



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월19일  
(11) 등록번호 10-1503807  
(24) 등록일자 2015년03월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01G 11/84 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2013-0130137

(22) 출원일자 2013년10월30일

심사청구일자 2013년10월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120035131 A\*

JP2010161249 A\*

KR1020100002107 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

(주) 퓨리캡

충청북도 청원군 남이면 남석로 151-35 ( )

(72) 발명자

김한주

충북 청주시 흥덕구 대농로 17, 102동 3404호 (복대동, 신영지웰시티1차아파트)

육영재

충북 청주시 상당구 울봉로 31, 101동 1202호 (사천동, 동아아파트)

홍경미

충북 청주시 흥덕구 내수동로12번길 5, 나동 102동 (복대동, 현대아파트)

(74) 대리인

정상섭

전체 청구항 수 : 총 3 항

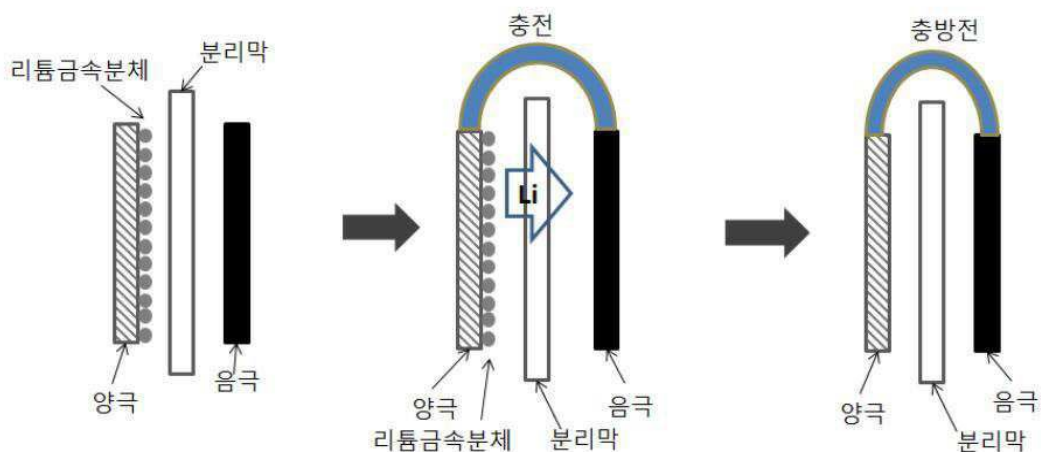
심사관 : 김상철

(54) 발명의 명칭 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법

(57) 요약

본 발명은 양극 활물질을 포함하는 양극; 음극 활물질을 포함하는 음극; 및 이들 사이에 채워지는 전해질;을 포함하는 리튬이온 커패시터에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 상기 리튬이온 커패시터는 리튬 금속 분체를 도포한 양극 활물질을 포함하는 양극제조 단계와, 상기 리튬 금속 분체가 도포된 양극 활물질을 포함하는 양극과 음극을 순차적으로 적층하여 셀을 이루되, 상기 양극과 음극 사이에 전해질을 지그재그 방식으로 적층하여 셀을 이루고, 상기 셀에 리튬계 전해액을 주입하여 진공함침 과정을 거쳐 조립된 커패시터 셀을 제조하는 단계와, 상기 조립된 커패시터 셀의 양극과 음극을 도선으로 연결하여 정전류로 4.0V까지 충전함으로써, 리튬 금속 분체를 이온화하여 음극 전극 표면에 흡착시키는 단계를 거쳐 이루어지는 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

양극 활물질을 포함하는 양극; 음극 활물질을 포함하는 음극; 및 이들 사이에 채워지는 전해질;을 포함하는 리튬이온 커패시터로서,

상기 리튬이온 커패시터는,

리튬 금속 분체를 물리적으로 흡착시켜 양극을 제조하는 단계와,

상기 리튬 금속 분체를 도포한 양극과 음극을 순차적으로 적층하여 셀을 이루되, 상기 양극과 음극 사이에 전해질을 지그재그 방식으로 적층하여 셀을 이루고, 상기 셀에 리튬계 전해액을 주입하여 진공함침 과정을 거쳐 커패시터 셀을 제조하는 단계와,

상기 커패시터 셀의 양극과 음극을 도선으로 연결하여 정전류로 4.0V까지 충전함으로써, 리튬 금속 분체를 이온화하여 음극 전극 표면에 흡착시키는 단계를 거쳐 이루어지는 것에 있어서,

상기 양극은 전극활물질 70~90wt%, 도전재 10~20wt%, 바인더 5~10wt%의 혼합으로 슬러리를 제조하되,

혼합기를 이용하여 180rpm으로 5~15분 동안 믹싱(mixing) 후 공기팽창에 의한 압력을 제거해주고, 180rpm으로 단순 혼합인 공전혼합을 30분~1시간30분 동안 수행 후, 내부 기포 제거를 위한 자전 혼합을 5~15분 동안 행하여 슬러리를 제조하고,

상기 슬러리를 롤 프레스(Roll press)를 이용하여 100~300 $\mu$ m 두께의 시트 타입(sheet type)으로 제작하여 메쉬 집전체에 도포하여 코팅 건조함으로써 전극을 이루고,

상기 전극에 리튬 금속 분체를 5~10 $\mu$ m 두께로 도포 후, 롤 프레스(Roll press)를 이용하여 물리적으로 흡착시킴으로써 제조되는 것임을 특징으로 하는 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

청구항 1에 있어서,

음극은 전극활물질, 도전재, 바인더, 전해액으로 구성되는 것으로서,

교반기를 이용하여 용매에 바인더를 녹이고, 여기에 전극활물질과 도전재를 건조 믹싱한 것을 섞어준 후, 전해액을 넣고 60~70 $^{\circ}$ C에서 가열하면서 15~20시간 동안 믹싱(Mixing)하여 슬러리를 제조하고,

이와 같이 제조된 슬러리를 구리 박 위에 코팅하고, 진공 상태의 건조기에서 50~70 $^{\circ}$ C의 온도에서 20~30시간 동안 건조하여 제조하는 것임을 특징으로 하는 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법.

**청구항 4**

청구항 1에 있어서,

리튬 금속 분체의 물리적 흡착은 0.1~50 $\mu$ m의 입자의 크기를 갖는 리튬 금속 분체를 전극에 도포한 후, 롤 프레스(Roll press)를 이용하여 200~400kg $_f$ /cm의 선압으로 리튬 금속 분체에 힘을 가하여 이루어지는 것임을 특징으로 하는 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 양극, 음극 및 전해질을 포함하는 리튬이온커패시터의 제조방법에 관한 것으로서, 종래 리튬이온 커패시터의 문제점인 리튬 소스 부족현상을 해소하기 위하여, 양극에 리튬 금속 분체를 물리적으로 흡착시킴으로써, 용량 및 성능의 안정성을 향상시킬 수 있도록 하는 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 리튬이온커패시터는 하나의 셀에 충·방전 원리가 상이한 전극 소재를 양극과 음극에 사용하는 비대칭 커패시터로, 전기이중층 커패시터의 활성탄계 양극 소재와 리튬이온 이차전지의 리튬 도핑된 복합 흑연계 음극 전극 소재를 조합한 구조를 갖는다.

[0003] 상기 리튬이온커패시터의 기술은 기존의 전기이중층 커패시터의 낮은 에너지밀도 한계를 뛰어넘는 기술로서, 리튬이온 이차전지와 전기이중층 커패시터의 장점을 동시에 가지는 에너지 저장기술로서 고에너지, 고효율 및 환경 친화적인 특성이 있다.

[0004] 신 재생에너지 분야인 태양광, 풍력발전, UPS 등에 적용 가능하며, 신뢰성과 안전성 측면에서 열 폭주 현상이 없고 과충전 및 과방전에 강하여 최근 폭발사고가 잦은 리튬이온 이차전지에 비하여 그 기능이 매우 뛰어나 시장 잠재력이 매우 크다.

[0005] 이와 같은 장점에도 리튬이온 이차전지는 리튬이온 이차전지와 달리 리튬 공급원이 없기 때문에 음극에 리튬 이온을 도핑 시키는 공정을 필요로 한다.

[0006] 종래의 대표적인 리튬 도핑 공정은 전해액이 채워지는 도핑 베스를 준비하고, 상기 도핑 베스 내에 상기 전극 구조체 및 상기 전극 구조체에 대향되도록 배치된 리튬 함유 도핑판을 배치한다. 그리고, 양극과 음극에 전압을 인가하는 충전 공정과 양극과 리튬 금속판에 전압을 인가하는 방전 공정을 반복 수행하여, 상기 도핑판 내 리튬 이온을 상기 음극에 도핑 시킨다.

[0007] 그러나 이와 같은 리튬 도핑 공정은 리튬 금속판을 전부 소진할 수 없기 때문에 제조법을 통해 리튬금속판을 제거하여야 하며, 이로 인한 금전적 손실뿐만 아니라 조립 공정의 번거로움으로 인해 대량 생산이 불가하다는 문제가 있었다.

[0008] 따라서 이러한 리튬 도핑 공정을 개선하여, 보다 안정적인 리튬이온 커패시터 제조하고 이를 통해 용량 및 수명 성능을 향상시키도록 하는 연구가 이루어지고 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-1113423(등록일자 2012.01.31)
- (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 10-1179629(등록일자 2012.08.29)
- (특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 10-1199015(등록일자 2012.11.01)
- (특허문헌 0004) 대한민국 등록특허 10-1157500(등록일자 2012.06.12)
- (특허문헌 0005) 대한민국 등록특허 10-1128654(등록일자 2012.03.13)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0010] 상기의 문제를 해결하기 위하여, 본 발명은 리튬 금속 분체를 물리적으로 양극에 흡착시키고, 이와 같이 리튬 금속 분체를 흡착시킨 양극과 음극에 전압을 인가하여 리튬이온을 음극에 도핑함으로써 용량 및 수명 특성을 종래보다 향상시킬 수 있는 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온 커패시터 제조방법을 제공하고자 하는 것을 발명의 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 리튬 금속 분체를 물리적으로 흡착시켜 양극을 제조하는 단계와,  
 [0012] 상기 리튬 금속 분체를 도포한 양극과 음극을 순차적으로 적층하여 셀을 이루되, 상기 양극과 음극 사이에 전해질을 지그재그 방식으로 적층하여 셀을 이루고, 상기 셀에 리튬계 전해액을 주입하여 진공함침 과정을 거쳐 커패시터 셀을 제조하는 단계와,  
 [0013] 상기 커패시터 셀의 양극과 음극을 도선으로 연결하여 정전류로 4.0V까지 충전함으로써, 리튬 금속 분체를 이온화하여 음극 전극 표면에 흡착시키는 단계를 거쳐 이루어지는 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법을 제공한다.

**발명의 효과**

[0014] 상기한 바와 같이, 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온 도핑과정으로 조립된 리튬 이온 커패시터는 리튬이온 커패시터의 리튬 소스 부족 현상을 해소하여 종전보다 용량을 향상시키고 성능 안정성을 개선할 수 있으며, 기존의 리튬 이온 커패시터의 리튬이온 도핑과정에서 잔류된 리튬 금속을 제거하기 위해 재조립을 해야 하는 번거로움을 해소하여 대용량 적층 리튬 이온 커패시터 제작 공정의 간편화를 가져 올 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0015] 도 1은 종래 리튬이온 도핑방법을 도시한 모식도.  
 도 2는 본 발명에 따른 리튬이온 도핑방법을 도시한 모식도.  
 도 3은 본 발명에 따른 지그재그 적층 방법을 도시한 모식도.  
 도 4는 본 발명에 따른 리튬이온 도핑 방법을 통한 리튬이온 커패시터 성능 강화 전·후의 방전용량을 보인 그래프.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0016] 이하, 상기의 기술 구성에 대한 구체적인 내용을 도면과 함께 살펴보고자 한다.  
 [0017] 상기한 바와 같이, 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법은  
 [0018] 리튬 금속 분체를 물리적으로 흡착시켜 양극을 제조하는 단계와,  
 [0019] 상기 리튬 금속 분체를 도포한 양극과 음극을 순차적으로 적층하여 셀을 이루되, 상기 양극과 음극 사이에 전해질을 지그재그 방식으로 적층하여 셀을 이루고, 상기 셀에 리튬계 전해액을 주입하여 진공함침 과정을 거쳐 커패시터 셀을 제조하는 단계와,  
 [0020] 상기 커패시터 셀의 양극과 음극을 도선으로 연결하여 정전류로 4.0V까지 충전함으로써, 리튬 금속 분체를 이온화하여 음극 전극 표면에 흡착시키는 단계를 거쳐 이루어진다.

- [0021] 상기 양극은 전극활물질 70~90wt%, 도전재 10~20wt%, 바인더 5~10wt%의 혼합으로 슬러리를 제조하되,
- [0022] 혼합기를 이용하여 180rpm으로 5~15분 동안 믹싱(mixing) 후 공기팽창에 의한 압력을 제거해주고, 180rpm으로 단순 혼합인 공전혼합을 30분~1시간30분 동안 수행 후, 내부 기포 제거를 위한 자전 혼합을 5~15분 동안 행하여 슬러리를 제조하고,
- [0023] 상기 슬러리를 롤 프레스(Roll press)를 이용하여 100~300 $\mu$ m 두께의 시트 타입(sheet type)으로 제작하여 메쉬 집전체에 도포하여 코팅 건조함으로써 전극을 이루고,
- [0024] 상기 전극에 리튬 금속 분체를 5~10 $\mu$ m 두께로 도포 후, 롤 프레스(Roll press)를 이용하여 물리적으로 흡착시킴으로써 제조되는 것을 사용한다.
  
- [0025] 상기 전극활물질은 활성탄, 활성탄소섬유, 탄소나노튜브, 탄소 에어로겔 또는 흑연분말 중 선택되는 어느 1종 이상인 것을 사용하며, 그 사용량이 70wt% 미만인 경우에는 용량 구현에 제대로 이루어지지 않는 문제가 있고, 90wt%를 초과하게 되는 경우에는 전극 제조 공정에서 전극 표면 상태가 안정화되지 않으므로, 상기 전극활물질의 사용량은 70~90wt%의 범위 내로 한정하는 것이 바람직하다.
  
- [0026] 상기 도전재는 카본블랙(Carbon black), 하드카본(Hard carbon), 소프트카본(Soft carbon), 흑연(Graphite), 탄소나노튜브(Carbon nano tube) 중 선택되는 어느 1종 또는 2종 이상이 혼합된 것을 사용한다.
- [0027] 이때 상기 도전재의 사용량이 10wt% 미만인 경우에는 도전성의 뚜렷한 증가가 없고, 20wt%를 초과하게 되는 경우에는 전극제조 과정에서 전극 반죽이 되지 않거나 바인더 함량이 추가로 많이 첨가되어 전극저항의 증가를 가져올 수 있으므로 상기 도전재의 사용량은 10~20wt%의 범위 내로 한정하는 것이 바람직하다.
  
- [0028] 상기 바인더는 카르복시메틸셀룰로오스(CMC), 스틸렌부타디엔고무(SBR), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 중 선택되는 어느 1종 또는 2종 이상의 것을 사용한다.
  
- [0029] 그리고, 상기 전극활물질, 도전재 및 바인더는 교반기를 이용하여 공전혼합과 자전혼합을 통해 슬러리를 제조하게 되는데, 이는 공전혼합과 자전혼합을 병행하지 않을 경우 도전재의 분산이 어렵기 때문이다. 따라서, 본 발명에서는 상기와 같이 제시된 방법에 따라 공전혼합과 자전혼합을 병행하여 전극활물질, 도전재 및 바인더를 혼합하여야 한다.
  
- [0030] 상기 혼합과정을 거쳐 제조된 슬러리는 시트 타입(sheet type)으로 제작하여 메쉬 집전체에 도포하여 코팅 건조함으로써 전극을 이루게 된다. 이때 음극과의 셀 밸런싱을 맞추기 위해 300 $\mu$ m의 두께를 유지하며, 양극 두께가 얇은 경우(100 $\mu$ m 미만)에는 양극 전극물질의 용량을 다 구현하지 못하고, 상대적으로 음극에 과한 전류가 가해지면서 극판 손상을 가져올 수 있다. 그리고 양극 두께가 300 $\mu$ m를 초과하게 되는 경우에는 전극 제작과정이 어렵고 전극 극판이 불안정하여 극판 프레스 시, 전극 물질이 탈리되는 것을 보이기 때문에, 상기 슬러리는 100~300 $\mu$ m 두께를 유지하되, 더욱 바람직하게는 300 $\mu$ m의 두께를 유지하도록 한다.
  
- [0031] 그리고 상기 전극에 리튬 금속 분체를 물리적으로 흡착시키는 과정을 통해 양극 전극이 완성된다. 구체적인 예로서 상기 전극은 50×50mm<sup>2</sup>의 크기로 제작한다.
- [0032] 상기 물리적 흡착과정은 0.1~50 $\mu$ m의 입자의 크기를 갖는 리튬 금속 분체를 양극에 5~10 $\mu$ m의 두께로 도포 후, 롤 프레스(Roll press)를 이용하여 선압으로 200~400kg<sub>r</sub>/cm의 압력을 가하여 물리적으로 흡착시킴으로써 이루어진다.
- [0033] 상기 리튬 금속 분체의 입자크기는 리튬 금속의 이온화에 영향을 미치는 것으로서, 입자의 크기가 0.1 $\mu$ m 미만인

경우에는 고가이고 미세 분체를 다루는데 작업이 어려워져 생산화 단계에서 문제가 될수 있으며 가압과정 후에 서로 응집되면서 오히려 큰 사이즈의 분체보다 공극이 적어서 반응 면적이 작아지고 이에 따라 리튬 금속의 이온화가 낮아지는 문제가 있고, 입자의 크기가 50 $\mu$ m를 초과하게 되는 경우에는 입자 사이즈가 너무 커서 반응 면적이 작아져서 리튬 금속의 이온화가 낮게 나타나는 문제가 있으므로, 상기 리튬 금속 분체 입자의 크기는 0.1~50 $\mu$ m의 범위 내로 한정하는 것이 바람직하다.

- [0034] 그리고 상기 리튬 금속 분체의 도포 두께가 5 $\mu$ m 미만인 경우에는 음극에 리튬이온이 충분히 존재하지 못하기 때문에 용량 구현이 잘되지 않는 문제가 있고, 10 $\mu$ m를 초과하게 되는 경우에는 리튬 금속의 이온화 후 잔류 리튬 금속이 저항체로 작용해 셀 저항이 커지는 문제가 있으므로, 상기 리튬 금속 분체의 도포 두께는 5~10 $\mu$ m의 범위 내로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0035] 또한, 상기 리튬 금속 분체를 물리적으로 흡착시키기 위해, 롤 프레스(Roll press)를 통해 리튬 금속 분체에 가해지는 선압은 200~400kg<sub>f</sub>/cm이며, 이때 선압이 200kg<sub>f</sub>/cm 미만인 경우에는 압력이 충분하지 못하여 동일 용적량에 비해 두께가 두꺼워서 리튬 금속층이 저항체로 작용하는 문제가 있고, 400kg<sub>f</sub>/cm를 초과하게 되는 경우에는 금속 분체 입자 사이에 공극이 적어져 오히려 반응면적이 작아지기 때문에 리튬 금속 이온화가 완전히 이루어지지 못하는 문제가 있으므로, 상기 롤 프레스(Roll press)를 이용한 물리적 흡착시 가하는 선압은 200~400kg<sub>f</sub>/cm의 범위 내로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0036] 슬러리를 제조한 후에는 상기 슬러리를 구리 박 위에 코팅하여 건조함으로써 음극 전극을 완성하게 되며, 이때 건조온도가 50 $^{\circ}$ C 미만인 경우에는 슬러리 내부 수분이 충분히 제거되지 못하여 충방전 시 가스 발생으로 인한 문제가 있고, 70 $^{\circ}$ C를 초과하게 되는 경우에는 지지체인 구리 박이 산화되어 저항이 높아지는 문제가 있다.
- [0037] 그리고, 건조시간이 15시간 미만인 경우에는 슬러리 내부 수분이 충분히 제거되지 못하여 충·방전 시 가스 발생으로 인한 문제가 있으므로 상기 건조시간은 15시간 이상으로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0038] 상기 음극은 전극활물질, 도전재, 바인더, 전해액으로 구성되는 것으로서,
- [0039] 교반기를 이용하여 용매에 바인더를 녹이고, 여기에 전극활물질과 도전재를 건조 믹싱한 것을 섞어준 후, 전해액을 넣고 60~70 $^{\circ}$ C에서 가열하면서 15시간 이상 믹싱(Mixing)하여 슬러리를 제조하고,
- [0040] 이와 같이 제조된 슬러리를 구리 박 위에 코팅하고, 진공 상태의 건조기에서 50~70 $^{\circ}$ C의 온도에서 15시간 이상 건조하여 제조한다.
- [0041] 상기 전극활물질은 Graphite(Gramax a2)를 사용하며, 그 사용량은 용매를 제외한 전극 물질 총량의 80wt%이다.
- [0042] 상기 도전재는 Carbon black(Super-P)를 이용하고, 그 사용량은 용매를 제외한 전극 물질 총량의 10wt%이다.
- [0043] 상기 바인더는 PVdF를 이용하고, 그 사용량은 용매를 제외한 전극 물질 총량의 10wt%이다.
- [0044] 전해질은 TEP(triethyl phosphate)를 사용하고, 그 사용량은 전극 물질 총량의 3.5~4배이다.
- [0045] 용매물질은 수분과 반응이 강하게 나타나는 리튬 금속(Li metal)의 특성상 유기계 바인더인 PVDF와 유기계 전해액인 TEP를 사용한다.
- [0046] 강력교반기를 이용해 용매에 PVdF를 녹이고 Graphite와 카본블랙은 건조 믹싱 하여 가루류를 섞어주면서 멍쳐있는 알갱이들을 풀어준다. 녹인 PVdF용액과 전해액 TEP을 넣고 슬러리를 17시간 Mixing과정 후에 제작한다. 이때, TEP 특성상, 60~70 $^{\circ}$ C에서 가장 안정적인 상태로 물질 간 반응이 일어나지 않기 때문에 60~70 $^{\circ}$ C에서 가열하면서 제작한다.

- [0047] 상기 믹싱(Mixing)에 있어, 가열온도가 60℃ 미만인 경우에는 용매인 TEP가 불안정한 상태로 다른 전극 물질 간 반응이 일어나 슬러리 내부에 응어리짐 현상이나 점도가 떨어지는 문제가 있고, 70℃를 초과하게 되는 경우에는 용매가 휘발 되는 문제가 있으므로, 상기 온도는 60~70℃의 범위 내에서 유지하는 것이 바람직하다.
- [0048] 또한, 상기 가열시간이 15시간 미만인 경우에는 도전재의 분산이 충분히 이루어지지 않는 문제가 있고, 20시간을 초과하게 되는 경우에는 과분산으로 인한 슬러리 내부 반응으로 인해 슬러리의 푸딩화가 발생하는 문제가 있으므로, 상기 가열시간은 15~20시간의 범위 내로 한정하는 것이 바람직하다.
- [0049] 상기 양극전극과 음극전극에 사용되는 에틸렌 카보네이트(Ethylene Carbonate;EC)와 디에틸 카보네이트(Diethyl Carbonate;DEC)를 1:1 중량비율로 혼합 조성된 용매에, LiPF<sub>6</sub>를 1mol/L의 농도로 용해시켜 제조된 것을 사용한다.
- [0050] 이와 같이 제조된 양극과 음극 사이에 분리막이 놓이게 되는데, 본 발명에서는 도 3에 도시된 바와 같이, 전해질을 분리막으로 하여 양극과 음극 사이에 지그재그 형태로 적층함으로써 셀을 이루게 된다.
- [0051] 그리고 상기 셀을 알루미늄 소재로 이루어진 파우치에 전해액과 함께 함침시킨 상태로 밀봉하되, 상기 함침은 진공 상태로 20분 이상 행한 후 완전 밀봉을 하게 된다. 이때 상기 함침 시간이 20분 미만인 경우에는 함침이 충분히 이루어지지 않아 내부 전극의 반응이 이루어지지 않는 문제가 있으므로, 상기 함침은 진공상태에서 20분 이상 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0052] 이하에서는 이와 같이 함침과정을 마친 셀의 리튬 이온 도핑 방법에 대해 살펴보고자 한다.
- [0053] 2 전극으로 구성된 리튬이온 커패시터(LIC)의 경우, 도 1과 같은 기존의 음극 내 리튬 도핑 방법은 리튬금속과 음극을 전기화학적으로 반응시켜 도핑하는 방법으로 리튬 삽입 시간을 조절할 수 있다는 장점이 있지만 리튬 금속을 커패시터에 적용하는 경우 외부 충격에 의한 인화 등의 안정성이 매우 낮다는 단점이 있다.
- [0054] 따라서, 본 발명에서는 도 2과 같이 원리로 양극에 도포된 리튬 금속 분체를 이온상태로 음극에 제공하기 위하여, 양극과 음극을 충방전 장치에 체결하여 4.0V까지 낮은 전류밀도의 정전류로 충전한다.
- [0055] 도 2에 제시된 방법은 기존의 방법과 달리, 양극에 리튬 금속 분체를 도포하여 리튬을 음극에 제공하는 하는 방식으로서, 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온 도핑과정으로 조립된 리튬 이온 커패시터는 리튬이온 커패시터의 리튬 소스 부족 현상을 해소하여 충전보다 용량을 향상하고 성능 안정성을 개선할 수 있으며, 기존의 리튬 이온 커패시터의 리튬이온 도핑과정에서 잔류된 리튬 금속을 제거하기 위해 재조립을 해야 하는 번거로움을 해소하여 대용량 적층 리튬 이온 커패시터 제작 공정의 간편화를 가져 올 수 있다.
- [0056] 도 4는 본 발명의 리튬 금속 분체를 이용한 리튬 이온 커패시터를 통한 적용 전·후의 방전 그래프로서, 충전 과정은 CC모드로 4V까지 충전하고, 4V에서 CV모드로 30분 동안 충전한다. 그리고 방전은 CC모드로 2V까지 방전한다.
- [0057] 또한 충·방전을 5cycle씩 진행하였다. 초기 충·방전은 에이징(Aging)을 위해 낮은 전류로 진행하였고, 그 후에는 충전 전류량은 고정으로 하고, 방전 전류량은 점차적으로 전 단계의 2배수로 증가한다.
- [0058] 도 4에 도시된 그래프에 따르면, 리튬 금속 분체를 적용하지 않는 커패시터 셀의 방전용량은 10~2F로 나타나는 반면, 리튬 금속 분체를 적용한 커패시터 셀의 경우에는 15~7F의 방전용량으로 향상된 것을 확인할 수 있다. 이는, 양극의 리튬 금속 분체가 충전 과정을 통해 이온화되어 음극 표면에 리튬이온을 제공함으로써 성능 향상을 보인 것이다. 리튬 금속 분체를 리튬 이온 커패시터에 적용할 할 경우, 리튬 이온 도핑 시에 기존 방식과 달리 재조립의 불편함을 줄이고 성능 향상에 기여할 수 있다.

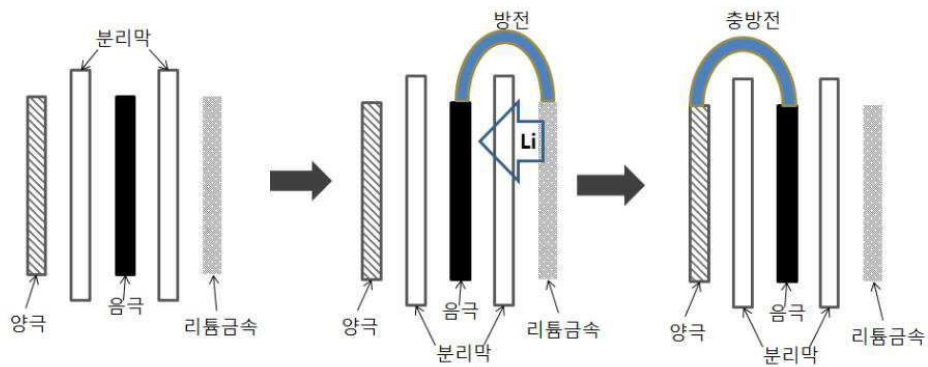
**산업상 이용가능성**

[0059]

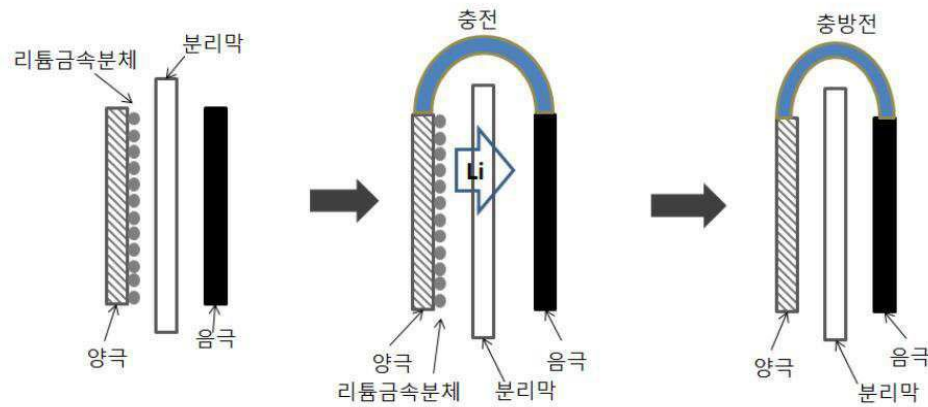
본 발명의 리튬 금속 분체를 이용한 리튬이온커패시터 제조방법에 따라 제조된 리튬이온커패시터는 용량 및 성능 안정성이 향상되었으며, 기존의 리튬 이온 커패시터의 리튬이온 도핑과정에서 잔류 된 리튬 금속을 제거하기 위해 재조립을 해야 하는 번거로움이 해소됨으로써 대용량 적층 리튬 이온 커패시터 제작 공정이 간편하게 이루어질 수 있으므로 산업상 이용가능성이 크다.

**도면**

**도면1**

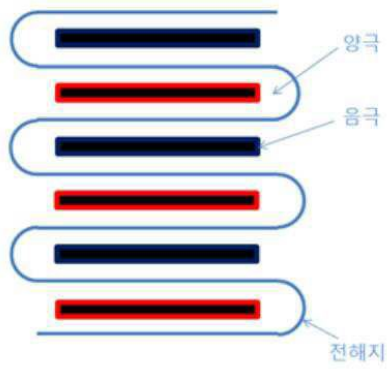


**도면2**





도면3



도면4

