



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2018년08월24일  
 (11) 등록번호 10-1882128  
 (24) 등록일자 2018년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01G 11/46* (2013.01) *C08L 101/16* (2006.01)  
*C08L 29/04* (2006.01) *C08L 5/12* (2006.01)  
*C08L 71/02* (2006.01) *H01G 11/54* (2013.01)  
*H01G 11/78* (2013.01) *H01G 11/84* (2013.01)

(52) CPC특허분류  
*H01G 11/46* (2013.01)  
*C08L 101/16* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0004311  
 (22) 출원일자 2017년01월11일  
 심사청구일자 2017년01월11일  
 (65) 공개번호 10-2018-0082877  
 (43) 공개일자 2018년07월19일

(56) 선행기술조사문헌  
 이금비 외 6인 공저, '완전 생분해 가능한 마이크로  
 로수퍼커패시터의 제작,' 화학공학의 이론과  
 응용, 제22권, 제2호, 2016년 (2016)\*  
 W02008085904 A1  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**고려대학교 산학협력단**  
 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암  
 동5가)

(72) 발명자  
**하정숙**  
 서울특별시 강남구 언주로30길 21, 에이동 3102호  
 (도곡동, 아카데미스위트)

**이금비**  
 경기도 의정부시 평화로 206, 507호 (호원동, 보  
 광그랑베르)

**정유라**  
 서울특별시 종로구 사직로8길 4, 103동 605호(사  
 직동, 풍림스페이스본)

(74) 대리인  
**김종선, 이형석**

전체 청구항 수 : 총 8 항

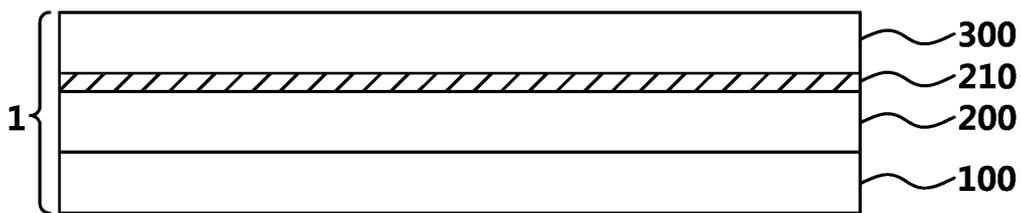
심사관 : 황승희

(54) 발명의 명칭 **완전 생분해성 슈퍼커패시터 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 완전 생분해성 슈퍼커패시터 및 그 제조방법에 대한 것이다. 본 발명에 의한 완전 생분해성 슈퍼커패시터 및 그 제조방법을 이용하면, 금속 전극과 고체 전해질 표면에 금속산화물이 형성됨으로써, 고용량, 고에너지 및 고출력의 슈퍼커패시터를 제공할 수 있는 효과가 있다. 또한, 본 발명은 친환경적, 생분해성, 생체친화적으로 체내이식이 가능하며, 향후 생체이식성 에너지 저장장치를 구현할 수 있는 효과가 있다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

- C08L 29/04* (2013.01)
- C08L 5/12* (2013.01)
- C08L 71/02* (2013.01)
- H01G 11/54* (2013.01)
- H01G 11/78* (2013.01)
- H01G 11/84* (2013.01)
- C08L 2201/02* (2013.01)
- Y02E 60/13* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711038283
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	개인연구지원
연구과제명	Power dressing을 위한 슈퍼커패시터가 내장된 3차원 스트레처블 소자 공정 기술
기 여 율	1/1
주관기관	고려대학교
연구기간	2016.06.01 ~ 2017.05.31
공지예외적용	: 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관;  
 상기 기관 상부에 형성되는 생분해성 금속을 포함하는 전극층; 및  
 상기 전극층의 상부에 형성되는 생분해성 고체 전해질층;을 포함하고,  
 상기 전극층과 상기 고체 전해질층 사이에 금속산화물층이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,  
 상기 생분해성 금속은,  
 텅스텐, 철, 마그네슘, 아연 및 몰리브덴으로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서,  
 상기 금속산화물층은, 상기 전극층의 생분해성 금속이 전기화학적으로 부식되어 형성된 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터.

#### 청구항 4

제 1항에 있어서,  
 상기 생분해성 고분자는,  
 폴리락트산-글리콜산 공중합체, 바이오 셀룰로오스, 폴리글리콜산, 폴리락트산, 폴리-ε-카프로락톤, 폴리아미노산, 폴리안하이드라이드, 폴리오르쏘에스테르 및 이들의 유도체와 공중합체로 구성된 그룹 중에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터.

#### 청구항 5

제 1항에 있어서  
 상기 생분해성 고체 전해질층은,  
 아가로오스, 폴리비닐알콜 및 폴리에틸렌옥사이드로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터.

#### 청구항 6

제 1항에 있어서,  
 상기 기관, 상기 전극층 및 상기 고체 전해질층을 피복하는 생분해성 인캡슐란트(encapsulant)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터.

#### 청구항 7

금속 전극층을 제조하는 단계;

상기 금속 전극층을 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기판 상부에 형성하는 단계;

상기 금속 전극층 상부에 생분해성 고체 전해질층을 형성하여 구조체를 제조하는 단계; 및

상기 구조체에 전기를 인가하여 상기 금속 전극층과 상기 고체 전해질층 사이에 금속산화물층이 형성되도록 하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터의 제조방법.

**청구항 8**

제 7항에 있어서,

상기 금속 전극층 상부에 생분해성 고체 전해질층을 형성하여 구조체를 제조하는 단계는,

아가로오스, 폴리비닐알콜 및 폴리에틸렌옥사이드로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 염화나트륨과 혼합하여 생분해성 고체 전해질 형성용 혼합물을 형성하는 단계, 상기 혼합물을 상기 금속 전극층 상부에 적층하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 완전 생분해성 슈퍼커패시터 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 생분해성 금속 및 고분자를 이용해 슈퍼커패시터를 제작함으로써, 환경친화적인 완전 생분해성 슈퍼커패시터 및 그 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 전자 기기에 안정적이고 지속적으로 에너지를 공급하기 위한 에너지 저장 장치 및 발생에 대한 수요는 배터리 및 슈퍼커패시터의 발달을 촉진 시켜 왔다. 그러나 리튬과 같은 구성 물질들은 환경오염의 문제가 있을 뿐 아니라, 인체에도 해로운 영향을 끼칠 수 있다. 따라서, 물 혹은 생체액에 녹아 소자의 기능을 잃게 하는 신형 기술이 접목된 트랜지언트 일렉트로닉스에 관한 연구가 활발히 진행되기 시작하였으며, 이 같은 추세는 에너지 저장 장치에도 영향을 미쳤다. 최근, 이러한 기술이 접목된 친환경 배터리에 관한 몇몇 연구들이 진행되어져 왔다. 이들은 모두 용해 가능하며, 체내에 무해한 물질들로 구성되어 있으나 전지 하나 당 낮은 구동 전압을 가지며, 구성 요소들의 빠른 용해 속도 (수 초 내)와 같은 단점을 가진다. 특히, 이들의 입체적인 구조는 다른 소자들과의 집적을 어렵게 할 뿐만 아니라 체내 삽입을 방해하기 때문에 실제적인 응용을 제한한다. 특히, 이러한 트랜지언트 에너지 저장 장치에 관한 연구는 배터리에만 국한되어 진행되어 왔다. 슈퍼커패시터는 차세대 에너지 저장 장치라 불리며 배터리에 비해 빠른 충, 방전 속도, 높은 출력, 우수한 장기 수명 특성, 물질의 안전성 등의 장점을 있다. 최근에는 슈퍼커패시터의 성능을 향상시키기 위한 하나의 노력으로 전극 물질에 금속 산화물을 나노 파티클, 나노 로드, 혹은 필름 형태로 코팅하고 있다. 이러한 슈퍼커패시터는 전기 에너지를 저장할 뿐만 아니라 수동 부품 (passive component)으로서 다른 전기적 부품들과 함께 전자 회로에서 다양한 역할을 수행할 수 있으나 트랜지언트 시스템에 적용되어 그 역할을 수행하기 위해서는 안전한 물질로 이루어진 생분해성 슈퍼커패시터의 발명이 필수적이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0005] (특허문헌 0001) KR 1582768 B1

(특허문헌 0002) KR 1561961 B1

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 생분해가 가능한 슈퍼커패시터를 제공하는데 목적이 있다.
- [0007] 또한, 본 발명의 두 번째 목적은, 생분해가 가능한 슈퍼커패시터의 제조방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 슈퍼커패시터는, 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관; 상기 기관 상부에 형성되는 생분해성 금속을 포함하는 전극층; 및 상기 금속 전극층의 상부에 형성되는 생분해성 고체 전해질층;을 포함하고, 상기 금속 전극층과 상기 고체 전해질층 사이에 금속산화물층이 형성된다.
- [0010] 여기에서, 상기 생분해성 금속은, 텅스텐, 철, 마그네슘, 아연 및 몰리브덴으로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0011] 여기에서, 상기 금속산화물은, 상기 전극층의 생분해성 금속이 전기화학적으로 부식되어 형성된 것이 바람직하다.
- [0012] 여기에서, 상기 생분해성 고분자는, 폴리락트산-글리콜산 공중합체, 바이오 셀룰로오스, 폴리글리콜산, 폴리락트산, 폴리-ε-카프로락톤, 폴리아미노산, 폴리안하이드라이드, 폴리오르쏘에스테르 및 이들의 유도체와 공중합체로 구성된 그룹 중에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0013] 여기에서, 상기 생분해성 고체 전해질층은, 아가로오스, 폴리비닐알콜 및 폴리에틸렌옥사이드로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0014] 여기에서, 상기 기관, 상기 전극층 및 상기 고체 전해질층을 피복하는 생분해성 인캡슐란트(encapsulant)를 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0015] 본 발명의 두 번째 목적을 달성하기 위한 슈퍼커패시터의 제조방법은, 금속 전극층을 제조하는 단계; 상기 금속 전극층을 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관 상부에 형성하는 단계; 상기 금속 전극층 상부에 생분해성 고체 전해질층을 형성하여 구조체를 제조하는 단계; 및 상기 구조체에 전기를 인가하여 상기 금속 전극층과 상기 고체 전해질층 사이에 금속산화물층이 형성되도록 하는 단계;를 포함한다.
- [0016] 여기에서, 상기 금속 전극층 상부에 생분해성 고체 전해질층을 형성하여 구조체를 제조하는 단계는, 아가로오스, 폴리비닐알콜 및 폴리에틸렌옥사이드로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 염화나트륨과 혼합하여 생분해성 고체 전해질 형성용 혼합물을 형성하는 단계, 상기 혼합물을 상기 금속 전극층 상부에 적층하는 단계를 더 포함하는 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

- [0018] 본 발명에 의한 슈퍼커패시터 및 그 제조방법을 이용하면, 금속 전극층과 고체 전해질층 사이에 금속산화물층이 형성됨으로써, 고용량, 고에너지 및 고출력의 슈퍼커패시터를 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0019] 또한, 본 발명은 친환경적, 생분해성, 생체친화적으로 체내이식이 가능하며, 향후 생체이식성 에너지 저장장치를 구현할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0021] 도 1은 본 발명에 따라 제작된 슈퍼커패시터의 단면도이다.
- 도 2는 실시예 1 내지 4에 따라 형성된 생분해성 금속의 산화물에 대한 XRD 측정 결과이다.
- 도 3은 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터를 스캔 속도 0.5 V/s에서 전극의 종류에 따른 순환 볼타모그램 그래프이다.
- 도 4는 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터의 부피당 용량을 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터의 전극의 사이클 특성을 보여주는 그래프이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 생분해성 슈퍼커패시터와 기존의 다양한 에너지 저장장치에 대해 에너지 밀도와 출력밀

도의 관계를 단위 부피당 표시한 라곤 플롯(Ragon plot)이다.

도 7은 본 발명에 따른 슈퍼커패시터의 제조방법을 나타내는 플로어 차트이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0022] 본 발명에서 사용되는 모든 기술용어는, 달리 정의되지 않는 이상, 하기의 정의를 가지며 본 발명의 관련 분야에서 통상의 당업자가 일반적으로 이해하는 바와 같은 의미에 부합된다.
- [0023] 또한, 본 명세서에는 바람직한 방법이나 시료가 기재되나, 이와 유사하거나 동등한 것들도 본 발명의 범주에 포함된다. 본 명세서에 참고문헌으로 기재되는 모든 간행물의 내용은 본 발명에 도입된다.
- [0024] 본 명세서를 통해, 문맥에서 달리 필요하지 않으면, "포함하다" 및 "포함하는"이란 말은 제시된 단계 또는 구성요소, 또는 단계 또는 구성요소들의 군을 포함하나, 임의의 다른 단계 또는 구성요소, 또는 단계 또는 구성요소들의 군이 배제되는 않음을 내포하는 것으로 이해하여야 한다.
- [0026] 이하, 본 발명에 의한 실시예를 상세히 설명한다.
- [0028] 본 발명은 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관(100); 상기 기관(100) 상부에 형성되는 생분해성 금속을 포함하는 전극층(200); 및 상기 금속 전극층(200)의 상부에 형성되는 생분해성 고체 전해질층(300);을 포함하고, 상기 금속 전극층(200)과 상기 고체 전해질층(300) 사이에 금속산화물층(210)이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터(1)를 제공한다.
- [0029] 상기 생분해성 금속은, 텅스텐, 철, 마그네슘, 아연 및 몰리브덴으로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있으며, 텅스텐이 바람직하나, 이에 대해 한정하는 것은 아니다.
- [0030] 상기 금속산화물은, 상기 전극층(200)의 생분해성 금속이 전기화학적으로 부식되어 형성될 수 있다.
- [0031] 상기 고체 전해질층(300)이 수분을 포함하고 있기 때문에 상기 금속 전극층(200)과 상기 고체 전해질층(300)의 사이에 상기 금속산화물층(210)이 형성될 수 있다.
- [0032] 상기 금속산화물층(210)은 인위적 합성 및 증착과정을 거치지 않고 형성됨으로써 제조과정이 간단해지는 장점이 있다.
- [0033] 또한, 상기 금속산화물층(210)이 형성됨으로써 슈퍼커패시터(1)의 용량은 향상이 될 수 있다.
- [0034] 상기 금속 전극층(200)과 상기 고체 전해질층(300) 사이에 금속산화물층(210)이 형성되면, 상기 금속산화물층(210)은 상기 고체 전해질층(300)과 산화 환원반응을 통해 직접 전자를 발생시키기 때문에 더 큰 용량을 얻을 수 있다.
- [0035] 본 발명의 일례로, 슈퍼커패시터는 54F/cm<sup>3</sup>의 높은 부피당 축전용량, 4.8mWh/cm<sup>3</sup>의 부피당 에너지 밀도 및 34W/cm<sup>3</sup>의 부피당 출력 밀도의 구현이 가능하다.
- [0037] 상기 기관(100)은 생분해성 고분자를 포함하며, 상기 생분해성 고분자는, 폴리락트산-글리콜산 공중합체, 바이오 셀룰로오스, 폴리글리콜산, 폴리락트산, 폴리-ε-카프로락톤, 폴리아미노산, 폴리아나하이드라이드, 폴리오르쏘에스테르 및 이들의 유도체와 공중합체로 구성된 그룹 중에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있으며, 바람직하게는 폴리락트산-글리콜산 공중합체가 바람직하나, 이를 한정하지 않는다.
- [0038] 상기 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관(100)은 하기의 제조방법에서 설명하도록 하겠다.
- [0040] 상기 생분해성 고체 전해질층(300)은, 아가로오스, 폴리비닐알콜 및 폴리에틸렌옥사이드로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있으며, 아가로오스가 바람직하나, 이에 대해 한정하는 것은 아니다.
- [0042] 본 발명에 의한 슈퍼커패시터(1)는, 상기 기관, 상기 전극층 및 상기 고체 전해질층의 구조체를 피복하는 생분해성 인캡슐란트(encapsulant:미도시)를 더 포함할 수 있으며, 상기 생분해성 인캡슐란트의 종류 및 두께 등에 따라 생분해 시간을 조절할 수 있으며, 상기 생분해성 인캡슐란트가 생분해가 가능하다면 이를 제한하지 않는다.
- [0043] 또한, 상기 생분해성 인캡슐란트로 인해 상기 슈퍼커패시터(1)를 외부 충격이나 먼지, 습기부터 보호할 수 있는 또 다른 장점이 있다.

- [0044] 상기 생분해성 인캡슐란트는 상기 기관(100)에 포함되는 생분해성 고분자와 동일한 것일 수 있으며, 천연 생분해성 고분자로는 폴리사카라이드 계열(modified polysaccharides), 산화셀룰로오스(oxidized cellulose), 젤라틴(gelatin) 및 콜라겐(collagen)으로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0046] 이하 본 발명에 따른 슈퍼커패시터(1)의 제조방법에 대해서 각 단계별로 상세하게 설명한다.
- [0047] 본 발명의 슈퍼커패시터(1)의 제조방법은, 금속 전극층(200)을 제조하는 단계(S100); 상기 금속 전극층(200)을 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관(100) 상부에 형성하는 단계(S200); 상기 금속 전극층(200) 상부에 생분해성 고체 전해질층(300)을 형성하여 구조체를 제조하는 단계(S300); 및 상기 구조체에 전기를 인가하여 상기 금속 전극층(200)과 상기 고체 전해질층(300) 사이에 금속산화물층(210)이 형성되도록 하는 단계(S400)를 포함한다.
- [0049] 먼저, 금속 전극층(200)을 제조하는 단계(S100)이다.
- [0050] 상기 금속 전극층(200)을 제조하는 단계(S100)는, 웨이퍼 상에 고분자 필름을 코팅하는 과정, 상기 고분자 필름에 금속을 증착하는 과정 및 상기 금속 전극층(200)에 고분자 필름을 한번 더 증착하는 과정을 더 포함할 수 있다.
- [0051] 상기 금속을 웨이퍼 상에 직접 증착하여 금속 전극층(200)을 제조할 수 있으나, 상기 금속을 웨이퍼 상에 증착하기 전에 상기 고분자 필름을 코팅하는 과정을 하는 이유는, 상기 웨이퍼 상에 금속을 직접 증착하여 금속 전극층(200)을 제조할 경우, 이후 단계인 상기 금속 전극층(200)을 상기 웨이퍼로부터 분리하여 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관(100) 상부에 형성하는 단계(S200)에서 상기 금속 전극층(200)이 찢어지거나 변형을 일으키는 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 상기 금속 전극층(200)을 고분자 필름으로 감싸 상기의 문제점을 감소시킬 수 있다.
- [0052] 상기 고분자 필름은 폴리아미드계 고분자를 사용할 수 있으며, 상기 금속 전극층(200)을 보호할 수 있고, 쉽게 제거될 수 있는 고분자라면 그 종류를 제한하지 않는다.
- [0053] 또한, 상기 웨이퍼 상에 고분자 필름을 코팅하는 과정 전에 고분자 바인더를 코팅하는 과정을 더 포함할 수 있으며, 상기 고분자 바인더는 폴리메틸메타크릴레이트일 수 있으며, 유기용매에 의해 쉽게 제거될 수 있는 고분자 바인더라면 그 종류를 제한하지 않는다.
- [0054] 또한, 상기 유기용매는 아세톤일 수 있으며, 상기 고분자 바인더를 쉽게 제거할 수 있는 유기용매라면 그 종류를 제한하지 않는다.
- [0056] 본 발명은 금속 전극층(200)을 감싸고 있는 고분자 필름을 식각하여 생분해성 금속 전극층(200)을 제조하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0057] 상기 금속 전극층(200)을 감싸고 있는 고분자 필름을 식각하여 생분해성 금속 전극층(200)을 제조하는 단계는, 반응성 이온 에칭(reactive ion etching, RIE)에 의해 선택적으로 식각될 수 있으며, 산소분위기에서 수행 될 수 있다.
- [0058] 상기 반응성 이온 에칭은 200 ~ 400W의 무선주파수 전력과 0.1 mbar의 압력에서 100 ~ 200 sccm O<sub>2</sub> 가스 흐름으로 진공 반응기에서 수행하는 될 수 있으며, 상기 범위 바람직하다.
- [0059] 상기 금속 전극층(200)을 감싸고 있는 고분자 필름을 식각하여 생분해성 금속 전극층(200)을 제조하는 단계는, 상기 금속 전극층(200)을 감싸고 있는 고분자 필름은 이온들의 확산이 효과적으로 이루어지도록 150 $\mu$ m 이하의 채널 간격을 가지며, 손가락이 깎지 끼고 있는 모양으로 식각될 수 있으며, 이를 제한하지 않는다.
- [0061] 본 발명의 금속 전극층(200)을 제조하는 단계(S100)는, 상기 웨이퍼로부터 상기 금속 전극층(200)을 분리하는 과정을 더 포함할 수 있다.
- [0062] 상기 웨이퍼로부터 상기 금속 전극층(200)을 분리하는 과정은, 폴리다이메틸실록세인 도장으로 상기 금속 전극층(200)과 웨이퍼를 분리할 수 있으며, 이를 제한하지 않는다.
- [0064] 다음으로, 상기 금속 전극층(200)을 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관(100) 상부에 형성하는 단계(S200)이다.
- [0065] 상기 금속 전극층(200)을 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관(100) 상부에 형성하는 단계는, 생분해성 고

분자를 포함하는 유연한 기관(100)을 제조하는 과정을 더 포함할 수 있다.

- [0066] 상기 생분해성 고분자를 포함하는 유연한 기관(100)은 생분해성 고분자를 아세틸아세테이트에 혼합하여 기재에 도포한 후 12 ~ 24시간 건조하여 제작할 수 있으며, 상기 기재는 웨이퍼를 사용할 수 있으며, 이를 제한하지 않는다.
- [0067] 상기 생분해성 고분자는, 폴리락트산-글리콜산 공중합체, 바이오 셀룰로오스, 폴리글리콜산, 폴리락트산, 폴리-ε-카프로락톤, 폴리아미노산, 폴리안하이드라이드, 폴리오르쏘에스테르 및 이들의 유도체와 공중합체로 구성된 그룹 중에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있으며, 바람직하게는 폴리락트산-글리콜산 공중합체가 바람직하다.
- [0069] 다음으로, 상기 금속 전극층(200) 상부에 생분해성 고체 전해질층(300)을 형성하여 구조체를 제조하는 단계(S300)이다.
- [0070] 상기 금속 전극층(200) 상부에 생분해성 고체 전해질층(300)을 형성하여 구조체를 제조하는 단계는, 아가로오스, 폴리비닐알콜 및 폴리에틸렌옥사이드로 구성된 그룹 중 선택되는 1종 이상을 염화나트륨과 혼합하여 생분해성 고체 전해질 형성용 혼합물을 제조하는 단계, 상기 금속 전극층(200) 상부에 생분해성 고체 전해질층(300)을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0071] 상기 단계의 일례로서, 상기 생분해성 고체 전해질 형성용 혼합물을 제조하는 단계는, 염화나트륨 1 ~ 5g과 탈이온수 80 ~100mL를 혼합하여 혼합액을 제조하고, 상기 혼합물에 1 ~ 3g 아가로오스를 넣고 약 150℃에서 10 ~ 20분간 교반하여 생분해성 고체 전해질 형성용 혼합물을 제조할 수 있다.
- [0072] 상기 금속 전극층(200) 상부에 생분해성 고체 전해질층(300)을 형성하는 단계, 상기 생분해성 고체 전해질 형성용 혼합물을 유기 기관에 도포한 후 고형화시킴으로써 구조체를 제조할 수 있다.
- [0074] 다음으로, 상기 구조체에 전기를 인가하여 상기 금속 전극층(200)과 상기 고체 전해질층(300) 사이에 금속산화물층(210)이 형성되도록 하는 단계(S400)이다.
- [0075] 상기 구조체에 전기를 인가함으로써, 상기 금속 전극층(200)과 상기 고체 전해질층(300)에 금속산화물층(210)이 형성될 수 있다.
- [0076] 본 발명은 상기 금속산화물층(300)이 형성됨으로써, 고용량, 고에너지 및 고출력의 슈퍼커패시터(1)를 제조할 수 있다.
- [0078] {실시예}
- [0080] 실시예 1
- [0081] 먼저, 웨이퍼를 폴리메틸렌메타크릴레이트(PMMA)로 코팅하여 준비하였다.
- [0082] 코팅된 웨이퍼를 폴리아미드(D-PI)로 한번 더 코팅한 후 포토리소그래피 기법을 이용하여 150 $\mu$ m간격의 손가락 깎지 낀 모양의 전극을 패터닝하였다.
- [0083] 다음으로, 생분해성 금속인 철을 전자빔 증착을 이용하여 코팅 한 후, D-PI를 한번 더 코팅하여 준비하였다.
- [0084] 다음으로, 반응성 이온 에칭을 이용하여 PMMA 및 D-PI를 식각한 후 아세톤에 24 시간 침지하여 PMMA를 제거하여 준비하였다.
- [0085] 다음으로, 상기 웨이퍼와 금속 전극층을 폴리아이메틸실록세인을 이용하여 분리하고, D-PI를 제거하여 준비하였다.
- [0086] 상기 철 전극층을 생분해성 기관에 전이한 후 폴리아이메틸실록세인과 D-PI를 한번 더 제거하여 준비하였다.
- [0087] 상기 철 전극층에 생분해성 고체 전해질을 형성시켜 구조체를 제조한 후 전기를 인가하여 슈퍼커패시터의 제조를 완료하였다.
- [0088] 상기 생분해성 기관은 2.5g의 폴리락트산-글리콜산 공중합체를 50mL 아세틸아세테이트에 넣고 녹을 때까지 상온에서 저어준다. 투명해진 용액을 실리콘 웨이퍼 위에 도포한 후 24시간 건조하여 준비하였다.
- [0089] 상기 생분해성 고체 전해질은 2.13g의 염화나트륨을 100mL 탈이온수에 혼합하여 30℃에서 혼합하여 준비한 후 1g의 아가로오스를 넣고 150℃에서 20분 동안 교반한 후 유리 기관에 도포하고 24시간 동안 건조하여 젤 타입의

생분해성 고체 전해질을 준비하였다.

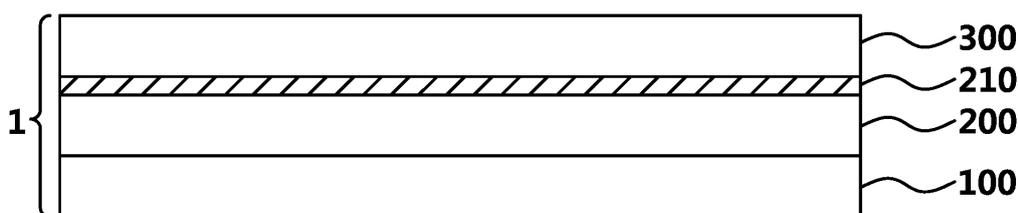
- [0091] 실시예 2
- [0092] 실시예 1과 동일하게 실시하되, 생분해성 금속인 철 대신에 몰디브덴을 이용하여 슈퍼커패시터를 제조하였다.
- [0094] 실시예 3
- [0095] 실시예 1과 동일하게 실시하되, 생분해성 금속인 철 대신에 텅스텐을 이용하여 슈퍼커패시터를 제조하였다.
- [0097] 실시예 4
- [0098] 실시예 1과 동일하게 실시하되, 생분해성 금속인 철 대신에 금을 이용하여 슈퍼커패시터를 제조하였다.
- [0100] 도 2는 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 생분해성 슈퍼커패시터의 전극의 XRD 측정 결과이다. 도 2에 (a) ~ (c) 도시된 바와 같이 전극층(200)과 전해질층(300) 사이에 금속산화물층(210)이 형성됨을 확인할 수 있다.
- [0102] 특성평가
- [0103] 도 3은 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터를 스캔 속도 0.5 V/s에서 전극의 종류에 따른 순환 볼타모그램 그래프이다. 도 3에 도시된 바와같이 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터를 CV 커브는 0 내지 0.8 V의 전위 범위에서 사각형 형태로 보여, 이상적인 슈퍼커패시터의 특성을 보여준다.
- [0104] 도 4는 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터의 부피당 용량을 나타내는 그래프이다. 도 4에 도시된 바와 같이 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터는 부피당 높은 용량을 가짐을 확인할 수 있다.
- [0105] 도 5는 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터의 사이클에 따른 용량 변화를 나타낸 그래프이다. 도 5에 도시된 바와 같이 실시예 1 내지 4에 따라 제작된 슈퍼커패시터는 사이클이 진행될수록 용량이 증가하는 현상을 확인할 수 있었으며, 사이클이 진행될수록 전극과 전해질 사이에 금속산화물층이 생성되어 초기용량에 비해 월등히 증가함을 확인할 수 있었다.
- [0106] 도 6은 본 발명에 따른 슈퍼커패시터와 기존 에너지 저장 장치들의 에너지 밀도와 출력밀도의 관계를 단위 부피당 표시한 라곤 플롯(Ragon plot)이다. 6도에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 슈퍼커패시터는 높은 전압 범위를 가지며, 이를 통해 에너지 밀도가 향상됨을 확인할 수 있다.
- [0108] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 사용하여 상세히 설명하였으나, 본 발명의 범위는 특정 실시예에 한정되는 것은 아니며, 첨부된 특허청구범위에 의하여 해석되어야 할 것이다. 또한, 이 기술분야에서 통상의 지식을 습득한 자라면, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않으면서도 많은 수정과 변형이 가능함을 이해하여야 할 것이다.

**부호의 설명**

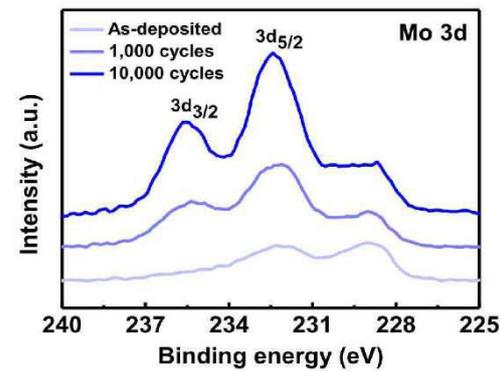
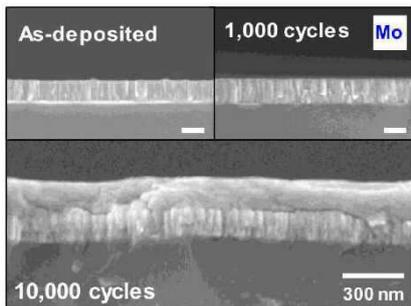
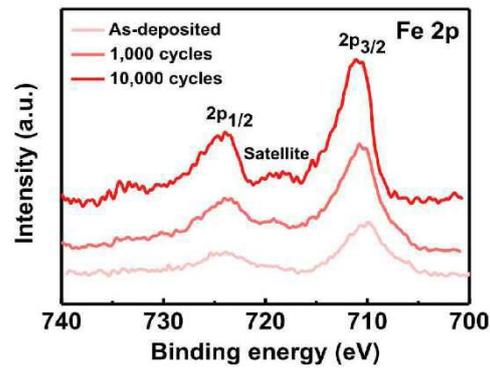
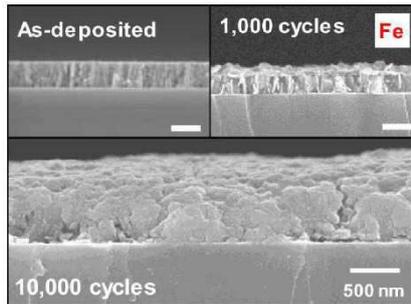
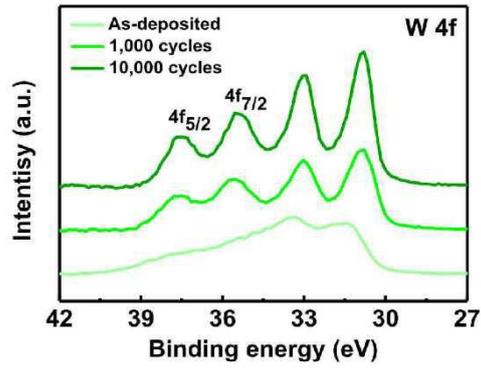
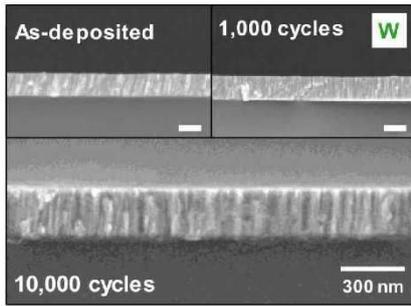
- [0110] 1 : 슈퍼커패시터                      100 : 기판
- 200 : 금속 전극층                      210 : 금속 산화물층
- 300 : 전해질층

**도면**

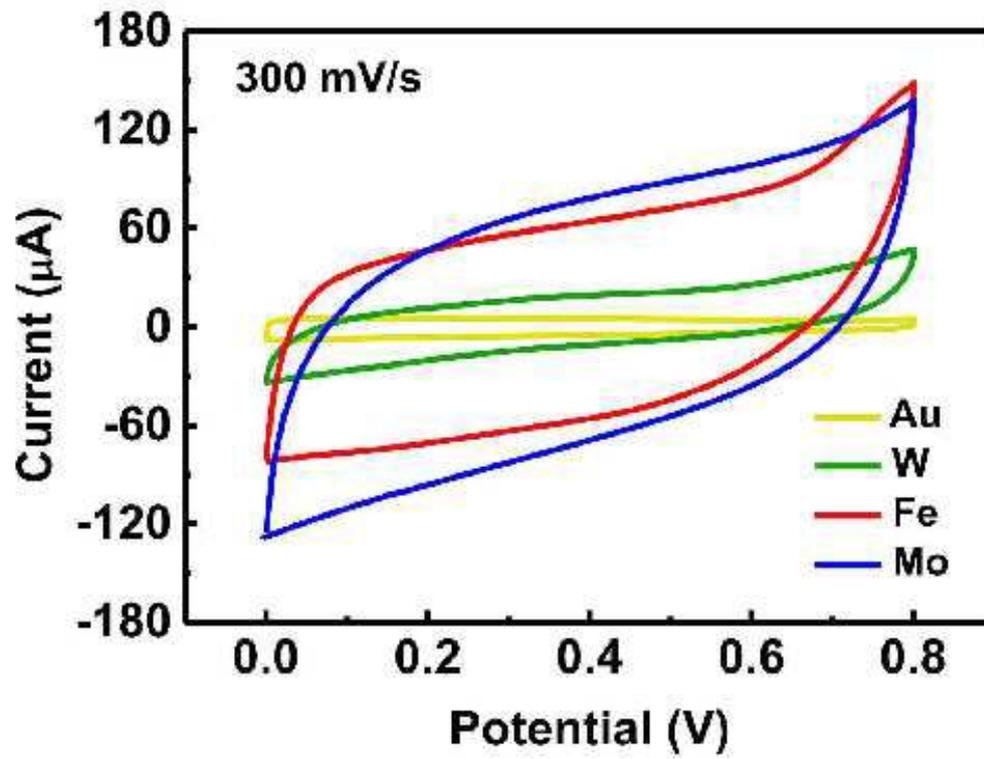
**도면1**



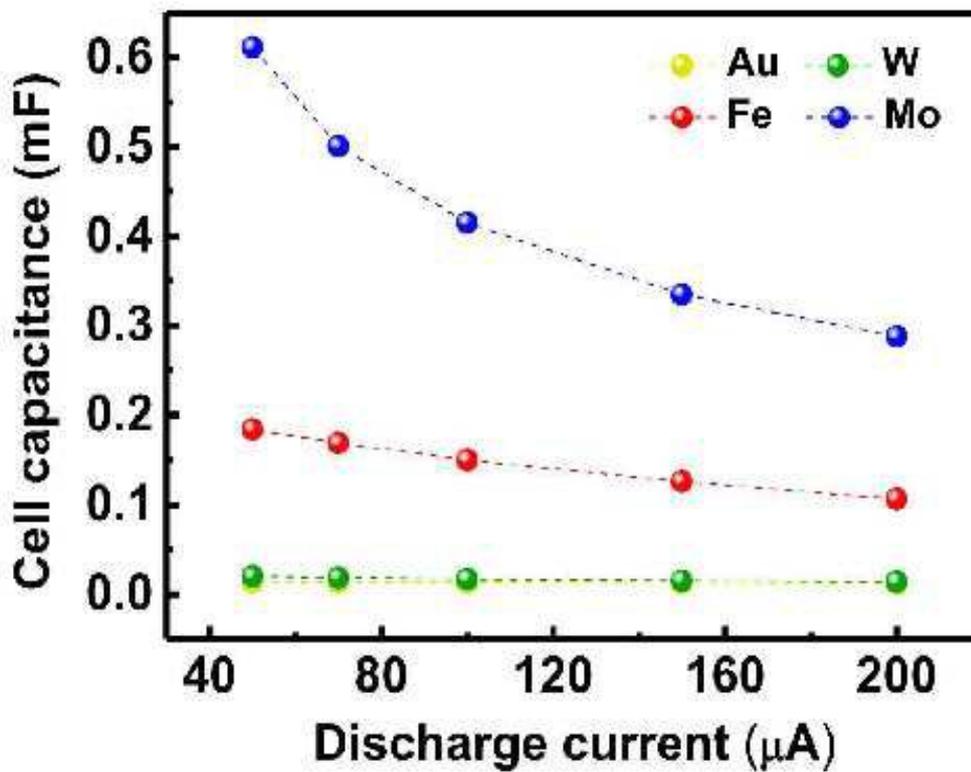
도면2



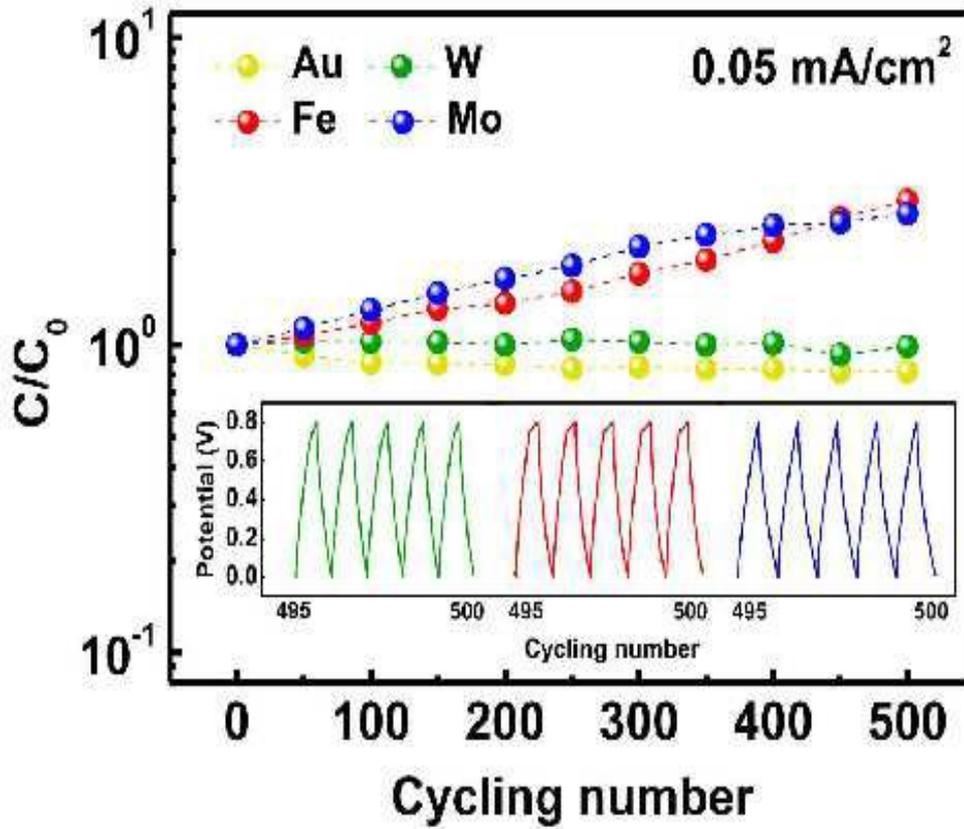
도면3



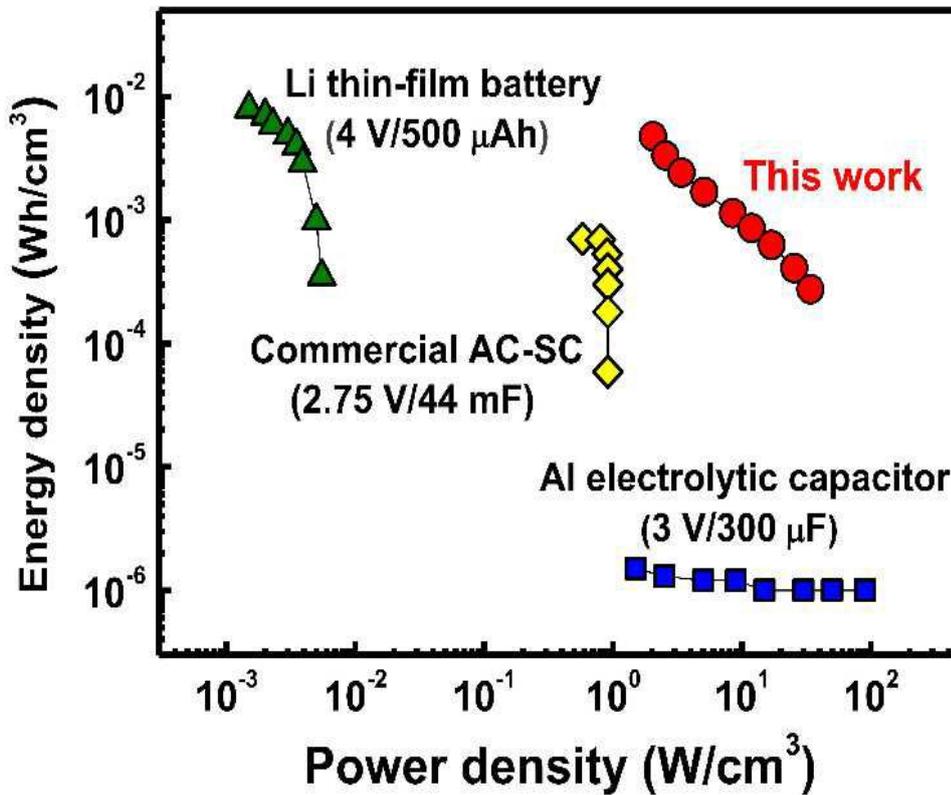
도면4



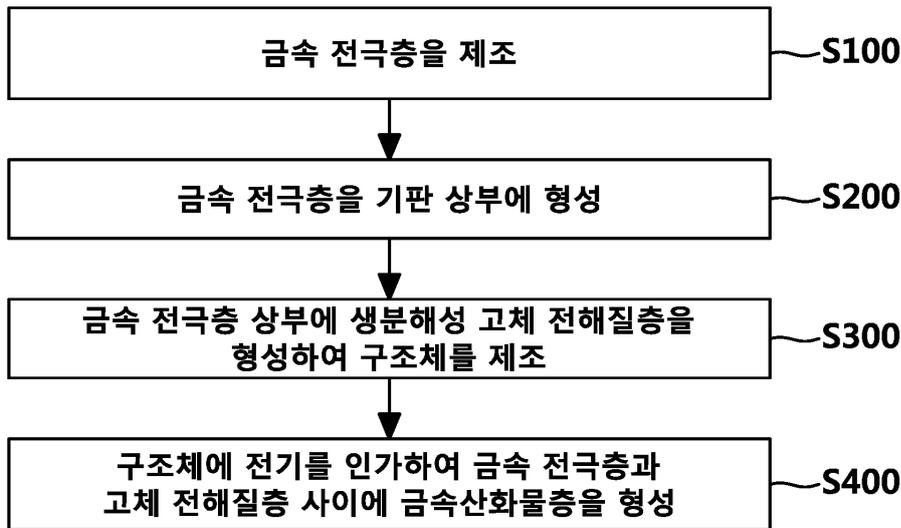
도면5



도면6



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제3항

【변경전】

상기 금속산화물은,

【변경후】

상기 금속산화물층은,

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제1항

【변경전】

상기 금속 전극층

【변경후】

상기 전극층