

(19)대한민국특허청(KR) (12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.⁷
H02J 7/00

(45) 공고일자 2005년03월21일
(11) 등록번호 10-0477309
(24) 등록일자 2005년03월08일

(21) 출원번호 10-2002-0029762
(22) 출원일자 2002년05월29일

(65) 공개번호 10-2002-0090920
(43) 공개일자 2002년12월05일

(30) 우선권주장 JP-P-2001-00160568 2001년05월29일 일본(JP)
JP-P-2002-00155038 2002년05월29일 일본(JP)

(73) 특허권자 캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고

(72) 발명자 카와카미소이치로
일본국토쿄도오오타쿠시모마루코3-30-2캐논가부시끼가이샤나이
테구라야스사부로
일본국토쿄도오오타쿠시모마루코3-30-2캐논가부시끼가이샤나이

(74) 대리인 신중훈
임옥순

심사관 : 이창용

(54) 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치, 상기 검출방법이 적용되는 장치, 상기 검출장치를 포함하는 장치 및 상기 검출방법의 소프트웨어프로그램이 기억된 기억매체

요약

검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법은, 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식이 정전압 V_{max} 에서의 정전압충전방식으로 시프트된 때로부터의 경과시간(t)을 측정하고, 해당 정전압충전방식에서의 충전전류값 I를 측정하는 공정(A), 상기 정전압충전방식에서의 정전압충전으로의 전환시각으로부터 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값 I가 주어진 전류값 I_M 에 이른 시각까지의 시간을 얻는 공정(B) 및 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서 정전압충전방식에서 충전된 전기량을 얻는 공정(C)을 구비한 것을 특징으로 한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 있어서의 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법의 일 실시형태예를 표시한 순서도

도 2는, 본 발명의 검출방법에 사용하는 식을 설명하기 위해, 정상상의 재충전가능한 전지, 내부저항이 증가된 재충전가능한 전지 및 내부저항이 증가되고 전기보유용량이 감소된 재충전가능한 전지의 각각에 대해서, 이들 각각이 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 충전시간에 대한 충전전류추이(또는 전류프로파일)를 예시하는 그래프의 일례를 표시한 도면

도 3a는, 정상의 재충전가능한 전지(단락되지 않음)에 대해서 저항기가 병렬접속으로 접속되어 해당 재충전가능한 전지를 단락된 재충전가능한 전지모델로 하고, 해당 재충전가능한 전지에 충전기를 접속한 상태의 회로의 개략도

도 3b는, 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 해당 저항기의 저항값이 변화되어 있는 상태에서, 도 3a에 표시한 재충전가능한 전지의 충전시간에 대한 충전전압(=전지전압) 및 충전전류의 변화곡선을 예시한 그래프의 일례를 표시한 도면

도 4a는, 정상의 재충전가능한 전지(단락되어 있지 않음)에 대해서 저항기가 직렬접속으로 접속되어 해당 재충전가능한 전지를 내부저항이 증가된 재충전가능한 전지모델로 하고, 해당 재충전가능한 전지에 충전기를 접속한 상태의 회로의 개략도

도 4b는, 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 해당 저항기의 저항값이 변화되어 있는 상태에서, 도 4a에 표시한 재충전가능한 전지의 충전시간에 대한 충전전류의 변화곡선을 예시한 그래프의 일례를 표시한 도면

도 4c는, 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 해당 저항기의 저항값이 변화되어 있는 상태에서, 도 4a에 표시한 재충전가능한 전지의 충전시간에 대한 충전전압(=전지전압)의 변화곡선을 예시한 그래프의 일례를 표시한 도면

도 5a는, 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 정상의 재충전가능한 전지에 대해서, 시간경과에 따른 충전전류의 변화의 측정값과, 상기 측정값의 곡선적합성으로부터 얻어진 함수식에 의한 충전전류곡선과의 일치를 예시한 그래프,

도 5b는, 직렬접속된 저항기를 지닌 정상의 재충전가능한 전지[도 4a 참조](a)와 저항기가 접속되어 있지 않은 다른 정상의 재충전가능한 전지(b)의 각각이 정전류-정전압충전방식에 의해 충전된 경우, 상기 재충전가능한 전지(a)의 저항기의 저항값이 변화되어 있고, 상기 충전전류의 함수식으로부터 얻어진 상기 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 두 충전전류곡선의 교점에서의 전류값의 저항치에 대한 그래프

도 6a는, 정상의 재충전가능한 전지(a)와 사이클열화된 재충전가능한 전지(b)의 각각이 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우의 양 전지의 각각의 충전시간변화에 대한 충전전류변화(또는 프로파일)를 예시한 그래프

도 6b는, 도 6a에서 설명한 바와 같이 충전된 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 각각에 대해서, 각 재충전가능한 전지(a) 및 (b)가 정전류에서 방전된 경우 방전전기량의 변화에 대한 전지전압변화를 예시한 그래프

도 6c는, 사이클열화된 재충전가능한 전지(b)의 전기보유가능용량의 감소량이, 정상의 재충전가능한 전지(a)의 전기보유가능용량과 거의 동일하게 보상된 경우 도 6a에 표시한 경우에 있어서 잔존용량이 저감된 사이클열화된 재충전가능한 전지(b)의 충전전류곡선을 예시한 그래프

도 7은 본 발명에 있어서의 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치의 주요구성부로서의 전기회로의 일례를 예시한 개략도

도 8은 도 7에 표시한 전기회로를 지닌 검출장치와 재충전가능한 전지와 조합이 전지팩(모듈)에 설치되어 있는 실시예의 일례를 표시한 개략도

도 9는 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 후, 재충전가능한 전지의 방전 및 방전동작의 정지의 사이클이 반복된 경우 재충전가능한 전지의 전지전압의 변화를 예시한 그래프

도 10은, 방전시의 데이터로부터 적분된 방전전기량에 대한 방전시의 전지전압과 방전동작을 정지한 때의 개로전압과의 관계를 예시한, 도 9에서 얻어진 결과의 그래프

도 11은, 현재 보유된 전기량(Q)에 대한 개로전압과 정전류-정전압충전방식에 의해 충전된 경우의 전지전압의 변화와의 관계를 예시한, 도 10에서 얻어진 결과의 그래프

도 12a는, 정상의 재충전가능한 전지(a)와 단락된 재충전가능한 전지(b)에 대해서, 해당 두 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 각각이 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 해당 두 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 충전시간변화에 대한 충전전류의 변화와의 관계의 일례를 예시한 그래프

도 12b는, 정상의 재충전가능한 전지(a)와 단락된 재충전가능한 전지(b)에 대해서, 해당 두 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 각각이 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 해당 두 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 충전시간변화에 대한 전지전압의 변화와의 관계의 일례를 예시한 그래프

도 12c는, 정상의 재충전가능한 전지(a)와 단락된 재충전가능한 전지(b)에 대해서, 해당 두 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 각각이 정전류-정전압충전방식으로 충전되어 충전동작과 방전동작을 행하는 일없이 정지상태로 유지된 경우, 상기 두 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 정지상태의 경과시간에 대한 개로전압의 변화와의 관계의 일례를 예시한 그래프.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

701: 1쌍의 단자 702: 전지전압검출부

703: 전류감지저항기 704: 증폭기

705: 제어부 801: 재충전가능한 전지

802: 양의 단자 803: 음의 단자

804: 충전용의 양의 단자 805: 전지전압모니터출력단자

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

발명의 기술분야

본 발명은, 검사하고자 하는 재충전가능한 전지(이하, 이 재충전가능한 전지를 "검사대상 재충전가능한 전지"라 칭함)의 내부정보를 검출하는 방법 및 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치에 관한 것이다. 또, 본 발명은, 상기 검출방법이 적용되는 장치 및 상기 검출장치를 포함하는 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은, 상기 검출방법의 소프트웨어가 기억된 기억매체를 포함한다.

본 발명에 있어서 검출하고자 하는 내부정보란, 검사대상 재충전가능한 전지의 단락의 유무, 전기보유가능용량, 잔존용량(= 현재 보유(즉, 저장)된 전기량 = 방전가능용량), 사용가능용량(= 아직까지 기기를 동작시킬 수 있는 현재 잔존 전기량), 내부저항 등을 의미한다.

종래기술

최근, 반도체소자의 개발과 아울러 소형 카메라의 개발에 따라, 경량·고성능의 재충전가능한 전지, 휴대용 개인용 컴퓨터, 비디오카메라, 디지털카메라, 셀룰러폰 등의 이동성 기기, 팜탑 PC 등의 개인용 디지털지원장치 등이 급속하게 진보되고 있다.

이와 별도로, 최근, 대기중에 함유된 CO₂가스량의 증가에 따른 소위 온실효과에 의해 지구온난화가 예기되고 있다. 예를 들면, 화력발전소는 화석연료 등을 연소시켜서 얻어지는 열에너지를 전지에너지로 변환시키고 있으나, 이러한 화석연료의 연소에 의해 CO₂가스를 다량으로 대기중에 배출하므로, 이러한 상황을 억제하기 위하여, 화력발전소를 신설하는 것을 금지하는 경향이 있다. 이러한 상황하에서, 화력발전소 등의 발전기에서 발생하는 전력을 효율적으로 이용하기 위해, 재충전가능한 전지가 내장된 부하조절기를 이용해서, 야간에 사용되지 않는 여분의 전력을 일반가정에 설치한 재충전가능한 전지에 축적하고, 이와 같이 축적된 전력을 전력소비가 많은 주간에 사용해서 전력소비를 평균화하는, 소위 부하평준화가 제안되어 있다.

또, 별도로, 최근, 오염물을 배출하지 않는, 재충전가능한 전지를 구비한 전기자동차가 제안되어 있다. 그 밖에, 재충전가능한 전지와 내연기관을 겸비해서 사용하며, 오염물질의 방출을 억제하면서 연소효율을 높인 하이브리드 파워자동차도 제안되어 있다. 이들 전기자동차 및 하이브리드파워자동차에 사용되는 재충전가능한 전지로서는, 높은 에너지밀도를 지닌 고성능 재충전가능한 전지의 개발이 기대되고 있다.

대표적으로 이동성 기기, 부하평준화에 사용되는 부하조절기, 전기자동차 및 하이브리드파워자동차에 사용되는 이러한 재충전가능한 전지로서는, 리튬의 환원-산화반응을 이용하는 재충전가능한 리튬전지(리튬이온전지도 포함) 등을 들 수 있다.

또한, 이러한 재충전가능한 전지를 사용하는 이동성 기기, 부하평준화에 사용되는 부하조절기, 전기자동차 및 하이브리드파워자동차에 있어서, 상기 전지가 수용된 장치의 쪽에 해당 전지의 내부정보에 따라 재충전가능한 전지로 부터 출력된 파워를 적절하게 조절함으로써 동작시간을 최대까지 연장하는 것이 가능하거나, 또는, 미리 전지의 수명의 정보를 획득함으로써 전지의 교환에 필요한 시간을 미리 알아서 동작의 갑작스런 정지의 발생을 피하는 것이 가능하다.

특히, 이동성 기기, 부하조절기, 전기자동차 또는 하이브리드파워자동차의 동작이 갑자기 멈추는 것을 방지하기 위해, 내부에 사용하는 재충전가능한 전지의 내부정보, 즉, 전지의 전기보유가능용량, 잔존용량(= 현재 보유된 전기량 = 방전가능용량), 사용가능용량(= 아직까지 기기를 동작시킬 수 있는 현재 잔존 전기량) 및 내부저항을 정확하게 검출하는 것이 매우 중요하다.

재충전가능한 전지의 잔존용량을 검출하기 위해서, 전지의 전압을 측정하고, 이 측정된 전지전압에 의거해서, 사용가능용량을 추정하는 방법이 공지되어 있다.

재충전가능한 전지의 "잔존용량"이란, 방전될 수 있는 전지의 현재 보유되어 있는 전기량을 의미한다. 또, "사용가능 용량"이란, 상기 재충전가능한 전지를 지닌 기기(또는 장치)가 아직도 작동될 수 있는 재충전가능한 전지의 현재 이용가능한 전기량을 의미한다. 사용가능용량은 상기 잔존용량이란 용어에 포함된다.

상기 방법은, 전지전압이 방전될 전기량에 비례해서 점차로 감소되기 때문에, 애노드재료가 흑연과는 구별되는 비흑연 탄소재료로 이루어져 있는 리튬이온 재충전가능한 전지의 경우에 적용가능하며, 따라서, 재충전가능한 전지의 사용가능용량은, 전지전압을 측정함으로써 추정할 수 있다. 그러나, 상기 방법은, 잔존용량이 동일하더라도 흐르는 전류에 따라 전지전압이 다르므로 상기 방법을 이용해서 재충전가능한 전지의 잔존용량을 정확하게 검출하기가 곤란하다. 그 밖에, 재충전가능한 전지의 성능이 열화되어 수명이 끝난 경우, 잔존용량을 정확하게 검출하기가 극히 곤란하다.

이와 별도로, 애노드재료가 흑연계 탄소재료로 이루어진 리튬이온 재충전가능한 전지의 경우, 방전될 전기량에 대해서 전지전압이 평탄하므로, 상기 방법에 따라 전지전압으로부터 잔존용량을 추정하는 것은 곤란하다.

재충전가능한 전지의 잔존용량을 검출하기 위해, 축적방전전기량을 기억시켜 놓고, 해당 축적방전전기량을 충전전기량으로부터 감산해서 그의 잔존용량을 얻는 방법도 공지되어 있다. 그러나, 이 방법은, 다음과 같은 결점이 있다. 즉, 전류값과 방전시간은 항상 기억시켜 둘 필요가 있다. 그 밖에, 방전값이에 대해서 알려져 있지 않은 재충전가능한 전지에 대해서 추가의 충전을 행할 경우, 그 시간의 충전전기량을 검출할 수 있어도, 추가의 충전전의 재충전가능한 전지의 잔존용량을 알 수 없으므로, 재충전가능한 전지가 충전된 후 재충전가능한 전지의 잔존용량을 정확하게 검출할 수 없다. 이 경우에 상기 방법을 채용할 경우, 해당 방법은, 방전되기 전의 축적충전전기량으로부터 총방전전기량을 빼서 잔존용량을 산출하는 방식이므로, 계속시 큰 오차가 발생하기 쉽다.

따라서, 상기 방법은, 잔존용량을 정확하게 검출하는 것이 곤란하므로, 성능이 열화되어 수명이 다 된 재충전가능한 전지에 대응하기 곤란하다.

이제, 일본국 공개특허공보 제 1992-2066호 공보(이하, "문헌 1"이라 칭함)에는, 펄스방전후 전지전압의 회복특성에 따라 납전지의 용량을 식별하는 방법이 개시되어 있다.

일본국 공개특허 제 1992-136774호 공보(이하, "문헌 2"라 칭함)에는, 재충전가능한 전지에 대해서, 전원이 온(ON)인 경우, 큰 전류에서 방전을 임의로 행하여 전지전압의 감소를 검출하고, 그 검출된 감소치를 미리 결정된 전지전압치와 비교하여, 그 차가 클 경우, 잔존용량은 불충분하다고 판정하는 방법이다.

일본국 공개특허 제 1999-16607호 공보(이하, "문헌 3"이라 칭함)에는, 재충전가능한 전지에 대해서, 소정시간 소정의 전류를 인가할 경우의 전지전압을 측정하고, 이 측정된 전지전압을 미리 확립된 전지전압-잔존용량 대응표와 대조해서 전지의 잔존용량을 추정하는 방법이다.

그러나, 성능이 열화되어 내부저항이 증가하거나 전기보유가능

용량이 저하된 재충전가능한 전지에 대해서, 상기 문헌 1 내지 3에 개시된 어느 방법도 전지의 잔존용량을 정확하게 검출하는 것은 곤란하다.

별도로, 일본국 공개특허 제 1997-134742호 공보(이하, "문헌 4"라 칭함)에는, 재충전가능한 전지에 대해서, 방전 종료전압에 이르기 직전에 내부임피던스를 임피던스측정기기에 의해 측정하면서, 그 성능에 대해서는 교류를 인가해서 재충전가능한 전지가 열화되었는지의 여부를 판정하는 방법이다.

그러나, 상기 문헌 4에 개시된 방법은, 임피던스를 측정하기 위한 이러한 임피던스측정기기가 교류발생회로를 지니는 데 필요한 이유에 대해서 실질적으로 적용가능하지 않고, 또, 이 때문에, 장치가 대형화되는 것은 피할 수 없고, 또한, 재충전가능한 전지를 동작시키는 동안 측정을 행할 수 없다.

또, 일본국 공개특허 제 1999-271408호 공보(이하, "문헌 5"라 칭함)에는, 재충전가능한 전지(리튬이온 재충전가능한 전지)를, 테이퍼에 의한 정전류-정전압충전(CCCV)방식(이것을, 이하 "정전류-정전압충전방식" 혹은 "CCCV 충전방식"이라 칭함)[정전류값에서 충전을 개시하고, 전지전압이 주어진 전압값에 이른 후에, 그 종료시까지 정전압에서 충전을 행함]으로 충전된 열화된 전지를 검출하는 방법이 개시되어 있다. 이 방법은, 정전류에서 충전된 전기량으로부터의 전지의 열화도, 정전류충전을 정전압충전으로 전환한 직후의 전류강하 및 정전압충전에서의 전류강하율을 추정하는 방식이다.

그러나, 이 문헌 5에 개시된 방법은, 아직, 재충전가능한 전지의 잔존용량에 대한 내부정보를, 정전류충전시의 충전전기량 및 정전압충전시의 전류강하 혹은 전류변화율로부터 항상 안정적으로 얻을 수 있는 상태에 이르지 못했다. 이와 별도로, 상기 문헌 5에는, 전지가 열화된 경우의 잔존용량, 정전류충전시의 충전전기량, 정전압충전시의 전류강하율 및 정전압충전시의 전류변화강하가 상관이 있는 것으로 기재되어 있다. 그러나, 해당 문헌 5에서는, 어떠한 인자가 가장 상관이 있고, 잔존용량을 검출하기 위한 신뢰성 있는 방법이 무엇인지, 그리고, 특히, 잔존용량을 어떻게 검출하는 지에 대한 제안도 언급되어 있지 않다. 또한, 문헌 5의 설명에 의하면, 전지가 단락된 경우 잔존용량이 감소되는지의 여부, 전지가 열화되어 내부저항이 증가된 경우 잔존용량이 감소되는지의 여부, 잔존용량 자체가 감소되는지의 여부를 구별하는 것이 불가능하므로, 전지의 열화상태의 상세를 파악하는 것이 불가능하다. 전지가 단락되었는지의 여부에 대한 정보는, 전지를 보다 안전하게 사용하기 위해서 뿐만 아니라, 전지의 내부정보를 정확하게 파악하기 위해 중요하다.

또한, 재충전가능한 전지에 대해서, 충방전조작을 반복할 경우, 전극활성물질이 열화되어, 전극활성물질이 집전자로부터 박리되거나 혹은 빠져버리거나, 또는 전해액이 분해되는 등의 이유로 인해 내부저항이 증대되어 충전용량이

감소되는 경향이 있게 된다. 그 밖에, 전지로부터 연장되는 출력단자에 접속된 리드의 접속부가 진동 등의 어떠한 원인에 의해 박리되면, 전지의 내부저항이 증대될 경우가 있다. 또, 전기화학반응에 의해 금속퇴적 등에 의해, 애노드와 캐소드간에 단락부가 생기고, 그 결과, 내부저항이 감소되면서 잔존용량이 감소될 경우가 있다.

내부저항이 증대되고, 잔존용량이 저감되거나 단락된 이러한 재충전가능한 전지에 대해서, 내부정보를 종래의 방법에 의해 검출하고자 할 경우, 정확도의 면에서 크게 오차가 발생하는 것을 피하기 곤란하다.

이 점에 대해서, 잔존용량이 감소되거나 내부저항이 증가되어, 성능이 열화된 경우에도 각종 재충전가능한 전지의 어느 것의 사용가능용량(즉, 아직까지 기기를 동작시킬 수 있는 현재 잔존하는 전기용량)을 정확하게 검출하는 것이 가능한 검출방법 및 검출장치의 제공에 대한 요구가 증대되고 있다. 그 밖에, 수명, 즉, 성능의 열화를 정확하게 검출하기 위해 어떠한 재충전가능한 전지에 있어서도 적용가능한 검출방법 및 검출장치의 개발이 기대되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은, 전기보유가능용량 등으로 대표되는 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 종래 제안된 모든 방법에 있어서 검출정확도의 점에서 열등한 종래기술의 결점을 해결하는 데 있다.

본 발명의 다른 목적은, 어떠한 재충전가능한 전지가 성능이 열화된 재충전가능한 전지인 경우에도 해당 재충전가능한 전지의 내부정보를 고정확도로 검출하는 것이 가능한 검출방법 및 검출장치를 제공하는 데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은, 상기 검출방법 또는 상기 검출장치가 적용되는 기기를 제공하는 데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은, 상기 검출방법의 소프트웨어프로그램이 저장된 기억매체를 제공하는 데 있다.

본 발명의 검출방법의 전형적인 실시형태에는, 검사하고자 하는 재충전가능한 전지(이하, 이 재충전가능한 전지를 "검사대상 재충전가능한 전지"라 칭함)가, 정전류값 I_0 에서 충전개시되고, 전지전압이 소정의 전압값 $V_{\max}$ 에 이른 후, 그 종료시까지 정전압 $V_{\max}$ 에서 충전을 행하는 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법에 있어서, 적어도, 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 $V_{\max}$ 에서의 정전압충전방식으로 전환(시프트)된 때로부터의 경과시간(t)을 측정하고, 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값 I를 측정하는 공정(A), 상기 정전압충전으로의 전환시각으로부터 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값 I가 주어진 전류값 I_M 에 이른 시각까지의 시간을 얻는 공정(B) 및 상기 정전압충전방식에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전기량을 얻는 공정(C)로 이루어진 것을 특징으로 하는 검출방법이다.

상기 검출방법은, 검사대상 재충전가능한 전지에 대한 참조표준으로서의 대응하는 정상의 재충전가능한 전지를, 정전류-정전압충전방식으로 충전한 경우 해당 정상의 재충전가능한 전지의 정전압충전방식에서의 충전전류특성을 조회하는 공정(D)를 또 포함해도 된다.

본 발명의 검출방법에 의해 얻어진 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보는, 사실을 포함한다. 본 발명의 검출방법에 의하면, 검사대상 재충전가능한 전지가 충전개시전의 방전깊이를 알지 못하는 재충전가능한 전지인 경우에도, 보다 구체적으로는, 소정의 전기량이 아직 남아있는 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서 추가의 충전을 행할 경우에도, 잔존용량으로 표시되는 내부저항을 획득할 수 있다.

본 발명의 검출장치의 전형적인 실시형태에는, 검사대상 재충전가능한 전지가, 정전류값 I_0 에서 충전개시되고, 전지전압이 주어진 전압값 $V_{\max}$ 에 이른 후, 그 종료시까지 정전압 $V_{\max}$ 에서 충전을 행하는 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치에 있어서, 적어도, 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 충전전류값 I를 측정하는 수단; 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 $V_{\max}$ 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M')을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV}' 를 측정하는 수단; 대응하는 정상의 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(또는 공칭용량) C_N 과 해당 정상의 재충전가능한 전지의 내부정보(해당 내부정보는, 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M)과 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} 를 포함함)가 기억되어 있는 기억수단; 및 상기 기억수단에 기억되어 있는 정상의 재충전가능한 전지의 상기 C_N , t_M 및 Q_{CV} 및 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 t_M' 및 Q_{CV}' 로부터 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(C_N')을 계산하는 산술수단을 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치이다.

발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 바람직한 실시형태에 대해 상세히 설명한다.

본 발명자들은, 종래 기술의 단점을 해소하면서 본 발명의 상기 목적을 달성하기 위하여, 예의 실험을 거듭한 결과, 하기에 설명한 바와 같은 지견을 얻게 되었다.

즉, 검사하고자 하는 재충전가능한 전지(이하, 이 재충전가능한 전지를 "검사대상 재충전가능한 전지"라 칭함)가, 정전류값에서 충전개시되고, 전지전압이 소정의 전압에 이른 후, 그 종료시까지 정전압에서 충전을 행하는 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 해당 검사대상 재충전가능한 전지가, 내부저항이 증가된 재충전가능한 전지이면, 내부저항의 증가정도에도 불구하고, 정전압충전영역에서의 충전전류곡선이, 소정의 충전전류값 I_M 에서 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우의 대응하는 정상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선과 교차한다. 따라서, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있지 않은 경우, 정전압충전방식에서의 충전전류가 소정의 충전전류값 I_M 에 이른 때까지의 시간을 측정함으로써, 해당 전지의 전기보유가능용량에 관한 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 얻는 것이 가능하고, 또한, 정전압충전방식에 있어서의 검사대상 재충전가능한 전지와 정상 재충전가능한 전지의 충전전류의 수렴값에 따라 검사대상 재충전가능한 전지에 단락이 존재하는지의 여부를 판정하는 것이 가능하다. 또한, 전기보유가능용량의 판정으로부터, 내부저항에 관한 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 얻는 것이 가능하다.

또, 다른 언급이 없다면, 본 명세서에 있어서의 "정전압충전방식"이란, 재충전가능한 전지가 정전압에서 충전되어 있는 상태 혹은 재충전가능한 전지가 비제어컴퓨터프로그램으로부터 정전압에서 충전되어 있는 경우를 나타내는 표현이다. 그러나, 재충전가능한 전지측으로부터 관찰한 경우, "정전압충전방식"은, "재충전가능한 전지가 정전압에서 충전된 상태" 또는 "재충전가능한 전지가 정전압에서 충전된 경우"와 마찬가지로 의미이다. 한편, "정전류충전방식"이란, "재충전가능한 전지가 정전류값에서 충전되고 있는 상태 또는 경우"를 의미한다.

본 발명은 상기 지면에 의거해서 이루어진 것이다.

즉, 전술한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 검사대상 재충전가능한 전지가, 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법에 있어서, 적어도, 정전류충전방식을 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하고, 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값 I를 측정하는 공정(A), 상기 정전압충전방식에서의 정전압충전으로의 전환시각으로부터 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값 I가 주어진 전류값 I_M 에 이른 시각까지의 시간을 얻는 공정(B) 및 상기 정전압충전방식에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전기량을 얻는 공정(C)로 이루어진 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법이 제공된다. 상기 검출방법은, 정전압충전방식에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서의 대응하는 정상 재충전가능한 전지를, 정전류-정전압충전방식으로 충전한 경우 해당 정상 재충전가능한 전지의 충전전류특성을 조회하는 공정(D)를 또 포함해도 된다.

본 발명의 검출방법에 의해 획득한 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보는, 각각, 검사대상 재충전가능한 전지의 단락의 유무, 전기보유가능용량(보유가능 전기용량), 내부저항, 잔존용량(= 현재 보유된 전기량 = 방전가능한 용량) 및 사용가능 용량(= 아직까지 기기를 동작시킬 수 있는 현재 잔존 전기량)과, 이들 항목의 조합에 대한 사실을 포함한다.

본 발명의 검사방법에 의하면, 검사대상 재충전가능한 전지가 충전개시전의 방전깊이를 알지 못하는 재충전가능한 전지인 경우에도, 보다 구체적으로는, 소정의 전기량이 아직 남아있는 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서 추가의 충전을 행할 경우에도, 전기보유가능용량으로 표시되는 내부저항을 얻을 수 있다.

본 발명의 검출방법에 있어서, 정전압충전방식의 충전시간이 무한대로 될 때 상기 충전전류값이 양의 값을 취할 경우, 상기 검사대상 재충전가능한 전지가 단락된 것으로 판정하고, 상기 충전전류가 0(영)으로 수렴되면, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있지 않은 것으로 판정한다.

그러나, 정전류충전방식이 정전류-정전압충전방식에 있어서의 정전압충전방식으로 전환되지 않도록 단락크기가 상당히 큰 경우가 있다. 그 경우, 상기 단락에 대한 판정은 채용할 수 없다.

본 발명의 검출방법은, 검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서의 대응하는 정상 재충전가능한 전지를, 정전류-정전압충전방식으로 충전한 경우 해당 정상 재충전가능한 전지의 정전압충전방식에서의 충전전류특성을 조회하는 공정(D)를 포함하는 것이 바람직하다.

상기 공정(D)에 있어서의 정전압충전방식의 정상 재충전가능한 전지의 충전전류특성은, 정상 재충전가능한 전지의 미리 측정된 데이터, 상기 측정된 데이터로부터 얻어진 함수식 및 컴퓨터에 의한 시뮬레이션에 의해 얻어진 정상 재충전가능한 전지의 데이터 및 상기 데이터로부터 얻어진 함수식을 포함한다.

이하, 상기 지면이 얻어진 본 발명자들이 행한 일련의 실험에 대해 설명한다.

먼저, 단락되어 있는 재충전가능한 전지에 대해서, 저항기가 병렬접속으로 접속되어 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식(해당 정전압충전방식에서의 충전전류의 변이가 관찰됨)으로 충전되는 단락되어 있는 재충전가능한 전지모델을 이용해서 해당 재충전가능한 전지의 충전특성을 발견하기 위해 실험을 행하였다.

도 3a는, 내부저항 R을 지닌 정상 재충전가능한 전지(단락되어 있지 않음)에 대해서 저항기(r_p)가 병렬접속으로 접속되고, 해당 재충전가능한 전지에 대해서 충전기기 전기접속되어 있는 전기회로의 개략도이다. 동 도면에서 파선으로 둘러싸인 부분은, 재충전가능한 전지를 표시한다. 이 경우, 저항기(r_p)는 재충전가능한 전지의 단락부분에 상당하므로, 재충전가능한 전지는, 의사단락 재충전가능한 전지라고 부를 수 있다. 이제, 상기 충전기로부터 충전전류 $I_c = I_b + I_r$ 이 흐른 경우, 해당 전지에 전류(I_b)가 흐르고, 해당 전지의 단락부로서의 저항기(r_p)에는 전류(I_r)가 흐른다. 여기서, 저항기가 병렬접속되어 있는 의사단락 재충전가능한 전지의 내부저항 R'가 상기 R 및 r_p 의 병렬조합된 저항, 즉, $R' = R \times r_p / (R + r_p)$ 로 저감되는 것으로 간주할 수 있다.

도 3b는, 도 3a에 있어서, 재충전가능한 전지로서 공칭용량 1300mAh, 직경 17mm, 높이 67mm인 시판의 리튬이온 재충전가능한 전지를 이용해서, 해당 리튬이온 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우에 있어서, 해당 리튬이온 재충전가능한 전지에 대해서 저항기(r_p)가 접속되어 있지 않은 경우, 해당 재충전가능한 전지에 22Ω의 저항기(r_p)가 접속되어 있는 경우 및 해당 재충전가능한 전지에 10Ω의 저항기(r_p)가 접속되어 있는 경우, 정전류 1A, 정전압 4.2V에서 해당 재충전가능한 전지를 충전한 때의 충전시간에 대한 전지전압(V)과 전지전류(A)의 변화의 곡선을 예시한 그래프이다.

도 3b에 있어서, 가로축은 충전시간을, 왼쪽상의 세로축은 충전전류값(A) 및 오른쪽상의 수직축은 전지전압(V)을 표시한다.

도 3b에 표시한 충전전류곡선으로부터, 이하의 사실이 얻어졌다. 재충전가능한 전지에 저항기가 접속되어 있지 않은 경우, 즉, 재충전가능한 전지가 단락되어 있지 않은 경우, 충전시간이 무한대로 되면, 충전전류가 0으로 된다. 재충전가능한 전지에 저항기가 접속되어 있는 경우, 즉, 재충전가능한 전지가 단락되어 있는 경우, 충전시간이 무한대로 되면, 충전전류는 0으로 되지 않고, 양의 값으로 된다.

특히, 도 3a에 있어서, 충전이 진행되어, 충전된 재충전가능한 전지의 개로전압이 정전압충전방식에 있어서 충전전압 V_{max} 에 도달한 후, 재충전가능한 전지에 충전전류가 흐르지 않는, 즉, $I_b = 0$ 으로 된다. 한편, 주어진 전류 $I_r = V_{max}/r_p$ 가, 저항기(r_p)에 여전히 계속 흐르는, 즉, $I_c = I_b + I_r = V_{max}/r_p$ 로 되게 된다. 따라서, 재충전가능한 전지의 개로전압이 충전전류 V_{max} 에 도달한 후에도, 충전기에 의해 출력된 충전전류 I_c 는, 영(0)으로 되지 않고 주어진 전류값으로 된다.

이와 별도로, 본 발명자들은, 정상의 재충전가능한 전지에 저항기(r_s)가 직렬접속되어 해당 재충전가능한 전지의 내부저항을 의도적으로 증대시키고, 해당 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식(해당 정전압충전방식에서의 충전전류의 추이가 관찰됨)으로 충전되는 전기회로모델을 이용해서 전기보유가능용량이 적지 않고 내부저항은 상당히 큰 재충전가능한 전지의 충전특성을 알기 위해 실험을 행하였다.

도 4a는, 내부저항 R을 지닌 정상의 재충전가능한 전지(단락되어 있지 않음)에 대해서 저항기(r_s)가 직렬접속으로 접속되고 해당 재충전가능한 전지에 충전기가 접속되어 있는 전기회로의 개략도이다. 동 도면에서 파선으로 둘러싸인 부분은, 재충전가능한 전지를 표시한다. 이 경우, 저항기(r_s)는 재충전가능한 전지의 내부저항의 증대된 크기에 상당한다.

도 4b는, 도 4a에 있어서, 재충전가능한 전지로서 공칭용량 1300mAh, 직경 17mm, 높이 67mm인 시판의 리튬이온 재충전가능한 전지를 이용해서, 해당 리튬이온 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우에 있어서, 해당 리튬이온 재충전가능한 전지에 대해서 저항기(r_s)가 접속되어 있지 않은 경우, 해당 재충전가능한 전지에 55Ω의 저항기(r_s)가 접속되어 있는 경우, 해당 재충전가능한 전지에 89Ω의 저항기(r_s)가 접속되어 있는 경우, 해당 재충전가능한 전지에 110Ω의 저항기(r_s)가 접속되어 있는 경우 및 해당 재충전가능한 전지에 150Ω의 저항기(r_p)가 접속되어 있는 경우, 정전류 1A, 정전압 4.2V에서 해당 재충전가능한 전지를 충전한 때의 충전시간에 대한 충전전류(A)의 변화의 곡선을 예시한 그래프이다.

도 4c는, 상기 5가지 경우에 대해 정전류 1A, 정전압 4.2V에서 해당 재충전가능한 전지를 충전한 때의 충전시간에 대한 전지전압(V)의 변화의 곡선을 예시한 그래프이다.

도 4b에 표시한 충전전류곡선으로부터, 이하의 사실이 얻어졌다. 충전전류곡선은, 재충전가능한 전지에 접속된 저항기의 저항값에 의존하는 일없이 소정의 전류값(이 전류값을, 이하, "충전전류곡선교차전류값"이라 칭할 경우도 있음)에서 교차한다. 보다 구체적으로는, 도 4b는, 저항기(r_s)가 소정의 전류값에 존재하지 않는 정상의 재충전가능한 전지의 충전전류곡선과 내부저항이 증대된 재충전가능한 전지의 충전전류곡선이 교차하는 것을 나타낸다.

여기서 충전전류곡선교차전류값은 정전류충전방식의 전류값의 1/2에 상당하는 0.5A이다. 그러나, 이 측정시의 오차를 고려하면, 정전류충전방식의 전류값의 0.4 내지 0.6배라고 말할 수 있다.

또한, 정전압충전방식에서의 충전시간에 대한 충전전류값의 충전을(감소율)은, 직렬접속된 저항값이 증가함에 따라 감소된다. 또, 저항기가 직렬접속되어 내부저항을 의도적으로 증대시킨 재충전가능한 전지에 대해서, 충전시간이 무한대로 되면, 충전전류는 0으로 수렴되어, 충전된 전기량이 저항기가 접속되어 있지 않은 정상의 재충전가능한 전지의 것과 거의 동일하게 된다.

즉, 정상의 재충전가능한 전지와 내부저항이 단독으로 증대되는 재충전가능한 전지의 각각이, 충전전류값이 0으로 될 때까지 충전된 경우, 전자의 충전전기량은 후자의 것과 거의 동일하게 된다.

이와 별도로, 도 4c로부터, 직렬접속된 저항값이 증대되면 주어진 전압에 이를 때까지의 시간, 즉, 정전류에서의 충전시간이 단축되어, 충전개시후의 초기단계에서, 정전류충전방식이 정전압충전방식으로 전환된다.

또, 도 4b에 있어서 충전시의 데이터에 의거한 충전전류곡선의 함수식과 충전전류곡선교차의 구체적인 위치를 얻기 위해, 상기 함수식에 따라, 계산을 행하여, 직렬접속된 저항기의 저항값에 의존하는 일없이 대략 동일한 지점에서 충전전류곡선이 교차하는지의 여부, 즉, 소정의 충전전류값에 이를 때까지의 충전시간이 어느 경우에 있어서도 동일하게 되는지의 여부, 그리고, 어떠한 전류값에서 언제 충전전류곡선이 교차하는지를 알 수 있었다.

특히, 한번에 충전시간에 대한 충전전류곡선의 함수식을 얻는 것은 곤란하므로, 하기 절차를 취하였다. 즉, 충전시간 t 에 대한 충전전기량 Q 의 관계 $Q(t)$ 의 각각의 곡선패턴과 측정값으로부터 적합화용의 함수식을 얻는다. 이어서, 충전시간에 대한 충전전기량의 함수에 시간-미분관계가 있고, 이 시간-미분결과와 측정값이 전류값간의 차이를 얻는다. 계속해서, 상기 차이의 곡선을 함수식으로 전환시킨다. 최종적으로, 저항기가 직렬접속되어 있는 재충전가능한 전지의 충전시간에 대한 충전전류의 곡선의 함수식을 얻는다.

구체적으로는, 저항기가 직렬접속되어 있는 재충전가능한 전지의 충전시간에 대한 충전량의 곡선의 함수식은, 후술하는 바와 같이 단계적으로 얻어졌다.

먼저, 정전류-정전압충전방식에서의 정전압충전방식의 시간에서 충전시간에 대한 충전전기량의 관계를 하기 관계식(4):

$$Q(t) = C_1 \times \{1 - \exp\{-C_2 \times (t - C_0)\}\} + C_3 \quad \text{--- (4)}$$

(식중, $C_1 \times C_2 = 1$ 임)로 표시할 수 있다.

다음에, 각종 저항기를 정상의 재충전가능한 전지에 개별적으로 직렬접속하고, 해당 재충전가능한 전지를 정전류-정전압충전방식으로 충전하고, 각각의 저항기에 대해서 충전시간에 대한 충전전기량의 실험데이터를 얻고, 얻어진 데이터의 곡선을 얻었다. 얻어진 곡선에 대해 곡선적합성을 실시하여, 상기 관계식(4)에 있어서의 C_0 , C_1 , C_2 및 C_3 과 직렬접속된 저항값간의 관계를 얻었다. 여기서, 상기 관계식(4)중의 $\exp\{\}$ 는 자연대수의 밑 e 의 승수 $\{\}$ 을 나타낸다.

계속해서, 전류값은, 전기량 Q 의 시간-미분 dQ/dt 에 의해 표현할 수 있으므로, 관계식(4)의 양쪽을 시간-미분하여 하기 관계식(5):

$$I_A(t) = \exp\{-C_2 \times (t - C_0)\} \quad \text{--- (5)}$$

를 얻었다.

다음에, 충전시간에 대한 충전전류값의 측정데이터와 관계식(5)를 비교해서, 차이 $\Delta I(t)$ 의 곡선을 얻었다. 곡선의 패턴으로부터, 상기 차이 $\Delta I(t)$ 는, 하기 관계식(6):

$$\Delta I(t) = C_5 \times \{(t - C_0)/C_4\}^{C_6} \times \exp[1 - \{(t - C_0)/C_4\}^{C_6}] \quad \text{--- (6)}$$

으로 표시할 수 있는 것으로 추정하면, 상기 관계식(6)에 있어서의 C_4 , C_5 및 C_6 과 직렬접속된 저항값간의 관계를 얻었다.

C_0 , C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 및 C_6 과 직렬접속된 저항값간의 얻어진 관계로부터, 충전시간에 대한 충전전류값의 관계는, 하기 관계식(7):

$$I(t) = I_A(t) + \Delta I(t) = \exp\{-C_2 \times (t - C_0)\} + C_5 \times \{(t - C_0)/C_4\}^{C_6} \times \exp[1 - \{(t - C_0)/C_4\}^{C_6}] \quad \text{--- (7)}$$

로 암호화하였다.

사실상, 공칭용량 1300mAh, 직경 17mm, 높이 67mm인 시판의 리튬이온 재충전가능한 전지에 각종 저항기를 개별적으로 직렬접속해서 해당 재충전가능한 전지의 내부저항을 증대시키고, 각 경우에 있어서의 재충전가능한 전지를 정전류-정전압충전방식으로 충전해서, 충전특성을 측정하여, 해당 내부저항값과 충전시간에 대한 충전전류곡선을 얻고, 얻어진 충전전류곡선은, 상기 절차에 따라 수학함수로 표현하였다. 그 결과, 저항값 r_s 에 대한 상기 관계식(7)에 있어서의 C_0 , C_2 , C_4 , C_5 및 C_6 의 각각의 관계를 하기 관계식으로 표현할 수 있었다:

$$C_0 = 2715.17 \times \exp(-0.0110319 \times r_s)$$

$$C_2 = 0.000525602 \times \exp(-0.0046066 \times r_s)$$

$$C_4 = 20.8542 \times r_s$$

$$C_5 = 0.163965$$

$$C_6 = 0.234332 \times \{\exp(0.00937306 \times r_s) - 1\} + 1$$

도 5a에 있어서, 저항기가 직렬접속된 재충전가능한 전지의 충전시간에 대한 충전전류값의 관계의 측정데이터를 원으로 표시하고, 상기 식으로부터 계산한 데이터를 실선으로 표시하였다. 도 5a로부터, 정전류충전방식이 정전압충전방식으로 전환되기 직전의 단계로부터 측정된 데이터와 아주 잘 일치하는 충전전류에 관한 식이 얻어질 수 있는 것을 알 수 있다. 도 5a에 있어서, 정전류충전방식에 있어서의 정전류값의 직선부분은 충전전류곡선(실선)이 정확하게 반영되어 있지 않고, 즉, 충전전류가 일정한 때의 시간(정전류충전방식의 시간)의 보상이 필요하다.

따라서, 정전류충전방식의 시간의 보상은 하기와 같이 행하였다.

정상의 재충전가능한 전지(i)와 저항기가 직렬접속되어 있는 정상의 재충전가능한 전지(ii)의 각각을 정전류-정전압 충전방식으로 충전한 경우, 재충전가능한 전지(i)의 총 충전전기량은 재충전가능한 전지(ii)의 것과 실질적으로 동일해야 한다.

이와 관련해서, 정상의 재충전가능한 전지(i)와 검사대상 재충전가능한 전지(ii)(저항기가 직렬접속되어 있는 정상의 재충전가능한 전지로 이루어져 있음)에 대해서, 정상의 재충전가능한 전지(i)의 충전전류값이 0이 될 때까지의 충전전기량, 즉, 재충전가능한 전지(i)의 함수식(7)의 시간관련 적분치가 재충전가능한 전지(ii)의 것과 동일하게 되도록 저항값 r_s 가 접속된 재충전가능한 전지(ii)의 함수식(7)을 보상하기 위해 시간축에 관한 전환크기(전환시간), 즉, 재충전가능한 전지(i) 및 재충전가능한 전지(ii)에 있어서의 각 정전압충전방식의 개시시간간의 차를 산출하였다. 이어서, 저항값 r_s 가 접속된 재충전가능한 전지(ii)의 함수식(7)에 의거한 함수식(7') [전환크기(전환시간)가 보상됨]을 얻고, 재충전가능한 전지(i)의 함수식(7)의 전류값이 재충전가능한 전지(ii)의 함수식(7')의 전류값과 동일하게 되는 전류치를 얻었다.

도 5b는, 저항값($r_s = 0$)에 대한 재충전가능한 전지(i)의 충전전류곡선과 가변저항값(r_s)에 대한 재충전가능한 전지(ii)의 충전전류곡선간의 교점에서 플롯한 전류값의 그래프이다.

여기서, 정전압충전방식의 충전전류곡선의 수학적식으로부터도, 저항기의 저항값에 의존하는 일 없이, 충전전류곡선이 정전류충전방식에서의 전류값(1A)의 약 1/2에 상당하는 전류값 0.5A에서 교차하는 것이 확인되었다.

이제, 전지용량의 저감이 없는 재충전가능한 전지의 경우, 재충전가능한 전지가 충전전류값이 실질적으로 0으로 될 때까지 정전류-정전압충전방식으로 충전된 때의 보유전기량은, 내부저항의 증가에도 불구하고 항상 동일하게 된다.

또한, 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량의 D배(D 는 $0 < D \leq 1$ 의 상수임)를 지닌 검사대상 재충전가능한 전지의 경우, 본 발명자들은, 정전류-정전압충전방식으로 충전시의 충전횟수에 대한 충전전류값을 플롯한 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선이 정상의 재충전가능한 전지의 충전전류곡선이 시간축 방향으로 D배로 되는 곡선과 실질적으로 일치한다는 것을 실험을 통해서 알게 되었다.

이러한 지견에 의거해서, 내부저항이 증대되고, 전기보유가능용량이 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 것보다도 D배 감소된 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 정전류-정전압충전방식으로 충전시의 충전횟수에 대한 충전전류값을 플롯해서 시간축방향으로 1/D배한 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선은, 소정의 충전전류값에서 정전압충전방식에 있어서의 정상의 재충전가능한 전지의 충전전류곡선이 교차하며, 1/D배한 충전전류곡선으로부터 얻어진 검사대상 재충전가능한 전지의 보유전기량은, 정상의 재충전가능한 전지의 것과 동일하게 된다고 하는 지견도 얻었다. 이들 관계로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량에 있어서의 감소비 D를 얻을 수 있다.

본 발명에 있어서의 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법의 제 1의 특징은, 하기의 점에 있다.

즉, 단락되어 있지 않은 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전되면, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량이, 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 것의 D배의 크기로서 감소하고[여기서, D 는 $0 < D \leq 1$ 의 상수임]; 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 충전방식을 정전류 I_0 -충전방식으로부터 정전압 $V_{\max}$ -충전방식으로 전환한 시간 이래로 주어진 전류값 I_M 에 도달할 때까지의 시간을 t_M' , 정전압 $V_{\max}$ 에서의 충전방식으로 충전된 총 전기량을 Q_{cv}' 라 하고; 정상의 재충전가능한 전지에 대해서, 상기 시간을 t_M , 상기 총 전기량을 Q_{cv} 라 할 경우, 하기 관계식(1):

$$D = (Q_{cv}' - I_0 \times t_M') / (Q_{cv} - I_0 \times t_M) \text{ -----(1)}$$

로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량이 정상의 재충전가능한 전지의 것의 D배인 것으로 판정한다.

따라서, 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량을 C라 하면, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유용량을 $C' = C \times D$ 로 산출하는 것이 가능하다.

정전류충전방식의 충전전류값을 I_0 이라 하면, 상기 주어진 전류값 I_M 은, 바람직하게는, $0.4 \times I_0 \leq I_M \leq 0.6 \times I_0$ 의 범위, 보다 바람직하게는, $I_M = 0.5 \times I_0$ 의 범위인 것이 요망된다.

본 발명의 검출방법의 제 2특징은 하기의 점에 있다.

즉, 대응하는 정상 of 재충전가능한 전지의 D배의 전기보유가능용량을 지닌 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 충전방식을 정전류값 I_0 에서부터 정전압 $V_{\max}$ 로 전환시의 전지의 보유전기량을 Q_0' 라 하고, 상기 정전압충전으로서의 전환시각이래로 주어진 전류값 I_M 에 이를 때까지의 시간을 t_M' 라 하고, 정상 of 재충전가능한 전지에 대해서, 상기 보유전기량을 Q_0 이라 하고, 상기 시간을 t_M 이라 할 경우;

$Q_0''(Q_0' = Q_0'/D)$ 는 하기 식(2):

$$Q_0'' = Q_0 - I_0 \times (t_M'/D - t_M) \text{ ----(2);}$$

로부터 얻어지고, 정상 of 재충전가능한 전지의 보유전기량 Q 와 개로전압 V_{oc} 와의 관계식 $V_{oc}(Q)$ 로부터, 그리고, 정전류 I_0 에서의 충전방식에서의 정상 of 재충전가능한 전지의 내부저항 R_{I0} 과 상기 보유전기량 Q 와의 관계식 $R_{I0}(Q)$ 로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 보유전기량이 Q_0'' 일 경우의 정상 of 재충전가능한 전지의 개로전압 및 내부저항이 각각 $V_{oc}(Q_0'')$ 및 $R_{I0}(Q_0'')$ 이고, 보유전기량 Q_0'' 을 지닌 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항이 $R_{I0}'(Q_0'')$ 라면; 하기 관계식(3):

$$R_{I0}'(Q_0'')/R_{I0}(Q_0'') = \{V_{\max} - V_{oc}(Q'')\} / \{I_0(Q_0'') \times R_{I0}(Q_0'')\} \text{ ---(3)}$$

으로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항에 관한 내부정보가 검출된다.

상기 정상 of 재충전가능한 전지의 보유전기량 Q 에 대한 개로전압 V_{oc} 의 상기 관계식 $V_{oc}(Q)$ 와 상기 정상 of 재충전가능한 전지의 보유전기량 Q 에 대한 내부저항 R_{I0} 의 관계식 $R_{I0}(Q)$ 는, 정상 of 재충전가능한 전지의 미리 측정된 데이터, 상기 데이터로부터 얻어진 관계식 또는 컴퓨터에 의한 시뮬레이션에 의해 상기 측정된 데이터에 의거해서 얻어진 관계식으로부터 얻어진다.

상기 $R_{I0}(Q)$ 는, 정전류 I_0 에서의 충전방식에서의 정상 of 재충전가능한 전지의 내부저항을 $R_{I0}(Q)$, 정상 of 재충전가능한 전지의 전지전압과 개로전압을 각각 $V_{I0}(Q)$ 및 $V_{oc}(Q)$ 라 하면 하기 관계식으로부터 산출할 수 있다:

$$R_{I0}(Q) = \{V_{I0}(Q) - V_{oc}(Q)\} / I_0.$$

이제, 정상 of 재충전가능한 전지에 관해서 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항의 증가된 크기도, 전술한 식(7)을 이용해서 얻을 수도 있다. 특히, 정전압충전방식에서의 충전전류값의 전류곡선을, 시간축방향으로 $1/D$ 배함으로 썬(이것은 보존전기량에 상당하는 크기가 보상됨을 의미함), 상기 식(7)과 일치하는 저항값 r_s 로서 증가된 저항크기를 얻을 수 있다.

또, 본 발명의 검출방법은 하기의 점에 있어서의 특징도 지닌다. 즉, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량이 정상 of 재충전가능한 전지의 D배인 것으로 판정되면, 정상 of 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 C_N , 방전전류 i 및 온도 T 에 의해 결정된 보정계수 $f(i, T)$ 로부터, 정상 of 재충전가능한 전지의 총 방전전기량 C_d 를 $C_d = C_N \times f(i, T)$ 라 표현가능하고, 검사대상 재충전가능한 전지의 총 방전전기량 C_d' 를 $C_d' = D \times C_N \times f(i, T)$ 라 표현가능한 것으로 가정하여, 검사대상 재충전가능한 전지를 전원으로 사용 하는 기기에 대해서, 해당 기기의 평균소비전류를 i , 해당 기기의 평균소비전력을 p , 검사대상 재충전가능한 전지의 평균전지전압을 V_m 이라 하면, 해당 기기의 잔존활성기간 h 는, 식 $h = (D \times C_d')/i$ 또는 $h = (V_m \times D \times C_d')/p$ 에 의해 산출된다. 또, 상기 기기의 잔존활성기간 h 는, 내부저항의 증가에 관한 상기 정보로부터 결정된 보정계수 r 을 사용하는 하기 식에 따라 보다 정확하게 산출될 수 있다:

$$h = (1/r) \times (D \times C_d')/i \text{ 또는 } h = (1/r) \times (V_m \times D \times C_d')/p.$$

충전전류 i 및 온도 T 에 의해 결정된 상기 보정계수 $f(i, T)$ 에 있어서, 정상 of 재충전가능한 전지를 이용해서 얻어진 미리 측정된 데이터, 상기 데이터에 의거해서 얻어진 함수식, 컴퓨터에 의한 시뮬레이션에 의해 얻어진 충전특성에 대한 데이터 혹은 함수식을 선택적으로 사용할 수 있다.

본 발명에 있어서 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법은, 정전류-정전압충전방식에 의해 충전된 각종 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 데 적용할 수 있다. 이러한 재충전가능한 전지의 대표적인 구체예로서는, 리튬의 산화환원반응을 이용하는 상기 재충전가능한 리튬전지(리튬이온 재충전가능한 전지를 포함함)를 들 수 있으나, 이것으로 한정되는 것은 아니다.

본 발명은, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 본 발명의 상기 검출방법이 적용되는 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 프로그램을 포함한다.

본 발명은, 또한, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 본 발명의 상기 검출방법이 적용되는 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치도 포함한다. 보다 구체적으로는, 본 발명의 검출장치는, 적어도, 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 충전전류값 I 를 측정하는 수단; 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 $V_{\max}$ 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 시간(t)을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주

어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M')을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} '를 측정하는 수단; 검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서의 대응하는 정상에 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 정상에 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(또는 공칭용량) C_N 과 해당 정상에 재충전가능한 전지의 내부정보(해당 내부정보는, 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M)과 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} 를 포함함)가 기억되어 있는 기억수단; 및 상기 기억수단에 기억되어 있는 정상에 재충전가능한 전지의 상기 C_N , t_M 및 Q_{CV} 및 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 t_M' 및 Q_{CV}' 로부터 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(C_N')을 계산하는 산술수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

본 발명은, 또, 1개 이상의 재충전가능한 전지유닛, 재충전가능한 전지의 충전기, 전원으로서는 재충전가능한 전지를 이용하는 기기 및 재충전가능한 전지를 검사하는 검사장비를 구비한 전지팩을 포함하고, 이들 각각에 있어서, 상기 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 본 발명의 상기 검출방법이 적용되는 것을 특징으로 한다.

상기 전지팩에 있어서, 전지팩이 접속된 기기에 재충전가능한 전지의 내부정보를 전송함으로써, 해당 기기의 성능을 최대값으로 활용할 수 있고, 상기 기기의 동작이 갑자기 중지하는 것을 방지할 수 있다. 충전기에 있어서, 충전시의 재충전가능한 전지의 성능저하를 확실히 파악할 수 있다. 전원으로서는 재충전가능한 전지를 이용하는 기기에 있어서, 재충전가능한 전지의 실제 사용가능용량(현재 잔존전기량)을 고정확도로 검출할 수 있고, 따라서, 전원의 제어용이하게 수행할 수 있어 기기의 동작시간을 연장시킬 수 있다. 상기 검사장비에 있어서, 재충전가능한 전지가 양품인지 불량인지의 여부의 품질제어검사를 출하전에 확실하게 행할 수 있다.

또한, 본 발명자들은, 정전압충전시에 내부저항만이 증가된 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선이 소정의 전류값이 전류값은 상기 "충전전류곡선교차전류값"에 상당함)에서 검사대상 재충전가능한 전지용의 참조표준으로서의 대응하는 정상에 재충전가능한 전지의 충전전류곡선과 교차하는 현상이 일반적으로 유효한지의 여부를 확인하기 위해 실험을 행한 결과, 상이한 종류의 다수의 리튬이온 재충전가능한 전지에 있어서, 정전압충전시의 각각의 충전전류곡선이, 정전류충전방식에 있어서의 전류값의 1/2의 값에 상당하는 소정의 전류값에서의 대응하는 정상에 재충전가능한 전지의 충전전류곡선과 실질적으로 교차하는 것을 확인하였다. 따라서, 정전류충전방식에서의 전류값의 1/2인 이 값은 일반적으로 유효하다고 말할 수 있다. 여기서, 측정시의 오차를 고려해서, 충전전류곡선교차전류값이, 정전류충전방식에 있어서의 정상에 재충전가능한 전지의 전류값의 0.4 내지 0.6배의 값에 상당하는 허용오차를 지니도록 함으로써 고려하는 것이 적당하다. 보다 구체적으로는, 재충전가능한 전지의 종류에 특히 의존하는 충전전류곡선교차전류값이 실험을 통한 논의에 의해 용이하게 얻어질 수 있으므로, 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선교차전류값이 상기 1/2값으로부터 떨어진 값일 필요가 있을 경우에도, 본 발명(후술함)을 적용할 수 있다. 또, 정전압충전시의 충전전류곡선이 소정의 전류값에서 실질적으로 교차하지 않을 경우가 있더라도, 근사한 충전전류곡선교차전류값을 구할 수 있는 한, 본 발명(후술함)을 적용할 수 있다. 이 경우, 후술하는 청구범위에 기재된 "소정의 전류값 I_M "은 근사하게 구해진 충전전류곡선교점의 전류값에 상당한다.

이하, 본 발명을 도면을 참조해서 상세히 설명한다.

본 발명의 검출방법의 바람직한 대표적인 실시형태에 있어서, 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보(예를 들면, 전기보유가능용량에 관한 것)는, 후술하는 바와 같은 현상을 이용함으로써 검출된다.

(1) 검사대상 재충전가능한 전지가 내부저항만이 증가된 검사대상 재충전가능한 전지인 경우, 충전시간이 충전전류값이 0에 근사하게 될 정도로 연장되면, 검사대상 재충전가능한 전지의 완전충전전기량은, 정상에 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식에 의해 충전된 경우 대응하는 정상에 재충전가능한 전지의 완전충전전기량과 거의 동일하게 된다.

보다 구체적으로는, 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량은, 100%의 방전깊이로부터 완전충전까지 충전된 전기량에 상당하며, 충전전류곡선과 충전시간으로 둘러싸인 면적과 동일하다. 따라서, 검사대상 재충전가능한 전지(내부저항만이 증가됨)에서의 충전전류곡선과 충전시간에 의해 둘러싸인 면적은, 정상에 재충전가능한 전지에 있어서의 것과 실질적으로 동일하게 된다.

(2) 정전압충전방식에서의 검사대상 재충전가능한 전지(내부저항만이 증가됨)의 충전전류곡선은, 정상에 재충전가능한 전지의 정전류충전방식의 전류값의 소정의 전류값(해당 소정의 전류값은 예를 들면, 상기 전류값의 1/2임)에서 정전압충전방식에서의 정상에 재충전가능한 전지의 충전전압곡선과 교차한다.

(3) 검사대상 재충전가능한 전지가, 전기보유가능용량(보유가능전기량)이 대응하는 정상에 재충전가능한 전지(b)의 D배정도로 열화되어 있는 검사대상 재충전가능한 전지(a)인 경우, 정전류-정전압(CCCV)충전시의 검사대상 재충전가능한 전지(a)의 충전전류곡선이 충전시간축방향으로 1/D배인 경우[예를 들면, 도 2 참조], 정전류-정전압충전방식에서의 검사대상 재충전가능한 전지(a')(내부저항만이 증가됨)의 충전전류곡선을 얻을 수 있다.

보다 구체적으로는, 전기보유가능용량이 검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서의 대응하는 정상에 재충전가능한 전지(b)의 D배정도로 열화되어 있는 검사대상 재충전가능한 전지(a)인 경우, 정전류-정전압(CCCV)충전시의 충전전류곡선과 충전시간으로 둘러싸인 검사대상 재충전가능한 전지(a)의 면적(이 면적은, 이하, "충전전류곡선-충전시간면적"이라 칭함)이 정상에 재충전가능한 전지(b)의 것의 D배로 된다. 이것은, 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선-충전시간면적이 1/D배인 경우, 얻어진 면적은, 정상에 재충전가능한 전지뿐만 아니라 내부저항만이 증대된 검사대상 재충전가능한 전지(a')에 있어서도 정전류곡선-충전시간면적과 동일해진다.

즉, 상기 설명한 바와 같이, 전기보유가능용량(보유가능전기량)이 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 D배정도로 열화되고 내부저항이 증가된 검사대상 재충전가능한 전지의 경우, 정전류-정전압(CCCV)충전시의 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선이 충전시간축방향으로 1/D배되면, 정전류-정전압(CCCV)충전시 내부저항만이 증가하는 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선을 얻을 수 있다.

이하, 본 발명의 검출방법의 바람직한 실시형태에 대해서 첨부도면을 참조해서 설명한다.

도 1은, 상기 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전되는 동안 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하기 위한 본 발명의 검출방법의 일 실시형태예를 예시한 순서도이다.

도 1을 참조해서 본 발명의 검출방법에 대해서 설명한다.

검출개시로서, 스텝 1에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는지의 여부를 판정한다. 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는 것으로 판정되면, 필요에 따라, 해당 검사대상 재충전가능한 전지가 단락된 사실을 경고한다(스텝 2).

검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있지 않을 경우, 정전류-정전압충전방식(CCCV충전방식)으로 검사대상 재충전가능한 전지의 충전을 개시한다(스텝 3). 특히, 정전류충전방식으로 검사대상 재충전가능한 전지의 충전을 개시한다(스텝 4).

필요하다면, 스텝 1은 그냥 넘어가도 된다. 그러나, 그 경우, 일반적으로 검사대상 재충전가능한 전지가 적어도 정전류충전중이나 정전류충전종료후에 단락되어 있는지의 여부를 판정하는 판정공정을 지닐 필요가 있다. 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있지 않은 것을 미리 알고 있을 경우에는, 상기 판정공정을 지닐 필요는 없다.

스텝 5 및 스텝 6에 있어서는, 전지전압이 주어진 전압에 도달한 때에, 정전충전방식을 정전압충전방식으로 전환하고, 충전전류값과 충전시간을 측정한다(스텝 7).

스텝 8 및 스텝 9에 있어서, 충전종료조건이 만족되면, 정전압충전을 종료한다. 검사대상 재충전가능한 전지가 스텝 8과 스텝 9사이, 혹은 스텝 9와 스텝 10사이에서 단락되어 있는지의 여부를 판정하는 판정공정을 지니는 것도 가능하다.

스텝 12에서는, 스텝 7에서 측정한 충전전류값과 충전시간으로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전기량을 계산하고, 스텝 13에서, 충전전류값이 주어진 전류값으로 된 시각을 기억한다. 상기 충전전기량과 상기 시간을, 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 미리 획득한 내부정보, 즉, 스텝 10에서 상기 정전압충전방식으로의 전환시각으로부터 충전전류값이 주어진 전류값으로 될 때까지의 시간과 함께 이용해서, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있지 않을 경우, 상기 식(1)에 따라, 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 또는 상기 정상의 재충전가능한 전지의 것에 대한 상기 전기보유가능용량의 용량비 D를 산출한다.

스텝 10에서의 결과로부터 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항, 정상의 재충전가능한 전지에 대해서 충전전기량 Q에 대한 개로전압 V_{oc} 의 미리 획득한 관계 $V_{oc}(Q)$ 와 상기 식(3)에 관한 정보를 얻고자 할 경우, 스텝 11에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항 또는 정상의 재충전가능한 전지의 내부저항에 대한 상기 내부저항의 내부저항비를 얻는다.

도 1에 표시한 본 발명의 검출방법의 바람직한 실시형태예의 주요 특징은, 스텝 7과, 스텝 7에 연속된 스텝 12 및 스텝 13, 그리고, 스텝 13에 연속된 스텝 10에 있고, 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우, 정전류 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 V_{max} 에서의 정전압충전방식으로 전환된 시각으로부터 충전전류가 주어진 전류값 I_M 으로 될 때까지의 시간 t_M' 를 측정하고, 정전압 V_{max} 에서 충전된 총 전기량 Q_{CV}' 를 측정하거나 산출하고; 상기 시간 t_M' 와 상기 충전전기량 Q_{CV}' 를, 정상의 재충전가능한 전지의 미리 획득한 내부정보, 즉, 정전압충전방식으로의 전환시각으로부터 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 에 이를 때까지의 시간 t_M , 정전류충전방식에서 충전된 총 전기량 Q_{CV} 및 전기보유가능용량(공칭용량) 및 상기 식(1)에 따라 계산한 D와 함께, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량을 계산한다.

이와 같이 해서, 본 발명의 검출방법에 의하면, 검사대상 재충전가능한 전지를 충전하기 전에 검사대상 재충전가능한 전지의 보유전기량에 관한 정보를 지니는 일없이, 그의 전기보유가능용량에 관한 정보를 용이하게 얻을 수 있다.

이하, 도 2를 이용해서, 충전전류값이 주어진 전류값으로 된 때의 시간과, 정전압충전방식에서의 충전된 전기량으로부터, 그리고, 상기 식(1)로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 혹은 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량에 대한 상기 전기보유가능용량의 비를 얻는다.

도 2는, 단락되어 있지 않고 내부저항의 증가 및 전기보유가능용량의 감소가 없는 정상의 재충전가능한 전지(a)와, 내부저항이 증가되고, 전기보유가능용량이 정상의 재충전가능한 전지의 것의 D배인 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 각각을 정전류-정전압충전방식(방전깊이 100%로부터, 정전류값 I_0 에서 충전을 개시하고, 전지전압이 주어진 전압 V_{max} 에 이른 후, 종료시까지 정전압 V_{max} 에서 충전을 행함)을 충전한 경우, 해당 전지(a) 및 (b)에 대해서 충전시간에 대한 충전전류값을 플롯한 그래프이다.

도 2에 있어서, t_0 및 Q_0 는 정상의 재충전가능한 전지(a)의 것이고, 여기서, t_0 는, 충전의 개시시간으로부터 정전압 충전방식으로의 전환시까지의 경과시간이고, Q_0 는 상기 시간 t_0 까지 보유된 전기량이고; t_0' 및 Q_0' 는 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 것이고, 여기서, t_0' 는, 충전의 개시시간으로부터 정전압충전방식으로의 전환시까지의 경과시간이고, Q_0' 는 상기 시간 t_0' 까지 보유된 전기량이다.

이제, 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 정전류곡선이 충전시간축방향으로 $1/D$ 배되어, 내부저항만이 증가되고 전기보유가능용량이 실질적으로 정상의 재충전가능한 전지(a)의 것과 동일한 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 충전 전류곡선에 대응하는 충전전류곡선으로 될 경우, $t_0'/D(= t_0'')$ 및 $Q_0'/D(= Q_0'')$ 는 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 것이고, 여기서, t_0'' 는 충전의 개시시간으로부터 정전압충전방식으로의 전환시까지의 경과시간이고, Q_0'' 는 상기 시간 t_0'' 까지 보유된 전기량이다.

여기서, 정전압충전방식에서의 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 충전전류곡선이 충전전류값 I_M 에서의 정상의 재충전가능한 전지(a)의 것과 교차한다(도 2참조). 이 때, 정상의 재충전가능한 전지(a)에 대해서 정전류충전방식이 정전압충전방식으로 전환된 시각으로부터 정전류가 전류값 I_M 으로 된 시각까지의 시간이 t_M 으로 되면, 검사대상 재충전가능한 전지(b)에 대해서는 t_M' 으로 되고, 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대해서는 $t_M'/D(= t_M'')$ 로 된다.

도 2에 있어서, 정상의 재충전가능한 전지(a)에 대해서 정전류가 0으로 될 때까지의 보유전기량이 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대한 것과 동일하므로, 정상의 재충전가능한 전지(a) 및 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 각각에 대해서 충전전류가 시간($= t_0 + t_M$)동안 전류값 I_M 으로 될 때까지의 충전전기량간의 차는, 검사대상 재충전가능한 전지(b') 및 정상의 재충전가능한 전지(a)의 각각에 대해서 충전전류값이 I_M 으로부터 0으로 될 때까지의 충전전기량간의 차와 동일하다.

여기서 충전전기량(= 충방전효율이 100%일 때의 보유전기량)은, 충전전류값을 충전시간으로 적분해서 얻어진 값이다.

이제, 정상의 재충전가능한 전지(a), 검사대상 재충전가능한 전지(b) 및 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대해서 정전압충전방식에 있어서의 충전전기량이 각각 Q_{CV} , Q_{CV}' 및 Q_{CV}'' 이면, 그 관계를 이러한 식 $I_0 \times (t_0 - t_0'/D) + Q_{CV} = Q_{CV}'$, $(t_0 - t_0'/D) = (t_M'/D - t_M)$, $Q_{CV}'' = Q_{CV}'/D$ 및 $I_0 \times (t_M'/D - t_M) + Q_{CV} = Q_{CV}'/D$ 로서 표현하는 것이 가능하다.

상기 식으로부터, 하기 식(1):

$$D = (Q_{cv}' - I_0 \times t_M') / (Q_{cv} - I_0 \times t_M) \text{ -----(1)}$$

로 표시되는 관계를 얻을 수 있다:

이와 같이 해서, 정전압충전방식으로의 전환시각으로부터 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 될 때까지의 시간 t_M , 정전압충전방식에 의해 충전한 충전전기량 Q_{CV} 및 전기보유가능용량(또는 공칭용량)에 관한, 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 미리 획득한 데이터를 소유하고, 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 정전압충전방식으로의 전환시각으로부터 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 될 때까지의 시간 t_M' 및 정전압충전방식에 의해 충전한 충전전기량 Q_{CV}' 를 얻음으로써, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있지 않은 경우, 상기 식(1)에 따라 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량을 계산할 수 있다.

상기 주어진 전류값 I_M 은, 정전류충전방식에서의 전류값 I_0 의 0.5배인 것이 바람직하다($I_M = 0.5 \times I_0$). 그러나, 측정 오차를 고려하면, 정전류충전방식에서의 전류치 I_0 의 0.4 내지 0.6배의 범위가 바람직하다($0.4 \times I_0 \leq I_M \leq 0.6 \times I_0$).

그러나, 전술한 바와 같이, 재충전가능한 전지의 종류에 특히 의존하는 충전전류곡선교차전류값 I_M 은, 상기 I_M 이 특정 범위내에 들어가지 않더라도 실험을 통한 논의에 의해 용이하게 얻어질 수 있으므로, 본 발명을 적용할 수 있다.

또, 정전압충전시의 충전전류곡선이 소정의 전류값에서 실질적으로 교차하지 않을 경우가 있다고 하더라도, 근사 충전전류곡선교차전류값을 구할 수 있을 경우, 전류값 I_M 으로서 근사 충전전류곡선교차전류를 참조함으로써 본 발명을 적용할 수 있다.

상기 절차에서 얻어진 t_M 및 t_M' 의 관계로부터, 하기 설명한 바와 같이 용이하게 판정하는 것이 가능하다:

(i) $(t_M' - t_M) > a > 0$ 인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 대응하는 정상의 재충전가능한 전지보다도 내부저항이 큼 및

(ii) $(t_M - t_M') > b > 0$ 인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 대응하는 정상의 재충전가능한 전지보다도 전기보유가능용량이 적음.

상기에서, a 및 b는 각각 재충전가능한 전지의 종류에 의해 결정된 상수이다.

또, 검사대상 재충전가능한 전지와 대응하는 정상의 재충전가능한 전지간에 $-b \leq (t_M' - t_M) \leq a$ 의 관계가 존재하면, 검사대상 재충전가능한 전지는 허용가능한 제품편차범위내에 있어 정상의 재충전가능한 전지에 속하는 것으로 판정할 수 있다.

이와 별도로, 상기 절차에 의해 얻어진 Q_{CV} 및 Q_{CV}' 의 관계로부터, 하기와 같이 판정하는 것이 가능하다:

(iii) $(Q_{CV}' - Q_{CV}) > c > 0$ 인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 정상의 재충전가능한 전지보다도 내부저항이 큼 및

(vi) $(Q_{CV} - Q_{CV}') > d > 0$ 인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 정상의 재충전가능한 전지보다도 전기보유가능용량이 적음.

상기에서, c 및 d는 재충전가능한 전지의 종류에 의해 결정된 상수이다.

또한, 검사대상 재충전가능한 전지와 대응하는 정상의 재충전가능한 전지간에 $-d \leq (Q_{CV}' - Q_{CV}) \leq c$ 의 관계가 존재하면, 검사대상 재충전가능한 전지는 허용가능한 제품편차범위내에 있어 정상의 재충전가능한 전지에 속하는 것으로 판정할 수 있다.

그러나, 엄밀한 의미에서, 내부저항이 증가하고 전기보유가능용량이 감소한 검사대상 재충전가능한 전지의 경우, $-b \leq (t_M' - t_M) \leq a$ 및/또는 $-d \leq (Q_{CV}' - Q_{CV}) \leq c$ 를 만족할 경우가 있다. 이러한 경우, 비정상이라고 판정되어야 할 검사대상 재충전가능한 전지가 정상의 재충전가능한 전지에 속하는 것으로 판정될 경우의 발생을 방지하기 위해, 특별한 고려를 행할 필요가 있다. 예를 들면, 상기 식(3)으로부터 얻어진 $R_{I0}'(Q_0'')/R_{I0}(Q_0'')$ 가 주어진 값 k보다도 적고, $-b \leq (t_M' - t_M) \leq a$ 및/또는 $-d \leq (Q_{CV}' - Q_{CV}) \leq c$ 를 만족할 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 정상인 것으로 판정한다. 이 방법에 의하면, 보다 정확한 판정이 가능하다.

검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는 지의 여부의 판정

본 발명의 검출방법에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서 충전전기량을 얻는 것이 가능하도록, 상기 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있지 않을 필요가 있다. 이 점에 대해서, 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전되면, 검사대상 재충전가능한 전지가, 정전류충전방식이 정전압충전방식으로 전환되기 전에 단락되어 있지 않은 것을 확인하는 것이 바람직하다. 그러나, 검사대상 재충전가능한 전지에 대한 단락여부의 판정은 정전류충전후에 행해도 된다.

또, 정전압충전영역에서 충전시간에 대해 충전전류값의 변화 $\Delta I/\Delta t$ 의 추이로부터, 충전시간이 무제한적으로 외삽된 경우에도, 충전전류가 0으로 되지 않고 양의 값을 취할 경우, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는 것으로 판정하여, 검사대상 재충전가능한 전지의 정확한 전기보유가능용량을 얻는 것이 곤란해지게 된다.

검사대상 재충전가능한 전지가 충전되는 일없이 정지상태로 유지되거나 검사대상 재충전가능한 전지가 충전동작 혹은 방전동작중일 경우, 어느 경우에 있어서도 그 내부상태를 검출함으로써 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는 지의 여부를 판정하는 것이 가능하다.

상기 내부상태로서는, 예를 들면, 전지가 중지된 경우 개로전압의 변화크기, 정전류충전방식에 있어서의 전지의 전지전압의 증가율, 정전압충전방식에 있어서의 전지의 정전류값의 감소율 및 방전시 전지의 전지전압의 감소율을 들 수 있다.

특히, 검사대상 재충전가능한 전지가 충전되는 일없이 정지상태에 있을 경우, 개로전압의 시간경과에 따른 감소가 존재하면, 검사대상 재충전가능한 전지는 단락되어 있는 것으로 판정될 수 있다.

검사대상 재충전가능한 전지가 정전류충전중에 있을 경우, 전지전압 혹은 개로전압의 증가율이 대응하는 정상의 재충전가능한 전지보다도 적다면, 검사대상 재충전가능한 전지는 단락되어 있는 것으로 판정할 수 있다.

정전압충전방식에 있어서의 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류값의 감소율이 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 것보다도 적을 경우, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있을 가능성이 있는 것으로 판정할 수 있다.

이 경우, 충전시간을 무한대로 방치함으로써, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항이 증가되거나, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는 지의 여부를 판정하는 것이 가능하다.

검사대상 재충전가능한 전지가 정전류방전중에 있을 경우, 전지전압 혹은 개로전압의 감소율이 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 것보다도 크다면, 검사대상 재충전가능한 전지는 단락되어 있는 것으로 판정할 수 있다.

이제, 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식의 정전류충전영역에서 단락되어 있는지의 여부의 판정은 하기 설명하는 바와 같이 행해진다.

검사대상 재충전가능한 전지의 충전깊이가 100%인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지의 경우에 있어서 정전류충전개시로부터 정전압충전으로의 전환시까지의 시간이 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 것보다도 길면, 검사대상 재충전가능한 전지는 단락되어 있는 것으로 판정한다.

충전깊이를 알 수 없는 검사대상 재충전가능한 전지의 경우, 정전류값 I_0 에서의 충전으로부터 정전압 V_{max} 에서의 충전으로의 전환시간에 의거해서, 상기 전환시간전의 단계의 t_{cc} 시간에서 전지전압 V_{cc} 의 시간(t)당의 증가율 $V_{cc}/\Delta t$ 에 대해서(정전류충전방식에 있어서), 검사대상 재충전가능한 전지의 증가율 $\Delta V_{cc}/\Delta t$ 를 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 것과 비교해서, 전자가 후자보다도 적을 경우에는, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는 것으로 판정할 수 있다.

이 때, 검사대상 재충전가능한 전지의 증가율 $\Delta V_{cc}/\Delta t$ 이 정상의 재충전가능한 전지의 것보다도 큰 경우에는, 정상의 재충전가능한 전지에 비해서, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항이 증가한 것으로, 또는, 그의 전기보유가능용량이 감소된 것으로 혹은 그의 내부저항이 증가되고 그의 전기보유가능용량이 감소된 것으로 판정할 수 있다.

그 밖에, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는지의 여부의 판정은, 하기 설명하는 바와 같이 간단한 방법에 의해 행해진다.

충전종료직전 정전압충전시의 충전전류값이 정전류충전시의 충전전류값의 0.3배미만이면, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는 것으로 판정할 수 있다.

이와 별도로, 정전압충전영역에서의 충전시간에 대해서 충전전류값의 변화 $\Delta I/\Delta t$ 가 양의 값으로 되면, 검사대상 재충전가능한 전지는 단락되어 있는 것으로 판정할 수 있다.

그 밖에, 정전류충전방식에서의 충전시간에 대해서 전지전압값의 변화 $\Delta V/\Delta t$ 가 음의 값으로 되면, 검사대상 재충전가능한 전지는 단락되어 있는 것으로 판정할 수 있다.

충전종료조건:

정전류-정전압충전방식에 의한 재충전가능한 전지의 충전은, 일반적으로 정전압충전방식의 충전전류값이 주어진 전류값 I_{min} 보다도 적은 경우, 혹은 충전개시 이래로 주어진 시간 t_f 가 경과한 경우 종료된다. 그러나, 재충전가능한 전지가 단락되어 있거나, 비정상적으로 가열되어 있어 충전이 종료되는 경우는 상기 어느 경우에 있어서도 포함되지 않는다.

정전압충전방식에서의 충전전기량:

상기 식(1)에서 사용된 정전압충전영역에서의 충전전기량 Q_{CV} 는, (i) 충전이 종료된 때까지의 총 충전전기량 또는 (ii) 정전압충전방식에서의 전류값이 0으로 될 때까지의 총 충전전기량이다.

상기 식(1)의 D를 얻기 위해서는, 상기 정전압충전방식에서의 전류값이 0으로 될 때까지의 총 충전전기량(ii)을 사용하는 것이 보다 바람직하며, 그 이유는, 이 경우에 보다 정확한 전기보유가능용량값이 얻어질 수 있기 때문이다.

검사대상 재충전가능한 전지에 대해 정전류-정전압충전방식에 의해 충전가능한 전기량을 얻기 위해서는, 충전이 종료된 때까지의 총 충전전기량(i)을 사용하는 것이 보다 바람직하며, 그 이유는, 이 경우에 보다 정확한 충전된 전기량값이 얻어질 수 있기 때문이다.

그러나, 총 충전전기량(i)을 이용해서 얻어진 계산된 전기보유가능용량과 총 충전전기량(ii)을 이용해서 얻어진 계산된 전기보유가능용량간의 차는 크게 현저하지 않다.

내부저항에 관한 정보의 검출:

이하, 도 1의 공정 11 및 도 2를 참조해서 설명한다.

재충전가능한 전지의 보유된 전기량, 개로전압 및 정전내부저항(전류가 흐르지 않을 경우)간에 상관이 있다. 그리고, 재충전가능한 전지가 정전류충전중인 경우 재충전가능한 전지의 전지전압과 내부저항은, 보유된 전기량, 전지온도 및 충전전류값에 의존한다. 또한, 재충전가능한 전지가 정전류충전중인 경우, 재충전가능한 전지의 전지전압과 내부저항은, 보유된 전기량, 전지온도 및 충전전류값에 의존한다.

이와 관련해서, 먼저, 정상의 재충전가능한 전지(즉, 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서 참조표준으로서 사용되는 대응하는 정상의 재충전가능한 전지)에 대해서, 미리 개로전압 V_{oc} 의 관계 $V_{oc}(Q)$ 를 얻는다. 다음에, 정상의 재충전가능한 전지를 정전류-정전압충전방식으로 충전하여, 전지온도 T 및 정전류 I_0 에서 정전류충전방식에 있어서의 보유된 전기량 Q 에 대한 내부저항 R_{I0} 의 관계 $R_{I0}(Q)$ 를 얻고; 필요에 따라, 충전된 전기량 Q 에 대한 전지전압 V_{I0} 의 관계 $V_{I0}(Q)$ 도 얻는다.

상기에 설명한 개로전압 V_{oc} 와 내부저항 R_{I0} 은, 각각 보유전기량 Q 에 대한 개로전압 V_{oc} 의 관계의 함수식 $V_{oc}(Q)$ 와 보유전기량 Q 에 대한 내부저항 R_{I0} 의 관계의 함수식 $R_{I0}(Q)$ 로서 얻어진다.

상기 함수식 $V_{oc}(Q)$ 및 상기 함수식 $R_{I0}(Q)$ 는, 각각, 정상 상태의 재충전가능한 전지의 미리 측정된 데이터, 상기 미리 측정된 데이터로부터 얻어진 관계식, 컴퓨터에 의한 시뮬레이션으로부터 얻어진 정상 상태의 재충전가능한 전지의 데이터 혹은 상기 데이터로부터 얻어진 함수식에 의거해서 얻어진다.

상기 설명한 함수식 $V_{oc}(Q)$ (보유전기량 Q 에 대한 개로전압 V_{oc} 의 관계) 및 상기 함수식 $R_{I0}(Q)$ (보유전기량 Q 에 대한 내부저항 R_{I0} 의 관계)로부터, 정상 상태의 재충전가능한 전지에 대해서, 보유전기량이 Q 이면, 개로전압 및 내부저항은 각각 $V_{oc}(Q)$ 및 $R_{I0}(Q)$ 로 된다.

이와 별도로, 충전시의 정상 상태의 재충전가능한 전지의 전지전압이 V_c 이고, 상기 전지전압 V_c 에서의 전지의 충전전류값 및 내부저항이 각각 I_c 및 R_c 이면, 상기 개로전압 V_{oc} , 전지전압 V_c , 충전전류 I_c 및 내부저항 R_c 와의 관계는 다음 식:

$$V_c = V_{oc} + I_c \times R_c \text{ 또는 } V_{oc} = V_c - I_c \times R_c$$

과 같이 표시할 수 있다.

이제, 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식에 있어서의 정상 상태의 재충전가능한 전지의 보유전기량이 Q_0 [$Q_0 = Q_0'/D$ (도 2를 참조해서 설명한 부분 참조); Q_0' 는 정전류값 I_0 에서의 충전을 정전압 V_{max} 에서의 충전으로 전환때의 검사대상 재충전가능한 전지의 보유전기량임]이고, 내부저항 R_c (정상 상태의 재충전가능한 전지의 것)가, $R_c = R_{I0}(Q_0)$, 개로전압 V_{oc} (정상 상태의 재충전가능한 전지의 것)이 $V_{co} = V_{oc}(Q_0)$ 이면, 개로전압 $V_{oc}(Q_0)$, 충전전류값 I_0 , 전지전압 $V_{I0}(Q_0)$ 및 내부저항 $R_{I0}(Q_0)$ 과의 관계는 하기 식:

$$V_{oc}(Q_0) = V_{I0}(Q_0) - I_0 \times R_{I0}(Q_0)$$

으로 표시된다.

도 2에 있어서, 정전류값 I_0 에서의 충전으로부터 정전압 V_{max} 에서의 충전으로의 전환시각에 내부저항만이 증가된 재충전가능한 전지의 보유전기량이 Q_0' 인 경우, 전지의 내부저항이 $R_{I0}'(Q_0')$ 으로 되면, 이 때의 개로전압은 $V_{max} - I_0 \times R_{I0}'(Q_0')$ 으로 표현할 수 있다.

또, 내부저항만이 증가된 검사대상 재충전가능한 전지의 개로전압은 보유전기량이 Q_0' 인 정상 상태의 재충전가능한 전지의 것과 실질적으로 동일하므로, 저항이 증가된 전지의 개로전압은, 하기 식:

$$V_{oc}(Q_0') = V_{I0}(Q_0') - I_0 \times R_{I0}'(Q_0') = V_{max} - I_0 \times R_{I0}'(Q_0')$$

으로 표현할 수 있다.

이 식을 변경함으로써, 식 $R_{I0}'(Q_0') = \{V_{max} - V_{oc}(Q_0')\}/I_0$ 이 얻어지고, 또한, 하기 식(3) 및 (3'):

$$R_{I0}'(Q_0')/R_{I0}(Q_0) = \{V_{max} - V_{oc}(Q_0')\}/\{I_0 \times R_{I0}(Q_0)\} \text{ --- (3)}$$

$$R_{I0}'(Q_0')/R_{I0}(Q_0) = \{V_{max} - V_{I0}(Q_0')\}/\{I_0 \times R_{I0}(Q_0)\} + 1 \text{ --- (3')}$$

가 얻어진다.

또, 도 2로부터, 하기 식(2):

$$Q_0' = Q_0/D = Q_0 - I_0 \times (t_M'/D - t_M) \text{ ---- (2)}$$

가 얻어진다.

여기서, $D = (Q_{cv}' - I_0 \times t_M')/(Q_{cv} - I_0 \times t_M)$ ---- (1)이다.

Q_0 , t_M , Q_{CV} , t_M' 및 Q_{CV}' 의 값을 측정하고, 이 측정값을 상기 식(2)로 치환함으로써, 일반적으로 100% 방전깊이에서 충전한 경우 이외에는 얻어질 수 없는 용량감소된 검사대상 재충전가능한 전지의 Q_0' (보유전기량)를, 충전깊이 100%미만으로 충전된 때에도 용이하게 얻을 수 있다.

특히, 정상의 재충전가능한 전지의 내부정보, 즉, 정전류충전에 의해 충전된 보유전기량 Q_0 (= 충전된 전기량), 정전압충전방식에 있어서 충전전류값이 I_0 에서 I_M 으로 되는 시간 t_M , 정전압충전방식에서의 보유전기량 Q_{CV} (= 충전전기량) 및 보유전기량 Q 에 관한 함수식 $Voc(Q)$ 및 $R_{I0}(Q)$ 가 미리 획득된다. 이러한 조건하에, 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 정전압충전방식에서의 정전류값이 I_0 에서 I_M 으로 되는 시간 t_M' 를 측정하고, 보유전기량 Q_{CV}' (= 충전전기량)를 얻는다. 이들 결과 및 상기 식(1), (2) 및 (3)으로부터, 보유전기량 Q_0 "에서의 정상의 재충전가능한 전지의 내부저항에 대한 보유전기량 Q_0 "에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항의 비를 얻는 것이 가능하다.

여기서, 보유전기량 Q_0 "에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항과, 보유전기량 Q_0' 에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항간의 차는 미미한 것으로 생각할 수 있다. 따라서, 보유전기량 Q_0 "에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항(측정됨)은, 실질적으로 보유전기량 Q_0' 의 내부저항에 상당하는 것으로 간주할 수도 있다.

또, 보유전기량 Q_0 "에서의 정상의 재충전가능한 전지의 내부저항에 대한 보유전기량 Q_0 "에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항의 비(a)와, 방전시의 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항과 방전시의 정상의 재충전가능한 전지의 내부저항의 비(b)와의 차는 미미한 것으로 생각할 수 있으므로, 상기 비(a)는 실질적으로 상기 비(b)에 상당하는 것으로 간주할 수 있다.

기기의 활성기간의 계산:

전원으로서 재충전가능한 전지를 구비한 기기의 활성기간을 알기 위해 본 발명의 검출방법을 적용할 수 있다. 특히, 예를 들면, 기기에 구비된 재충전가능한 전지(검사대상 재충전가능한 전지로서)의 전기보유가능용량의 감소비 D 는, 전술한 방법에 의해 산출된다. 대응하는 정상의 재충전가능한 전지(검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서)의 총 방전전기량은, 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 C_N , 방전전류 i 및 전지온도 T 에 의해 결정되는 보정계수 $f(i, T)$ 로부터 $C_d = C_N \times f(i, T)$ 로 표현할 수 있는 것으로 가정할 경우, 검사대상 재충전가능한 전지를 전원으로서 사용하는 기기에 대해, 해당 기기의 평균소비전류를 i , 해당 기기의 평균소비전력을 p , 검사대상 재충전가능한 전지의 평균전지전압을 V_m 이라 하면, 해당 기기의 잔존활성기간 h 는, 식 $h = (D \times C_d)/i$ 또는 $h = (V_m \times D \times C_d)/p$ 에 의해 산출된다. 검사대상 재충전가능한 전지의 전류 i 및 온도 T 에 의해 결정되는 상기 보정계수 $f(i, T)$ 에 있어서, 정상의 재충전가능한 전지를 이용해서 얻어진 미리 측정된 데이터, 상기 데이터에 의거해서 얻어진 함수식, 컴퓨터에 의한 시뮬레이션에 의해 얻어진 정상의 재충전가능한 전지의 충전특성에 대한 데이터 혹은 함수식을 선택적으로 사용할 수 있다.

상기 기기의 잔존활성기간 h 는, 내부저항에 관한 정보로부터 결정된 보정계수 r , 즉, 정상의 재충전가능한 전지의 내부저항 $R_{I0}(Q_0)$ 에 대한 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항 $R_{I0}'(Q_0')$ 의 비 $R_{I0}'(Q_0')/R_{I0}(Q_0)$ 를 사용하는 하기 식:

$$h = (1/r) \times (D \times C_d)/i \text{ 또는 } h = (1/r) \times (V_m \times D \times C_d)/p$$

에 의해 보다 정확하게 산출할 수 있다.

재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치:

본 발명의 검출장치의 대표적인 실시형태에는, 검사대상 재충전가능한 전지가, 정전류값 I_0 에서 충전개시되고, 전지전압이 소정의 전압값 V_{max} 에 이른 후, 그 종료시까지 정전압 V_{max} 에서 충전을 행하는 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치에 있어서, 적어도, 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 충전전류값 I 를 측정하는 수단; 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 V_{max} 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하는 수단; 및 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M')을 측정하는 수단; 및 상기 측정된 충전전류값 I 또는 상기 경과시간(t)의 정보를 이용해서 연산을 수행하는 산술수단을 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치이다.

본 발명의 검출장치는, 기억수단을 포함하는 것이 바람직하다. 기억수단에 있어서는, 타입 및 종류의 점에서 검사대상 재충전가능한 전지와 동일한 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 특성의 정보를 미리 기억시켜 두는 것이 바람직하다. 정상의 재충전가능한 전지의 특성의 미리 기억된 정보와 검사대상 재충전가능한 전지의 측정된 정보로부터, 재충전가능한 전지의 내부정보를 얻는 것이 가능하다.

다른 전형적인 실시형태에로서는, 본 발명의 검출장치는, 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치에 있어서, 적어도, 상기 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 충전전류값 I 를 측정하는 수단; 정전류값 I_0 에서

의 정전류충전방식을 정전압 $V_{\max}$ 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M')을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} '를 측정하는 수단; 대응하는 정상의 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(또는 공칭용량) C_N 과 해당 정상의 재충전가능한 전지의 내부정보(해당 내부정보는, 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M)과 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} 를 포함함)가 기억되어 있는 기억수단; 및 상기 기억수단에 기억되어 있는 정상의 재충전가능한 전지의 상기 C_N , t_M 및 Q_{CV} 및 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 t_M' 및 Q_{CV} 로부터 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(C_N')을 계산하는 산술수단을 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치이다. 전기보유가능용량의 산출은, 전술한 식(1)을 이용해서 행한다.

전형적인 또 다른 실시형태에 있어서, 본 발명의 검출장치는, 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치에 있어서, 적어도, 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 $V_{\max}$ 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M')을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} '를 측정하는 수단; 대응하는 정상의 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(또는 공칭용량) C_N 과 해당 정상의 재충전가능한 전지의 내부정보(해당 내부정보는, 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M)과 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} 를 포함함)가 기억되어 있는 기억수단; 상기 정상의 재충전가능한 전지의 또 다른 내부정보(해당 또 다른 내부정보는, 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식에서의 보유전기량 Q 에 대한 개로전압 V_{oc} 의 관계식 $V_{oc}(Q)$ 과 보유전기량 Q 에 대한 내부저항 R_{i0} 의 관계식 $R_{i0}(Q)$ 을 포함함)가 기억되어 있는 기억수단; 및 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 측정된 정보 및 정상의 재충전가능한 전지의 특성에 관한 상기 기억된 정보로부터 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유용량과 내부저항에 관한 내부정보를 획득하는 산술수단을 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치이다.

정상의 재충전가능한 전지의 관계식 $V_{oc}(Q)$ 과 관계식 $R_{i0}(Q)$ 으로서, 정상의 재충전가능한 전지를 이용해서 미리 획득한 데이터표나 함수식을 이용한다. 재충전가능한 전지의 내부저항에 관한 내부정보를 획득하기 위해, 이미 전술한 식(1), (2) 및 (3)을 사용한다.

본 발명의 검출장치에 있어서의 산술수단은, 기본 데이터와 검출된 정보를 처리하는 수단을 지니는 것이 바람직하다. 또, 전원으로써 검사대상 재충전가능한 전지를 이용하는 기기의 잔존활성기간 또는 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 및/또는 내부저항을 산출하면서 검사대상 재충전가능한 전지의 충전의 종료까지에 필요한 시간을 산출할 수 있는 수단을 지니는 산술수단이 바람직하다.

또한, 본 발명의 검출장치는, 상기 측정수단으로부터 획득한 정보 및/또는 검사대상 재충전가능한 전지의 획득한 내부정보에 관한 정보를 출력하거나 표시하는 수단을 지니고 있어도 된다.

본 발명의 검출장치의 예:

도 7은, 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량, 내부저항 등을 포함하는 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 본 발명의 검출장치의 주요구성부분으로서 전기회로의 일례를 표시한 개략도이다.

이하, 도 7의 검출장치에 대해 설명한다.

본 발명의 검출장치의 전기회로구성은, 기본적으로, 장치본체에 검사대상 재충전가능한 전지를 접속하기 위한 1쌍의 단자(701), 재충전가능한 전지의 1쌍의 단자간의 전압(단자간 전압)을 검출하기 위한 전지전압검출부(702), 재충전가능한 전지의 충전전류를 검출하는 전류감지저항기(703), 증폭기(704) 및 제어부(705)를 구비해서 이루어진다. 단자(701)는 장치본체에 검사대상 재충전가능한 전지를 용이하고 확실하게 전기접속시킨다.

고입력임피던스를 지니는 전지전압검출부(702)는, 검사대상 재충전가능한 전지의 애노드와 캐소드간의 단자간 전압을 검출하여, 해당 검출된 전압의 정보를 전지전압검출부(702)로부터 제어부(705)로 출력한다.

검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류는, 전류감지저항기(703)에 의해 검출되어 전압신호로 변환되고, 해당 전류감지저항기(703)로부터의 전압신호는, 증폭기(704)로 입력되어, 전류정보를 지닌 전압신호가 증폭된 후, 제어부(705)로 입력된다.

제어부(705)는 그 안쪽 혹은 바깥쪽에 타이머를 지닌다. 타이머는, 정전류충전으로부터 정전압충전으로의 전환시간으로부터 충전기간을 측정하고, 제어부(705)는 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서 충전시간에 대한 충전전류값의 데이터를 획득한다. 제어부(706)도, 그 안쪽 혹은 바깥쪽에 메모리를 지닌다. 메모리는, 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 획득한 데이터를 기억한다. 제어부(705)의 메모리에 있어서는, 타입 및 종류의 면에서 검사대상 재충전가능한 전지와 동일한 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 충전특성의 정보를 기억하는 것이 가능하며, 상기 정보로서는, 충전횟수 등에 대한 충전전류값, 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 데이터로부터 내부정보를 획득하기 위한 산출식 등을 들 수 있다. 정상의 재충전가능한 전지에 대한 보유전기량 Q 에 대한 개로전압 V_{oc} 의 관계식 $V_{oc}(Q)$, 보유전기량 Q 에 대한 전지전압 V_{i0} 의 관계식 $V_{i0}(Q)$, 보유전기량 Q 에 대한 내부저항 R_{i0} 의 관계식 $R_{i0}(Q)$ 은, 미리 제어부(705)의 메모리에 기억시켜 두는 것이 바람직하다.

또한, 제어부(705)는 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량, 내부저항 등에 관한 내부정보를 산출하는 산출함수를 지니고 있는 것이 바람직하다.

본 실시형태예에 있어서의 장치는, 검사대상 재충전가능한 전지의 산출된 전기보유가능용량 등의 정보에 의거해서 검사대상 재충전가능한 전지에 대한 충전종료까지에 필요한 시간 및 잔존수명의 판정결과를 나타내는 함수 혹은 전원으로서는 검사대상 재충전가능한 전지를 사용하는 기기의 잔존활성기간을 나타내는 함수를 지니는 것이 가능하다.

본 발명의 검출장치의 전기회로는, 검사대상 재충전가능한 전지에 접속함으로써 단독으로 동작시켜도 된다. 이 때 장치본체에 필요한 전원에 대해서는, 도면에는 아무 것도 기재하지 않았으나, 전원을 외부에서 공급하거나, 조절기를 통해 공급하도록 설계하는 것도 가능하다.

도 8은, 도 7에 표시한 전기회로를 지닌 검출장치와 재충전가능한 전지(801)와의 조합이 전지팩(모듈)에 설치되어 있는 실시예의 일례를 예시한 개략도이다.

도 8에 표시한 회로구성은, 전지모듈(또는 전지팩)의 양의 단자(802), 전지모듈의 음의 단자(803), 충전용의 양의 단자(804)(음의 단자(803)가 충전용 음의 단자로서도 기능하는 것이 가능함), 전지전압모니터출력단자(805) 및 기기에 접속되는 통신기능(806)을 지니고 있다. 필요에 따라, 본 실시형태예의 장치의 제어부(705)는, 전지팩에 설치된 재충전가능한 전지용의 과충전방지기능(807) 및/또는 과방전방지기능(808)을 행하는 것이 가능하다. 도 8에 표시한 전지팩은, 단지 1개의 재충전가능한 전지가 설치된 구성으로 되어 있다. 이것은, 간단화를 목적으로 한 것으로 제한적인 것은 아니다. 전지팩은, 복수의 재충전가능한 전지를 구비하고 있어도 된다.

이러한 통신기구(806)를 지님으로써, 본 발명의 검출장치가 수용되어 있는 전지팩은, 전기보유가능용량, 수명 등의 재충전가능한 전지 혹은 전지팩의 내부정보, 상기 내부정보로부터 산출된 충전의 종료까지에 필요한 시간 혹은 접속된 기기에 대한 기기의 잔존활성기간의 정보를 알리는 것이 가능하다.

그 밖에, 도 7에 표시한 본 발명의 검출장치는, 전원으로서는 재충전가능한 전지를 이용하는 기기본체에 수용되어 있는 것이 가능하다. 또한, 기기본체의 제어부에 도 7에 표시한 검출장치의 기능을 지니게 하는 것도 가능하다. 보다 구체적으로는, 본 발명의 검출방법에 의거한 프로그램을 기기의 제어부에 입력시켜, 본 발명의 검출기능을 지니게 하는 것도 가능하다. 예를 들면, 재충전가능한 전지를 접속해서 사용하는 휴대형 개인용 컴퓨터의 경우, 해당 개인용 컴퓨터는, 본체의 동작에 주로 관련된 주제어부와 주변기와 통신하는 데 주로 관련된 부제어부를 지닌다. 부제어부에 있어서는, 전원으로서는 재충전가능한 전지의 전류 및/또는 전압의 정보를 모니터한다. 모니터된 정보를 획득하는 부제어부 혹은 주제어부에서는, 본 발명의 검출방법의 프로그램과 상기 재충전가능한 전지에 대응하는 정상치의 재충전가능한 전지의 필요한 기본 데이터를 입력시킴으로써, 기기본체에 본 발명의 검출장치의 기능을 지니게 하여, 재충전가능한 전지의 내부정보를 항상 검출할 수 있고, 또한, 기기본체의 전원을 고정확도로 제어할 수 있다. 이것에 의해, 재충전가능한 전지의 보유에너지를 효율적으로 사용하는 동시에, 기기의 성능을 최대로 발휘하는 것이 가능하다.

또, 종류는 동일하나 타입이 서로 다른 복수의 정상치의 재충전가능한 전지(예를 들면, 종류는 동일하지만 타입이 서로 다른 복수의 정상치의 리튬이온 재충전가능한 전지, 종류는 동일하나 타입이 서로 다른 복수의 정상치의 니켈-금속수소화물 재충전가능한 전지, 종류는 동일하지만 타입이 서로 다른 복수의 정상치의 니켈-카드뮴재충전가능한 전지 혹은 종류는 동일하나 타입이 서로 다른 복수의 정상치의 납-에시드 재충전가능한 전지)의 각각의 특성의 정보를 메모리수단(기억수단)에 입력시킴으로써 본 발명의 검출장치가 다양성을 지니도록 해도 된다.

이 경우, 검출장치에는, 해당 검출장치에 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 데 적합한 정상치의 재충전가능한 전지타입을 선택하는 타입선택수단을 구비시키는 것이 바람직하다. 이 경우의 타입선택수단은, 예를 들면, 스위치입력기능 혹은 유선 혹은 무선전기신호 또는 광신호에 의한 입력기능을 지니고 있어도 된다. 이것에 의해, 리튬이온 재충전가능한 전지, 니켈-금속수소화물 재충전가능한 전지, 니켈-카드뮴 재충전가능한 전지 또는 납-에시드 재충전가능한 전지로 이루어진 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 어느 경우에도 용이하게 부응할 수 있다.

검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 프로그램을 기억하고 있는 기억매체:

본 발명의 기억매체에 있어서는, 도 1에 표시한 순서도에 의해 표시된 본 발명의 검출방법 및 검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서의 정상치의 재충전가능한 전지의 기본 특성의 데이터를 프로그래밍해서 얻어진 프로그램을 기본적으로 기억하고 있다.

본 발명의 기억매체는, 해당 기억매체를 접속해서 사용하는 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 기능을 지니도록 충전기능을 지니는 기기에 사용할 수 있다.

이러한 기기로서는, 예를 들면, 각각 재충전가능한 전지를 구비한 전원을 지니는, 충전기, 비디오카메라, 디지털카메라, 셀룰러폰, 개인용 디지털원조장치, 컴퓨터나, 전기자동차, 하이브리드과워자동차 등의 차량 등을 들 수 있다.

사용된 재충전가능한 전지의 타입 및/또는 종류에 변화가 생긴 경우에도, 그 변화에 따를 수 있는 적절한 기억매체를 구비시킴으로써 그 변화의 보정을 용이하게 행하는 것이 가능하므로, 재충전가능한 전지의 내부정보의 정확한 검출을 행할 수 있다.

본 발명의 검출장치를 채용가능한 기기

전술한 바와 같이, 본 발명의 검출방법에 의하면, 재충전가능한 전지가 전기보유가능용량이 감소되었거나 내부저항이 증가된 열화된 재충전가능한 전지이더라도 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량을 정확하게 산출하는 것이 가능하다. 이 때문에, 전원으로서 재충전가능한 전지를 이용하는 기기에 대해서, 기기의 잔존활성기간뿐만 아니라 그 수명이 종료된 재충전가능한 전지의 교환시기도 정확하게 구별하는 것이 가능하다.

이와 같이 해서, 본 발명에 의한 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법을 채용하는 검출장치를 장착함으로써, 기기의 성능 및 해당 기기에 사용된 재충전가능한 전지의 성능을 최대화할 수 있다.

본 발명의 검출장치를 장착함으로써 그 성능을 최대화할 수 있는 이러한 기기로서는, 각각 재충전가능한 전지를 전원으로서 이용하는, 셀룰러폰, 개인용 디지털조장치, 컴퓨터, 비데오카메라, 디지털카메라나, 전기자동차, 하이브리드과워자동차 등의 차량을 들 수 있다.

그 밖에, 상기 전지팩(하나의 재충전가능한 전지가 패키징되어 있거나, 복수의 재충전가능한 전지가 직렬 혹은 병렬접속되어 패키징되어 있음), 충전기 등도 들 수 있다. 이러한 전지팩에 대해서는, 해당 전지팩에, 기기와 재충전가능한 전지의 내부정보를 통신하는 통신기능을 지니게 하는 것이 가능하다.

또, 본 발명의 검출장치를 장착함으로써 그 성능을 개량할 수 있는 다른 기기(또는 시스템)로서는, 예를 들면, 재충전가능한 전지제품이 양품인지 불량품인지의 여부를 검출하는 검사기기, 전원저장시스템 등을 들 수 있다.

이하, 실험예 및 실시예를 참조해서 본 발명을 더욱 상세히 설명한다. 이들 실험예 및 실시예는, 예시를 위한 목적일 뿐, 본 발명의 범위를 제한하기 위한 것은 아니다.

실험예 1

[정상의 재충전가능한 전지에 대한 전기보유가능용량비 D의 적합화]

재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 본 발명의 검출방법의 적합화는, 정상의 재충전가능한 전지에 대한 전기보유가능용량비 D에 의해 보상된 충전전류곡선이 정전류충전방식에 있어서 전류값의 1/2인 전류값에서의 정상의 재충전가능한 전지의 것과 교차하는 사실을 나타내는 실험에 의해 확인한다.

도 6a는, 직경 17mm, 길이 67mm, 공칭용량 1300mAh인 시판의 리튬이온 재충전가능한 전지(a)와, 직경 17mm, 길이 67mm, 공칭용량 1300mAh이고, 충방전사이클을 200회 반복해서 그 성능이 열화된 검사대상 리튬이온 재충전가능한 전지(b)의 각각을, 정전류-정전압충전방식으로 충전한 경우, 이 때의 정전류충전시의 충전전류값이 1A였고, 정전압충전시의 충전전압이 4.2V인 상기 두 전지의 각각의 충전시간변화에 대한 충전전류변화(또는 프로파일)를 예시한 그래프이다.

도 6b는, 도 6a에 있어서 설명한 바와 같이 충전된 재충전가능한 전지(a) 및 (b)의 각각을, 전지전압이 2.75V에 이를 때까지 0.13A의 저전류값으로 방전한 경우(전류밀도에 의한 내부저항에 대한 영향이 최소화됨) 방전전기량의 변화에 대한 전지전압변화를 예시한 그래프이다.

도 6b에 있어서, 0.13A의 저전류값에서의 방전시, 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 방전전기량은 정상의 재충전가능한 전지(a)의 방전전기량의 0.78배인 것을 알 수 있었다.

0.13A의 저전류값에서의 재충전가능한 전지의 방전전기량은, 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량에 상당하는 것으로 간주하는 것이 가능하다. 따라서, 정상의 재충전가능한 전지(a)의 전기보유가능용량에 대한 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 전기보유가능용량의 전기보유가능용량비가 0.78이라고 말할 수 있다.

도 6c에 있어서는, 정상의 재충전가능한 전지(a)의 충전전류곡선[도 6a에 표시됨]과 함께, 시간축방향으로 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 충전전류곡선[도 6a에 표시됨]을 1/0.7배해서 얻어진 충전전류곡선을 표시하고 있다.

도 6c로부터, 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 1/D배해서 보상된 충전전류곡선은, 정전류충전시의 충전전류값 1A의 1/2인 0.5A의 전류값에 있어서 정상의 재충전가능한 전지(a)의 충전전류곡선과 교차하는 것을 알 수 있다. 이것은, 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량에 대한 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량의 전기보유가능용량비 또는 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량을 상기 식(1)에 의해 얻을 수 있음을 나타낸다. 이것은 또한, 전기보유가능용량이 감소되고 내부저항이 증가된 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류곡선이, 충전시간축방향에서 1/D배됨으로써 보상되어, 내부저항만이 증가된 검사대상 재충전가능한 전지의 충전전류값을 얻을 수 있는 것을 나타낸다.

실험예 2

[정상의 재충전가능한 전지의 특성의 기본데이터의 획득예]

도 9 내지 도 11을 참조해서, 보유전기량에 대한 개로전압의 관계에 대해서 그리고 정전류충전시의 보유전기량에 대한 내부저항의 관계에 대해서 주어진 정상의 재충전가능한 전지(주어진 검사대상 재충전가능한 전지에 대응함)의 데이터 혹은 함수식을 얻는 방법의 일례에 대해 설명한다.

도 9는, 이하의 방법으로 재충전가능한 전지에 대해서 충방전을 행한 경우의 직경 17mm, 길이 67mm, 공칭용량이 1300mAh인 시판의 리튬이온 재충전가능한 전지의 충방전특성을 표시한 그래프로, 가로축은 충전시간을, 세로축은 전지전압을 표시한다.

즉, 먼저, 전류값 1A, 최대전압값 4.2V의 조건하에 정전류충전을 행한 후, 정전압충전을 행하는 정전류-정전압충전방식으로 재충전가능한 전지가 완전충전될 때까지 해당 재충전가능한 전지의 충전을 행하였다. 그 후, 재충전가능한 전지의 소정기간 정지시키고 나서, 해당 재충전가능한 전지에 대해서 방전을 행하였다. 이 때의 방전사이클은, 0.26A의 방전전류에서 15분간 방전(재충전가능한 전지의 공칭전기용량의 약 5%에 상당하는 전기량)을 행하고, 재충전가능한 전지의 전지전압이 2.75V에 이를 때까지 소정기간 해당 재충전가능한 전지를 정지시키는 것이었다.

도 10은, 간헐방전조작시의 전기전압과 도 9에 표시한 방전조작시의 데이터에 의거해서 적분한 방전전기량에 대해서 각각 방전조작을 행한 후의 정지동안의 개로전압과의 관계를 표시한 그래프이다. 도 10에 있어서, 파선은, 방전조작후의 정지시의 재충전가능한 전지의 개로전압의 자취결과를 표시한 것이고, 실선은, 간헐방전시의 재충전가능한 전지의 전지전압의 자취결과를 표시한 것으로, 각 스파이크부분은 방전이 중지되어 재충전가능한 전지가 정지(즉, 휴지)상태에 있는 시간의 지점을 나타낸다.

도 10에 있어서, 전지전압이 갑자기 감소하여 2.75V에 이른 때의 적분한 방전전기량은, 재충전가능한 전지의 공칭용량과 거의 동일한 전기보유가능용량에 상당한다. 또, 도 10에 있어서, 적분방전전기량이 실질적으로 0으로 되는 지점은, 재충전가능한 전지가 완전충전상태에서 공칭용량과 거의 동일한 보유전기량을 지니는 것을 나타낸다.

이와 같이 해서, 도 10에 표시한 파선의 개로전압곡선은, 재충전가능한 전지의 보유전기량(Q)과 개로전압(Voc)과의 관계를 표시한 것이다. 보유전기량은, 전기보유가능용량으로부터 주어진 시간에서의 적분방전전기량(= 방전종료시까지의 적분방전전기량)을 감산해서 얻어진 값에 상당한다.

여기서, 개로전압 Voc에 대한 보유전기량 Q와의 관계에 대해서 근사곡선의 함수식 Voc(Q)의 일례로서, 하기 식:

$$Voc(Q) = P_n \times Q^n + P_{n-1} \times Q^{n-1} + P_{n-2} \times Q^{n-2} + \dots + P_1 \times Q^1 + P_0 \times Q^0$$

(식중, P_n 내지 P_0 의 각각은, 재충전가능한 전지의 종류, 타입, 공칭용량 등에 의존해서 결정된 상수임)으로 표시한 바와 같은 보유전기량 Q의 함수로서 표현할 수 있다.

이 실험예에 있어서, 개로전압 Voc가 보유전기량 Q의 6차다항식인 것으로 가정하면, 도 10의 개로전압곡선의 곡선 적합성으로부터, 직경 17mm, 길이 67mm, 공칭용량이 1300mAh인 시판의 리튬이온 재충전가능한 전지의 획득한 기본데이터에 의거해서, 보유전기량 Q에 대한 개로전압 Voc의 관계에 대한 함수식 Voc(Q)가 산출되었다. 이 산출된 함수식 Voc(Q)는 다음과 같이 표시된다:

$$Voc(Q) = -5.1539 \times Q^6 + 23.017 \times Q^5 - 40.55 \times Q^4 + 35.748 \times Q^3 - 16.121 \times Q^2 + 3.6098 \times Q + 3.4299.$$

도 11은, 도 10에서 얻어진 보유전기량 Q에 대한 개로전압 Voc의 관계 및 정전류-정전압충전방식에 의해 충전된 경우의 충전전기량에 대한 전지전압 V의 관계의 근사곡선 Voc(Q)를 예시한 그래프이다.

또한, 리튬이온 재충전가능한 전지는 충방전쿨롱효율이 거의 100%인 것을 알 수 있었다. 따라서, 충전전기량 = 보유전기량이라고 말할 수 있다. 이와 관련해서, 도 10에 표시한 방전전기량은, [완전충전전기량 - 보유전기량 Q]의 값이고, 따라서, 방전시의 보유전기량 Q와 개로전압 Voc와의 관계는, 충전시의 보유전기량 Q와 개로전압 Voc와의 관계와 일치한다. 특히 도 11은, 정전류(1A)-정전압(4.2V)충전시의 충전전기량(= 보유전기량 Q)과 전지전압간의 관계의 그래프에 있어서 도 10에서 얻어진 보유전기량 Q에 대한 개로전압 Voc의 관계 Voc(Q)를 플롯해서 얻어진 그래프를 표시한 것이다.

이와 별도로, 도 11은, 도 10에서와 마찬가지로 얻을 수 있고, 이 때, 정전류-정전압충전시, 소정 기간동안 충전을 행하고 그 충전동작을 정지하여 개로전압을 측정하는 일련의 동작을 반복해서 행하여 충전전기량에 대한 전지전압과 개로전압과의 관계를 얻고 있다.

또한, 측정된 데이터는, 타입이나 종류의 면에서 동일한 재충전가능한 전지인 경우에도 각각 다소 차이는 있으므로, 타입과 종류의 면에서 동일한 복수의 재충전가능한 전지로부터 얻어진 측정데이터를 평균함으로써 얻어진 평균데이터를 사용하는 것이 바람직하다.

함수식 Voc(Q)의 경우에서와 마찬가지로, 정전류충전영역에서의 보유전기량 Q와 전지전압 V_{I0} 의 관계의 함수식 $V_{I0}(Q)$ 에 대해서, 전지전압 V_{I0} 이 보유전기량 Q의 6차다항식인 것으로 가정하면, 정전류충전영역에서의 보유전기량에 대한 전지전압곡선과 일치하는 6차다항식의 상수항을 산출해서 함수식 $V_{I0}(Q)$ 를 얻는다.

얻어진 함수식 $V_{I0}(Q)$ 는, 다음과 같이 표시된다:

$$V_{I0}(Q) = -61.579 \times Q^6 + 198.46 \times Q^5 - 248.74 \times Q^4 + 153.06 \times Q^3 - 47.891 \times Q^2 + 7.3465 \times Q + 3.505.$$

함수식 $R_{I0}(Q)$ 에 대해서, 충전전류값 I_0 에서 정전류충전한 경우 보유전기량을 Q , 전지전압을 $V_{I0}(Q)$, 개로전압을 $Voc(Q)$, 전지의 내부저항을 $R_{I0}(Q)$ 라 하면, 하기 관계식으로 표현된다:

$$R_{I0}(Q) = \{V_{I0}(Q) - Voc(Q)\} / I_0.$$

따라서, 보유전기량에 대한 내부저항의 관계를 표시하는 함수식을 산출할 수 있다. 이 산출된 함수식은 다음과 같이 표시된다:

$$R_{I0}(Q) = -56.4251 \times Q^6 + 175.443 \times Q^5 - 208.19 \times Q^4 + 117.312 \times Q^3 - 31.77 \times Q^2 + 3.7367 \times Q + 0.0756.$$

이 실험예에 있어서, $Voc(Q)$, $V_{I0}(Q)$ 및 $R_{I0}(Q)$ 의 각각의 함수식은, 보유전기량 Q 의 6차다항식으로 표현되나, 이것으로 제한되지 않고, 특히, 재충전가능한 전지의 기본데이터를 나타내는 이들 함수식은 이러한 n 차의 다항식으로 제한되지 않는다.

실험예 3

[단락의 유무의 판정]

본 실험예에 있어서, 주어진 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되었는지의 여부의 판정은, 검사대상 재충전가능한 전지에 있어서의 단락의 유무를 판정하는 본 발명의 검출방법의 특징의 하나의 유효성을 확인하기 위하여 행하였다.

특히, 검사대상 재충전가능한 전지로서 직경 14mm, 길이 50mm의 단락된 리튬이온 재충전가능한 전지에 대해서, 정전류-정전압충전방식에 의해 검사대상 재충전가능한 전지를 충전한 경우 충전전류곡선(i)과 전지전압곡선(ii), 그리고, 정지시의 개로전압에 있어서의 시간경과에 의한 변화(iii)를 얻었다.

그리고, 검사대상 재충전가능한 전지의 측정된 데이터와, 검사대상 재충전가능한 전지에 대한 참조표준으로서 단락되어 있지 않은 직경 14mm, 길이 50mm의 정상 리튬이온 재충전가능한 전지의 상기 3항목 (i) 내지 (iii)에 대해 미리 획득한 측정데이터와의 비교를 행하였다.

도 12a는, 정상의 재충전가능한 전지(a)와 단락되어 있는 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 각각을 정전류-정전압 충전방식에 의해 충전한 경우, 양 전지(a) 및 (b)에 대한 충전시간변화에 대한 충전전류값변화와의 관계를 예시한 그래프이다.

도 12b는, 정상의 재충전가능한 전지(a)와 단락되어 있는 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 각각을 정전류-정전압 충전방식에 의해 충전한 경우, 양 전지(a) 및 (b)에 대한 충전시간변화에 관한 전지전압값변화와의 관계를 예시한 그래프이다.

도 12a에 있어서, 정전압충전방식에 있어서의 정전류값에 주목하면, 이하의 사실을 알 수 있다. 즉, 정상의 재충전가능한 전지의 경우, 충전전류값은, 충전시간이 진행함에 따라 감소하고, 충전시간이 3시간에 이른 때에, 충전전류의 흐름이 정지되어, 0에 수렴하는 것처럼 된다. 한편, 검사대상 재충전가능한 전지의 경우, 충전전류값은, 정상의 재충전가능한 전지의 경우와 같은 정도로 감소되지 않아 0으로 수렴하지 않는 것처럼 되어, 충전시간에 대한 충전전류값의 변화 $\Delta I / \Delta t$ 가 양의 값으로 되는 수개의 지점이 관찰된다.

도 12b로부터, 이하의 사실을 알 수 있다. 즉, 정상의 재충전가능한 전지의 경우, 정전압충전방식으로의 전환시각까지의 시간이 비교적 짧다. 한편, 검사대상 재충전가능한 전지의 경우, 정전압충전방식으로의 전환시각까지의 시간이 비교적 길고, 전지전압의 증가는 느리며, 충전시간에 대한 충전전류값의 변화 $\Delta I / \Delta t$ 가 음의 값으로 되는 수개의 지점이 관찰된다.

도 12c는, 정상의 재충전가능한 전지(a)와 단락되어 있는 검사대상 재충전가능한 전지(b)의 각각을 정전류-정전압 충전방식에 의해 충전하고, 충전 및 방전동작을 행하는 일없이 정지상태로 유지된 경우, 양 전지(a) 및 (b)에 대한 정지상태의 경과시간에 대한 개로전압의 변화의 관계를 예시한 그래프이다.

도 12c로부터, 이하의 사실을 알 수 있다. 즉, 정상의 재충전가능한 전지의 경우, 정지상태의 경과시간에 대한 개로전압의 변화가 거의 없다. 한편, 검사대상 재충전가능한 전지의 경우, 정지상태의 경과시간에 대한 개로전압의 감소가 있다.

상기 결과로부터, 본 발명의 검출방법이 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되어 있는지의 여부를 판정하는 데 유효하다는 것을 알 수 있다.

이하, 본 발명의 특징 및 이점을 실시예를 참조해서 설명한다. 이들 실시예는 예시의 목적일 뿐 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니다.

실시예 1

본 실시예에 있어서는, 충전방전사이클의 반복의 결과로서 전기보유가능용량이 열화된 검사대상 재충전가능한 전지를 먼저, 본 발명의 검출방법에 의해 평가하고, 이어서, 실제 방전된 전기량으로부터 전기보유가능용량을 얻은 후, 비교를 행하는 방법에 의해 본 발명의 검출방법의 유효성을 조사하였다. 보다 구체적으로는, 도 1에 표시한 순서도에 따라, 스텝 10까지의 절차를 행하여, 전기보유가능용량비를 얻고, 그 후, 실제적인 방전전기량을 측정하였다.

특히, 직경 17mm, 길이 67mm, 공칭용량 1300mAh를 지닌 시판되는 2개의 리튬이온 재충전가능한 전지(a) 및 (b)를 준비하였다.

이들 2개의 재충전가능한 전지중, 개로전압의 시간경과에 의한 확인된 변화크기로부터 재충전가능한 전지(a)가 단락되어 있지 않은 것으로 확인되었다.

다음에, 정전류-정전압방식에 의해 재충전가능한 전지(a)를 충전하고, 이 때, 전지전압이 4.2V에 이를 때까지 정전류값에서 재충전가능한 전지를 충전한 후, 총충전시간이 2.5시간이 될 때까지 4.2V의 정전압에서 재충전가능한 전지를 충전하여, 4.2V에서의 정전압충전으로의 전환시간으로부터 충전전압값이 0.5A로 될 때까지의 시간 t_M 및 4.2V에서의 정전압충전에 의해 충전된 전기량 Q_{CV} 를 측정하였다. 여기서, 정전압충전방식에 있어서의 전류값의 시간경과에 따른 변화로부터, 재충전가능한 전지(a)가 단락되어 있지 않은 것으로 확인되었다.

다음에, 전지전압이 2.75V에 이를 때까지 0.13A의 정전류값에서 재충전가능한 전지(a)를 방전하고, 이 때의 재충전가능한 전지의 충전전기량을 측정하였다. 충전전기량은, 공칭용량값과 거의 일치하는 1303.5mAh인 것으로 확인되었다. 이와 같이 해서, 1303.5mAh의 충전전기량이 재충전가능한 전지(a)의 전기보유가능용량이고, 재충전가능한 전지(a)가 정상의 재충전가능한 전지에 속하는 것으로 간주하는 것이 가능하다. 이와 별도로, 상기 시간 t_M 은 755초이고, 상기 충전전기량 Q_{CV} 는 339.9mAh였다.

이제, 재충전가능한 전지(b)에 대해 충방전사이클시험을 행하였다. 특히, 제 1공정으로서, 전지전압이 4.2V에 이를 때까지 1A의 정전류값에서 재충전가능한 전지를 충전한 후, 총충전시간이 2.5시간이 될 때까지 4.2V의 정전압에서 재충전가능한 전지를 충전하는 정전류-정전압방식으로 재충전가능한 전지를 충전하고, 제 2공정으로서, 전지전압이 2.75V에 이를 때까지 0.65A의 정전류값에서 재충전가능한 전지를 방전하는 사이클을, 200회 반복하였다. 이와 같이 해서 사이클열화된 재충전가능한 전지(b)를, 전기보유가능용량을 검출하기 위한 검사대상 재충전가능한 전지(b')로 하였다.

검사대상 재충전가능한 전지(b')는, 개로전압의 시간경과에 의한 확인된 변화크기로부터 단락되어 있지 않은 것으로 확인되었다. 다음에, 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량에 대한 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 전기보유가능용량의 전기보유가능용량비를 산출하기 위해, 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대해 하기 절차를 행하였다.

특히, 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대해서, 전지전압 4.2V에 이를 때까지 1A의 정전류값에서 충전한 후, 총충전시간이 2.5시간이 될 때까지 4.2V의 정전압에서 충전을 행하는 정전류-정전압방식으로 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 충전을 행하였고, 이 때, 충전전류값이 0.5A가 될 때까지 4.2V의 정전압충전으로의 전환시각으로부터의 시간 t_M' 와, 4.2V에서의 정전압충전에 의해 충전된 전기량 Q_{CV}' 를 측정하였다. 그리고, 상기 재충전가능한 전지(a)(이미 정상인 것으로 확인됨)의 전기보유가능용량에 대한 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 전기보유가능용량의 전기보유가능용량비 D를 상기 식(1)로부터 산출하였다.

여기서, 상기 시간 t_M' 는 2341초였고, 상기 충전된 전기량 Q_{CV}' 는 754.9mAh였다. 그리고, 정전압충전방식에 있어서의 전류값의 시간경과에 따른 변화로부터, 검사대상 재충전가능한 전지(b')는 단락되어 있지 않은 것으로 확인되었다.

그 후, 전지전압이 2.75V에 이를 때까지 0.13A(실질적으로 0.1C에 상당함)의 정전류값에서 검사대상 재충전가능한 전지(b')를 방전하고, 이 때의 검사대상 재충전가능한 전지의 방전전기량을 측정하였다. 얻어진 방전전기량은, 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 전기보유가능용량인 것으로 여겨졌다. 방전전기량은 1015.4mAh인 것으로 확인되었다.

상기에서 얻어진 결과를 하기 표 1에 일괄적으로 표시한다.

이제, 정상의 재충전가능한 전지(a)의 전기보유가능용량에 대한 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 전기보유가능용량비 D는 하기 식(1):

$$D = (Q_{cv}' - I_0 \times t_M') / (Q_{cv} - I_0 \times t_M) \text{ ---- (1)}$$

로 표시될 수 있다.

상기 식(1)에 있어서, $I_0 = 1A$, t_M 은 정상의 재충전가능한 전지(a)에 대해서 4.2V에서의 정전압충전으로의 전환시각으로부터 충전전류값이 0.5A에 이를 때까지의 시간이고, t_M' 는 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대해서 4.2V에서의 정전압충전으로의 전환시각으로부터 충전전류값이 0.5A에 이를 때까지의 시간이고, Q_{CV} 는 정상의 재충전가능한 전지(a)에 대해서 4.2V에서의 정전압충전에 의해 충전된 전기량이고, Q_{CV}' 는 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대해서 4.2V에서의 정전압충전에 의해 충전된 전기량이다.

하기 표 1에 표시한 결과로부터, 전기보유가능용량비에 대한 측정치와 계산치간의 오차를 하기 식에 의해 산출할 수 있다.

$$\{[0.799 - 0.779]/0.779\} \times 100 = 2.5\%$$

즉, 상기 오차는 2.5%인 것을 알 수 있다.

이와 별도로, D값(즉, 검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량에 대한 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량의 전기보유가능용량비)을 상기와 같이 산출할 수 있으므로, 정상의 재충전가능한 전지의 공칭용량을 미리 알고 있다면, 전기보유가능용량은 D값으로부터 용이하게 산출할 수 있다.

상기 설명으로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 검출방법에 의하면, 전기보유가능용량이 알려져 있지 않은 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량을, 해당 재충전가능한 전지의 방전을 행하는 일없이 정전류-정전압충전의 정전압충전영역에서의 충전전류의 측정치로부터 양호한 정확도로 용이하게 산출할 수 있다.

실시예 2

본 실시예는 상기 실시예 1의 연속이다. 보다 구체적으로는, 정상의 재충전가능한 전지로서의 재충전가능한 전지(a) 및 검사대상 재충전가능한 전지로서의 사이클열화된 재충전가능한 전지(b')를 이용해서 도 1에 표시한 순서도에 있어서의 스텝 11의 절차를 행하였고, 여기서, 정상의 재충전가능한 전지(a)의 미리 획득한 측정된 데이터와 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대해서 정전류-정전압충전시의 정전압충전방식에 있어서의 전류값의 측정된 데이터를 이용해서, 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 내부저항에 관한 정보를 얻었고, 1C의 고방전전류값에서의 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 방전량을 추정하고, 해당 추정된 방전량을 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 실제 방전량과 비교하였다.

방전량의 추정은, 하기 방법으로 행하였다.

정전류값 I_0 에서의 정전류충전으로부터 정전압 $V_{\max}$ 에서의 정전압충전으로의 전환시각에서의 정상의 재충전가능한 전지(a)의 보유전기량 Q_0 를, 하기 식으로부터 얻었다:

$$[\text{정전류충전시의 보유전기량 } Q_0] = [\text{공칭용량}] - [\text{정전압충전시의 충전전기량 } Q_{CV}].$$

여기서, [공칭용량]대신에, 완전충전으로부터 0.13A의 정전류값에서 방전된 총방전량을 사용하면 보유전기량 Q_0 도 얻을 수 있다.

다음에, 정전류값 I_0 에서의 정전류충전으로부터 정전압 $V_{\max}$ 에서의 정전압충전으로의 전환시각에서의 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 보유전기량 Q_0' 는, 하기 식(2):

$$Q_0'/D = Q_0 = Q_0 - I_0 \times (t_M'/D - t_M) \quad \text{--- (2)}$$

로부터 얻어진다. t_M 및 t_M' 는 각각, 실시예 1에서 설명한 바와 같이 정상의 재충전가능한 전지(a) 및 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대해서 4.2V에서의 정전압충전으로의 전환시간으로부터 충전전류값이 0.5A에 이를 때까지의 시간이다.

정상의 재충전가능한 전지(a)에 대해서, 보유전기량 Q 에 대한 개로전압 V_{oc} 의 관계의 근사곡선의 함수식 $V_{oc}(Q)$, 정전류충전영역에서의 보유전기량 Q 에 대한 전지전압 V_{I_0} 의 관계의 함수식 $V_{I_0}(Q)$ 및 방전전류값 1.3A에서 방전시의 보유전기량 Q 에 대한 내부저항 R_{Id} 의 관계의 함수식 $R_{Id}(Q)$ 를 미리 얻었다.

또, 정상의 재충전가능한 전지(a)의 R_{I_0} 에 대한 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 내부저항 R_{I_0}' 과의 비 γ 는 하기 식(3):

$$\gamma = R_{I_0}'(Q_0'')/R_{I_0}(Q_0'') = \{V_{\max} - V_{oc}(Q'')\}/\{I_0 \times R_{I_0}(Q_0'')\} \quad \text{--- (3)}$$

에 의해 얻었다.

상기 식(3)에 있어서, $V_{\max} = 4.2V$, $I_0 = 1A$ 이다.

1.3A의 전류값에 의한 방전시의 정상의 재충전가능한 전지(a)의 전지전압 $V_d(Q)$ 는, 방전시의 내부전압 $R_{Id}(Q)$ 와 개로전압 $V_{oc}(Q)$ 에 관한 하기 함수식:

$$V_d(Q) = V_{oc}(Q) - I_d \times R_{Id}(Q)$$

으로 표현될 수 있다.

여기서, $I_d = 1.3A$ 에서 전지전압의 값이 2.75V(전지전압이 갑자기 감소됨)로 되면, 하기 식:

$$2.75 = Voc(Q) - 1.3 \times R_{Id}(Q)$$

이 성립된다.

이 식에 의해, 이 시간에서의 보유전기량 Q를 산출할 수 있다. 그리고, 전지전압이 2.75V로 될 때까지의 방전량은, 하기 식:

$$[1.3A에서의 방전량] = [공칭용량] - [보유전기량]$$

에 의해 산출할 수 있다.

여기서의 공칭용량은, 0.13A의 방전전류값에서의 방전시의 총방전량으로 대체할 수 있다.

검사대상 재충전가능한 전지(b')의 전기보유가능용량이 감소되지 않는 것으로 가정하면[이 검사대상 재충전가능한 전지를 이하 "검사대상 재충전가능한 전지(b)"라 칭함], 그 전지전압 $V_d'(Q)$ 는, 정상의 재충전가능한 전지(a)의 개로전압 $Voc(Q)$ 와 방전시의 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항 R_{Id} 에 관한 하기 식:

$$V_d'(Q) = Voc(Q) - I_d \times R_{Id}'(Q)$$

으로 표현될 수 있다.

내부저항에 관한 상기 비 γ 가 방전시에도 변화하지 않는 것으로 가정하면, 하기 식:

$$R_{Id}'(Q) = \gamma \times R_{Id}(Q) \text{ 또는 } V_d'(Q) = Voc(Q) - I_d \times \gamma \times R_{Id}(Q)$$

이 성립된다.

여기서, $I_d = 1.3A$ 에서 전지전압이 2.75V이면, 하기 식:

$$2.75 = Voc(Q') - 1.3 \times \gamma \times R_{Id}(Q')$$

이 성립된다.

이 식에 의해, 이 때의 검사대상 재충전가능한 전지(b'')의 보유전기량 Q'를 산출할 수 있다. 그리고, 전지전압이 2.75V로 될 때까지의 검사대상 재충전가능한 전지(b'')의 방전량은, 하기 식:

$$[1.3A에서의 방전량] = [공칭용량] - [보유전기량]$$

에 의해 산출될 수 있다.

그러나, 사실상, 검사대상 재충전가능한 전지(b')는 감소된 전기보유가능용량을 지니므로, 그 전기보유가능용량은, 미리 계산한 바와 같은 정상의 재충전가능한 전지(a)의 전기보유가능용량의 D배이다. 그리고, 1.3A의 방전전류값에서의 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 방전량은, 검사대상 재충전가능한 전지(b'')의 방전량의 D배로 추정할 수 있다.

이제, 측정된 1.3A의 방전전류값에서의 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 실제 방전량과 측정된 방전량을 상기 추정된 방전량과 비교하였다.

상기에서 얻어진 결과를 하기 표 2에 일괄적으로 표시한다.

하기 표 2에 표시한 결과로부터, 측정된 방전량과 추정된 방전량간의 오차는, 하기 식:

$$\{([측정된 방전량] - [추정된 방전량]) / [측정된 방전량]\} \times 100, \text{ 즉 } \{(945 - 919) / 919\} \times 100 = 2.8\%$$

에 의해 산출될 수 있다.

즉, 상기 오차는 2.8%인 것으로 확인되었다.

그 결과, 이하의 사실을 알 수 있었다. 본 발명의 검출방법에 의하면, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항에 관한 내부정보는, 상당히 고정확도로 얻을 수 있다. 그리고, 내부저항에 관한 획득한 내부정보로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 방전량을 추정할 수 있다.

이와 별도로, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항에 관한 내부정보는, 상기 방식과는 다른 후술하는 방식에 의해 얻어질 수 있다.

저항기가 직렬로 접속된 경우 대응하는 정상의 재충전가능한 전지(검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서)의 정전압충전곡선이 상기 식(7)로서 얻어진 경우, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항은 식(7)로부터 얻어질 수 있다. 보다 구체적으로는, 실시예 1에 있어서의 정상의 재충전가능한 전지(a)와 검사대상 재충전가능한 전지(b')를 참조해서 설명하면, 전기보유가능용량감소계수 D와 전류값이 검사대상 재충전가능한 전지(b')에 대한 정전류충전시의 전류값의 1/2에 이른 때의 시간 t_M' 로부터 얻어진 값 $t_M'/D(=t_M)$ 를, 식(7)의 시간 t에 대입하면, 정전류충전시의 전압값의 1/2, 즉, 0.5A에 해당하는 전류값이 얻어진다. 따라서, 정상의 재충전가능한 전지(a)로부터 증가된 저항크기에 상당하는 저항값 r_s 가 산출된다. 여기서, 정상의 재충전가능한 전지의 내부저항값 R_0 가 미리 얻어져 있다면, 검사대상 재충전가능한 전지(b')의 내부저항값은 $R_0 + r_s$ 로 된다. 이와 같이 해서, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항에 관한 정보를 얻을 수 있다.

실시예 3

이 실시예에 있어서는, 하기의 점 이외에는 실시예 1의 절차를 반복하였다.

재충전가능한 전지(b)를 70℃의 분위기중에 1주간 유지함으로써 열화시켰다. 이와 같이 해서 열화된 재충전가능한 전지를 검사대상 재충전가능한 전지(c)로 하였다.

검사대상 재충전가능한 전지(c)는, 개로전압의 시간경과에 따른 확인된 변화크기로부터 단락되어 있지 않은 것으로 확인되었다. 검사대상 재충전가능한 전지(c)를, 전지전압이 4.2V에 이를 때까지 1A의 정전류값에서 충전한 후, 총 충전시간 2.5시간이 될 때까지 4.2V의 정전압에서 충전하는 정전류-정전압방식으로 충전하였고, 여기서, 4.2V의 정전압충전으로의 전환시각으로부터 충전전류값이 0.5A에 이를 때까지의 시간 t_M' 와 4.2V에서의 정전압충전에 의해 충전된 전기량 Q_{CV} 를 측정하였다.

정전압충전방식에서의 전류값의 시간경과에 따른 변화로부터, 검사대상 재충전가능한 전지(c)는, 단락되어 있지 않은 것으로 확인되었다.

다음에, 실시예 1에 있어서의 정상의 재충전가능한 전지(a)의 측정값에 의거해서, 정상의 재충전가능한 전지(a)의 전기보유가능용량에 대한 검사대상 재충전가능한 전지(c)의 전기보유가능용량의 감소비를 산출하였다.

그 후, 전지전압이 2.75V에 이를 때까지 0.13A의 정전류값에서 검사대상 재충전가능한 전지(c)를 방전시키고, 이때의 검사대상 재충전가능한 전지의 충전된 전기량을 측정하였다. 얻어진 충전된 전기량을, 검사대상 재충전가능한 전지(c)의 전기보유가능용량으로 하였다.

상기에서 얻어진 결과를 하기 표 3에 일괄적으로 표시한다.

표 3에 표시한 결과로부터, 전기보유가능용량비에 대한 측정치와 계산치간의 오차는, 하기 식:

$$\{[0.987-0.969]/0.987\} \times 100 = 1.8\%$$

에 의해 산출될 수 있다.

즉, 상기 오차는 1.8%인 것으로 확인되었다.

이와 별도로, 본 발명의 검출방법에 의하면, 산출된 D값으로부터(실시예 1 참조), 대응하는 정상의 재충전가능한 전지(검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서)의 공칭용량을 미리 알고 있다면 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량을 산출할 수 있다. 또한, 본 발명의 검출방법에 의하면, 전기보유가능용량을 알지 못하는 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량은, 해당 재충전가능한 전지를 방전시키는 일없이 정전류-정전압충전의 정전압충전영역에서의 충전전류의 측정치로부터 양호한 정확도로 용이하게 산출할 수 있다.

실시예 4

본 실시예에서는, 실시예 3에서 사용한 검사대상 재충전가능한 전지(c)에 대해서, 내부저항에 관한 내부정보를 획득하고 1C의 정방전전류에서 검사대상 재충전가능한 전지의 방전량을 실시예 2와 마찬가지로 방법으로 추정하였다. 추정된 방전량을, 검사대상 재충전가능한 전지의 측정된 방전량과 비교하였다.

이 실시예에서 얻어진 결과를 하기 표 4에 일괄적으로 표시한다.

하기 표 4에 표시한 결과로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 추정된 방전량과 측정된 방전량간의 오차는, 하기 식:

$$\{([추정된 방전량]-[측정된 방전량])/[추정된 방전량]\} \times 100, \text{ 즉 } \{(1246-1234)/1246\} \times 100 = 1.0\%$$

에 의해 산출될 수 있다.

즉, 상기 오차는 1.0%인 것으로 확인되었다.

그 결과, 본 발명의 검출방법에 의하면, 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항에 관한 내부정보는, 양호한 정확도로 얻을 수 있고, 내부저항에 관한 상기 정보로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 방전량을 고정확도로 추정할 수 있다.

실시에 1 내지 4의 평가결과로부터, 이하의 사실을 알 수 있다. 즉, 본 발명의 검출방법에 의하면, 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 및 그 내부저항에 관한 내부정보를 용이하게 획득할 수 있다. 이것으로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 실제적인 방전량을 고정확도로 추정할 수 있고, 검사대상 재충전가능한 전지의 잔존수명을 추정할 수 있다. 또, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 또는 방전량의 정확성 높은 추정 에 의해, 검사대상 재충전가능한 전지를 전원으로 사용하는 기기의 잔존활성기간을 정확하게 검출하는 것이 가능 하다.

또한, 실시예 1 내지 4에 있어서는, 1종류의 시판의 리튬이온 재충전가능한 전지를 이용하였으나, 이것으로 한정되 는 것은 아니다. 다양한 종류 혹은 다양한 타입의 다른 재충전가능한 전지를, 정전류-정전압충전방식에 의해 충전 가능한 한, 본 발명의 검출방법에 의해 그들의 내부정보의 검출에 사용할 수 있다. 또, 실시예 1 내지 4에서는, 1개 의 셀의 내부정보를 검출하는 예를 기재하였으나, 이것으로 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 검출방법에 의하면, 복수의 셀이 직렬접속, 병렬접속 혹은 직병렬접속된 각종 전지팩에 대해, 그들의 참조표준으로 되는 대응하는 정상 의 전지팩의 미리 획득한 데이터에 의거해서 그들의 내부정보를 검출할 수 있다.

표 1.

	충방전사이클을 반복하지 않은 전지(정상)	충방전사이클을 200회 반복한 후의 전지(열화됨)
0.5A에 도달한 시간 t_M, t_M' (초)	753	2341
정전압에 의한 충전전기량 Q_{CV}, Q_{CV}' (mAh)	340	755
D(계산치)	1.0	0.799
총방전량	1304	1015
총방전량비(= 전기보유가능용량 비)	1.0	0.779

표 2.

	검사대상 전지
전기보유가능용량비	0.779
정전류충전에 의한 보유전기량 Q_0''	345
$\gamma = R_{I0}'(Q_0'')/R_{I0}(Q_0'')$	2.09
1.3A에서의 추정된 방전량(mAh)	945
1.3A에서의 측정된 방전량(mAh)	919

표 3.

	충방전사이클을 반복하지 않은 전지(정상)	충방전사이클을 200회 반복한 후의 전지(열화됨)
0.5A에 도달한 시간 t_M, t_M' (초)	753	1723
정전압에 의한 충전전기량 Q_{CV}, Q_{CV}' (mAh)	340	605
D(계산치)	1.0	0.969
총방전량	1304	1287
총방전량비(= 전기보유가능용량 비)	1.0	0.987

표 4.

	검사대상 전지
전기보유가능용량비	0.969
정전류충전에 의한 보유전기량 Q_0''	695

$\gamma = R_{I0}'(Q_0'')/R_{I0}(Q_0'')$	1.59
1.3A에서의 추정된 방전량(mAh)	1234
1.3A에서의 측정된 방전량(mAh)	1246

발명의 효과

이상의 상세한 설명으로부터 이해할 수 있는 바와 같이, 본 발명의 검출방법에 의하면, 정전류-정전압충전방식의 정전압충전방식에 있어서의 충전전류값의 측정으로부터 주어진 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 간단한 방법에 의해 고정확도로 검출하는 것이 가능하다. 상기 전지의 내부정보의 이 검출에 의해서, 재충전가능한 전지를 전원으로 사용하는 기계장치를 포함하는 기기의 전원의 제어를 용이하게 수행할 수 있고, 해당 기기의 잔존활성기간, 충전타이밍 및 전지교환에 필요한 타이밍을, 미리 용이하게 알 수 있다. 이와 같이 해서, 본 발명의 검출방법을 사용하는 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 본 발명의 검출장치를, 재충전가능한 전지를 전원으로 사용하는 전지팩, 충전기, 혹은 기계장치를 포함한 기기에 부가함으로써, 재충전가능한 전지의 성능의 최적화가 가능한 동시에 이러한 기기의 성능을 최적화하는 것이 가능하다. 또한, 본 발명의 검출장치를 출하전에 재충전가능한 전지가 양품인지 불량품인지의 여부를 검사하는 검사기에 부가함으로써, 출하검사를 고정확도로 행할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

검사하고자 하는 재충전가능한 전지(이하, 이 재충전가능한 전지를 "검사대상 재충전가능한 전지"라 칭함)가, 정전류값 I_0 에서 충전개시되고, 상기 재충전가능한 전지의 전지전압이 소정의 전압값 V_{max} 에 이른 후, 그 종료시까지 정전압 V_{max} 에서 정전압충전방식으로 충전된 경우, 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법에 있어서, 적어도,

정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 V_{max} 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하고, 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값 I를 측정하는 공정(A);

상기 정전압충전방식에서의 정전압충전으로의 전환시각으로부터 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값 I가 주어진 전류값 I_M 에 이른 시각까지의 시간을 얻는 공정(B);

상기 정전압충전방식에서의 검사대상 재충전가능한 전지의 충전된 전기량을 얻는 공정(C); 및

상기 정상의 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식에 의해 충전될 때, 전지의 충전전류특성은 정전압충전시간(t)에 대한 충전전류값 I_N 과의 관계 $I_N(t)$ 를 포함하고, 정전압 충전방식에서 검사대상 재충전가능한 전지의 참고표준으로서 대응하는 정상의 재충전가능한 전지의 충전전류특성을 조회하는 공정(D)으로 이루어진 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 2.

삭제

청구항 3.

제 1항에 있어서, 검출된 내부정보가, 검사대상 재충전가능한 전지의 각각의 단락의 유무, 전기보유용량, 내부저항, 충전전기량, 잔존용량(= 현재 보유된 전기량 = 방전가능한 용량), 검사대상 재충전가능한 전지가 아직까지 기기를 동작시킬 수 있는 현재 잔존 전기량 및 이들 항목의 조합을 포함하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 정전압충전방식에서의 충전시간이 무한대로 될 때 상기 충전전류값이 양의 값을 취할 경우, 상기 검사대상 재충전가능한 전지가 단락된 것으로 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 5.

제 1항에 있어서, 상기 정전압충전방식에서의 충전시간이 무한대로 될 때 상기 충전전류값이 실질적으로 0(영)으로 수렴하는 경우, 상기 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되지 않은 것으로 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 6.

제 4항에 있어서, 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값의 변화로부터, 충전시간이 무한대로 경과한 때의 충전전류값의 수렴값을 계산하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 7.

제 1항에 있어서, 상기 관계 $I_N(t)$ 는, 정상 재충전가능한 전지의 미리 측정된 데이터, 상기 측정된 데이터로부터 얻어진 함수식 및 컴퓨터에 의한 시뮬레이션에 의해 얻어진, 상기 측정된 데이터에 의거한 함수식을 포함하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 8.

제 1항에 있어서, 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_{min} 보다도 적게 된 때 또는 충전개시시로부터 주어진 시간 t_f 가 경과한 때에 충전을 종료하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 9.

제 1항에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지가 단락되었는 지의 여부를 판정하는 공정(E)을 또 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 10.

제 1항에 있어서, 상기 정전압충전방식으로 충전된 전기량은, 충전이 종료될 때까지 충전되는 전기량 또는 전류값이 실질적으로 0(영)으로 될 때까지 충전된 전기량인 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 11.

제 10항에 있어서, 전류값이 실질적으로 0(영)으로 될 때까지 충전된 전기량은, 정전압충전방식에서의 충전전류값의 변화로부터 외삽한 값 또는 상기 변화로부터 계산한 값인 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 12.

제 1항에 있어서, 상기 검사대상 재충전가능한 전지는 단락되어 있지 않은 검사대상 재충전가능한 전지이고; 해당 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 정전류값 I_0 에서의 충전이 정전압 V_{max} 에서의 충전으로 전환된 때로부터 전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 될 때까지의 시간이 t_M' 인 경우, 그리고, 정상 재충전가능한 전지에 대해서, 정전류값 I_0 에서의 충전이 정전압 V_{max} 에서의 충전으로 전환된 때로부터 전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 될 때까지의 시간이 t_M 인 경우; 해당 검사대상 재충전가능한 전지를 하기와 같이 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법:

(i) $(t_M' - t_M) > a > 0$ (a는 재충전가능한 전지의 종류에 의해 결정된 상수임)인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 정상 재충전가능한 전지보다도 내부저항이 큼 및

(ii) $(t_M - t_M') > b > 0$ (b는 재충전가능한 전지의 종류에 의해 결정된 상수임)인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 정상 재충전가능한 전지보다도 전기보유가능용량이 적음.

청구항 13.

제 1항에 있어서, 상기 검사대상 재충전가능한 전지는, 단락되어 있지 않은 검사대상 재충전가능한 전지이고; 해당 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서 정전압충전방식으로 정전압 V_{max} 로 충전된 전기량이 Q_{CV}' 이고, 정상 재충전가능한 전지에 대해서 정전압충전방식으로 정전압 V_{max} 로 충전된 전기량이 Q_{CV} 인 경우; 상기 검사대상 재충전가능한 전지를, 하기와 같이 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법:

(iii) $(Q_{CV}' - Q_{CV}) > c > 0$ (c는 재충전가능한 전지의 종류에 의해 결정된 상수임)인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 정상 재충전가능한 전지보다도 내부저항이 큼 및

(vi) $(Q_{CV} - Q_{CV}') > d > 0$ (d는 재충전가능한 전지의 종류에 의해 결정된 상수임)인 경우, 검사대상 재충전가능한 전지는 정상 재충전가능한 전지보다도 전기보유가능용량이 적음.

청구항 14.

제 1항에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지는, 단락되어 있지 않고, 정상 재충전가능한 전지보다도 전기보유가능용량이 D배(D 는 $0 < D \leq 1$ 의 상수임)인 검사대상 재충전가능한 전지이며; 상기 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 정전류값 I_0 에서의 충전을 정전압 V_{max} 에서의 충전으로 전환한 때부터 전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된

때까지의 시간을 t_M' 라 하고, 정전압충전방식에서의 정전압 V_{max} 에서 충전된 전기량이 Q_{cv}' 이고, 정상의 재충전가능한 전지에 대해서, 정전류값 I_0 에서의 충전이 정전압 V_{max} 에서의 충전으로 전환된 때로부터 전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 될 때까지의 시간이 t_M 이고, 정전압충전방식에서의 정전압 V_{max} 에서 충전된 전기량이 Q_{cv} 인 경우; 상기 검사대상 재충전가능한 전지는, 하기 식(1):

$$D = (Q_{cv}' - I_0 \times t_M') / (Q_{cv} - I_0 \times t_M) \text{ ---- (1)}$$

로부터 정상의 재충전가능한 전지의 D배의 전기보유가능용량을 지니는 것으로 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 15.

제 14항에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량은, 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 C로부터 $C' = C \times D$ 가 되도록 계산하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 16.

제 9항에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지는, 해당 재충전가능한 전지가 충전되거나, 방전되거나, 또는 충전이나 방전을 행함이 없이 정지된 경우 그 내부상태를 검출함으로써 단락의 여부를 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 17.

제 16항에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지는, 정전류충전방식시의 전지전압의 증가율, 정전압충전방식시의 충전전류의 감소율, 방전시의 전지전압의 감소율 및 정지시의 개로전압의 변화크기로 이루어진 군으로부터 선택된 인자의 적어도 1종을 조회함으로써 단락의 여부를 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 18.

제 17항에 있어서, 정전류값 I_0 에서의 충전으로부터 정전압 V_{max} 에서의 충전으로의 전환시각에 의거해서, 상기 전환시각이전의 단계의 t_{cc} 시각에서의 전지전압 V_{cc} (정전류충전방식)에서 시간(t)당의 증가율 $\Delta V_{cc} / \Delta t$ 에 관해서, 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 증가율 $\Delta V_{cc} / \Delta t$ 을 정상의 재충전가능한 전지의 증가율과 비교해서;

(v) 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 증가율이 정상의 재충전가능한 전지보다도 클 경우, 해당 검사대상 재충전가능한 전지는, 증가된 내부저항 혹은 감소된 전기보유가능용량 혹은 증가된 내부저항 및 감소된 전기보유가능용량을 지니는 것으로 판정하고;

(vi) 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 증가율이 정상의 재충전가능한 전지보다도 적을 경우, 해당 검사대상 재충전가능한 전지는, 감소된 내부저항을 지니거나 단락된 것으로 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 19.

제 1항에 있어서, 상기 주어진 전류 I_M 은 정전류충전시 전류값 I_0 에 대해서 $0.4 \times I_0 \leq I_M \leq 0.6 \times I_0$ 의 범위인 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 20.

제 1항에 있어서, 상기 주어진 전류 I_M 은 정전류충전시의 전류값 I_0 의 1/2인 $I_M = 0.5 \times I_0$ 인 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 21.

제 2항에 있어서, 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량은 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량의 D배이고, 검사대상 재충전가능한 전지에 대해서, 정전류값 I_0 에서의 정전류충전으로부터 정전압 V_{max} 에서의 정전압충전으로의 전환시각에서의 보유전기량을 Q_0' 라 하고, 상기 전환시각이래로 주어진 전류값 I_M 에 이를 때까지의 시간을 t_M' 라 하고, 정상의 재충전가능한 전지에 대해서, 상기 보유전기량을 Q_0 라 하고, 상기 시간을 t_M 이라 할 경우;

$Q_0''(Q_0'' = Q_0' / D)$ 는 하기 식(2):

$$Q_0'' = Q_0 - I_0 \times (t_M' / D - t_M) \text{ -----(2)}$$

로부터 얻어지고;

정상의 재충전가능한 전지의 보유전기량 Q와 개로전압 Voc와의 관계식 Voc(Q)로부터, 그리고, 정전류 I₀에서의 정전류충전방식에서의 정상의 재충전가능한 전지의 내부저항 R_{I0}과 상기 보유전기량 Q와의 관계식 R_{I0}(Q)로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 보유전기량이 Q₀''일 경우의 정상의 재충전가능한 전지의 개로전압 및 내부저항이 각각 Voc(Q₀'') 및 R_{I0}(Q₀'')이고, 보유전기량 Q₀''을 지닌 검사대상 재충전가능한 전지의 내부저항이 R_{I0}'(Q₀'')라면;

하기 관계식(3):

$$R_{I0}'(Q_0'') / R_{I0}(Q_0'') = \{V_{\max} - Voc(Q_0'')\} / \{I_0(Q_0'') \times R_{I0}(Q_0'')\} \text{ ----(3)}$$

으로부터, 검사대상 재충전가능한 전지에 관한 내부정보를 검출하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 22.

제 21항에 있어서, 상기 정상의 재충전가능한 전지의 상기 관계식 Voc(Q)와 상기 관계식 R_{I0}(Q)는, 정상의 재충전가능한 전지의 미리 측정된 데이터, 상기 데이터로부터 얻어진 관계식 및 컴퓨터에 의한 시뮬레이션에 의해 상기 측정된 데이터에 의거해서 얻어진 관계식으로부터 선택된 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 23.

제 22항에 있어서, 상기 측정된 데이터는, 타입과 종류의 면에서 동일한 복수의 정상의 재충전가능한 전지로부터 얻어진 측정데이터를 평균함으로써 얻어진 평균데이터인 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 24.

제 14항에 있어서, 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량을 정상의 재충전가능한 전지의 D배인 것으로 판정한 후, 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 C_N, 방전전류 i 및 온도 T에 의해 결정된 보정계수 f(i, T)로부터, 정상의 재충전가능한 전지의 총 방전전기량 C_d를 C_d = C_N × f(i, T)라 표현가능하고, 검사대상 재충전가능한 전지의 총 방전전기량 C_d'를 C_d' = D × C_N × f(i, T)라 표현가능한 것으로 가정하여, 검사대상 재충전가능한 전지를 전원으로 사용하는 기기에 대해서, 해당 기기의 평균소비전류를 i, 해당 기기의 평균소비전력을 p, 검사대상 재충전가능한 전지의 평균전지전압을 V_m이라 하면, 해당 기기의 잔존활성기간 h는, 식 h = (D × C_d)/i 또는 h = (V_m × D × C_d)/p에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 25.

제 21항에 있어서, 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 C_N, 방전전류 i 및 온도 T에 의해 결정된 보정계수 f(i, T)로부터, 그리고, 제 21항에 규정된 식(3)으로부터 얻어진 내부저항에 대한 내부정보로서 R_{I0}'(Q₀')/R_{I0}(Q₀')에 비례하는 보정계수 r로부터, 검사대상 재충전가능한 전지의 총 방전전기량 C_d'를 C_d' = (1/r) × (D × C_N) × f(i, T) = (V_r) × D × C_d라 표현가능한 것으로 가정하여, 검사대상 재충전가능한 전지를 전원으로 사용하는 기기에 대해서, 해당 기기의 평균소비전류를 i, 해당 기기의 평균소비전력을 p, 검사대상 재충전가능한 전지의 평균전지전압을 V_m이라 하면, 해당 기기의 잔존활성기간 h는, 식 h = (1/r) × (D × C_d)/i 또는 h = (1/r) × (V_m × D × C_d)/p(여기서 C_d = C_N × f(i, T)임)에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 26.

제 24항 또는 제 25항에 있어서, 충전전류 i 및 온도 T에 의해 결정된 보정계수 f(i, T)에 있어서, 정상의 재충전가능한 전지를 이용해서 얻어진 미리 측정된 데이터, 상기 데이터에 의거해서 얻어진 함수식, 컴퓨터에 의해 시뮬레이션에 의해 얻어진 충전특성에 대한 데이터 혹은 함수식을 선택적으로 사용하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 27.

제 14항에 있어서, 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 D값이 주어진 값보다도 적을 경우, 해당 검사대상 재충전가능한 전지는 그 수명이 종료한 것으로 판정하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 28.

제 1항에 있어서, 상기 재충전가능한 전지가 리튬의 산화환원반응을 이용하는 재충전가능한 리튬전지인 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출방법.

청구항 29.

검사대상 재충전가능한 전지가, 정전류값 I_0 에서 충전개시되고, 전지전압이 소정의 전압값 V_{max} 에 이른 후, 그 종료시까지 정전압 V_{max} 에서 충전을 행하는 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치에 있어서, 적어도,

검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 충전전류값 I 를 측정하는 수단;

정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 V_{max} 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하는 수단;

상기 정전압충전방식에서 정전압충전으로의 전환시각으로부터 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값 I 가 주어진 전류값 I_M 에 이른 시각까지의 시간을 얻는 수단;

상기 정전압충전방식에 의한 충전전류량을 얻는 수단; 및

전지의 특성정보는 정전압 충전시간(t)에 대한 충전전류값 I 와의 관계 $I(t)$ 를 포함하고, 내부에 기억되어 있는 상기 검사대상 재충전가능한 전지에 대한 참고표준으로서 정상 재충전가능한 전지의 특성의 정보를 지니고 있는 기억수단을 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치.

청구항 30.

제 29항에 있어서, 상기 충전전기량을 얻는 수단은, 산술연산에 의해 상기 충전전기량을 얻는 산술수단을 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치.

청구항 31.

제 30항에 있어서, 상기 산술수단은 상기 충전전류값 I 및/또는 상기 경과시간(t)의 정보를 이용해서 산술연산을 행하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치.

청구항 32.

삭제

청구항 33.

삭제

청구항 34.

검사대상 재충전가능한 전지가, 정전류값 I_0 에서 충전개시되고, 전지전압이 주어진 전압값 V_{max} 에 이른 후, 그 종료시까지 정전압 V_{max} 에서 충전을 행하는 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치에 있어서, 적어도, 상기 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 충전전류값 I 를 측정하는 수단; 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 V_{max} 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M)을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} 를 측정하는 수단; 대응하는 정상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 정상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(또는 공칭용량) C_N 과 해당 정상 재충전가능한 전지의 내부정보(해당 내부정보는, 정전압충전방식의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M)과 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} 를 포함함)가 기억되어 있는 기억수단; 및 상기 기억수단에 기억되어 있는 정상 재충전가능한 전지의 상기 C_N , t_M 및 Q_{CV} 및 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 t_M 및 Q_{CV} 로부터 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량(C_N)을 계산하는 산술수단을 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치.

청구항 35.

검사대상 재충전가능한 전지가, 정전류값 I_0 에서 충전개시되고, 전지전압이 주어진 전압값 V_{max} 에 이른 후, 그 종료시까지 정전압 V_{max} 에서 충전을 행하는 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 검사대상 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치에 있어서, 적어도, 상기 검사대상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방

식으로 충전된 경우 충전전류값 I 를 측정하는 수단; 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식을 정전압 $V_{\max}$ 에서의 정전압충전방식으로 전환한 때로부터의 경과시간(t)을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M)을 측정하는 수단; 상기 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} 를 측정하는 수단; 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 참조표준으로서의 대응하는 정상 재충전가능한 전지가 정전류-정전압충전방식으로 충전된 경우 해당 정상의 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량 C_N 과 해당 정상의 재충전가능한 전지의 내부정보(해당 내부정보는, 정전압충전방식에서의 충전전류값이 주어진 전류값 I_M 으로 된 때의 시간(t_M)과 정전압충전방식에서의 충전된 전기량 Q_{CV} 를 포함함)가 기억되어 있는 기억수단; 상기 정상의 재충전가능한 전지의 또 다른 내부정보(해당 또 다른 내부정보는, 정전류값 I_0 에서의 정전류충전방식에서의 보유전기량 Q 에 대한 개로전압 Voc 의 관계식 $Voc(Q)$ 과 보유전기량 Q 에 대한 내부저항 R_{I0} 의 관계식 $R_{I0}(Q)$ 을 포함함)가 기억되어 있는 기억수단; 및 검사대상 재충전가능한 전지의 상기 측정된 정보 및 정상의 재충전가능한 전지의 특성에 관한 상기 기억된 정보로부터 검사대상 재충전가능한 전지의 전기보유가능용량과 내부저항에 관한 내부정보를 획득하는 산술수단을 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치.

청구항 36.

제 35항에 있어서, 상기 정상의 재충전가능한 전지의 상기 관계식 $Voc(Q)$ 과 상기 관계식 $R_{I0}(Q)$ 는, 상기 정상의 재충전가능한 전지를 이용해서 미리 획득한 데이터표 혹은 함수식을 포함하는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치.

청구항 37.

제 29항에 있어서, 상기 측정수단으로부터 획득한 정보 및/또는 상기 검사대상 재충전가능한 전지의 획득한 내부정보에 관한 정보를 출력하거나 표시하는 수단을 또 구비한 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 검출장치.

청구항 38.

1개 이상의 재충전가능한 전지유닛을 구비하고, 제 29항에 기재된 검출장치가 부가되어 있는 것을 특징으로 하는 전지팩.

청구항 39.

제 38항에 있어서, 상기 전원으로서 상기 전지팩을 이용하는 기기를 지닌 통신수단을 지니는 것을 특징으로 하는 전지팩.

청구항 40.

제 38항에 있어서, 상기 측정수단으로부터 획득한 정보 및/또는 검사대상 재충전가능한 전지의 획득한 내부정보에 관한 정보를 출력하거나 표시하는 수단을 지닌 것을 특징으로 하는 전지팩.

청구항 41.

제 29항에 기재된 검출장치가 부가되어 있는 것을 특징으로 하는 기계장치.

청구항 42.

제 41항에 있어서, 상기 기계장치는, 재충전가능한 전지가 양품인지 불량품인지의 여부를 검사하는 검사장비, 재충전가능한 전지를 충전하기 위한 충전기, 휴대용 기기(스마트폰, 개인용 디지털조종장치 및 휴대형 컴퓨터를 포함함) 및 이동체(자전거, 자동차, 선박, 항공기 및 우주선을 포함함)로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 특징으로 하는 기계장치.

청구항 43.

제 41항에 있어서, 측정수단으로부터 획득한 정보 및/또는 검사대상 재충전가능한 전지의 획득한 내부정보에 관한 정보를 출력하거나 표시하는 수단을 지닌 것을 특징으로 하는 기계장치.

청구항 44.

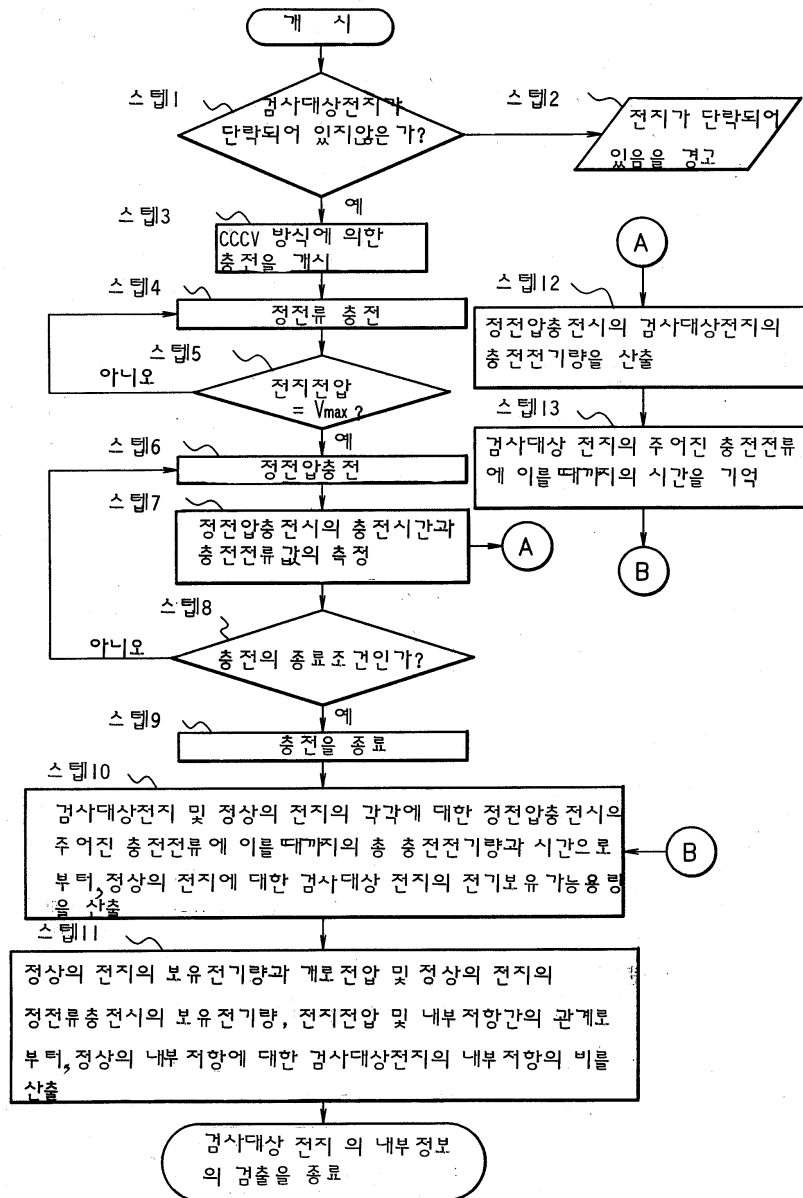
재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 프로그램에 있어서, 상기 프로그램이 제 1항에 기재된 검출방법을 수행하고 있는 것을 특징으로 하는, 재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 프로그램.

청구항 45.

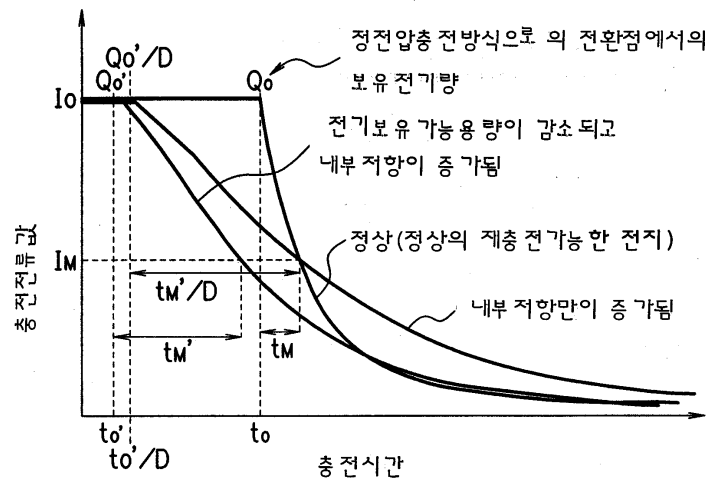
재충전가능한 전지의 내부정보를 검출하는 기억매체에 있어서, 제 44항에 기재된 프로그램이 저장되어 있는 것을 특징으로하는 기억매체.

도면

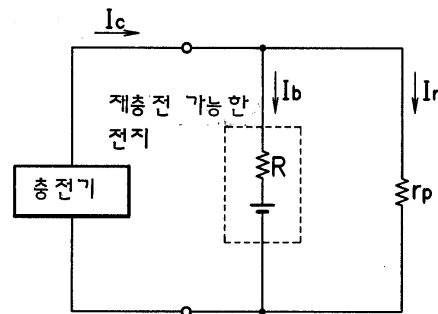
도면1



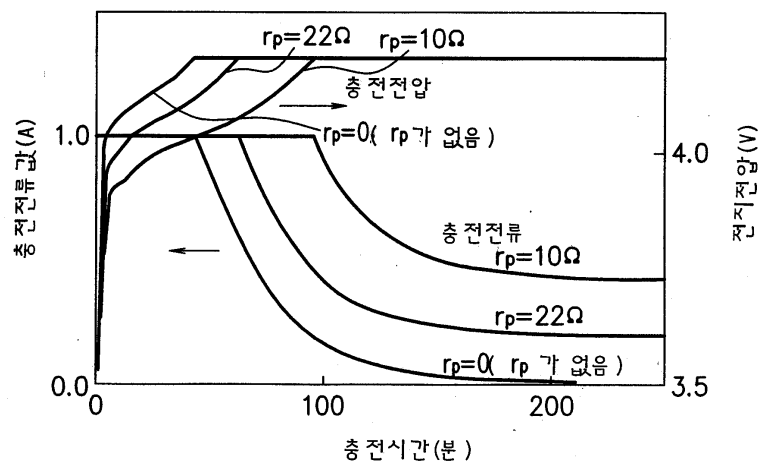
도면2



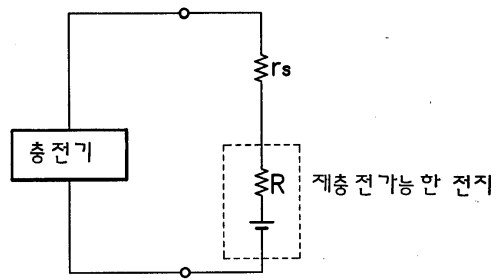
도면3a



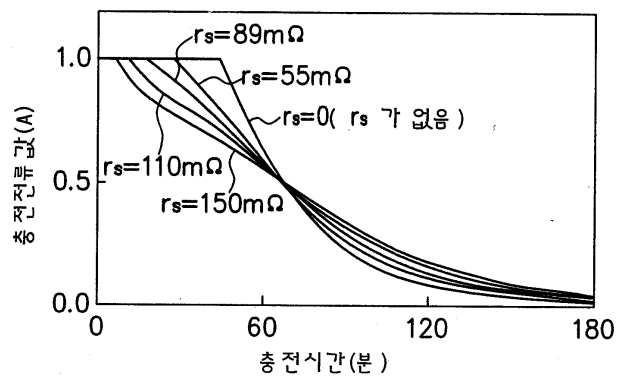
도면3b



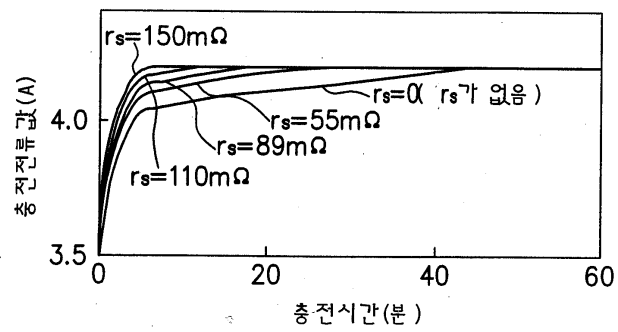
도면4a



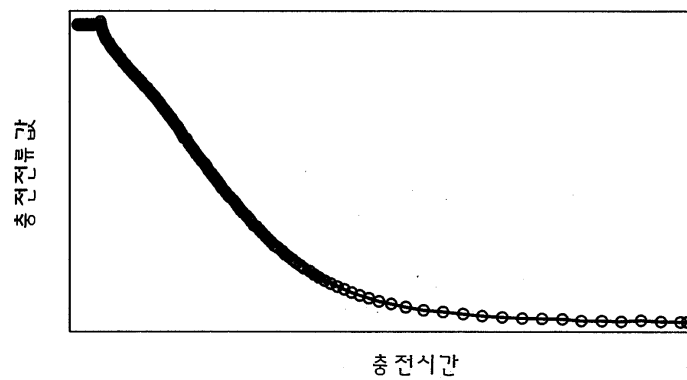
도면4b



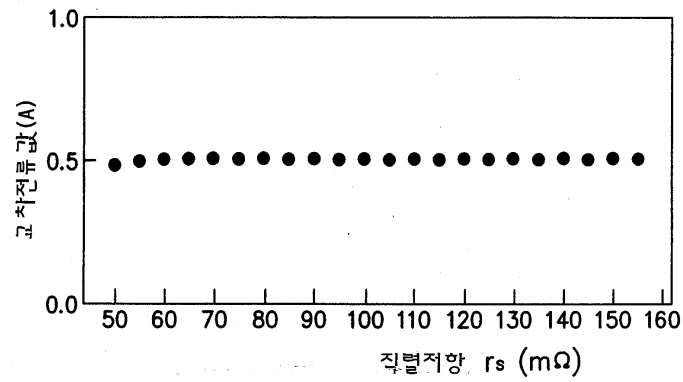
도면4c



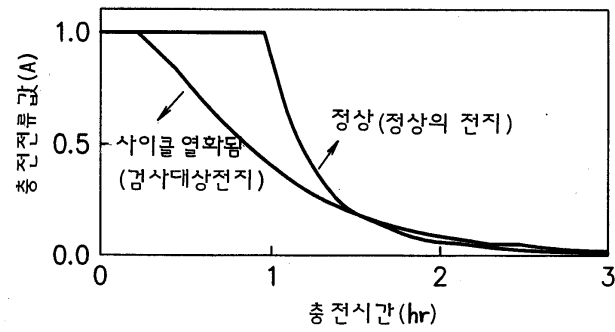
도면5a



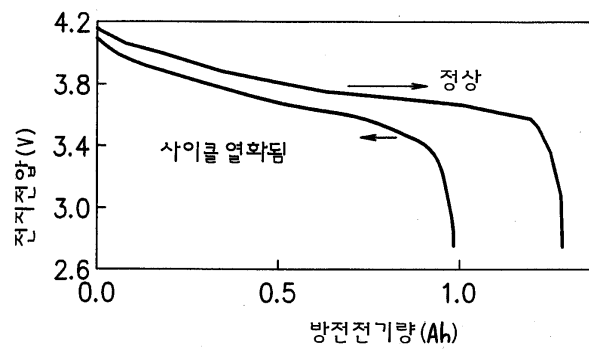
도면5b



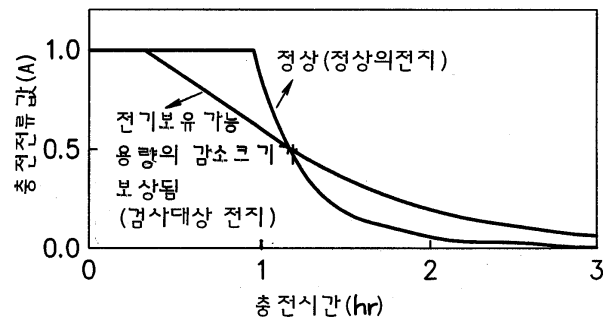
도면6a



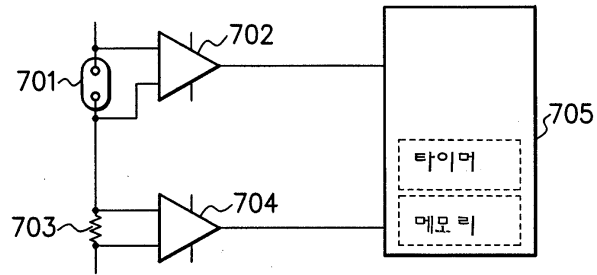
도면6b



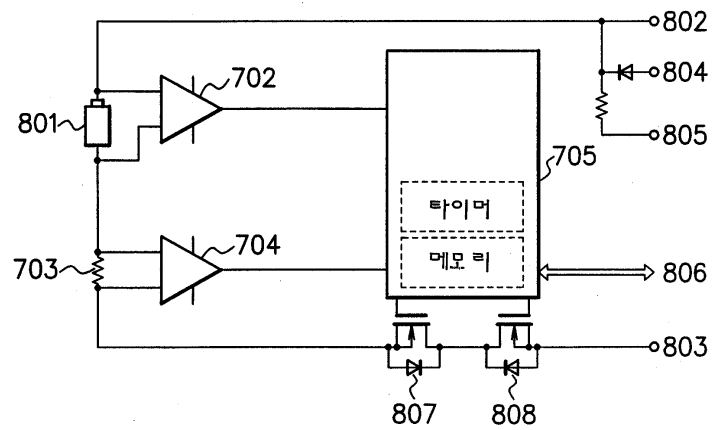
도면6c



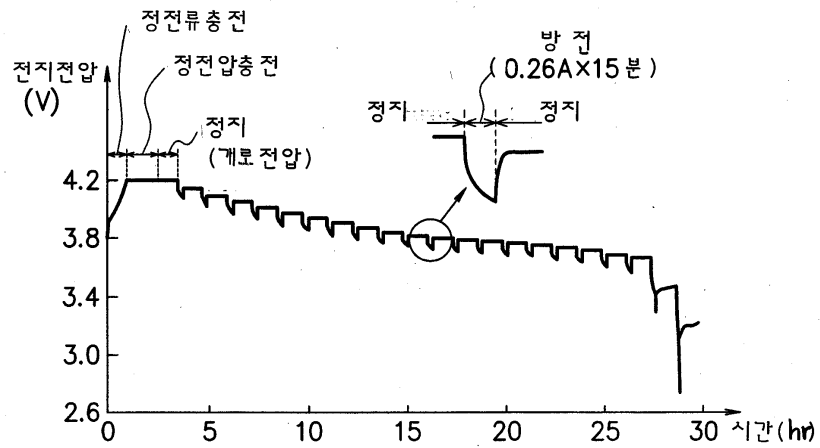
도면7



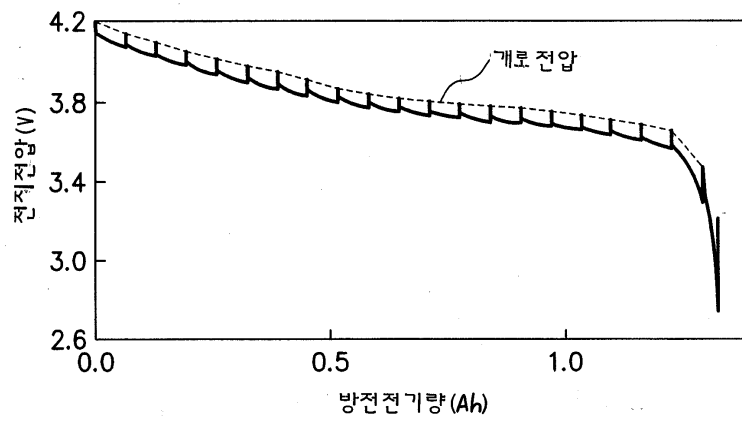
도면8



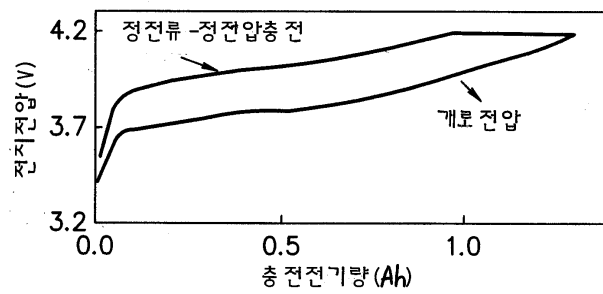
도면9



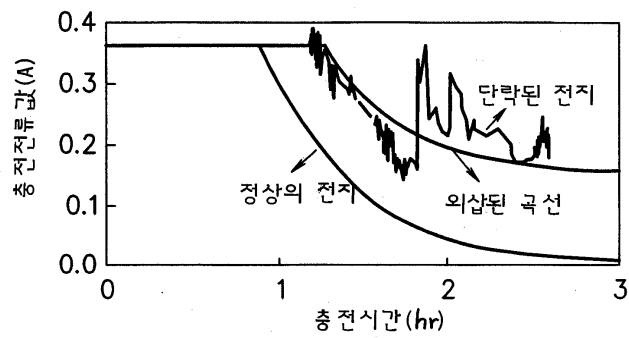
도면10



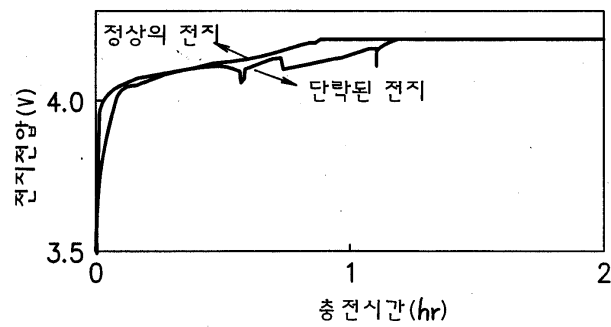
도면11



도면12a



도면12b



도면12c

