



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0003394
(43) 공개일자 2017년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 10/0525 (2010.01) H01M 10/0567 (2010.01)
H01M 10/42 (2014.01) H01M 4/505 (2010.01)
H01M 4/525 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01M 10/0525 (2013.01)
H01M 10/0567 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0073645
(22) 출원일자 2016년06월14일
심사청구일자 2016년06월14일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-131994 2015년06월30일 일본(JP)

(71) 출원인
오토모티브 에너지 서플라이 가부시카이가샤
일본국 가나가와켄 자마시 히로노다이 2쵸메 10반 1코
(72) 발명자
나카가와 타카시
일본국 252-0012 가나가와켄 자마시 히로노다이 2쵸메 10반 1코 오토모티브 에너지 서플라이 가부시카이가샤 나이
(74) 대리인
특허법인아이엠

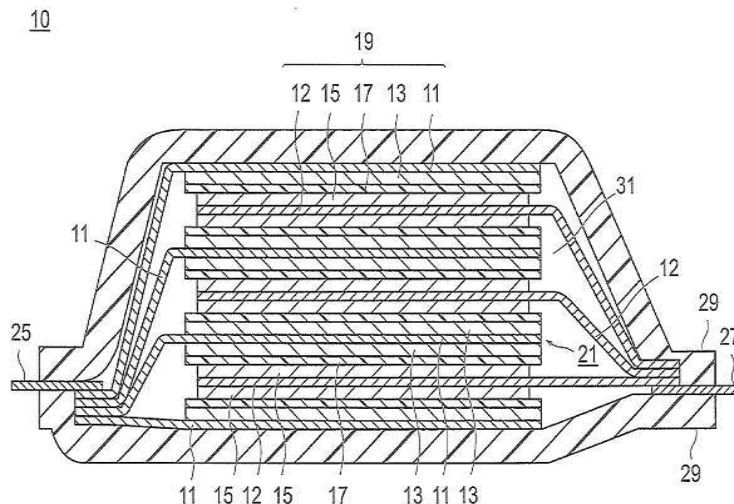
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 리튬 이온 2차 전지

(57) 요약

정극 활물질층이 정극 집전체에 배치된 정극과, 부극 활물질층이 부극 집전체에 배치된 부극과, 전해액을 포함하고, 당해 정극 활물질층이, 리튬 니켈계 복합 산화물을 함유하는 정극 활물질을 포함하고, 당해 정극이, 당해 정극 활물질의 중량에 대하여 1% 미만의 알칼리 성분을 포함하고, 당해 전해액이 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제를 포함하는 첨가제를 함유하고, 당해 첨가제의 총물량에 대한, 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 몰 비율이 78% 이하인, 리튬 이온 2차 전지가 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01M 10/4235 (2013.01)

H01M 4/505 (2013.01)

H01M 4/525 (2013.01)

Y02E 60/122 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

정극 활물질층이 정극 집전체에 배치된 정극과,
부극 활물질층이 부극 집전체에 배치된 부극과, 전해액을 포함하고,
당해 정극 활물질층이, 리튬 니켈계 복합 산화물을 함유하는 정극 활물질을 포함하고,
당해 정극이, 당해 정극 활물질의 중량에 대하여 1% 미만의 알칼리 성분을 포함하고,
당해 전해액이 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제를 포함하는 첨가제를 함유하고,
당해 첨가제의 총 몰량에 대한 당해 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 몰 비율이 78% 이하인, 리튬 이온 2차 전지.

청구항 2

제1항에 있어서,
당해 첨가제의 총 몰량에 대한 당해 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 몰 비율이 63% 이하인, 리튬 이온 2차 전지.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,
당해 정극이, 당해 정극 활물질의 중량에 대하여 0.2% 이하의 알칼리 성분을 포함하는, 리튬 이온 2차 전지.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
당해 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제가 비닐렌카보네이트인, 리튬 이온 2차 전지.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,
당해 리튬 니켈계 복합 산화물이, 리튬 니켈 망간 코발트 복합 산화물이며,
당해 리튬 니켈 망간 코발트 복합 산화물이, 일반식 $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Mn}_{(1-y-z)}\text{O}_2$ 로 나타내어지고, 또한, 층상 결정 구조를 가지며, 상기 일반식 중의 x 는, $1 \leq x \leq 1.2$ 의 조건을 만족시키고, y 및 z 는, $y+z < 1$ 의 관계를 만족시키는 양수이고, 또한 y 의 값은, 0.5 이하인, 리튬 이온 2차 전지.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,
당해 정극이 당해 리튬 니켈계 복합 산화물의 중량에 대하여 400ppm 이하의 물을 함유하는, 리튬 이온 2차 전지.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,
당해 첨가제가, 메틸렌메탄디술포네이트를 함유하는, 리튬 이온 2차 전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 비수 전해질 전지, 특히, 리튬 이온 2차 전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 비수 전해질 전지는, 하이브리드 자동차 및 전기 자동차 등을 포함하는 자동차용 전지로서 실용화되어 있다. 이러한 차량 탑재 전원용 전지로서, 리튬 이온 2차 전지가 사용되고 있다. 리튬 이온 2차 전지에는, 출력 특성, 에너지 밀도, 용량, 수명, 및 고온 안정성 등의 다양한 특성을 겸비하는 것이 요구되고 있다. 특히, 전지 수명(사이클 특성 및 보존 특성)을 개선하기 위하여, 전해액에 대하여 다양한 개량이 도모되고 있다.

[0003] 예를 들어, 일본 공개특허공보 1999-283667호에는, 전지의 고온 보존 하에서, 정극 활물질에 함유되는 리튬 망간계 복합 산화물의 결정 구조가 무너지는 것을 방지하는 목적으로, 프로필렌카보네이트와 비닐렌카보네이트를 함유하는 전해액을 사용하는 것이 제안되어 있다. 일본 공개특허공보 1999-283667호의 실시예는, 리튬 망간계 복합 산화물을 정극 활물질로서 이용하는 것, 및, 전해액으로서 프로필렌카보네이트(또는 에틸렌카보네이트), 비닐렌카보네이트, 및 디에틸카보네이트를 포함하는 비수 전해액을 사용한 것이 개시되어 있다.

[0004] 또한 사이클 수명의 개선 등의 관점으로부터, 정극 활물질로서, 리튬 니켈계 복합 산화물을 사용하는 것이 종래부터 시도되고 있다.

[0005] 리튬 니켈계 복합 산화물을 함유하는 정극 활물질이 이용되고 있는 전지에, 비닐렌카보네이트 등의 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트를 첨가제로서 함유하는 전해액이 사용되는 경우가 있다. 그 경우, 주로 이산화탄소(CO_2)를 함유하는 가스가 발생한다는 문제가 생긴다. 이는, 제조 방법에 유래하고, 리튬 니켈계 복합 산화물 중에 잔존하고 있는 탄산리튬(Li_2CO_3) 및 수산화리튬(LiOH) 등의 알칼리성 물질과 첨가제의 반응에 기인한다고 생각된다. 전지 내에서 가스가 발생하면, 전지의 팽창이 발생한다. 그 결과, 예를 들면 전지의 용량 유지율이 저하됨으로써, 전지의 성능이 저감될 우려가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 1999-283667호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이에 본 개시의 목적은, 정극 활물질로서의 리튬·니켈계 복합 산화물이 이용되고 있는 리튬 이온 2차 전지로부터, 전해액 유래의 가스가 발생하는 것을 억제함으로써, 전지의 방전 용량 유지율(사이클 특성 및 보존 수명)을 향상시키는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시형태에 있어서의 리튬 이온 2차 전지는, 정극 활물질층이 정극 집전체에 배치된 정극과, 부극 활물질층이 부극 집전체에 배치된 부극과, 전해액을 포함하고, 당해 정극 활물질층이, 리튬 니켈계 복합 산화물을 함유하는 정극 활물질을 포함한다. 여기서 정극은, 정극 활물질의 중량에 대하여 1% 미만의 알칼리 성분을 포함한다. 또한 전해액은, 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제를 포함하는 첨가제를 함유하고, 첨가제의 총물량에 대한, 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 몰 비율이 78% 이하이다.

발명의 효과

[0009] 본 개시의 리튬 이온 2차 전지에 의하면, 전해액 유래의 가스 발생이 현저하게 저감되고, 또한, 전지의 방전 용량 유지율이 향상되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은, 본 개시의 일 실시형태의 리튬 이온 2차 전지를 나타내는 모식단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 하기의 상세 설명에서는, 설명을 목적으로, 개시된 실시형태에 대한 완벽한 이해를 위해 다양하고 자세한 내용이 명기되어 있다. 그러나 하나 혹은 그 이상의 실시형태가 이와 같은 구체적인 설명 없이 실시될 수 있다. 다른 예에서는 주지의 구조와 장치들을 도면의 간략화를 위해 개략적으로 제시한다.

[0012] 본 개시의 실시형태를 이하에 설명한다. 본 실시형태에 있어서 정극이란, 박판 형상 혹은 시트 형상의 전지 부재이다. 이 부재는, 정극 활물질과, 바인더와, 필요할 경우 도전 조제를 포함하는 혼합물을 금속박 등의 정극 집전체에 도포 또는 압연한 후, 건조 공정을 거쳐 형성된 정극 활물질층을 갖는다. 부극이란, 박판 형상 혹은 시트 형상의 전지 부재이다. 이 부재는, 부극 활물질과, 바인더와, 필요할 경우 도전 조제를 포함하는 혼합물을 부극 집전체에 도포함으로써 형성된 부극 활물질층을 갖는다. 세퍼레이터란, 막 형상의 전지 부재이다. 이 부재는, 정극과 부극을 격리함으로써, 부극과 정극 사이의 리튬 이온의 전도성을 확보한다. 전해액이란, 이온성 물질을 용매에 용해함으로써 얻어지는, 전기 전도성 용액이다. 본 실시형태에 있어서는, 특히 비수 전해액을 이용할 수 있다. 정극과 부극과 세퍼레이터를 포함하는 발전 요소란, 전지의 주 구성 부재의 한 단위이다. 이 발전 요소는, 통상, 세퍼레이터를 개재하여 겹쳐진(적층된) 정극과 부극을 포함하는 적층물이다. 본 개시의 실시형태에 따른 리튬 이온 2차 전지에서는, 이 적층체는 전해액에 침지되어 있다.

[0013] 본 실시형태의 리튬 이온 2차 전지는, 외장체와, 그 내부에 수납된 상기 발전 요소를 포함한다. 바람직하게는, 발전 요소는, 봉지된 외장체 내부에 수납되어 있다. 여기서, "봉지"란, 발전 요소가 외기에 접촉하지 않도록, 외장체 재료에 의해 싸여 있는 것을 의미한다. 즉 외장체는, 그 내부에 발전 요소를 수납할 수 있고, 또한, 봉지되는 것이 가능한 주머니 형상을 갖고 있다.

[0014] 여기서 정극 활물질층은, 바람직하게는, 리튬·니켈계 복합 산화물을 함유하는 정극 활물질을 포함한다. 리튬·니켈계 복합 산화물이란, 일반식 $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Me}_{(1-y)}\text{O}_2$ (여기서 Me는, Al, Mn, Na, Fe, Co, Cr, Cu, Zn, Ca, K, Mg, 및 Pb로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종 이상의 금속이다)로 나타내어지는, 리튬과 니켈을 함유하는 금속 복합 산화물이다.

[0015] 본 실시형태에 있어서, 정극 활물질층은, 바람직하게는, 리튬·니켈·망간·코발트 복합 산화물을 함유하는 정극 활물질을 포함한다. 이 리튬·니켈·망간·코발트 복합 산화물은, 일반식 $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Mn}_{(1-y-z)}\text{O}_2$ 로 나타내어지고, 또한, 층상 결정 구조를 갖는다. 여기서, 일반식 중의 x는, $1 \leq x \leq 1.2$ 의 조건을 만족시킨다. y 및 z는, $y+z < 1$ 의 관계를 만족시키는 양수이다. y의 값은, 0.5 이하이다. 또한, 망간의 비율이 커지면, 단일상의 복합 산화물이 합성되기 어려워진다. 그러므로 $1-y-z \leq 0.4$ 의 관계가 만족되는 것이 바람직하다. 또한 코발트의 비율이 커지면, 비용이 비싸진다. 또한 용량도 감소한다. 그러므로 바람직하게는, $z < y$, 및, $z < 1-y-z$ 의 관계가 만족된다. 고용량의 전지를 얻기 위하여, 특히 바람직하게는, $y > 1-y-z$, 및, $y > z$ 의 관계가 만족된다.

[0016] 여기서 정극은, 정극 활물질의 중량에 대하여 1% 미만의 알칼리 성분을 포함한다. 알칼리 성분이란, 정극 활물질의 제조에 유래하고, 또한, 정극 활물질 중에 포함될 수 있는 알칼리성의 물질이다. 알칼리 성분의 예로서, 금속 수산화물 및 금속 탄산화물을 들 수 있다. 보다 구체적인 예로서, 리튬·니켈계 복합 산화물을 제조할 때에 원료로서 사용되는 LiOH , $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, Li_2CO_3 , $\text{Ni}(\text{OH})_2$, 및 NiCO_3 , 리튬·니켈·코발트·망간 복합 산화물을 제조할 때에 원료로서 사용되는 $\text{Co}(\text{OH})_2$, CoCO_3 , $\text{Mn}(\text{OH})_2$, 및 MnCO_3 를 들 수 있다. 이들의 알칼리 성분은, 정극 활물질인 천이금속 복합 산화물의 원료이다. 따라서 이들의 성분이 정극 활물질에 잔류하는 것은 피할 수 없다. 단, 이들 성분의 잔존량을 감소시킬 수 있는 방법의 예로서, 소성 온도, 소성 시간, 혹은 소성 분위기의 조정, 알칼리 성분의 사용량의 조정, 원재료종의 선택, Li/Me(메탈)비의 조정, 및 불순물 제거 공정의 추가를 들 수 있다. 이와 같이 하여, 정극은, 바람직하게, 정극 활물질의 중량에 대하여 1% 미만의 알칼리 성분을 포함한다. 더 바람직하게는, 정극은, 정극 활물질의 중량에 대하여 0.2% 이하의 알칼리 성분을 포함한다.

[0017] 본 실시형태에 있어서 이용되는 바람직한 전해액의 예로서는, 비수 전해액이며, 디메틸카보네이트(이하 "DMC"라고 칭한다), 디에틸카보네이트(이하 "DEC"라고 칭한다), 디-n-프로필카보네이트, 디-t-프로필카보네이트, 디-n-부틸카보네이트, 디-이소부틸카보네이트, 및 디-t-부틸카보네이트 등의 사슬형 카보네이트와, 프로필렌카보네이트(이하 "PC"라고 칭한다), 및 에틸렌카보네이트(이하 "EC"라고 칭한다) 등의 고리형 카보네이트를 포함하는 혼합물을 들 수 있다. 전해액은, 이러한 카보네이트 혼합물에, 6불화인산리튬(LiPF_6), 불불화리튬(LiBF_4), 혹은

과염소산리튬(LiClO₄) 등의 리튬염을 용해함으로써 얻어진다.

- [0018] 전해액은, 상기의 성분 외에, 첨가제를 함유할 수 있다. 본 실시형태에 있어서 전해액에 첨가할 수 있는 첨가제의 예로서, 황을 포함하는 첨가제, 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제, 및 할로젠을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제 등을 들 수 있다. 황을 포함하는 첨가제는, 전지의 충방전 과정에서 전기 화학적으로 분해되어, 후술하는 모든 실시형태에 있어서 사용되는 전극의 표면 상에 피막을 형성한다. 이에 의해 전극의 구조가 안정화된다. 이러한 첨가제의 예로서, 메틸렌메탄디술폰산에스테르(이하, "MMDS"라고 칭한다), 에틸렌메탄디술폰산에스테르, 및, 프로필렌메탄디술폰산에스테르 등의 고리형 디술폰산에스테르, 술포 등의 고리형 술폰산에스테르, 및, 메틸렌비스벤젠술폰산에스테르, 메틸렌비스페닐메탄술폰산에스테르, 및, 메틸렌비스에탄술폰산에스테르 등의 사슬형 술폰산에스테르를 들 수 있다.
- [0019] 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제는, 전지의 충방전 과정에 있어서 정극 및 부극의 보호 피막을 형성한다. 특히, 상기 황을 포함하는 첨가제에 의한, 리튬 니켈계 복합 산화물을 함유하는 정극 활물질에 대한 공격을 방지할 수 있다. 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 예로서, 비닐렌카보네이트, 비닐에틸렌카보네이트, 메타크릴산프로필렌카보네이트, 및, 아크릴산프로필렌카보네이트를 들 수 있다. 특히 바람직한 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 예는, 비닐렌카보네이트(이하, "VC"라고 칭한다)이다.
- [0020] 할로젠을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제는, 전지의 충방전 과정에 있어서 정극 및 부극의 보호 피막을 형성한다. 특히, 상기의 황을 포함하는 첨가제에 의한, 리튬 니켈계 복합 산화물을 함유하는 정극 활물질에 대한 공격을 방지할 수 있다. 할로젠을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 예로서, 플루오로에틸렌카보네이트, 디플루오로에틸렌카보네이트, 트리플루오로에틸렌카보네이트, 클로로에틸렌카보네이트, 디클로로에틸렌카보네이트, 및 트리클로로에틸렌카보네이트를 들 수 있다. 특히 바람직한 할로젠을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 예는, 플루오로에틸렌카보네이트이다.
- [0021] 첨가제는, 전해액 주입 시에, 전해액 전체의 중량에 대하여, 20중량% 이하, 바람직하게는, 15중량% 이하, 더 바람직하게는 10중량% 이하의 비율로 첨가된다. 본 실시형태에서는 바람직하게는, 첨가제의 총 몰량에 대한 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 몰 비율이 78% 이하이다. 특히 바람직하게는, 첨가제의 총 몰량에 대한 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 몰 비율이 63% 이하이다.
- [0022] 모든 실시형태에 있어서 이용할 수 있는 부극은, 부극 집전체에 배치된 부극 활물질을 포함하는 부극 활물질층을 포함한다. 바람직하게는, 부극은, 부극 활물질, 바인더, 및 경우에 따라 첨가된 도전 조제를 포함하는 혼합물을 구리박 등의 금속박을 포함하는 부극 집전체에 도포 또는 압연한 후, 건조 공정을 거쳐 얻어진 부극 활물질층을 갖고 있다. 각 실시형태에 있어서, 바람직하게는, 부극 활물질이, 흑연 입자 및/또는 비정질 탄소 입자를 포함한다. 흑연 입자와 비정질 탄소 입자를 함께 포함하는 혼합 탄소재를 이용하면, 전지의 회생 성능이 향상된다.
- [0023] 흑연은, 육방정계 육각판상 결정의 탄소 재료이다. 흑연은, 석묵, 혹은 그라파이트 등으로 칭해지는 경우가 있다. 흑연은, 바람직하게는, 입자 형상을 갖고 있다. 또한 비정질 탄소는, 부분적으로 흑연과 유사한 구조를 갖고 있어도 된다. 여기서, 비정질 탄소란, 랜덤하게 네트워크를 형성하고 있는 미결정을 포함하는 구조를 갖는, 전체적으로 비정질인 탄소 재료를 의미한다. 비정질 탄소의 예로서, 카본 블랙, 코크스, 활성탄, 카본 파이버, 하드 카본, 소프트 카본, 및 메조포러스 카본을 들 수 있다. 비정질 탄소는, 바람직하게는, 입자 형상을 갖고 있다.
- [0024] 부극 활물질층에 경우에 따라 이용되는 도전 조제의 예로서, 카본 나노파이버 등의 카본 섬유, 아세틸렌 블랙, 및 케첸 블랙 등의 카본 블랙, 활성탄, 메조포러스 카본, 풀러렌류, 및 카본 나노튜브 등의 탄소 재료를 들 수 있다. 그 외에, 부극 활물질층은, 증점제, 분산제, 및 안정제 등의, 전극 형성을 위하여 일반적으로 이용되는 첨가제를 적절히 포함할 수 있다.
- [0025] 부극 활물질층에 이용되는 바인더의 예로서, 폴리불화비닐리덴(PVDF), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 및 폴리불화비닐(PVF) 등의 불소 수지, 폴리아닐린류, 폴리티오펜류, 폴리아세틸렌류, 및 폴리피롤류 등의 도전성 폴리머, 스티렌부타디엔러버(SBR), 부타디엔러버(BR), 클로로프렌러버(CR), 이소프렌러버(IR), 및 아크릴로니트릴부타디엔러버(NBR) 등의 합성 고무, 및, 카르복시메틸셀룰로오스(CMC), 잔탄검, 구아검, 펙틴 등의 다당류를 들 수 있다.
- [0026] 모든 실시형태에 있어서 이용할 수 있는 정극은, 먼저 설명한 정극 집전체에 배치된 정극 활물질을 포함하는 정극 활물질층을 포함한다. 바람직하게는, 정극은, 정극 활물질, 바인더, 및 경우에 따라 첨가된 도전 조제를 포

합하는 혼합물을 알루미늄박 등의 금속박을 포함하는 정극 집전체에 도포 또는 압연한 후, 건조 공정을 거쳐 얻어진 정극 활물질층을 갖고 있다.

[0027] 정극 활물질층에 경우에 따라 이용되는 도전 조제의 예로서, 카본 나노파이버 등의 카본 섬유, 및 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙 등의 카본 블랙, 활성탄, 흑연, 메조포러스 카본, 폴리렌류, 및 카본 나노튜브 등의 탄소 재료를 들 수 있다. 그 외에, 정극 활물질층에는, 증점제, 분산제, 및 안정제 등의, 전극 형성을 위하여 일반적으로 이용되는 첨가제를 적절히 사용할 수 있다.

[0028] 정극 활물질층에 이용되는 바인더의 예로서, 폴리불화비닐리덴(PVDF), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 및 폴리불화비닐(PVF) 등의 불소 수지, 폴리아닐린류, 폴리티오펜류, 폴리아세틸렌류, 및 폴리피롤류 등의 도전성 폴리머, 스티렌부타디엔러버(SBR), 부타디엔러버(BR), 클로로프렌러버(CR), 이소프렌러버(IR), 및 아크릴로니트릴 부타디엔러버(NBR) 등의 합성 고무, 및 카르복시메틸셀룰로오스(CMC), 잔탄검, 구아검, 및 펙틴 등의 다당류를 들 수 있다.

[0029] 또한, 본 실시형태에 있어서, 정극 활물질에 함유되는 리튬 니켈계 복합 산화물의 중량에 대한 물의 함량이, 바람직하게는 400ppm 이하이다. 정극 활물질 중에 포함될 수 있는 물은, 전해액 첨가제로부터의 가스 발생을 촉진시키는 경우가 있다. 그러므로 바람직하게는, 수분은 가능한 한 저감된다. 정극 활물질을 취급하고 있는 동안, 혹은, 정극의 제조 과정에서, 예측하지 못한 사태에 의해, 정극 활물질 중에 물이 혼입되는 것을 완전히 방지할 수는 없다. 그러나, 물의 함량이 리튬 니켈계 복합 산화물의 중량에 대하여 400ppm 정도이면, 가스 발생 촉진 효과를 억제하는 것이 가능하다.

[0030] 모든 실시형태에 있어서 이용되는 세퍼레이터는, 올레핀계 수지층을 포함한다. 올레핀계 수지층은, α -올레핀을 이용한 중합 또는 공중합에 의해 얻어지는 폴리올레핀을 포함하는 층이다. 그러한 α -올레핀의 예로서, 에틸렌, 프로필렌, 부텐, 펜텐, 및 헥센을 들 수 있다. 실시형태에서는 이 올레핀계 수지층은, 바람직하게는, 전지 온도 상승 시에 폐색되는 공공을 포함하는 구조를 갖는 층, 즉, 다공질 혹은 미다공질의 폴리올레핀을 포함하는 층이다. 올레핀계 수지층이 이러한 구조를 가지고 있음으로써, 만일 전지 온도가 상승해도, 세퍼레이터가 폐색되어(쪼टा운되어), 이온 흐름을 차단(寸斷)할 수 있다. 쪼टा운 효과를 발휘하는 관점으로부터, 매우 바람직하게는, 다공질의 폴리에틸렌 막이 이용된다. 세퍼레이터는, 경우에 따라 내열성 미립자층을 갖고 있어도 된다. 이 때, 내열성 미립자층은, 전지가 발열함으로써, 전지 기능이 정지하는 것을 방지하기 위하여 형성된다. 또한, 내열성 미립자층은, 내열 온도가 150℃ 이상의 내열 온도를 가지고, 또한, 전기 화학 반응을 일으키기 어려운 안정된 내열성의 무기 미립자를 포함한다. 이러한 내열성의 무기 미립자의 예로서, 실리카, 알루미늄(α -알루미나, β -알루미나, 및 θ -알루미나), 산화 철, 산화 티탄, 티탄산 바륨, 및, 산화 지르코늄 등의 무기 산화물, 및, 베마이트, 제올라이트, 아파타이트, 카올린, 스피넬, 마이카, 및, 멀라이트 등의 광물을 들 수 있다. 이와 같이, 내열성 수지층을 갖는 세퍼레이터는, 일반적으로 "세라믹 세퍼레이터"라고 칭해진다.

[0031] 여기서, 실시형태에 따른 리튬 이온 2차 전지의 구성예를, 도면을 이용하여 설명한다. 도 1은, 리튬 이온 2차 전지의 단면도의 일례를 나타낸다. 리튬 이온 2차 전지(10)는, 주된 구성 요소로서, 부극 집전체(11), 부극 활물질층(13), 세퍼레이터(17), 정극 집전체(12), 및 정극 활물질층(15)을 포함한다. 도면에서는, 부극 집전체(11)의 양면에 부극 활물질층(13)이 형성되어 있다. 정극 집전체(12)의 양면에는, 정극 활물질층(15)이 형성되어 있다. 단, 각각의 집전체의 편면 상에만 활물질층을 형성할 수도 있다. 부극 집전체(11), 정극 집전체(12), 부극 활물질층(13), 정극 활물질층(15), 및 세퍼레이터(17)가 하나의 전지의 구성 단위, 즉 발전 요소이다(도면 중, 단전지(19)). 복수의 이러한 단전지(19)가, 세퍼레이터(17)를 개재하여 적층된다. 각 부극 집전체(11)로부터 연장되는 연장부는, 부극 리드(25) 상에 일괄적으로 접합된다. 각 정극 집전체(12)로부터 연장되는 연장부는, 정극 리드(27) 상에 일괄적으로 접합된다. 또한, 정극 리드로서 알루미늄 판, 부극 리드로서 구리 판이 바람직하게 이용된다. 정극 리드 및 부극 리드는, 경우에 따라 다른 금속(예를 들어 니켈, 주석, 땀납) 또는 고분자 재료에 의한 부분 코팅을 갖고 있어도 된다. 정극 리드 및 부극 리드는, 각각 정극 및 부극에 용접된다. 이와 같이 복수의 적층된 단전지를 포함하는 전지는, 용접된 부극 리드(25) 및 정극 리드(27)가 외부에 인출되도록, 외장체(29)에 의해 포장된다. 외장체(29)의 내부에는, 전해액(31)이 주입되어 있다. 외장체(29)는, 2매의 겹쳐진 적층체의 주연부를 열융착함으로써 얻어지는 형상을 갖고 있다.

[0033] [실시예]

[0034] <부극의 제조: 실시예 및 비교예>

- [0035] 부극 활물질로서, $3.4\text{m}^2/\text{g}$ 의 BET 비표면적을 갖는 흑연 분말이 이용되었다. 이 흑연 분말과, 도전 조제로서의 $62\text{m}^2/\text{g}$ 의 BET 비표면적을 갖는 카본 블랙 분말(이하, "CB"라고 칭한다)과, 바인더 수지로서의 카르복시메틸셀룰로오스(이하, "CMC"라고 칭한다) 및 스티렌부타디엔 공중합체 라텍스(이하, "SBR"이라고 칭한다)가, 고형분 질량비로 CB:CMC:SBR=0.3:1.0:2.0의 비율로 혼합되었다. 얻어진 혼합물은, 이온 교환수에 첨가된 후, 이온 교환수와 함께, 더 교반되었다. 이에 의해, 수중에 균일하게 분산된 이들 재료를 포함하는 슬러리가 조제되었다. 얻어진 슬러리는, 부극 집전체가 되는 두께 $10\mu\text{m}$ 의 구리박 상에 도포되었다. 이어서, 125°C 에서 10분간, 전극을 가열함으로써, 물을 증발시켰다. 이에 의해, 부극 활물질층이 형성되었다. 또한 부극 활물질층을 프레스함으로써, 부극 집전체의 편면 상에 도포된 부극 활물질층을 갖는 부극이 제조되었다.
- [0036] <정극의 제조: 실시예 1~3, 비교예 1~6 및 비교예 8>
- [0037] 소성 후의 LiOH량과, Li_2CO_3 량의 합계가 1.0중량% 이하가 되도록, 탄산리튬(Li_2CO_3)과, 수산화니켈($\text{Ni}(\text{OH})_2$)과, 수산화코발트($\text{Co}(\text{OH})_2$)와, 수산화 망간($\text{Mn}(\text{OH})_2$)이 소정의 물비로 혼합되었다. 얻어진 혼합물은, 건조 분위기 하에서 750°C 에서 20시간 소성되었다. 이 리튬 니켈계 복합 산화물을 분쇄함으로써, 평균입경 $9\mu\text{m}$ 의 리튬 니켈계 복합 산화물(니켈 코발트 망간산 리튬(NCM523, 즉 니켈:코발트:망간=5:2:3, 리튬/메탈비=1.04, BET 비표면적 $22\text{m}^2/\text{g}$)이 얻어졌다.
- [0038] 이와 같이 하여 얻은 리튬 니켈계 복합 산화물과, 리튬 망간 산화물(LiMn_2O_4)을 70:30(중량비)로 혼합함으로써 얻어진 혼합 산화물과, 도전 조제로서의 $62\text{m}^2/\text{g}$ 의 BET 비표면적을 갖는 CB, 및, $22\text{m}^2/\text{g}$ 의 BET 비표면적을 갖는 흑연 분말(GR)과, 바인더 수지로서의 폴리불화비닐리덴(PVDF)이, 고형분 질량비로CB:GR:PVDF가 3:1:3의 비율이 되도록, 용매로서의 N-메틸피롤리돈(이하, "NMP"라고 칭한다)에 첨가되었다. 또한, 이 혼합물에 유기계 수분 포착제로서 무수 옥살산(분자량 90)이, 상기 혼합물로부터 NMP를 제외한 고형분 100질량부에 대하여 0.03질량부 첨가되었다. 이 무수 옥살산을 포함하는 혼합물을 유성 방식의 분산 혼합을 30분간 실시함으로써, 균일하게 분산된 이들 재료를 포함하는 슬러리가 조제되었다. 얻어진 슬러리는, 정극 집전체로서의 두께 $20\mu\text{m}$ 의 알루미늄 박 상에 도포되었다. 이어서, 125°C 에서 10분간, 전극을 가열함으로써, NMP가 증발했다. 이에 의해, 정극 활물질층이 형성되었다. 또한, 정극 활물질층을 프레스함으로써, 정극 집전체의 편면 상에 도포된 정극 활물질층을 갖는 정극이 제조되었다.
- [0039] <정극의 제조: 실시예 4 및 비교예 7>
- [0040] 실시예 1 등에서 이용한 정극보다 더 알칼리 성분을 저감시킨 정극을 제조했다. 즉, 소성 후의 LiOH량과 Li_2CO_3 량의 합계가, 0.05중량% 이하까지 감소하도록, 탄산리튬(Li_2CO_3)과, 수산화니켈($\text{Ni}(\text{OH})_2$)과, 수산화코발트($\text{Co}(\text{OH})_2$)와, 수산화망간($\text{Mn}(\text{OH})_2$)의 물비가 조정되었다. 또한, 소성 조건을 변경함으로써, 정극 활물질이 제조되었다. 정극의 제조 방법은, 실시예 1 등과 같은 방법으로, 정극이 제조되었다.
- [0041] <세퍼레이터>
- [0042] 내열 미립자로서의 알루미늄을 이용한 내열 미립자층과, 폴리프로필렌으로 이루어지는 두께 $25\mu\text{m}$ 의 올레핀계 수지층을 포함하는, 세라믹 세퍼레이터가 사용되었다.
- [0043] <전해액>
- [0044] 비수 전해액을 조제하기 위하여, 에틸렌카보네이트(이하, "EC"라고 칭한다)와, 디에틸카보네이트(이하, "DEC"라고 칭한다)와, 에틸메틸카보네이트(이하, "EMC"라고 칭한다)를 EC:DEC:EMC=30:60:10(체적비)의 비율로 혼합했다. 얻어진 비수 용매에, 전해질염으로서의 6불화인산리튬(LiPF_6)을, 농도가 0.9mol/L 가 되도록 용해시켰다. 얻어진 전해질 용액에, 첨가제로서의 고리형 디술폰산에스테르(메틸렌메탄디술폰에이트(MMDS)) 및 비닐렌카보네이트(VC))를 용해함으로써 얻어지는 전해액이 이용되었다.
- [0045] <리튬 이온 2차 전지의 제조>
- [0046] 상기와 같이 제조한 각 부극 및 정극으로부터, 각각 소정 사이즈의 직사각형이 잘라내어졌다. 이 중, 단자를 접속하기 위한 미도포부에, 알루미늄제 정극 리드 단자가 초음파 용접되었다.
- [0047] 마찬가지로, 정극 리드 단자와 같은 사이즈를 갖는 니켈제의 부극 리드 단자가, 부극판에 있어서의 미도포부에,

초음파 용접되었다. 폴리프로필렌 다공질 세퍼레이터의 양면에 상기 부극판과 정극판을, 양 활물질층이 세퍼레이터를 사이에 두고 겹치도록 배치함으로써, 전극판 적층체가 얻어졌다. 2매의 알루미늄 라미네이트 필름의 장변의 일방을 제외한 3변을 열융착에 의해 접착함으로써, 주머니 형상의 라미네이트 외장체가 제조되었다. 라미네이트 외장체에, 상기 전극 적층체가 삽입되었다. 라미네이트 외장체에 주입된 전해액을 전극 적층체에 진공 함침시켰다. 그 후, 감압 하에서 개구부가 열융착에 의해 봉지되었다. 이에 의해, 적층형 리튬 이온 전지가 얻어졌다. 이 적층형 리튬 이온 전지를 이용하여, 고온 에이징을 수차례 행함으로써, 전지 용량5Ah의 적층형 리튬 이온 전지가 얻어졌다.

[0048] <초기 충방전>

[0049] 전지의 잔용량(이하, "SOC"라고 칭한다)이 0%에서 100%가 될 때까지, 분위기 온도 25℃, 1C 전류, 및 상한 전압 4.15V의 조건 하에서, 정전류 정전압 충전을 행했다. 이어서, SOC가 0%가 될 때까지, 1C 전류에서의 정전류 방전을 행했다.

[0050] <첨가제 VC 잔존량의 측정>

[0051] 리튬 이온 2차 전지의 초기 충방전을 행한 후에 해체된 전지의, 전해액 중에 잔존하고 있는 각 첨가제의 양이, 핵자기 공명법(NMR)에 의해 측정되었다. 첨가제의 총 몰수에 대한 VC의 몰비는, 각각 표 1에 기재한 바와 같다.

[0052] <알칼리 성분의 함량 측정>

[0053] 정극 활물질 중에 포함되어 있는 알칼리 성분의 양을 적정법에 의해 측정했다.

[0054] <수분량의 측정>

[0055] 정극 활물질 중에 포함되어 있는 수분량을 칼 피셔법에 의해 측정했다.

[0056] <전지의 저항>

[0057] 전지 저항의 측정을 위하여, 전지의 잔용량(SOC) 50%의 전지가 준비되었다. 25℃ 하에서 10A의 조건으로, 10초간, 정전류 방전이 실시되었다. 방전 종료 시의 전압을 측정함으로써, 전지 저항이 구해졌다. 전지의 체적은, JIS Z 8807 "고체의 밀도 및 비중의 측정법-액중 칭량법에 의한 밀도 및 비중의 측정 방법"에 따라 측정되었다.

[0058] <보존 특성 시험>

[0059] 전해액 중에 잔존하는 각 첨가제의 양을 측정된 후, 상기와 동일한 순서로 다시 전지의 외장체를 봉지했다. 제조된 전지를, 1C 전류, 상한 전압 4.15V의 조건에서, 정전류 정전압 충전이, SOC가 100%가 될 때까지 실시되었다. 그 후, 전지를 45℃의 항온조에 보관함으로써, 보존 시험이 실시되었다.

[0060] 보존 전후의 방전 용량 및 직류 저항이 측정되었다. 측정값으로부터, 1C 방전 용량 유지율, 및, 셀 직류 저항 상승률이 계산되었다.

[0061] <가스 발생량의 측정>

[0062] 초기 충방전 후의 전지의 체적과, 보존 시험 후의 전지의 체적이, 각각 JIS Z 8807 "고체의 밀도 및 비중의 측정법-액중 칭량법에 의한 밀도 및 비중의 측정 방법"에 따라 측정되었다. 보존 시험 중, SOC 100%의 전지가 45℃에서 20주간 보존되었다. (보존 시험 후의 전지의 체적)-(초기 충방전 후의 전지의 체적)이라는 계산식에 의해 가스의 발생량이 구해졌다.

표 1

	전지						가스 발생량 (CC)	방전 용량 유지율(%)	전지 저항 상승률 (%)
	VC 몰비 (%)	정극활물질층 중량당 LiOH량(%)	정극 활물질층 중량당 LiCO ₃ 량(%)	리튬·니켈계복합산화물당 LiOH량(%)	리튬·니켈계복합산화물당 LiCO ₃ 량(%)	리튬·니켈계복합산화물당 수분량 (%)			
실시예 1	70.5	0.053	0.058	0.08	0.08	390	3.6	90.7	11
실시예 2	62.2	0.053	0.058	0.08	0.08	385	0.1	90.2	14

실시예 3	46.0	0.054	0.060	0.08	0.09	384	0.1	91.5	10
실시예 4	44.1	0.005	0.050	0.02	0.20	295	0.0	93.5	0
비교예 1	81.2	0.053	0.058	0.08	0.08	375	3.9	86.0	21
비교예 2	87.7	0.055	0.058	0.08	0.08	384	4.2	85.4	23
비교예 3	93.5	0.052	0.054	0.07	0.08	388	4.7	84.8	25
비교예 4	81.3	1.022	0.057	1.46	0.08	380	8.9	84.5	38
비교예 5	81.1	0.053	1.050	0.08	1.50	370	10.5	82.8	44
비교예 6	81.5	0.105	0.112	0.15	0.16	900	20.2	82.6	56
비교예 7	79.7	0.003	0.030	0.02	0.19	300	4.2	91.8	2
비교예 8	62.2	1.018	0.060	-	-	383	6.3	85.2	27

- [0064] 전해액 첨가제 중의 VC의 비율을 낮게 유지하고, 또한, 정극 활물질 중에 잔존하는 알칼리 성분의 양을 적게 함으로써, 전해액 첨가제의 산화 분해 등에 유래하는 가스의 발생을 거의 완전하게 억제할 수 있었다(실시예 1~4). 이들의 전지는, 보존 시험 후에도, 높은 방전 용량 유지율을 갖고 있다. 그 전지 저항의 상승률도 낮다. 즉, 첨가제의 비율과 정극 활물질 중에 잔존하는 알칼리 성분의 양의 밸런스를 고려함으로써, 전해액에 유래하는 가스 발생량을 억제하고, 또한, 전지의 수명을 향상시킬 수 있는 것을 알 수 있다. 이러한 효과가 발생하는 메커니즘으로서, 첨가제의 양, 및, 정극 활물질 중에 잔존하는 알칼리 성분의 양을 소정의 범위로 조정함으로써, 정극 계면 생성물의 산화 분해 반응이 억제되는 것, 또한, 알칼리 및 수분의 존재 하에서 가속되는 VC 등의 고리형 카보네이트의 산화 분해 반응 및 화학 분해 반응이 효과적으로 억제되어 있는 것이 생각된다. 높은 방전 용량의 유지율, 및, 낮은 전지 저항의 상승률을 확보하면서, 첨가제 및 잔존하는 알칼리 성분에 기인하는 가스의 발생량이 현저하게 감소되어 있는 것이 생각된다. 특히, 실시예 2~4에 있어서는, 잔존하는 알칼리 성분은, 다른 실시예 및 비교예에 비해 차이가 없다. 그럼에도 불구하고, 또한, 첨가제 VC가 잔존함에도 불구하고, 가스 발생량은, 거의 'OCC'로 되어 있다. 이에 의해, 본 개시의 효과가 현저한 것을 알 수 있다.
- [0065] 이상, 본 개시의 실시예에 대하여 설명했지만, 상기 실시예는 본 개시의 실시형태의 일례를 나타낸 것에 지나지 않고, 본 개시의 기술적 범위를 특정한 실시형태 혹은 구체적 구성에 한정하는 취지는 아니다.
- [0066] 본 개시의 실시형태에 따른 리튬 이온 2차 전지는, 이하의 제1~7의 리튬 이온 2차 전지이어도 된다.
- [0067] 상기 제1 리튬 이온 2차 전지는, 정극 활물질층이 정극 집전체에 배치된 정극과, 부극 활물질층이 부극 집전체에 배치된 부극과, 세퍼레이터와, 전해액을 포함하는 발전 요소를, 외장체 내부에 포함하는 리튬 이온 2차 전지이며, 당해 정극 활물질층이, 리튬·니켈계 복합 산화물을 정극 활물질로서 포함하고, 당해 정극이, 당해 정극 활물질의 중량에 대하여 1% 미만의 알칼리 성분을 포함하고, 당해 전해액이 첨가제를 함유하고, 당해 첨가제의 총 물량을 100이라고 했을 때의 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 몰 비율이 78% 이하인 것을 특징으로 하는, 상기 리튬 이온 2차 전지이다.
- [0068] 상기 제2 리튬 이온 2차 전지는, 당해 전해액이, 당해 첨가제의 총 물량을 100이라고 했을 때의 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제의 몰 비율이 63% 이하인, 상기 제1 리튬 이온 2차 전지이다.
- [0069] 상기 제3 리튬 이온 2차 전지는, 당해 정극 활물질의 중량에 대하여 0.2% 이하의 알칼리 성분을 포함하는, 상기 제1 또는 2의 리튬 이온 2차 전지이다.
- [0070] 상기 제4 리튬 이온 2차 전지는, 당해 불포화 결합을 갖는 고리형 카보네이트 첨가제가 비닐렌카보네이트인, 상기 제1~3 중 어느 하나의 리튬 이온 2차 전지이다.
- [0071] 상기 제5 리튬 이온 2차 전지는, 당해 정극 활물질층이, 일반식 $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Mn}_{(1-y-z)}\text{O}_2$ 로 나타내어지는 층상 결정 구조를 갖는 리튬 니켈 망간 코발트 복합 산화물을 정극 활물질로서 포함하는, 상기 제1~4 중 어느 하나의 리튬 이온 2차 전지이다.

- [0072] 상기 제6 리튬 이온 2차 전지는, 당해 정극이, 당해 정극 활물질인 리튬·니켈계 복합 산화물의 중량에 대하여 400ppm 이하의 물을 함유하는, 상기 제1~5 중 어느 하나의 리튬 이온 2차 전지이다.
- [0073] 상기 제7 리튬 이온 2차 전지는, 당해 첨가제가, 메킬렌메탄디술포네이트를 함유하는, 상기 제1~6 중 어느 하나의 리튬 이온 2차 전지이다.
- [0074] 상기의 상세설명은 사례를 설명하고 상세묘사를 위하여 제시되었다. 상기 제시된 내용에 입각하여 다양한 변형과 변화가 가능하다. 여기서 설명한 대상은 포괄적으로 설명하거나 혹은 개시된 명확한 형태로 제한하고자 의도하지는 않았다. 대상은 구조적 특징 및/또는 방법론적 행위에 있어서 구체적인 언어로 설명되었지만, 첨부된 청구항에서 정의된 대상은 상기 설명된 구체적인 구조 또는 행위에 반드시 제한되는 것은 아니다. 그보다는, 상기 설명된 구체적 구조와 행위는 첨부된 청구항을 실행하기 위한 예시형태로 개시되었다.

도면

도면1

