



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0047424
(43) 공개일자 2013년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 2/14 (2006.01) H01M 2/16 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0112440
(22) 출원일자 2011년10월31일
심사청구일자 2011년10월31일

(71) 출원인
전자부품연구원
경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)
(72) 발명자
김기재
서울시 광진구 광장동 청구 APT 101동 1401호
김영준
경기도 용인시 기흥구 용구대로2469번길 20, 죽전
택지개발지구 4호 (보정동, 죽전자이2차)
박민식
경기도 수원시 영통구 영통2동 신나무실 531동
1703호
(74) 대리인
박종한

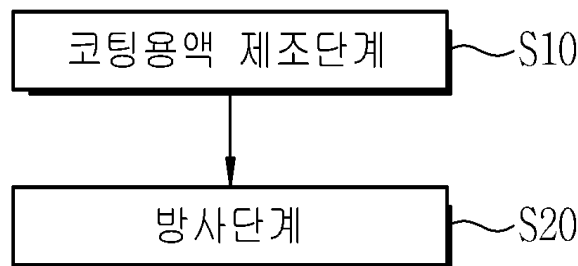
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막 및 그의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막 및 그의 제조 방법에 관한 것으로, 분리막에 포함된 나노 파이버에 세라믹 나노 입자가 임베디드 되어 있어, 리튬 이차 전지용 분리막의 기계적 강도 및 전해액 흡수성(Wettability)을 향상시키기 위한 것이다. 본 발명에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막은 나노 파이버 및, 나노 파이버에 임베디드된 세라믹 나노 입자를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10035379

부처명 지식경제부

연구사업명 지식경제기술혁신사업 [전자정보디바이스산업원천기술개발사업(반도체)]

연구과제명 모바일 IT용 Rollable 소형 이차전지 기술

주관기관 삼성전자

연구기간 2010.03.01 ~ 2015.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

나노 파이버; 및,

상기 나노 파이버에 임베디드된 세라믹 나노 입자;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 나노 파이버는,

PVDF-HFP(Poly vinylidene fluoride-hexa fluoro propylene), PVA(Poly vinyl alcohol), PAI(Poly amide imide), PFA(Perfluoro alkyl), PTFE(Poly tetra fluoro ethylene), PVDF(Poly vinylidene fluoride), PVF(Poly vinyl fluoride), PEO(Poly ethylene Oxide), PAA(Poly acrylic acid), PU(Poly urethane), PCL(Poly capro lactone), PE(Poly ethylene), PP(Poly propylene), PB(Poly butene), CMC(Carboxy methyl cellulose) 및 PMP(Poly methyl pentene)로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택되는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 세라믹 나노 입자는,

산화규소, 산화납, 산화비스무스, 산화실리콘, 산화실리콘칼슘, 산화아연, 산화알루미늄, 산화지르코늄, 산화철, 산화티탄, 산화티탄납 및 산화티탄바륨으로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택되는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막.

청구항 4

고분자 및 세라믹 나노 입자를 유기용매에 녹여 코팅용액을 제조하는 코팅용액 제조 단계; 및,

상기 코팅용액을 스피닝(spinning)하여, 상기 고분자를 나노 파이버 형태로 변형하고, 상기 나노 파이버에 상기 세라믹 나노 입자가 임베디드된 분리막을 제조하는 방사단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 유기용매는,

DMF(Dimethylformamide) 60 내지 80 중량%와 아세톤 20 내지 40 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 고분자는,

PVDF-HFP(Poly vinylidene fluoride-hexa fluoro propylene), PVA(Poly vinyl alcohol), PAI(Poly amide imide), PFA(Perfluoro alkyl), PTFE(Poly tetra fluoro ethylene), PVDF(Poly vinylidene fluoride), PVF(Poly vinyl fluoride), PEO(Poly ethylene Oxide), PAA(Poly acrylic acid), PU(Poly urethane), PCL(Poly capro lactone), PE(Poly ethylene), PP(Poly propylene), PB(Poly butene), CMC(Carboxy methyl cellulose) 및 PMP(Poly methyl pentene)로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택되며,

상기 세라믹 나노 입자는,

산화규소, 산화납, 산화비스무스, 산화실리콘, 산화실리콘칼슘, 산화아연, 산화알루미늄, 산화지르코늄, 산화철, 산화티탄, 산화티탄납 및 산화티탄바륨으로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택되는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 코팅용액 제조 단계는,

상기 고분자 12 내지 20 중량%, 상기 세라믹 나노 입자 1 내지 7 중량% 및 상기 유기용매 75 내지 85 중량%를 이용하여 코팅용액을 제조하는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차전지용 분리막의 제조 방법.

청구항 8

제4항에 있어서, 상기 방사단계는,

상기 코팅용액을 전기 방사법에 의해 스피닝(spinning)하는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막 및 그의 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 세라믹 나노 입자를, 부직포 형태의 분리막에 포함되는 나노 파이버에 임베디드하여, 부직포 형태의 분리막의 기계적 강도 및 전해액 흡수성을 향상시킴으로써 분리막의 성능을 향상시키는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 정보 통신 산업의 발전에 따라 전자 기기가 소형화, 경량화, 박형화 및 휴대화됨에 따라, 이러한 전자 기기의 전원으로 사용되는 전지의 고에너지 밀도화에 대한 요구가 높아지고 있다. 리튬 이차 전지는 이러한 요구를 가장 잘 충족시킬 수 있는 전지로서, 현재 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 리튬 이차 전지는 양극, 음극 및 양극과 음극 사이에 개재된 분리막으로 이루어진 전극 구조체에 리튬염 및 유기용매를 포함하는 비수 전해액을 주입하여 제조하는데, 리튬 이온이 양극 및 음극에서 삽입, 탈리될 때의 산화환원 반응에 의해 전기 에너지를 생성하는 이차 전지이다.

[0004] 이러한 리튬 이차 전지는 수용액으로 전해액을 사용하는 Ni-MH 전지, Ni-Cd 전지, 황산-납 전지 등의 재래식 전지에 비해 작동 전압이 높고 에너지 밀도가 월등히 높다는 등의 장점으로 인해 현재 각광을 받고 있다.

[0005] 리튬 이차 전지의 구성 요소 중에서 가장 중요한 역할을 수행한다고 볼 수 있는 분리막은 양극과 음극의 물리적 접촉에 의한 전기적 쇼트를 방지함으로써 전지의 안전도를 책임지는 역할을 하며, 열적 안정성, 화학적 안정성 및 기계적 강도 등이 우수해야 한다. 현재 상용되는 폴리올레핀 분리막의 경우, 화학적 안정성 및 기계적 강도가 우수하기 때문에 리튬 이차 전지용 분리막으로 가장 많이 사용되고 있다. 하지만 전해액과의 친화성이 좋지 않으며 열적 안정성이 떨어지는 단점을 지니고 있기 때문에 고출력 및 고 안전성을 요구하는 응용 분야에 적용하기 위해서 많은 개선이 필요하다.

[0006] 이를 해결하기 위한 일환으로 부직포 형태의 분리막 개발을 위한 연구가 활발히 수행되고 있으며, 이중 나노 방사를 이용한 제조 방법이 가장 각광받고 있다. 부직포 형태의 분리막에 사용되는 고분자 소재는 폴리올레핀 계열의 분리막 소재보다 열적 안정성이 우수한 장점을 지니고 있으나, 구조적인 문제로 인하여 기계적 강도가 떨어지는 큰 단점을 지니고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명의 목적은 나노 파이버에 임베디드된 세라믹 나노 입자를 포함하고 있어, 부직포 형태의 분리막의 기계적 강도 및 전해액 흡수성을 향상시키는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막 및 그의 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 나노 파이버 및, 상기 나노 파이버에 임베디드된 세라믹 나노 입자를

포함하는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막을 제공한다.

- [0009] 본 발명에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막에 있어서, 상기 나노 파이버는, PVDF-HFP(Poly vinylidene fluoride-hexa fluoro propylene), PVA(Poly vinyl alcohol), PAI(Poly amide imide), PFA(Perfluoro alkyl), PTFE(Poly tetra fluoro ethlene), PVDF(Poly vinylidene fluoride), PVF(Poly vinyl fluoride), PEO(Poly ethylene Oxide), PAA(Poly acrylic acid), PU(Poly urethane), PCL(Poly capro lactone), PE(Poly ethylene), PP(Poly propylene), PB(Poly butene), CMC(Carboxy methyl cellulose) 및 PMP(Poly methyl pentene)로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택될 수 있다.
- [0010] 본 발명에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막에 있어서, 상기 세라믹 나노 입자는, 산화규소, 산화납, 산화비스무스, 산화실리콘, 산화실리콘칼슘, 산화아연, 산화알루미늄, 산화지르코늄, 산화철, 산화티탄, 산화티탄납 및 산화티탄바륨으로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택될 수 있다.
- [0011] 본 발명은 또한, 고분자 및 세라믹 나노 입자를 유기용매에 녹여 코팅용액을 제조하는 단계 및, 상기 코팅용액을 스피닝(spinning)하여, 상기 고분자를 나노 파이버 형태로 변형하고, 상기 나노 파이버에 상기 세라믹 나노 입자가 임베디드된 분리막을 제조하는 방사단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법을 제공한다.
- [0012] 본 발명에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법에 있어서, 상기 유기용매는, 지방족 유기용매, 방향족 유기용매, 에테르류, 케톤류, 알데히드류 및 에스테르류 및 이들의 혼합물 중에 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0013] 그리고 본 발명에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법에 있어서, 상기 유기용매는, DMF(Dimethylformamide) 60 내지 80 중량%와 아세톤 20 내지 40 중량%를 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법에 있어서, 상기 고분자는, PVDF-HFP(Poly vinylidene fluoride-hexa fluoro propylene), PVA(Poly vinyl alcohol), PAI(Poly amide imide), PFA(Perfluoro alkyl), PTFE(Poly tetra fluoro ethlene), PVDF(Poly vinylidene fluoride), PVF(Poly vinyl fluoride), PEO(Poly ethylene Oxide), PAA(Poly acrylic acid), PU(Poly urethane), PCL(Poly capro lactone), PE(Poly ethylene), PP(Poly propylene), PB(Poly butene), CMC(Carboxy methyl cellulose) 및 PMP(Poly methyl pentene)로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택되며, 상기 세라믹 나노 입자는, 산화규소, 산화납, 산화비스무스, 산화실리콘, 산화실리콘칼슘, 산화아연, 산화알루미늄, 산화지르코늄, 산화철, 산화티탄, 산화티탄납 및 산화티탄바륨으로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택될 수 있다.
- [0015] 본 발명에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법에 있어서, 상기 코팅용액 제조 단계는, 상기 고분자 12 내지 20 중량%, 상기 세라믹 나노 입자 1 내지 7 중량% 및 상기 유기용매 75 내지 85 중량%를 이용하여 코팅용액을 제조하는 것일 수 있다.
- [0016] 그리고 본 발명에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법에 있어서, 상기 방사단계는, 상기 코팅용액을 전기 방사법에 의해 스피닝(spinning)하는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명에 따르면, 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막은, 분리막에 포함된 나노 파이버에 세라믹 나노 입자가 임베디드 되어 있어, 분리막의 기계적 강도 및 전해액 흡수성(Wettability)을 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법에 따른 흐름도이다.
- 도 2는 비교예에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 미세구조를 나타낸 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 미세구조를 나타낸 사진이다.
- 도 4는 비교예에 따른 PVDF-HFP 나노 파이버를 포함하는 부직포 형태의 분리막 및 본 발명의 실시예에 따른 PVDF-HFP 나노 파이버에 ZrO₂ 나노 입자가 임베디드된 부직포 형태의 분리막의 인장 강도 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 5는 비교예에 따른 PVDF-HFP 나노 파이버를 포함하는 부직포 형태의 분리막 및 본 발명의 실시예에 따른

PVDF-HFP 나노 파이버에 ZrO₂ 나노 입자가 임베디드된 부직포 형태의 분리막의 전해액 흡수성 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

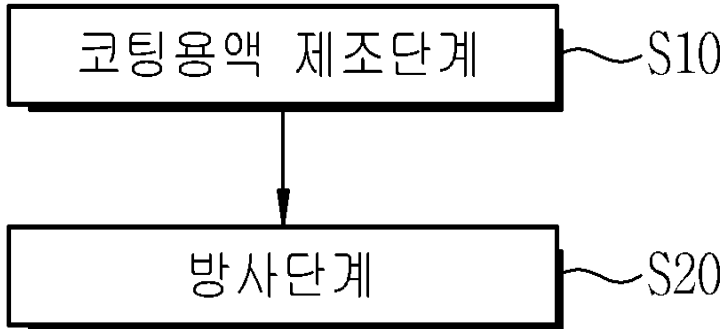
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 하기의 설명에서는 본 발명의 실시예에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분만이 설명되며, 그 이외 부분의 설명은 본 발명의 요지를 흐리지 않도록 생략될 것이라는 것을 유의하여야 한다.
- [0020] 또한 이하에서 설명되는 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념으로 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 하나의 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0021] 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막은 나노 파이버가 엉켜 있는 구조로 되어 있어 공극율(porosity)이 높은 장점을 지니고 있으나, 상용되는 리튬 이차 전지용 분리막으로 사용하기에는 기계적 강도가 매우 낮은 단점이 있다.
- [0022] 따라서 종래기술인 부직포 형태의 분리막의 기계적 강도를 향상시키기 위한 방안으로 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막을 구성하는 나노 파이버에 세라믹 나노 입자를 임베디드 시키는 연구를 수행하였다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 부직포 형태의 이차 전지용 분리막은 나노 파이버 및, 나노 파이버에 임베디드된 세라믹 나노 입자를 포함한다.
- [0024] 여기서 나노 파이버는 PVDF-HFP(Poly vinylidene fluoride-hexa fluoro propylene), PVA(Poly vinyl alcohol), PAI(Poly amide imide), PFA(Perfluoro alkyl), PTFE(Poly tetra fluoro ethlene), PVDF(Poly vinylidene fluoride), PVF(Poly vinyl fluoride), PEO(Poly ethylene Oxide), PAA(Poly acrylic acid), PU(Poly urethane), PCL(Poly capro lactone), PE(Poly ethylene), PP(Poly propylene), PB(Poly butene), CMC(Carboxy methyl cellulose) 및 PMP(Poly methyl pentene)로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택될 수 있으나 이에만 한정하는 것은 아니다.
- [0025] 그리고, 여기서 세라믹 나노 입자는 산화규소, 산화납, 산화비스무스, 산화실리콘, 산화실리콘칼슘, 산화아연, 산화알루미늄, 산화지르코늄, 산화철, 산화티탄, 산화티탄납 및 산화티탄바륨으로 이루어진 군에서 적어도 하나 이상 선택되는 것일 수 있으나 이에만 한정하는 것은 아니다.
- [0026] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 제조 방법에 따른 흐름도이다.
- [0028] S10단계에서 고분자 및 세라믹 나노 입자를 유기용매에 녹여 코팅용액을 제조하는 단계를 수행한다.
- [0029] 여기서 유기용매는 예컨대 디클로로메탄(dichloromethane), 1,2-디클로로에탄(1,2-dichloroethane), 클로로폼(chloroform), 벤젠(benzene), 톨루엔(toluene), 사염화탄소(carbon tetrachloride), 크실렌(xylene), 테트라하이드로푸란(tetrahydrofuran), 헥산(hexane), 헵타인(heptane), 옥테인(octane)을 포함하는 지방족 유기용매, 방향족 유기용매, 에테르류, 케톤류, 알데히드류 및 에스테르류 및 이들의 혼합물 중에 적어도 하나 이상을 포함할 수 있고, 바람직하게는 DMF(Dimethylformamide) 60 내지 80중량%와 아세톤 20 내지 40중량%를 포함할 수 있으나 이에만 한정하는 것은 아니다.
- [0030] 여기서 코팅용액은 고분자 12 내지 20 중량%, 세라믹 나노 입자 1 내지 7 중량% 및 유기용매 75 내지 85 중량%를 이용하여 제조할 수 있고, 바람직하게는 고분자 14 내지 18 중량%, 세라믹 나노 입자 2 내지 6 중량% 및 유기용매 77 내지 83 중량%를 이용하여 제조할 수 있으나 이에만 한정하는 것은 아니다.
- [0031] 이어서 S20단계에서 코팅용액을 스피닝(spinning)하여, 고분자를 나노 파이버 형태로 변형하고, 나노 파이버에 세라믹 나노 입자가 임베디드된 분리막을 제조하는 방사단계를 수행한다.
- [0032] 이때 방사단계는 코팅용액을 전기 방사법에 의해 스피닝(spinning)하는 것일 수 있으나 이에만 한정하는 것은 아니다.

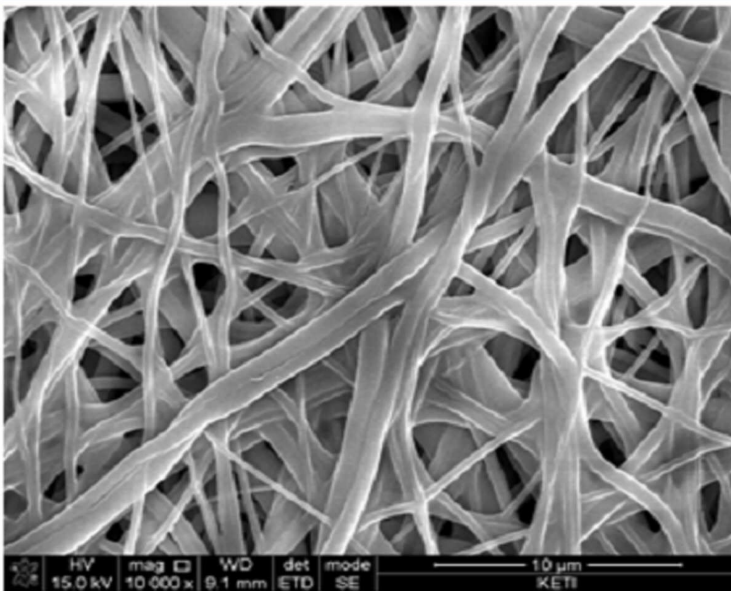
- [0033] 여기서 전기 방사법(Electro spinning)은 정전기력에 의해 낮은 점도 상태의 고분자를 사용하여 나노에서 마이크로 크기의 섬유를 생산할 수 있는 공정기술이다. 이하 전기 방사법에 대해 자세히 기술하면, 전기 방사된 섬유 매트(mat)는 높은 비 표면적, 높은 종횡비, 그리고 섬유의 무질서한 직조로 다공성 등의 다양한 특성들이 있다. 그리고 광 전자학, 센서기술, 촉매, 정제, 의학 같은 다양한 잠재된 응용분야를 가진다. 전형적인 전기 방사 제작과정은 고분자용액을 매우 얇은 노즐을 통해 공급되며 동시에 노즐에 10 ~ 50 kV의 고전압이 가해지면서 10 ~ 25cm의 거리로 떨어져 있는 집결판으로 섬유들이 방사된다. 전압의 영향으로 노즐에서 나오는 용액은 원뿔 형태로 방사가 진행되며, 더 높은 전압이 걸리면 이보다 더 얇고 가늘게 나오게 된다. 섬유형태는 고분자의 특성(분자량, 분자구조, 유리전이 온도 및 용해도 등)과 용매의 특성(점성, 탄성, 농도, 표면 장력 및 전도성 등)에 의해 좌우되며 주변 압력이나 습도에도 많이 좌우된다. 이런 변수들을 잘 조절하게 되면 수 나노미터보다 작은 직경의 섬유를 작은 방울로 분해되어 분사되지 않고, 안정적으로 만들어질 수 있다. 전기 방사법에 있어서 최적의 조건은 방사전압 7 ~ 10kV, 방사거리 7 ~ 10cm, 방사속도 0.5 ~ 1.5ml/hr를 갖는 것이 바람직하나, 이에만 한정하는 것은 아니다.
- [0034] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따라 제조된 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 효과를 비교예인 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막과 비교하여 설명하기로 한다.
- [0035] 먼저 본 발명의 실시예에 따라 고분자로서 PVDF-HFP 공중합체 9.6g 및 ZrO₂ 나노 세라믹 파우더 2.4g을, DMF와 Acetone을 7:3의 중량비로 제조한 용매 48g에 녹여 코팅용액 60g을 제조한 후, 전기 방사(Electro Spinning)장비를 이용하여 세라믹 나노 입자가 나노 파이버에 임베디드된 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막을 제조하였고, 비교예로서 나노 세라믹 파우더가 첨가되지 않은 PVDF-HFP 공중합체 12g을 DMF와 Acetone을 7:3의 중량비로 제조한 용매 48g에 녹여 코팅용액 60g을 제조한 후, 전기 방사(Electro Spinning)장비를 이용하여 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막을 제조하였다.
- [0036] 도 2는 비교예에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 미세구조를 나타낸 사진이다. 그리고 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 부직포 형태의 리튬 이차 전지용 분리막의 미세구조를 나타낸 사진이다.
- [0037] 본 발명의 실시예에 따르면, 도 3에서 볼 수 있는 바와 같이 나노 파이버에 세라믹 나노 입자가 임베디드된 것을 확인할 수 있다.
- [0038] 전술한 바와 같이 제조된 비교예 및 실시예에 따른 리튬 이차 전지용 분리막에 대해서 인장 강도와 전해액 흡수성 테스트를 수행하였다.
- [0039] 도 4는 비교예에 따른 PVDF-HFP 나노 파이버를 포함하는 부직포 형태의 분리막 및 본 발명의 실시예에 따른 PVDF-HFP 나노 파이버에 ZrO₂ 나노 입자가 임베디드된 부직포 형태의 분리막의 인장 강도 측정 결과를 나타낸 그래프이고, 도 5는 비교예에 따른 PVDF-HFP 나노 파이버를 포함하는 부직포 형태의 분리막 및 본 발명의 실시예에 따른 PVDF-HFP 나노 파이버에 ZrO₂ 나노 입자가 임베디드된 부직포 형태의 분리막의 전해액 흡수성 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0040] 우선 인장 강도 테스트 결과를 보면, 본 발명의 실시예에 따른 부직포 형태의 분리막의 경우 11 N/mm²값이 나왔고, 비교예에 따라 세라믹 나노 입자가 포함되지 않은 부직포 형태의 분리막은 5 N/mm²값이 나왔다. 이를 통해 세라믹 나노 입자가 임베디드된 나노 파이버를 포함하는 부직포 형태의 분리막의 인장 강도가 높다는 것을 알 수 있다. 이는 세라믹 나노 입자가 나노 파이버에 임베디드되어 분리막의 기계적 보강제 역할을 하였음을 나타낸다.
- [0041] 또한 전해액 흡수성 테스트 결과를 보면, 본 발명의 실시예에 따른 부직포 형태의 분리막의 경우 140% 이상으로 측정되었고, 비교예에 따른 세라믹 나노 입자가 포함되지 않은 부직포 형태의 분리막은 110% 정도로 측정되었다. 이를 통해 세라믹 나노 입자가 임베디드된 나노 파이버를 포함하는 부직포 형태의 분리막의 전해액 흡수성이 높다는 것을 알 수 있다. 이는 나노 파이버에 임베디드된 세라믹 나노 입자가 친수성을 지녀 분리막의 전해액과의 친화성이 향상되었음을 나타낸다.
- [0042] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

도면

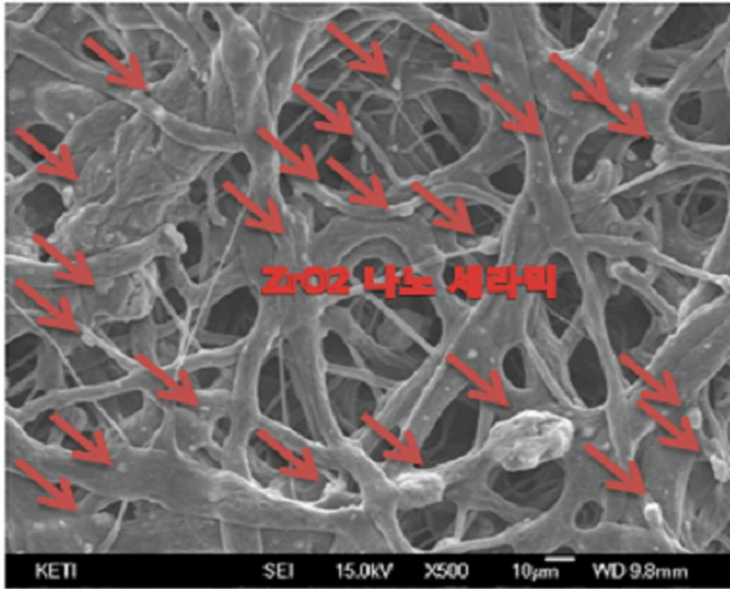
도면1



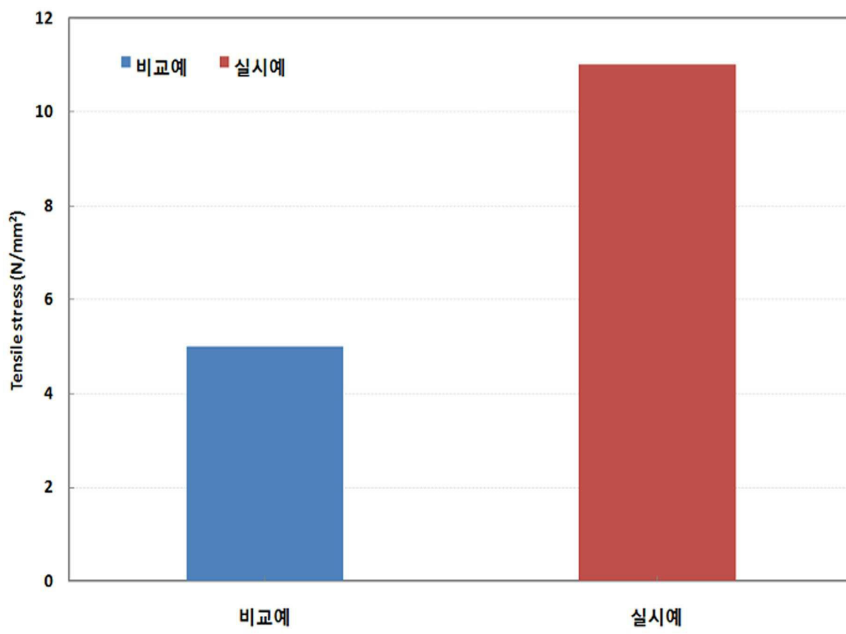
도면2



도면3



도면4



도면5

