

**(19) 대한민국특허청(KR)**
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0074809

(43) 공개일자 2025년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01B 1/22 (2006.01) *H01B 1/02* (2006.01)*H01B 13/00* (2006.01) *H01B 3/30* (2006.01)*H01B 5/14* (2006.01) *H02N 1/04* (2006.01)*H02N 1/06* (2006.01) *B82Y 30/00* (2017.01)

(52) CPC특허분류

H01B 1/22 (2013.01)*H01B 1/023* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0161152

(22) 출원일자 2023년11월20일

심사청구일자 2023년11월20일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(주)메타포어

경기도 수원시 영통구 창릉대로256번길 77, 202호, 204호(이의동, 에이스광고타워3차)

(72) 발명자

최동휘

경기도 화성시 동탄대로1길 66 2844동 1803호

감동익

경기도 용인시 기흥구 관곡로 16 507동 303호(신갈동 갈현마을 현대홈타운)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

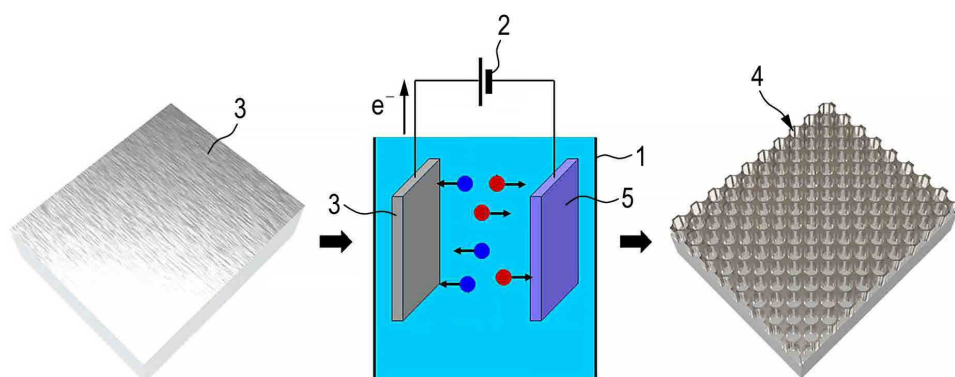
특허법인 아이퍼스

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기

(57) 요약

본 발명은 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 고유전율 복합재로서, 양극산화금속 미세입자; 및 상기 양극산화금속 미세입자가 혼합되는 고분자 용액;을 포함하여 미세입자 혼합용액을 코팅 건조하여 형성된 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재에 관한 것이다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

H01B 13/00 (2013.01)
H01B 3/30 (2013.01)
H01B 5/14 (2020.05)
H02N 1/04 (2013.01)
H02N 1/06 (2013.01)
B82Y 30/00 (2013.01)

(72) 발명자

권기락

경기도 용인시 기흥구 서그내로 26, 204호 (서천동, 대성주택)

정영

서울특별시 양천구 목동중앙로 143 목동우성1차 103동 502호

이재혁

경기도 수원시 영통구 삼성로277번길 41-18, 201호 (원천동, 하나타운)

이창규

서울특별시 서초구 사평대로53길 134-7, 104호 (반포동)

서보성

경기도 수원시 영통구 청명로 10 1302호(영통동)

홍정표

서울특별시 양천구 신정로 260, 406동 404호 (신정동, 신트리4단지아파트)

이정원

경기도 화성시 동탄대로4가길 26, 3337동 705호 (장지동, 제일풍경채 에듀&파크)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711182406
과제번호	2022R1C1C1008831
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	우수신진연구
연구과제명	적응형 하이브리드 바람 에너지 하베스팅 기술 기반 에너지 자립형 원격 환경 모니터링 시스템 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2022.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345370634
과제번호	LINC3.0-2023-15
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	LINC 3.0 산학공동기술개발과제, 시제품제작지원사업
연구과제명	나노 다공성 양극산화알루미늄 박막의 반복 분리 기술 및 이를 활용한 우유 엑소좀 필터링 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2023.06.07 ~ 2023.12.06

명세서

청구범위

청구항 1

고유전율 복합재로서,

양극산화금속 미세입자; 및

상기 양극산화금속 미세입자가 혼합되는 고분자 용액;을 포함하여 미세입자 혼합용액을 코팅 건조하여 형성된 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 양극산화금속은 양극산화알루미늄이고,

상기 미세입자는 양극산화알루미늄을 기계적 분쇄하여 제조되는 나노입자인 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 양극산화알루미늄은 양극산화공정을 통해 나노포어를 갖는 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 고분자 용액은 PDMS인 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재.

청구항 5

마찰대전 나노발전기로서,

제1전극층;

상기 제1전극층 상에 구비되며 제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 따른 복합재로 구성되는 유전층; 및

상기 유전층과 특정간격 이격되어 배치되고 상기 제1전극층과 전기적으로 연결되는 제2전극층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 고유전율 복합재를 이용한 마찰대전 나노발전기

청구항 6

제 5항에 따른 마찰대전 나노발전기의 동작방법으로서,

제2전극층이 상기 유전층에 접촉되면 서로 다른 전하로 대전되는 제1단계; 및

제2전극층이 상기 유전층과 분리되어 원위치로 돌아가려하면 전기적 평형을 위해 제2전극층의 전하들이 제1전극

층으로 유도되는 제 2단계; 및

상기 제2전극층이 상기 유전층에 근접해 지면서 제1전극층의 전하가 상기 제2전층으로 유도되는 단계;을 포함하고,

외부 에너지의 인가에 따라 상기 제1단계 내지 제 3단계가 반복되며 에너지가 하베스팅되는 것을 특징으로 하는 고유전율 복합재를 이용한 마찰대전 나노발전기의 작동방법.

청구항 7

고유전율 복합재의 제조방법으로서,

양극산화공정을 통해 양극산화금속을 제조하는 1단계;

상기 양극산화금속을 기계적 분쇄하여 미세입자를 제조하는 2단계;

양극산화금속 미세입자와 고분자 용액을 혼합하여 복합재 용액을 제조 3단계;

상기 복합재 용액을 필름형태로 제조하는 4단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 형성된 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 1단계에서 제조되는 양극산화금속은 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막인 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법.

청구항 9

제 8항에 있어서

상기 1단계는 알루미늄 기판에 대하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막이 제조되는 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 2단계는 볼밀공정을 통해 양극산화알루미늄 나노입자가 제조되는 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 제3단계는, 고분자 용액에 상기 양극산화알루미늄 나노입자를 혼합하여 공자전믹서를 사용하여 혼합하는 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 제3단계에서 상기 양극산화알루미늄은 3중량 %이상 혼합되는 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반

고유전율 복합재의 제조방법.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 제4단계에서 복합재 혼합물을 바코터를 이용하여 코팅한 후 경화시켜 복합재 필름을 제조하는 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법

청구항 14

제 9항에 있어서,

상기 1단계에서, 알루미늄 기판에 대하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막이 제조되는 것은, 알루미늄기판에 전해 연마를 진행하는 단계, 1차 양극산화처리(1st anodizing)를 진행하는 단계, 에칭단계, 2차 양극산화처리 단계, 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막을 분리하는 단계를 포함하고, 상기 2차 양극산화처리 단계, 및 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막을 분리하는 단계를 반복하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막이 제조하는 것을 특징으로 하는 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마찰대전 나노발전기(TENG(Triboelectric nanogenerator))는 맥스웰 방정식에 따라 작은 기계적 에너지를 전기 에너지로 변환하는 기술이다. TENG는 가벼운 무게, 광범위한 재료 가용성, 저렴한 비용 및 간단한 제조와 같은 장점으로 인해 현재 및 향후 일상 생활에 배포되는 수많은 저전력 전자 장치/센서를 구동할 수 있는 휴대용 전 원으로서 큰 잠재력을 가지고 있다.

[0003] 마찰 대전 및 정전기 유도에 기반한 기본 메커니즘을 따르면 대부분의 TENG는 수백 볼트를 초과하는 고전압을 쉽게 생성할 수 있지만 전류 출력(μA 수준)은 높은 내부 임피던스($M\Omega$ 범위)와 낮은 전하 이동($\sim \mu C/m^2$)으로 인해 매우 낮다.

[0004] 여러 종래기술에서 TENG의 전하 이동을 향상시키기 위해 표면 처리, 중간층, 전하 펌핑 및 전하 여기 전략을 도입했다. 그러나 이러한 노력은 μA -mA 수준에서만 전류 출력을 향상시켰다. 높은 임피던스로 인해 발생하는 TENG의 전류 출력 제한은 기존 TENG에 전력 관리 회로를 추가하여 완화할 수 있다. 전압-전류 절충에 기반하고 기존 변압기와 같은 부피가 큰 전기 부품으로 구성된 전력 관리 회로는 TENG의 μA 수준 전류 출력을 mA-A 수준까지 증폭하는 데 사용되었다. 그러나 이러한 회로의 추가 전력 손실이 발생하고 TENG의 무게와 부피가 증가하여 휴대성에 부정적인 영향을 미친다.

[0005] 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 몇 년 동안 본원발명의 발명자들은 mA-A 수준의 높은 전류 출력을 생성하고 효과적인 전기 생성기 역할을 할 수 있는 개선된 TENG 개발을 시도했다. 예를 들어 지난 2년 동안 도체 사이의 직접적인 전자 흐름을 통해 mA 수준의 전류 출력을 쉽게 생성할 수 있는 도체-도체 접촉 TENG가 설계되었다.

[0006] 2021년에 트랜지스터와 같은 도체-도체 접촉 TENG는 37A의 피크 전류를 출력했으며, 이는 TENG 분야에서 보고된 최고 출력이다. 2022년에는 스파크 갭 구조의 회전 TENG가 개발되었으며, 피크 전류 출력은 10A였다. 이러한 전류 출력은 뛰어나지만 복잡한 설계 및 구조로 개발된 장치에만 해당된다. 일상생활의 다양한 실용성을 고려하여 A-레벨 이상의 현재 출력 향상을 위한 보다 간단하고 혁신적인 전략이 필요하다. 이를 위해서는 어떤 TENG에도 쉽게 적용할 수 있는 폭넓은 설계 가이드라인을 수립해야 한다.

[0007] 또한 알루미늄은 지구에 존재하는 가장 흔한 금속 중 하나다. 이러한 알루미늄으로부터 전기화학적 공정을 통해 세라믹인 양극 산화 알루미늄을 제작하여 다양한 기술에 활용되고 있다.

[0008] 본 발명에서는 이렇게 제작된 양극 산화 알루미늄을 알루미늄으로부터 연속적으로 제작-분리하여 분쇄 후 고분자와 혼합된 복합재를 제안한다. 순수 고분자에 양극 산화 알루미늄 나노 입자를 첨가함으로써, 순수 고분자 대비 높은 유전율의 재료를 얻을 수 있다. 고유전율의 복합재는 마찰대전 현상과 정전기 유도 효과를 기반으로 하는 마찰대전 나노발전기의 출력을 증가시킬 수 있다. 이는 재료의 고유전율에 의해서 더 많은 전하가 이동함으로써 높은 출력이 나타나게 되기 때문이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-0949374

(특허문헌 0002) 일본 등록특허 JP 4194747

(특허문헌 0003) 일본 등록특허 JP 7055821

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 고분자 매트릭스 내 양극 산화 알루미늄 나노 입자가 혼합된 고유전율의 복합재를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0011] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 복합재는 고유전율을 갖는 유전층으로서 마찰대전 나노발전기의 출력 향상에 활용될 수 있는, 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따르면, 하나의 알루미늄 판으로부터 연속적인 양극 산화 알루미늄 박막을 제작-박리하고 분쇄 후 고분자와 혼합함으로써 제작될 수 있어 결과적으로, 양극 산화 알루미늄 나노 입자의 첨가는 순수 고분자 대비 유전율 증가를 얻을 수 있으며, 유전율 증가는 마찰대전 현상과 정전기 유도 효과를 기반으로 하는 마찰대전 나노발전기의 출력 증가 또한 가능케 할 수 있는, 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0013] 그리고 본 발명의 실시예에 따르면, 양극 산화 알루미늄 나노 입자와 고분자로 이루어진 고유전율의 복합재이기 때문에, 마찰대전 나노발전기의 주요 재료로 활용될 수 있고, 이 뿐만 아니라, 유전율이 중요한 반도체, 배터리 등의 전자소자에 충분히 활용 가능한, 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 알루미늄은 지구에서 가장 흔한 금속 중 하나이기 때문에 저렴하여 경제적이고, 따라서, 전기화학적 공정을 통해서 제작되는 양극 산화 알루미늄을 연속적으로 제작-분리한다면 경제적인 기대를 가질 수 있고, 또한, 새로운 재료의 합성이 아닌 양극 산화 알루미늄 나노 입자의 첨가를 통한 재료의 유전율 증가 또한 상대적으로 경제적 효과를 기대할 수 있는, 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0015] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 제1목적은 고유전율 복합재로서, 양극산화금속 미세입자; 및 상기 양극산화금속 미세입자가 혼합되는 고분자 용액;을 포함하여 미세입자 혼합용액을 코팅 건조하여 형성된 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재로서 달성될 수 있다.

- [0017] 그리고 상기 양극산화금속은 양극산화알루미늄이고, 상기 미세입자는 양극산화알루미늄을 기계적 분쇄하여 제조되는 나노입자인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0018] 또한 상기 양극산화알루미늄은 양극산화공정을 통해 나노포어를 갖는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 그리고 상기 고분자 용액은 PDMS인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 제2목적은, 마찰대전 나노발전기로서, 제1전극층; 상기 제1전극층 상에 구비되며 앞서 언급한 제 1목적에 따른 복합재로 구성되는 유전층; 및 상기 유전층과 특정간격 이격되어 배치되고 상기 제1전극층과 전기적으로 연결되는 제2전극층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 고유전율 복합재를 이용한 마찰대전 나노발전기로서 달성될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 제3목적은, 앞서 언급한 제2목적에 따른 마찰대전 나노발전기의 동작방법으로서, 제2전극층이 상기 유전층에 접촉되면 서로 다른 전하로 대전되는 제1단계; 및 제2전극층이 상기 유전층과 분리되어 원위치로 돌아가려하면 전기적 평형을 위해 제2전극층의 전하들이 제1전극층으로 유도되는 제 2단계; 및 상기 제2전극층이 상기 유전층에 근접해 지면서 제1전극층의 전하가 상기 제2전층으로 유도되는 단계;을 포함하고, 외부 에너지의 인가에 따라 상기 제1단계 내지 제 3단계가 반복되며 에너지가 하베스팅되는 것을 특징으로 하는 고유전율 복합재를 이용한 마찰대전 나노발전기의 작동방법으로서 달성될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 제4목적은, 고유전율 복합재의 제조방법으로서, 양극산화공정을 통해 양극산화금속을 제조하는 1단계; 상기 양극산화금속을 기계적 분쇄하여 미세입자를 제조하는 2단계; 양극산화금속 미세입자와 고분자 용액을 혼합하여 복합재 용액을 제조 3단계; 상기 복합재 용액을 필름형태로 제조하는 4단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 형성된 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법으로서 달성될 수 있다.
- [0023] 그리고 상기 1단계에서 제조되는 양극산화금속은 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0024] 또한 상기 1단계는 알루미늄 기판에 대하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막이 제조되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0025] 그리고 상기 2단계는 볼밀공정을 통해 양극산화알루미늄 나노입자가 제조되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0026] 또한 상기 제3단계는, 고분자 용액에 상기 양극산화알루미늄 나노입자를 혼합하여 공자전믹서를 사용하여 혼합하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0027] 그리고 상기 제3단계에서 상기 양극산화알루미늄은 3중량 %이상 혼합되는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0028] 또한 상기 제4단계에서 복합재 혼합물을 바코터를 이용하여 코팅한 후 경화시켜 복합재 필름을 제조하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0029] 그리고 상기 1단계에서, 알루미늄 기판에 대하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막이 제조되는 것은, 알루미늄기판에 전해 연마를 진행하는 단계, 1차 양극산화처리(1st anodizing)를 진행하는 단계, 에칭 단계, 2차 양극산화처리 단계, 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막을 분리하는 단계를 포함하고, 상기 2차 양극산화처리 단계, 및 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막을 분리하는 단계를 반복하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막이 제조하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명의 실시예에 따른 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기에 따르면, 복합재는 고유전율을 갖는 유전층으로서 마찰대전 나노발전기의 출력 향상에 활용될 수 있다.
- [0031] 본 발명의 실시예에 따른 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기에 따르면, 하나의 알루미늄 판으로부터 연속적인 양극 산화 알루미늄 박막을 제작-박리하고 분쇄 후 고분자와 혼합함으로써 제작될 수 있어 결과적으로, 양극 산화 알루미늄 나노 입자의 첨가는 순수 고분자 대비 유전율 증가를 얻을 수 있으며, 유전율 증가는 마찰대전 현상과 정전기 유도 효과를 기반으로 하는 마찰대전 나노발전기의 출력 증가 또한 가능케 할 수 있는 효과를 갖는다.
- [0032] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기에 따르면, 양극 산화 알루미늄 나노 입자와 고분자로 이루어진 고유전율의 복합재이기 때문에, 마찰대전 나노발전기의 주요 재료로 활용될 수 있고, 이 뿐만 아니라, 유전율이 중요한 반도체, 배터리 등의 전

자소자에 충분히 활용 가능한 장점이 있다.

[0033] 또한 본 발명의 실시예에 따른 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재, 그 제조방법 및 이를 이용한 마찰대전 나노발전기에 따르면, 알루미늄은 지구에서 가장 흔한 금속 중 하나이기 때문에 저렴하여 경제적이고, 따라서, 전기화학적 공정을 통해서 제작되는 양극 산화 알루미늄을 연속적으로 제작-분리한다면 경제적인 기대를 가질 수 있고, 또한, 새로운 재료의 합성이 아닌 양극 산화 알루미늄 나노 입자의 첨가를 통한 재료의 유전율 증가 또한 상대적으로 경제적 효과를 기대할 수 있다.

[0034] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0035] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석 되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄의 제조공정도,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막 제작-분리 공정,

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 볼밀 공정을 통한 양극산화알루미늄 나노입자,

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재 제조공정,

도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 양극산화알루미늄(이하 AAO) 제작을 위한 전기화학 공정

도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 AAO 제작 과정 및 연속적 AAO 박막 제작을 위한 과정

도 5c는 AAO 및 AAO 박막 실제 사진(스케일 바 : 1cm)

도 5d는 AAO 박막의 윗면, 아랫면, 단면의 SEM 이미지(스케일 바 : 200nm/200nm/2um)

도 5e Ball mill 공정을 통한 AAO 박막의 분쇄

도 5f는 AAO 나노 입자와 고분자의 혼합

도 5g는 Bar coating을 통한 AAO 나노 입자가 함유된 고분자 복합재 필름 형성

도 5h 분쇄 후 AAO 나노 입자의 SEM/EDS 이미지(스케일 바 : 5 um),

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 고분자 용액에 혼합되는 AAO나노입자의 중량%별 정전용량 그래프,

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 복합재를 유전층으로 하는 마찰대전나노발전기의 작동 매커니즘,

도 8 및 도 9a는 본 발명의 실시예에 따른 고분자 용액에 혼합되는 AAO나노입자의 중량%별 마찰대전나노발전기의 출력,

도 9b는 AAO 입자 함량에 따른 고분자 복합재의 capacitance 비교,

도 9c는 AAO 입자 함량이 7 wt%인 복합재 TENG의 전압 거동

도 9d는 AAO 입자 함량이 7 wt%인 복합재 TENG의 전류 거동

도 10a AAO 입자 함량이 7 wt%인 복합재 TENG의 최적 저항 실험

도 10b는 AAO-고분자 복합재 TENG를 통한 capacitor 충전 그래프,

도 10c 내지 도 10e는 AAO-고분자 복합재 TENG를 통한 LED 구동 사진,

도 10f 내지 도 10h는 AAO-고분자 복합재 TENG를 통한 계산기 및 온습도계 구동을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을

통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

- [0037] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.
- [0038] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.
- [0039] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0040] 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.
- [0042] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재의 구성 및, 그 제조방법, 그리고 이를 이용한 마찰대전 나노발전기에 대해 설명하도록 한다.
- [0043] 본 발명의 실시예에 따른 금속을 알루미늄에 해당한다. 그러나 본 발명의 권리범위는 청구범위에 의해 해석되어야 하며, 본 발명의 기술적 특징을 발현할 수 있다면 다른 금속도 가능하다. 이하에서는 알루미늄을 실시예로 하여 설명하도록 한다.
- [0044] 본 발명의 실시예에 따른 양극산화알루미늄 나노입자 기반 고유전율 복합재는, 양극산화알루미늄 나노입자, 및 양극산화알루미늄 나노입자가 혼합되는 고분자 용액을 포함하여 미세입자 혼합용액을 코팅 건조하여 형성되어진다.
- [0045] 또한 나노입자는 양극산화알루미늄을 기계적 분쇄하여 제조되는 나노입자이다. 그리고 양극산화알루미늄은 양극산화공정을 통해 나노포어를 갖도록 구성된다.
- [0046] 본 발명의 실시예에서 고분자 용액은 PDMS일 수 있다.
- [0048] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄의 제조공정도를 도시한 것이다. 그리고 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막 제작-분리 공정을 나타낸 것이다.
- [0049] 또한 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 볼밀 공정을 통한 양극산화알루미늄 나노입자를 도시한 것이다.
- [0050] 그리고 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 양극산화금속 입자 기반 고유전율 복합재 제조공정을 도시한 것이다.
- [0051] 본 발명의 실시예에 따른 양극산화알루미늄 나노입자 기반 고유전율 복합재의 제조방법은, 양극산화공정을 통해 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄층(4)을 제조하는 1단계, 이러한 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄층(4)을

기계적 분쇄하여 나노입자(6)를 제조하는 2단계, 양극산화알루미늄 나노입자(6)와 고분자 용액(7)을 혼합하여 복합재 용액을 제조 3단계, 복합재 용액을 필름형태로 제조하는 4단계를 포함한다.

- [0052] 도 5a는 본 발명의 실시예에 따른 양극산화알루미늄(이하 AAO) 제작을 위한 전기화학 공정을 나타낸 것이다.
- [0053] 양극산화공정(1) 중 양극에 알루미늄기관(3)을 연결하고, 이를 음극과 함께 산 용액에 담겨서 전압을 가하면(2) 나노 포어를 가진 양극 산화 알루미늄층(박막)(4)을 제조할 수 있다.
- [0054] 이러한 1단계에서 제조되는 양극산화알루미늄층은 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄(AAO) 박막(4)이며, 알루미늄 기관(3)에 대하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막(4)이 제조되게 된다.
- [0055] 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 AAO 제작 과정 및 연속적 AAO 박막 제작을 위한 과정을 도시한 것이다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 1단계에서, 알루미늄 기관(3)에 대하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막(4)이 제조되는 것은, 알루미늄기관(3)에 전해 연마를 진행하는 단계, 1차 양극산화처리(1st anodizing)를 진행하는 단계, 에칭단계를 진행하게 된다.
- [0056] 그리고, 2차 양극산화처리 단계, 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막(4)을 분리하는 단계를 포함하고, 이러한 2차 양극산화처리 단계, 및 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막(4)을 분리하는 단계를 반복하여 연속적으로 나노포어를 갖는 양극산화알루미늄 박막(4)이 제조하게 된다. 도 5c는 AAO 및 AAO 박막 실제 사진(스케일 바 : 1cm)을 나타낸 것이다. 도 5d는 AAO 박막의 윗면, 아랫면, 단면의 SEM 이미지(스케일 바 : 200nm/200nm/2um)를 나타낸 것이다.
- [0058] 그리고 2단계는 볼밀공정(10)을 통해 양극산화알루미늄 나노입자가 제조되게 된다. 즉, 하나의 알루미늄기관(3)으로부터 양극산화알루미늄 박막(4)의 연속적인 제작-분리 후 볼밀 공정(10)의 지르코니아 볼(11)을 통해 분쇄하여 양극산화알루미늄 나노입자(6)를 제조하게 된다. 도 5e Ball mill 공정을 통한 AAO 박막의 분쇄를 나타낸 모식도이다.
- [0059] 그리고 제3단계는, 고분자 용액(7)에 양극산화알루미늄 나노입자(6)를 혼합하여 공자전믹서(20)를 사용하여 믹싱하게 된다. 도 5f는 AAO 나노 입자와 고분자의 혼합모식도를 도시한 것이다. 이러한 제3단계에서 양극산화알루미늄 나노입자(6)는 3중량 %이상 혼합되는 것이 바람직하다.
- [0060] 그리고 제4단계에서 복합재 혼합물을 바코터(30)를 이용하여 코팅한 후 경화시켜 복합재 필름을 제조하게 된다. 즉, 혼합물은 바코터를 이용하여 얇게 펴지고, 고온의 오븐에서 경화시킨다. 도 5g는 Bar coating을 통한 AAO 나노 입자가 함유된 고분자 복합재 필름 형성을 나타낸 것이다. 그리고 도 5h 분쇄 후 AAO 나노 입자의 SEM/EDS 이미지(스케일 바 : 5 um)를 나타낸 것이다.
- [0061] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 고분자 용액에 혼합되는 AAO나노입자의 중량%별 정전용량 그래프를 도시한 것이다. 즉, 그래프는 복합재(40)에 첨가된 양극산화알루미늄 나노입자(6)의 양(1,3,5,7wt%)에 따른 정전용량을 나타낸다. 첨가되는 양극산화알루미늄 나노입자(6)의 양이 많아질수록 정전용량이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이 결과는 정전용량의 정의에 따라 복합재의 유전율이 양극 산화 알루미늄 나노 입자의 양이 증가함에 따라 증가하는 것의 의미한다.
- [0063] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 고유전율 복합재를 유전층으로 하는 마찰대전나노발전기의 작동 매커니즘을 나타낸 것이다. 본 발명의 실시예에 따른 마찰대전 나노발전기는, 제1전극층(50)과, 이러한 제1전극층(50) 상에 구비되며 앞서 설명한 양극산화알루미늄 나노입자 기반 복합재로 구성되는 유전층(40), 그리고 유전층(40)과 특정간격 이격되어 배치되고 제1전극층(50)과 전기적으로 연결되는 제2전극층(60) 등을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0064] 작동메커니즘은 제2전극층(60)이 유전층(40)에 접촉되면 서로 다른 전하로 대전되는 제 1단계, 제2전극층(60)이 유전층(40)과 분리되어 원위치로 돌아가려하면 전기적 평형을 위해 제2전극층(60)의 전하들이 제1전극층(50)으로 유도되는 제 2단계, 이러한 제2전극층(60)이 유전층(40)에 근접해 지면서 제1전극층(50)의 전하가 제2전극층(60)으로 유도되는 제 3단계;을 포함하고, 외부 에너지의 인가에 따라 상기 제1단계 내지 제 3단계가 반복되며 에너지가 하베스팅되게 된다.
- [0065] 즉, 먼저, 외부 에너지에 의해서 제2전극층(60)이 양극산화알루미늄 기반 복합재인 유전층(40)과 접촉하게 된다 (i) 상태 -> ii) 상태) 이 때, 제2전극층(60)과 복합체인 유전층(40)은 서로 다른 전하로 대전된다.

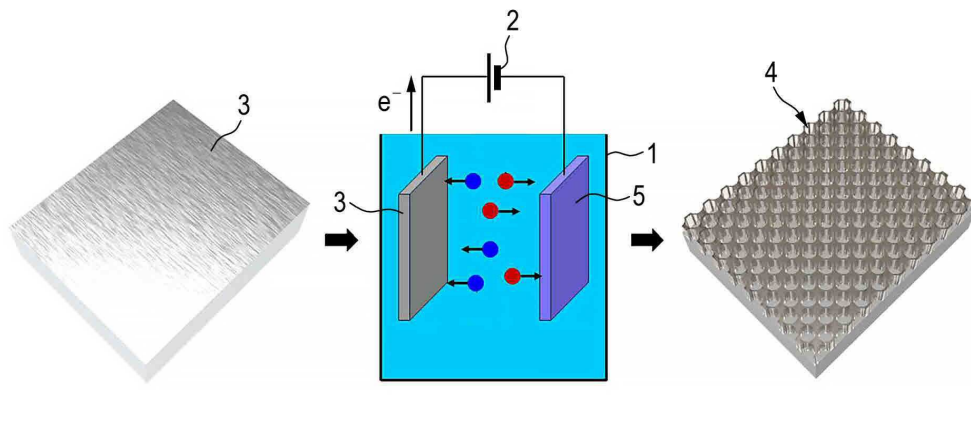
- [0066] 이후 제2전극층(60)이 복합재인 유전층(40)과 분리되어 원래 자리로 돌아가려하면, 전기적 평형을 위해 제2전극층(60)의 전하들은 하부의 제1전극층(50)으로 유도된다(ii) 상태 -> iii) 상태 -> iv) 상태).
- [0067] 이후, 지속적인 외부 에너지의 입력에 의해 이 과정이 반복된다(iv) 상태 -> v) 상태 -> ii) 상태 -> iii) 상태 -> iv) 상태).
- [0068] 도 8 및 도 9a은 본 발명의 실시예에 따른 고분자 용액에 혼합되는 AAO나노입자의 중량%별 마찰대전나노발전기의 출력을 나타내 것이다. 즉 그래프는 복합재를 마찰대전 나노발전기에 적용했을 때, 복합재에 첨가된 양극 산화 알루미늄 나노 입자의 양에 따른 출력을 나타낸다.
- [0069] 첨가되는 양극 산화 알루미늄 나노 입자의 양이 많아질수록 마찰대전 나노발전기의 출력 전압이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이 결과는 복합재에 첨가되는 양극 산화 알루미늄 나노 입자의 양이 증가하여, 정전용량 (유전율)이 증가하고, 그에 따른 유도 전하 증가에 기인한 것이다.
- [0070] 도 9b는 AAO 입자 함량에 따른 고분자 복합재의 capacitance 비교그래프를 도시한 것이다.
- [0071] 그리고 도 9c는 AAO 입자 함량이 7 wt%인 복합재 TENG의 전압 거동을 나타낸 것이다. 또한 도 9d는 AAO 입자 함량이 7 wt%인 복합재 TENG의 전류 거동을 나타낸 것이다.
- [0072] 또한 본 발명의 실험예에서는 도 10a에 도시된 바와 같이, AAO 입자 함량이 7 wt%인 복합재 TENG의 최적 저항 실험을 진행하였다.
- [0073] 도 10b는 AAO-고분자 복합재 TENG를 통한 capacitor 충전 그래프를 나타낸 것이다. 도 10c 내지 도 10e는 AAO-고분자 복합재 TENG를 통한 LED 구동 사진, 도 10f 내지 도 10h는 AAO-고분자 복합재 TENG를 통한 계산기 및 온도계 구동을 나타낸 것이다.
- [0075] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

부호의 설명

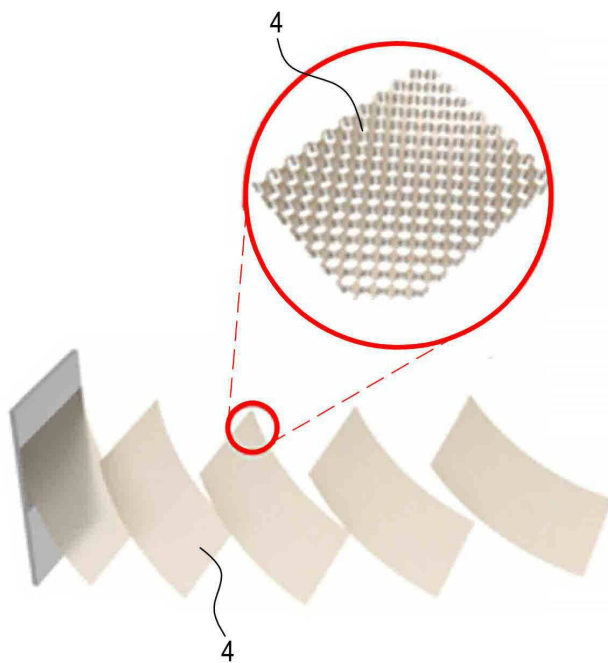
- [0076] 1: 양극산화반응조
2: 전압인가수단
3: 알루미늄기관
4: 양극산화알루미늄(AAO)층(박막)
5: 음극
6: 양극산화알루미늄(AAO) 나노입자
7: 고분자용액
10: 볼밀수단
11: 볼
20: 혼합조, 공자전믹서
30: 바코더
31: 와이어바
40: 고유전율 복합체층, 유전층
50: 제1전극
60: 제2전극

도면

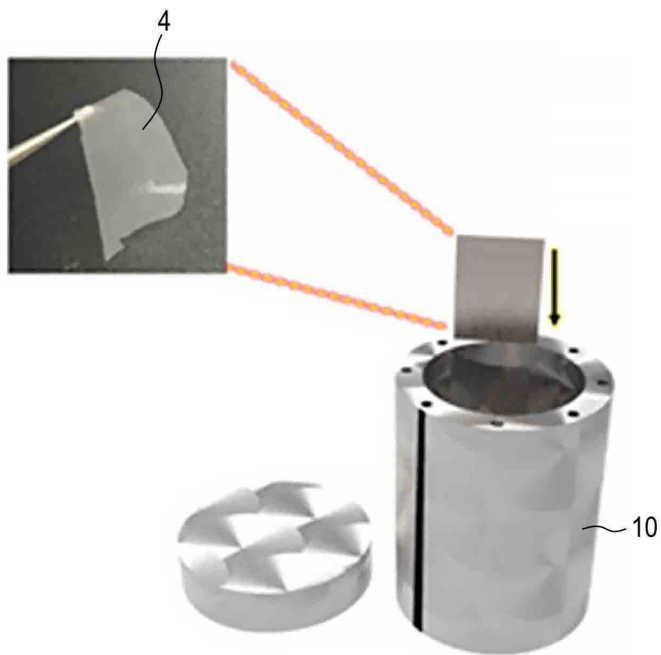
도면1



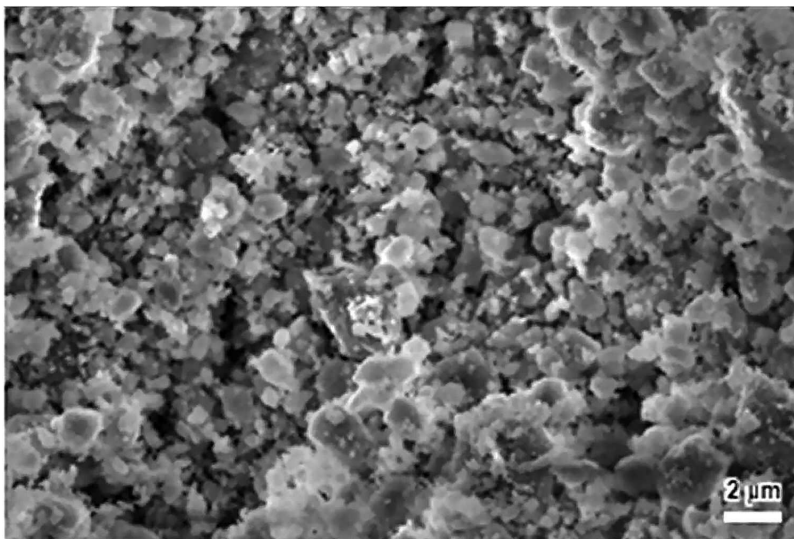
도면2



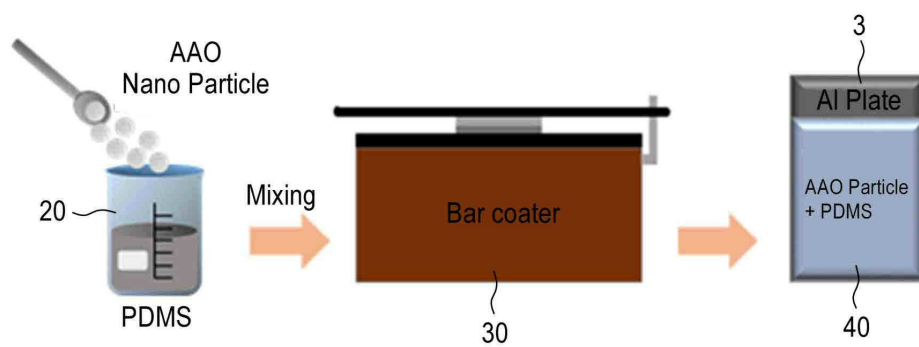
도면3a



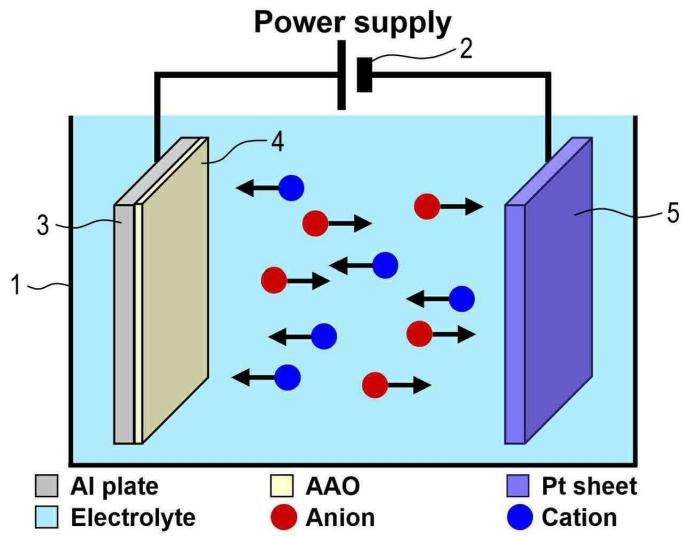
도면3b



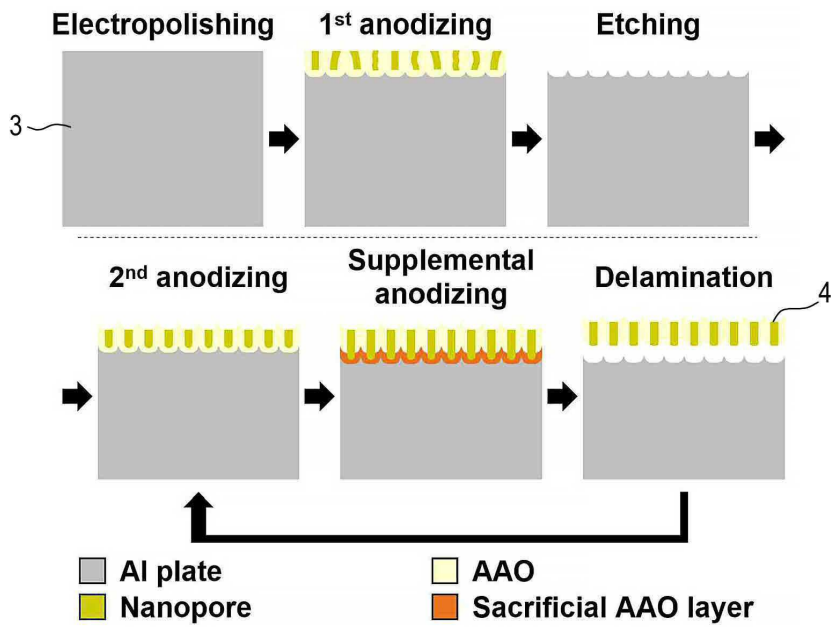
도면4



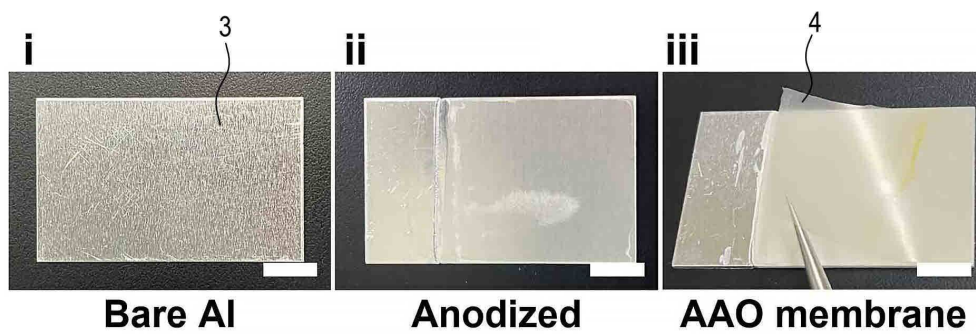
도면5a



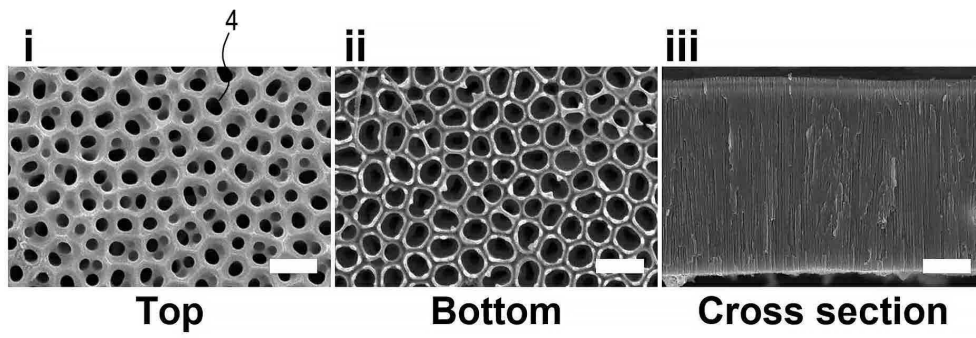
도면5b



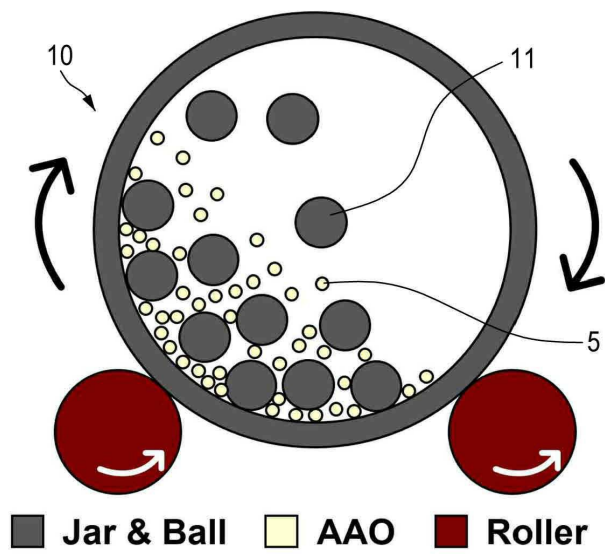
도면5c



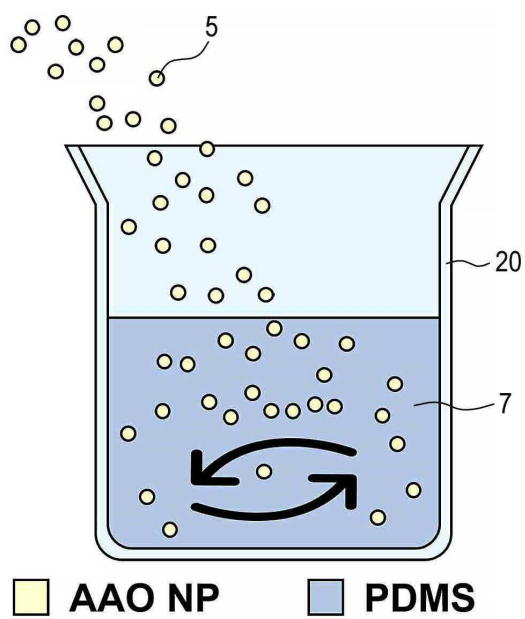
도면5d



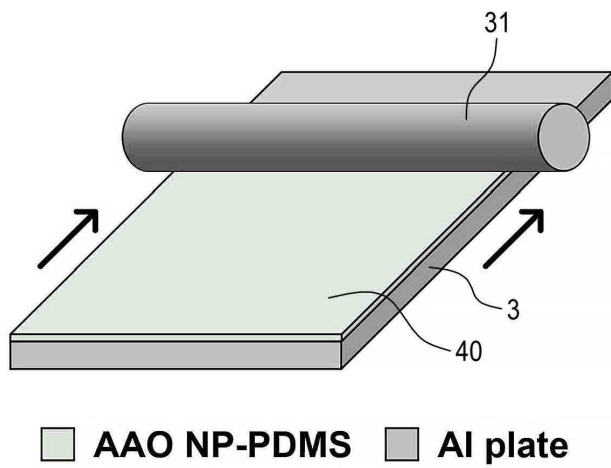
도면5e



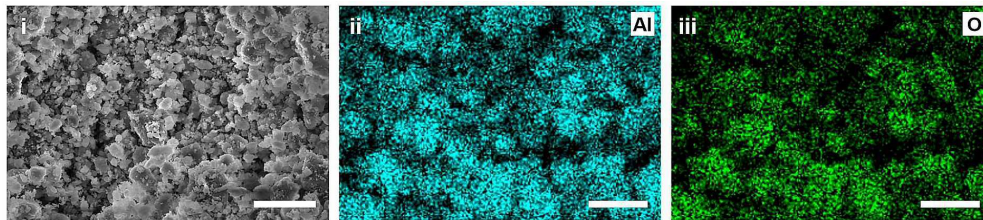
도면5f



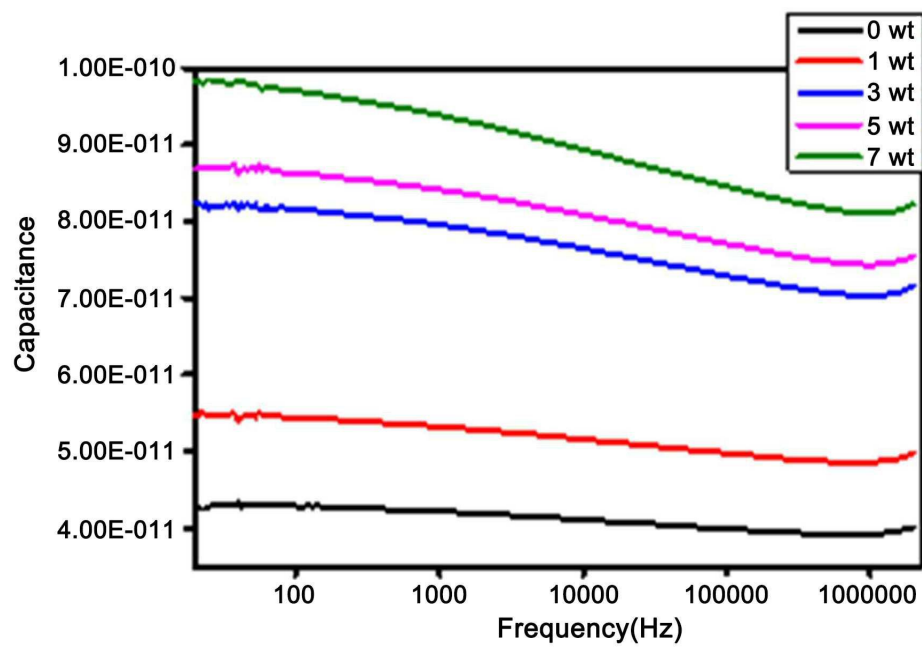
도면5g



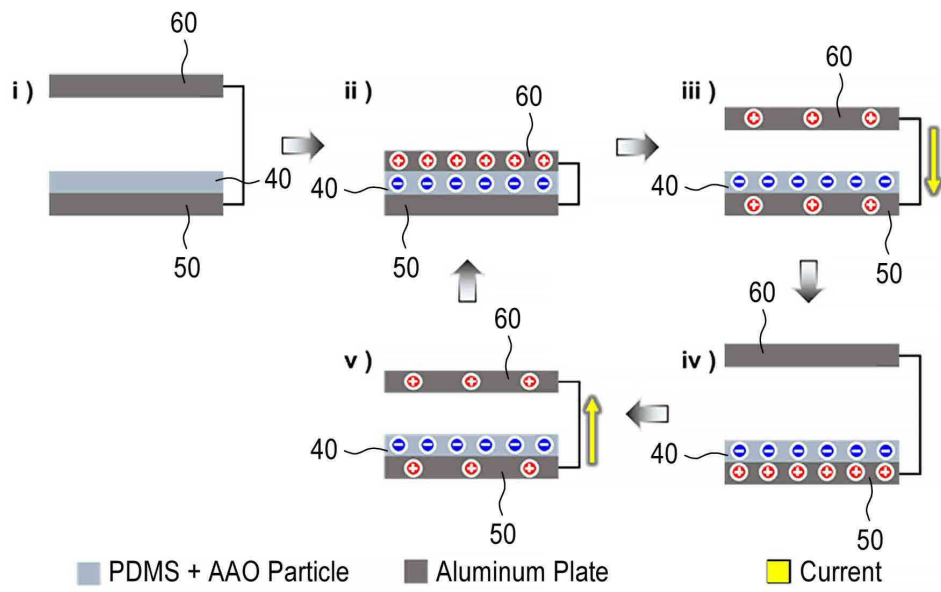
도면5h



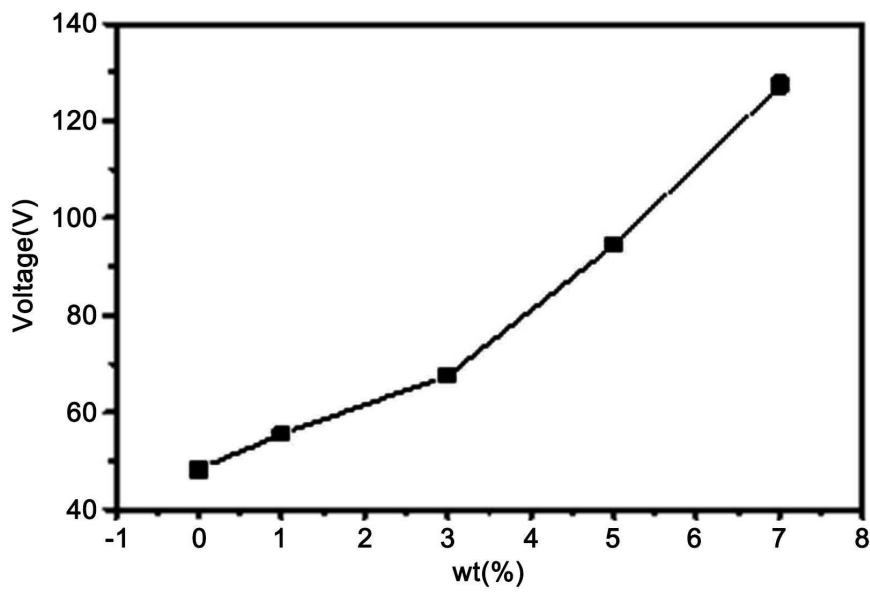
도면6



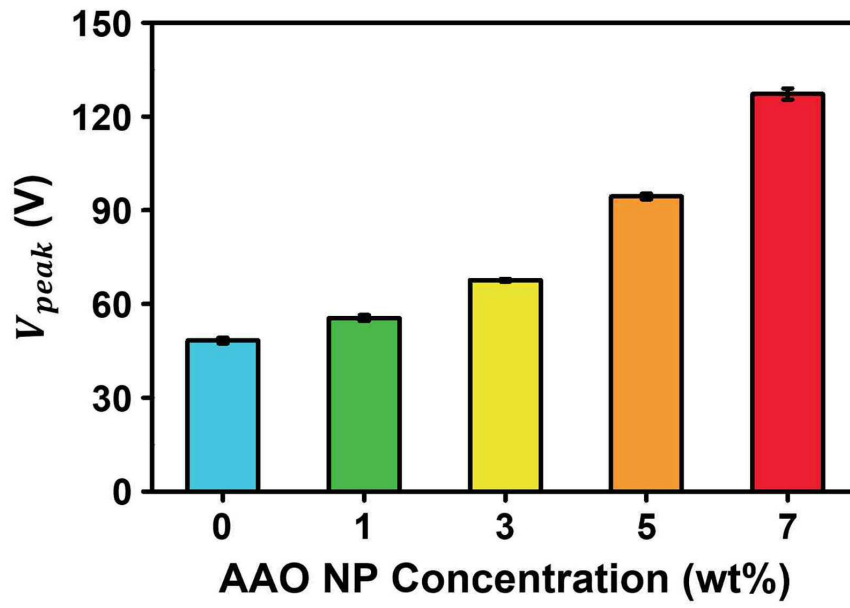
도면7



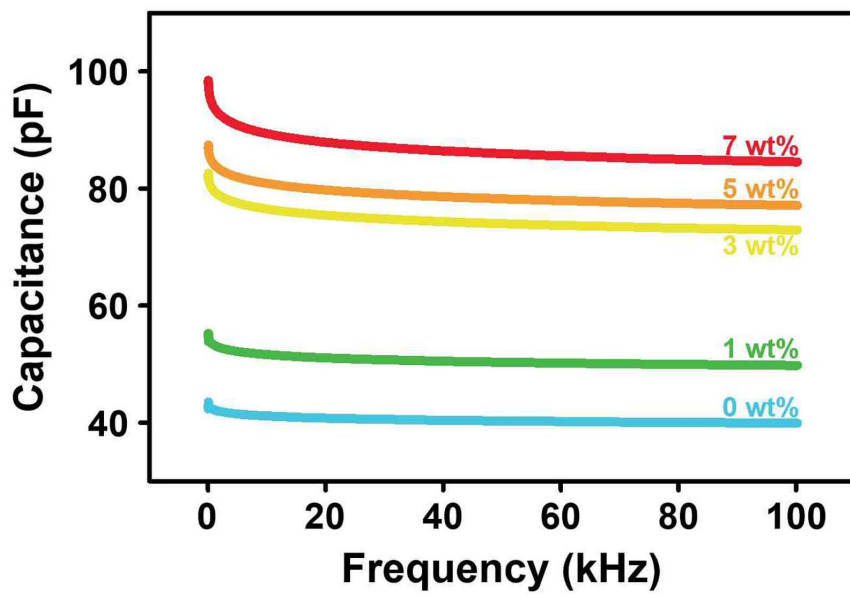
도면8



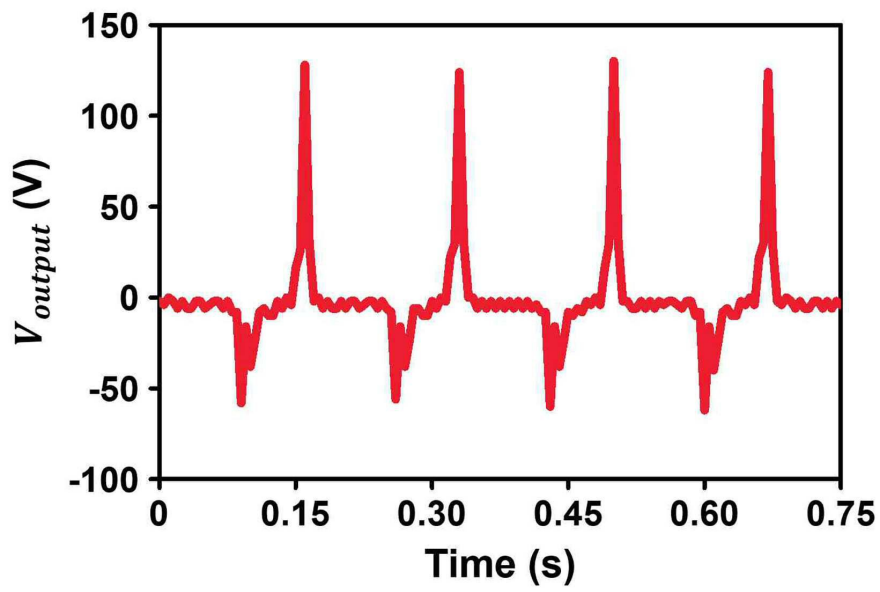
도면9a



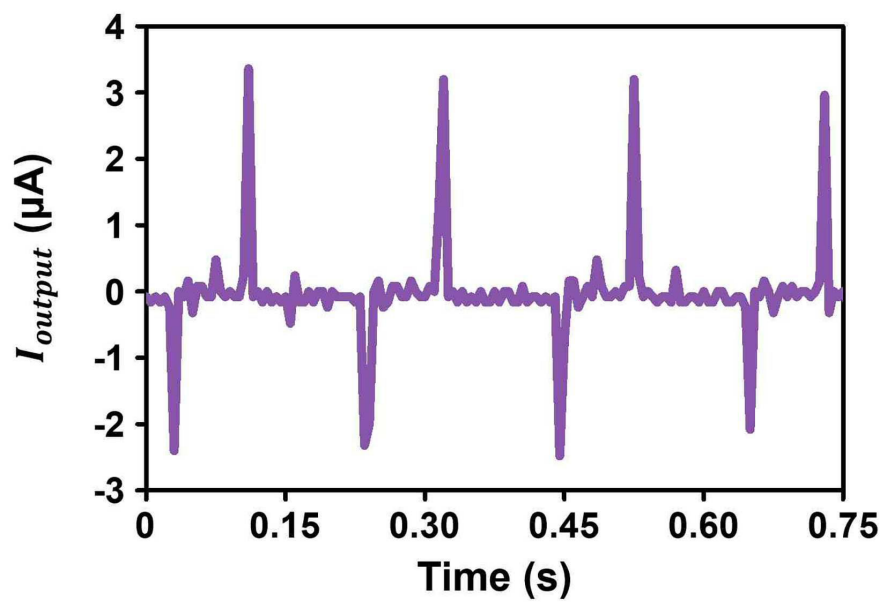
도면9b



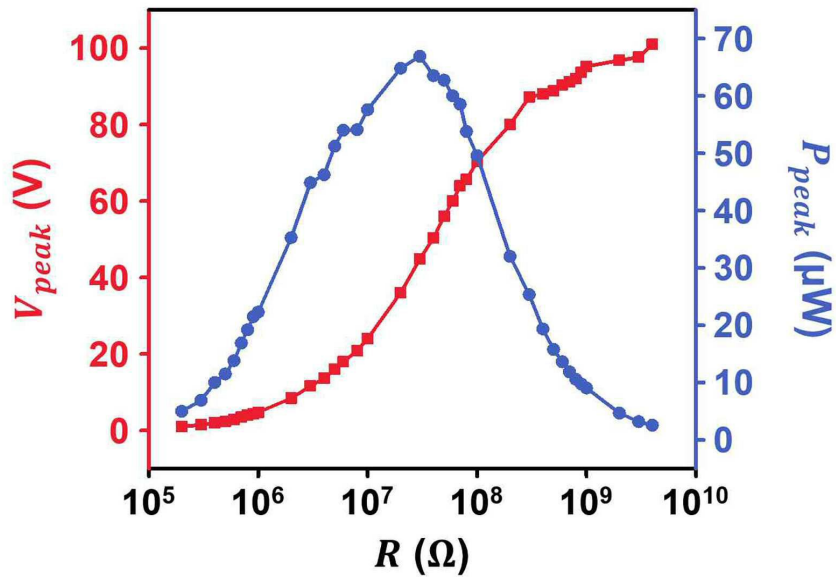
도면9c



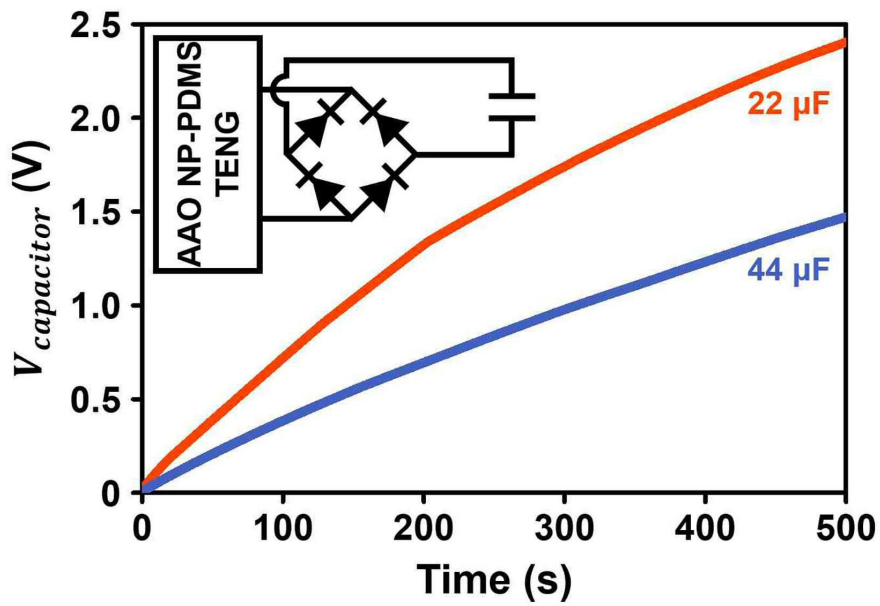
도면9d



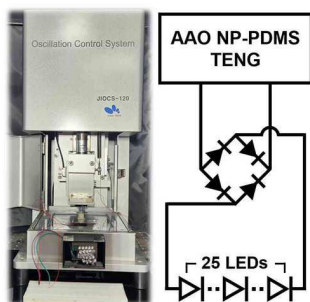
도면10a



도면10b



도면10c



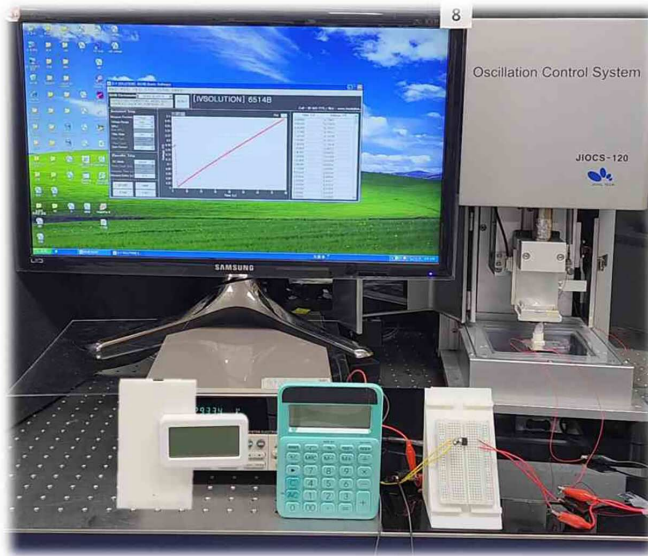
도면10d



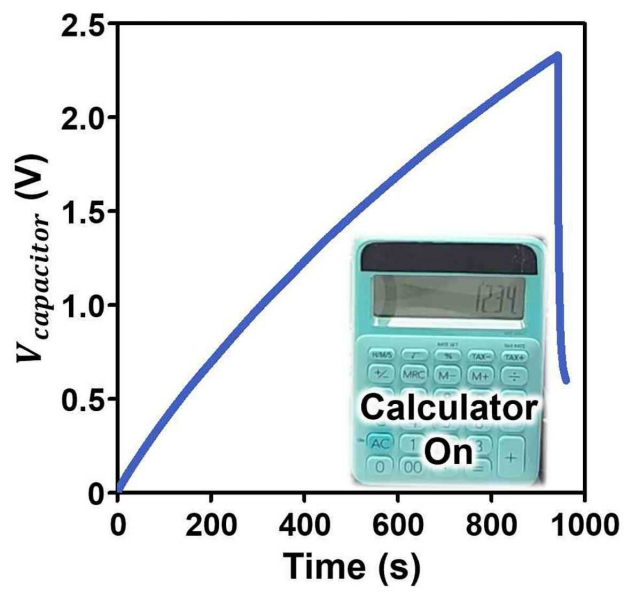
도면10e



도면10f



도면10g



도면 10h

