(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년01월25일
(11) 등록번호 10-2355919
(24) 등록일자 2022년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 50/24 (2021.01) *H01M 10/613* (2014.01)
H01M 10/6567 (2014.01) *H01M 50/30* (2021.01)
(52) CPC특허분류
H01M 50/24 (2021.01)
H01M 10/613 (2015.04)
(21) 출원번호 10-2021-0055239
(22) 출원일자 2021년04월28일
심사청구일자 2021년04월28일
(56) 선행기술조사문헌
JP2014060088 A*
JP2019079605 A*
KR1020200139530 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김영식
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
최윤석
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인지원

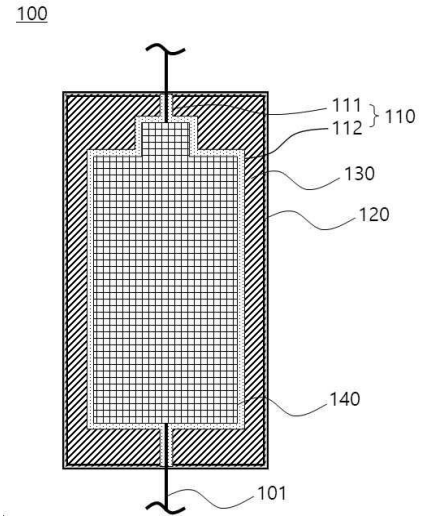
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 김종섭

(54) 발명의 명칭 **침지배터리 및 이를 포함하는 배터리 모듈**

(57) 요 약

본 발명은 유체에 침지되어 배터리의 손상시에도 폭발요인에 노출되지 않도록 하는 침지배터리에 관한 것으로서, 양 극이 전로에 의해 각각 연결된 전지부; 전로의 적어도 일부 및 전지부를 피복하는 실링부; 실링부에 의해 피복된 전지부를 수용하는 하우징; 및 하우징에 충진되어 전지부를 침지시키는 침지유체;를 포함하는, 침지배터리가 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01M 10/6567 (2015.04)
H01M 50/30 (2021.01)
(72) 발명자
배준호
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
조지훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원

명 세 서

청구범위

청구항 1

양 극이 전로에 의해 각각 연결된 전지부;

상기 전로의 적어도 일부를 피복하는 전로실링부 및 전지부 전체를 피복하는 전지실링부를 포함하는 실링부;

상기 실링부에 의해 피복된 상기 전지부를 수용하는 하우징; 및

상기 하우징에 충진되어 상기 전지부를 침지시키는 침지유체;를 포함하는, 침지배터리.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 침지유체는 물(H_2O)인, 침지배터리.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 하우징은,

상기 하우징 내부의 압력이 증가되는 경우, 유체가 상기 하우징 외측으로 배출될 수 있도록 하는 유출벤트를 더 포함하는, 침지배터리.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 하우징 내에 충진되는 이종(異種)유체를 더 포함하고,

상기 이종유체는 기체이고, 상기 유출벤트는 상기 이종유체 측에 마련되는, 침지배터리.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 실링부는 수밀을 유지하고 기밀을 허용하여 상기 전지부 내부에서 발생하는 가스를 상기 침지유체 측으로 배기할 수 있는, 침지배터리.

청구항 6

청구항 1에 기재된 침지배터리가 복수개 마련되고, 상기 전로에 의해 각각의 상기 침지배터리 간의 연결이 직렬로 구성되는, 배터리모듈.

청구항 7

청구항 1에 기재된 침지배터리가 복수개 마련되고, 상기 전로에 의해 각각의 상기 침지배터리 간의 연결이 병렬로 구성되는, 배터리모듈.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유체에 침지되어 배터리의 손상시에도 폭발요인에 노출되지 않도록 하는 침지배터리에 관한 것이다.

[0002]

배 경 기 술

[0003] 일반적으로 배터리는 전극을 연결하여 전기에너지를 공급하는 구성으로 효율을 증대하기 위한 연구가 개발되어 오고 있다. 배터리와 관련한 다양한 개발중에 안전성 문제는 지속적으로 중요하게 다루어지고 있으며, 특히 사용중 폭발하는 문제점이 가장 위험한 것으로 알려지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 종래에는 폭발시 피해를 감소하기 위해 하우징에 기 결정된 구조를 갖추는 방식이나 폭발시에 불안정한 배터리 상태를 화학적인 수단으로 안정화 시키는 방법이 이용되기도 한다. 그러나 이는 폭발 후의 사후대책에 불과하며 폭발자체를 방지하는데에는 어려움이 있었다.

[0004] 따라서, 배터리의 운용 환경을 폭발을 방지할 수 있는 환경에 노출시킴으로써 외력이나 내부적인 문제에 의해 손상의 발생 또는 내압의 증가에 따른 폭발시점에 도달하는 것을 방지하는 기술이 요구되고 있고 이에 대한 다양한 기술이 지속적으로 개발되는 것이 현실이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제 10-2021-0015328 호 (2021. 02. 10)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 실시예는 배터리에 노출되는 환경으로부터 산소를 차단함으로써 화재 및 폭발을 예방하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예는 배터리가 내외부적인 요인에 의해 발생하는 열을 냉각하여 발화점에 도달하는 것을 방지하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 유체에 침지되어 배터리의 손상시에도 폭발요인에 노출되지 않도록 하는 침지배터리에 관한 것으로서, 양 극이 전로에 의해 각각 연결된 전지부; 전로의 적어도 일부 및 전지부를 피복하는 실링부; 실링부에 의해 피복된 전지부를 수용하는 하우징; 및 하우징에 충진되어 전지부를 침지시키는 침지유체;를 포함하는, 침지배터리가 제공된다.

[0011] 그리고, 침지유체는 물(H_2O)일 수 있다.

[0012] 또한, 하우징은, 하우징 내부의 압력이 증가되는 경우, 유체가 하우징 외측으로 배출될 수 있도록 하는 유출벤트를 더 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 하우징 내에 충진되는 이종(異種)유체를 더 포함하고, 이종유체는 기체이고, 유출벤트는 이종유체 측에 마련될 수 있다.

[0014] 또한, 실링부는 수밀을 유지하고 기밀을 허용하여 전지부 내부에서 발생하는 가스를 침지유체 측으로 배기할 수

있다.

[0015] 상기에 기재된 침지배터리가 복수개 마련되고, 전로에 의해 각각의 침지배터리 간의 연결이 직렬로 구성되는, 배터리모듈이 제공된다.

[0016] 상기에 기재된 침지배터리가 복수개 마련되고, 전로에 의해 각각의 침지배터리 간의 연결이 병렬로 구성되는, 배터리모듈이 제공된다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 배터리를 유체에 침지함으로써 배터리에 노출되는 환경을 무산소 환경으로 조성하여 화재 및 폭발을 예방하는 침지배터리를 제공할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 유체에 배터리가 침지됨으로써 내외부적인 요인에 의해 발생하는 열을 냉각하여 배터리가 발화점에 도달하는 것을 방지하는 침지배터리를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 제1태양의 일 실시예에 따른 침지배터리를 나타낸 도면,

도 2는 본 발명의 제1태양의 다른 실시예에 따른 침지배터리를 나타낸 도면,

도 3은 본 발명의 제1태양의 일 실시예에 따른 침지배러리에 손상부가 발생한 상태를 나타낸 도면,

도 4는 본 발명의 제2태양의 일 실시예에 따른 복수 개의 침지배터리 간 직렬연결이 이루어진 배터리 모듈을 나타낸 도면,

도 5는 본 발명의 제2태양의 다른 실시예에 따른 복수 개의 침지배터리 간 병렬연결이 이루어진 배터리 모듈을 나타낸 도면,

도 6은 본 발명의 제1태양의 일 실시예에 따른 침지배터리를 통해 폭발실험을 한 것을 나타낸 도면,

도 7은 각형셀을 포함하는 배터리를 나타낸 것으로서, 도 7(a)는 대기 중에 노출된 배터리를 손상시켰을 때 발화(연소)되는 것을 나타낸 도면이고, 도 7(b)는 수중에 노출된 배터리를 손상시켰을 때 상기 인화성 가스가 배출되는 것을 나타낸 도면,

도 8은 침지된 배터리에 대하여 대기와 수중에서 노출된 상태에서의 충방전 중 일어나는 온도변화를 나타낸 것으로서, 도 8(a)는 시간대비 온도 그래프를 나타낸 도면이고, 도 8(b)는 시간대비 온도 변화를 10 싸이클 수행한 결과를 나타낸 그래프,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리의 열폭주를 실험한 것을 나타낸 도면으로서, 발열체를 통해 인위적으로 열을 가해 열폭주를 유도한 것이며 도 9(a)는 대기 중에 노출된 배터리에 열을 가해 열폭주가 진행되는 것을 나타낸 도면이고, 도 9(b)는 수중에 침지된 배터리에 열을 가해 열폭주가 진행되는 것을 나타낸 도면,

도 10(a)는 복수의 셀을 대상으로 다수 지점의 전압을 각각 측정하는 것을 의미하고, 도 10(b)는 대기에 노출된 배터리에서 도 10(a)와 같이 측정된 전압이 열폭주 발생에 따라 변화되는 것을 나타낸 도면이고, 도 10(c)는 수중에 침지된 배터리에서 도 10(a)와 같이 측정된 전압이 열폭주 발생에 따라 변화되는 것을 나타낸 도면,

도 11은 배터리에 포함된 다수 개의 셀 중 서로 다른 위치에 배치된 셀의 온도를 측정하여 온도변화를 나타낸 것으로서, 도 11(a)는 각 셀의 전압 위치 및 다수의 셀 중에 배치된 발열체를 표시한 도면이고, 도 11(b)는 대기 중에 노출된 배터리에 상기 발열체로부터 열을 전달함으로써 변화되는 온도를 나타낸 그래프이며, 도 11(c)는 수중에 침지된 배터리에 상기 발열체로부터 열을 전달함으로써 변화되는 온도를 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

[0023] 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러

므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0024] 본 발명의 기술적 사상은 청구범위에 의해 결정되며, 이하의 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 효율적으로 설명하기 위한 일 수단일 뿐이다.

[0025] 이하에서는 유체에 침지되어 배터리의 손상시에도 폭발요인에 노출되지 않도록 하는 침지배터리(100)인 본 발명에 대하여 설명하기 위해 다양한 실시예를 통해 설명하기로 한다. 그리고 각 실시예의 기본적인 구성인 도 1에 도시한 실시예를 기준으로 도 2 내지 도 5와 같이 변형실시예를 설명하기로 한다. 따라서, 별도의 설명을 생략한 경우에도 도 1에 표시된 실시예에 기재된 특징을 그 외 실시예에도 적용됨은 당연하다.

[0026] 또한, 이하의 실시예는 실링부(110) 내에 전지부(140)가 하나 마련된 예시를 통해 설명하고 있으나, 이는 일 예일뿐이며, 실링된 전지부(140)는 하나 이상일 수 있다. 즉, 실링부(110)는 복수개의 전지부(140) 간 연결된 상태를 침치유체(130)로부터 수밀을 유지하면 수용할 수 있다. 이하의 도 1 내지 도 6을 통해 전술한 실시예를 대표하여 구체적인 본 발명의 실시예를 후술하도록 한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 제1태양의 일 실시예에 따른 침지배터리(100)를 나타낸 도면이다.

[0029] 도 1을 참조하면, 침지배터리(100)는 양 극이 전로(101)에 의해 각각 연결된 전지부(140), 전로(101)의 적어도 일부 및 전지부(140)를 피복하는 실링부(110), 실링부(110)에 의해 피복된 전지부(140)를 수용하는 하우징(120) 및 하우징(120)에 충진되어 전지부(140)를 침지시키는 침지유체(130)를 포함한다. 여기서 하우징(120)은 하우징(120)의 내외부를 구획하는 구성으로 독립적인 공간을 마련하고 하우징(120)은 기밀 및 수밀을 유지할 수 있다. 여기서 실링부는 전로(101)의 적어도 일부를 피복하는 전로실링부(111) 및 전지부(140) 전체를 피복하는 전지실링부(112)로 구분할 수 있다. 이는 본 발명이 전지부(140)가 침지유체(130)에 완전침지되는 것을 전제로 하기 때문에 침지유체(130)에 접촉되는 전장인 전지부(140)는 물론이고, 하우징(120) 내로 인입되는 전로(101)의 일부도 실링되는 것이 유리하기 때문이다. 이하에서는 전로실링부(111)와 전지실링부(112)를 구분하지 않고 이를 포함하는 개념으로 실링부(110)로 통칭하여 표현하도록 한다.

[0030] 상기 하우징(120) 내부에는 전지부(140)를 침지시키는 침지유체(130)가 수용될 수 있다. 상기 침지유체(130)는 전지가 내외부의 요인에 의해 발열되는 경우 냉각시켜 전지부(140)의 안정화를 지속시키는 기능을 수행할 수 있다. 따라서, 보다 비열이 높은 유체가 유리하며 열과 반응해도 연소위험이 없는 유체가 적용될 수 있다. 구체적인 예로, 침지유체(130)는 물(H_2O)일 수 있다. 물은 비열이 1.0 $cal/g \cdot ℃$로서, 상대적으로 비열이 높은 유체에 속한다. 따라서, 발열되는 전지부(140)의 열을 냉각시키는데 적합하며, 용존산소량도 극미량에 해당하여 발화요건을 갖추는 것은 불가능하다고 할 수 있다. 즉, 물은 침지유체(130)로서 전지부(140)의 내외부에서 발생하는 요인에 의해 발생되는 열을 냉각시키는 기능을 할 수 있다.

[0032] 한편, 연소가 성립하기 위해서는 탈물질, 발화점이상의 온도 및 산소가 요구된다. 여기서 전술한 침지유체(130)는 발화점이상의 온도를 제거함으로써 전지부(140)의 연소 즉, 폭발을 예방할 수 있다. 나아가. 침지유체(130)는 전지부(140)가 팽창하여 일방이 개방되는 경우에도 개방부를 통해 침지유체(130)가 유입되어 전지부(140) 내부에서 발생된 가스를 배출시키고, 증가되는 온도를 냉각시킬 수 있다. 이는 연소가 성립하기 위한 요건 중 산소의 차단으로서, 개방즉시 침지유체(130)가 유입되어 산소와의 접촉을 차단하게 된다.

[0033] 또한, 전지부(140)가 원기둥의 형태를 가지고 있는 경우에 내압에 의해 일방이 개방되면 상기 일방은 구조적으로 원기둥의 높이방향 즉, 측방일 수 있다. 상기 측방이 개방된 형태로 원기둥의 높이방향을 따라 상기 측방이 개방될 수 있다. 따라서, 전지부(140)의 측면에는 전지부(140) 내측으로 유일될 수 있는 침지유체(130)가 위치되도록 하우징(120)의 중앙에 전지부(140)가 위치되어 하우징(120)의 내표면과 기 결정된 거리 이격되는 것이 바람직하다.

[0034] 한편, 실링부(110)는 전지부(140)의 표면과 접하여 감싸도록 만련되는 것은 물론이고 소정길이만큼 전로(101)로 피복할 수 있다. 여기서 실링부(110)는 전지부(140)의 팽창에 의해 개방되는 방향과 함께 개방될 수 있다. 이는 전지부(140)의 개방에도 불구하고 실링부(110)의 개방이 미수행되면, 전지 내부의 팽창와 발열은 침지유체(130)의 유입없이 지속되므로, 전지부(140)는 과열될 수 있다. 극단적으로는 전지부(140) 내부에서 발생한 가스에 의해 팽창 및 발열이 지속되어 열폭주가 발생할 가능성이 있어, 이를 방지하기 위해 전지부(140)를 피복하는 실링부(110)는 전지부(140)의 팽창에 의한 개방과 함께 절개되어 개방되도록 한다.

[0035] 이러한 효과를 보다 증대하기 위해 피복은 결방향을 가지는 소재로 마련되어 결과 수직방향으로 팽창되는 힘의

작용에 의해 개방될 수도 있다. 물론, 이에 한정되는 것은 아니고 소재 또는 구조적으로 기 결정된 시점에 개방을 도모할 수 있도록 설계변경될 수 있다.

[0037] 도 2는 본 발명의 제1태양의 다른 실시예에 따른 침지배터리(100a)를 나타낸 도면이다.

[0038] 도 2를 참조하면, 하우징(120)은, 하우징(120) 내부의 압력이 증가되는 경우, 유체가 하우징(120) 외측으로 배출될 수 있도록 하는 유출벤트(121)를 더 포함할 수 있다. 상기 유출벤트(121)는 하우징(120)의 일측에 마련될 수 있고, 하우징(120) 내의 내압이 증가하면 하우징(120) 외부 압력에 대응되도록 개방되어 유체를 배출할 수 있다. 물론, 내압의 증가는 전지부(140)가 팽창하여 발생하는 가스에 의한 것일 수 있다.

[0039] 여기서 팽창은 전지부(140)에 의한 것일 수 있고, 구체적으로 전지부(140)의 내부에서 가스가 생성되어 배출되면 배출되는 순간 하우징(120) 내부 체적이 증가되어 침지유체(130)가 유출벤트(121)로 배출될 수 있다. 침지유체(130)의 하우징(120) 외부로의 배출은 하우징(120) 외측의 주변 전장으로 영향을 미칠 수 있으므로, 액체상태의 침지유체(130)는 배출되지 않도록 한다.

[0040] 이러한 구조를 위해, 하우징(120) 내에 충진되는 이종(異種)유체를 더 포함할 수 있다. 여기서, 이종유체(131)는 기체이고, 유출벤트(121)는 이종유체(131) 측에 마련될 수 있다. 예를 들어 이종유체(131)는 기체이고 침지유체(130)는 액체상태로, 상방에 이종유체(131)가 위치될 수 있다. 이종유체(131)가 하우징(120) 내에 수용되는 경우에도 전지부(140)는 침지유체(130)에 의해 침지되는 상태를 유지할 수 있고, 이종유체(131)는 상방의 일부체적만 차지할 수 있다. 물론, 이에 한정된 것은 아니고 전지부(140)에 의한 팽창에 의해 내부체적이 증가되는만큼 이종유체(131)가 마련되어, 전지부(140) 내부에서 발생한 가스로부터 하우징(120)의 팽창을 수용할 수 있다.

[0042] 앞서 설명한 도 1 및 도 2와 같은 예시에서, 본 발명의 실시예에 포함된 실링부(110)는 수밀을 유지하고 기밀을 허용하여 전지부(140) 내부에서 전지의 정상범주 내에서 이용되는 중에 발생하는 미량의 가스는 침지유체(130) 측으로 배기될 수도 있다.

[0044] 도 3은 본 발명의 제1태양의 일 실시예에 따른 침지배터리(100)에 손상부(S)가 발생한 상태를 나타낸 도면이다.

[0045] 도 3을 참조하면, 전지부(140)의 내외부 요인에 의해 전지부(140)에 손상이 발생하는 경우 전지부(140)는 내부가 개방됨으로써 외측으로 노출될 수 있다. 이때 전술한 바와 같이 실링부(110)도 전지부(140)의 표면과 함께 개방되어, 전지 내부는 외측으로 노출되고, 노출된 내부로 침지유체(130)가 유체유입방향(F2)으로 유입될 수 있다. 물론, 개방시에는 가스배출방향(F1)으로 가스의 배출이 발생하므로, 발생된 가스는 유체 내에서 비중에 의해 상방으로 이동될 수 있다. 상방으로 이동된 가스는 도 2를 통해 설명한 예시에 의하면 유출벤트(121)에 의해 하우징(120) 외측으로 배출될 수 있다. 이러한 메커니즘을 통해 전지는 냉각 및 산소의 차단이 이루어지면서 연소조건을 불충족하여 열폭주 현상은 물론, 폭발이 방지될 수 있다.

[0047] 도 4는 본 발명의 제2태양의 일 실시예에 따른 복수 개의 침지배터리(100) 간 직렬연결이 이루어진 배터리 모듈(10)을 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명의 제2태양의 다른 실시예에 따른 복수 개의 침지배터리(100) 간 병렬연결이 이루어진 배터리 모듈(10a)을 나타낸 도면이다. 본 예시는 도 1을 통해 설명한 예시로 설명하기로 한다.

[0048] 도 4 및 도 5를 참조하면, 앞서 도 1 및 도 2를 통해 설명한 침지배터리(100)가 복수개 마련되고, 전로(101)에 의해 각각의 침지배터리(100) 간의 연결이 직렬로 구성된 배터리 모듈(10)이 마련될 수 있다. 또한, 상기에 기재된 침지배터리(100)가 전로(101)에 의해 병렬로 연결이 구성되는, 배터리 모듈(10a)이 마련될 수 있다. 여기서 병렬로 연결되는 구성은 복수 개의 침지배터리 중 하나 이상(예를 들어, 100)이 정상적으로 운용되면 전력의 공급중에도 나머지 침지배터리(예를 들어, 200, 300, 400)를 교환 및 수리를 할 수도 있다.

[0050] 도 6은 본 발명의 제1태양의 일 실시예에 따른 침지배터리를 통해 폭발실험을 한 것을 나타낸 도면이다.

[0051] 도 6을 참조하면, 도 6(a)의 경우 공기 중에서 배터리의 폭발을 유도한 경우 상온으로부터 최대 280도 까지 온도가 상승한 것을 나타내고 있다. 반면, 도 6(b)의 경우 수중에서 배터리의 폭발을 유도한 경우 상온으로부터 최대 32.6도 까지 온도가 상승한 것을 나타내고 있다. 배터리폭발을 유도한 실험에 따라, 수소 생산 시(Na+H2O à NaOH + H2), 발열 진행의 가속화로 인한 온도 증가 및 이에 따른 발화 및 폭발이 이루어질 수 있다.

[0052] 이와 같이 공기중에서의 배터리폭발은 고온의 형성에 의해 발화 및 폭발이 이루어질 수 있고, 본 발명의 상시 실시예들과 같이 수중에서의 배터리폭발의 경우 사전에 방지될 수 있다. 이는 침지유체(본 실험에서는 물)가 전지부에서 발생하는 열을 냉각시켜 온도 상승폭이 비교적 작게 일어나고, 내부에서 발생하는 가스는 기포로 배출

될 수 있다.

[0053] 보다 구체적으로, 수중환경에서 물이 열을 흡수(냉각)하여 온도가 발화점에 도달하는 것을 방지할 수 있다. 그리고, 수중 환경에서 산소를 차단함으로써 열폭주 또는 열폭주에 근사하게 온도 상승이 일어나는 경우에도 폭발(연소)을 방지할 수 있다. 또한, 배터리로부터 인화성 가스인 수소, 탄화수소 등의 전지구성에 의해 손상으로부터 발생가능한 인화성 가스가 배출됨과 동시에 물과의 비중차에 의해 수면 위(대기)로 배기되어 폭발 및 화재 방지가 이루어질 수 있다.

[0054] 이와 같은 현상은 원형의 셀뿐만 아니라, 각형 셀로 구성된 전지에서도 동일하게 구현되는 것을 도 7의 실험에 의해 확인할 수 있다. 여기서 도 7(a)는 대기 중에 노출된 배터리를 손상시켰을 때 발화(연소)되는 것을 나타낸 도면이고, 도 7(b)는 수중에 노출된 배터리를 손상시켰을 때 상기 인화성 가스가 배출되는 것을 나타낸 도면이다.

[0055] 물론, 상기 배터리는 리튬이온전지(18650), 리튬 폴리머 전지, 리튬인산철 전지에 대해서도 동일한 경향의 실험결과를 확인할 수 있다. 도 8은 침지된 배터리에 대하여 대기와 수중에서 노출된 상태에서의 충방전 중 일어나는 온도변화를 나타낸 것으로서, 도 8(a)는 시간대비 온도 그래프를 나타낸 도면이고, 도 8(b)는 시간대비 온도변화를 10 싸이클 나타낸 그래프이다.

[0056] 도 8(a)를 참조하면, 대기 중에 노출된 배터리의 경우 충방전시에 온도변화폭이 수중에 노출된 배터리보다 크게 형성되어 상대적으로 불안정한 온도변화추세를 형성할 수 있다. 반면에, 수중에 침지된 상태의 배터리는 온도변화폭이 대기 중에 노출된 배터리의 온도변화폭 구간 내에 형성될 수 있다. 이는 도 8(b)을 통해 도시하고 있는 10회의 충방전 시 기록된 온도변화를 기준으로, 수중에 배치된 배터리의 온도변화폭이 3.3도인 반면, 대기 중에 노출된 배터리의 온도변화폭이 8.4도로 상대적으로 큰 온도변화폭을 형성할 수 있다. 또한, 수중에 노출된 배터리의 온도변화가 일어난 25.2도 내지 28.5도 사이 구간은 대기 중에 노출된 배터리의 온도변화가 일어난 24.4도 내지 32.8도 사이 구간 내에 형성될 수 있다.

[0057] 물론, 이는 배터리가 노출된 대기 및 수중의 온도에 따라 다소 달라질 수 있는 온도결과이며, 수중에 침지된 배터리가 물 이외의 액상 유체에 침지된 경우에도 달라질 수 있다. 즉, 액체의 비열에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 전술한 바와 같이 바람직하게는 냉각효과가 우수한 물에 침지시켜 배터리의 구동중에는 냉각을 수행하고, 배터리의 손상시에는 가스배출을 수행하도록 할 수 있다.

[0059] 한편, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리의 열폭주를 실험한 것을 나타낸 도면으로서, 발열체(H)를 통해 인위적으로 열을 가해 열폭주를 유도한 것이며 도 9(a)는 대기 중에 노출된 배터리에 열을 가해 열폭주가 진행되는 것을 나타낸 도면이고, 도 9(b)는 수중에 침지된 배터리에 열을 가해 열폭주가 진행되는 것을 나타낸 도면이다.

[0060] 본 실험을 통해 시간의 흐름에 따라 배터리가 기능을 상실하는지를 전압을 측정함으로써 확인할 수 있고, 시간의 흐름에 따라 열폭주의 진행상황을 온도측정을 통해 확인할 수 있다. 이는 이하에서 도 10을 통해 전압측정을 한 데이터를 비교하였고, 도 11을 통해 온도측정을 한 데이터를 비교하였다.

[0061] 물론, 자연적으로는 열폭주가 발생하는 조건이 갖춰지기 어려울 것이므로, 발열체(H)를 통해 배터리에 열을 전달하여 열폭주를 유도한 것이다. 즉, 외부영향으로 인하여 열폭주가 진행되는 경우에도 수중에 침지된 배터리는 도 10에 도시된 바와 같이 열폭주의 발생시점을 지연시킬 수 있고, 열폭주의 진행속도를 지연시킬 수 있다. 구체적으로, 도 10(a)는 복수의 셀을 대상으로 다수 지점의 전압을 각각 측정하는 것을 의미하고, 도 10(b)는 대기 중에 노출된 배터리에서 도 10(a)와 같이 측정된 전압이 열폭주 발생에 따라 변화되는 것을 나타낸 도면이고, 도 10(c)는 수중에 침지된 배터리에서 도 10(a)와 같이 측정된 전압이 열폭주 발생에 따라 변화되는 것을 나타낸 도면이다.

[0062] 여기서 도 10을 통해 개시한 데이터는 수중에 침지된 배터리와 대기 중에 노출된 배터리에 동일한 온도의 발열체(H)를 각각 접근시켜 열폭주를 유도하여 열폭주가 진행되는 과정에서 수집한 데이터일 수 있다.

[0063] 도 10(c)의 시간-전압 관계를 나타낸 그래프를 참조하면, 수중에 침지된 배터리는 상기 발열체(H)와 접근된 후로 약 80분이 경과하여 열폭주가 진행되어 전압이 급격하게 저하된 것을 알 수 있다. 여기서, 전압은 급격하게 저하되되, 전압 수치가 0에 도달하기까지 지속되는 것은 아니고, 약 90분 경과시에 50 볼트에서 20 볼트까지 급격히 저하되다가 증감을 반복하며 약 110분을 초과하면서 약 5 볼트를 유지하는 추세를 보인다.

[0064] 이는 냉각을 통해 열폭주가 발생하는 시점까지 온도가 증가되는 것을 방지하는 것은 물론, 외부요인에 의해 열

폭주가 진행되는 경우에도 열폭주의 진행시점 및 진행속도를 지연시킬 수 있는 것을 보여준다.

[0065] 반면에, 도 10(b)와 같이 공기 중에 노출된 배터리의 경우에는 발열체(H)의 접근시점으로부터 약 24분 경과한 후에 열폭주가 진행되고, 급격하게 0 볼트로 전압이 저하되게 된다. 즉, 배터리의 기능을 완전히 상실하게 될 수 있다. 이는 수중에 침지된 배터리가 열폭주되는 과정에서 전압이 저하되는 형상을 지연시키고 나아가, 배터리의 일부 셀은 전압을 유지하게 되는 것과 차이가 있다고 할 수 있다.

[0066] 이는 배터리가 노출된 환경의 차이인 수중에 침지된 환경에 의해 기대할 수 있는 효과라고 할 수 있다.

[0067] 이와 유사한 실험으로서, 도 11은 배터리에 포함된 다수 개의 셀 중 서로 다른 위치에 배치된 셀의 온도를 측정하여 온도변화를 나타낸 것으로서, 도 11(a)는 각 셀의 전압 위치 및 다수의 셀 중에 배치된 발열체(H)를 표시한 도면이고, 도 11(b)는 대기 중에 노출된 배터리에 상기 발열체(H)로부터 열을 전달함으로써 변화되는 온도를 나타낸 그래프이며, 도 11(c)는 수중에 침지된 배터리에 상기 발열체(H)로부터 열을 전달함으로써 변화되는 온도를 나타낸 그래프이다.

[0068] 표시된 “1”, “3”, ”4”, ”5”, ”6”, ”7”, ”8”의 셀은 발열체(H)와 인접한 상태에 있고, “2”, “9”가 표시된 셀은 군집된 셀의 외측에 위치됨으로써 발열체(H)와 소정거리 이격된 곳에 위치되고, “10”, “11”가 표시된 셀은 군집된 셀과 이격되어 배치되었다.

[0069] 발열체(H)에 열을 가하는 실험을 수행한 결과, 대기에 노출된 배터리의 경우 약 23분 경과한 시점에서 동시다발적으로 모든 셀이 열폭주 진행하여 온도가 급상승하는 것을 확인할 수 있다. 반면에, 수중에 침지된 배터리는 발열체(H)와 인접한 위치에 배치된 셀의 온도만 동시다발적으로 급상승하는 결과를 보였고, 군집된 다수의 셀 중에서 발열체(H)와 이격된 위치에 배치된 셀은 온도상승이 완만하거나 지연되는 결과를 보였으며, 군집된 다수의 셀과 이격되도록 배치된 셀은 온도 상승이 거의 일어나지 않는 것을 확인할 수 있다.

[0070] 이는 수준에 노출되되 물과의 접촉면적이 보다 넓게 형성될수록 냉각효과가 상대적으로 더 크게 구현되며, 이는 공기 중에 노출된 배터리에 대하여 실험한 결과와 뚜렷한 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0071] 물론, 물의 온도, 발열체(H)의 발열온도, 대기의 온도 등 환경적인 요인에 의해 달라질 수도 있으나, 전술한 인화성가스를 배출하고, 냉각효과를 기대할 수 있는 조건은 대기 중에 노출된 배터리보다 수중에 침지된 배터리로부터 구현될 수 있다.

[0072] 앞서 본 발명에 대한 설명을 위해 예시한 실험 및 실험데이터는 한국산업기술시험원(KTL; Korea Testing Laboratory)에 의뢰하여 획득한 것으로서 신뢰도 있는 데이터라고 할 수 있다.

[0074] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0076] 10, 10a : 배터리 모듈

100, 100a, 200, 300, 400 : 배터리

101 : 전로

110 : 실링부

120 : 하우징

121 : 유출벤트

130 : 침지유체

131 : 이종유체

140 : 전지부

F1 : 가스배출방향

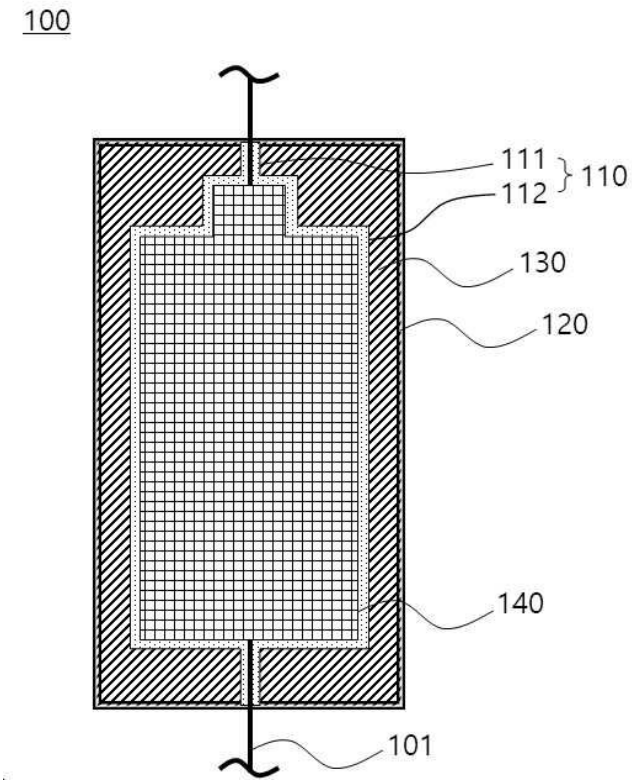
F2 : 유체유입방향

S : 손상부

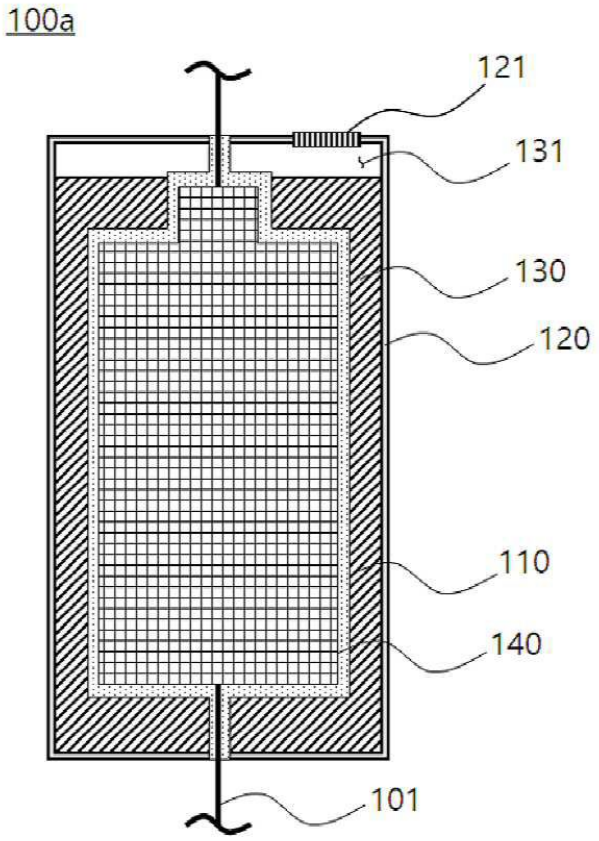
H : 발열체

도면

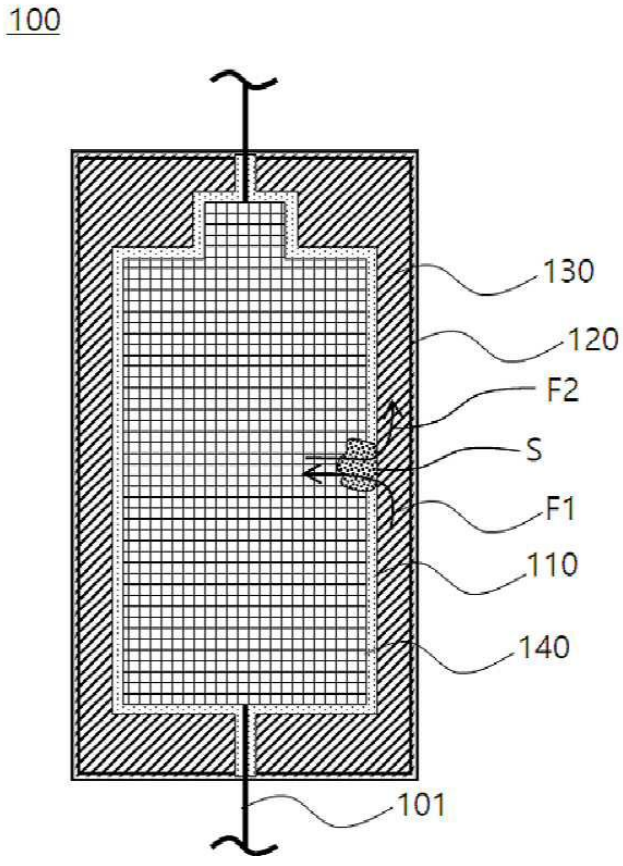
도면1



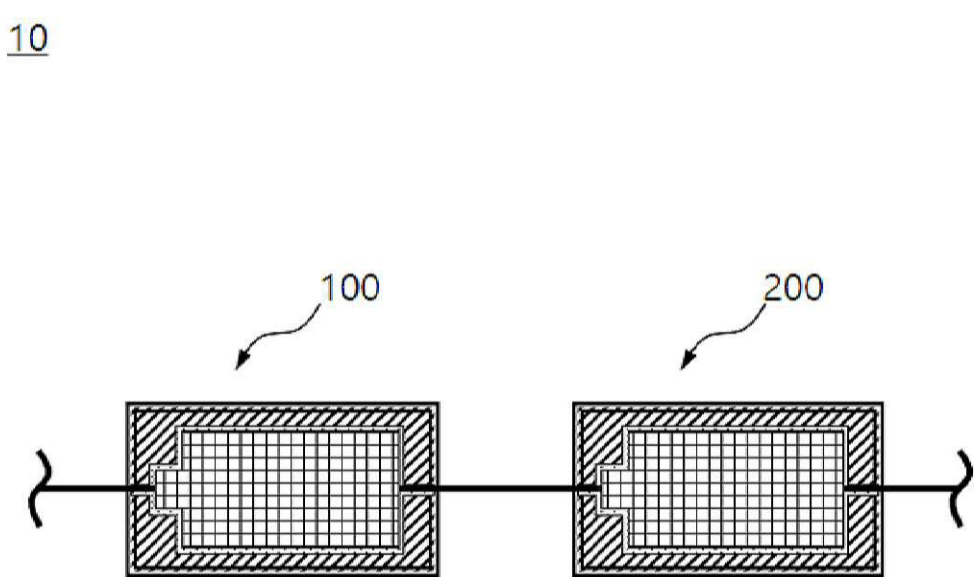
도면2



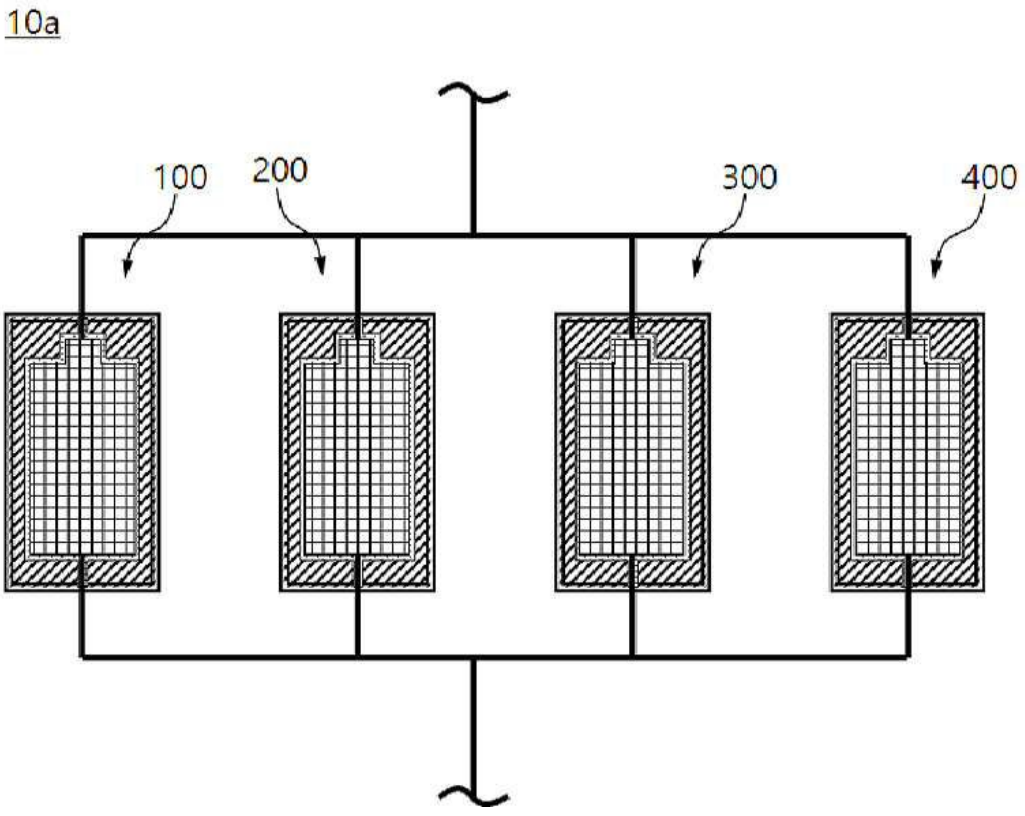
도면3



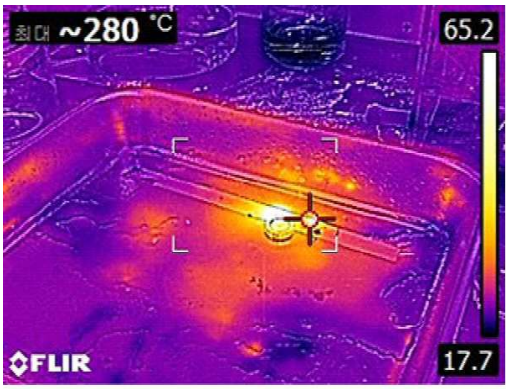
도면4



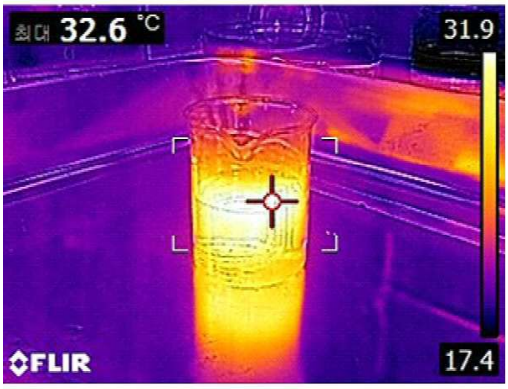
도면5



도면6

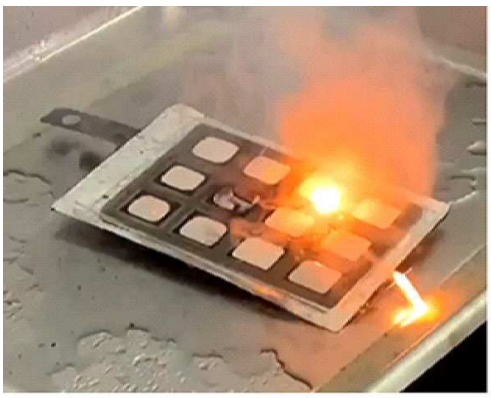


(a)



(b)

도면7

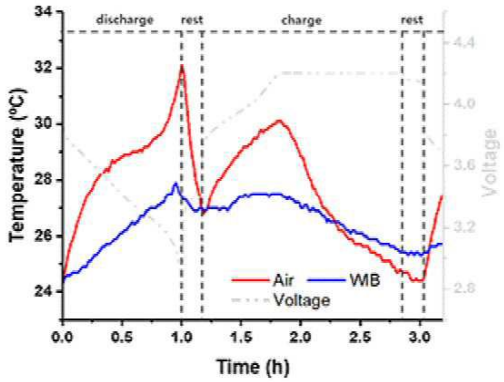


(a)

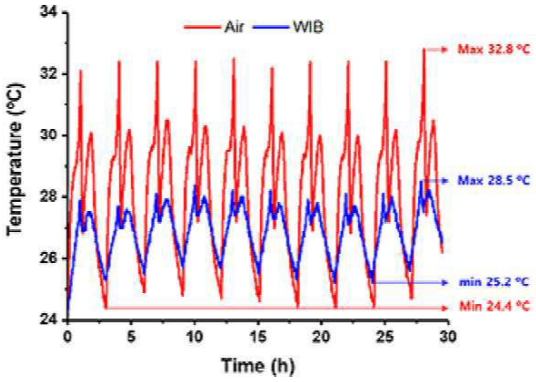


(b)

도면8


discharge
rest
charge
rest
Temperature (°C)
Voltage
Air
WB
Voltage
Time (h)

(a)

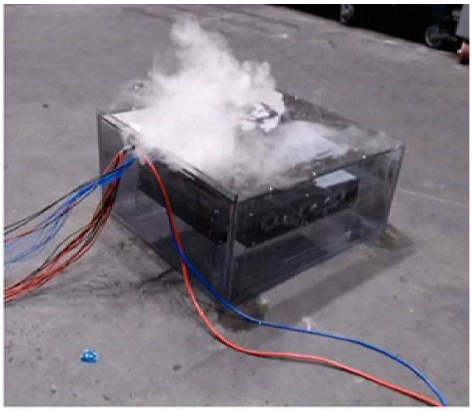

Air
WB
Max 32.8 °C
Max 28.5 °C
min 25.2 °C
Min 24.4 °C
Temperature (°C)
Time (h)

(b)

도면9

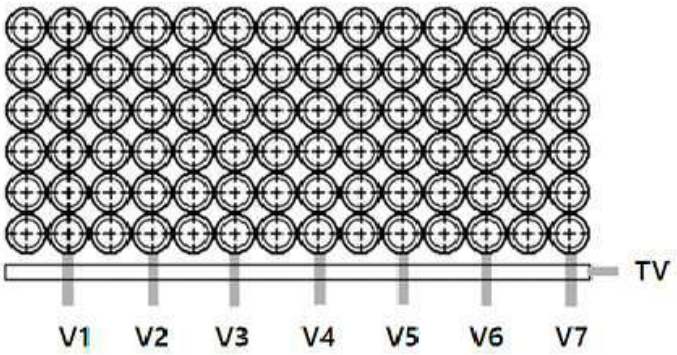


(a)

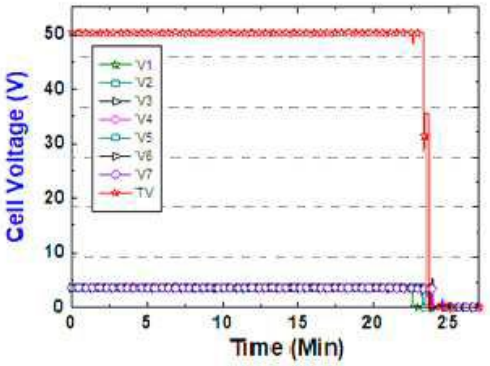


(b)

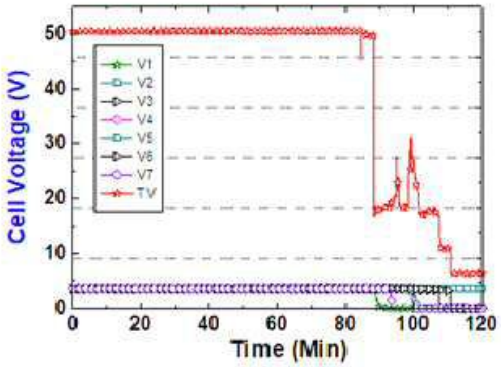
도면10


TV
V1
V2
V3
V4
V5
V6
V7

(a)

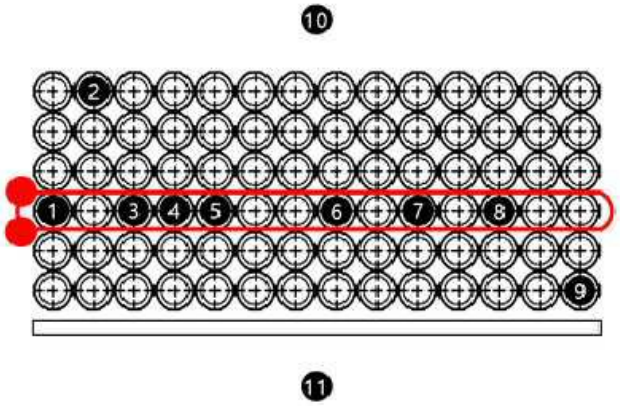

Cell Voltage (V)
Time (Min)
V1
V2
V3
V4
V5
V6
V7
TV

(b)

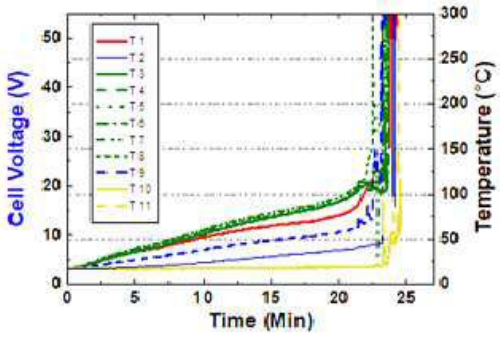

Cell Voltage (V)
Time (Min)
V1
V2
V3
V4
V5
V6
V7
TV

(c)

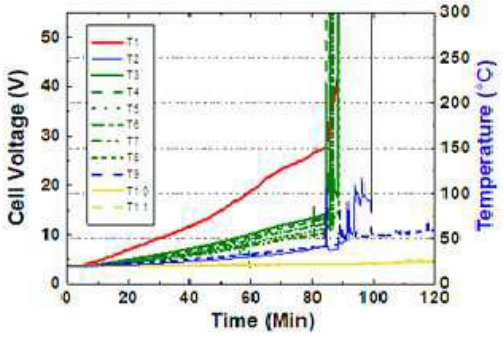
도면11


10
2
1
3
4
5
6
7
8
9
11

(a)


Cell Voltage (V)
Temperature (°C)
Time (Min)
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11

(b)


Cell Voltage (V)
Temperature (°C)
Time (Min)
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T10
T11

(c)