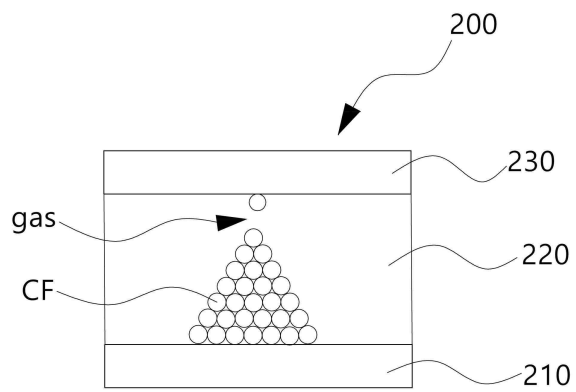
도면2



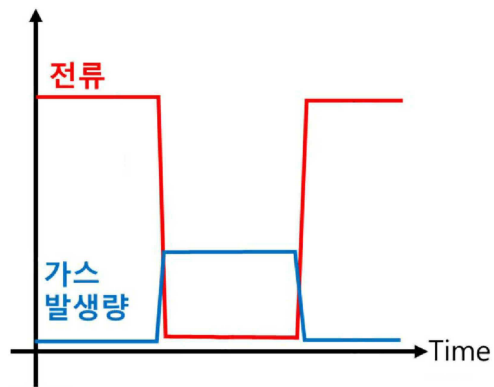
도면3



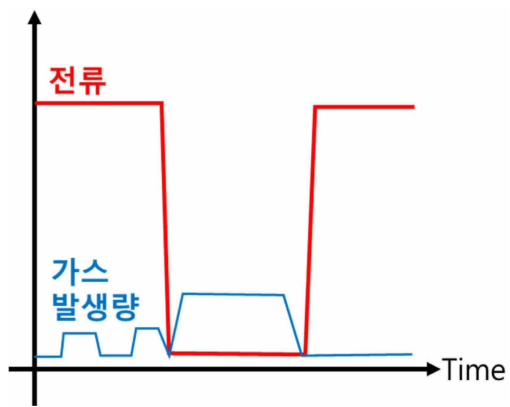
도면4



도면5a



도면5b



도면6

