



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.	(45) 공고일자	2007년05월04일
<i>H01M 10/40</i> (2006.01)	(11) 등록번호	10-0713730
<i>H01M 4/02</i> (2006.01)	(24) 등록일자	2007년04월25일
<i>H01M 4/64</i> (2006.01)		

(21) 출원번호	10-2004-0076187	(65) 공개번호	10-2005-0030566
(22) 출원일자	2004년09월23일	(43) 공개일자	2005년03월30일
심사청구일자	2004년09월23일		

(30) 우선권주장 JP-P-2003-00336176 2003년09월26일 일본(JP)

(73) 특허권자 가부시끼가이샤 도시바
일본국 도쿄도 미나토꾸 시바우라 1쵸메 1방 1고

(72) 발명자 다카미노리오
일본 도쿄도 미나토꾸 시바우라 1쵸메 1방 1고 가부시끼가이샤 도시바 지폐끼자이산부 내

이나가끼히로끼
일본 도쿄도 미나토꾸 시바우라 1쵸메 1방 1고 가부시끼가이샤 도시바 지폐끼자이산부 내

다떼마야시요시나오
일본 도쿄도 미나토꾸 시바우라 1쵸메 1방 1고 가부시끼가이샤 도시바 지폐끼자이산부 내

(74) 대리인 주성민

(56) 선행기술조사문헌
1020020059703 * 1020020077445 *
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 조준배

전체 청구항 수 : 총 30 항

(54) 비수용성 전해질 2차 전지, 비수용성 전해질 2차 전지를 구비한 전지팩, 및 전지 모듈

(57) 요약

본 발명은 케이스(6)와, 케이스에 제공된 비수용성 전해질과, 케이스에 제공된 양극(3)과, 케이스에 제공된 음극(4)을 포함하는 비수용성 전해질 2차 전지에 관한 것으로, 음극(4)은 음극 전류 집전기와 음극 전류 집전기에 지탱되고 음극 활성 재료 입자를 함유한 음극층을 포함하고, 음극 전류 집전기는 50 μ m 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박 또는 50 μ m 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박을 포함한다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

케이스와,

상기 케이스에 제공된 비수용성 전해질과,

상기 케이스에 제공된 양극과,

상기 케이스에 제공된 음극을 포함하며,

상기 음극은 음극 전류 집전기와 상기 음극 전류 집전기에 지탱되고 음극 활성 재료 입자를 함유한 음극층을 포함하고, 상기 음극 전류 집전기는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박 또는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박을 구비하는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 음극 활성 재료 입자의 상기 평균 주요 입자 크기는 $1\mu\text{m}$ 이하인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 평균 주요 입자 크기는 $0.001\mu\text{m}$ 이상 $1\mu\text{m}$ 이하인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 4.

제2항에 있어서, 상기 평균 주요 입자 크기는 $0.001\mu\text{m}$ 이상 $0.3\mu\text{m}$ 이하인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 음극 활성 재료 입자는 리튬 티타늄 복합 산화물 입자를 포함하는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 6.

제5항에 있어서, 리튬 티타늄 복합 산화물 입자의 조성은 $\text{Li}_{4+x}\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 로 표현되고, 여기서 x는 $-1 \leq x \leq 3$ 의 범위에 있는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 7.

제1항에 있어서, 상기 알루미늄박 및 알루미늄 합금박의 상기 평균 결정립 크기는 $0.01\mu\text{m}$ 이상 $50\mu\text{m}$ 이하인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 8.

제1항에 있어서, 상기 알루미늄박 및 알루미늄 합금박의 상기 평균 결정립 크기는 $0.1\mu\text{m}$ 이상 $3\mu\text{m}$ 이하인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 9.

제1항에 있어서, 상기 알루미늄 합금박은 알루미늄과 철, 마그네슘, 아연, 망간, 및 실리콘으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 요소를 함유한 합금으로 형성되는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 합금의 알루미늄 함량은 95 중량% 이상 99.5 중량% 이하인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 11.

제1항에 있어서, 상기 음극 전류 집전기의 두께는 $3\mu\text{m}$ 이상 $20\mu\text{m}$ 이하이고, 음극의 밀도는 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 이상 $5\text{g}/\text{cm}^3$ 이하인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 12.

제1항에 있어서, 상기 케이스는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 또는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금으로 제조된 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 13.

제12항에 있어서, 알루미늄 및 알루미늄 합금의 상기 평균 결정립 크기는 $0.1\mu\text{m}$ 이상 $10\mu\text{m}$ 이하인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 14.

제1항에 있어서, 상기 양극은 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박 또는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박을 구비한 양극 전류 집전기를 포함하는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 15.

제1항에 있어서, 상기 비수용성 전해질은 감마-부티로락톤을 함유하는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 16.

복수의 단일 셀이 직렬로 접속된 직렬 접속 유닛을 포함하는 전지 모듈이며, 단일 셀 각각은 케이스와,

상기 케이스에 제공된 비수용성 전해질과,

상기 케이스에 제공된 양극과,

상기 케이스에 제공된 음극을 포함하며,

상기 음극은 음극 전류 집전기와 상기 음극 전류 집전기에 지탱되고 음극 활성 재료 입자를 함유한 음극층을 포함하고, 음극 전류 집전기는 50 μm 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박 또는 50 μm 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박을 구비하는 전지 모듈.

청구항 17.

제16항에 있어서, 상기 직렬 접속 유닛의 주요면을 덮는 쿠션 부재를 추가로 포함하는 전지 모듈.

청구항 18.

제16항에 있어서, 상기 복수의 단일 셀은 두께 방향으로 상향 적층되는 전지 모듈.

청구항 19.

제18항에 있어서, 상기 직렬 접속 유닛의 최외층의 단일 셀을 덮는 쿠션 부재를 추가로 포함하는 전지 모듈.

청구항 20.

제1항에 있어서, 음극 활성 재료 입자는 리튬 티타늄 복합 산화물 입자, 티타늄 산화물 입자 또는 철 황화물 입자를 포함하는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 21.

제2항에 있어서, 음극 활성 재료 입자의 평균 주요 입자 크기는 레이저 확산법에 의해 측정되는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 22.

제5항에 있어서, 리튬 티타늄 복합 산화물 입자는 침정석 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 23.

제1항에 있어서,

양극에 전기적으로 접속된 일단부와 케이스의 외부로 인출된 다른 단부를 갖는 양극 단자와,

음극에 전기적으로 접속된 일단부와 케이스의 외부로 인출된 다른 단부를 갖는 음극 단자를 포함하며,
음극 단자의 인출 방향은 양극 단자의 인출 방향과 반대인 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 24.

제1항 내지 제15항 또는 제20항 내지 제23항 중 어느 한 항의 비수용성 전해질 2차 전지를 구비한 전지팩.

청구항 25.

제16항에 있어서, 음극 활성 재료 입자는 리튬 티타늄 복합 산화물 입자, 티타늄 산화물 입자 또는 철 황화물 입자를 포함하는 전지 모듈.

청구항 26.

제16항에 있어서, 음극 활성 재료 입자의 평균 주요 입자 크기는 $1\mu\text{m}$ 이하인 전지 모듈.

청구항 27.

제26항에 있어서, 음극 활성 재료 입자의 평균 주요 입자 크기는 레이저 확산법에 의해 측정되는 전지 모듈.

청구항 28.

제1항에 있어서, 케이스는 적층막으로 형성된 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 29.

제1항에 있어서, 케이스는 금속으로 이루어진 비수용성 전해질 2차 전지.

청구항 30.

제1항에 있어서, 양극과 음극 사이에 제공된 격리판을 더 포함하고, 격리판, 양극 및 전극은 함께 권취되어 평탄한 전극군을 형성하는 비수용성 전해질 2차 전지.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 비수용성 전해질 2차 전지 및 전지 모듈에 관한 것이다.

리튬 금속, 리튬 합금, 리튬 혼합물 또는 탄소 재료를 함유한 음극을 갖는 비수용성 전해질 2차 전지는 집중적으로 연구되어 고에너지 밀도 전지 또는 고출력 밀도 전지로 개발되었다. 지금까지, 활성 재료로서 LiCoO_2 또는 LiMn_2O_4 를 함유한 양극과 리튬을 개재 및 비개재하기 위한 탄소 재료를 함유한 음극을 갖는 리튬 이온 전지가 실질적으로 사용되어 왔다. 음극에 대해, 탄소 재료 대신 산화 금속 또는 합금을 사용하려는 시도가 있어 왔다.

음극의 전류 집전기는 통상 구리박으로 제조된다. 그러나, 구리박으로 제조된 전류 집전기를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지는 과다 방전될 때, 구리박의 용해 반응이 음극의 전위 상승에 의해 촉진되고 방전 용량이 갑자기 하강한다. 이에 따라, 비수용성 전해질 2차 전지에는 과다 방전을 방지하기 위한 보호성 회로가 제공된다. 그러나, 보호성 회로가 제공되는 비수용성 전해질 2차 전지는 에너지 밀도 관점에서 장점이 없다.

예컨대, 일본특허출원공개 제2002-42889호는 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 제조된 음극 전류 집전기를 구비한 음극과 리튬을 개재 및 비개재하기 위한 금속, 합금 및 혼합물로 구성되는 균으로부터 선택된 적어도 하나의 음극 활성 재료를 함유한 음극층을 포함하는 비수용성 전해질 2차 전지를 개시한다. 그 결과, 에너지 밀도 및 과다 방전 주기 성능이 향상된 비수용성 전해질 2차 전지가 구현된다.

그러나, 일본특허출원공개 제2002-42899호에서 제안된 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박으로 제조된 음극 전류 집전기는 그 강도가 약하기 때문에, 음극 밀도를 향상시키기 위해 가압력이 증가되는 경우에 파손될 수도 있다. 따라서, 종래의 음극 전류 집전기에 따르면, 고밀도의 얇은 음극이 획득될 수 없고, 따라서 비수용성 전해질 2차 전지의 용량을 증가시키는 것이 어렵다.

또한, 특허 공보에 개시된 음극 전류 집전기를 포함한 음극을 갖는 비수용성 전해질 2차 전지에서, 고온 환경에서의 과다 방전될 때, 음극 전류 집전기는 비수용성 전해질과 반응하여 음극에 석출되도록 용해된다. 그 결과, 음극의 전류 수집 성능은 저하되고, 전극 저항이 증가되어, 충분한 충전 및 방전 주기 수명이 획득될 수 없다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 실시예의 목적은 고온 환경, 신속 충전 및 고속 방전의 조건에서도 전기 용량 특성과 주기 성능이 우수한 비수용성 전해질 2차 전지를 제공하는 것이다.

본 발명의 제1 태양에 따르면, 발명의 실시예에는 비수용성 전해질 2차 전지가 제공되는데, 이는 케이스와, 케이스에 제공된 비수용성 전해질과, 케이스에 제공된 양극과, 케이스에 제공된 음극을 포함하며, 음극은 음극 전류 집전기와 음극 전류 집전기에 지탱되고 음극 활성 재료 입자를 함유한 음극층을 포함하고, 음극 전류 집전기는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박 또는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박을 구비한다.

본 발명의 제2 태양에 의하면, 발명의 실시예에 전지 모듈이 제공되는데, 이는 복수의 단일 셀이 직렬로 접속된 직렬 접속 유닛을 포함하며, 각 단일 셀은 케이스와, 케이스에 제공된 비수용성 전해질과, 케이스에 제공된 양극과, 케이스에 제공된 음극을 포함하며, 음극은 음극 전류 집전기와 음극 전류 집전기에 지탱되고 음극 활성 재료 입자를 함유한 음극층을 포함하고, 음극 전류 집전기는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박 또는 $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박을 구비한다.

발명의 구성

발명자는 많은 연구를 하여 미세 조직을 이루는 결정립의 크기가 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박을 포함한 음극 전류 집전기의 강도와 관련되며 이러한 음극 전류 집전기의 물리적 강도 및 화학적 강도 모두가 평균 결정립 크기를 $50\mu\text{m}$ 이하로 제어함으로써 향상될 수 있다는 것을 알아냈다.

음극 전류 집전기는 그 평균 결정립 크기가 $50\mu\text{m}$ 를 초과하는 알루미늄박 또는 그 평균 결정립 크기가 $50\mu\text{m}$ 를 초과하는 알루미늄 합금박을 포함하며, 제조 비용은 저렴하지만 큰 결정립 크기로 인해 크고 넓은 결정립 경계부를 가진다. 이에 따라, 음극 집전기는 $7\mu\text{m}$ 이하의 두께로 얇게 형성되는 경우에, 핀 구멍 및 균열이 발생할 수 있어서, 고온 환경에서 충전 및 방전 주기 수명이 단축될 수 있다.

고밀도를 갖는 얇은 음극을 획득하기 위해서, 제조시에 가압력이 증가한다면, 음극 전류 집전기는 두께 방향으로 확실히 가압된다. 미세 조직의 결정립 경계부가 음극 전류 집전기에서 크거나 넓다면, 음극 전류 집전기의 인장 강도가 저하되고, 이에 따라 강한 가압력이 인가되는 경우에, 음극 전류 집전기가 파손된다.

본 발명자들에 의해 연구되고 개시된 바와 같이, 음극 전류 집전기가 구리, 평균 결정립 크기가 50 μm 를 초과하는 알루미늄, 또는 평균 결정립 크기가 50 μm 를 초과하는 알루미늄 합금으로 제조되고, 가압력이 음극의 제조시에 상승하는 경우, 음극 전류 집전기는 40 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온 환경에서 긴 과다 방전 주기 동안에 비수용성 전해질과의 전기 화학적 반응에 의해 분해된다. 음극 전류 집전기는 특히 0V 이하의 전지 전압에서 잘 용해될 것이다. 발명자는 고온 환경에서 과다 방전에 의한 비수용성 전해질의 음극 전류 집전기의 분해가 평균 결정립 크기가 50 μm 이하인 알루미늄 또는 평균 결정립 크기가 50 μm 이하인 알루미늄 합금을 사용하여 음극 전류 집전기를 형성함으로써 억제될 수 있다는 것을 또한 알았다. 그 결과, 전극 저항의 증가가 억제될 수 있기 때문에, 충전 및 방전 주기 수명은 과다 방전이 고온 환경에서 반복되는 경우에도 증가될 수 있다.

동시에, 발명에서 사용되는 음극 전류 집전기가 작거나 협소한 결정립 경계부를 가지고 인장 강도가 향상될 수 있기 때문에, 전류 수집기의 파손은 가압시에 억제될 수 있고 고밀도의 얇은 음극이 구현될 수 있다. 게다가, 이 음극 전류 집전기는 핀 구멍의 생성을 또한 억제한다. 1 μm 이하의 평균 주요 입자 크기를 갖는 활성 재료 입자는 리튬 이온의 확산 시간을 단축시킬 수 있지만, 충전 성능에서 떨어져서, 고밀도를 획득하기 위해서는 큰 가압력이 필요하다. 음극 전류 집전기는 이러한 고압이 인가된다면 파손되지 않기 때문에, 음극 활성 재료를 함유한 음극의 밀도는 충분히 상승될 수 있다. 그 결과, 고용량 및 우수한 주기 성능의 비수용성 전해질 2차 전지는 신속한 충전 및 고속 방전 조건에서 구현될 수 있다.

또한, 음극 활성 재료로서 이러한 주요 입자 크기를 갖는 리튬 티타늄 복합 산화물 입자를 사용하여, 고온 환경, 신속한 충전 및 고속 방전 조건에서 주기 성능이 우수하고 용량이 큰 비수용성 전해질 2차 전지가 구현될 수 있다.

리튬 티타늄 복합 산화물은 고온 환경에서 비수용성 전해질과의 반응을 억제할 수 있고, 따라서 고온 환경에서의 자기 방전이 억제될 수 있다. 또한, 리튬 티타늄 복합 산화물은 리튬의 개재 및 비개재로 인해 팽창 및 수축 정도가 작고, 이에 따라 신속 충전의 반복 시에 음극의 신속한 팽창 또는 수축을 억제할 수 있고 음극 활성 재료의 구조적 파손은 신속한 충전 작업의 반복 시에 억제될 수 있다.

리튬 티타늄 복합 산화물의 평균 주요 입자 크기를 1 μm 이하로 조절함으로써, 리튬 이온의 확산 시간은 단축될 수 있고 고유 표면적이 향상될 수 있고, 높은 효율 인자가 신속한 충전 작업 또는 고속 방전 작업의 경우에도 달성된다.

또한, 50 μm 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박 또는 50 μm 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박을 구비하는 음극 전류 집전기를 사용함으로써, 음극 밀도는 이러한 활성 재료를 사용하여도 향상될 수 있다.

그 결과, 고온 환경, 신속 충전 및 고속 방전의 조건에서 주기 성능이 우수하며 용량이 큰 비수용성 전해질 2차 전지가 달성될 수 있다. 따라서, 이상적인 비수용성 전해질 2차 전지는 차량을 위한 스타터 동력원으로 사용되는 리드 전지를 대체하는 2차 전지, 전기 자동차 또는 하이브리드 자동차에 사용되도록 차량 장착형 2차 전지, 또는 전기 동력을 측량하는 데 사용되는 전기 동력을 저장하기 위한 2차 전지로서 사용되도록 제공될 수 있다.

음극, 양극 및 비수용성 전해질은 이후에 설명될 것이다.

1) 음극

음극은 음극 전류 집전기와 음극 전류 집전기의 한면 또는 양면에 지탱되는 음극층을 포함한다. 음극층은 음극 활성 재료, 전도성 제재 및 결합제를 구비한다.

음극 전류 집전기는 알루미늄박, 알루미늄 합금박을 구비하며, 그 평균 결정립 크기는 50 μm 이하이다.

평균 결정립 크기의 범위가 50 μm 이하이기 때문에, 실시예에서 언급된 바와 같이, 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박의 강도는 크게 향상될 수 있다. 음극 전류 집전기의 강도의 증가에 의해, 물리적 및 화학적 안정성이 향상되고, 음극 전류 집전기는 파손되지 않는다. 특히, 40 $^{\circ}\text{C}$ 이상의 고온 환경에서의 과다 방전 주기가 반복되는 경우에도, 음극 전류 집전기의 분해로 인한 열화가 방지될 수 있고 전극 저항의 증가가 억제될 수 있다. 또한, 전극 저항의 증가를 억제함으로써, 주열 열은 저하되고 전극의 열 생성은 억제될 수 있다.

음극 전류 집전기의 강도의 증가로 인해, 음극은 음극 전류 집전기를 파손하지 않고 밀도가 증가할 수 있고 에너지 밀도가 증가한다. 음극의 고밀도로 인해, 열 전도성이 증가하고 전극의 열 방출 성능이 개선된다.

또한, 전기의 열 생성의 억제와 전극의 열 방출 성능의 개선의 공조 효과에 의해, 전지의 온도 상승이 억제될 수 있다.

보다 양호한 평균 결정립 크기는 $3\mu\text{m}$ 이하이다. 예에서 언급된 바와 같이, 이들 효과는 추가로 향상된다. 평균 결정립 크기가 작을수록, 음극 전류 집전기의 물리적 및 화학적 강도가 커진다. 그러나, 결정성을 갖는 미세 조직이 우수한 전도성을 달성하기에 바람직하지만, 평균 입자 크기의 한계 저점은 $0.01\mu\text{m}$ 인 것이 바람직하다.

$50\mu\text{m}$ 이하의 범위의 평균의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박은 재료 조성, 처리 조건, 가열 조건 및 냉각 조건과 같은 다수의 요인에 따라 변화하고, 평균 결정립 크기는 제조 과정에서 인자에 의해 조절될 수 있다. 음극 전류 집전기의 알루미늄박으로는, 고성능 알루미늄박 PACAL21(일본 박의 상표명)이 사용될 수 있다.

구체적으로, $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박은 50 내지 250°C 에서 $90\mu\text{m}$ 의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄박을 어닐링하여 실온으로 담금질(quenching)함으로써 제조될 수 있다. 한편, $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박은 50 내지 250°C 에서 $90\mu\text{m}$ 의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박을 어닐링하여 실온으로 담금질함으로써 제조될 수 있다. 또는, $50\mu\text{m}$ 이하의 평균 결정립 크기를 갖는 알루미늄 합금박은 Fe를 0.8 내지 2.0 중량% 함유한 합금을 어닐링함으로써 또한 제조될 수 있다.

알루미늄 및 알루미늄 합금박의 평균 결정립 크기는 다음 방법에 의해 측정된다. 음극 전류 집전기의 표면의 조직은 금속 현미경에 의해 관찰되고, $1\text{mm}\times 1\text{mm}$ 의 시야 내에 존재하는 결정립 수가 계수되고, 평균 결정립 면적($S, \mu\text{m}^2$)은 등식(0)에 의해 계산된다.

$$S = (1 \times 10^6)/n \quad (0)$$

여기서, (1×10^6) 은 $1\text{mm}\times 1\text{mm}$ 의 시야 면적(μm^2)이고, n은 결정립 수이다.

획득된 평균 결정립 면적(S)을 사용하여, 평균 결정립 직경($d, \mu\text{m}$)이 등식(1)에 의해 계산된다. 평균 결정립 직경(d)은 5개의 위치(5개의 시야)에서 계산되어, 평균 결정립 크기로 평균이 구해졌다. 추정 에러는 약 5%이다.

$$d = 2(S/\pi)^{1/2} \quad (1)$$

음극 전류 집전기의 두께는 대용량을 목적으로 $20\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하다. 보다 양호한 범위는 $12\mu\text{m}$ 이하이다. 음극 전류 집전기의 두께의 한계 저점은 $3\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하다.

음극 전류 집전기에 사용되는 알루미늄의 순도는 침식 저항을 향상시키고 강도를 증가시킬 목적으로 99.99% 이상인 것이 바람직하다. 알루미늄 합금은 알루미늄과 철, 마그네슘, 아연, 망간 및 실리콘으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 요소를 함유한 합금인 것이 바람직하다. 예컨대, Al-Fe 합금, Al-Mn 합금, 및 Al-Mg 합금은 알루미늄보다 강할 수 있다. 한편, 알루미늄과 알루미늄 합금에 함유된 니켈 또는 크롬과 같은 전이 금속의 함량은 100ppm 이하(0ppm을 포함)인 것이 바람직하다. 예컨대, Al-Cu 합금은 그 강도가 증가하지만, 침식 저항이 저하되어, 이로써 전류 집전기로서 적합하지 않다.

알루미늄 합금의 알루미늄 함량은 95중량% 이상 99.5 중량% 이하인 것이 바람직하다. 범위를 벗어난 경우에, 평균 결정립 크기가 $50\mu\text{m}$ 이하로 설정되는 경우에도, 충분한 강도가 획득될 수도 있다. 알루미늄의 보다 양호한 함량은 98중량% 이상 99.5 중량% 이하이다.

음극 활성 재료의 평균 주요 입자 크기는 $1\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하다.

따라서, 예에서 언급된 바와 같이, 주기 성능이 향상될 수 있다. 특히, 이 효과는 고속 방전에서 탁월하다. 이는, 리튬 이온을 개재 또는 비개재하기 위한 음극 활성 재료에서, 예컨대, 활성 재료의 리튬 이온의 확산 거리가 짧아지고 고유 표면적 입자 크기가 작아짐에 따라 넓어지기 때문이다.

보다 바람직한 평균 주요 입자 크기는 $0.3\mu\text{m}$ 이하이다. 예에서 언급된 바와 같이, 이들 효과는 더욱 향상된다. 그러나, 평균 주요 입자 크기가 작아질 때, 주요 입자는 더 회합하게 되고, 비수용성 전해질의 분산은 음극으로 편의되고, 양극에서의 전해질 고갈이 일어나게 되어, 따라서 한계 저점은 $0.001\mu\text{m}$ 인 것이 바람직하다.

일반적으로, 전극을 가압하는 공정에서, 활성 재료의 평균 입자 크기가 작아짐에 따라, 전류 집전기 상의 부하가 증가한다. 음극 활성 재료가 $1\mu\text{m}$ 이하의 평균 주요 입자 크기를 가지므로, 전류 집전기 상의 부하가 크고, 종래의 음극 전류 집전기에서 파손이 일어날 수도 있다. 그러나, 발명에서 사용되는 음극 전류 집전기는 그 강도가 세므로, $1\mu\text{m}$ 이하의 평균 주요 입자 크기를 갖는 입자로 인해 부하를 견딜 수 있다.

$1\mu\text{m}$ 이하의 평균 주요 입자 크기를 갖는 음극 활성 재료는 활성 원료로부터 활성 재료 전구체를 합성하고, 굽고, 볼 밀 또는 제트 밀과 같은 연마 기계를 사용하여 연마함으로써 달성될 수 있다. 굽기 공정에서, 활성 재료 전구체의 일부는 큰 입자 크기를 갖는 2차 입자로 성장하도록 회합될 수도 있다. 따라서, 음극 활성 재료는 2차 입자를 함유할 수 있다. 분말이 입자 크기보다 작은 경우에 연마하기가 보다 용이하고, 활성 재료 전구체는 $1\mu\text{m}$ 이하의 분말인 것이 바람직하다.

음극 활성 재료로는, 리튬을 개재 및 비개재하기 위한 물질이 사용될 수도 있다. 특히, 금속 산화물, 금속 황화물, 금속 질화물, 및 합금이 사용될 수도 있다. 금속 산화물은 예컨대 WO_3 와 같은 텅스텐 산화물, $\text{SnB}_{0.4}\text{P}_{0.6}\text{O}_{3.1}$ 과 같은 무정형 주석 산화물, SnSiO_3 와 같은 주석 실리콘 산화물, SiO 와 같은 실리콘 산화물, 및 $\text{Li}_{4+x}\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 와 같은 첨정석 구조를 갖는 리튬 티탄산염을 구비한다. 금속 산화물의 양호한 예는 리튬 티탄산염과 같은 리튬 티타늄 복합 산화물이다. 금속 황화물의 양호한 예는, 예컨대 TiO_2 와 같은 리튬 황화물, MoS_2 와 같은 몰리브덴 황화물, FeS , FeS_2 , Li_xFeS_2 와 같은 철 황화물을 구비한다. 금속 질화물의 양호한 예는, 예컨대 $\text{Li}_x\text{Co}_y\text{N}$ ($0 < x < 4$, $0 < y < 0.5$)과 같은 리튬 코발트 질화물을 구비한다. 특히, 주기 성능 면에서, 리튬 티탄산염이 바람직하다. 이는 리튬 티탄산염의 리튬 개재 전위가 약 1.5V 이고 알루미늄박 전류 집전기 또는 알루미늄 합금박 전류 집전기의 존재시에 전기 및 화학적으로 안정한 재료이기 때문이다.

음극 활성 재료의 리튬 개재 전위는 리튬 금속의 개방 회로 전위에 대해 개방 회로 전위에서 0.4V 이상인 것이 바람직하다. 따라서, 음극 전류 집전기의 알루미늄 요소와 리튬 사이의 합금 반응의 촉진과 음극 전류 집전기의 분쇄화(pulverization)가 억제될 수 있다. 리튬 개재 전위는 리튬 금속의 개방 회로 전위에 대해 개방 회로 전위에서 0.4V 이상 3V 이하의 범위에서 보다 바람직하다. 따라서, 전지 전위가 향상될 수 있다. 바람직한 추가 범위는 0.4V 이상 2V 이하이다.

0.4V 이상 3V 이하의 범위에서 리튬을 개재할 수 있는 금속 산화물은 TiO_2 와 같은 티타늄 산화물, $\text{Li}_{4+x}\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ($-1 \leq x \leq 3$) 또는 $\text{Li}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$ 와 같은 리튬 티타늄 복합 산화물, WO_3 와 같은 텅스텐 산화물, $\text{SnB}_{0.4}\text{P}_{0.6}\text{O}_{3.1}$ 과 같은 무정형 주석 산화물, SnSiO_3 와 같은 주석 실리콘 산화물, 및 SiO 와 같은 실리콘 산화물을 구비한다. 특히, 리튬 티타늄 복합 산화물이 바람직하다.

0.4V 이상 3V 이하의 범위에서 리튬을 개재할 수 있는 금속 황화물은 TiS_2 와 같은 리튬 황화물, MoS_2 와 같은 몰리브덴 황화물, FeS , FeS_2 , Li_xFeS_2 와 같은 철 황화물을 구비한다.

0.4V 이상 3V 이하의 범위에서 리튬을 개재할 수 있는 금속 질화물은 $\text{Li}_x\text{Co}_y\text{N}$ ($0 < x < 4$, $0 < y < 0.5$)와 같은 리튬 코발트 질화물을 구비한다.

전자 전도성을 향상시키고 전류 집전기와 접촉 저항을 억제하기 위한 전도성 제재로는, 탄소 재료가 사용될 수도 있다. 예는 아세틸렌 블랙, 탄소 블랙, 코크, 탄소 섬유, 및 흑연을 구비한다.

활성 재료와 전도성 제재를 결합시키기 위한 결합제는, 예컨대 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 폴리비닐리덴 불화물(PVdF), 불화 고무, 및 스티렌 부타디엔 고무를 구비한다.

음극 활성 재료, 전도성 제재, 및 결합제의 혼합비는 80중량% 이상 95중량% 이하의 음극 활성 재료, 3중량% 이상 18중량% 이하의 전도성 제재, 2중량% 이상 7중량% 이하의 결합제이다. 전도성 제재는 3중량% 이상 함유된 경우에 특정 효과

를 나타내고, 18 중량% 이하 함유된 경우에 고온 저장시에 전도성 제재 표면 상에서의 비수용성 전해질의 분해를 감소시킬 수 있다. 결합제는 2중량% 이상 함유된 경우에 충분한 전극 강도를 달성할 수 있고, 7중량% 이하 함유된 경우에 전극의 절연부를 감소시킬 수 있다.

음극의 밀도는 1.5g/cm³ 이상 5g/cm³ 이하인 것이 바람직하다. 따라서, 큰 전지 용량이 달성될 수 있다. 보다 바람직한 범위는 2g/cm³ 이상 4g/cm³ 이하이다.

음극은 적절한 용매에 음극 활성 재료, 전도성 제재, 및 결합제를 현탁시키고 이 현탁액을 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박으로 제조된 전류 집전기에 인가하여 건조 및 가압함으로써 제조된다.

2) 양극

양극은 양극 전류 집전기, 양극 전류 집전기의 한면 또는 양면에 지탱되는 양극층을 포함한다. 양극층은 양극 활성 재료, 전도성 제재 및 결합제를 구비한다.

양극 전류 집전기는 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박을 구비한다. 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박의 평균 결정립 크기는 50 μ m 이하이다. 보다 바람직하게는, 3 μ m 이하이다. 그 결과, 양극 전류 집전기의 강도가 증가하고, 양극은 양극 전류 집전기를 파손시키지 않고도 밀도가 증가하여, 에너지 밀도가 향상될 수 있다. 평균 결정립 크기가 작을수록, 핀 구멍과 균열이 일어나기 힘들고, 동시에, 양극 전류 집전기의 화학적 강도와 물리적 강도가 향상될 수 있다. 결정형 미세 조직을 갖는 전류 집전기를 사용하여 적절한 강도를 보장하도록, 평균 결정립 크기의 한계 저점은 0.01 μ m인 것이 바람직하다.

양극 전류 집전기의 두께는 대용량을 목적으로 20 μ m 이하인 것이 바람직하다. 보다 바람직한 범위는 15 μ m 이하이다. 양극 전류 집전기의 두께의 양호한 한계 저점은 3 μ m이다.

양극 활성 재료의 예는 산화물, 황화물 및 중합체를 구비한다.

산화물은 이산화망간(MnO₂), 철 산화물, 구리 산화물, 니켈 산화물, Li_xMn₂O₄ 또는 Li_xMn₂O₂와 같은 리튬 망간 복합 산화물, Li_xNiO₂와 같은 리튬 니켈 복합 산화물, Li_xCoO₂와 같은 리튬 코발트 복합 산화물, LiNi_{1-y}Co_yO₂와 같은 리튬 니켈 코발트 복합 산화물, LiMn_yCo_{1-y}O₂와 같은 리튬 망간 코발트 복합 산화물, Li_xMn_{2-y}Ni_yO₄와 같은 첨정석형 리튬 망간 니켈 복합 산화물, Li_xFePO₄, Li_{1-y}Mn_yPO₄, 또는 Li_xCoPO₄와 같은 감람석 구조 리튬 인 산화물, Fe₂(SO₄)₃와 같은 철 황화물, 및 V₂O₅와 같은 바나듐 산화물을 구비한다. x와 y의 값은 0 내지 1의 범위 내에 있는 것이 바람직하다.

중합체는 폴리아닐린, 폴리피롤과 같은 전도성 중합체 재료와 이황화물 중합체 재료를 구비한다. 또한, 황(S)과 불화 탄소가 또한 사용될 수도 있다.

양호한 양극 활성 재료는 높은 양극 전압을 가지는 것이 바람직하고, Li_xMn₂O₄와 같은 리튬 망간 복합 산화물, 리튬 니켈 복합 산화물, 리튬 코발트 복합 산화물, 리튬 니켈 코발트 복합 산화물, 첨정석형 리튬 망간 니켈 복합 산화물, 리튬 망간 코발트 복합 산화물, 및 Li_xFePO₄와 같은 리튬 철 인화물을 구비한다.

전자 전도성을 향상시키고 전류 집전기와 접촉 저항을 억제하기 위한 전도성 제재로는, 예컨대 아세틸렌 블랙, 탄소 블랙, 및 흑연이 사용될 수도 있다.

활성 재료와 전도성 제재를 결합시키기 위한 결합제는, 예컨대 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 폴리비닐리덴 불화물(PVdF), 및 불화 고무를 구비한다.

양극 활성 재료, 전도성 제재, 및 결합제의 혼합비는 80중량% 이상 95중량% 이하의 양극 활성 재료, 3중량% 이상 18중량% 이하의 전도성 제재, 2중량% 이상 7중량% 이하의 결합제이다. 전도성 제재는 3중량% 이상 함유된 경우에 특정 효과를 나타내고, 18 중량% 이하 함유된 경우에 고온 저장시에 전도성 제재 표면 상에서의 비수용성 전해질의 분해를 감소시킬 수 있다. 결합제는 2중량% 이상 함유된 경우에 충분한 전극 강도를 달성할 수 있고, 7중량% 이하 함유된 경우에 전극의 절연부를 감소시킬 수 있다.

양극은 적절한 용매에 양극 활성 재료, 전도성 제재, 및 결합제를 부유시키고 이 현탁액을 양극 전류 집전기에 인가하여 건조 및 가압함으로써 제조될 수 있다.

2) 비수용성 전해질

비수용성 전해질의 예는 유기 용매에 전해질을 용해시킴으로써 준비되는 액체 비수용성 전해질, 액체 전해질과 중합체 재료를 혼합함으로써 달성되는 겔 비수용성 전해질, 및 리튬염과 중합체 재료를 혼합함으로써 달성되는 고체 비수용성 전해질을 구비한다. 리튬 이온을 함유한 실온 용융염(이온성 용융 재료)이 비수용성 전해질로 또한 사용될 수도 있다.

액성 비수용성 전해질은 0.5 내지 2mol/L의 농도로 유기 용매에서 전해질을 용해함으로써 준비된다.

전해질의 예는 LiBF_4 , LiPF_6 , LiAsF_6 , LiClO_4 , LiCF_3SO_3 , $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3\text{C}$, 및 $\text{LiB}[(\text{OCO})_2]_2$ 를 구비한다. 한두가지 이상의 형태의 전해질이 사용될 수도 있다.

프로필렌 카보네이트(PC) 또는 에틸렌 카보네이트(EC)와 같은 환형 카보네이트, 디에틸렌 카보네이트(DEC), 다이메틸 카보네이트(DMC) 또는 메틸 에틸 카보네이트(MEC)와 같은 사슬형 카보네이트, 다이메톡시 에탄(DME) 또는 디에토에탄(DEE)와 같은 사슬형 에터, 테트라하이드로푸란(THF) 또는 다이옥소레인(DOX)과 같은 환형 에터, 감마-부틸로락톤(GBL), 아세토니트릴(AN) 및 설포레인(SL)을 포함한 다양한 유기 용매가 사용될 수도 있다. 이들 유기 용매는 단독으로 사용될 수도 있고 2개 이상의 형태의 혼합물로 사용될 수도 있다.

중합체 재료의 예는 폴리비닐리덴 불화물(PVdF), 폴리아크릴로니트릴(PAN), 및 폴리에틸렌 산화물(PEO)를 구비한다.

실온 용융염(이온 용융성 재료)은 리튬 이온, 유기 재료 양이온 및 유기 재료 음이온을 함유하는 것이 바람직하다. 양호한 실온 용융염은 100°C 이하, 바람직하게는 실온 이하이다.

발명의 일 실시예에 의한 비수용성 전해질 2차 전지는 양극과 음극 사이에 제공된 격리판과 이들을 수용하기 위한 외부 패키지(케이스)를 추가로 포함한다.

4) 격리판

격리판은, 예컨대 합성 수지 부직포, 폴리에틸렌 다공성 막, 또는 폴리에틸렌 다공성 막을 구비한다.

5) 외부 패키지

외부 패키지는 0.2mm 이하의 막 두께를 갖는 적층막 케이스 또는 0.5mm 이하의 벽두께를 갖는 금속 케이스이다. 케이스의 형상은 비수용성 전해질 2차 전지의 형상을 따라야 한다. 비수용성 전해질 2차 전지의 형상은, 평탄형, 프리즘형, 원통형, 동전형, 단추형, 종이형, 적층형, 및 전기 자동차에 장착된 대형 전지를 구비한다.

적층막의 양호한 두께 범위는 0.5mm 이하이다. 적층막 두께의 한계 저점은 0.01mm이다.

금속 케이스의 양호한 벽 두께는 0.5mm 이하이다. 금속 케이스의 벽두께의 한계 저점은 0.05mm이다.

적층막은 금속층을 포함한 다중층막과 금속층을 덮는 수치층을 구비한다. 중량의 감소를 위해, 금속층은 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박인 것이 바람직하다. 수치층은 금속층을 강화시키려하며 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌(PE), 나일론 또는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)와 같은 중합체로 제조될 수도 있다.

적층막 케이스는, 예컨대 열 용융에 의해 적층막을 처리함으로써 형성된다.

금속 케이스는 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 형성되는 것이 바람직하다. 알루미늄 또는 알루미늄 합금박의 평균 결정립 크기는 50 μm 이하인 것이 바람직하다. 평균 결정립 크기를 50 μm 이하로 제어함으로써, 알루미늄 또는 알루미늄 합금박으로 제조된 금속 케이스의 강도가 증가되고, 케이스의 벽 두께가 감소되어도 충분한 기계적 강도가 보장된다. 그 결과, 케이스의 열 방출 성능이 개선되고, 전지의 온도 상승은 억제될 수 있다. 증가된 에너지 밀도에 의해, 전지는 중량과 크기가

감소될 수 있다. 보다 바람직하게는, 10 μ m 이하이다. 그 결과, 이 효과는 다음의 예에서 기술된 바와 같이 추가로 향상된다. 평균 결정립 크기가 작을 수록, 케이스의 화학적 및 물리적 강도는 강해진다. 그러나, 미세 조직은 우수한 전도성을 달성하도록 결정립인 것이 바람직하므로, 평균 결정립 크기의 한계 저점은 0.01 μ m인 것이 바람직하다.

이들 특징부는 자동차 장착형 2차 전지 전지에서 바람직하며, 여기서 고온 조건을 나타내며 높은 에너지 밀도가 요구된다.

음극 전류 집전기에서와 동일한 이유로 인해, 알루미늄의 순도는 99.99% 이상인 것이 바람직하다. 알루미늄 합금은 망간, 아연 또는 실리콘과 같은 요소를 함유한 합금인 것이 바람직하다. 알루미늄 또는 알루미늄 합금에서, 철, 구리, 니켈 또는 크롬과 같은 전이 금속의 함량은 100ppm 이하이어야 한다.

금속 케이스는 레이저에 의해 밀봉될 수 있다. 이에 따라, 적층막 케이스와 비교하여, 밀봉부의 체적이 감소될 수 있고, 에너지 밀도가 향상될 수 있다.

발명의 비수용성 전해질 2차 전지는 프리즘형, 원통형, 평판형, 박막형 또는 동전형과 같은 다양한 형태의 비수용성 전해질 2차 전지에 적용될 수 있다. 도1은 평판형 비수용성 전해질 2차 전지의 예를 도시한다.

이 비수용성 전해질 2차 전지는 외부 패키지와 같은 주머니형 막 케이스(6), 막 케이스에 수용된 전극군, 및 전극군에 의해 보유된 비수용성 전해질을 포함한다. 전극군은 양극(3), 음극(4) 및 양극(3)과 음극(4) 사이에 제공된 격리판(5)을 포함한다. 양극(3), 음극(4), 및 격리판(5)은 평탄하게 권취된다. 벨트형 양극 단자(2)의 일 단부는 양극(3)에 전기적으로 접속되고, 다른 단부는 케이스(6) 외부로 인출된다. 벨트형 음극 단자(1)의 일단부는 음극(4)에 전기적으로 접속되고, 다른 단부는 케이스(6) 외부로 인출된다.

도2는 프리즘형 비수용성 전해질 2차 전지의 일 실시예를 도시한다.

도2에서 도시된 바와 같이, 전극군(13)은 알루미늄 또는 다른 금속으로 제조된 바닥부를 갖는 프리즘 관형 케이스(12)에 수용된다. 전극군(13)은 양극(14), 격리판(15) 및 음극(16)을 순서대로 적층시키고 평탄하게 권취함으로써 형성된다. 중심에 구멍을 갖는 역전류기(spacer; 17)는 전극군(13) 위에 정렬된다.

비수용성 전해질은 전극군(13)에 보유된다. 중심에 원형 구멍이 개방된 급송 포트(18a)를 갖는 밀봉판(18b)은 케이스(12)의 개구에 레이저로 용접된다. 급송 포트(18a)는 (도시되지 않은) 밀봉 리드로 덮인다. 음극 단자(19)는 기밀 밀봉 방식으로 밀봉판(18b)의 원형 구멍에 정렬된다. 음극(16) 외부로 인출된 음극 탭(20)은 음극 단자(19)의 하단부에 용접된다. 한편, (도시되지 않은) 양극 탭은 양극 단자로 또한 기능하는 케이스(12)에 접속된다.

전지 모듈은 비수용성 전해질 2차 전지로 형성될 수 있다. 그 일 실시예가 도3 내지 도8에 도시될 것이다.

도3에서 도시된 바와 같이, 전지 모듈(20a)은 직렬로 접속된 2개의 단일 셀(21a, 21b)를 갖는 직렬 접속부로 이루어진다. 단일 셀(21a, 21b) 각각은 음극 단자(1)가 케이스(6)의 일 단측 외부로 인출되고 양극 단자(2)가 케이스(6)의 타 단측 외부로 인출되는 것을 제외하고는 도1에서 설명되는 바와 같이 동일한 구조를 가진다. 좌측에 위치한 단일 셀(21a)은 음극 단자(1) 위에 정렬된다. 한편, 우측에 위치한 단일 셀(21b)은 양극 단자(2) 위에 정렬된다. 단일 셀(21a)의 음극 단자(1)와 단일 셀(21b)의 양극 단자(2)는 탭(22)에 의해 전기 접속된다.

도4는 도3의 화살표 방향으로 바라본 도2의 전지 모듈의 측면도이다. 도5는 탭(22) 측부에서 바라본 도3의 전지 모듈의 측면도이다. 도4 및 도5에서 도시된 바와 같이, 시트와 같이 형성된 쿠션 부재(23)는 직렬 접속 유닛의 양 주요면 상에, 즉 단일 셀(21a, 21b)의 케이스(6)의 상부(6a) 및 하부(6b) 상에 정렬된다.

도3에서, 단일 셀(21a, 21b)은 차례로 정렬되지만, 단일 셀은 상향으로 또한 적층될 수 있다. 이러한 예는 도6 내지 도8에서 도시된다.

사용된 단일 셀(21c 내지 21e)은 도3에 도시된 것과 동일한 구조를 가진다. 도6은 위에서 바라본 전지 모듈(24)의 평면도이다. 도7은 도6의 위에서 바라본 전지 모듈(24)의 측면도이다. 도8은 도6의 아래에서 바라본 전지 모듈(24)의 측면도이다.

전지 모듈(24)은 단일 셀(21c 내지 21e)이 직렬로 접속된 직렬 접속 유닛을 가진다. 단일 셀(21c 내지 21e)은 그 두께 방향으로 상향 적층된다. 상부층은 단일 셀(21c)이고, 하부층은 단일 셀(21e)이며, 중간층은 단일 셀(21d)이다. 단일 셀

(21c)과 단일 셀(21e)은 도6에서 상향으로 양극 단자(2)와 정렬된다. 단일 셀(21d)은 도6의 상향에서 음극 단자(1)와 정렬된다. 도7에서 도시된 바와 같이, 단일 셀(21c)의 양극 단자(2)는 탭(25)에 의해 동일한 방향으로 인출된 단일 셀(21d)의 음극 단자(1)와 전기 접속된다. 또한, 도8에서 도시된 바와 같이, 단일 셀(21d)의 양극 단자(2)는 탭(26)에 의해 동일한 방향으로 인출된 단일 셀(21e)의 음극 단자(1)와 전기 접속된다. 이러한 탭 접속에 의해, 단일 셀(21c 내지 21e)은 직렬 접속된다. 시트와 같이 형성된 쿠션 부재(23)는 직렬 접속 유닛의 최외층에 위치한 단일 셀(21c, 21e)의 케이스(6)의 표면에 정렬된다.

쿠션 부재(23)는 전기 모듈(20a, 24)의 진동 저항 성능과 충격 저항 성능을 향상시킬 수 있다. 대조하면, 쿠션 부재로 인해, 전지 모듈의 체적 에너지 밀도는 저하될 수도 있다. 따라서, 케이스(6)가 금속과 같은 경질 재료로 형성된다면, 쿠션 부재가 제공되지 않을 수도 있다. 쿠션 부재(23)는, 예컨대 스폰지 구조를 갖는 중합체 재료로 형성된다. 중합체 재료는 유기 용매에 대한 저항성과 방염 특성을 가지는 것이 바람직하다. 쿠션 부재(23)의 두께는 1mm 이상 10mm 이하인 것이 바람직하다.

전지 모듈(20a, 24)은 복수의 직렬 접속 유닛을 포함할 수 있다. 이들 직렬 접속 유닛은 상호 평행하게 접속될 수 있다. 또한, 외부 케이스에 내장된 전지 모듈은 전지팩으로 사용될 수 있다. 보호성 회로 기판과 같은 필수 전기 부품은 전지팩의 외부 케이스에 수용될 수도 있다.

발명의 예는 상기 도면을 참조하여 아래에 기술될 것이다.

그러나, 발명은 발명의 범위를 벗어나지 않고서도 이 예에 제한되지 않는다는 것을 알 것이다.

(예1)

<음극의 준비>

활성 재료로서 (Li/Li⁺에 대해) 1.55V의 Li 개재 전위와 5 μ m의 평균 주요 입자 크기를 갖는 리튬 티탄산염(Li₄Ti₅O₁₂) 분말, 전도성 제재로서 0.4 미크론의 평균 입자 크기를 갖는 탄소 분말, 및 결합제로서 폴리비닐리덴 불화물(PVdF)을 중량에 대해 90:7:3의 비율로 혼합함으로써, 혼합물은 n-메틸 피롤리돈(NMP) 용매에 분산되어 슬러리가 준비되었다.

활성 재료의 주요 입자 크기의 측정을 위해, 레이저 확산 입자 크기 분석기(시마쯔 코포레이션의 모델명 SALD-300)가 사용되었다. 약 0.1g의 시료를 비이커에 넣고, 계면활성제와 1 내지 2 mL의 증류수가 첨가하였고, 충분히 교반하여, 교반 탱크에 부었다. 광도 분포는 2초 간격으로 64회 측정되었고, 입자 크기 분포 자료가 분석되었고, 50%(D50)의 누적 주파수 분포의 입자 크기는 평균 주요 입자 크기로 획득되었다.

한편, 10 μ m 두께의 알루미늄박(순도 99.99%)과 50 μ m의 평균 결정립 크기는 음극 전류 집전기로 준비되었다.

슬러리는 획득된 음극 전류 집전기 상에 인가되어 건조 및 가압되었고, 2.4g/cm³의 전극 밀도를 갖는 음극이 준비되었다.

음극 밀도는 다음 방법으로 측정되었다.

음극층인 양 측부를 갖는 음극은 5cm × 5cm의 크기로 절결되어, 전극의 총 중량과 두께가 측정되었다. 전극의 양측부에서부터, 음극층은 아세톤을 이용하여 박리되었고, 전류 집전기의 중량과 두께가 측정되었다. 음극 밀도(ρ ; g/cm³)은 등식(2)을 사용하여 계산되었다.

$$\rho = (W_0 - W_1)/(T_0 - T_1) \times S$$

여기서, W₀는 전극 중량(g)이고, W₁은 전류 집전기 중량(g)이고, T₀는 전극 두께(cm)이고, T₁은 전류 집전기 두께(cm)이고, S는 음극 면적으로, 이 경우엔 25cm²이다.

<양극의 준비>

활성 재료로서 리튬 코발트 산화물(LiCoO₂), 전도성 제재로서 흑연 분말, 결합제로서 폴리비닐리덴 불화물(PVdF)를 중량에 대해 87:8:5의 비율로 혼합함으로써, 혼합물은 n-메틸 피롤리돈(NMP)에 분산되어 슬러리가 준비되었다. 슬러리는 두께가 15 μ m이고 평균 결정립 크기가 10 μ m인 알루미늄박(순도 99.99%)에 인가되어, 건조 및 가압되었고, 3.5g/cm²의 전극 밀도를 갖는 양극이 준비되었다.

케이스(외부 패키지)를 형성하기 위한 재료로는, 두께가 0.1mm인 알루미늄을 함유한 적층막이 준비되었다. 알루미늄을 함유한 이 적층막의 알루미늄층은 두께가 약 0.03mm였고, 평균 결정립 크기는 약 100 μ m였다. 알루미늄층을 강화하기 위한 수지로는, 폴리프로필렌이 사용되었다. 열 용융에 의해 적층막을 처리함으로써, 케이스(외부 패키지)가 획득되었다.

벨트형 양극 단자는 양극(3)에 전기 접속되었고, 벨트형 음극 단자는 음극에 전기 접속되었다. 두께가 12 μ m인 폴리에틸렌 다공성막의 격리판은 양극을 덮도록 긴밀하게 인가되었다. 음극은 격리판 상에 놓여서, 격리판이 양극과 음극 사이에 정렬되었다. 이들은 평탄하게 권취되어, 전극군이 준비되었다. 전극군은 가압되어 평탄하게 형성되었다. 평탄하게 형성된 전극군은 케이스(외부 패키지) 내로 삽입되었다.

EC와 GBL을 체적에 대해 1:2(EC:GBL)로 혼합한 유기 용매에, 리튬염의 LiBF₄의 1.5mol/L가 용해되어, 액체 비수용성 전해질이 준비되었다. 획득된 비수용성 전해질은 케이스에 부어지고, 도1에서 도시된 것과 같은 구조를 갖는 두께가 3.8mm이고 폭과 높이가 63mm, 95mm인 평탄형 비수용성 전해질 2차 전지가 준비되었다.

(예2 및 예3)

표1에서 도시된 바와 같이 음극 활성 재료의 평균 결정립 크기와 음극 밀도가 다르다는 것을 제외하고는 예1과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다. 예1 내지 예3은 리튬 티탄산염의 평균 주요 입자 크기의 효과를 조사하려 한다.

(예4 내지 예7)

표1에서 도시된 바와 같이 음극 전류 집전기의 평균 주요 입자 크기와 음극 밀도가 다르다는 것을 제외하고는 예3과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다. 예3 내지 예7은 AI의 평균 결정립 크기의 효과를 조사하려 한다.

(예8 내지 예10)

표1에서 도시된 바와 같이 음극 활성 재료의 평균 주요 입자 크기와 음극 밀도가 다르다는 것을 제외하고는 예7과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다. 예7 내지 예10은 리튬 티탄산염의 평균 주요 입자 크기의 추가적인 효과를 조사하려 한다.

(예11)

표1에서 도시된 바와 같이 음극 전류 집전기의 평균 결정립 크기와 음극 밀도가 다르다는 것을 제외하고는 예9과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다. 예11은 리튬 티탄산염의 평균 주요 입자 크기와 AI의 평균 결정립 크기의 조합의 효과를 조사하려 한다.

(예12)

그 조성, 두께, 및 평균 결정립 크기가 표1에서 도시된 바와 같은 알루미늄 합금박이 음극 전류 집전기로 사용되었고 음극 활성 재료의 평균 주요 입자 크기가 표1에서 도시된 바와 같다는 것을 제외하고는 예9과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

(예13)

그 조성, 두께, 및 평균 결정립 크기가 표1에서 도시된 바와 같은 알루미늄 합금박이 음극 전류 집전기로 사용되었다는 것을 제외하고는 예9과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

(예14)

그 조성, 두께, 및 평균 결정립 크기가 표1에서 도시된 바와 같은 알루미늄 합금박이 음극 전류 집전기로 사용되었고 음극 밀도가 표1에서 도시된 바와 같다는 것을 제외하고는 예9와 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

(예15 내지 예21)

그 조성 및 평균 결정립 크기가 표1에서 도시된 바와 같으며 벽 두께가 표1에서 도시된 것과 같은 금속 재료로 형성된 금속 케이스가 외부 패키지로 준비되었다.

예9와 동일한 구조를 갖는 전극군과 예1과 동일한 조성인 비수용성 전해질은 금속 케이스에 수용되었고, 밀봉판이 레이저 용접에 의해 케이스의 개구에 부착되었고, 프리즘형 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다. 예15 내지 예21은 외부 패키지의 효과를 조사하려 한다.

(예22)

그 조성, 두께, 및 평균 결정립 크기가 표1에서 도시된 바와 같은 알루미늄 합금박이 음극 전류 집전기로 사용되었고 음극 밀도가 표1에서 도시된 바와 같다는 것을 제외하고는 예9와 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

예12 내지 예14 및 예22는 음극 전류 집전기로 알루미늄 합금박을 사용하는 효과를 조사하려 한다.

(비교예1 내지 비교예3)

표1에서 도시된 바와 같이 음극 전류 집전기가 사용되고 음극 밀도가 표1에서 도시된 바와 같다는 것을 제외하고는 예3과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

(비교예4)

표1에서 도시된 바와 같이 음극 전류 집전기와 음극 활성 재료가 사용되었고 음극 밀도가 표1에서 도시된 바와 같다는 것을 제외하고는 예20과 동일한 구조를 갖는 프리즘형 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

(비교예5)

조성, 두께, 및 평균 결정립 크기가 표1에서 도시된 바와 같은 음극 전류 집전기가 사용되고 음극 활성 재료의 평균 주요 입자 크기와 음극 밀도가 표1에 도시된 바와 같다는 것을 제외하고는 비교예1과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

(비교예6)

조성, 두께, 및 평균 결정립 크기가 표1에서 도시된 바와 같은 음극 전류 집전기가 사용되고 음극 활성 재료의 평균 주요 입자 크기와 음극 밀도가 표1에서 도시된 바와 같으며, 또한 금속 케이스를 구성하는 금속 재료의 조성 및 금속 케이스의 두께가 표1에서와 같다는 것을 제외하고는 비교예4와 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

(비교예7)

표1에서와 같은 두께의 구리박이 음극 전류 집전기로 사용되었다는 것을 제외하고는 비교예1과 동일한 구조를 갖는 비수용성 전해질 2차 전지가 제조되었다.

예1 내지 예22 및 비교예1 내지 비교예7의 음극 전류 집전기를 제조하기 위한 방법은 다음에서 설명된다.

예1의 음극 전류 집전기는 90 μ m의 평균 결정립 크기와 10 μ m 두께의 알루미늄박(순도 99.99%)를 사용하여 200 $^{\circ}$ C에서 어닐링하여 실온으로 담금질함으로써 제조되었다. 예2 및 예3에서, 도1에서와 동일한 음극 전류 집전기가 사용되었다.

예4 내지 예7의 음극 전류 집전기는 어닐링 온도가 도3에서 도시된 바와 같이 변경되었다는 것을 제외하고는 예1과 동일한 방식으로 제조되었다. 예8 내지 예10에서, 예7과 동일한 음극 전류 집전기가 사용되었다. 예11에서, 예6과 동일한 음극 전류 집전기가 사용되었다.

예12의 음극 전류 집전기는 두께가 10 μm 이고 평균 결정립 크기가 90 μm 이며 표1에 도시된 조성을 갖는 알루미늄박을 사용하여 표3에 도시된 온도에서 어닐링하여 실온으로 담금질하여 제조되었다. 예13의 음극 전류 집전기는 두께가 5 μm 이고 평균 결정립 크기가 90 μm 이며 표1에 도시된 조성을 갖는 알루미늄 합금박을 사용하여 표3에 도시된 온도에서 어닐링하여 실온으로 담금질하여 제조되었다. 예14의 음극 전류 집전기는 두께가 5 μm 이고 평균 결정립 크기가 90 μm 이며 표1에 도시된 조성을 갖는 알루미늄 합금박을 사용하여 표3에 도시된 온도에서 어닐링하여 실온으로 담금질하여 제조되었다.

예15 내지 예21의 음극 전류 집전기는 예7과 동일한 방식으로 제조되었다.

예22의 음극 전류 집전기는 두께가 5 μm 이고 평균 결정립 크기가 90 μm 이며 표1에 도시된 조성을 갖는 알루미늄 합금박을 사용하여 표3에 도시된 온도에서 어닐링하여 실온으로 담금질하여 제조되었다.

비교예1 내지 비교예4의 음극 전류 집전기는 평균 결정립 크기가 90 μm 인 알루미늄박으로 표3에 도시된 온도에서 어닐링하여 제조되었다. 비교예5 및 비교예6의 음극 전류 집전기는 평균 결정립 크기가 90 μm 인 알루미늄박으로 표3에 도시된 온도에서 어닐링하여 제조되었다.

예1 내지 예22 및 비교예1 내지 비교예7의 비수용성 전해질 2차 전지는 다음 2번의 시험에 의해 평가되었다.

첫번째 시험은 45 $^{\circ}\text{C}$ 의 고온 환경에서 수행된 신속 충전 및 과다 방전 주기 시험으로, 30분간 2.8V로 일정 전압 충전을 한 후에, 2A의 일정 전류 방전이 0V까지 계속되었다. 주기수는 용량 유지 속도가 80%가 될 때 계수되었다.

다른 실험은 20 $^{\circ}\text{C}$ 의 환경에서 수행된 고속 방전 시험으로, 30분간 2.8V로 일정 전압 충전을 한 후에, 10A의 일정 전류 방전이 0V까지 계속되었다. 초기 방전 용량, 용량 유지 속도 및 최대 전지 온도가 측정되었다. 용량 유지 속도는 100인 것으로 예상되는 2A 방전 용량으로 지시된다.

표1에 도시된 음극 밀도는 음극을 제조하는 과정에서 획득된 값이다. 음극을 제조한 후에, 전극군의 형성 과정에서 또한 가압되지만, 이러한 가압 작업은 음극 밀도에 영향을 미치지 않는다.

표1

	음극					케이스		
	전류 집전기			환성 재료	음극 밀도 (g/cm ³)	재료	Al 평균 결정 입자 크기 (μm)	두께 (mm)
	조성	두께 (μm)	Al 평균 결정 입자 크기 (μm)					
예 1	Al	10	50	5.0	2.40	Al 함유 적층막	100	0.10
예 2	Al	10	50	3.0	2.30	Al 함유 적층막	100	0.10
예 3	Al	10	50	1.0	2.20	Al 함유 적층막	100	0.10
예 4	Al	10	40	1.0	2.30	Al 함유 적층막	100	0.10
예 5	Al	10	30	1.0	2.35	Al 함유 적층막	100	0.10
예 6	Al	10	20	1.0	2.40	Al 함유 적층막	100	0.10
예 7	Al	10	10	1.0	2.45	Al 함유 적층막	100	0.10
예 8	Al	10	10	0.8	2.50	Al 함유 적층막	100	0.10
예 9	Al	10	10	0.5	2.50	Al 함유 적층막	100	0.10
예 10	Al	10	10	0.3	2.45	Al 함유 적층막	100	0.10
예 11	Al	10	20	0.5	2.40	Al 함유 적층막	100	0.10
예 12	Al-Mg (0.1%)	10	3	0.3	2.50	Al 함유 적층막	100	0.10
예 13	Al-Mn (0.1%) -Mg (0.1%)	5	10	0.5	2.50	Al 함유 적층막	100	0.10
예 14	Al-Zn (0.1%)	5	10	0.5	2.40	Al 함유 적층막	100	0.10

	음극					케이스		
	전류 집전기			활성 재료	음극 밀도 (g/cm ³)	재료	Al 평균 결정 입자 크기 (μm)	두께 (mm)
	조성	두께 (μm)	Al 평균 결정 입자 크기 (μm)					
예 15	Al	10	10	0.5	2.50	Al	60	0.28
예 16	Al	10	10	0.5	2.50	Al	50	0.25
예 17	Al	10	10	0.5	2.50	Al-Mn (1%)	40	0.18
예 18	Al	10	10	0.5	2.50	Al-Mn (1%)	30	0.16
예 19	Al	10	10	0.5	2.50	Al-Mn (1%)	20	0.15
예 20	Al	10	10	0.5	2.50	Al-Mn (1%) -Mg (1%)	10	0.10
예 21	Al	10	10	0.5	2.50	Al	10	0.10
예 22	Al-Fe (1.5%) -Si (0.1%)	5	2	0.5	2.55	Al 함유 적층막	100	0.10
비교예 1	Al	20	100	1.0	2.00	Al 함유 적층막	100	0.10
비교예 2	Al	10	70	1.0	2.10	Al 함유 적층막	100	0.10
비교예 3	Al	10	60	1.0	2.10	Al 함유 적층막	100	0.10
비교예 4	Al	20	100	5.0	2.20	Al-Mn (1%) -Mg (1%)	10	0.10
비교예 5	Al-Cu (1%)	20	100	5.0	2.20	Al 함유 적층막	100	0.10
비교예 6	Al-Cu (1%)	20	100	5.0	2.30	Al-Cu (1%)	100	0.30
비교예 7	Cu	12	-	1.0	2.00	Al 함유 적층막	100	0.10

표2

	고온의 신속한 충전 및 과다 방전 작업의 주기 시험 (40°C)	고속 방전 시험 (20°C)		
	주기수	초기 방전 용량 (Ah)	용량 유지율 (%)	최대 전지 온도 (°C)
예 1	700	1.90	50	40
예 2	750	1.85	55	40
예 3	800	1.80	70	40
예 4	850	1.85	75	40
예 5	900	1.90	75	40
예 6	950	1.95	75	40
예 7	1000	2.00	75	39
예 8	1000	2.00	77	40
예 9	1000	2.00	80	38
예 10	1200	1.98	90	35
예 11	1000	1.95	75	39
예 12	1500	2.00	90	36
예 13	1000	2.30	85	38
예 14	1000	2.25	85	38
예 15	1000	1.85	80	43
예 16	1000	1.90	80	38
예 17	1000	2.00	80	34

	고온의 신속한 충전 및 과다 방전 작업의 주기 시험 (40°C)	고속 방전 시험 (20°C)		
	주기수	초기 방전 용량 (Ah)	용량 유지율 (%)	최대 전지 온도 (°C)
예 18	1000	2.05	80	32
예 19	1000	2.10	80	30
예 20	1000	2.20	80	25
예 21	1000	2.10	80	25
예 22	1000	2.35	90	39
비교예 1	500	1.60	60	50
비교예 2	300	1.60	40	50
비교예 3	350	1.65	45	50
비교예 4	600	1.80	30	45
비교예 5	200	1.80	30	48
비교예 6	300	1.70	30	45
비교예 7	50	1.60	60	50

표3

	어닐링 온도 (°C)
예 1	200°C
예 2	예 1과 동일
예 3	예 1과 동일
예 4	180°C
예 5	160°C
예 6	150°C
예 7	140°C
예 8	예 7과 동일
예 9	예 7과 동일
예 10	예 7과 동일
예 11	150°C
예 12	100°C
예 13	130°C
예 14	120°C
예 15	예 7과 동일
예 16	예 7과 동일
예 17	예 7과 동일
예 18	예 7과 동일
예 19	예 7과 동일
예 20	예 7과 동일
예 21	예 7과 동일
예 22	100°C
비교예 1	350°C
비교예 2	320°C
비교예 3	300°C
비교예 4	350°C
비교예 5	350°C
비교예 6	350°C
비교예 7	어닐링 안함

표2에서 알 수 있는 바와 같이, 평균 결정립 크기가 50 μm 이하인 알루미늄박 또는 알루미늄 합금박을 포함한 음극 전류 집전기를 갖는 예1 내지 예22의 비수용성 전해질 2차 전지는 비교예에 비해 신속한 충전 및 과다 방전의 고온 주기 성능, 초기 방전 용량, 고속 방전에서의 용량 유지 속도 및 전지 온도 성능에서 우월한 것으로 공지된 바이다.

음극 전류 집전기에 대한 시험 결과는 다음에서 설명된다.

비교예2 및 비교예3와 예3 내지 예7 사이의 비교에서, 전류 집전기의 Al 결정립 크기가 50 μm 이하일 때 신속한 충전 및 과다 방전의 고온 주기 성능, 초기 방전 용량, 고속 방전에서의 용량 유지 속도 및 전지 온도 성능이 향상된 것으로 공지된 바이다. 60 μm 의 Al 결정립 크기를 갖는 비교예3과 50 μm 의 비교예3 사이에서, 고온의 신속한 충전 및 과다 방전의 주기수는 350회에서 800회로 증가되고, 초기 방전 용량은 1.65Ah에서 1.80Ah로 증가되며, 고속 방전의 용량 유지 속도는 45%에서 50%로 증가하며, 최대 전지 온도는 50°C에서 40°C로 증가한다.

비교예2 및 비교예3이 비교예1보다 높은 가압력으로 제조되었으므로, 이에 따라 전기 밀도는 더 높다. 이 가압력은 비교예2 및 비교예3의 음극 전류 집전기의 제한을 견디는 압력보다 높았고, 전류 집전기는 파손되었으며, 음극은 열화되었다. 그

결과, 고온의 고속 방전 및 과다 방전의 주기수와 고속 방전에서의 용량 유지 속도는 저하된다. 한편, 전류 집전기의 Al 결정립 크기가 50 μm 이하인 예3에서, 전류 집전기의 강도가 크게 증가하므로, 비교예2보다 높은 음극 밀도에도 불구하고, 고온의 신속한 충전 및 과다 방전의 주기수와 고속 방전의 용량 유지 속도는 개선된다.

예10 및 예12 사이의 비교에서, 전류 집전기의 알루미늄 결정립 크기가 3 μm 이하일 때, 고온의 신속한 충전 및 과다 방전의 주기수는 1200회에서 1500회로 추가로 증가하는 것은 공지된 바이다. 또한, 예10, 예12 내지 예14 및 예22 사이의 비교에서, 알루미늄 합금으로 제조된 음극 전류 집전기의 경우에, 강도가 증가함에 따라, 높은 밀도가 구현되며, 초기 방전 용량은 1.98Ah 내지 약 2.35Ah로 증가한다. 특히, 예22의 Al-Fe-Si 합금에 있어서, Al 평균 결정립 크기가 2 μm 로 추가로 감소하므로, 인장 강도가 우수하다. 따라서, 음극 밀도가 가압력을 증가시킴으로써 2.55g/cm³로 상승될 때 5 μm 의 음극 전류 집전기의 두께에서, 전류 집전기의 연신이 억제되며, 음극은 두께가 추가로 감소되고 밀도가 증가한다.

음극 활성 재료에 대한 시험 결과가 다음에 설명된다.

예1 내지 예3에서, 고속 방전에서의 용량 유지 속도는 음극 활성 재료로 사용되는 리튬 티탄산염의 평균 주요 입자 크기가 1 미크론 이하인 경우에 향상된다는 것은 공지된 바이다. 리튬 티탄산염의 평균 주요 입자 크기가 3.0 μm 인 예2와 1.0 미크론인 예3 사이의 비교에서, 용량 유지 속도는 55%에서 70%로 개선된다. 예7 내지 예10에서, 음극 활성 재료로 사용되는 리튬 티탄산염의 평균 주요 입자 크기는 0.3 미크론 이하인 경우에, 신속한 충전 및 과다 방전 작업의 고온 주기 성능, 고속 방전의 용량 유지 속도, 및 전지 온도 성능이 추가로 개선된다. 리튬 티탄산염의 평균 주요 입자 크기가 1 미크론인 예7과 0.3 미크론인 예10 사이의 비교에서, 고온의 신속한 충전 및 과다 방전 작업의 주기수는 100회에서 1200회로 증가하고, 용량 유지 속도는 75%에서 90%로 증가하고, 최대 전지 온도는 39 $^{\circ}\text{C}$ 에서 35로 하강한다.

최종적으로, 외부 패키지에 대한 시험 결과가 논의된다.

예15 내지 예21의 비교에서, 전지 온도 성능은 외부 패키지의 Al 평균 결정립 크기가 50 μm 이하인 경우에 향상된다. 외부 패키지의 Al 평균 결정립 크기가 60 μm 인 예15와 50 μm 인 예16 사이의 비교에서, 최대 전지 온도는 43 $^{\circ}\text{C}$ 에서 38 $^{\circ}\text{C}$ 로 저하된다. 이로 인해, 예15 내지 예21에서, 금속 케이스는 외부 패키지로 사용되고, 예1 내지 예14 및 예22와 비교하면, 단위 체적당 에너지 밀도가 높다는 점에서 장점이 있다.

예20 및 예21에서, Al 평균 결정립 크기가 10 μm 이하인 경우에, 강도가 추가로 증가되고, 0.1mm의 두께가 구현되며, 이는 알루미늄을 함유한 종래의 적층막과 등가물로, 에너지 밀도가 추가로 향상된다. 예20 및 예21에서, 추가로, 고속 방전 작업의 최대 전지 온도는 25 $^{\circ}\text{C}$ 이고, 초기 온도로부터의 상승은 5 $^{\circ}\text{C}$ 로 억제될 수 있었다. 예1 내지 예16 및 예22에서, 최대 전지 온도는 약 40 $^{\circ}\text{C}$ 이고, 초기 온도로부터의 상승은 약 20 $^{\circ}\text{C}$ 이며, 비교예에서, 최소값은 45 $^{\circ}\text{C}$ 로, 이는 초기 온도에서 25 $^{\circ}\text{C}$ 상승되었다. 따라서, 10 μm 이하의 범위에서 외부 패키지를 이루기 위한 금속 재료의 Al 평균 결정립 크기를 제어함으로써, 전지 온도 성능의 개선이 우수하다는 것을 알 수 있다.

본원에서 기술된 바와 같이, 발명의 일 실시예는 고온 환경, 신속한 충전 작업 및 고속 방전 작업의 조건하에서도 전지 용량 특성과 주기 성능이 우수한 비수용성 전해질 2차 전지를 제시한다.

추가 장점 및 변경은 당업자에서 용이하게 일어날 것이다. 따라서, 광범위한 측면에서의 발명은 본원에서 도시되고 기술된 대표 실시예와 특성 세부사항에 제한되지 않는다. 이에 따라, 다양한 변경은 첨부 청구항과 그 등가물에 의해 한정된 바와 같은 일반적인 신규한 개념의 정신 또는 범위를 벗어나지 않고서도 이루어질 수도 있다.

발명의 효과

본 발명의 비수용성 전해질 2차 전지에 의하면, 고온 환경, 신속한 충전 작업 및 고속 방전 작업의 조건하에서도 전지 용량 특성과 주기 성능이 우수하다.

도면의 간단한 설명

도1은 발명의 실시예에 따른 비수용성 전해질 2차 전지의 부분 절결도.

도2는 발명의 실시예에 따른 비수용성 전해질 2차 전지의 부분 절결도.

도3은 본 발명의 실시예에 따른 전지 모듈을 개략적으로 도시하는 평면도.

도4는 리드 돌출측에서 바라본 도3의 전지 모듈의 측면도.

도5는 대향된 리드 돌출측에서 바라본 도3의 전지 모듈의 측면도.

도6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 전지 모듈을 개략적으로 도시하는 평면도.

도7은 리드 돌출측에서 바라본 도6의 전지 모듈의 측면도.

도8은 대향된 리드 돌출측에서 바라본 도6의 전지 모듈의 측면도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

3,14: 양극

4,16: 음극

5,15: 격리판

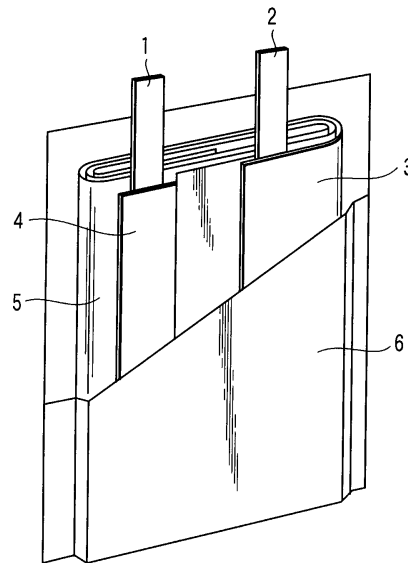
6, 12: 케이스

23: 쿠션 부재

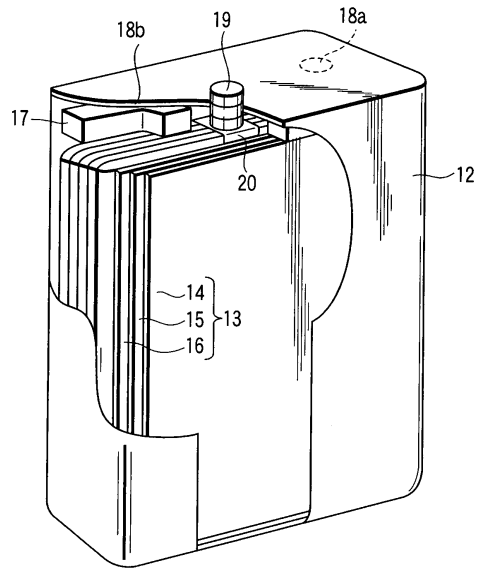
24: 전지 모듈

도면

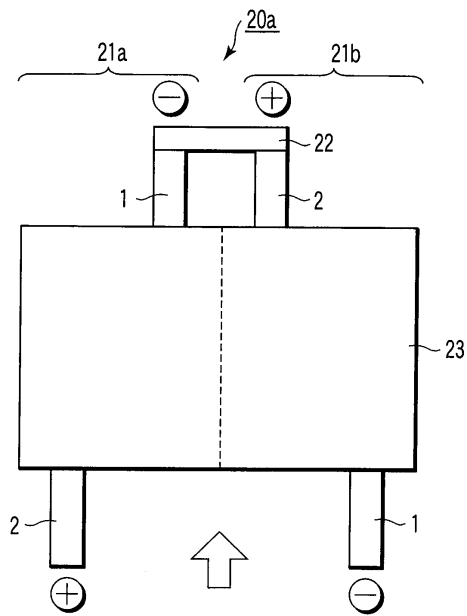
도면1



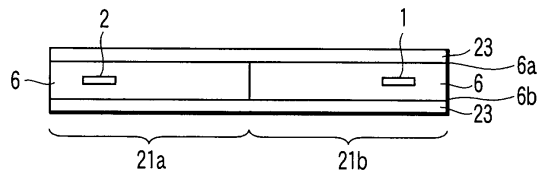
도면2



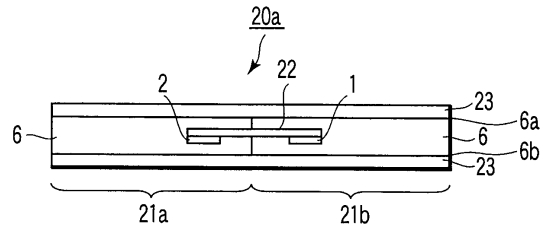
도면3



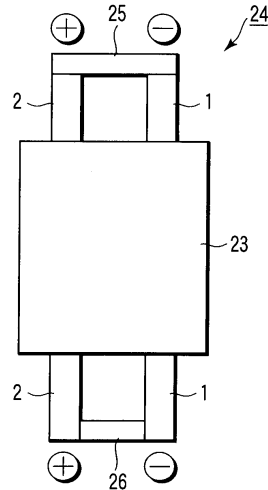
도면4



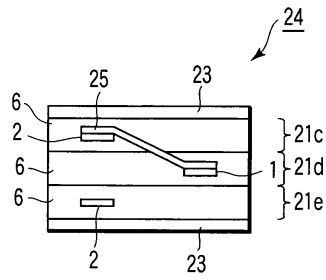
도면5



도면6



도면7



도면8

