(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0150614
(43) 공개일자 2023년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01G 11/86 (2013.01) *H01G 11/36* (2013.01)
H01G 11/40 (2013.01)
(52) CPC특허분류
H01G 11/86 (2023.08)
H01G 11/36 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0050216
(22) 출원일자 2022년04월22일
심사청구일자 2022년04월22일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
김대원
서울특별시 송파구 송파대로 345, 316동 1401호(가락동, 헬리오시티)
박지현
경기도 수원시 영통구 매영로393번길 7, 202호(영통동)
(74) 대리인
두호특허법인

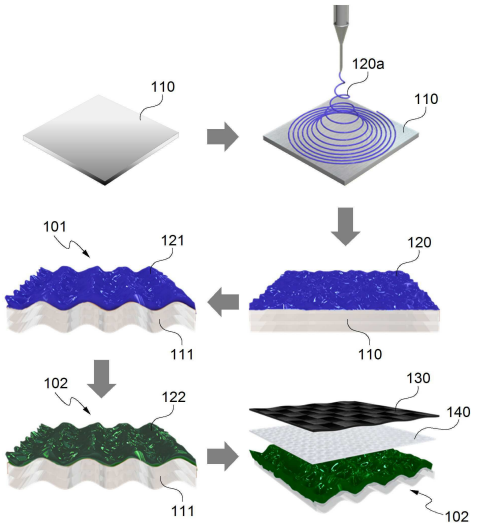
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법 및 이로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극 및 슈퍼 커패시터**

(57) 요 약

본 발명의 실시예는 간단한 공정으로 저렴하게 대량 생산이 가능하며 유효 면적을 넓힘으로써 전기에너지의 저장 양을 증가시켜 이를 포함하는 슈퍼 커패시터의 전기적 성능을 극대화할 수 있는 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법 및 이로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극 및 슈퍼 커패시터에 관한 것이다. 이를 위해, 본 발명의 실시예는 폴리스타이렌(PS:Polystyrene) 필름을 준비하는 단계; 상기 폴리스타이렌 필름의 일면에 전기방사에 사용 가능한 폴리머를 포함하는 용액을 전기방사하여 나노섬유층이 구축된 기판을 형성하는 단계; 상기 기판에 열을 가하여 상기 나노섬유층 및 상기 폴리스타이렌 필름에 일체로 주름을 형성하여 링클(wrinkle)기판을 형성하는 단계; 및 상기 링클기판의 주름진 나노섬유층에 전도성 폴리머를 코팅하는 단계;를 포함하는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법, 그리고 이로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극 및 슈퍼 커패시터가 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01G 11/40 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345332280
과제번호 2018R1A6A1A03025708
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공분야 대학중점연구소지원사업
연구과제명 융복합 에너지 자율성 다기능 센서 플랫폼 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경희대학교 산학협력단
연구기간 2018.06.01 ~ 2027.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711127697
과제번호 2021R1C1C1014004
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 우수신진연구
연구과제명 상용화 수준의 자가 구동 인공망막장치 개발을 위한 정전 기반의 전기 자극 장치 및 고효율 에너지 변환 시스템 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경희대학교 산학협력단
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

폴리스타이렌(PS:Polystyrene) 필름을 준비하는 단계;

상기 폴리스타이렌 필름의 일면에 전기방사에 사용 가능한 폴리머를 포함하는 용액을 전기방사하여 나노섬유층이 구축된 기판을 형성하는 단계;

상기 기판에 열을 가하여 상기 나노섬유층 및 상기 폴리스타이렌 필름에 일체로 주름을 형성하여 링클(wrinkle)기판을 형성하는 단계; 및

상기 링클기판의 주름진 나노섬유층에 전도성 폴리머를 코팅하는 단계;를 포함하는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 폴리머는 폴리아크릴로니트릴(PAN:Polyacrylonitrile), 폴리올레핀(Polyolefine), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리에스테르(Polyester), 아라미드(Aramide), 아크릴 고분자(Acrylic polymer), 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF:Polyvinylidene Fluoride), 아세트산 비닐 수지(PVA:Polyvinyl Acetate), 나일론(Nylon) 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 용액은 상기 폴리머를 다이메틸폼아마이드(DMF:Dimethylformamide)로 녹여 생성되는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 폴리머로 폴리아크릴로니트릴(PAN:Polyacrylonitrile)을 적용할 경우,

상기 전기방사를 위한 전기방사 장치의 주사기와 접지부 사이의 거리를 5 ~ 10cm를 유지한 상태에서 5 ~ 20kV의 설정전압과 1.0 mL/1h의 주사율 조건에서 2시간 이상 전기방사하여 상기 나노섬유층을 형성하는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 링클 기판을 형성하는 단계는,

섭씨 60 ~ 100 ℃의 온도에서 2시간 이상 상기 나노섬유층을 건조하는 단계와, 40초 ~ 1분간 상기 폴리스타이렌 필름에 섭씨 130 ~ 150℃의 온도를 가하여 상기 나노섬유층과 일체로 주름을 형성하는 단계를 포함하는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 폴리아닐린을 코팅하는 단계는 40분 이상 수행되는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 폴리스타이렌 필름을 준비하는 단계는, 상기 전기방사를 위한 전기방사 장치의 접지부에 상기 폴리스타이렌 필름을 부착하는 단계를 포함하는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 전도성 폴리머는, 폴리아닐린(PANI:Polyaniline)을 포함하는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항의 제조방법으로 제조되는, 슈퍼 커패시터용 전극.

청구항 10

청구항 9의 전극을 포함하는, 슈퍼 커패시터.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예는 간단한 공정으로 저렴하게 대량 생산이 가능하며 유효 면적을 넓힘으로써 전기에너지의 저장량을 증가시켜 이를 포함하는 슈퍼 커패시터의 전기적 성능을 극대화할 수 있는 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법 및 이로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극 및 슈퍼 커패시터에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 일반적으로, 슈퍼 커패시터(super capacitor)라고 불리는 전기 에너지 저장장치는 급속 고효율의 충반전 및 반영구적인 수명이 특징인 에너지 장치로서 전기를 저장하고 방출하는 원리에 따라 전기이중층 커패시터(electric double layer capacitor:EDLC)와 유사 커패시터(pseudocapacitor)로 분류된다.

[0004] 여기서, 상기 전기이중층 커패시터는 주로 탄소 기반의 다공성 활성탄을 전극재료로 사용하여 전해질과 전극 계면에 전기 이중층을 형성하여 정전기적 인력에 의한 전하의 흡탈착으로 전기에너지의 저장과 방출이 이루어진다.

[0005] 그리고, 유사 커패시터는 전도성 고분자 및 금속산화물을 사용하여 패러데이 산화/환원 반응에 의해 전하를 저장하는 방식이다.

[0006] 최근, 고성능 슈퍼 커패시터의 개발 필요성이 대두됨에 따라 두 가지를 하이브리드(hybrid)하여 성능을 개선시키는 연구가 진행되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1950783호 (2019.02.15.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 실시예는 슈퍼 커패시터용 전극의 유효면적을 넓힘으로써 전기에너지의 저장량을 증가시켜 전기적 성능을 극대화할 수 있는 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법 그리고 이로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극 및 슈퍼 커패시터를 제공하기 위한 것이다.

[0010] 그리고, 본 발명의 실시예는 전기적 출력 성능을 높이면서도 간단한 공정으로 저렴하게 대량 생산이 가능한 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법 그리고 이로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극 및 슈퍼 커패시터를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 폴리스타이렌(PS:Polystyrene) 필름을 준비하는 단계; 상기 폴리스타이렌 필름의 일면에 전기방사에 사용 가능한 폴리머를 포함하는 용액을 전기방사하여 나노섬유층이 구축된 기판을 형성하는 단계; 상기 기판에 열을 가하여 상기 나노섬유층 및 상기 폴리스타이렌 필름에 일체로 주름을 형성하여 링클(wrinkle)기판을 형성하는 단계; 및 상기 링클기판의 주름진 나노섬유층에 전도성 폴리머를 코팅하는 단계;를 포함하는, 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법이 제공된다.

[0013] 여기서, 상기 폴리머는 폴리아크릴로니트릴(PAN:Polyacrylonitrile), 폴리올레핀(Polyolefine), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리에스테르(Polyester), 아라미드(Aramide), 아크릴 고분자(Acrylic polymer), 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF:Polyvinylidene Fluoride), 아세트산 비닐 수지(PVA:Polyvinyl Acetate), 나일론(Nylon) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0014] 그리고, 상기 나노섬유층을 형성하기 위하여 상기 폴리스타이렌 필름에 전기방사되는 용액은 상기 폴리머를 다이메틸폼아마이드(DMF:Dimethylformamide)로 50 ~ 70 ℃의 온도에서 1시간 이상 교반을 하여 폴리머를 녹여 생성할 수 있다.

[0015] 이때, 상기 폴리머로 폴리아크릴로니트릴(PAN:Polyacrylonitrile)을 적용할 경우, 상기 전기방사를 위한 전기방사 장치의 주사기와 접지부 사이의 거리를 5 ~ 10cm를 유지한 상태에서 5 ~ 20kV의 설정전압과 1.0 mL/1h의 주사율 조건에서 2시간 이상 전기방사를 진행하여 상기 나노섬유층을 형성하는 것이 바람직하다.

[0016] 한편, 상기 링클 기판을 형성하는 단계는, 섭씨 60 ~ 100 ℃의 온도에서 2시간 이상 상기 나노층을 건조하는 단계와, 40초 ~ 1분간 상기 폴리스타이렌 필름에 섭씨 130 ~ 150 ℃의 온도를 가하여 상기 나노섬유층과 일체로 주름을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 다른 한편, 상기 전도성 폴리머는 폴리아닐린(PANI:Polyaniline)을 포함할 수 있으며, 이때 상기 폴리아닐린을 코팅하는 단계는 40분 이상 수행하여 이를 포함하는 전극의 레지스턴스(Resistance)를 낮춤으로써 전도성 등 전기적 성능을 향상할 수 있다.

[0018] 또 다른 한편, 상기 폴리스타이렌 필름을 준비하는 단계는, 상기 전기방사를 위한 전기방사 장치의 접지부에 상기 폴리스타이렌 필름을 부착하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, 상술한 제조방법으로 제조되는 슈퍼 커패시터용 전극 및 이를 포함하는 슈퍼 커패시터가 제공된다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 실시예에 따르면, 슈퍼 커패시터용 전극의 유효면적을 넓힘으로써 전기에너지의 저장량을 증가시킬 수 있고 이로 인해 슈퍼 커패시터의 전기적 출력 성능을 극대화할 수 있는 이점이 있다.

[0023] 그리고, 본 발명의 실시예에 따르면, 슈퍼 커패시터의 전기적 성능을 높이면서도 간단한 제조공정으로 저렴한 제조비용으로 슈퍼 커패시터의 대량 생산을 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법을 개략적으로 나타낸 구성도

도 2는 도 1의 링클기판의 일체로 주름진 폴리스타이렌 필름 및 나노섬유층을 주사전자현미경(SEM)으로 취득한 이미지를 나타낸 도면

도 3은 도 1의 링클기판의 주름진 나노섬유층에 폴리아닐린을 코팅하는 시간에 따른 레지스턴스값을 나타낸 그래프

도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법으로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극을 갖는 슈퍼 커패시터의 실시예와 다른 비교예들의 커패시터 출력 성능을 비교한 그래프들로서,

도 4a는 순환 전압전류법(Cyclic voltammetry)에 의한 비교 그래프

도 4b는 정전류식 충방전(Galvanostatic charge/discharge)에 의한 비교 그래프

도 4c는 전류밀도(Current density)에 따른 단위 면적당 커패시턴스(Areal capacitance)를 비교하여 나타낸 그래프

도 4d는 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectronization:EIS)에 의한 비교 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 개시되는 실시예들은 이에 제한되지 않는다.

[0027] 실시예들을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 개시되는 실시예들의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 개시되는 실시예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법을 개략적으로 나타낸 구성도이며, 도 2는 도 1의 링클기판의 일체로 주름진 폴리스타이렌 필름 및 나노섬유층을 주사전자현미경(SEM)으로 취득한 이미지를 나타낸 도면이고, 도 3은 도 1의 링클기판의 주름진 나노섬유층에 폴리아닐린을 코팅하는 시간에 따른 레지스턴스값을 나타낸 그래프이다.

[0030] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 슈퍼 커패시터용 전극의 제조방법은, 크게 폴리스타이렌(PS:Polystyrene:110) 필름을 준비하는 단계와, 상기 폴리스타이렌 필름(110)의 일면에 전기방사에 사용 가능한 폴리머를 포함하는 용액(120a)을 전기방사하여 나노섬유층(120)이 구축된 기판(101)을 형성하는 단계와, 상기 기판(101)에 열을 가하여 상기 나노섬유층(120) 및 상기 폴리스타이렌 필름(110)에 일체로 주름을 형성하여 링

클(wrinkle) 나노섬유층(121)과 링클(wrinkle) 폴리스타이렌 필름(111)을 포함하는 링클(wrinkle) 기판(101)을 형성하는 단계와, 상기 링클 나노섬유층(121)에 전도성 폴리머를 코팅하여 링클 전도성 나노섬유층(122)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0031] 여기서, 상기 폴리스타이렌 필름(110)을 준비하는 단계는, 자세하게 도시하진 않았지만 상기 전기방사를 위한 전기방사 장치의 접지부에 상기 폴리스타이렌 필름(110)을 부착하는 단계까지를 포함할 수 있다.

[0032] 다음, 상기 폴리머는 폴리아크릴로니트릴(PAN:Polyacrylonitrile), 폴리올레핀(Polyolefine), 폴리아마이드(Polyamide), 폴리에스테르(Polyester), 아라미드(Aramide), 아크릴 고분자(Acrylic polymer), 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF:Polyvinylidene Fluoride), 아세트산 비닐 수지(PVA:Polyvinyl Acetate), 나일론(Nylon) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0033] 그리고, 상기 나노섬유층(120)을 형성하기 위하여 상기 폴리스타이렌 필름(110)에 전기방사되는 용액(120a)은 상기 폴리머를 다이메틸폼아마이드(DMF:Dimethylformamide)로 50 ~ 70 ℃의 온도에서 1시간 이상 교반을 하여 폴리머를 녹여 생성할 수 있다.

[0034] 이때, 상기 폴리머로 폴리아크릴로니트릴(PAN:Polyacrylonitrile)을 적용할 경우, 일 예로 상기 폴리아크릴로니트릴은 상기 용액(120a)의 5 ~ 20 wt%의 비율로 포함될 수 있다.

[0035] 또한, 상기 전기방사과정은 전기방사를 위한 장치의 주사기와 상기 폴리스타이렌 필름(110)이 부착된 접지부 사이의 거리를 5 ~ 10cm를 유지한 상태에서 5 ~ 20kV의 설정전압과 1.0 mL/1h의 주사율 조건에서 2시간 이상 전기방사를 진행하여 상기 나노섬유층(120)을 형성하는 공정을 포함하는 것이 바람직하다.

[0036] 다음, 상기 링클 기판(111)을 형성하는 단계는, 섭씨 60 ~ 100 ℃의 온도에서 2시간 이상 상기 나노섬유층(120)을 건조하는 단계와, 40초 ~ 1분간 상기 폴리스타이렌 필름(110)에 섭씨 130 ~ 150℃의 온도를 가하여 상기 폴리스타이렌 필름(110)과 상기 나노섬유층(120)에 동시에 일체로 주름을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0037] 즉, 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 나노섬유층(120)을 건조하는 단계를 거치면서 상기 폴리스타이렌 필름(110)과 상기 나노섬유층(120)을 견고하게 일체화할 수 있고, 이후 상기 폴리스타이렌 필름(110)과 상기 나노섬유층(120)에 동시에 주름을 형성하여 상호 상응하는 주름을 갖는 링클 폴리스타이렌 필름(111) 및 링클 나노섬유층(121)을 형성할 수 있다.

[0038] 이로 인해, 상기 링클 폴리스타이렌 필름(111)과 상기 링클 나노섬유층(121)의 접합성 및 주름의 일체성을 높임으로써 상호 간의 전기 전도율을 최적화 및 최대화할 수 있어 이를 포함하는 슈퍼 커패시터의 충방전 등 전기적 성능을 극대화할 수 있다.

[0039] 다음, 상기 전도성 폴리머는 폴리아닐린(PANI:Polyaniline)을 포함할 수 있으며, 이에 상기 링클 기판(111)의 링클 나노섬유층(121)에 전도성 폴리머를 코팅함으로써 링클 전도성 나노섬유층(122)과 링클 폴리스타이렌 필름(111)을 갖는 코팅 링클 기판(102)을 형성할 수 있다.

[0040] 따라서, 상기 링클 나노섬유층(121)에 전도성 폴리머인 상기 폴리아닐린을 코팅함으로써 이를 포함하는 슈퍼 커패시터용 전극은 용이하게 전도성을 가지고 산화/환원 반응을 원활하게 유도할 수 있다.

[0041] 이때, 도 3에 도시된 바와 같이 상기 폴리아닐린을 코팅하는 단계는 40분 이상 수행하여 이를 포함하는 전극의 레지스턴스(Resistance)를 낮춤으로써 전도성과 전기 출력 등 전기적 성능을 더욱 향상할 수 있다.

[0042] 이후, 상기와 같이 구성된 코팅 링클 기판(102)에 탄소 섬유(130)와 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF:Polyvinylidene Fluoride:140)을 구비함으로써 슈퍼 커패시터를 제조할 수 있다.

[0043] 한편, 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법으로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극을 갖는 슈퍼 커패시터의 실시예와 다른 비교예들의 커패시터 출력 성능을 비교한 그래프들로서, 도 4a는 순환 전압전류법(Cyclic voltammetry)에 의한 비교 그래프이고, 도 4b는 정전류식 충방전(Galvanostatic charge/discharge)에 의한 비교 그래프이며, 도 4c는 전류밀도(Current density)에 따른 단위 면적당 커패시턴스(Areal capacitance)를 비교하여 나타낸 그래프이고, 도 4d는 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectronization:EIS)에 의한 비교 그래프이다.

[0044] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 제조방법으로 제조된 슈퍼 커패시터용 전극을 갖는 슈퍼 커패시터의 실시예(W-PS/PAN)와 그 비교예들로서 평평한 나노섬유층에 전도성 폴리머가 코팅된 비교예 1(PAN)과 주름진 폴리스타이렌 필름에 전도성 폴리머가 코팅된 비교예 2(W-PS)를 네 가지 테스트를 수행한 결과를 도 4a 내지 도 4d에 도시하

였다.

[0045] 먼저, 도 4a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예(W-PS/PAN)와 비교예 1(PAN) 및 비교예 2(W-PS)를 순환 전압 전류법을 이용한 테스트 수행 결과, 본 실시예(W-PS/PAN)가 비교예 1, 2(PAN, W-PS)에 비하여 전압(Voltage) 대비 전류밀도(Current density)가 가장 높으며 이에 동일 조건에서 단위면적당 전류의 유동량이 가장 높아 전기적 출력 성능이 뛰어난 것을 알 수 있다.

[0046] 다음, 도 4b에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예(W-PS/PAN)와 비교예 1(PAN) 및 비교예 2(W-PS)를 정전류식 충방전 테스트 수행 결과, 본 실시예(W-PS/PAN)가 비교예 1, 2(PAN, W-PS)에 비하여 시간 대비 포텐셜(Potential) 즉, 전기 에너지의 충방전 성능이 우수한 것을 알 수 있다.

[0047] 그리고, 도 4c에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예(W-PS/PAN)와 비교예 1(PAN) 및 비교예 2(W-PS)를 전류 밀도 대비 단위 면적당 커패시턴스(Areal capacitance) 테스트 수행 결과, 본 실시예(W-PS/PAN)가 비교예 1, 2(PAN, W-PS)에 비하여 전류 밀도 대비 전기용량이 월등히 높은 것을 알 수 있다.

[0048] 또한, 도 4d에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예(W-PS/PAN)와 비교예 1(PAN) 및 비교예 2(W-PS)를 임피던스 분광법(EIS:Electrochemical Impedance Spectronization) 테스트 수행 결과, 본 실시예(W-PS/PAN)가 비교예 2(W-PS)에 비하여 와버그 임피던스(Warburg Impedance) 성능이 우수한 것을 알 수 있다.

[0049] 즉, 전기적 성능을 테스트하는 모든 측정에서 본 발명의 실시예(W-PS/PAN) 즉, 링클 폴리스타이렌 필름(111)과 상호 대응되는 주름을 갖고 전도성 폴리머가 코팅된 링클 전도성 나노섬유층(122)의 하이브리드 구조를 가진 슈퍼 커패시터용 전극이 가장 높고 우수한 전기적 성능을 가지는 것을 알 수 있다.

[0051] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0053] 101 : 링클 기판

102 : 코팅 링클 기판

110 : 폴리스타이렌 필름

111 : 링클 폴리스타이렌 필름

120 : 나노섬유층

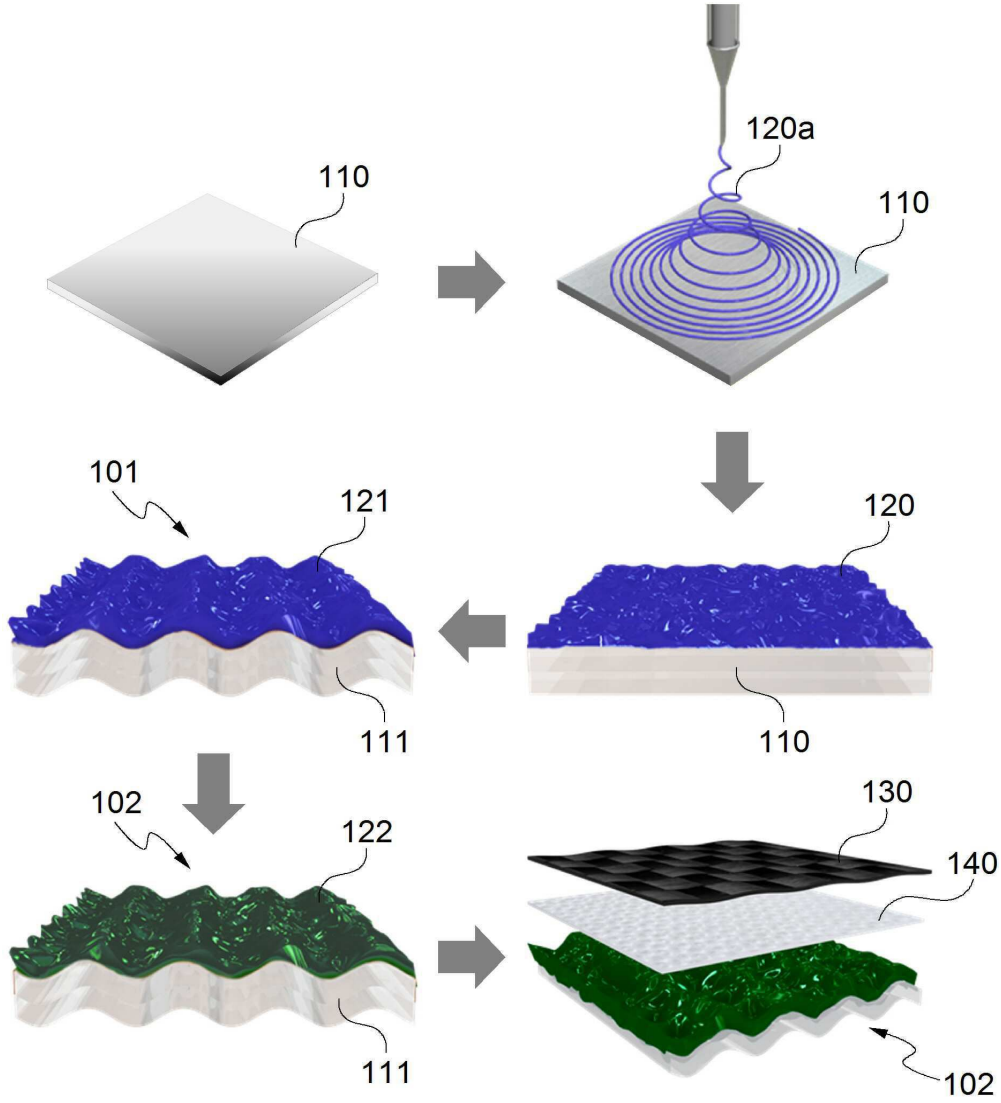
120a : 용액

121 : 링클 나노섬유층

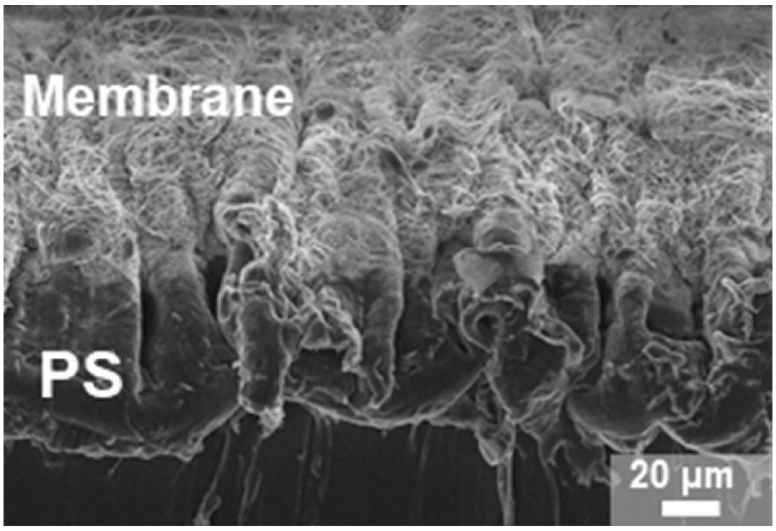
122 : 링클 전도성 나노섬유층

도면

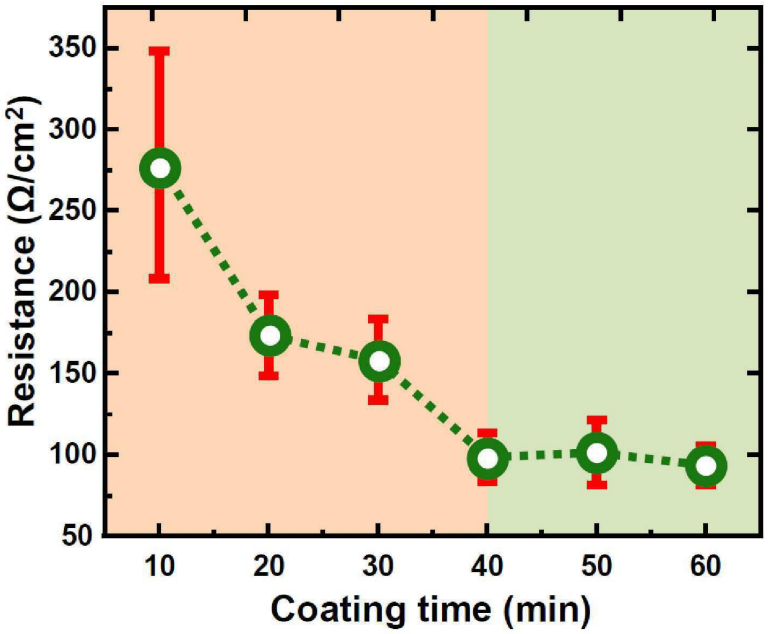
도면1



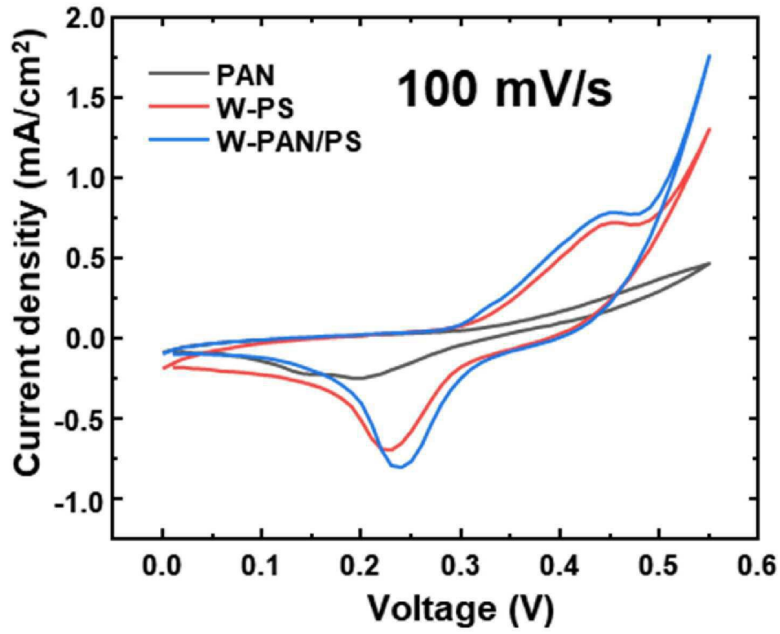
도면2


Membrane
PS
20 μm

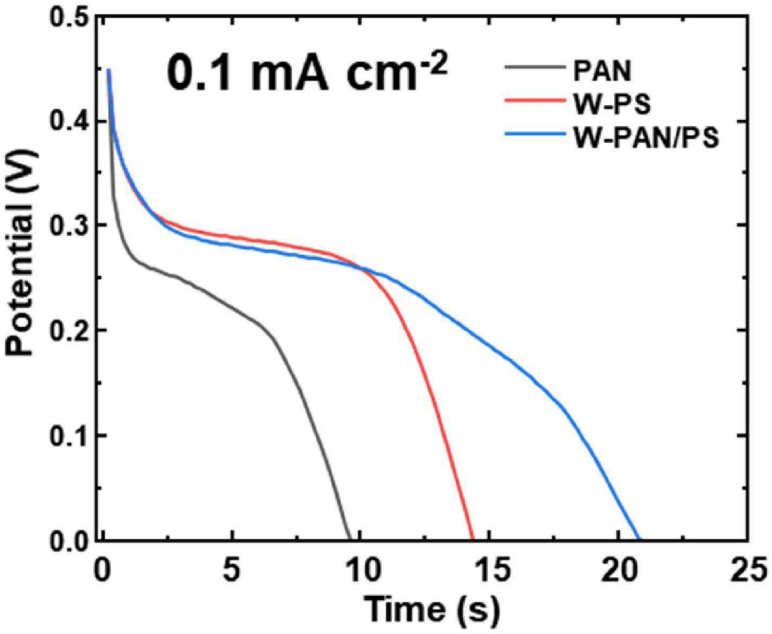
도면3


Resistance (Ω/cm²)
350
300
250
200
150
100
50
10
20
30
40
50
60
Coating time (min)

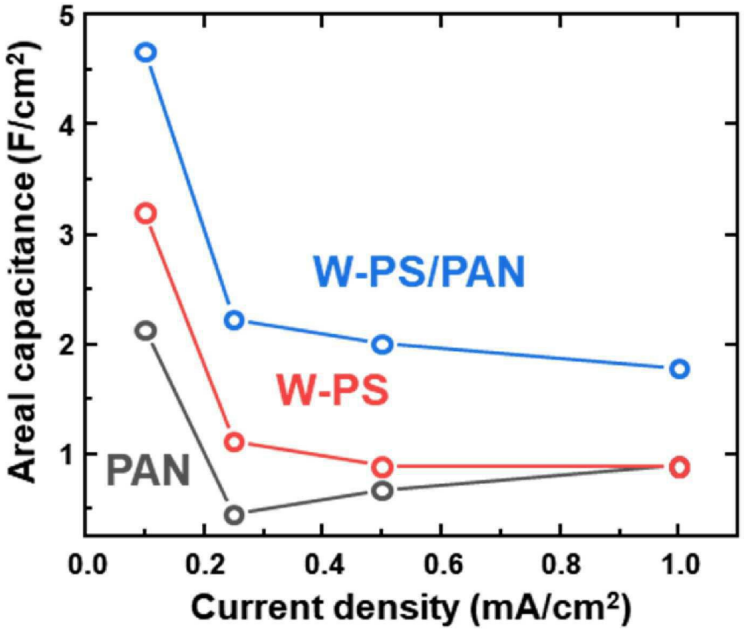
도면4a


100 mV/s
PAN
W-PS
W-PAN/PS
Current density (mA/cm²)
Voltage (V)
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6

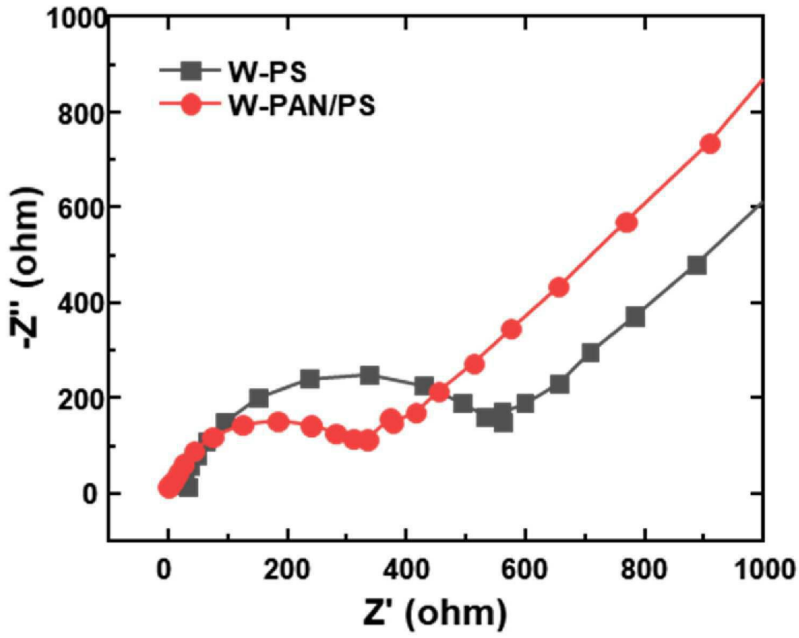
도면4b


0.1 mA cm-2
PAN
W-PS
W-PAN/PS
Potential (V)
Time (s)
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
0
5
10
15
20
25

도면4c


Areal capacitance (F/cm²)
Current density (mA/cm²)
W-PS/PAN
W-PS
PAN
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1
2
3
4
5

도면4d


-Z'' (ohm)
Z' (ohm)
W-PS
W-PAN/PS
0
200
400
600
800
1000