

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0107923 (43) 공개일자 2012년10월04일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>H01M 10/44</i> (2006.01) <i>H01M 2/16</i> (2006.01)		(71) 출원인 리-텍 배터리 게엠베하 독일 카멘쯔 (우편번호 01917) 암 비젠그룬트 7
(21) 출원번호 10-2012-7003291		(72) 발명자 쇠퍼 팀 독일 99762 나이더사흐스베르펜 암 스포트플라츠 15
(22) 출원일자(국제) 2010년06월22일 심사청구일자 없음		구트쉬 안드레아스 독일 59348 뢰딩하우젠 뢰테-콜비츠-스트라췌 4
(85) 번역문제출일자 2012년02월07일		
(86) 국제출원번호 PCT/EP2010/003810		
(87) 국제공개번호 WO 2011/003513 국제공개일자 2011년01월13일		
(30) 우선권주장 10 2009 032 050.4 2009년07월07일 독일(DE)		(74) 대리인 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **고속 충전이 가능한 2차 전지**

(57) 요약

본 발명은 고속 충전 능력을 가진 2차 전지, 특히 리튬-이온 2차 전지에 관한 것이다. 상기 2차 전지는 하나 이상의 전기화학적 셀 및 전기 충전 제어 시스템을 가지며, 상기 전기화학적 셀은 2개 이상의 전극 및 하나 이상의 세퍼레이터를 가지고, 상기 충전 제어 시스템은, 적어도 일시적으로 특히 1C 이상인 충전 전류값을 가진 상대적 충전 전류를 제공하도록, 2차 전지를 충전하는 공정을 모니터링하도록 설계되어 있고, 상기 세퍼레이터는 하나 이상의 무기질 성분을 가진 이온-전도성 물질로 구성된다. 본 발명은 또한, 특히 리튬-이온 2차 전지, 2차 전지용 충전 제어 시스템, 2차 전지용 전기화학적 셀, 그러한 전기화학적 셀용 하나 이상의 전극 및 세퍼레이터를 포함하는 장치, 및 2차 전지의 고속 충전 공정을 수행하는 방법에 관한 것이다.

특허청구의 범위

청구항 1

하나 이상의 갈바니 셀(galvanic cell) 및 전기 충전 제어 시스템을 가진 고속 충전 능력을 가진 2차 전지, 특히 리튬-이온 2차 전지로서,

상기 갈바니 셀은 2개 이상의 전극 및 하나 이상의 세퍼레이터를 포함하고,

상기 충전 제어 시스템은, 적어도 일시적으로, 충전 전류값을 가진 상대 충전 전류(relative charging current)를 제공하도록 구현되는 2차 전지의 충전 공정을 제어하며[상기 상대 충전 전류는 2차 전지의 용량에 관해 표현되는 충전 전류임(단위: C(A/Ah))],

상기 충전 전류 값은 1C 이상이고,

상기 세퍼레이터는 하나 이상의 무기질 성분을 포함하는 이온-전도성 물질을 포함하는 코팅을 포함하고,

상기 코팅은 충전 전류가 존재할 때 안정적하도록 구현되어 있는 것을 특징으로 하는,

2차 전지.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 갈바니 셀의 온도를 검출하기 위해, 상기 충전 제어 시스템에 할당된 온도 센서가 제공되어 있는 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 충전 제어 시스템은, 상기 갈바니 셀의 셀 온도 및 미리 설정된 제한 온도(limiting temperature)를 고려하여 상기 충전 공정을 제어하도록 설계되어 있는 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 충전 제어 시스템은 상기 셀 온도 및 상기 제한 온도에 따라 상기 충전 공정을 제어하고, 특히 상기 셀 온도가 상기 제한 온도에 도달하는 경우에 절대 충전 전류를 감소시키거나 거의 완전히 차단하는 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,

상기 제한 온도가 60℃ 내지 180℃ 범위, 바람직하게는 70℃ 내지 100℃ 범위, 바람직하게는 80℃ 내지 150℃ 범위, 바람직하게는 80℃ 내지 120℃ 범위, 바람직하게는 100℃ 내지 120℃ 범위인 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 6

제3항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제한 온도가 상기 세퍼레이터의 코팅용으로 선택된 물질에 따라 선택되는 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충전 제어 시스템은, 상기 2차 전지를, 전용량(full capacity)의 20%의 방전된 상태에서부터, 바람직하게는 60%, 85%, 또는 95%의 충전된 상태로 소정의 충전 시간 내에 충전시키도록 설계되어 있고, 이 충전 시간은 각각

의 경우에, 바람직하게는 최대 240분, 180분, 120분, 또는 90분 및 보다 바람직하게는 최대 60분, 45분, 30분, 15분, 5분 또는 1분인 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충전 전류값이, 바람직하게는 2C 이상, 4C 이상, 6C 이상, 8C 이상, 10C 이상, 12C 이상, 15C 이상, 20C 이상, 40C 이상, 80C 이상, 또는 100C 이상인 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충전 제어 시스템이 할당되거나, 상기 충전 제어 시스템이 수용되어 있는 전지 관리 시스템이 제공되어 있는 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 갈바니 셀의 하나의 전극은, 바람직하게는 인산염 화합물, 특히 리튬-이온 인산염, 또는 금속 산화물, 특히 니켈 및/또는 망간 및/또는 코발트의 금속 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 세퍼레이터의 상기 무기질 성분은, 전해질에 의한 함침용 미세다공 세라믹층을 포함하며, 상기 세라믹층의 기공 크기는 특히 실질적으로 $4\mu\text{m}$ 보다 작고, 특히 산화마그네슘을 포함하는 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 세퍼레이터의 상기 무기질 성분은, 상품명 SEPARION인 물질의 무기질 성분에 해당하거나, 또는 특히 이 코팅은 코팅 물질 SEPARION에 해당하는 것을 특징으로 하는 2차 전지.

청구항 13

충전 전류값을 가진 상대적 충전 전류를 적어도 일시적으로 제공함으로써 고속 충전 공정을 수행하도록 설계되어 있는,

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 따른 2차 전지용 충전 제어 시스템.

청구항 14

고속 충전 능력을 가지며, 2개 이상의 전극 및 하나 이상의 세퍼레이터를 포함하고, 특히 180°C 이하의 온도에서, 실질적으로 구조적 손상을 일으키지 않는,

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 따른 2차 전지용 갈바니 셀.

청구항 15

고속 충전 능력을 가지며, 제14항에 따른 갈바니 셀용 하나 이상의 전극 및 하나의 세퍼레이터로 형성되는 장치로서,

상기 세퍼레이터는 특히 180°C 이하의 온도에서, 실질적으로 구조적 손상을 일으키지 않는 코팅을 포함하고, 선택적으로는 전극 상에 도포되는,

장치.

청구항 16

2차 전지, 특히 2개 이상의 전극과, 하나 이상의 무기질 성분을 포함하는 이온-전도성 물질을 가진 코팅을 포함하는 하나 이상의 세퍼레이터를 가진 갈바니 셀을 포함하고, 상기 코팅은 충전 전류의 존재 하에서 안정적이라도 설계되어 있는, 제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 따른 2차 전지의 고속 충전 공정을 수행하기 위한 방법으로서,

특히 1C 이상인 충전 전류값을 가진 상대적 충전 전류를 적어도 일시적으로 제공하는 단계;

바람직하게는, 상기 세퍼레이터의 코팅의 선택된 물질에 따라 선택되는 제한 온도를 이용하여, 상기 갈바니 셀의 셀 온도를 측정하는 단계; 및

바람직하게는, 상기 셀 온도 및 상기 제한 온도에 따라 충전 공정을 제어하고, 특히 상기 셀 온도가 상기 제한 온도에 도달하면 절대적 충전 전류를 감소시키거나 충전 전류를 중단시키는 단계

를 포함하는, 2차 전지의 고속 충전 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 2차 전지, 특히 리튬-이온 2차 전지, 2차 전지용 충전 제어 시스템, 2차 전지용 갈바니 셀(galvanic cell), 그러한 갈바니 셀용 하나 이상의 전극 및 세퍼레이터로 형성된 장치, 및 2차 전지의 고속 충전 공정을 수행하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 2차 전지를 제공하는 데 있어서 중요한 측면은, 2차 전지가 방전된 상태에서부터 다시 재충전될 수 있는 충전 기간, 즉 충전 시간이다. 충전 시간은 특히 모터 장착 운송수단(motorized vehicle)의 구동 전지와 같은, 고에너지 및 고출력 2차 전지, 특히 리튬-이온 축전형 2차 전지의 작동에 있어서 중요한 역할을 한다. 그러한 2차 전지는 높은 에너지 저장 요건으로 인해, 그에 따른 높은 용량을 가진다. 충전시, 2차 전지의 용량이 크기 때문에, 허용가능한 충전 시간, 특히 가능한 한 짧은 충전 시간을 얻기 위해서, 충전 전류가 비교적 커야 한다. 충전 전류가 크면, 특히 모든 2차 전지의 전류 운반 도체의 한정된 내부 저항 및 전기적 저항으로 인해, 2차 전지, 특히 2차 전지의 셀에 대한, 안전 위험성을 나타내는 열부하(thermal loading)를 초래한다. 따라서, 대부분의 상업적으로 입수가 가능한 2차 전지, 특히 리튬-이온 2차 전지는 안전상의 이유에서 상한선이 있는 낮은 충전 전류로 충전될 수 있으며, 이것은 예를 들면 8시간을 넘을 정도로 긴 충전 시간을 초래할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은, 고속 충전 공정을 촉진할 수 있는 동시에 안전한 2차 전지, 특히 리튬-이온 2차 전지, 2차 전지용 충전 제어 시스템, 2차 전지용 갈바니 셀, 그러한 갈바니 셀용 하나 이상의 전극 및 세퍼레이터로 형성된 장치, 및 2차 전지의 고속 충전 공정을 수행하는 방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명은 이러한 목적을 특허청구범위의 독립항의 대상에 의해 달성하며, 특히 제1항에 따른 2차 전지, 제12항에 따른 2차 전지용 충전 제어 시스템, 제13항에 따른 2차 전지용 갈바니 셀, 제14항에 따른 그러한 갈바니 셀용 하나 이상의 전극 및 세퍼레이터로 형성된 장치, 및 제15항에 따른 2차 전지의 고속 충전 공정을 수행하는 방법에 의해 달성한다. 본 발명의 바람직한 구성은 종속 청구항의 대상이다.

[0005] 본 발명에 따른 2차 전지는 특히 리튬-이온 2차 전지이지만, Li-이온 2차 전지가 아닌 또 다른 형태의 2차 전지일 수 있고, 고속 충전 능력을 가진다. 상기 2차 전지는 하나 이상의 갈바니 셀 및 전기 충전 제어 시스템을 포함하고, 상기 갈바니 셀은 2개 이상의 전극과 하나 이상의 세퍼레이터를 가지며, 상기 충전 제어 시스템은, 적어도 때때로, 2차 전지의 용량에 대해 상대적으로 표현되는 충전 전류(단위: C)(A/Ah)인, 충전 전류값을 가진 상대적 충전 전류를 제공하는 방식으로 2차 전지의 충전 공정을 제어하도록 설계되어 있으며, 이 충전 전류 값은 1C 이상이고, 상기 세퍼레이터는 하나 이상의 무기질 성분을 가진 이온-전도성 물질을 포함하는 코팅을 가지며, 상기 코팅은 충전 전류가 존재할 때 안정하도록 설계되어 있다.

- [0006] 본 명세서에는, 정의가 주어지고, 본 발명에 따른 2차 전지, 특히 리튬-이온 2차 전지, 2차 전지용 충전 제어 시스템, 2차 전지용 갈바니 셀, 갈바니 셀용 하나 이상의 전극 및 세퍼레이터로 형성된 장치, 및 2차 전지의 고속 충전 공정을 수행하는 방법의 바람직한 구성이 기재되어 있다. 또한, 전지 기술 분야에서 일반적인 기술적 정의는 "Handbook of Batteries", David Linden, Thomas B. Reddy, Third Edition, 2002, MacGraw-Hill에서 찾아볼 수 있다.
- [0007] 본 발명에 따른 2차 전지, 충전 제어 시스템, 갈바니 셀 및 갈바니 셀용 전극과 세퍼레이터로 형성된 장치는 특히 모터 장착 운송수단의 구동 전지로서 사용하도록 바람직하게 설계되거나, 또는 이러한 용도로 최적화된다. 본 발명의 의미에서 모터 장착 운송수단이란, 적어도 부분적으로는, 에너지 소스(에너지 저장소)로부터 에너지를 추출하여, 적어도 부분적으로, 운송수단의 운동 에너지로 변환시키는 엔진으로부터 그것의 운동 에너지를 끌어내는 모든 형태의 운송수단으로 이해해야 한다. 그러한 모터 장착 운송수단의 전형적인 예는, 여러 가지 중에서도, 2륜(예; 자전거) 또는 4륜 동력식 운송수단, 기관차, 선박 및 항공기 등이다. 사용되는 엔진의 형태는, 특히 배타적은 아니지만, 연소 기관, 전기 모터, 및 그러한 추진 유닛의 조합, 이른바 하이브리드 구동 체이다.
- [0008] 그러나, 본 발명은 모터 장착 운송수단에 한정되지 않고, 특히 고속 충전형 전지가 유용한 모든 경우, 예를 들면 휴대 전화 및 노트북, 기타 전자 엔터테인먼트 장치 또는 가전제품이나 기구, 특히 홈 오피스용 또는 전문적 용도 등에 사용될 수 있다.
- [0009] 본 명세서의 문맥에서 리튬-이온 전지는, 개별적 리튬-이온 셀의 일련의 접속에 의해 전지 또는 재충전식 전지 장치가 형성되는, 리튬-이온 재충전식 전지, 리튬-이온 2차 전지, 리튬-이온-전지 또는 리튬-이온 셀을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 이것은, 이러한 문맥에서 리튬-이온 전지라는 용어가 종래 기술에서 보편적으로 사용되는 기술한 용어에 대한 포괄적 용어로서 사용된다는 것을 의미한다.
- [0010] 빠른 충전 능력, 즉 고속 충전 능력이라 함은, 이러한 문맥에서 바람직하게는 2차 전지의 5% 또는 20%의 방전된 상태에서부터, 전용량(full capacity)의 바람직하게는 60%, 85%, 또는 95%의 충전된 상태로 소정의 충전 시간 내에 충전이 완료될 수 있거나 완료된다는 것을 의미하는 것으로 이해해야 하고, 이 충전 시간은 각각의 경우에, 바람직하게는 최대 240분, 180분, 120분, 또는 90분 및 보다 바람직하게는 최대 60분, 45분, 30분, 15분, 5분 또는 1분이다. 여기서 말하는 "전용량"이란 2차 전지가 현재 사용 상태를 기준으로 최대 달성할 수 있는 용량을 의미한다. 따라서, 이러한 전용량은, 예를 들면, 2차 전지의 공칭 용량(nominal capacity) 또는 본래의 최대 용량 이하일 수 있다.
- [0011] 2차 전지가 충전되는 상대적 충전 전류는 보통 2차 전지 또는 전지 셀의 용량과 관련하여 표현되는 충전 전류로 정의되므로, 예를 들면 10A의 절대 충전 전류로 충전하는 10Ah(암페어-시)의 용량을 가진 2차 전지는 1C(단위 $C=A/Wh=1/h$)의 상대적 충전 전류를 가진다. 충전 전류값은 바람직하게는 적어도 1C, 2C, 4C, 6C, 8C, 10C, 12C, 15C, 20C, 40C, 80C, 또는 100C이다. 충전 전류값의 선택은 특히 전극의 활성 물질의 선택, 특히 세퍼레이터의 물질의 선택에 의존한다.
- [0012] 본 발명자들은 세퍼레이터용 특별한 코팅을 사용하면, 특히 전극용 특정 물질을 사용할 때에는, 고속 충전이 가능한 2차 전지를 제공할 수 있으며, 대응하는 고속 충전이 가능한 갈바니 셀 및 고속 충전이 가능한 전극과 세퍼레이터의 장치 모두를 제공할 수 있다는 것을 발견했다. 얻어지는 2차 전지의 고속 충전 능력은 세퍼레이터의 특수한 이온-전도성 및 코팅, 대응하는 세퍼레이터, 대응하는 전극과 세퍼레이터의 장치, 대응하는 갈바니 셀 및 전지 자체가 모두 더 높은 열부하 용량을 가지는 사실에 기인하며, 더 높은 열부하 용량은 더 높은 충전 전류가 허용될 수 있으며 따라서 더 짧은 충전 시간이 얻어질 수 있음을 의미한다. 이러한 우수한 특성은, 예를 들면, 폴리에틸렌만을 기재로 하는 세퍼레이터를 가진 공지의 2차 전지에 비해 특히 두드러진다.
- [0013] 상기 코팅은 하나 이상의 무기질 성분을 가진 이온-전도성 물질을 포함한다. 세퍼레이터의 무기질 성분은 전해질에 의한 함침용 미세다공층(microporous layer)을 가지며, 그 기공 크기는 특히 본질적으로 4 μ m, 2 μ m 또는 1 μ m보다 작다. 상기 코팅 또는 무기질 성분은, 또한, 바람직하게는 세라믹이고, 또는 바람직하게는 세라믹 성분을 포함한다. 상기 세라믹은 바람직하게는 산화물 세라믹이고, 산화알루미늄, 산화마그네슘, 산화지르코늄, 또는 이산화티타늄을 단독으로 또는 임의의 원하는 조합으로 포함할 수 있다. 상기 코팅은 특히 바람직하게는 산화마그네슘을 포함한다. 세퍼레이터의 무기질 성분은 바람직하게는, 독일에 근거를 둔 Evonik AG사 제조의 상품명 SEPARION을 가진 상업적으로 입수가능한 세퍼레이터 복합 물질의 무기질 성분과 대응한다. 이 코팅은 또한 바람직하게는 코팅 물질 SEPARION에 대응한다.

- [0014] 세퍼레이터 복합 물질은, 예를 들면 상품명 Separion®으로 알려져 있거나, 또는 특허 문헌 WO 2004/021499 또는 WO 2004/021477 및 특허 EP 1 017 476 B1에 기재되어 있는 것과 같은 전기화학적 장치, 특히 리튬-이온 전지의 전기화학적 장치 중 전극을 분리 또는 격리하기 위한 물질로 이해되어야 한다.
- [0015] 본 발명의 의미에서, 세퍼레이터의 코팅 또는 세퍼레이터는 애노드와 캐소드를 분리시키고 이격시키는 전기적 절연 장치로서 이해되어야 한다. 바람직하게는, 세퍼레이터 층은 애노드층 및/또는 캐소드층에 적용된다. 대안적으로, 다공성 기능층이, 예를 들면 음극의 활성층과 같은 전극 상에 직접 적용될 수도 있다. 세퍼레이터층 또는 세퍼레이터는 또한 적어도 부분적으로 전해질을 수용하며, 그 경우 전해질은 바람직하게는 리튬 이온을 함유한다. 전해질은 또한 전극 스택(stack)의 인접한 층들에 전기화학적으로 효과적으로 연결된다. 바람직하게는, 세퍼레이터의 기하학적 형상은 본질적으로 전극 스택의 애노드의 형상에 대응한다.
- [0016] 세퍼레이터는 바람직하게는 4~25 μ m와 같은 얇은 벽으로, 특히 바람직하게는 미세다공막으로서 구현된다. 세퍼레이터는 바람직하게는 전기적으로 비전도성인 섬유로 만들어진 부직포로 구현되고, 상기 부직포는 적어도 한쪽 면이 무기 물질로 코팅된다. 특허 문헌 EP 1 017 476 B1에는 그러한 세퍼레이터 및 그의 제조 방법이 기재되어 있다. 바람직하게는, 세퍼레이터 층 또는 세퍼레이터는 첨가제로 습윤(wetting)되는데, 이 첨가제도 세퍼레이터 층 또는 세퍼레이터의 이동도(mobility)를 증가시킨다. 특히 바람직하게는, 상기 습윤은 이온성 첨가제로 이루어진다. 세퍼레이터 층 또는 세퍼레이터는 바람직하게는, 적어도 일부 영역에서, 하나 이상의 전극의 가장자리 에지(marginal edge)까지 연장된다. 특히 바람직하게는, 세퍼레이터 층 또는 세퍼레이터는 인접한 전극들의 모든 가장자리 에지를 벗어나도록 연장된다.
- [0017] 본 발명에 따른 이러한 코팅을 구비한 세퍼레이터를 사용함으로써, 2차 전지의 고속 충전시 열폭주(thermal runaway)의 위험성이 특히 감소될 수 있고, 그에 따라 고속 충전 능력을 가진 2차 전지의 가동이 더 안전하게 된다. 열폭주는 강한 압력 상승과 온도 방출 하에서 전극의 활물질의 매우 빠르고 제어되지 않는 방출 및 분해로서, 이를 정지시키는 것은 매우 어렵다. 예를 들면, 전극을 분리시키는 세퍼레이터가 침투해 들어오는 이물질 입자에 의해 오염되거나, 또 다른 형태의 세퍼레이터의 국소적 불균질성이 존재함으로 인해, 예를 들면 리튬-이온 어큐뮬레이터(accumulator) 내의 내부 전극의 국소적 단락이 일어날 경우에, 단락 전류가 국소적 불순물의 환경을 주위 영역에도 영향을 줄 정도로 가열하게 된다. 그러한 과정은 확대되고, 어큐뮬레이터에 저장된 에너지를 한꺼번에 방출시킨다. 이러한 효과는 주위 셀까지 뛰어 넘어 연쇄적 효과가 일어날 수 있다. 그렇게 되면 재충전식 Li-전지의 총 에너지와 반응 에너지가 방출될 수 있다.
- [0018] 열폭주 반응의 메커니즘은 180℃ 이상의 온도에서 일어날 수 있지만, 음극의 SEI(solid electrolyte interface; 고체 전해질 계면) 층이 손상되고, 이것이 예를 들면 전해질의 발열성 환원 반응에서 리튬화된(lithiated) 층간삽입(intercalation) 흡연과 반응할 경우에는 80~150℃의 온도에서 시작될 수도 있다. 제1 페이즈(phase), 특히 80~150℃까지의 제1 온도 영역에서, 전형적으로 열폭주 반응은 일어나지 않는다. 제2 페이즈, 특히 약 180℃ 이상의 제2 온도 영역에서, 캐소드 표면 상 전해질의 추가적 반응이 시작될 수 있어서, 셀 내부에서 압력 증가가 일어난다. 제3 페이즈, 특히 180℃ 이상 200℃ 이하의 제3 온도 영역에서는, 고도의 발열 반응에 의한 캐소드의 활성 물질의 분해가 일어날 수 있다. 애노드 보호층(anode passivation layer)이 완전히 파괴될 수 있고, 자유 전해질이 발열 방식으로 분해될 수 있다. 캐소드 물질의 분해에 의해 매우 높은 온도와 질은 연기가 유발될 수 있다.
- [0019] 본 발명에 따른 세퍼레이터를 가진 셀에 있어서, 이 셀은 항상 제1 페이즈와 제2 페이즈에서 안정한 상태로 잔존하기 때문에 이러한 현상은 통상적 방식으로 개시되지 않으며, 열폭주rk 촉발되지 않는다. 예를 들면 약 200℃ 이상의 온도의 단기간 영향 및 셀에서의 반응의 시작은 국소적 열폭주를 촉발시키지만, 계속되거나 확산되지는 않는다. 2차 전지, 특히 모터 장착 운송수단용의 고에너지 및 고출력 설계로 된 2차 전지에서의 이들 층에 의한, 이러한 안정된 거동과 완전한 반응으로 인해, 부정적인 효과가 인접 셀로 연쇄적 방식으로 전달될 수 없다. 따라서 재충전식 전지의 전체적 파괴가 방지될 수 있고, 이것은 전지의 작동이 더 안전하게 된다는 것을 의미한다.
- [0020] 코팅은, 특히 고속 충전을 가능한 한 고도로 달성하기 위한 충전 전류가 존재할 때 충전 전류가 안정적이라도 구현되고; 여기서 "안정적"이라 함은 정상적 상황 하에서, 온도 이외에는 어떠한 다른 방해도 존재하지 않을 때, 열폭주 반응이 일어나지 않는 것을 의미한다. 코팅을 안정하게 유지하기 위해서는, 전류에 대해 가능한 한 작은 전기적 저항을 나타내고, 특히 얻어지는 2차 전지의 내부 저항이 가능한 한 작게 설계하는 것이 바람직하다. 코팅은, 선택적으로는 사용되는 전해질에 따라서, 이온 전도도, 특히 리튬-이온에 대한 전도도가 가능한 한 크게 형성되는 것이 바람직하다. 코팅의 미소공의 평균 크기가, 충전 전류의 존재 하에서 코팅이 안정하도

록 선택되는 것이 가능하고 또한 바람직하다. 이를 달성하기 위해서, 기공 크기는 가능한 한 크게, 특히 1~5 μm 또는 1~4 μm 또는 2~4 μm 또는 3~4 μm 의 직경으로 유지된다. 또한, 코팅은 바람직하게는, (리튬) 이온의 흐름을 촉진하고, 특히 공간적으로 단 2개의 방향이 아닌 3개의 방향으로 (리튬) 이온의 흐름을 촉진시키는 비정질 또는 결정질 배열을 형성하는 분자 성분들을 포함한다.

[0021] 충전 제어 시스템은 바람직하게는 전지 관리 시스템(BMS)의 일부이거나, BMS이거나, 또는 BMS 중에 함유되어 있다. 이러한 종류의 전지 관리 시스템은 (리튬-이온) 어큐뮬레이터 상에 설치된 통상적으로 입수가 가능한 온도 센서를 이용함으로써, (리튬-이온) 어큐뮬레이터의 전기적 작동 파라미터뿐만 아니라 그의 온도도 모니터링한다. 전형적으로는, 상기 온도 센서는 (리튬-이온) 어큐뮬레이터의 하우징의 외부에 장착되므로, 하우징 내부에 설치된 어큐뮬레이터의 전류 운반 엘리먼트에서 특히 과도한 가열 또는 심지어 국소적 과열은 직접 검출될 수 없거나, 또는 시간적으로 지연된 후에만 검출될 수 있다.

[0022] 바람직하게는, 2차 전지의 경우에, 충전 제어 시스템에 할당된 하나 이상의 온도 센서가 제공되거나, 또는 복수 개의 온도 센서가 제공되고, 이 센서에 의해 갈바니 셀의 온도 또는 복수 개의 온도가 검출된다. 이러한 방식으로, 셀 온도가 측정될 수 있고, 이로써 전지가 안전하게 된다. 특히, 충전 전류가 셀 온도의 허용된 한계에 따라 최대화되도록 충전 제어 시스템이 구성될 경우에, 충전 시간이 단축될 수 있다. 이 제한 온도(limiting temperature)는, 세퍼레이터의 물질 또는 그의 코팅에 따라 선택되고, 특히 그에 대해 최적화되며, 바람직하게는 60 $^{\circ}\text{C}$ 내지 180 $^{\circ}\text{C}$, 바람직하게는 70 $^{\circ}\text{C}$ 내지 100 $^{\circ}\text{C}$, 바람직하게는 80 $^{\circ}\text{C}$ 내지 150 $^{\circ}\text{C}$, 바람직하게는 80 $^{\circ}\text{C}$ 내지 120 $^{\circ}\text{C}$, 또는 바람직하게는 100 $^{\circ}\text{C}$ 내지 120 $^{\circ}\text{C}$ 이다. 제한 온도는 순전히 물질 관련 가능한 제한 온도에 관해 온도 안전 간격을 고려할 수 있고, 이것은 실험적으로 예상되거나 계산되는 확률 데이터를 고려함으로써, 열폭주의 확률을 더욱 감소시킨다.

[0023] 충전 제어 시스템은 바람직하게는 갈바니 셀의 온도 및 미리 설정된 제한 온도를 고려하여 충전 공정을 제어하도록 설계된다. 이를 위해, 충전 제어 시스템은 전기 회로, 특히 프로그램 입력이 가능한 전기 회로를 가질 수 있고, 이 회로에 의해 특히 2차 전지의 고속 충전을 위한 프로그램이 실행될 수 있다. 그러한 프로그램을 이용함으로써, 특히 특허청구범위 제15항에 기재된 2차 전지의 고속 충전 공정을 수행하는 방법이 충전 제어 시스템에 의해 구현될 수 있다.

[0024] 충전 제어 시스템은 바람직하게는 셀 온도 및 제한 온도에 따라 충전 공정을 제어하고, 특히 절대적 충전 전류를 감소시키거나, 또는 셀 온도가 제한 온도에 도달할 경우 거의(예를 들면, 일시적으로 일정한 충전 전류의 초기값의 5% 미만으로) 또는 완전히 충전 전류를 차단하도록 설계된다.

[0025] 충전 제어 시스템은 또한 바람직하게는, 정전류(constant-current) 충전법(CC), 펄스형 충전법, 정전압(constant-voltage) 충전법(CV), 정전류 정전압 충전법(CCCV), 또는 이들 방법이 조합된 방법에 의해 충전이 이루어지도록 설계된다.

[0026] 충전 제어 시스템은 또한 바람직하게는, 고속 충전용으로 구성되고, 특히 20%의 방전 상태에서부터 바람직하게는 전용량의 60% 또는 85%의 충전 상태로 2차 전지를 충전 시간 내에 충전하도록 설계되고, 이 충전 시간은 각각의 경우에 바람직하게는 240분 이하, 180분 이하, 120분 이하, 90분 이하, 보다 바람직하게는 60분 이하, 45분 이하, 30분 이하, 15분 이하, 5분 이하 또는 1분 이하이다. 2차 전지용 충전 제어 시스템은 바람직하게는, 특허청구범위 제15항에 따른 방법에 따른 고속 충전 공정을 수행하도록 설계된다.

[0027] 충전 제어 시스템은 또한 바람직하게는, 충전 전류값이 2C 이상, 4C 이상, 6C 이상, 8C 이상, 10C 이상, 12C 이상, 15C 이상, 20C 이상, 40C 이상, 80C 이상, 100C 이상, 또는 이들 값 중 임의의 2개 사이의 값이다.

[0028] 2차 전지의 고속 충전시 열 부하의 문제는 그 크기가 변동되며, 특히 양극의 활성층의 물질에 의존한다. 갈바니 셀의 하나의 전극, 특히 양극(전지의 방전시 캐소드에 해당함)은 바람직하게는 인산염 화합물, 특히 리튬-철 인산염을 포함하는 활성층을 가진다. 활성층은 특히 특허 문헌 EP 0 904 607 B1에 기재되고 구현된 바와 같이 구성될 수 있다.

[0029] 리튬-이온 전지의 음극은, 카운터 전극(양극 또는 캐소드)에 의해 전해질을 통해 전달되는 양전하로 하전된 리튬 이온이 충전 공정중에 포집되고, 방전시 그로부터 리튬 이온이 카운터 전극으로 복귀되는 전극을 의미하는 것으로 이해된다.

[0030] 또한, 갈바니 셀의 전극, 특히 양극의 활성층이 금속 산화물, 특히 금속 니켈 및/또는 망간 및/또는 코발트의 금속 산화물을 포함하는 것이 가능하고 또한 바람직하다. 상기 활성층은 바람직하게는 NMC(리튬화 니켈-망간-코발트 산화물)를, 특히 85-95 중량%의 비율로, 특히 Li 1에 대해 Ni, Mn 및 Co가 각각 1/3인 양적인 비로 포함

한다. 예로서, 전술한 코팅, 예를 들면 SEPARION 코팅을 가진 NMC-전극과 세퍼레이터의 조합인 경우에, 고속 충전 공정시 열폭주 반응은 $>180^{\circ}\text{C}$ 의 온도 영역에서만 일어나고, 조합 상태는 $<180^{\circ}\text{C}$ 의 온도 영역에서 안정한 상태로 유지되는 것이 놀랍게도 확인되었다. 이러한 관찰 결과는 특히 바람직하게는 10Ah보다 큰 용량, 바람직하게는 20Ah보다 큰 용량, 바람직하게는 30Ah보다 큰 용량, 바람직하게는 40Ah보다 큰 용량을 가진 2차 전지(스택형) 셀에 적용되고, 예를 들면 특히 $>40\text{Ah}$ 및 공칭 3.6V를 가진 대형-포맷 스택형 셀에 적용된다.

- [0031] 하나의 활성층이 그레인 크기가 예를 들면 $5\sim 40\mu\text{m}$ 인 활성 물질 입자로부터 형성될 수 있다. 음극의 활성층으로 지칭되는 것은 충전시 리튬 이온이 부착되거나, 또는 방전시 전해질 중에 리튬 이온이 방출되는 전기화학적 과정이 일어나는 층으로 이해해야 한다.
- [0032] 이 활성층은 예를 들면 흑연, 이른바 "하드 카본(Hard Carbon)"(탄소의 비정질 변형) 또는 나노결정질, 비정질 실리콘으로 구성될 수 있고, 리튬 이온은 충전시 소위 층간삽입(intercalation)에 의해 전술한 물질 중에 축적된다. 음극이 흑연으로 구성되는 경우에, 충전시 리튬 이온은 음극의 흑연층들(nC) 사이에서 이동하고, 이때 탄소는 층간삽입 화합물(Li_xC_n)을 형성한다.
- [0033] 활성층은 또한 티탄산리튬(Li₄Ti₅O₁₂)으로 구성될 수도 있다. 활성층을 형성하는 그밖의 물질로는, 예를 들면, 금속 리튬; 주석계 합금; 리튬과 결합할 수 있는 금속성 질화물 또는 인화물, 예를 들면 CoN₃, NiN₃, CuN₃ 또는 FeP₂; 질화물 Li_xM_yN_z, 여기서 M은 예를 들면 Mo, Mn 또는 Fe이고, 바람직하게는 $x = 0.1$ 내지 1, 보다 바람직하게는 0.2 내지 0.9이고, $y = 1-x$; 질화물 Li_{3-x}M_xN, 여기서 M은 전이 금속이고 바람직하게는 $x = 0.01$ 내지 0.9, 보다 바람직하게는 0.2 내지 0.8이고; 및/또는 인화물 Li_xM_yP_z, 여기서 M은 Cu, Mn 또는 Fe이고 바람직하게는 $x = 0.1$ 내지 1, 보다 바람직하게는 0.2 내지 0.9이고, $y = 1-x$; z는 상기 화합물이 전하를 갖지 않을 만큼 충분히 크게 선택되는 정수이다. 활성층은 또한 전술한 물질들의 임의의 연고자 하는 혼합물로 구성될 수 있다.
- [0034] 위에서 언급한 활성 물질 입자는, 예를 들면, 활성층을 형성하는 물질의 결정질 입자로서, 그것들 사이에서 충전시 리튬 이온이 축적되는 입자를 의미하는 것으로 이해해야 한다. 음극 물질로서 흑연에 있어서, 활성 물질 입자는 흑연층일 수도 있다. 활성층을 형성하기 위한 리튬-이온 셀 중에서 사용하기 위해 제조된 전극에서, 활성 물질 입자는 결합제에 의해 함께 결합될 수도 있고, 또는 서로 접착성을 가진 것일 수도 있다.
- [0035] 활성층은 실질적으로 상호 접착성인 활성 물질 입자로 구성될 수 있고, 활성층의 외측 표면은 실질적으로 활성층의 외부에 노출된 활성 물질 입자의 표면에 의해 형성된다. "활성층의 외부에 노출된 표면"이라는 문구는, 리튬 이온을 축적할 수 있는 활성층을 형성하는 활성 물질 입자의 표면으로 이해해야 한다. 활성층의 이러한 외측 표면은 적어도 부분적으로는 나노입자 또는 상이한 형상을 가진 나노입자들로 코팅될 수 있다.
- [0036] 하나의 전극 및/또는 세퍼레이터는 캐리어 또는 캐리어 구조 또는 캐리어층을 가질 수 있다.
- [0037] 캐리어층은 실질적으로 캐리어 섬유로 구성될 수 있고, 그 경우 캐리어층의 외측 표면은 캐리어층의 외부에 노출된 캐리어 섬유의 표면에 의해 실질적으로 형성된다. 캐리어 섬유로 된 캐리어층의 구조는 캐리어층이 자체-지지형이라는 효과를 가진다.
- [0038] 캐리어층을 형성하는 캐리어 섬유로 된 적어도 최상부 섬유층은 실질적으로 모든 측면에서 나노입자로 코팅될 수 있다. 이러한 구현에는, 나노입자로 코팅된 섬유층이, 캐리어층을 형성하기 위해 나노입자로 처리되지 않은 섬유층의 기재에 적용될 경우에 유리하다.
- [0039] 캐리어층을 형성하는 캐리어 섬유도 실질적으로 모든 측면에서 나노입자로 코팅될 수 있다. 이러한 구현에는, 나노입자에 의한 섬유의 코팅이, 특히 예를 들면 접착성을 이유로 하여, 캐리어층을 형성하기 위한 캐리어 섬유의 가공 전에 수행된다.
- [0040] 캐리어층은 직조되거나 직조되지 않은 캐리어 섬유로 구성될 수 있다. 이것은, 직포와 부직포 모두가 적용될 수 있음을 의미한다.
- [0041] 캐리어 섬유는 메쉬를 형성하기에 적합한 폴리머 섬유 또는 스틸 와이어, 특히 스테인레스강 와이어일 수 있다. 폴리머 섬유 및 스틸 와이어는 용이하게 입수가 가능하고, 세퍼레이터 복합 물질용 캐리어층을 구성하기 위한 비용 효율적인 출발 물질이다. 캐리어층은 바람직하게는 스테인레스강 메쉬 또는 부직포 폴리머 섬유 직물이다. 이러한 원재료는 캐리어층용으로 특히 비용 효율적인 물질이며, 다양한 형태로 입수가 가능하다.
- [0042] 전극 및/또는 세퍼레이터 또는 캐리어의 활성층은 각각 나노입자(예; 산화알루미늄(Al₂O₃), 산화지르코늄(ZrO₂))

또는 산화규소(SiO_2) 또는 이것들의 혼합물 또는 NMC)로 전부 또는 부분적으로 코팅될 수 있다. 이와 관련하여 나노입자는 바람직하게는 소정 치수, 예를 들면 500nm 미만의 직경이나 두께를 가진 입자이다. 대안적으로 또는 나노입자에 추가하여, 나노로드(nanorod), 나노플레이트(nanoplate) 또는 그러한 나노-하부입자로부터 형성된, 더 복잡한 형상, 예컨대 테트라포드(tetrapod) 형상의 입자를 코팅용으로 사용할 수 있다. 그러한 입자로 코팅되면, 실험적으로 확인된 바와 같이, 특히 입자들이 활성층 상에 빗살 방식으로 배열될 때, 음극(방전시 애노드)의 성능이 향상될 수 있다. 또한, 열폭주 반응에 대한 내성, 및 그에 따른 고속 충전 능력이 그러한 입자에 의한 코팅에 따라 향상될 수 있다.

[0043] 고속 충전 능력을 가진 2차 전지에 사용되는 본 발명에 따른 갈바니 셀은 2개 이상의 전극과 하나 이상의 세퍼레이터를 포함하고, 특히 180℃ 이하의 온도에서 구조상의 손상을 일으키지 않는다.

[0044] 본 발명의 측면에서, 갈바니 셀은 전기 에너지를 방출하며 화학 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 역할도 하는 장치로서 이해해야 한다. 그렇게 하기 위해서, 갈바니 셀은 2개 이상의 상이한 극성의 전극 및 전해질을 가진다. 구조에 따라서는, 충전시 갈바니셀은 또한, 전기 에너지를 흡수하여 화학 에너지로 변환시키고 이를 저장할 수도 있다. 전기 에너지를 화학 에너지로 변환시키는 공정은 손실이 많고, 비가역적 화학 반응을 수반한다. 갈바니 셀에 유입되거나 그로부터 유출되는 전류는 전기적 가열 동력(heating power)을 생성할 수 있다. 이 전기적 가열 동력은 갈바니 셀의 온도 상승을 초래할 수 있다. 온도가 상승되면, 비가역적 화학 반응이 증가된다. 이러한 비가역적 화학 반응은 에너지의 변환 및/또는 저장용으로 더이상 활용될 수 없는 갈바니 셀의 영역을 초래할 수 있다. 충전 공정의 횟수가 증가됨에 따라, 이러한 영역의 크기가 증가된다. 이는, 갈바니 셀, 또는 장치의 사용가능한 충전 용량이 저하된다는 것을 의미한다. 갈바니 셀은 전극 스택을 포함할 수 있고, 또는 복수 개의 갈바니 셀이 전극 스택을 형성할 수 있다.

[0045] 본 발명의 측면에서, 전극 스택은 또한, 갈바니 셀의 어셈블리로서, 화학 에너지를 저장하고 전기 에너지를 방출하는 역할을 하는 장치를 의미하는 것으로 이해된다. 전기 에너지를 방출하기 전에, 저장된 화학 에너지는 전기 에너지로 변환된다. 충전시, 전극 스택 또는 갈바니 셀에 공급된 전기 에너지는 화학 에너지로 변환되어 저장된다. 이를 위해서, 전극 스택은 복수 개의 층, 즉 하나 이상의 애노드층, 캐소드층 및 세퍼레이터층을 포함한다. 상기 층들은 서로 중첩되어 설치되고, 즉 적층되고, 세퍼레이터층은 적어도 부분적으로는 애노드층과 캐소드층 사이에 배열된다. 바람직하게는, 이러한 층들의 시퀀스는 전극 스택 내에서 여러 번 반복된다. 동일한 전극은 바람직하게는 서로 전기적으로 접속되고, 특히 병렬로 접속된다. 바람직하게는, 상기 층들은 권취되어 전극 코일을 형성한다. 이하에서, "전극 스택"이라는 용어는 전극 코일에 대해서도 사용된다.

[0046] 고속 충전 능력을 가진 본 발명에 따른 장치는 갈바니 셀용의 하나 이상의 전극 및 하나의 세퍼레이터를 포함하고, 상기 세퍼레이터는 코팅을 포함하는데, 상기 코팅은 특히 180℃ 이하의 온도에서 실질적으로 구조적 손상을 일으키지 않으며, 선택적으로는 전극에 도포된다.

[0047] 2차 전지, 특히 2개 이상의 전극과, 하나 이상의 무기질 성분을 포함하는 이온-전도성 물질을 가진 코팅을 포함하는 하나 이상의 세퍼레이터를 가진 갈바니 셀을 포함하고, 상기 코팅은 충전 전류의 존재 하에서 안정적이라도 설계되어 있는 본 발명에 따른 2차 전지의 고속 충전 공정을 수행하기 위한 본 발명의 방법은 다음과 같은 단계를 포함한다: 특히 1C 이상인 충전 전류값을 가진 상대적 충전 전류를 적어도 일시적으로 제공하는 단계; 바람직하게는: 세퍼레이터의 코팅의 선택된 물질에 따라 선택되는 제한 온도를 이용하여, 갈바니 셀의 셀 온도를 측정하는 단계; 바람직하게는: 셀 온도 및 제한 온도에 따라 충전 공정을 제어하고, 특히 셀 온도가 제한 온도에 도달할 경우에 절대적 충전 전류를 감소시키거나 충전 전류를 중단시키는 단계. 상기 방법의 또 다른 바람직한 단계는 2차 전지 및 그의 컴포넌트에 대한 본 명세서로부터 당업자에 의해 단도직입적으로 유도될 수 있다.

발명의 효과

[0048] 본 발명에 의하면, 고속 충전 공정을 촉진할 수 있는 동시에 안전한 2차 전지, 특히 리튬-이온 2차 전지, 2차 전지용 충전 제어 시스템, 2차 전지용 갈바니 셀, 그러한 갈바니 셀용 하나 이상의 전극 및 세퍼레이터로 형성된 장치, 및 2차 전지의 고속 충전 방법이 제공된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0049] 본 발명에 따른 장치 또는 방법의 또 다른 바람직한 구성은 예시적 구현예에 대한 이하의 설명으로부터 얻어질 수 있다.

- [0050] 실시예에서, 본 발명에 따른 리튬-이온 2차 전지는 > 40Ah 및 공칭 전압 3.6V를 가진 대형-포맷 갈바니 스택 셀을 포함한다. 그것은 전극 스택을 포함한다. 갈바니 셀은 흑연을 기재로 하는 음극, NMC(NMC: 리튬화 니켈-망간-코발트 산화물)를 기재로 하는 양극, 및 알킬 카르보네이트, 첨가제 및 Li-전도성 염을 함유하는 전해질을 포함한다.
- [0051] 각각의 음극과 양극 사이에는, 세퍼레이터가 설치되는데, 세퍼레이터는 예를 들면 코팅 물질 Separion®으로 만들어진 코팅을 구비한다. 2차 전지의 작동시 상기 코팅의 특별한 이점으로서, 셀이 열에 대해 더욱 안정하고, 전해질에 의해 물질의 양호한 습윤성(wettability)이 제공된다는 사실이 발견된다.
- [0052] 세퍼레이터는, 스테인레스강 메쉬 또는 부직포 폴리머 직물을 포함하는 캐리어를 포함하는데, 캐리어에는 세퍼레이터로서 두께가 4~45 μ m 범위인 세라믹 멤브레인의 형태로 되어 있는 저항성 세라믹이 제공되어 있다.
- [0053] 음극의 활성 물질은 빗살 방식으로 나노입자(알루미늄 및 지르코늄 산화물)에 의해 코팅된다.
- [0054] 양극의 활성 물질은 NMC를 포함한다.
- [0055] 갈바니 셀은 도체를 가진다. 상기 도체는 도체 디바이스의 일부이다. 본 발명의 측면에서, 도체 디바이스는 방전시, 전자를 갈바니 셀로부터 전기 소비체 방향으로 이동시키는 장치로 이해해야 한다. 바람직하게는, 하나 이상의 도체 디바이스는 갈바니 셀의 전극들 중 하나에 할당되고, 특히 이 전극에 전기 전도성 방식으로 접속된다. 도체 디바이스는 또한 전류의 흐름을 반대 방향으로 촉진시킨다. 하나 이상의 도체 디바이스는 또한 바람직하게는 열 전도성 방식으로 갈바니 셀에 접속된다. 대응하는 온도 구배가 존재하는 경우에, 본 발명의 측면에서 도체 디바이스는 또한 갈바니 셀로부터 열 에너지를 수송한다. 도체 디바이스는 바람직하게는 금속을 포함한다. 특히 바람직하게는, 도체 디바이스는 구리 또는 알루미늄을 포함한다.
- [0056] 갈바니 셀은 전극 도체 근방에 온도 센서를 가진다. 도체 근방에, 갈바니 셀의 온도는 특히 급격히 상승할 수 있는데, 그것은 높은 충전 전류가 거기에서 고온을 형성할 수 있기 때문이다. 따라서 이러한 영역에서는 특히 열폭주 반응을 방지하기 위해서 온도 모니터링이 특히 유용하다.
- [0057] 상기 2차 전지는 BMS의 일부인 충전 제어 시스템을 포함한다. BMS는 온도 센서에 연결되어, 특히 갈바니 셀의 충전 및/또는 방전시에 갈바니 셀의 도체 근방의 온도를 판정한다. 컨트롤 소프트웨어 코드로 프로그램을 생성함으로써, BMS는 각각의 온도 센서에서 제한 온도인 150℃를 초과하지 않는 레벨로 충전 전류를 유지하도록 설계된다. 또한, BMS는 제한 온도가 예를 들면 130~150℃의 허용 범위에 들어가도록 충전 전류를 조절함으로써, 가능한 한 짧은 충전 시간이 얻어지도록 충전 전류가 활용된다. 전용량의 20% 이하로 방전되어 있는 2차 전지를 전용량의 60%까지 충전하기 위해서, 상대적 충전 전류 1C인 일정한 전류가 먼저 사용된다. 이를 위해서, 충전 제어 시스템은 2시간의 충전 시간을 필요로 한다. 이 방법에 의해, 고속 충전 능력이 구현될 수 있다.
- [0058] 또한, 이러한 전극-세퍼레이터 장치는, 통상적 장치에 있어서 모든 온도 영역에서 시작될 수 있는 열폭주가 최종적으로 > 180℃의 온도 범위에서만 일어날 수 있다는 효과를 가지며, 이 경우에는 일어나지 않기 때문에, 2차 전지의 작동이 안전하다. 이러한 결과는 놀라운 사실이며, 전극-세퍼레이터 장치 또는 2차 전지, 및 본 발명에 따른 방법의 효력 및 향상된 안전 거동을 입증하는 것이다.