



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년05월06일
(11) 등록번호 10-2106949
(24) 등록일자 2020년04월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/50 (2020.01) G01R 19/165 (2006.01)
G01R 31/36 (2019.01) HO1M 10/04 (2015.01)
HO1M 10/48 (2015.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/50 (2020.01)
G01R 19/16571 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0071870
(22) 출원일자 2018년06월22일
심사청구일자 2018년06월22일
(65) 공개번호 10-2019-0006436
(43) 공개일자 2019년01월18일
(30) 우선권주장
JP-P-2017-134754 2017년07월10일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2008288192 A*
JP2011069775 A*
KR1020150043214 A*
KR1020130142884 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
도요타지도샤가부시킴가이샤
일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1
(72) 발명자
교바야시 기와무
일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1반치 도요타지
도샤가부시킴가이샤 내
고토 다케시
일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1반치 도요타지
도샤가부시킴가이샤 내
(74) 대리인
양영준, 성재동

전체 청구항 수 : 총 8 항

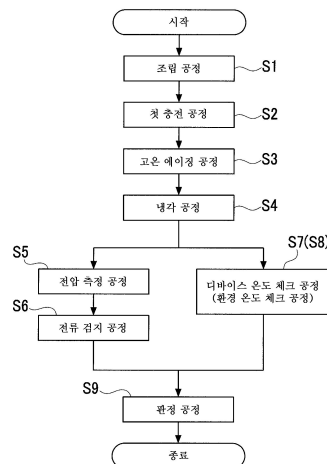
심사관 : 정중환

(54) 발명의 명칭 **충전 디바이스의 단락 검사 방법 및 충전 디바이스의 제조 방법**

(57) 요약

충전 디바이스(1)의 단락 검사 방법은, 미리 충전된 충전 디바이스(1)의 검지 전 디바이스 전압(VB1)을 측정하는 전압 측정 공정(S5)과, 외부 전원(EP)으로부터, 검지 전 디바이스 전압(VB1)과 동일한 출력 전압(VS)을 충전 디바이스(1)에 계속해서 인가하여, 외부 전원(EP)으로부터 충전 디바이스(1)에 흐르는 전류(IB)의 경시 변화 또는 안정시 전류값(IBs)을 검지하는 전류 검지 공정(S6)과, 검지한 전류(IB)의 경시 변화 또는 안정시 전류값(IBs)에 기초하여, 충전 디바이스(1)의 내부 단락을 판정하는 판정 공정(S9)을 구비한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G01R 31/382 (2019.01)

G01R 31/389 (2019.01)

H01M 10/04 (2019.01)

H01M 10/48 (2019.01)

명세서

청구범위

청구항 1

축전 디바이스(1)의 내부 단락을 검사하는 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법에 있어서,
 미리 충전된 상기 축전 디바이스(1)의 검지 전 디바이스 전압(VB1)을 측정하는 전압 측정 공정(S5)과,
 외부 전원(EP)으로부터, 상기 검지 전 디바이스 전압(VB1)과 동일한 출력 전압(VS)을 상기 축전 디바이스(1)에 계속해서 인가하여, 상기 외부 전원(EP)으로부터 상기 축전 디바이스(1)에 흐르는 전류(IB)의 경시 변화 또는 안정시 전류값(IBs)을 검지하는 전류 검지 공정(S6)과,
 검지한 상기 전류(IB)의 경시 변화 또는 상기 안정시 전류값(IBs)에 기초하여, 상기 축전 디바이스(1)의 내부 단락을 판정하는 판정 공정(S9)을 포함하는, 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법 .

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 전압 측정 공정(S5) 및 상기 전류 검지 공정(S6)을, 상기 축전 디바이스(1)의 디바이스 온도(TB)가 정온의 디바이스 검사 온도(TB1)인 조건에서 행하는, 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 전압 측정 공정(S5) 전, 및, 상기 전압 측정 공정(S5) 및 상기 전류 검지 공정(S6)의 도중에 상기 전압 측정 공정(S5) 및 상기 전류 검지 공정(S6)의 공정과 병행하여, 상기 축전 디바이스(1)의 디바이스 온도(TB(n))를, 간격을 두고 복수회 측정하고, 얻어진 상기 디바이스 온도(TB(n))의 변동이 허용 온도 변동 범위(DTB) 내인 경우에, 상기 전압 측정 공정(S5) 및 상기 전류 검지 공정(S6)을 계속하는 디바이스 온도 체크 공정(S7)을 더 포함하는, 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서,
 상기 전압 측정 공정(S5) 전, 및, 상기 전압 측정 공정(S5) 및 상기 전류 검지 공정(S6)의 도중에 상기 전압 측정 공정(S5) 및 상기 전류 검지 공정(S6)의 공정과 병행하여, 상기 축전 디바이스(1)의 환경 온도(TK(n))를, 간격을 두고 복수회 측정하고, 얻어진 상기 환경 온도(TK(n))의 변동이 허용 온도 변동 범위(DTK) 내인 경우에, 상기 전압 측정 공정(S5) 및 상기 전류 검지 공정(S6)을 계속하는, 환경 온도 체크 공정(S8)을 더 포함하는, 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법.

청구항 5

제2항 또는 제3항에 있어서,
 상기 전압 측정 공정(S5) 전에, 미리 정한 방치 시간(PT)에 걸쳐, 미리 충전된 상기 축전 디바이스(1)를 40~85℃의 환경 온도(TK)인 조건에 방치하는 고온 에이징 공정(S3)과,
 상기 고온 에이징 공정(S3) 후, 강제 냉각 또는 방치 냉각에 의해, 상기 축전 디바이스(1)의 디바이스 온도(TB)를 상기 디바이스 검사 온도(TB1)로 하는 냉각 공정을 더 포함하는, 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법.

청구항 6

제2항 또는 제3항에 있어서,
 상기 전압 측정 공정(S5) 전에, 미리 충전된 상기 축전 디바이스(1)를 상기 디바이스 검사 온도(TB1)와 동일한 환경 온도(TK)(TK=TB1)인 조건에 방치하여, 상기 축전 디바이스(1)의 상기 디바이스 온도(TB)를 상기 디바이스

검사 온도(TB1)로 하는 방치 공정을 더 포함하는, 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전압 측정 공정(S5) 및 상기 전류 검지 공정(S6)을, 상기 축전 디바이스(1)의 정극판(21)과, 부극판(31)과, 상기 정극판(21)과 부극판(31) 사이에 개재하는 세퍼레이터(41)를, 상기 축전 디바이스(1)의 외부로부터 미리 정한 압축력으로, 상기 세퍼레이터(41)의 두께 방향으로 압축한 상태에서 행하는, 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법.

청구항 8

축전 디바이스의 제조 방법에 있어서,

조립한 미충전의 축전 디바이스(1x)를 미리 정한 충전 상태까지 첫 충전하여, 미리 충전된 축전 디바이스로 하는 첫 충전 공정(S2)과,

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 기재된 축전 디바이스(1)의 단락 검사 방법에 의해, 상기 축전 디바이스(1)의 단락 검사를 행하는 검사 공정을 포함하는, 축전 디바이스의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 축전 디바이스의 내부 단락을 검사하는 축전 디바이스의 단락 검사 방법, 및, 상기 단락 검사 방법을 포함하는 축전 디바이스의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 리튬 이온 이차 전지 등의 축전 디바이스의 제조에서는, 전극체 등의 내부에 철이나 구리 등의 금속 이물이 혼입되는 경우가 있고, 혼입된 금속 이물에 기인하여 축전 디바이스에 내부 단락(이하, 간단히 단락이라고도 함)이 발생하는 경우가 있다. 이 때문에, 축전 디바이스의 제조 과정에 있어서, 축전 디바이스에 내부 단락이 발생하였는지 여부를 검사하는 경우가 있다.

[0003] 상기 내부 단락의 검사 방법으로서, 예를 들어 이하가 알려져 있다. 즉, 조립한 축전 디바이스를 첫 충전한 후, 축전 디바이스를 45℃도 이상 70℃ 이하의 고온 조건으로 방치하여 에이징한다. 그 후, 축전 디바이스를 방치하여 자기 방전시키고(전극 단자가 모두 개방된 상태에서 방전시키고), 상기 자기 방전 전후에 각각 측정된 디바이스 전압으로부터 자기 방전에 의한 전압 저하량 ΔV_a 를 구한다. 상기 전압 저하량 ΔV_a 가 기준 저하량 ΔV_b 보다도 큰 경우에($\Delta V_a > \Delta V_b$), 상기 축전 디바이스에 단락이 발생하였다고 판정한다. 관련된 기술로서, 일본 특허 공개 제2010-153275호(일본 특허 공개 제2010-153275호의 특허 청구 범위 등을 참조)를 들 수 있다.

발명의 내용

[0004] 그러나, 상술한 바와 같이 전압 저하량 ΔV_a 의 다과에 기초하여 내부 단락의 유무를 검지하는 방법에서는, 전압계의 측정 분해능(예를 들어, 10 μV) 등을 고려하면, 내부 단락이 발생하지 않은 축전 디바이스(양품)와 내부 단락이 발생한 축전 디바이스(불량품)를 적절하게 구별하기 위해서는, 양품의 전압 저하량 ΔV_a 와 불량품의 전압 저하량 ΔV_a 의 차가, 전압 측정의 측정 분해능에 대하여 충분히 커질 때까지, 예를 들어 20배 이상(200 μV 이상)으로 될 때까지 기다릴 필요가 있다. 게다가, 축전 디바이스의 용량이 큰 경우나 허용하는 단락 전류가 작은 경우 등에서는, 전압 저하량 ΔV_a 의 측정 시간(자기 방전시키는 시간)을 장기간, 예를 들어 수일 이상 요하는 경우가 있어, 내부 단락의 검사 시간 및 축전 디바이스의 제조 시간이 비교적 길게 걸리는 등, 상술한 전압 저하량 ΔV_a 에 의해 축전 디바이스의 단락을 검지하는 방법에는 한계가 발생하고 있어, 새로운 검사 방법이 요구되고 있었다.

[0005] 본 발명은 새로운 방법에 의해 축전 디바이스의 내부 단락을 검사할 수 있는 축전 디바이스의 단락 검사 방법, 및, 상기 단락 검사 방법을 포함하는 축전 디바이스의 제조 방법을 제공한다.

[0006] 본 발명의 제1 양태에 관한 축전 디바이스의 단락 검사 방법은, 축전 디바이스의 내부 단락을 검사하는 축전 디바이스의 단락 검사 방법이며, 미리 충전된 상기 축전 디바이스의 검지 전 디바이스 전압을 측정하는 전압 측정

공정과, 외부 전원으로부터, 상기 검지 전 디바이스 전압과 동일한 출력 전압을, 상기 축전 디바이스에 계속해서 인가하여, 상기 외부 전원으로부터 상기 축전 디바이스에 흐르는 전류의 경시 변화 또는 안정시 전류값을 검지하는 전류 검지 공정과, 검지한 상기 전류의 경시 변화 또는 상기 안정시 전류값에 기초하여, 상기 축전 디바이스의 내부 단락을 판정하는 판정 공정을 구비한다.

[0007] 상술한 축전 디바이스의 단락 검사 방법에서는, 상술한 전압 측정 공정, 전류 검지 공정 및 판정 공정을 행하여, 전압 저하량이 아니라, 전류의 경시 변화 또는 안정시 전류값에 기초하여, 축전 디바이스의 내부 단락을 판정한다. 상술한 바와 같이, 외부 전원으로부터 축전 디바이스에 흐르는 전류를 사용하는 새로운 방법의 의해, 축전 디바이스의 내부 단락을 검사할 수 있다.

[0008] 상술한 축전 디바이스의 단락 검사 방법은, 후술하는 바와 같이, 축전 디바이스의 제조 과정에 있어서 행할 수 있는 것 외에도, 자동차 등에 탑재되거나 혹은 단독으로 시장에 출시된 이후의 사용된 축전 디바이스에 대하여 행할 수도 있다. 「축전 디바이스」로서는, 예를 들어 리튬 이온 이차 전지 등의 전지, 전기 이중층 커패시터, 리튬 이온 커패시터 등의 커패시터를 들 수 있다.

[0009] 「판정 공정」에 있어서, 「안정시 전류값」에 기초하여 내부 단락을 판정하는 방법으로서, 예를 들어 검사한 축전 디바이스의 안정시 전류값이, 기준 전류값보다도 큰 경우에, 상기 축전 디바이스를 불량품으로 판정하는 방법을 들 수 있다. 안정시 전류값의 크기에 기초하여, 상기 축전 디바이스의 내부 단락의 정도를 랭크 분류하는 판정 방법도 들 수 있다. 「전류의 경시 변화」에 기초하여 내부 단락을 판정하는 방법으로서, 소정의 검지 기간에 증가한 전류의 전류 증가량이 기준 증가량보다도 큰 경우에, 상기 축전 디바이스를 불량품으로 판정하는 방법을 들 수 있다. 상기 전류 증가량의 크기에 기초하여, 상기 축전 디바이스의 내부 단락의 정도를 랭크 분류하는 판정 방법도 들 수 있다.

[0010] 「미리 충전된 축전 디바이스」로서는, 예를 들어 SOC(State of charge)70% 이상으로 충전된 축전 디바이스인 것이 바람직하고, SOC90% 이상으로 충전된 축전 디바이스인 것이 특히 바람직하다. 상술한 바와 같이 충전 상태를 높게(디바이스 전압을 높게) 해 두면, 전류 검지 공정에서 검지되는 전류 혹은 안정시 전류값의 값도 커지기 때문에, 판정 공정에서 전류의 경시 변화 또는 안정시 전류값에 기초한 내부 단락의 판정을 보다 적절하게 행할 수 있다.

[0011] 본 발명의 제1 양태에 있어서, 상기 전압 측정 공정 및 상기 전류 검지 공정을, 상기 축전 디바이스의 디바이스 온도가 정온의 디바이스 검사 온도인 조건에서 행하는 축전 디바이스의 단락 검사 방법으로 해도 된다.

[0012] 디바이스 온도가 변화되면, 디바이스 전압, 및, 전류 검지 공정에서 검지되는 전류 및 안정시 전류값도 변화되는 것을 알게 되었다. 이 때문에, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정에서의 디바이스 온도의 변동이 너무 크면, 판정 공정에서 적절하게 내부 단락을 판정할 수 없게 될 가능성이 있다. 상술에 대해, 상술한 단락 검사 방법에서는, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 정온의 디바이스 검사 온도인 조건에서 행하고 있으므로, 상술한 문제가 발생할 수 없고, 판정 공정에서 적절하게 내부 단락의 판정을 행할 수 있다.

[0013] 「정온의 디바이스 검사 온도」는, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 행하는 어느 축전 디바이스도, 미리 정한 온도(예를 들어, 20℃)인 것, 즉 축전 디바이스 서로 동일한 온도일 필요는 없다. 즉, 축전 디바이스마다, 예를 들어 19℃, 21℃ 등, 상이한 디바이스 검사 온도여도 되지만, 1개의 축전 디바이스에 대해서 보면, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 통해, 일정한 디바이스 검사 온도인 것이 바람직하다.

[0014] 디바이스 검사 온도로서, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정 동안, 엄밀하게 동일 온도를 유지하는 것은 곤란하다. 단락 검지의 방해가 되지 않을 정도의 디바이스 온도의 온도 변동은 허용되기 때문에, 「정온」이란, 동일 온도(본 명세서에 있어서, 「동일 온도」는 「실질적으로 동일 온도」를 의미하는 것을 포함함)로 간주할 수 있는 허용 온도 변동 범위 내의 디바이스 온도(예를 들어, 20℃±0.5℃ 이내)인 것을 말한다. 「디바이스 검사 온도」는, 예를 들어 0~30℃의 온도 범위로부터 선택한 온도의 정온으로 하는 것이 바람직하다. 상온 혹은 상온에 가깝고, 축전 디바이스의 냉각이나 가열이 불필요, 혹은 냉각이나 가열을 위한 전력 등의 에너지를 억제할 수 있기 때문이다.

[0015] 본 발명의 제1 양태에 있어서, 상기 전압 측정 공정 전, 및, 상기 전압 측정 공정 및 상기 전류 검지 공정의 도중에 상기 공정과 병행하여, 상기 축전 디바이스의 디바이스 온도를, 간격을 두고 복수회 측정하고, 얻어진 상기 디바이스 온도의 변동이 허용 온도 변동 범위 내인 경우에, 상기 전압 측정 공정 및 상기 전류 검지 공정을 계속하는 디바이스 온도 체크 공정을 구비하는 축전 디바이스의 단락 검사 방법으로 해도 된다.

[0016] 상술한 단락 검사 방법은, 상술한 디바이스 온도 체크 공정을 구비하기 때문에, 디바이스 온도의 변동이 허용

온도 변동 범위 내에 들어가 있는 경우에만, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 계속할 수 있다. 상술한 바와 같이, 축전 디바이스의 디바이스 온도를 상술한 바와 같이 정온의 디바이스 검사 온도로 하여, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 행할 수 있다.

[0017] 본 발명의 제1 양태에 있어서, 상기 전압 측정 공정 전, 및, 상기 전압 측정 공정 및 상기 전류 검지 공정의 도중에 상기 공정과 병행하여, 상기 축전 디바이스의 환경 온도를, 간격을 두고 복수회 측정하고, 얻어진 상기 환경 온도의 변동이 허용 온도 변동 범위 내인 경우에, 상기 전압 측정 공정 및 상기 전류 검지 공정을 계속하는 환경 온도 체크 공정을 구비하는 축전 디바이스의 단락 검사 방법으로 해도 된다.

[0018] 상술한 바와 같이, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정에서의 디바이스 온도의 변동이 너무 크면, 판정 공정에서 적절하게 내부 단락을 판정할 수 없게 될 가능성이 있다. 한편, 환경 온도는, 디바이스 온도만큼은 직접적인 영향은 없다. 그러나, 환경 온도에 변동이 발생하면, 나중에 디바이스 온도에도 변동이 나타나기 때문에, 환경 온도의 변동도 판정 공정에서의 내부 단락의 판정에 영향을 미치는 경우가 있다. 상술에 대해, 상술한 단락 검사 방법에서는, 상술한 환경 온도 체크 공정을 구비하고, 환경 온도의 변동이 허용 온도 변동 범위 내인 경우에, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 계속하므로, 그 후의 판정 공정에 있어서 적절하게 내부 단락의 판정을 행할 수 있다.

[0019] 환경 온도는, 어느 축전 디바이스에 대해서도, 축전 디바이스 서로 동일한 온도일 필요는 없다. 즉, 축전 디바이스마다, 예를 들어 19℃, 21℃ 등, 상이한 환경 온도여도 되고, 상술한 경우, 축전 디바이스마다, 환경 온도의 변동이 허용 온도 변동 범위 내인 것이 요구된다.

[0020] 본 발명의 제1 양태에 있어서, 상기 전압 측정 공정 전에, 미리 정한 방치 시간에 걸쳐, 미리 충전된 상기 축전 디바이스를 40~85℃의 환경 온도인 조건에 방치하는 고온 에이징 공정과, 상기 고온 에이징 공정 후, 강제 냉각 또는 방치 냉각에 의해, 상기 축전 디바이스의 디바이스 온도를 상기 디바이스 검사 온도로 하는 냉각 공정을 구비하는 축전 디바이스의 단락 검사 방법으로 해도 된다.

[0021] 전압 측정 공정을 행할 때, 축전 디바이스의 디바이스 전압이 불안정한 것은 바람직하지 않다. 상술에 대해, 상술한 단락 검사 방법에서는, 전압 측정 공정 전에, 상술한 고온 에이징 공정을 구비한다. 고온 에이징 공정을 행함으로써, 디바이스 전압의 안정화를 촉진할 수 있으므로, 고온 에이징 공정을 행하지 않는 경우에 비해 조기에, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 행할 수 있다. 고온 에이징 공정 후에 냉각 공정을 행하여, 축전 디바이스의 디바이스 온도를 디바이스 검사 온도로 하고 있으므로, 디바이스 검사 온도로 한 축전 디바이스에 대하여 전압 측정 공정을 행할 수 있다.

[0022] 고온 에이징 공정에서는, 상기 고온 에이징 공정에서의 환경 온도 및 고온 방치 시간의 길이를, 고온 에이징 공정 및 냉각 공정 종료 후의 전지에 대하여, 전류 검지 공정의 기간 중(예를 들어, 3시간)에 발생할 수 있는 전지 전압의 변동의 크기가, 허용할 수 있는 범위(예를 들어, 전압계의 검지 정밀도) 이하로 된다고 예상되는 온도 및 길이로 설정하면 된다.

[0023] 본 발명의 제1 양태에 있어서, 상기 전압 측정 공정 전에, 미리 충전된 상기 축전 디바이스를, 상기 디바이스 검사 온도와 동일한 환경 온도인 조건에 방치하여, 상기 축전 디바이스의 상기 디바이스 온도를 상기 디바이스 검사 온도로 하는 방치 공정을 구비하는 축전 디바이스의 단락 검사 방법으로 해도 된다.

[0024] 상술한 바와 같이, 전압 측정 공정을 행할 때, 축전 디바이스의 디바이스 전압이 불안정한 것은 바람직하지 않다. 상술에 대해, 상술한 단락 검사 방법에서는, 전압 측정 공정 전에 방치 공정을 행함으로써, 디바이스 전압을 안정화할 수 있으므로, 디바이스 전압이 안정된 축전 디바이스에 대하여 전압 측정 공정을 행할 수 있다. 방치 공정에서 축전 디바이스의 디바이스 온도를 디바이스 검사 온도로 하고 있으므로, 디바이스 검사 온도로 한 축전 디바이스에 대하여 전압 측정 공정을 행할 수 있다.

[0025] 방치 공정에서는, 방치 시간의 길이를, 방치 공정 종료 후의 전지에 대하여, 전류 검지 공정의 기간 중(예를 들어, 3시간)에 발생할 수 있는 전지 전압의 변동의 크기가, 허용할 수 있는 범위(예를 들어, 전압계의 검지 정밀도) 이하로 된다고 예상되는 길이로 설정하면 된다.

[0026] 본 발명의 제1 양태에 있어서, 상기 전압 측정 공정 및 상기 전류 검지 공정을, 상기 축전 디바이스의 정극판과, 부극판과, 상기 정극판과 부극판 사이에 개재하는 세퍼레이터를, 상기 축전 디바이스의 외부로부터 미리 정한 압축력으로, 상기 세퍼레이터의 두께 방향으로 압축한 상태에서 행하는 축전 디바이스의 단락 검사 방법으로 해도 된다.

- [0027] 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 행할 때, 축전 디바이스의 정극판, 세퍼레이터 및 부극판을 상술한 바와 같이 압축하면, 정극판과 부극판의 간격이 좁아져, 정극판과 부극판 사이에 존재하고 있는 금속 이물이, 보다 확실하게 정극판이나 부극판에 접촉한다. 상술에 의해, 금속 이물에 기인한 내부 단락에 의해 축전 디바이스에 흐르는 전류를 보다 적절하게 측정할 수 있다.
- [0028] 「세퍼레이터의 두께 방향으로 압축한다」란, 축전 디바이스가, 직사각 형상 등의 복수의 정극판 및 복수의 부극판이 각각 세퍼레이터를 통해 적층된 적층형의 전극체를 구비하는 경우에는, 정극판, 세퍼레이터 및 부극판의 적층 방향으로 압축하는 것을 가리킨다. 축전 디바이스가, 띠 형상의 세퍼레이터를 통해 서로 겹친 띠 형상의 정극판 및 띠 형상의 부극판이 편평 형상의 권회된 편평 형상 권회형의 전극체를 구비하는 경우에는, 띠 형상의 세퍼레이터의 대부분을 그 두께 방향으로 압축하는, 편평 권회체의 두께 방향으로의 압축을 가리킨다.
- [0029] 본 발명의 제2 양태에 관한 축전 디바이스의 제조 방법은, 조립한 미충전의 축전 디바이스를 미리 정한 충전 상태까지 첫 충전하여, 미리 충전된 축전 디바이스로 하는 첫 충전 공정과, 상기의 어느 하나에 기재된 축전 디바이스의 단락 검사 방법에 의해, 상기 축전 디바이스의 단락 검사를 행하는 검사 공정을 구비한다.
- [0030] 상술한 축전 디바이스의 제조 방법에서는, 첫 충전 공정 후에, 전압 측정 공정 및 전류 검지 공정을 구비하는 단락 검사 방법에 의한 검사 공정을 행하므로, 축전 디바이스의 초기 단계에 있어서의 단락의 유무나 정도를 적절하게 검사한 축전 디바이스를 제조할 수 있다.
- [0031] 「첫 충전 공정」에서는, 예를 들어 축전 디바이스를 SOC70% 이상으로 충전하는 것이 바람직하고, SOC90% 이상으로 충전하는 것이 특히 바람직하다. 상술한 바와 같이 충전 상태를 높게(디바이스 전압을 높게) 하면, 전류 검지 공정에서 검지되는 전류 혹은 안정시 전류값의 값도 커지기 때문에, 판정 공정에서 전류의 경시 변화 또는 안정시 전류값에 기초한 내부 단락의 판정을 보다 적절하게 행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 본 발명의 예시적인 실시예의 특징, 이점 및 기술적 및 산업적 의의는 유사 요소들을 유사 도면 부호로 나타낸 첨부 도면을 참조로 하여 후술될 것이다.
- 도 1은 실시 형태 1에 관한 전지의 사시도.
- 도 2는 실시 형태 1에 관한 전지의 종단면도.
- 도 3은 실시 형태 1 및 변형 형태 1, 2에 관한 전지의 단락 검사 방법을 포함하는 전지의 제조 방법의 흐름도.
- 도 4는 실시 형태 1에 관한 것이며, 전지를 전지 두께 방향으로 압축한 모습을 도시하는 설명도.
- 도 5는 실시 형태 1에 관한 전지의 단락 검사 방법에 관한 것이며, 전지에 외부 전원을 접속한 상태의 회로도.
- 도 6은 양품 및 불량품의 각 전지에 대하여, 전압 인가 시간과 출력 전압, 전지 전압 및 전류의 관계를 모식적으로 도시하는 그래프.
- 도 7은 전지 전압과 안정시 전류값의 관계를 나타내는 그래프.
- 도 8은 전지 온도와 안정시 전류값의 관계를 나타내는 그래프.
- 도 9는 회로 저항이 $R_c=2.5\Omega$ 인 경우에 있어서의, 전압 인가 시간과 전류의 관계를 나타내는 그래프.
- 도 10은 회로 저항이 $R_c=5.0\Omega$ 인 경우에 있어서의, 전압 인가 시간과 전류의 관계를 나타내는 그래프.
- 도 11은 실시 형태 2에 관한 전지의 단락 검사 방법의 흐름도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 본 발명의 제1 실시 형태를, 도면을 참조하면서 설명한다. 도 1 및 도 2에, 본 실시 형태 1에 관한 전지(축전 디바이스)(1)의 사시도 및 종단면도를 도시한다. 이하에서는, 전지(1)의 전지 세로 방향 BH, 전지 가로 방향 CH 및 전지 두께 방향 DH를, 도 1 및 도 2에 도시하는 방향으로 정하여 설명한다.
- [0034] 상기 전지(1)는 하이브리드카나 플러그인 하이브리드카, 전기 자동차 등의 차량 등에 탑재되는 각형이며 밀폐형인 리튬 이온 이차 전지이다. 전지(1)의 전지 용량은 5.0Ah이다. 전지(1)는 전지 케이스(10)와, 전지 케이스(10)의 내부에 수용된 전극체(20)와, 전지 케이스(10)에 지지된 정극 단자 부재(50) 및 부극 단자 부재(60) 등

으로 구성된다. 전지 케이스(10) 내에는, 전해액(17)이 수용되어 있고, 전해액(17)의 일부는 전극체(20) 내에 함침되어 있다.

[0035] 전지 케이스(10)는 직육면체 상자 형상이며 금속(본 실시 형태 1에서는 알루미늄)으로 이루어진다. 상기 전지 케이스(10)는 상측만이 개구된 바닥이 있는 각통 형상의 케이스 본체 부재(11)와, 상기 케이스 본체 부재(11)의 개구를 폐색하는 형태로 용접된 직사각형 판 형상의 케이스 덮개 부재(13)로 구성된다. 케이스 덮개 부재(13)에는, 알루미늄으로 이루어지는 정극 단자 부재(50)가 케이스 덮개 부재(13)와 절연된 상태에서 고정 설치되어 있다. 상기 정극 단자 부재(50)는 전지 케이스(10) 내에서 전극체(20) 중 정극판(21)에 접촉되어 도통하는 한편, 케이스 덮개 부재(13)를 관통하여 전지 외부까지 연장되어 있다. 케이스 덮개 부재(13)에는, 구리로 이루어지는 부극 단자 부재(60)가 케이스 덮개 부재(13)와 절연된 상태에서 고정 설치되어 있다. 상기 부극 단자 부재(60)는 전지 케이스(10) 내에서 전극체(20) 중 부극판(31)에 접촉되어 도통하는 한편, 케이스 덮개 부재(13)를 관통하여 전지 외부까지 연장되어 있다.

[0036] 전극체(20)는 편평 형상의 권회형 전극체이며, 축선을 옆으로 쓰러뜨린 상태에서 전지 케이스(10) 내에 수용되어 있다. 전극체(20)와 전지 케이스(10) 사이에는, 절연 필름으로 이루어지는 주머니 형상의 절연 필름 포워체(19)가 배치되어 있다. 전극체(20)는 띠 형상의 정극판(21)과 띠 형상의 부극판(31)을, 띠 형상이며 수지제인 다공질막으로 이루어지는 한 쌍의 세퍼레이터(41, 41)를 통해 서로 겹쳐, 축선 주위로 권회하여 편평 형상으로 압축한 것이다. 정극판(21)은 띠 형상의 알루미늄박으로 이루어지는 정극 집전박의 양쪽 주면의 소정 위치에, 정극 활물질, 도전제 및 결합제로 이루어지는 정극 활물질층을 띠 형상으로 형성하여 이루어진다. 본 실시 형태 1에서는, 정극 활물질로서, 리튬 전이 금속 복합 산화물, 구체적으로는, 리튬 니켈 코발트 망간계 복합 산화물을 사용하고 있다. 부극판(31)은 띠 형상의 구리박으로 이루어지는 부극 집전박의 양쪽 주면의 소정 위치에, 부극 활물질, 결합제 및 증점제로 이루어지는 부극 활물질층을 띠 형상으로 형성하여 이루어진다. 본 실시 형태 1에서는, 부극 활물질로서, 탄소 재료, 구체적으로는, 흑연을 사용하고 있다.

[0037] 상기 전지(1)의 단락 검사 방법을 포함하는 전지(1)의 제조 방법에 대하여 설명한다(도 3 참조). 「조립 공정 S1」에 있어서, 미충전의 전지(미충전의 축전 디바이스)(1x)를 조립한다. 구체적으로는, 정극판(21) 및 부극판(31)을 한 쌍의 세퍼레이터(41, 41)를 통해 서로 겹쳐 권회하고, 편평 형상으로 압축하여 전극체(20)를 형성한다. 별도로, 케이스 덮개 부재(13)를 준비하고, 케이스 덮개 부재(13)에 정극 단자 부재(50) 및 부극 단자 부재(60)를 고정 설치해 둔다(도 1 및 도 2 참조). 그 후, 정극 단자 부재(50) 및 부극 단자 부재(60)를 전극체(20)의 정극판(21) 및 부극판(31)에 각각 용접한다. 전극체(20)에 절연 필름 포워체(19)를 씌워, 전극체(20)와 절연 필름 포워체(19)를 케이스 본체 부재(11) 내에 삽입함과 함께, 케이스 본체 부재(11)의 개구를 케이스 덮개 부재(13)로 막는다. 케이스 본체 부재(11)와 케이스 덮개 부재(13)를 용접하여 전지 케이스(10)를 형성한다. 그 후, 전해액(17)을 주액 구멍(13h)으로부터 전지 케이스(10) 내에 주액하여 전극체(20) 내에 함침시킨다. 그 후, 밀봉 부재(15)로 주액 구멍(13h)을 밀봉하여, 미충전의 전지(1x)를 완성시킨다.

[0038] 「첫 충전 공정 S2」를 행하기에 앞서서, 조립한 미충전의 전지(1x)에 대하여, 정극판(21), 부극판(31) 및 정극판(21)과 부극판(31) 사이에 개재하는 세퍼레이터[41, 41(전극체(20))]를 미충전의 전지(1x)의 외부로부터 미리 정한 압축력으로, 세퍼레이터(41)의 두께 방향 SH로 압축한다. 상술한 전지(1)의 압축은, 구속 지그(100)를 사용하여 행한다(도 4 참조). 상기 구속 지그(100)는 전지 두께 방향 DH[세퍼레이터(41)의 두께 방향 SH]로 배열된 복수의 전지(1)에 대하여, 상술한 배열 방향 FH로 압축력을 가한 상태에서 구속하는 지그이다.

[0039] 구속 지그(100)는 배열 방향 FH의 양단에 위치하는 제1 엔드 플레이트(110) 및 제2 엔드 플레이트(120)와, 제1 엔드 플레이트(110)와 제2 엔드 플레이트(120) 사이를 연결하는 복수의 판 형상의 연결 부재(130)와, 제1 엔드 플레이트(110)와 제2 엔드 플레이트(120) 사이에 위치하여 배열 방향 FH로 이동 가능하게 된 가동 플레이트(140)와, 가동 플레이트(140)를 고정하는 볼트(150)와, 복수의 스페이서(160)를 구비한다. 제2 엔드 플레이트(120)의 중앙에는, 제2 엔드 플레이트(120)를 두께 방향으로 관통하는 암나사 구멍(121)이 형성되어 있고, 암나사 구멍(121)에 볼트(150)의 수나사부(151)가 나사 결합하는 형태로, 암나사 구멍(121) 내에 볼트(150)가 삽입되어 있다.

[0040] 상기 구속 지그(100)를 사용한 전지(1)의 압축은, 다음과 같이 하여 행한다. 제1 엔드 플레이트(110)와 가동 플레이트(140) 사이에, 복수의 전지(1)와 스페이서(160)를 교대로 전지 두께 방향 DH(배열 방향 FH)로 배열한다. 그 후, 볼트(150)의 헤드부(153)를 회전시켜, 볼트(150)의 수나사부(151)를 제2 엔드 플레이트(120)의 암나사 구멍(121)에 나사 결합시키면서, 볼트(150)를 제1 배열 방향 FH1로 이동시킨다. 볼트(150)의 수나사부(151)의 선단을 가동 플레이트(140)에 맞게 하여 가동 플레이트(140)를 고정한다. 상기 가동 플레이트

(140)는 제1 엔드 플레이트(110)와의 사이에, 배열된 복수의 전지(1) 및 스페이서(160)를 두고, 각 전지(1)를 배열 방향 FH로 소정 압력으로 압박하여, 각 전지(1)를 각각 압축한다. 상술에 의해, 전극체(20)가 세퍼레이터(41)의 두께 방향 SH[전극체(20)의 두께 방향]로 압축된다. 본 실시 형태 1에서는, 이하에 설명하는 「첫 충전 공정 S2」부터 「전류 검지 공정 S6」까지를, 상술한 바와 같이 미충전의 전지[1x(전지(1))]를 압축한 상태에서 행한다.

[0041] 「첫 충전 공정 S2」에 있어서, 상기 조립한 미충전의 전지(1x)를 미리 정한 충전 상태까지 첫 충전한다. 구체적으로는, 미충전의 전지(1x)에 충방전 장치(도시하지 않음)를 접속하여, 환경 온도 TK=25℃인 조건에 있어서, 정전류 정전압(CCCV) 충전에 의해, SOC100%에 해당하는 전지 전압(디바이스 전압) VB=4.1V까지 미충전의 전지(1x)를 첫 충전한다. 본 실시 형태 1에서는, 1C의 정전류로 전지 전압 VB=4.1V로 될 때까지 충전한 후, 충전 전류값이 1/10로 될 때까지 상기 전지 전압 VB=4.1V를 유지하였다.

[0042] 여기서, 도 7에 도시한 바와 같이, 전지 전압 VB가 높으면 높을수록, 후술하는 전류 검지 공정 S6에서 검지되는 안정시 전류값 IBs의 값도 커진다. 안정시 전류값 IBs가 크면, 후술하는 판정 공정 S9에서 안정시 전류값 IBs에 기초한 내부 단락의 판정을 보다 적절하게 행할 수 있다. 상술한 바와 같이 이유로부터, 첫 충전 공정 S2에서는, 예를 들어 미충전의 전지(1x)를 SOC70% 이상, 나아가 SOC90% 이상으로 충전하는 것이 바람직하다.

[0043] 「고온 에이징 공정 S3」에 있어서, 충전된 전지(1)를 환경 온도 TK=40~85℃의 온도인 조건에서, 미리 정한 방치 시간 PT에 걸쳐 방치하여 고온 에이징한다. 구체적으로는, 첫 충전 후의 전지(1)를, 환경 온도 TK=60℃인 조건에 있어서, 전극 단자가 모두 개방된 상태에서 PT=20시간에 걸쳐 방치하여 고온 에이징한다. 일반적으로, 충전 직후의 전지(1)의 전지 전압 VB는 불안정하며, 안정될 때까지 시간을 요한다. 상술에 대해, 고온 에이징 공정 S3을 행함으로써, 전지 전압 VB의 안정화를 촉진할 수 있으므로, 단순히 방치한 경우에 비해 단시간에, 후술하는 전압 측정 공정 S5에 있어서, 안정된 전지 전압 VB(검지 전 전지 전압 VB1)를 측정 가능해진다.

[0044] 「냉각 공정 S4」에 있어서, 상기 전지(1)를 전지 검사 온도(디바이스 검사 온도) TB1(본 실시 형태 1에서는, TB1=20℃)과 동일한 환경 온도 TK=20℃인 조건에 방치하여, 방치 냉각함으로써, 전지(1)의 전지 온도(디바이스 온도) TB를 전지 검사 온도 TB1=20℃로 한다.

[0045] 고온 에이징 공정 S3 후에 냉각 공정 S4를 행하여, 전지(1)의 전지 온도 TB를 전지 검사 온도 TB1=20℃로 함으로써, 후술하는 전압 측정 공정 S5를 전지 검사 온도 TB1=20℃에서 행할 수 있다. 전지 검사 온도 TB1을 0~30℃의 온도 범위로부터 선택한 온도의 정온(본 실시 형태 1에서는, TB1=20℃)으로 함으로써, 전지(1)의 냉각이나 가열이 불필요해지거나, 혹은 전지(1)의 냉각이나 가열을 위한 전력 등의 에너지를 억제할 수 있다.

[0046] 후술하는 「전압 측정 공정 S5」에 앞서서, 「디바이스 온도 체크 공정 S7」에 있어서, 전지(1)의 n=1회째의 전지 온도 TB(1)를 측정한다. 디바이스 온도 체크 공정 S7에서는, 전압 측정 공정 S5 전에 전지 온도 TB(1)를 측정하는 것 외에, 후술하는 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6의 도중에 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6의 공정과 병행하여 정기적으로 전지 온도 TB(n)를 측정한다. 구체적으로는, n=1회째의 전지 온도 TB(1)를 측정한 이후에는, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6과 병행하여, 1초마다 n=2회째 이후의 전지 온도 TB(n)를 측정한다. 여기서, n은 자연수를 나타낸다. 전지 온도 TB(n)는 온도 센서 ST를 전지 케이스(10)의 소정 위치에 접촉시켜, 온도 검지 장치 STS에 의해 검지한다(도 5 참조).

[0047] 디바이스 온도 체크 공정 S7에서는, 전지 온도 TB(1)에 대한 전지 온도 TB(n)의 변동이 허용 온도 변동 범위 DTB 내인지 여부를 체크한다. 구체적으로는, 본 실시 형태 1에서는, 1회째에 측정한 전지 온도 TB(1)에 대하여 2회째 이후에 측정한 전지 온도 TB(n)가 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 의 범위 내에 들어가 있는지 여부를 체크한다. 허용 온도 변동 범위 DTB 내일 때는, 전압 측정 공정 S5 혹은 전류 검지 공정 S6을 계속한다. 한편, 전지 온도 TB(n)의 변동이 허용 온도 변동 범위 DTB를 초과한 경우, 본 실시 형태 1에서 말하면, 1회째에 측정한 전지 온도 TB(1)에 대하여 2회째 이후에 측정한 전지 온도 TB(n)가 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 초과한 경우에는, 전압 측정 공정 S5 혹은 전류 검지 공정 S6의 실행을 중지하고, 상기 단락 검사를 종료한다. 어떠한 이유로 전지 온도 TB가 변동되었기 때문에, 적절하게 단락 검사를 행할 수 없기 때문이다.

[0048] 전지 온도 TB가 변화되면, 전압 측정 공정 S5에서 검지되는 검지 전 전지 전압(검지 전 디바이스 전압) VB1 등의 디바이스 전압 VB, 및, 전류 검지 공정 S6에서 검지되는 전류 IB 및 안정시 전류값 IBs도 변화되는 것을 알고 있다. 예를 들어, 도 8에 도시한 바와 같이, 전지 온도 TB가 높으면 높을수록, 안정시 전류값 IBs가 커진다. 이 때문에, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6에 있어서의 전지 온도 TB의 변동이 너무 크면, 후술하는 판정 공정 S9에서 적절하게 내부 단락을 판정할 수 없게 될 가능성이 있다. 상술에 대해, 본 실시 형

태 1에서는, 상술한 디바이스 온도 체크 공정 S7을 구비하므로, 상술한 문제가 발생할 수 없고, 판정 공정 S9에서 적절하게 내부 단락의 판정을 행할 수 있다.

[0049] 한편, 「전압 측정 공정 S5」에서는, 도 5에 도시한 바와 같이, 전지(1)에 외부 전원 EP를 접속하고, 전지(1)의 검지 전 전지 전압(검지 전 디바이스 전압) VB1을 측정한다. 구체적으로는, 외부 전원 EP의 한 쌍의 프로브 P1, P2를 전지(1)의 정극 단자 부재(50) 및 부극 단자 부재(60)에 각각 접촉시킨다. 상술한 접촉 상태를 유지하여(프로브 P1, P2를 다시 접속하지 않고), 전압 측정 공정 S5부터 후술하는 전류 검지 공정 S6까지를 행한다. 프로브 P1, P2의 접촉 상태의 차이에 의해, 프로브 P1, P2와 정극 단자 부재(50) 및 부극 단자 부재(60) 사이에 각각 발생하는 접촉 저항 R1, R2의 크기가 변동되는 것을 피하기 위해서이다.

[0050] 도 5에 있어서, 배선 저항 R_w 는, 외부 전원 EP 내 및 외부 전원 EP로부터 프로브 P1, P2까지 분포되는 배선 저항을 나타낸다. 접촉 저항 R1은, 외부 전원 EP의 한쪽의 프로브 P1과 전지(1)의 정극 단자 부재(50)의 접촉 저항이며, 접촉 저항 R2는, 외부 전원 EP의 다른 쪽의 프로브 P2와 전지(1)의 부극 단자 부재(60)의 접촉 저항이다. 전지 저항 R_s 는 전지(1)의 직류 저항이며, 단락 저항 R_p 는 전지(1)의 내부 단락에 의해 발생하는 저항이다. 전류 IB는 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류이며, 전류 ID는 자기 방전에 수반하여 전지(1) 내를 흐르는 자기 방전 전류이다. 외부 전원 EP는, 자신의 직류 전원 EPE가 발생하는 출력 전압 VS를 가변 또한 고정밀도로 제어할 수 있는 것 외에, 직류 전원 EPE로부터 외부로 흘러나오는 전류 IB를 고정밀도로 계측 가능하게 구성된 정밀 직류 전원이다.

[0051] 환경 온도 $TK=20^{\circ}C$ 인 조건에 있어서, 전지(1)에 외부 전원 EP를 접속한 후, 전류 $IB=0$ 의 조건에서, 외부 전원 EP에 포함되는 전압계 EPV에 의해 전지(1)의 전지 전압 VB, 즉 검지 전 전지 전압 VB1(개방 전압)을 측정한다. 본 실시 형태 1에서는, 검지 전 전지 전압 VB1로서, 4.0V 근방의 값이 계측된다. 상기 외부 전원 EP는, 전지 전압 VB를 측정 가능한 전압계 EPV 외에, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB를 측정 가능한 전류계 EPI도 갖고 있다.

[0052] 「전류 검지 공정 S6」에 있어서, 외부 전원 EP의 직류 전원 EPE를 사용하여, 전압 측정 공정 S5에서 측정된 검지 전 전지 전압 VB1과 동일한 출력 전압 $VS(VS=VB1)$ 를 전지(1)에 계속해서 인가하여, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB의 안정시 전류값 IBs를 검지한다. 본 실시 형태 1에서는, 환경 온도 $TK=20^{\circ}C$ 인 조건에 있어서, 외부 전원 EP로부터 검지 전 전지 전압 VB1과 동일한 출력 전압 VS를 전지(1)에, 전압 인가 시간 $t=3.0$ 시간 계속해서 인가한 시점($t=3.0h$)의 전류 IB를 검지하여, 안정시 전류값 IBs라 한다.

[0053] 여기서, 양품 및 불량품의 각 전지(1)에 대하여, 전류 검지 공정 S6에 있어서의 전압 인가 시간 t와, 출력 전압 VS, 전지 전압 VB 및 전류 IB의 관계를 도 6에 도시한다. 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 인가하는 출력 전압 VS는, 전압 인가 시간 t의 경과에 상관없이, 전압 측정 공정 S5에서 측정된 검지 전 전지 전압 VB1과 동일한 크기로 된다.

[0054] 한편, 전지 전압 VB는, 전류 검지 공정 S6 개시 시의 검지 전 전지 전압 VB1로부터, 전압 인가 시간 t의 경과와 함께 서서히 저하된 후, 전압 인가 시간 $t=t_a$ 이후는, 일정한 값(안정시 전지 전압 VB2)으로 된다. 단, 양품의 전지(1)에 비해 불량품의 전지(1)는 전지 전압 VB가 크게 저하되기 때문에, 안정시 전지 전압 VB2가 낮은 값으로 된다.

[0055] 상술한 바와 같이 전지 전압 VB가 변화되는 이유는 이하이다. 전지(1)에서는, 자기 방전에 의해 전지(1) 내를 전류 ID가 흐름으로써, 전지 전압 VB가 서서히 저하되어 간다. 상술한 경우, 불량품의 전지(1)는 양품의 전지(1)에 비해 자기 방전에 수반되는 전류 ID가 크기 때문에, 전지 전압 VB도 크게 저하되어 간다. 한편, 전지 전압 VB가 출력 전압 VS보다도 낮아지면($VS>VB$), 외부 전원 EP로부터 전지(1)를 향하여 전압차 $\Delta V=VS-VB$ 의 크기에 따른 전류 IB가 흘러, 전지(1)가 충전된다. 전압차 $\Delta V=VS-VB$ 가 작은 동안은, 전류 IB도 작기 때문에, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 유입되는 전류 IB보다도, 전지(1) 내를 흐르는 자기 방전에 의한 전류 ID가 커서, 전지 전압 VB가 서서히 저하된다. 그러나, 전지 전압 VB가 더 저하되고, 전류 IB가 증가되어 전류 ID의 크기와 동일하게($IB=ID$) 되면(도 6 중, 전압 인가 시간 $t=t_a$ 에 있어서), 전지 전압 VB의 저하가 멈추고, 이 이후, 전지 전압 VB는 안정시 전지 전압 VB2로 유지된다.

[0056] 한편, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB는, 0(영)으로부터 전압 인가 시간 t의 경과와 함께 서서히 증가되지만, 전압 인가 시간 $t=t_a$ 이후는, 일정한 값(안정시 전류값 IBs)으로 된다. 상술한 바와 같이 전류 IB가 변화되는 이유는 이하이다.

[0057] 전압 인가의 개시 시 $t=0$ 은, 전지 전압 VB와 출력 전압 VS의 크기가 동일하기($VS=VB$) 때문에, 외부 전원 EP로부

터 전지(1)를 향하여 전류 IB는 흐르지 않는다($IB=0$). 그러나, 자기 방전에 의해 전지 전압 VB가 저하되어, 전지 전압 VB가 출력 전압 VS보다도 낮아지면($VS>VB$), 상기 전압차 $\Delta V=VS-VB$ 의 크기에 따른 전류 IB가 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐른다. 상술한 경우, 불량품의 전지(1)는 양품의 전지(1)에 비해 자기 방전에 수반되는 전류 ID가 커서, 전지 전압 VB가 크게 저하되기 때문에, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB도 커진다. 단, 전압 인가 시간 $t=t_a$ 이후는, 전지 전압 VB가 안정시 전지 전압 VB2의 일정 값으로 되기 때문에, 전류 IB도 안정시 전류값 IBs의 일정 값으로 되어 안정화된다.

[0058] 회로 저항 Rc가 크면 클수록, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB가 안정시 전류값 IBs로 될 때까지 걸리는 전압 인가 시간 t_a 가 길어지는 것을 알고 있다(도 9 및 도 10 참조). 회로 저항 Rc란, 도 5에 도시한 상술한 배선 저항 R_w와, 접촉 저항 R₁, R₂와, 전지 저항[전지(1)의 직류 저항] R_s의 합($R_c=R_w+R_1+R_2+R_s$)이다.

[0059] 동일한 전지(1)를 측정한 경우라도, 접촉 저항 R₁, R₂가 낮아, 예를 들어 회로 저항 Rc가 $R_c=2.5\Omega$ 이었던 경우에는, 도 9에 도시한 바와 같이, 전압 인가 시간 t가 약 2시간 경과한 이후($t\geq 2h$)에는, 전류 IB는 안정된 안정시 전류값 IBs로 된다. 한편, 예를 들어 회로 저항 Rc가 $R_c=5.0\Omega$ 이었던 경우에는, 도 10에 도시한 바와 같이, 전압 인가 시간 t가 약 3시간 경과한 이후($t\geq 3h$)에는, 전류 IB는 안정된 안정시 전류값 IBs로 된다. 본 실시 형태 1의 전지(1)에 대해서는, 회로 저항 Rc는 최대 $R_c=5.0\Omega$ 이다. 따라서, 적어도 전압 인가 시간 $t=3h$ 경과 이후는, 전류 IB는 안정시 전류값 IBs로 된다고 예상되므로, 상술한 바와 같이, 전류 검지 공정 S6에 있어서의 안정시 전류값 IBs의 검지 타이밍을 3.0시간으로 하고 있다. 전류 검지 공정 S6을 종료한 후에, 구속 지그(100)에 의한 전지(1)의 압축을 해제한다.

[0060] 「판정 공정 S9」에 있어서, 전류 검지 공정 S6에서 검지한 안정시 전류값 IBs의 크기에 기초하여, 전지(1)의 내부 단락을 판정한다. 구체적으로는, 검사한 전지(1)의 안정시 전류값 IBs가 기준 전류값 IK(도 6 참조)보다도 큰 경우에($IBs>IK$), 상기 전지(1)를 불량품으로 판정하고, 상기 전지(1)를 제거한다. 한편, 안정시 전류값 IBs가 기준 전류값 IK 이하인 경우에($IBs\leq IK$), 상기 전지(1)를 양품으로 판정한다. 상술한 바와 같이, 전지(1)가 완성된다. 본 실시 형태 1에서는, 고온 에이징 공정 S3부터 판정 공정 S9까지의 각 공정이, 전지(1)의 제조에 있어서, 전지(1)의 내부 단락을 검사하는 상술한 「검사 공정」에 해당한다.

[0061] 이상에서 설명한 바와 같이, 상술한 전지(1)의 단락 검사 방법에서는, 상술한 전압 측정 공정 S5, 전류 검지 공정 S6 및 판정 공정 S9를 행하여, 전압 저하량 ΔV_a 가 아니라, 안정시 전류값 IBs에 기초하여, 전지(1)의 내부 단락을 판정하고 있다. 상술한 바와 같이, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB를 사용하는 새로운 방법에 의해, 전지(1)의 내부 단락을 검사할 수 있다. 관련 기술의 전압 저하량 ΔV_a 에 기초하여 내부 단락을 판정하는 단락 검사에서는, 적절한 크기의 전압 저하량 ΔV_a 를 얻는 데 수일 이상의 기간이 필요하였던 것에 반해, 본 실시 형태 1에서는, 안정시 전류값 IBs를 얻는 데 3시간 정도밖에 걸리지 않는다. 이 때문에, 전지(1)의 단락 검사 시간을 짧게 하여, 전지(1)의 제조 시간을 짧게 할 수 있다.

[0062] 상술한 바와 같이, 검지 전 전지 전압 VB1 및 안정시 전류값 IBs는, 전지 온도 TB의 차이에 의해 상이한 값으로 되기 때문에, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6에 있어서의 전지 온도 TB의 변동이 너무 크면, 판정 공정 S9에서 적절하게 내부 단락을 판정할 수 없게 될 가능성이 있다. 상술에 대해, 본 실시 형태 1의 단락 검사 방법에서는, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6을 정온의 전지 검사 온도 TB1(본 실시 형태 1에서는, $TB1=20^\circ C$) 하에서 행하고 있으므로, 상술한 문제가 발생할 수 없고, 판정 공정 S9에서 적절하게 내부 단락의 판정을 행할 수 있다. 본 실시 형태 1에서는, 디바이스 온도 체크 공정 S7을 구비하기 때문에, 디바이스 온도 TB(n)의 변동이 허용 온도 변동 범위 DTB 내에 들어가 있는 경우에만, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6을 계속할 수 있다. 상술한 바와 같이, 전지 온도 TB를 정온의 전지 검사 온도 TB1로 하여, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6을 행할 수 있다.

[0063] 전압 측정 공정 S5를 행할 때, 전지(1)의 전지 전압 VB가 불안정한 것은 바람직하지 않다. 상술에 대해, 본 실시 형태 1에서는, 전압 측정 공정 S5 전에 고온 에이징 공정 S3을 행함으로써, 전지 전압 VB의 안정화를 촉진할 수 있으므로, 고온 에이징 공정 S3을 행하지 않는 경우에 비해 조기에, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6을 행할 수 있다. 고온 에이징 공정 S3 후에 냉각 공정 S4를 행하여, 전지 온도 TB를 전지 검사 온도 TB1로 하고 있으므로, 전지 검사 온도 TB1로 한 전지(1)에 대하여 전압 측정 공정 S5를 행할 수 있다.

[0064] 본 실시 형태 1에서는, 전지(1)의 정극판(21), 세퍼레이터(41, 41) 및 부극판(31)을 세퍼레이터(41)의 두께 방향 SH로 압축하고 있으므로, 정극판(21)과 부극판(31)의 간격이 좁아져, 정극판(21)과 부극판(31) 사이에 존재하고 있는 금속 이물이, 보다 확실하게 정극판(21)이나 부극판(31)에 접촉한다. 상술에 의해, 금속 이물에 기인한 내부 단락에 의해 전지(1)에 흐르는 전류 IB를 보다 적절하게 측정할 수 있다.

- [0065] 본 실시 형태 1의 전지(1)의 제조 방법은, 상술한 바와 같이, 미충전의 전지(1x)를 첫 충전하는 첫 충전 공정 S2와, 전지(1)의 내부 단락을 검사하는 검사 공정 S3~S9를 구비한다. 상술한 바와 같이, 첫 충전 공정 S2 후에 검사 공정 S3~S9를 행함으로써, 전지(1)의 초기 단계에 있어서의 내부 단락을 적절하게 검사한 전지(1)를 제조할 수 있다.
- [0066] (변형 형태 1)
- [0067] 상기 실시 형태 1의 제1 변형 형태에 대하여 설명한다. 실시 형태 1에서는, 전류 검지 공정 S6에 있어서, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB의 안정시 전류값 IBs를 검지하고, 판정 공정 S9에서, 상기 안정시 전류값 IBs에 기초하여 전지(1)의 내부 단락을 판정하였다. 상술에 대해, 본 변형 형태 1에서는, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB의 경시 변화에 기초하여, 전지(1)의 내부 단락을 판정한다.
- [0068] 본 변형 형태 1에서는, 전류 검지 공정 S6에 있어서, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB의 안정시 전류값 IBs를 검지하는 것이 아니라, 전류 IB의 경시 변화를 검지한다. 구체적으로는, 전류 IB의 경시 변화를 검지하여, 도 9에 도시한 바와 같이, 전압 인가 시간 $t=0.5$ 시간부터 $t=1.0$ 시간까지의 소정의 검지 기간 QT에 증가한 전류 IB의 전류 증가량 ΔIB 를 구한다. 판정 공정 S9에 있어서, 상기 전류 증가량 ΔIB 가 기준 증가량 ΔIBk 보다도 큰 경우($\Delta IB > \Delta IBk$), 상기 전지(1)를 불량품으로 판정하고, 전류 증가량 ΔIB 가 기준 증가량 ΔIBk 이하인 경우($\Delta IB \leq \Delta IBk$), 상기 전지(1)를 양품으로 판정한다.
- [0069] 상술한 바와 같이 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB의 경시 변화에 기초하여, 전지(1)의 내부 단락을 판정할 수도 있다. 상술한 바와 같이, 본 변형 형태 1의 단락 검사 방법도, 전류 IB를 사용하는 새로운 방법에 의해, 전지(1)의 내부 단락을 검사할 수 있다. 본 변형 형태 1에서는, 상술한 전류 증가량 ΔIB 를 구하는데, 전압 인가 시간 $t=1.0$ 시간까지 출력 전압 VS를 인가하면 충분하므로, 전지(1)의 단락 검사 시간을 더 짧게 하여, 전지(1)의 제조 시간을 더 짧게 할 수 있다.
- [0070] (변형 형태 2)
- [0071] 실시 형태 1의 제2 변형 형태에 대하여 설명한다(도 3 참조). 실시 형태 1에 관한 전지(1)의 단락 검사 방법 및 전지(1)의 제조 방법에서는, 전지(1)에 접하여 전지 온도 TB를 검지하는 온도 센서 ST 및 온도 검지 장치 STS를 사용하여, 전압 측정 공정 S5 전, 및, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6의 도중에 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6과 병행하여, 디바이스 온도 체크 공정 S7을 행하였다. 얻어진 전지 온도 TB(n)의 변동에 기초하여, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6을 계속할지 여부를 판단하였다.
- [0072] 상술에 대해, 본 변형 형태 2에서는, 디바이스 온도 체크 공정 S7을 행하는 대신에, 「환경 온도 체크 공정 S8」을 행하고, 얻어진 환경 온도 TK(n)의 변동에 기초하여, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6을 계속할지 여부를 판단한다. 여기서, n은 자연수를 나타낸다. 구체적으로는, 전압 측정 공정 S5에 앞서서, 도 5에 파선으로 나타낸, 전지(1)의 주위의 환경 온도 TK를 검지하는 서미스터로 이루어지는 온도 센서 KT 및 온도 검지 장치 KTS를 사용하여, 환경 온도 체크 공정 S8에 있어서, $n=1$ 회째의 환경 온도 TK(1)를 측정한다. 그 후는 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6과 병행하여, 1초마다 $n=2$ 회째 이후의 환경 온도 TK(n)를 측정한다.
- [0073] 환경 온도 체크 공정 S8에서는, 환경 온도 TK(1)에 대한 환경 온도 TK(n)의 변동이 허용 온도 변동 범위 DTK 내인지 여부를 체크한다. 구체적으로는, 본 변형 형태 2에서는, 1회째에 측정한 환경 온도 TK(1)에 대하여 2회째 이후에 측정한 환경 온도 TK(n)가 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 의 범위 내에 들어가는지 여부를 체크한다. 허용 온도 변동 범위 DTK 내일 때는, 전압 측정 공정 S5 혹은 전류 검지 공정 S6을 계속한다. 한편, 허용 온도 변동 범위 DTK를 초과한 경우에는, 전압 측정 공정 S5 혹은 전류 검지 공정 S6의 실행을 중지하고, 상기 단락 검사를 종료한다.
- [0074] 상술한 바와 같이, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6에 있어서의 전지 온도 TB의 변동이 너무 크면, 판정 공정 S9에서 적절하게 내부 단락을 판정할 수 없게 될 가능성이 있다. 한편, 환경 온도 TK는, 전지 온도 TB만큼은 직접적인 영향은 없다. 그러나, 환경 온도 TK에 변동이 발생하면, 나중에 전지 온도 TB에도 변동이 나타나기 때문에, 환경 온도 TK의 변동도 판정 공정 S9에서의 내부 단락의 판정에 영향을 미치는 경우가 있다. 상술에 대해, 본 변형 형태 2의 단락 검사 방법에서는, 환경 온도 체크 공정 S8을 구비하고, 환경 온도 TK(n)의 변동이 허용 온도 변동 범위 DTK 내인 경우에, 전압 측정 공정 S5 및 전류 검지 공정 S6을 계속하므로, 그 후의 판정 공정 S9에 있어서 적절하게 내부 단락의 판정을 행할 수 있다.
- [0075] (실시 형태 2)
- [0076] 제2 실시 형태에 대하여 설명한다(도 11 참조). 실시 형태 1에서는, 전지(1)의 제조 과정에 있어서 전지(1)의

단락 검사를 행한 것에 반해, 본 실시 형태 2에서는, 제조 후에 시장에 출시된 이후의 사용된 전지(1)에 대하여 단락 검사를 행하는 점이 상이하다. 실시 형태 1에서는, 고온 에이징 공정 S3 및 냉각 공정 S4를 행한 것에 반해, 본 실시 형태 2에서는, 고온 에이징 공정 S3 및 냉각 공정 S4의 공정 대신에 방치 공정 S12를 행하는 점도 상이하다. 실시 형태 1과 마찬가지로의 부분의 설명은 생략 또는 간략화한다.

[0077] 본 실시 형태 2에서는, 사용된 전지(1)를 실시 형태 1과 마찬가지로 구속한 후, 「충전 공정 S11」에 있어서, 상기 전지(1)를 미리 정한 충전 상태까지 충전한다. 구체적으로는, 실시 형태 1의 첫 충전 공정 S2와 마찬가지로, 전지(1)에 충방전 장치(도시하지 않음)를 접속하여, 환경 온도 TK=25℃인 조건에 있어서, 정전류 정전압(CCCV) 충전에 의해, SOC100%에 상당하는 전지 전압 VB=4.1V까지, 전지(1)를 충전한다.

[0078] 그 후, 「방치 공정 S12」에 있어서, 상기 전지(1)를 전지 검사 온도 TB1(본 실시 형태 2에서는, TB1=20℃)과 동일한 환경 온도 TK=20℃인 조건에서 방치(본 실시 형태 2에서는 6시간)하고, 또한, 전지(1)의 전지 온도 TB를 전지 검사 온도 TB1로 한다. 방치 공정 S12에 의해 방치 기간을 유지함으로써, 전지 전압 VB를 안정화할 수 있으므로, 전지 전압 VB가 안정된 전지(1)에 대하여 전압 측정 공정 S5를 행할 수 있다. 전지 온도 TB를 전지 검사 온도 TB1로 하고 있으므로, 전지 검사 온도 TB1로 한 전지(1)에 대하여 전압 측정 공정 S5를 행할 수 있다.

[0079] 그 후는 실시 형태 1과 마찬가지로, 디바이스 온도 체크 공정 S7(또는 환경 온도 체크 공정 S8), 전압 측정 공정 S5, 전류 감지 공정 S6 및 판정 공정 S9를 각각 행한다. 상술한 바와 같이, 전지(1)의 내부 단락 검사가 종료된다.

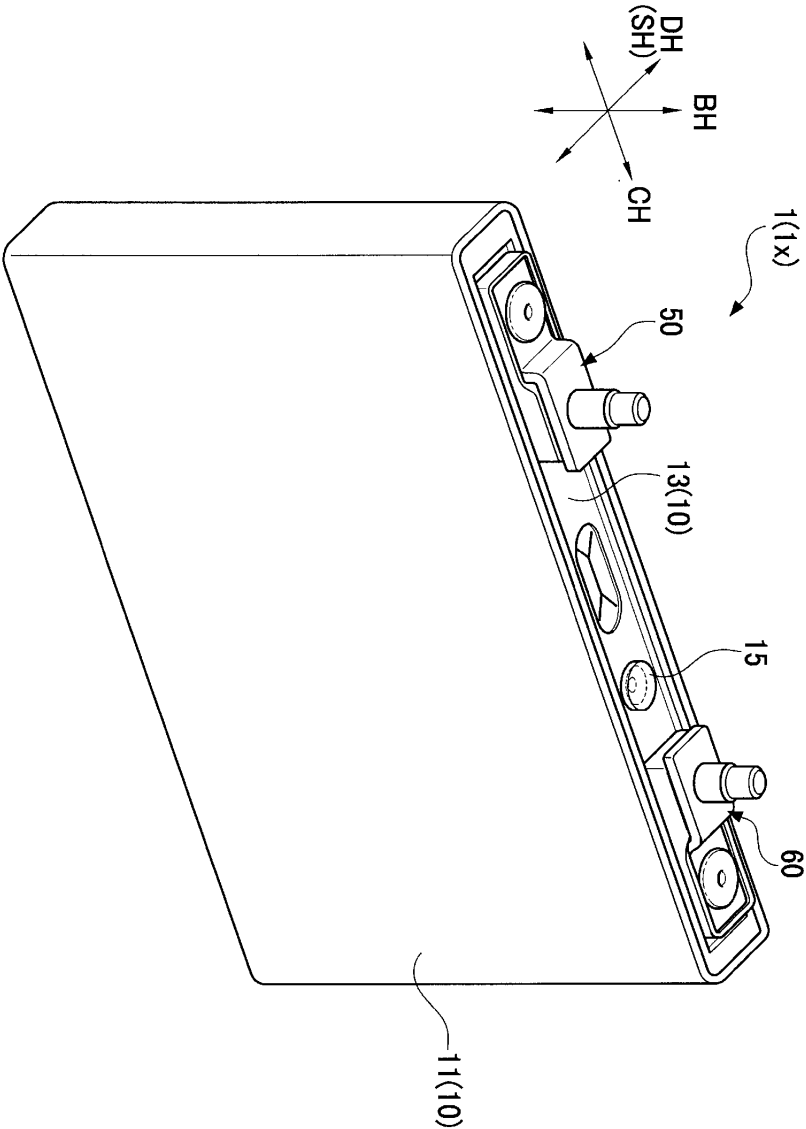
[0080] 본 실시 형태 2의 전지(1)의 단락 검사 방법도, 전압 측정 공정 S5, 전류 감지 공정 S6 및 판정 공정 S9를 행하여, 안정시 전류값 IBs에 기초하여, 전지(1)의 내부 단락을 판정하고 있다. 상술한 바와 같이, 외부 전원 EP로부터 전지(1)에 흐르는 전류 IB를 사용하는 새로운 방법에 의해, 전지(1)의 내부 단락을 검사할 수 있다. 그 밖에, 실시 형태 1 또는 변형 형태 1, 2와 마찬가지로의 부분은, 실시 형태 1 또는 변형 형태 1, 2와 마찬가지로의 작용 효과를 발휘한다.

[0081] 이상에 있어서, 본 발명을 실시 형태 1, 2 및 변형 형태 1, 2에 입각하여 설명하였지만, 본 발명은 상술한 실시 형태 1, 2 및 변형 형태 1, 2에 한정되는 것은 아니고, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서, 적절히 변경하여 적용할 수 있는 것은 물론이다. 예를 들어, 실시 형태 1, 2 및 변형 형태 1, 2에서는, 판정 공정 S9에 있어서, 안정시 전류값 IBs 혹은 전류 증가량 ΔIB 의 크기에 기초하여, 검사한 전지(1)가 양품인지 불량품인지를 판정하였지만, 판정 방법은 이것에 한정되지 않는다. 예를 들어, 판정 공정 S9에 있어서, 안정시 전류값 IBs 혹은 전류 증가량 ΔIB 의 크기에 기초하여, 검사한 전지(1)의 내부 단락의 정도에 대하여 랭크 분류해도 된다. 구체적으로는, 전지(1)를 양품과 불량품으로 나눌 뿐만 아니라, 안정시 전류값 IBs 혹은 전류 증가량 ΔIB 의 크기에 기초하여, 양품의 전지를 더 복수의 랭크로 나눌 수도 있다.

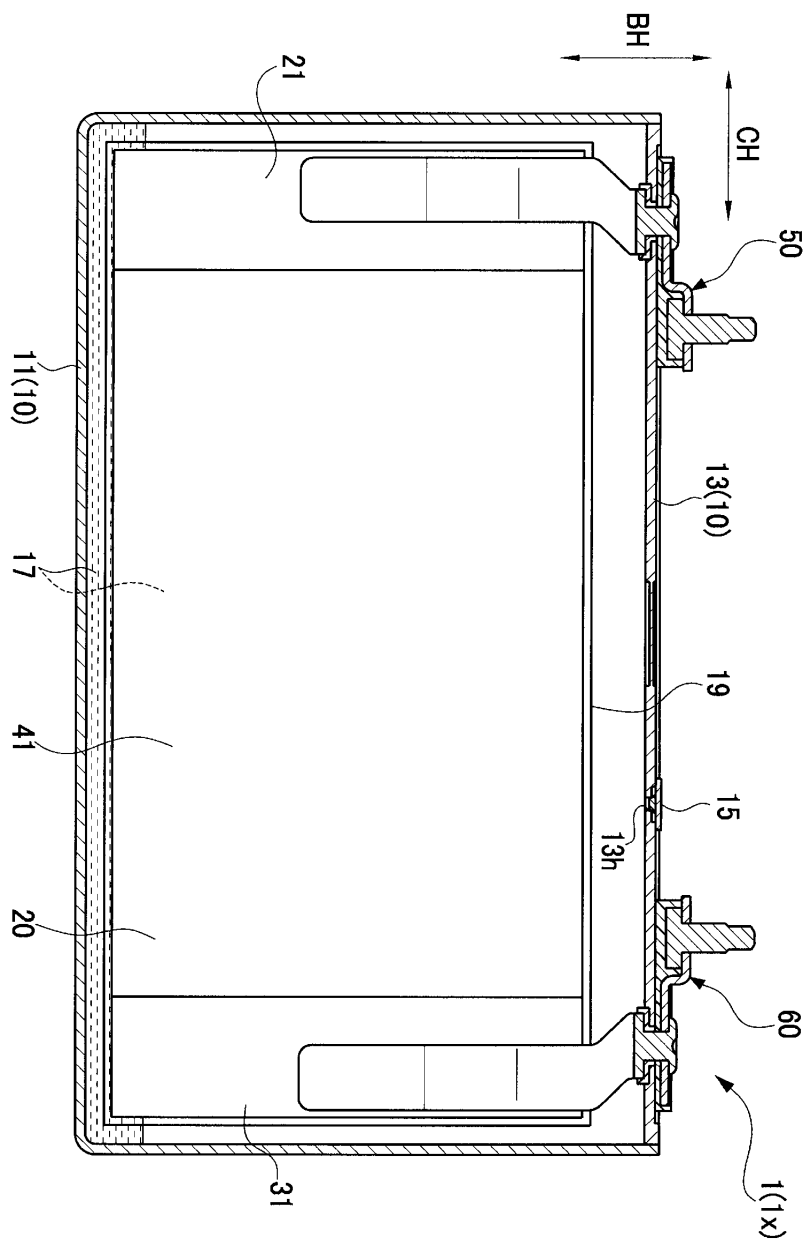
[0082] 실시 형태 1, 2 등에서는, 디바이스 온도 체크 공정 S7 및 환경 온도 체크 공정 S8 중 어느 한쪽의 공정만을 행하고 있지만, 디바이스 온도 체크 공정 S7 및 환경 온도 체크 공정 S8의 양쪽의 공정을 행하도록 해도 된다. 실시 형태 1, 2 등에서는, 내부 단락의 검사 대상으로 되는 전지로서, 편평 형상 권회형의 전극체(20)를 구비하는 전지(1)를 예시하였지만, 이것에 한정되지 않는다. 적층형의 전극체를 구비하는 전지를, 상술한 내부 단락의 검사 대상으로 할 수도 있다. 적층형의 전극체의 경우, 정극판, 세퍼레이터 및 부극판을 압축할 때에는, 전지를 정극판, 세퍼레이터 및 부극판의 적층 방향으로 압축한다.

도면

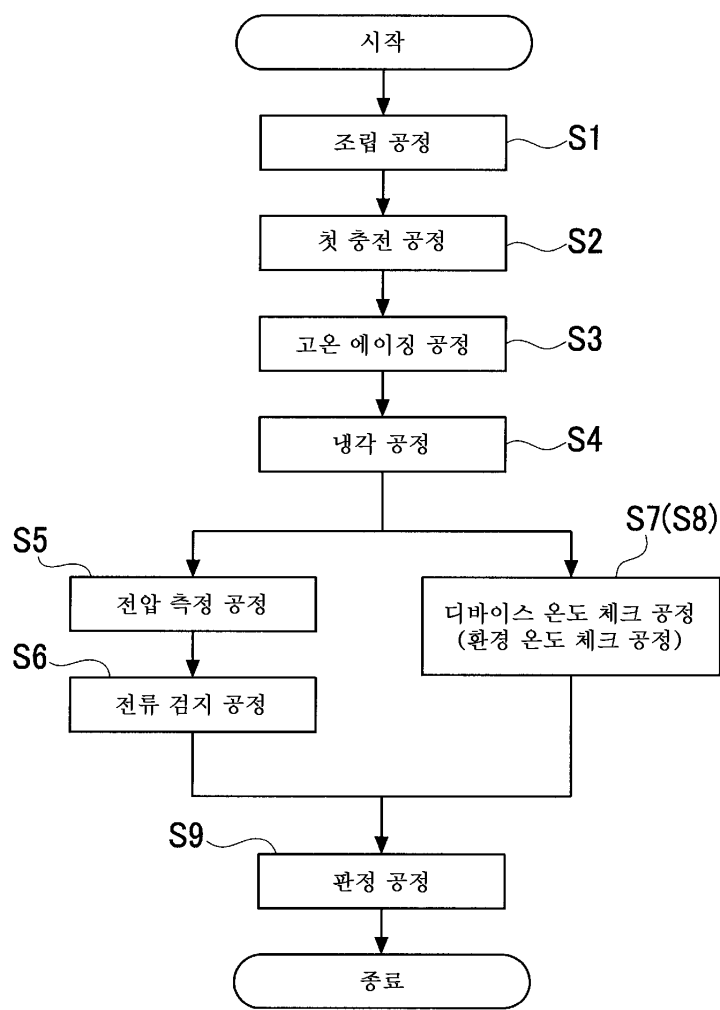
도면1



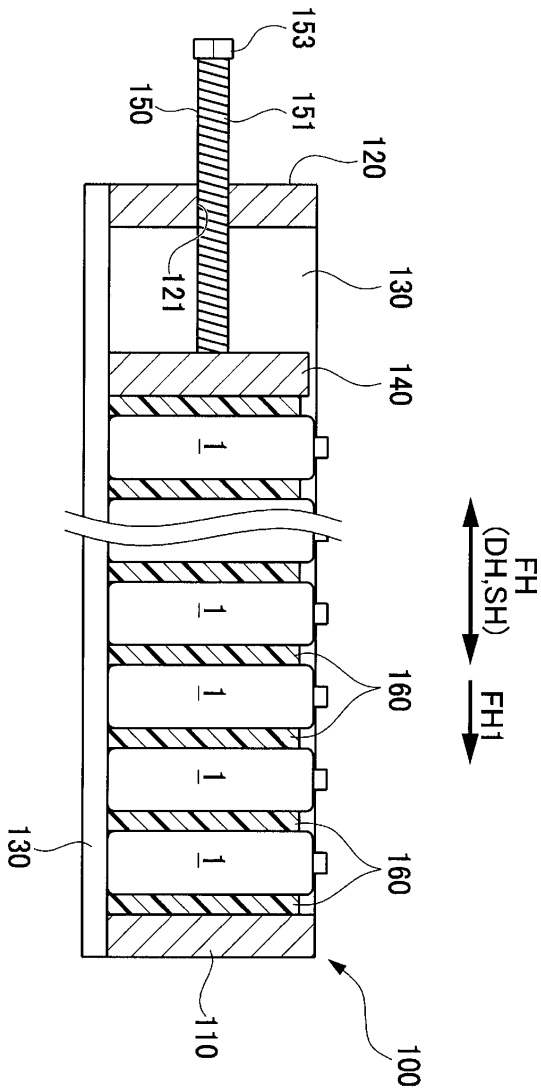
도면2



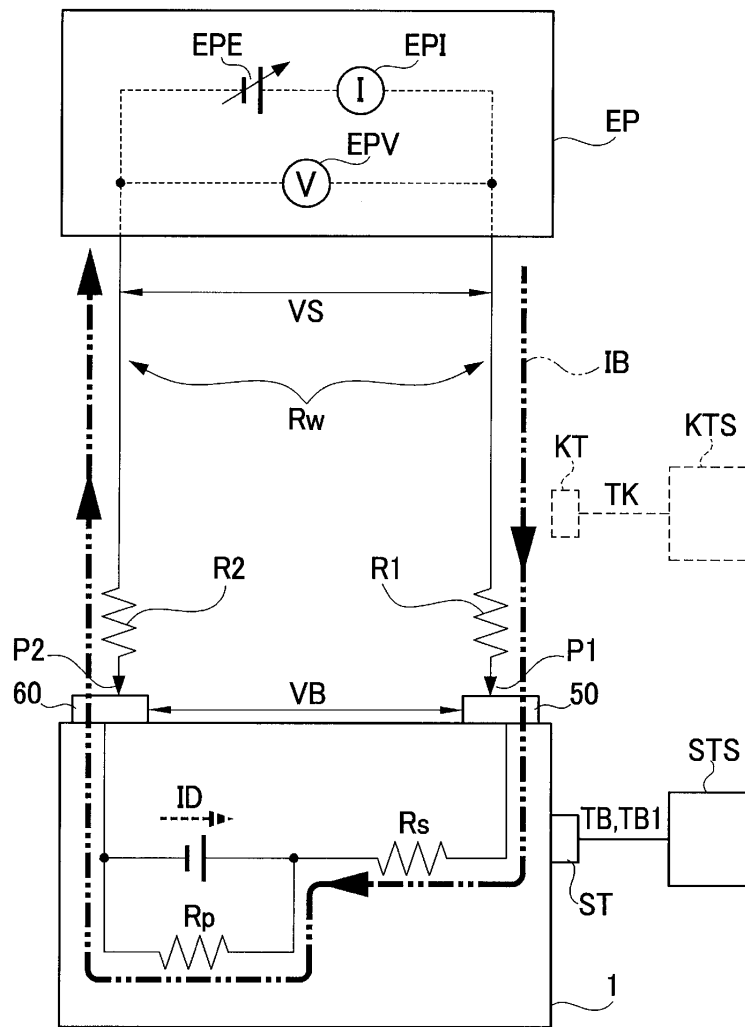
도면3



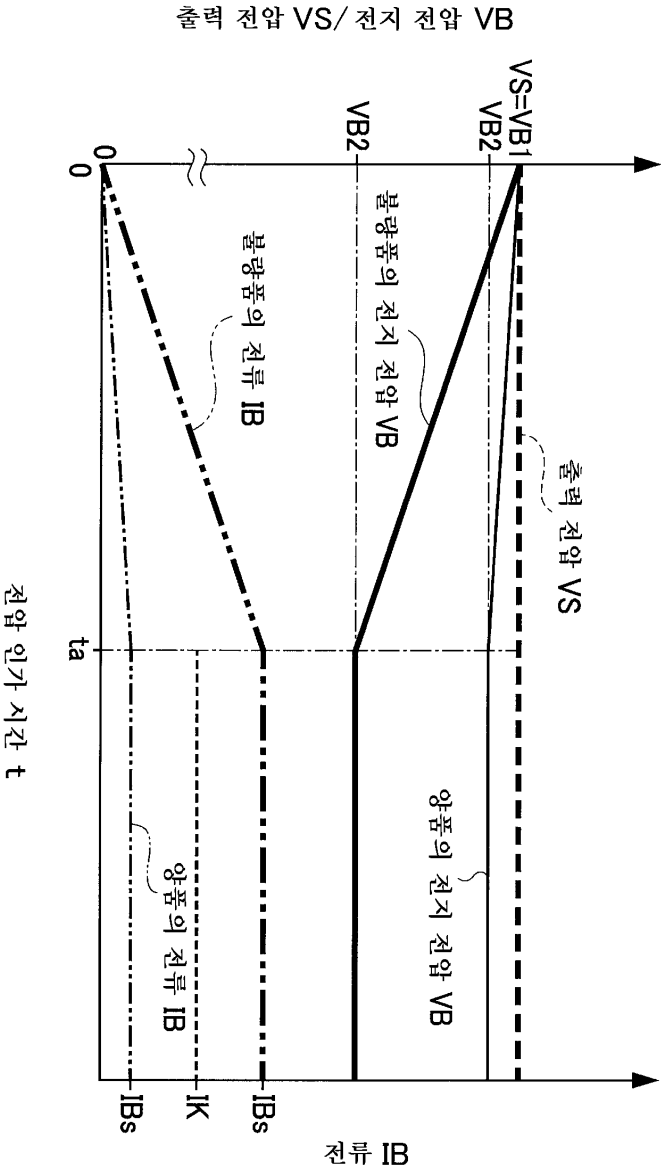
도면4



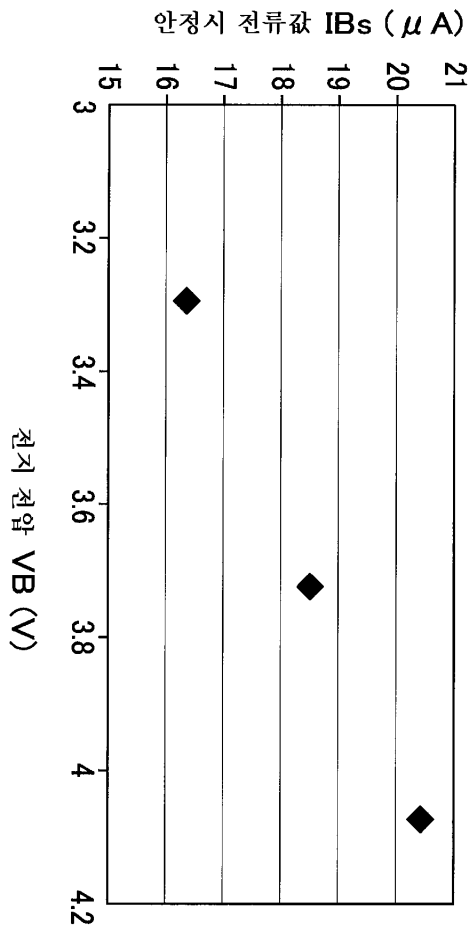
도면5



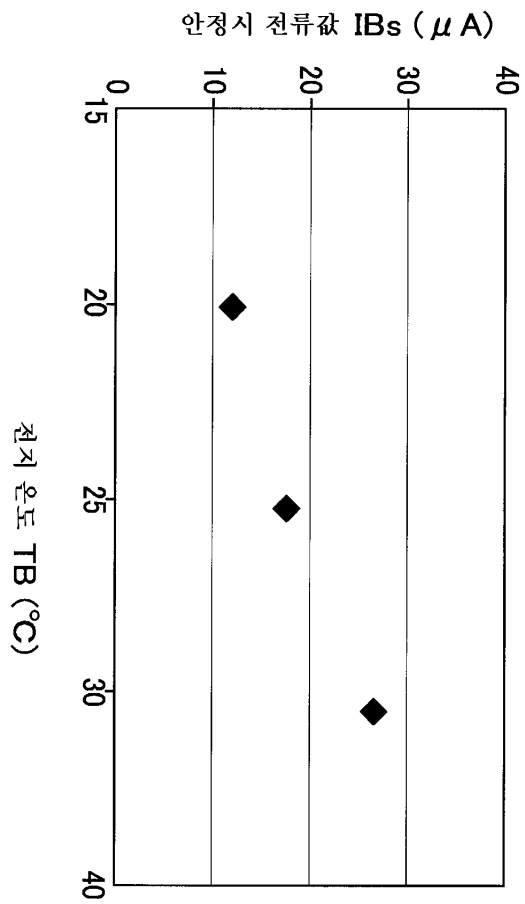
도면6



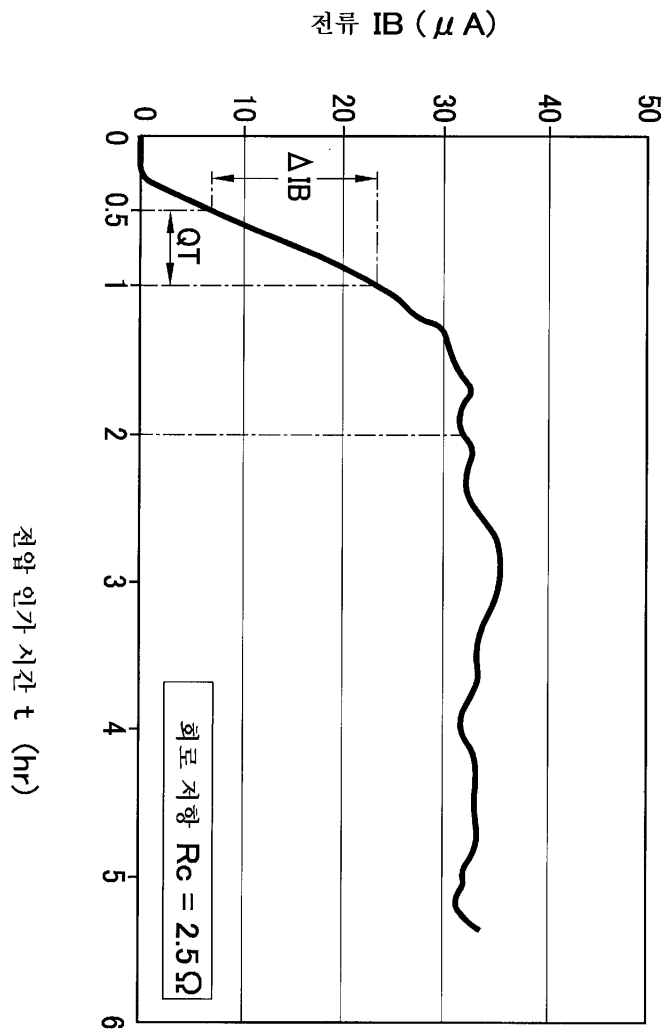
도면7



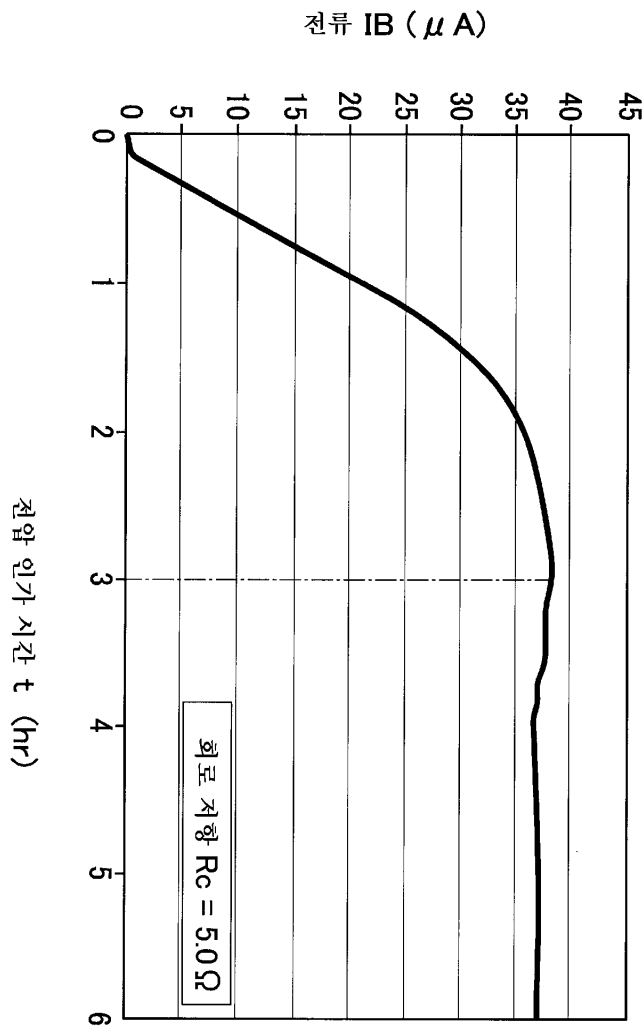
도면8



도면9



도면10



도면11

