



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0101451  
 (43) 공개일자 2017년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01M 2/18* (2006.01) *H01M 10/052* (2010.01)  
*H01M 2/16* (2006.01)

(52) CPC특허분류  
*H01M 2/185* (2013.01)  
*H01M 10/052* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0023981

(22) 출원일자 2016년02월29일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

주식회사 엘지화학

서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)

(72) 발명자

이주성

대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원

(74) 대리인

특허법인 아이피스, 손창규

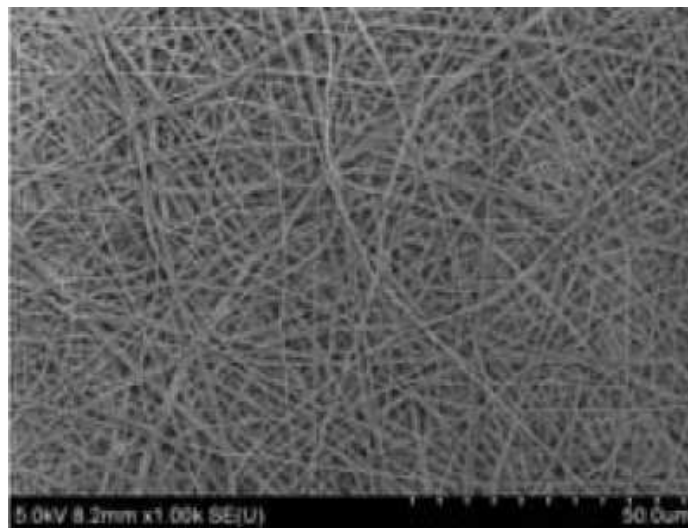
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **미세 기공들의 분리막을 포함하는 이차전지**

**(57) 요약**

본 발명은 전극과 분리막을 포함하는 전극조립체가 전해액과 함께 전지 케이스에 밀봉되어 있는 이차전지로서, 상기 분리막은 충전 과정에서 발생하는 부산물에 의한 기공의 폐쇄를 방지하면서 양극과 음극 간의 접촉에 의한 단락을 방지할 수 있도록, 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터인 기공들을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 이차전지를 제공한다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*H01M 2/162* (2013.01)

*H01M 2/1673* (2013.01)

*Y02E 60/122* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전극과 분리막을 포함하는 전극조립체가 전해액과 함께 전지 케이스에 밀봉되어 있는 이차전지로서, 상기 분리막은 충전 과정에서 발생하는 부산물에 의한 기공의 폐쇄를 방지하면서 양극과 음극 간의 접촉에 의한 단락을 방지할 수 있도록, 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터인 기공들을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 부산물은 이차전지의 고속 충전 과정에서 발생하는 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 고속 충전은 1.5C 내지 7.0C 레이트로 이차전지를 충전하는 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 분리막은 직경이 0.5 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터인 기공들을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 분리막에 형성되어 있는 전체 기공들 중의 50% 내지 100%가 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의 기공들인 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 분리막에 형성되어 있는 모든 기공들은 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의 기공들인 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 기공들은 분리막 내에서 규칙적인 배열 구조 또는 불규칙적인 배열 구조로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 분리막은 기공들을 형성하면서 집합체를 이루고 있는 나노파이버들로 이루어진 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 나노파이버들의 평균 직경은 10 나노미터 내지 1,000 나노미터인 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 분리막은 전기 방사에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 이차전지.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 분리막은 고내열성의 엔지니어링 플라스틱 수지로 이루어진 것을 특징으로 하는 이차전지.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서, 상기 엔지니어링 플라스틱 수지는 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리이미드(polyimide), 및 아라미드(aramid)로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상으로 이루어진 것을 특징으로 하는 이차전지.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서, 상기 분리막은 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride) 수지로 이루어진 것을 특징으로 하는 이차전지.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서, 상기 분리막은 100 kgf/mm<sup>2</sup> 내지 800 kgf/mm<sup>2</sup>의 인장강도를 가지는 것을 특징으로 하는 이차전지.

**청구항 15**

제 1 항에 있어서, 상기 분리막은 전극에 접촉되어 있는 것을 특징으로 하는 이차전지.

**청구항 16**

제 1 항에 있어서, 상기 이차전지는 리튬 이차전지인 것을 특징으로 하는 이차전지.

**청구항 17**

제 16 항에 따른 이차전지를 전원으로 포함하는 디바이스.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 미세 기공들의 분리막을 포함하는 이차전지에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근, 화석연료의 고갈에 의한 에너지원의 가격 상승, 환경 오염의 관심이 증폭되며, 친환경 대체 에너지원에 대한 요구가 미래생활을 위한 필수 불가결한 요인이 되고 있다. 이에 원자력, 태양광, 풍력, 조력 등 다양한 전력 생산기술들에 대한 연구가 지속되고 있으며, 이렇게 생산된 에너지를 더욱 효율적으로 사용하기 위한 전력 저장장치 또한 지대한 관심이 이어지고 있다.

[0003] 특히, 모바일 기기에 대한 기술 개발과 수요가 증가함에 따라 에너지원으로서 전지의 수요가 급격히 증가하고 있고, 그에 따라 다양한 요구에 부응할 수 있는 전지에 대한 많은 연구가 행해지고 있다.

[0004] 대표적으로 전지의 형상 면에서는 얇은 두께로 휴대폰 등과 같은 제품들에 적용될 수 있는 각종 이차전지와 파우치형 이차전지에 대한 수요가 높고, 재료 면에서는 높은 에너지 밀도, 방전 전압, 출력 안정성 등의 장점을 가진 리튬이온 전지, 리튬이온 폴리머 전지 등과 같은 리튬 이차전지에 대한 수요가 높다.

[0005] 또한, 이차전지는 전지케이스의 형상에 따라, 전극조립체가 원통형 또는 각형의 금속 캔에 내장되어 있는 원통형 전지 및 각형 전지와, 전극조립체가 알루미늄 라미네이트 시트의 파우치형 케이스에 내장되어 있는 파우치형 전지로 분류된다.

[0006] 또한, 이차전지는 양극, 음극, 및 양극과 음극 사이에 개재되는 분리막이 적층된 구조의 전극조립체가 어떠한 구조로 이루어져 있는지에 따라 분류되기도 하는 바, 대표적으로는, 긴 시트형의 양극들과 음극들을 분리막이 개재된 상태에서 권취한 구조의 젤리-롤형(권취형) 전극조립체, 소정 크기의 단위로 절취한 다수의 양극과 음극들을 분리막을 개재한 상태로 순차적으로 적층한 스택형(적층형) 전극조립체 등을 들 수 있으며, 최근에는, 상기 젤리-롤형 전극조립체 및 스택형 전극조립체가 갖는 문제점을 해결하기 위해, 상기 젤리-롤형과 스택형의 혼합 형태인 진일보한 구조의 전극조립체로서, 소정 단위의 양극과 음극들을 분리막을 개재한 상태로 적층한 단위 셀들을 분리필름 상에 위치시킨 상태에서 순차적으로 권취한 구조의 스택/폴딩형 전극조립체가 개발되었다.

- [0007] 특히, 최근에는 스택형 또는 스택/폴딩형 전극조립체를 알루미늄 라미네이트 시트의 파우치형 전지케이스에 내장한 구조의 파우치형 전지가, 낮은 제조비, 작은 중량, 용이한 형태 변형 등을 이유로, 많은 관심을 모으고 있고 또한 그것의 사용량이 점차적으로 증가하고 있다.
- [0008] 일반적으로, 이러한 이차전지를 구성하는 전극조립체의 분리막은 높은 이온 투과도와 기계적 강도를 가지는 절연성의 얇은 박막이 사용된다. 이러한 분리막으로는, 예를 들어, 내화학적 및 소수성의 폴리프로필렌 등의 올레핀계 폴리머; 유리섬유 또는 폴리에틸렌 등으로 만들어진 시트나 부직포 등이 사용된다. 전해질로서 폴리머 등의 고체 전해질이 사용되는 경우에는 고체 전해질이 분리막을 겸할 수도 있다.
- [0009] 한편, 이러한 이차전지는 전극조립체가 전해액과 함께 전지케이스 내에 밀봉된 상태로 구성되며, 이에 따라 이차전지의 충전 과정에서 발생하는 전극 활물질 구성성분의 용출, 표면 반응, 또는 이차전지의 전위가 전해액의 산화전위에 도달함으로써 발생하는 전해액의 산화와 같은 다양한 요인으로 인해, 부산물이 발생할 수 있다.
- [0010] 이때, 상기 전극조립체를 구성하는 분리막의 기공 직경은 일반적으로, 0.1  $\mu\text{m}$  이하로 이루어져 있으며, 이에 따라 상기 부산물로 인해 기공이 폐쇄될 수 있으며, 이는 전지 성능을 감소시키고, 저항을 증가시켜, 결과적으로 전지의 안전성을 저하시키는 문제점을 유발할 수 있다.
- [0011] 특히, 최근에는 이러한 이차전지가 고용량 및 고에너지화되면서, 이러한 성능을 효과적으로 발휘하기 위해, 높은 C-레이트의 조건으로 고속 충전이 가능하도록 설계 및 제작되고 있는 바, 상기 문제점은 이러한 고속 충전 조건 하에서 더욱 심각하게 발생하는 문제점이 있다.
- [0012] 따라서, 이러한 문제점을 근본적으로 해결할 수 있는 기술에 대한 필요성이 높은 실정이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0013] 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점과 과거로부터 요청되어온 기술적 과제를 해결하는 것을 목적으로 한다.
- [0014] 본 출원의 발명자들은 심도 있는 연구와 다양한 실험을 거듭한 끝에, 이후 설명하는 바와 같이, 이차전지의 분리막이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의 직경을 갖는 기공들을 포함하도록 구성함으로써, 1.5C 이상의 조건으로 상기 이차전지를 고속 충전함에도 불구하고, 상기 이차전지의 충전 과정에서 발생하는 부산물에 의해 기공이 폐쇄되는 현상을 방지할 수 있으며, 이에 따라, 상기 이차전지의 성능 저하 및 안전성 저하를 방지할 수 있으며, 종래의 분리막과 상이한 소재 및 제조 방법을 사용하여 분리막을 제조함으로써, 보다 용이하게 상기 분리막 기공의 직경을 조절할 수 있음을 확인하고, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

**과제의 해결 수단**

- [0015] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 이차전지는,
- [0016] 전극과 분리막을 포함하는 전극조립체가 전해액과 함께 전지 케이스에 밀봉되어 있는 이차전지로서,
- [0017] 상기 분리막은 충전 과정에서 발생하는 부산물에 의한 기공의 폐쇄를 방지하면서 양극과 음극 간의 접촉에 의한 단락을 방지할 수 있도록, 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터인 기공들을 포함하고 있는 구조로 이루어질 수 있다.
- [0018] 따라서, 상기 특정한 범위의 직경을 갖는 기공들을 포함하는 분리막에 의해, 상기 이차전지를 고속 충전함에도 불구하고, 상기 이차전지의 충전 과정에서 발생하는 부산물에 의해 기공이 폐쇄되는 현상을 방지할 수 있으며, 이에 따라, 상기 이차전지의 성능 저하 및 안전성 저하를 방지할 수 있다.
- [0019] 이러한 경우에, 상기 분리막 기공의 직경이 0.1 마이크로미터 미만일 경우에는, 종래의 분리막과 마찬가지로, 부산물에 의해 분리막의 기공이 폐쇄됨으로써 발생할 수 있는 이차전지의 성능 저하 및 안전성 저하를 방지할 수 없으며, 이와 반대로, 상기 분리막 기공의 직경이 1.0 마이크로미터를 초과할 경우에는, 오히려 상기 분리막의 직경이 지나치게 커져, 상기 분리막을 사이에 두고 대면해 있는 양극과 음극이 접촉함으로써, 단락이 발생할 수 있는 문제점이 있다.
- [0020] 보다 상세하게는, 상기 분리막은 직경이 0.5 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터인 기공들을 포함하고 있는 구조일 수 있으며, 이에 따라, 상기 효과를 보다 용이하게 발휘할 수 있다.

- [0021] 하나의 구체적인 예에서, 상기 부산물은 이차전지의 고속 충전 과정에서 발생할 수 있다.
- [0022] 앞서 설명한 바와 마찬가지로, 상기 이차전지는 충전 과정에서 발생하는 전극 활물질 구성성분의 용출, 표면 반응, 또는 이차전지의 작동 전위가 전해액의 산화전위에 도달함으로써 발생하는 전해액의 산화로 인해, 부산물이 발생할 수 있으며, 이러한 부산물의 발생은 최근 보편화되고 있는 이차전지의 고속 충전 과정에서 더욱 심화될 수 있다.
- [0023] 이에 따라, 본 발명에 따른 이차전지는 분리막이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의 직경을 갖는 기공들을 포함하고 있어, 종래의 분리막을 포함하는 이차전지와 달리, 상기 부산물의 발생이 급격하게 증가하는 고속 충전에도 불구하고, 상기 부산물에 의한 분리막 기공의 폐쇄를 방지해, 이차전지의 성능 저하 및 안전성 저하를 효과적으로 방지할 수 있다.
- [0024] 여기서, 상기 고속 충전은 1.5C 내지 7.0C 레이트로 이차전지를 충전하는 것을 의미할 수 있으며, 보다 상세하게는, 2.0C 레이트 이상으로 이차전지를 충전하는 것을 의미할 수 있다.
- [0025] 만일, 상기 고속 충전이 1.5C 레이트 미만으로 수행될 경우에, 상기 충전 전위는 종래의 이차전지에 대한 충전 범위에 해당하므로, 고속 충전에 비해 심각한 문제를 발생시키지 않으며, 이에 따라, 상기 분리막의 기공이 특정한 범위의 직경을 가짐으로써 발휘하고자 하는 효과가 크지 않을 수 있다.
- [0026] 이와 반대로, 상기 고속 충전이 7.0C 레이트를 초과하는 범위로 수행될 경우에는, 상기 충전 전위가 지나치게 높아, 오히려 이차전지를 구성하는 양극, 음극 및 전해액의 전기화학적 성능에 문제를 유발할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 분리막에 형성되어 있는 전체 기공들 중의 50% 내지 100%가 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의 기공들일 수 있다.
- [0028] 더욱 구체적으로, 본원발명에 따른 이차전지는 분리막의 기공들이 특정한 범위의 직경을 가짐으로써, 소망하는 효과를 발휘할 수 있다.
- [0029] 이러한 경우에, 상기 특정한 범위의 직경을 갖는 기공들은 분리막에 형성되어 있는 전체 기공들 중의 50% 내지 100%를 구성함으로써, 상기 효과를 최대로 발휘할 수 있다.
- [0030] 만일, 상기 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의 기공들이 분리막에 형성되어 있는 전체 기공들 중의 50% 미만일 경우에는, 상기 특정한 범위의 직경을 갖는 기공들의 양이 충분하지 않아, 부산물에 의한 기공의 폐쇄 및 이로 인한 이차전지의 성능 저하와 안전성 저하를 효과적으로 방지할 수 없을 수 있다.
- [0031] 따라서, 본 발명에 따른 이차전지는, 상기 분리막에 형성되어 있는 전체 기공들 중의 50% 내지 100%가 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의 기공들일 수 있으며, 보다 상세하게는, 상기 분리막에 형성되어 있는 모든 기공들은 직경이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의 기공들로 구성됨으로써, 상기 효과를 최대한으로 발휘할 수 있다.
- [0032] 한편, 상기 기공들은 분리막 내에서 규칙적인 배열 구조 또는 불규칙적인 배열 구조로 형성되어 있는 구조일 수 있다.
- [0033] 즉, 상기 기공들은 그 배열 구조가 크게 제한되는 것은 아니며, 보다 상세하게는, 상기 기공들은 분리막 내에서 규칙적인 배열 구조로 형성됨으로써, 부산물에 의해 분리막의 기공들이 국부적으로 폐쇄되는 현상을 방지할 수 있으며, 이와 반대로, 상기 기공들은 분리막 제작 용이성을 고려하였을 때, 분리막 내에서 불규칙적인 배열 구조로 형성되어 있는 구조일 수 있다.
- [0034] 하나의 구체적인 예에서, 상기 분리막은 기공들을 형성하면서 집합체를 이루고 있는 나노파이버들로 이루어진 구조일 수 있다.
- [0035] 즉, 상기 분리막은 종래의 분리막과 마찬가지로, 나노파이버들이 집합체를 이루는 구조로서, 상기 나노파이버들이 집합체를 이루는 과정에서, 기공들이 자연스럽게 형성될 수 있으며, 상기 나노파이버들의 양을 조절함으로써, 기공들의 직경 및 분포를 보다 용이하게 조절할 수 있다.
- [0036] 이때, 상기 나노파이버들의 평균 직경은 10 나노미터 내지 1,000 나노미터일 수 있다.
- [0037] 만일, 상기 나노파이버들의 평균 직경이 10 나노미터 미만일 경우에는, 상기 나노파이버들의 평균 직경이 지나치게 작아져, 분리막을 제작하는데 소요되는 비용 및 시간이 증가할 수 있으며, 이와 반대로, 상기 나노파이버들의 평균 직경이 1,000 나노미터를 초과할 경우에는, 상기 나노파이버들이 집합체를 이루는 과정에서 형성되는

기공들의 직경 및 분포를 조절하기가 용이하지 않을 수 있다.

- [0038] 또한, 상기 분리막은 전기 방사에 의해 형성되는 구조일 수 있다.
- [0039] 더욱 구체적으로, 상기 전기 방사는 섬유 형성용 고분자를 용매에 혼합하여 방사 용액을 제조하고, 낮은 점도의 방사 용액을 하전된 금속판(foil 또는 wafer 등) 상에 섬유 내지 파이버 형태로 방사한 후, 건조하거나 고체화 시킴으로써 고분자 섬유를 얻는 방법으로, 다양한 고분자 재료를 사용할 수 있고, 완성된 섬유 내지 파이버의 형상 조절이 비교적 간편한 이점이 있다.
- [0040] 이에 따라, 본 발명에 따른 이차전지의 분리막은 전기 방사에 의해 형성됨으로써, 보다 다양한 고분자 재료를 분리막의 소재로 사용할 수 있고, 완성된 섬유 내지 파이버의 형상이 보다 용이하게 조절될 수 있다.
- [0041] 한편, 상기 분리막은 고내열성의 엔지니어링 플라스틱 수지로 이루어질 수 있다.
- [0042] 더욱 구체적으로, 상기 분리막은 양극과 음극을 절연시키면서 리튬 이온 통로 역할을 하여야 하므로, 소정의 공극을 포함하면서 양산에 필요한 기계적 안전성을 확보해야 하고, 최근에는 전지가 고용량 및 고에너지화되면서 충방전 과정에서 전지셀 내에 열이 축적되는 바, 높은 열적 안정성이 요구된다.
- [0043] 이에, 종래 폴리올레핀계 고분자로 이루어진 분리막을 사용하던 것과는 달리, 최근에는 내열성이 우수한 고분자를 이용한 섬유 내지 파이버로 이루어진 부직포를 분리막으로 사용하는 기술이 개발되었다.
- [0044] 이에 따라, 본 발명에 따른 이차전지의 분리막 역시, 고내열성의 엔지니어링 플라스틱 수지로 이루어짐으로써, 고용량 및 고에너지화된 이차전지의 고속 충전에도 불구하고, 전지셀의 성능 저하 및 안전성 저하를 보다 효과적으로 방지할 수 있다.
- [0045] 이때, 상기 엔지니어링 플라스틱 수지는 상기 고용량 및 고에너지화된 이차전지의 고속 충전에도 불구하고, 전지셀의 성능 저하 및 안전성 저하 방지의 효과를 용이하게 발휘할 수 있는 것이라면, 그 소재가 크게 제한되는 것은 아니며, 상세하게는, 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리이미드(polyimide), 및 아라미드(aramid)로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있다.
- [0046] 한편, 상기 분리막은 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride) 수지로 이루어질 수 있다.
- [0047] 더욱 구체적으로, 상기 폴리비닐리덴 플루오라이드 수지는 내후성, 내화학성, 내열성, 강도 등이 우수한 특성을 포함하고 있다.
- [0048] 즉, 본 발명에 따른 분리막 역시, 폴리비닐리덴 플루오라이드 수지로 이루어짐으로써, 상기 내후성, 내화학성, 내열성, 강도 등이 우수한 특성을 갖도록 제작될 수 있다.
- [0049] 일반적으로, 이러한 고내열성의 엔지니어링 플라스틱 수지 또는 폴리비닐리덴 플루오라이드 수지의 섬유 내지 파이버로 이루어진 분리막은 불규칙적인 조직에 의해 전극 조립 공정에 필요한 기계적 물성이 확보되기 어렵고, 상대적으로 기공의 직경이 커지며, 인장강도가 낮아지는 동시에, 균일한 두께 조절이 어려워 공정성이 저하되며, 공정이 복잡해지는 바, 공정 비용이 증가하는 문제점이 있었다.
- [0050] 그러나, 본 발명에 따른 이차전지의 분리막은, 앞서 설명한 바와 마찬가지로, 상기 전기 방사에 의해 형성될 수 있으며, 이에 따라, 상기 분리막을 형성하기 위한 소재에 대한 제약은 없앨 수 있어, 우수한 물리적 특성을 발휘하는 고내열성의 엔지니어링 플라스틱 수지 또는 폴리비닐리덴 플루오라이드 수지를 분리막의 소재로 사용할 수 있으며, 완성된 섬유 내지 파이버의 형상 조절이 용이해, 나노파이버들의 직경 및 상기 나노파이버들이 집합체를 이루는 과정에서 형성되는 기공들의 직경을 보다 용이하게 조절할 수 있고, 이에 따라, 상기 인장강도 역시 소망하는 범위로 조절되어, 우수한 기계적 성능을 발휘할 수 있다.
- [0051] 하나의 구체적인 예에서, 상기 분리막은 100 kgf/mm<sup>2</sup> 내지 800 kgf/mm<sup>2</sup>의 인장강도를 가지는 구조일 수 있다.
- [0052] 일반적으로, 이차전지의 운용 중, 상기 이차전지의 온도가 상승하는 경우, 높은 온도로 인해 분리막이 열 수축을 일으킬 수 있으며, 이로 인해 상기 분리막을 사이에 두고 있는 양극과 음극이 직접 접촉함으로써, 내부단락이 발생할 수 있는 문제점이 있다.
- [0053] 여기서, 이러한 분리막의 열 수축은 물리적인 특성으로서, 상기 분리막의 인장강도와 높은 연관성을 가질 수 있으며, 상세하게는, 상기 분리막의 인장강도가 낮을 경우, 이는 분리막의 연신율이 낮다는 것을 의미하며, 이에 따라, 상기 분리막의 열 수축성이 낮아져, 이차전지의 온도 상승에도 불구하고, 열 수축을 일으키지 않거나, 상

대적으로 적게 일으킴으로써, 이차전지의 안전성을 확보할 수 있다.

- [0054] 이와 반대로, 상기 분리막의 인장강도가 높을 경우, 이는 분리막의 연신율이 높다는 것을 의미하며, 이에 따라, 상기 분리막의 열 수축성이 높아져, 이차전지의 온도 상승시에, 열 수축을 일으킴으로써, 이차전지의 안전성이 저하될 수 있다.
- [0055] 이에 따라, 본원발명에 따른 이차전지의 분리막은 100 kgf/mm<sup>2</sup> 내지 800 kgf/mm<sup>2</sup>의 인장강도를 가짐으로써, 상대적으로 낮은 열 수축성을 발휘할 수 있으며, 이로 인해 안전성을 향상시킬 수 있다.
- [0056] 더욱 구체적으로, 상기 분리막이 100 kgf/mm<sup>2</sup> 미만의 인장강도를 가질 경우에는, 상기 인장강도가 지나치게 약해, 이차전지의 충방전 과정에서 발생하는 양극과 음극의 반복적인 수축 및 팽창, 또는 외부로부터 인가되는 물리적 충격과 같은 자극에 의해 쉽게 손상될 수 있으며, 이에 따라, 오히려 이차전지의 안전성이 저하될 수 있다.
- [0057] 이와 반대로, 상기 분리막이 800 kgf/mm<sup>2</sup>를 초과하는 인장강도를 가질 경우에는, 상기 지나치게 높은 인장강도에 따른 연신율 및 열 수축성 역시, 지나치게 높아질 수 있고, 이로 인해, 이차전지의 안전성이 저하될 수 있다.
- [0058] 또한, 상기 분리막은 전극에 접촉되어 있는 구조일 수 있다.
- [0059] 앞서 설명한 바와 마찬가지로, 상기 분리막은 이차전지의 충전 과정에서 발생하는 부산물에 의한 기공의 폐쇄를 방지할 수 있도록, 기공들이 특정한 범위의 직경을 가질 수 있다.
- [0060] 따라서, 상기 분리막은 부산물이 보다 높은 확률로 발생할 수 있는 전극에 접촉되어 있는 경우, 보다 우수한 효과를 발휘할 수 있다.
- [0061] 이때, 상기 분리막은 양극과 음극 사이에 개재된 상태로 접촉되어 있거나, 최외곽에 위치하는 양극 또는 음극의 일면에 접촉되어 있는 구조일 수 있다.
- [0062] 한편, 상기 이차전지는 그것의 종류가 특별히 한정되는 것은 아니지만, 구체적인 예로서, 높은 에너지 밀도, 방전 전압, 출력 안정성 등의 장점을 가진 리튬이온 전지, 리튬이온 폴리머 전지 등과 같은 리튬 이차전지일 수 있다.
- [0063] 일반적으로, 리튬 이차전지는 양극, 음극, 분리막, 및 리튬염 함유 비수 전해액으로 구성되어 있다.
- [0064] 상기 양극은, 예를 들어, 양극 집전체 상에 양극 활물질, 도전재 및 바인더의 혼합물을 도포한 후 건조하여 제조되며, 필요에 따라서는, 상기 혼합물에 충전제를 더 첨가하기도 한다.
- [0065] 상기 양극 활물질은 리튬 코발트 산화물(LiCoO<sub>2</sub>), 리튬 니켈 산화물(LiNiO<sub>2</sub>) 등의 층상 화합물이나 1 또는 그 이상의 전이금속으로 치환된 화합물; 화학식 Li<sub>1+x</sub>Mn<sub>2-x</sub>O<sub>4</sub> (여기서, x 는 0 ~ 0.33 임), LiMnO<sub>3</sub>, LiMn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LiMnO<sub>2</sub> 등의 리튬 망간 산화물; 리튬 동 산화물(Li<sub>2</sub>CuO<sub>2</sub>); LiV<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, LiFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cu<sub>2</sub>V<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 등의 바나듐 산화물; 화학식 LiNi<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>O<sub>2</sub> (여기서, M = Co, Mn, Al, Cu, Fe, Mg, B 또는 Ga 이고, x = 0.01 ~ 0.3 임)으로 표현되는 Ni 사이트형 리튬 니켈 산화물; 화학식 LiMn<sub>2-x</sub>M<sub>x</sub>O<sub>2</sub> (여기서, M = Co, Ni, Fe, Cr, Zn 또는 Ta 이고, x = 0.01 ~ 0.1 임) 또는 Li<sub>2</sub>Mn<sub>3</sub>MO<sub>8</sub> (여기서, M = Fe, Co, Ni, Cu 또는 Zn 임)으로 표현되는 리튬 망간 복합 산화물; 화학식의 Li 일부가 알칼리토금속 이온으로 치환된 LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; 디설파이드 화합물; Fe<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 등을 들 수 있지만, 이들만으로 한정되는 것은 아니다.
- [0066] 상기 도전재는 통상적으로 양극 활물질을 포함한 혼합물 전체 중량을 기준으로 1 내지 30 중량%로 첨가된다. 이러한 도전재는 당해 전지에 화학적 변화를 유발하지 않으면서 도전성을 가진 것이라면 특별히 제한되는 것은 아니며, 예를 들어, 천연 흑연이나 인조 흑연 등의 흑연; 카본블랙, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 채널 블랙, 페네이스 블랙, 램프 블랙, 서머 블랙 등의 카본블랙; 탄소 섬유나 금속 섬유 등의 도전성 섬유; 불화 카본, 알루미늄, 니켈 분말 등의 금속 분말; 산화아연, 티탄산 칼륨 등의 도전성 위스키; 산화 티탄 등의 도전성 금속 산화물; 폴리페닐렌 유도체 등의 도전성 소재 등이 사용될 수 있다.
- [0067] 상기 바인더는 활물질과 도전재 등의 결합과 집전체에 대한 결합에 조력하는 성분으로서, 통상적으로 양극 활물질을 포함하는 혼합물 전체 중량을 기준으로 1 내지 30 중량%로 첨가된다. 이러한 바인더의 예로는, 폴리불화

비닐리덴, 폴리비닐알코올, 카르복시메틸셀룰로오즈(CMC), 전분, 히드록시프로필셀룰로오즈, 재생 셀룰로오즈, 폴리비닐피롤리돈, 테트라플루오로에틸렌, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 에틸렌-프로필렌-디엔 테르 폴리머 (EPDM), 숄폰화 EPDM, 스티렌 브티렌 고무, 불소 고무, 다양한 공중합체 등을 들 수 있다.

- [0068] 상기 충전제는 양극의 팽창을 억제하는 성분으로서 선택적으로 사용되며, 당해 전지에 화학적 변화를 유발하지 않으면서 섬유상 재료라면 특별히 제한되는 것은 아니며, 예를 들어, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등의 올리핀계 중합체; 유리섬유, 탄소섬유 등의 섬유상 물질이 사용된다.
- [0069] 상기 음극은 음극 집전체 상에 음극 활물질을 도포, 건조하여 제작되며, 필요에 따라, 앞서 설명한 바와 같은 성분들이 선택적으로 더 포함될 수도 있다.
- [0070] 상기 음극 활물질로는, 예를 들어, 난흑연화 탄소, 흑연계 탄소 등의 탄소;  $Li_xFe_2O_3(0 \leq x \leq 1)$ ,  $Li_xWO_2(0 \leq x \leq 1)$ ,  $Sn_xMe_{1-x}Me'_yO_z$  (Me: Mn, Fe, Pb, Ge; Me': Al, B, P, Si, 주기율표의 1족, 2족, 3족 원소, 할로젠;  $0 < x \leq 1$ ;  $1 \leq y \leq 3$ ;  $1 \leq z \leq 8$ ) 등의 금속 복합 산화물; 리튬 금속; 리튬 합금; 규소계 합금; 주석계 합금; SnO, SnO<sub>2</sub>, PbO, PbO<sub>2</sub>, Pb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, GeO, GeO<sub>2</sub>, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Bi<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, and Bi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 등의 금속 산화물; 폴리아세틸렌 등의 도전성 고분자; Li-Co-Ni 계 재료 등을 사용할 수 있다.
- [0071] 리튬염 함유 비수 전해액은, 극성 유기 전해액과 리튬염으로 이루어져 있다. 전해액으로는 비수계 액상 전해액, 유기 고체 전해질, 무기 고체 전해질 등이 사용된다.
- [0072] 상기 비수계 액상 전해액으로는, 예를 들어, N-메틸-2-피롤리디논, 프로필렌 카르보네이트, 에틸렌 카르보네이트, 부틸렌 카르보네이트, 디메틸 카르보네이트, 디에틸 카르보네이트, 감마-부틸로 락톤, 1,2-디메톡시 에탄, 테트라히드록시 프랑(franc), 2-메틸 테트라하이드로푸란, 디메틸숄록시드, 1,3-디옥소런, 포름아미드, 디메틸 포름아미드, 디옥소런, 아세토니트릴, 니트로메탄, 포름산 메틸, 초산메틸, 인산 트리에스테르, 트리메톡시 메탄, 디옥소런 유도체, 설포란, 메틸 설포란, 1,3-디메틸-2-이미다졸리디논, 프로필렌 카르보네이트 유도체, 테트라하이드로푸란 유도체, 에테르, 피로피온산 메틸, 프로피온산 에틸 등의 비양자성 유기용매가 사용될 수 있다.
- [0073] 상기 유기 고체 전해질로는, 예를 들어, 폴리에틸렌 유도체, 폴리에틸렌 옥사이드 유도체, 폴리프로필렌 옥사이드 유도체, 인산 에스테르 폴리머, 폴리 에지테이션 리신(agitation lysine), 폴리에스테르 숄파이드, 폴리비닐 알코올, 폴리 불화 비닐리덴, 이온성 해리기를 포함하는 중합체 등이 사용될 수 있다.
- [0074] 상기 무기 고체 전해질로는, 예를 들어, Li<sub>3</sub>N, LiI, Li<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub>, Li<sub>3</sub>N-LiI-LiOH, LiSiO<sub>4</sub>, LiSiO<sub>4</sub>-LiI-LiOH, Li<sub>2</sub>SiS<sub>3</sub>, Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>, Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>-LiI-LiOH, Li<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>-Li<sub>2</sub>S-SiS<sub>2</sub> 등의 Li의 질화물, 할로겐화물, 황산염 등이 사용될 수 있다.
- [0075] 상기 리튬염은 상기 비수계 전해질에 용해되기 좋은 물질로서, 예를 들어, LiCl, LiBr, LiI, LiClO<sub>4</sub>, LiBF<sub>4</sub>, LiB<sub>10</sub>Cl<sub>10</sub>, LiPF<sub>6</sub>, LiCF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>, LiCF<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>, LiAsF<sub>6</sub>, LiSbF<sub>6</sub>, LiAlCl<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>Li, CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>Li, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NLi, 클로로 보란 리튬, 저급 지방족 카르복산 리튬, 4 페닐 붕산 리튬, 이미드 등이 사용될 수 있다.
- [0076] 또한, 비수계 전해액에는 충방전 특성, 난연성 등의 개선을 목적으로, 예를 들어, 피리딘, 트리에틸포스파이트, 트리에탄올아민, 환상 에테르, 에틸렌 디아민, n-글라임(glyme), 헥사 인산 트리 아미드, 니트로벤젠 유도체, 유허, 퀴논 이민 염료, N-치환 옥사졸리디논, N,N-치환 이미다졸리딘, 에틸렌 글리콜 디알킬 에테르, 암모늄염, 피롤, 2-메톡시 에탄올, 삼염화 알루미늄 등이 첨가될 수도 있다. 경우에 따라서는, 불연성을 부여하기 위하여, 사염화탄소, 삼불화에틸렌 등의 할로젠 함유 용매를 더 포함시킬 수도 있고, 고온 보존 특성을 향상시키기 위하여 이산화탄산 가스를 더 포함시킬 수도 있다.
- [0077] 본 발명은 또한, 상기 이차전지를 전원으로 포함하는 디바이스를 제공하는 바, 상기 디바이스는 휴대폰, 태블릿 컴퓨터, 노트북 컴퓨터, 파워 툴, 웨어러블 전자기기, 전기자동차, 하이브리드 전기자동차, 플러그-인 하이브리드 전기자동차, 및 전력저장 장치로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.
- [0078] 상기와 같은 디바이스 내지 장치들은 당업계에 공지되어 있으므로, 본 명세서에서는 그에 대한 구체적인 설명을 생략한다.

### 발명의 효과

- [0079] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 이차전지는, 분리막이 0.1 마이크로미터 내지 1.0 마이크로미터의

직경을 갖는 기공들을 포함하도록 구성함으로써, 상기 이차전지를 고속 충전함에도 불구하고, 상기 이차전지의 충전 과정에서 발생하는 부산물에 의해 기공이 폐쇄되는 현상을 방지할 수 있으며, 이에 따라, 상기 이차전지의 성능 저하 및 안전성 저하를 방지할 수 있으며, 종래의 분리막과 상이한 소재 및 제조 방법을 사용하여 분리막을 제조함으로써, 보다 용이하게 상기 분리막 기공의 직경을 조절할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0080] 도 1은 본 발명에 따른 실시예 1의 분리막을 분석한 전자현미경(SEM) 사진이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0081] 이하, 본 발명의 실시예에 따른 도면들을 참조하여 본 발명을 더욱 상세하지만, 본 발명의 범주가 그것에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0082] 분리막의 제조

[0083] <실시예 1>

[0084] 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile; PAN)의 농도가 10 중량%가 되도록 DMF 용매에 첨가하고 교반하여 방사 용액을 제조하였다.

[0085] 상기 제조된 방사 용액을 전기 방사 장치의 배럴에 투입하고, 하전된금속판(컬렉터)에 대해, 방사구와 금속판과의 거리를 10 cm로 유지하면서, 펌프를 사용하여 0.1 mL/min의 속도로 방사 용액을 5 시간 동안 토출하였다. 이때, 고전압 발생기를 이용하여 전기 방사 장치의 방사구에 30 kV의 하전을 부여하여 섬유상 박막을 형성하였다.

[0086] 상기 용매를 포함하는 섬유상 박막을 오븐에 넣고 40℃ 조건에서 2 시간 동안 건조 과정으로 용매를 제거하여 경화된 섬유상 분리막을 제조하였다.

[0087] 상기 섬유상 분리막을 분석한 전자현미경(SEM) 사진을 도 1에 나타내었다.

[0088] <실시예 2>

[0089] 폴리아크릴로니트릴 대신 폴리이미드(polyimide; PI)가 10 중량%가 되도록 DMF 용매에 첨가하고 교반하여 방사 용액을 제조한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 분리막을 제조하였다.

[0090] <실시예 3>

[0091] 폴리아크릴로니트릴 대신 아라미드(aramid)가 10 중량%가 되도록 DMF 용매에 첨가하고 교반하여 방사 용액을 제조한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 분리막을 제조하였다.

[0092] <실시예 4>

[0093] 폴리아크릴로니트릴 대신 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride; PVdF)가 10 중량%가 되도록 NMP 용매에 첨가하고 교반하여 방사 용액을 제조한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방법으로 분리막을 제조하였다.

[0094] <비교예 1>

[0095] 폴리아크릴로니트릴 수지를 380℃로 가열하여 용융함으로써, 고분자 용융체를 제조하였다.

[0096] 상기 제조된 고분자 용융체를 방사 장치의 배럴에 투입하고, 하전되지 않은금속판(컬렉터)에 대해, 방사구와 금속판과의 거리를 10 cm로 유지하면서, 펌프를 사용하여 0.1 mL/min의 속도로 방사 용액을 5 시간 동안 토출하여 섬유상 박막을 형성하였다.

[0097] 상기 섬유상 박막을 오븐에 넣고 40℃ 조건에서 2 시간 동안 건조 과정으로 용매를 제거하여 경화된 섬유상 분리막을 제조하였다.

[0098] <비교예 2>

[0099] 폴리아크릴로니트릴 수지 대신 폴리이미드 수지를 용융 방사한 것을 제외하고는, 비교예 1과 동일한 방법으로 분리막을 제조하였다.

- [0100] <비교예 3>
- [0101] 폴리아크릴로니트릴 수지 대신 아라미드 수지를 용융 방사한 것을 제외하고는, 비교예 1과 동일한 방법으로 분리막을 제조하였다.
- [0102] <비교예 4>
- [0103] 폴리아크릴로니트릴 수지 대신 폴리비닐리덴 플루오라이드 수지를 용융 방사한 것을 제외하고는, 비교예 1과 동일한 방법으로 분리막을 제조하였다.
- [0104] <비교예 5>
- [0105] 폴리아크릴로니트릴 수지 대신 폴리에틸렌(polyethylene; PE) 수지를 230℃에서 용융 방사한 것을 제외하고는, 비교예 1과 동일한 방법으로 분리막을 제조하였다.
- [0106] <비교예 6>
- [0107] 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate; PET) 멀티 필라멘트를 일정 길이로 절단하여 폴리에틸렌 테레프탈레이트 단섬유 번들(bundle)을 제조하고, 상기 단섬유 번들을 분리 및 포집장치 내에 투입한 후 공기 기류를 이용하여 폴리에틸렌 테레프탈레이트 단섬유들을 분리 및 포집하였다.
- [0108] 상기 분리 및 포집단 단섬유들을 물에 분산시켜 단섬유 슬러리를 제조한 후, 제조된 단섬유 슬러리를 습식 적층기에 적층하여 초지화한 다음, 계속해서 건조/압착하여, wet-laid 방법으로 제조된 섬유상 분리막을 제조하였다.
- [0109] <비교예 7>
- [0110] 폴리프로필렌(polypropylene; PP)을 250℃ 조건에서, 일축스크류 압출기의 토출구 쪽에 장착된 T-다이를 통하여 박막을 형성하고, 고온에서 결정화를 향상시킨 후, 1축 연신하여 다공성 분리막을 제조하였다.
- [0111] 기공의 직경 분포 측정
- [0112] <실험예 1>
- [0113] 전자현미경(SEM)을 이용하여, 실시예 1 내지 4 및 비교예 1 내지 7의 분리막에 형성된 기공의 직경 분포를 관찰하였으며, 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

**표 1**

[0114]	소재	분리막 형성방법	분리막 기공의 직경 분포(nm)
실시예 1	PAN	전기 방사	541
실시예 2	PI	전기 방사	763
실시예 3	아라미드	전기 방사	590
실시예 4	PVdF	전기 방사	626
비교예 1	PAN	용융 방사	2,564
비교예 2	PI	용융 방사	2,171
비교예 3	아라미드	용융 방사	2,023
비교예 4	PVdF	용융 방사	1, 577
비교예 5	PE	용융 방사	1,826
비교예 6	PET	wet-laid	>10,000
비교예 7	PP	건식 연신	23

- [0115] 표 1을 참조하면, 전기 방사를 사용하여 형성된 실시예 1 내지 4는 100 나노미터 내지 1,000 나노미터 이내의 범위, 상세하게는, 541 나노미터 내지 763 나노미터의 직경을 갖는 기공들이 분포되어 있는 반면에, 비교예 1 내지 7은 100 나노미터 미만의 직경을 갖는 기공들이 분포되어 있거나, 1,000 나노미터를 초과하는 직경을 갖는 기공들이 분포되어 있다. 즉, 전기 방사 이외에, 용융 방사, wet-laid, 또는 건식 연신으로 형성된 비교예 1 내지 7은 나노파이버의 형상 조절이 용이하지 않아, 소망하는 범위를 벗어나는 직경을 갖는 기공들이 분포되어 있다.
- [0116] 특히, 용융 방사를 사용하여 형성된 비교예 1 내지 4는 전기 방사를 사용하여 형성된 실시예 1 내지 4와 동일한 소재로 이루어짐에도 불구하고, 소망하는 범위의 직경을 갖는 기공들이 분포된 구조로 형성되지 않았음을 알 수

있다.

[0117] 열 수축률 측정

[0118] <실험예 2>

[0119] 상기 실시예와 비교예에서 제조된 분리막(5 cm×2 cm)을 슬라이드 유리 사이에 끼우고, 양끝을 클립으로 고정하여 설정 온도를 섭씨 150로 유지시킨 오븐에 넣고 30 분 동안 유지한 후, 오븐에서 분리막을 꺼내어 실온에서 냉각시킨 이후에 면적 수축률(%)을 측정하여, 하기 표 2에 나타내었다.

표 2

	소재	분리막 형성방법	면적 수축률(%)
[0120] 실시예 1	PAN	전기 방사	0
실시예 2	PI	전기 방사	0
실시예 3	아라미드	전기 방사	0
실시예 4	PVdF	전기 방사	0
비교예 1	PAN	용융 방사	1
비교예 2	PI	용융 방사	0
비교예 3	아라미드	용융 방사	0
비교예 4	PVdF	용융 방사	1
비교예 5	PE	용융 방사	2
비교예 6	PET	wet-laid	1
비교예 7	PP	건식 연신	29

[0121] 표 1을 참조하면, 종래와 동일한 분리막 소재로서, PE, PET 및 PP를 각각 사용하여 형성된 비교예 5 내지 7은 고내열성의 엔지니어링 플라스틱인 PAN, PI, 및 aramid를 각각 사용하여 형성된 실시예 1 내지 3에 비해, 높은 수축률을 나타내었음을 확인할 수 있다.

[0122] 즉, 전지의 내부 온도가 상승하는 경우, 비교예 5 내지 7과 같이, 종래의 낮은 내열성을 갖는 소재로 형성된 분리막은 높은 수축률로 형상이 변화함으로써, 양극과 음극의 접촉에 의한 내부 단락, 발화 및 폭발을 일으킬 위험성이 있다.

[0123] 반면에, 내열성이 강한 소재로 형성된 실시예 1 내지 3은 분리막의 열 수축이 상대적으로 적으므로, 전지의 안전성을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

[0124] 리튬 이차전지의 제조

[0125] 양극 활물질로 LiCoO<sub>2</sub>를 사용하였고, LiCoO<sub>2</sub> 95 중량%, Super-P(도전제) 2.5 중량% 및 PVDF(결합제) 2.5 중량%를 용제인 NMP(N-methyl-2-pyrrolidone)에 첨가하여 양극 혼합물 슬러리를 제조한 후, 알루미늄 집전체 상에 코팅, 건조 및 프레싱하여 양극을 제조하였다.

[0126] 음극 활물질로 인조흑연을 사용하였고, 인조흑연 95.5 중량%, Super-P(도전제) 2.5 중량% 및 PVDF(결합제) 2 중량%를 용제인 NMP에 첨가하여 음극 혼합물 슬러리를 제조한 후, 구리 집전체 상에 코팅, 건조 및 프레싱하여 음극을 제조하였다.

[0127] 상기 양극, 음극에 실시예 및 비교예에서 제조된 분리막에 개재시키고, 전해액을 주입시켜 리튬 이차전지를 제조하였다. 전해액은 전해액은 EC : DEC : EMC = 4 : 3 : 3(체적비) 혼합용매를 사용하여 LiPF<sub>6</sub> 전해질을 1M의 농도로 용해시켜 제조하였다.

[0128] 수명 특성

[0129] <실험예 3>

[0130] 상기 실시예 및 비교예에 따른 분리막을 이용하여 제조된 이차전지를 3 V ~ 4.35 V 구간에서 1.8 C로 100 사이클 동안 충방전을 실시하고, 초기 방전용량 및 방전효율을 측정하여 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다.

표 3

[0131]

	소재	분리막 형성방법	초기 방전용량 (mah)	CV 구간 도달 SOC (%)	100 사이클 효율 (%)
실시예 1	PAN	전기 방사	650	79	95.5
실시예 2	PI	전기 방사	651	80	95.6
실시예 3	아라미드	전기 방사	650	80	95.1
실시예 4	PVdF	전기 방사	649	81	95.5
비교예 1	PAN	용융 방사	n/a	n/a	n/a
비교예 2	PI	용융 방사	n/a	n/a	n/a
비교예 3	아라미드	용융 방사	n/a	n/a	n/a
비교예 4	PVdF	용융 방사	n/a	n/a	n/a
비교예 5	PE	용융 방사	n/a	n/a	n/a
비교예 6	PET	wet-laid	n/a	n/a	n/a
비교예 7	PP	건식 연신	651	65	91.6

[0132]

표 2를 참조하면, 실시예 1 내지 4와 비교예 7의 초기 방전용량은 유사한 수준이나, 1,000 나노미터 미만의 직경을 갖는 기공이 분포되어 있는 비교예 7은 실시예 1 내지 4에 비해, 충전시 CV 도달 SOC 및 100 사이클 효율 현저히 저하되었음을 확인할 수 있다.

[0133]

한편, 1,000 나노미터를 초과하는 직경을 갖는 기공이 분포되어 있는 비교예 1 내지 6은 이차전지의 활성화 과정에서, 양극과 음극의 접촉에 의한 단락이 발생하였으며, 지나치게 큰 기공의 직경으로 인해 이차전지의 안전성이 오히려 저하되었음을 확인할 수 있다.

[0134]

본 발명이 속한 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기 내용을 바탕으로 본 발명의 범주내에서 다양한 응용 및 변형을 행하는 것이 가능할 것이다.

도면

도면1

