



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0055688
(43) 공개일자 2024년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/137 (2019.01) E06B 9/24 (2006.01)
G02F 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02F 1/137 (2019.01)
E06B 9/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0141149
(22) 출원일자 2023년10월20일
심사청구일자 2023년10월20일
(30) 우선권주장
1020220135862 2022년10월20일 대한민국(KR)

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
현가담
서울특별시 강남구 압구정로 151, 112동 1101호 (압구정동, 현대아파트)
문승주
전라북도 전주시 완산구 강변로 242, 101동 901호 (효자동1가, 남양아이좋은집아파트)
이규원
경기도 성남시 분당구 서판교로 165, 1203동 904호 (판교동, 판교원마을12단지아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

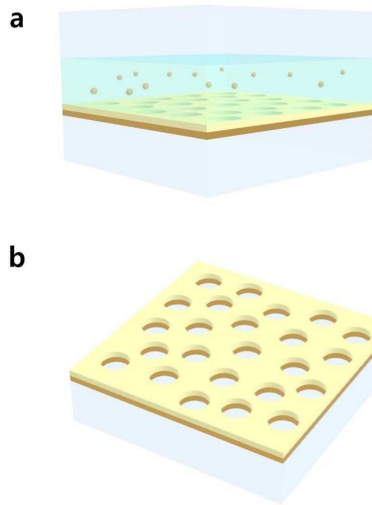
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 적외선 투과 조절 스마트 윈도우

(57) 요약

본원은 적외선 투과 조절 스마트 윈도우에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G02F 1/0063 (2021.01)
G02F 1/0081 (2013.01)
E06B 2009/2464 (2013.01)
G02F 2201/12 (2013.01)
G02F 2202/36 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711154118
과제번호	2020M3D1A1110522
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	미래소재디스커버리지원(R&D)
연구과제명	푸리에 역계산을 활용한 소재 형상 제어 및 광학 소자 개발
기 여 율	40/100
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711174795
과제번호	2022R1A2C2092561
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	빛의 산란과 흡수 단면적의 동적 제어
기 여 율	40/100
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2022.09.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345358442
과제번호	2020R1A6C101B194
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	핵심연구지원센터조성지원과제(나노바이오에너지 소재 센터)
기 여 율	5/100
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711168263
과제번호	2017R1A5A1015365
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	혼성계면 화학구조 연구센터
기 여 율	15/100
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

하나 이상의 나노-홀이 형성된 제 1 금속을 포함하는 금속 층;

하나 이상의 나노-홀이 형성된 유전체 층; 및

제 2 금속을 포함하는 전해질

을 포함하는, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우로서,

상기 금속 층의 상기 나노-홀의 벽면 상에서 상기 전해질에 포함되는 제 2 금속이 전기화학적 증착 및/또는 용해됨으로써 상기 금속 층의 상기 나노-홀의 직경이 조절되는 것인,

적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 나노-홀은 상기 금속 층 및 상기 유전체 층에 무질서하게 형성되는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 금속은 금, 은, 구리, 비스무스, 납, 및 아연에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 유전체 층에 포함되는 유전체는 TiO_2 , Al_2O_3 , ZnO , CuO , Cu_2O , BaTiO_3 , SrTiO_3 , PbTiO_3 , 및 SiO_2 에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 금속은 Cu 이온을 포함하는 염을 포함하는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 Cu 이온을 포함하는 염은 CuCl_2 , CuSO_4 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, 및 $\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2$ 에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 금속 층의 두께는 1 nm 내지 50 nm이며,

상기 유전체 층의 두께는 5 nm 내지 200 nm인 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 금속 층 및 상기 유전체 층에 형성된 상기 나노-홀의 직경은 10 nm 내지 3,000 nm인 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 전해질에 포함되는 제 2 금속이 전기화학적 증착 및/또는 용해됨으로써, 상기 나노-홀의 직경이 조절되면 300 nm 내지 3,000 nm의 파장 범위에서의 투과 양상이 변화되는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 상부 투명 전극 및/또는 하부 투명 전극을 추가 포함하는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우.

청구항 11

나노-홀을 포함하는 금속 기판을 활용하여 가역적 금속 전기 증착으로 상기 나노-홀의 직경을 변화시켜 투명성은 유지하고, 적외선 영역의 투과도는 변화시켜 실내로의 열 유입을 조절할 수 있는, 스마트 윈도우.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 적외선 투과 조절 스마트 윈도우에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 2021년 온실가스 농도부터 해수 온도, 높이, 및 이산화탄소 배출로 인한 해양 산성도가 역대 가장 높은 수치를 기록하면서 지구의 기후변화 지표가 최고치를 경신하였다. 이는 현재 기후 위기에 직면했음을 의미한다. 지구 온난화로 인한 기후 변화는 사막화, 홍수, 가뭄, 산불 등의 기상 이변으로 나타나면서 전세계 곳곳에 피해를 입히고 있다. 지구 온난화의 주 원인이 되는 온실 가스 배출을 감축하기 위해서 현재 대부분의 에너지원으로 사용되는 석유, 석탄과 같은 화석 연료의 사용을 줄여야한다.

[0003] 실내 에너지 소비량은 전 세계의 전체 에너지 소비량의 40%이며, 이중 냉난방에 소비되는 에너지는 70% 내지 80%에 달한다. 적외선은 전체 태양 에너지의 49.4%를 차지한다. 이에 따라 실내 냉난방 에너지 소비량을 줄이기 위하여 실내로 유입되는 열의 양을 조절하는 스마트 윈도우들이 개발되고 있다.

[0004] 그러나, 대부분의 종래의 스마트 윈도우는 적외선 영역의 투과도 조절 시 가시광선 영역의 투과도 변화가 수반되어 투명성이 유지되지 않는 한계를 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2021-0024323호.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본원은 적외선 투과 조절 스마트 윈도우를 제공하고자 한다.

[0007] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본원의 제 1 측면은, 하나 이상의 나노-홀이 형성된 제 1 금속을 포함하는 금속 층; 하나 이상의 나노-홀이 형성된 유전체 층; 및 제 2 금속을 포함하는 전해질을 포함하는, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우로서, 상기 금속 층의 상기 나노-홀의 벽면 상에서 상기 전해질에 포함되는 제 2 금속이 전기화학적 증착 및/또는 용해됨으로써 상기 금속 층의 상기 나노-홀의 직경이 조절되는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우를 제공한다.

[0009] 본원의 제 2 측면은, 나노-홀을 포함하는 금속 기판을 활용하여 가역적 금속 전기 증착으로 상기 나노-홀의 직경을 변화시켜 투명성은 유지하고, 적외선 영역의 투과도는 변화시켜 실내로의 열 유입을 조절할 수 있는, 스마트 윈도우를 제공한다.

발명의 효과

[0010] 본원의 구현예들에 따른 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 가역적 금속 전기 증착으로 나노-홀의 직경을 변화시킴으로써 적외선을 차단하여 외부 열 유입을 조절할 수 있으며, 상기 적외선 투과 조절 스마트 윈도우에 사용되는 금속으로서 금 또는 구리와 비슷한 투과 특성을 보이는 다른 금속들도 활용될 수 있다.

[0011] 본원의 구현예들에 따른 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 투명도를 유지하며 열 유입을 조절할 수 있어, 적외선 투과도 조절로 외부 열 유입을 조절하고 이는 실내 냉난방 에너지 감소로 이어지기 때문에 경제적 이익을 가질 수 있다.

[0012] 본원의 구현예들에 따른 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 전기화학적 증착 전후로 가시광선 영역의 투과도를 약 70% 이상으로 유지하여 투명성이 보장될 수 있다.

[0013] 본원의 구현예들에 따른 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 약 1,000 nm 이상의 파장에서 약 10% 내지 약 60%의 투과도 차이를 보일 수 있다.

[0014] 본원의 구현예들에 따른 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 고분자 혼합 리소그래피(polymer blend lithography)와 전자 빔 증착(e-beam evaporation)으로 제조되어, 수 cm^2 크기의 나노-홀 필름이 대량 생산으로 용이하게 제조될 수 있으며, 이를 통해 가격 경쟁력을 확보할 수 있다.

[0015] 본원의 구현예들에 따른 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 투명성을 확보하고 열 유입을 조절하여 실내 에너지 감소를 통한 경제적 이익을 얻을 수 있다.

[0016] 본원의 구현예들에 따른 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 간단한 제조 방법을 통한 대량 생산과 가격 경쟁력으로 시장성을 확보할 수 있으며, 이러한 시장성을 바탕으로 본원의 적외선 투과 조절 스마트 윈도우가 널리 활용되는 경우, 에너지 사용량 감소를 통한 탄소 배출 저감에 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1의 a 및 b은, 본원의 일 구현예에 따른 스마트 윈도우 모식도와 나노-홀을 가진 금속 필름의 구조의 사시도이다.
- 도 2의 a 내지 d는, 본원의 일 실시예에 있어서, 직경 500 nm의 나노-홀을 포함하는 금 필름에서, 300 nm 내지 3,000 nm의 파장 범위에 따른 반사도와 투과도 그래프이다.
- 도 3의 a 내지 e은, 본원의 일 실시예에 있어서, 300 nm 내지 3,000 nm의 파장 범위에서 각각 Au, Pt, Pd, Ag, 및 Cu의 두께에 따른 투과도를 계산한 그래프이다.
- 도 4의 a 내지 d은, 본원의 일 실시예에 있어서, 나노-홀을 포함하는 금 필름 및 텅스텐 필름에서, 300 nm 내지 3,000 nm의 파장 범위의 나노-홀 직경에 따른 투과도 그래프이다.
- 도 5의 a 및 b는, 본원의 일 실시예에 있어서, 저항이 15 ohm/sq인 인듐 주석 산화물(indium tin oxide; ITO) 기판에서 금과 TiO₂ 층의 두께가 각각 5 nm 및 40 nm일 때, 구리의 전기화학적 증착으로 나노-홀을 채운 주사전자현미경(scanning electron microscopy; SEM) 이미지이며, 도 5의 c 내지 e는, 본원의 일 실시예에 있어서, 저항이 15 ohm/sq인 ITO 기판에서 금과 TiO₂ 층의 두께가 각각 5 nm 및 40 nm일 때, 구리의 전기화학적 증착으로 나노-홀을 채운 스마트 윈도우의 TiO₂, Cu, 및 Au의 에너지 분산 X-선 분광 분석(energy dispersive X-ray spectroscopy; EDS) 이미지이다.
- 도 6은, 본원의 일 실시예에 있어서, 저항이 30 ohm/sq인 ITO 기판에서 금과 TiO₂ 층의 두께가 각각 5 nm 및 15 nm일 때, 구리의 전기화학적 증착에 사용한 전압 인가 메커니즘이다.
- 도 7의 a 및 b는, 본원의 일 실시예에 있어서, 저항이 30 ohm/sq인 ITO 기판에서 금과 TiO₂ 층의 두께가 각각 5 nm 및 15 nm일 때, 구리의 전기화학적 증착으로 나노-홀을 채운 SEM 이미지이며, 도 7의 c 내지 e는, 본원의 일 실시예에 있어서, 저항이 30 ohm/sq인 ITO 기판에서 금과 TiO₂ 층의 두께가 각각 5 nm 및 15 nm일 때, 구리의 전기화학적 증착으로 나노-홀을 채운 스마트 윈도우의 TiO₂, Cu, 및 Au의 EDS 이미지이다.
- 도 8의 a 및 b는, 본원의 일 실시예에 있어서, 저항이 15 ohm/sq인 ITO 기판에서 금과 TiO₂ 층의 두께가 각각 5 nm 및 40 nm일 때; 및 저항이 30 ohm/sq 인 ITO 기판에서 금과 TiO₂ 층의 두께가 각각 5 nm 및 15 nm일 때, 구리를 전기화학적 증착 시킨 뒤 산화 전압을 가하여 다시 해리 시킨 SEM 이미지이다.
- 도 9은, 본원의 일 실시예에 있어서, 금과 TiO₂ 층의 두께가 각각 5 nm 및 15 nm일 때, 구리가 증착되기 전후의 스마트 윈도우의 투과도 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0019] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0020] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0021] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0022] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.
- [0023] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “~ 하는 단계” 또는 “~의 단계”는 “~를 위한 단계”를 의미하

지 않는다.

- [0024] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합(들)"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0025] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기제는, "A 또는 B, 또는 A 및 B"를 의미한다.
- [0027] 이하, 본원의 구현예를 상세히 설명하였으나, 본원이 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0029] 본원의 제 1 측면은, 하나 이상의 나노-홀이 형성된 제 1 금속을 포함하는 금속 층; 하나 이상의 나노-홀이 형성된 유전체 층; 및 제 2 금속을 포함하는 전해질을 포함하는, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우로서, 상기 금속 층의 상기 나노-홀의 벽면 상에서 상기 전해질에 포함되는 제 2 금속이 전기화학적 증착 및/또는 용해됨으로써 상기 금속 층의 상기 나노-홀의 직경이 조절되는 것인, 적외선 투과 조절 스마트 윈도우를 제공한다.
- [0030] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노-홀은 상기 금속 층 및 상기 유전체 층에 무질서하게 형성되는 것일 수 있다.
- [0031] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 1 금속은 금, 은, 구리, 비스무스, 납, 및 아연에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 1 금속은 금일 수 있다.
- [0032] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유전체 층에 포함되는 유전체는 TiO_2 , Al_2O_3 , ZnO , CuO , Cu_2O , BaTiO_3 , SrTiO_3 , PbTiO_3 , 및 SiO_2 에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유전체 층에 포함되는 유전체는 TiO_2 일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유전체 층은 상기 나노-홀 밖에 금속이 증착되는 것을 방지할 수 있다.
- [0033] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속은 Cu 이온을 포함하는 염을 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 Cu 이온을 포함하는 염은 CuCl_2 , CuSO_4 , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, 및 $\text{Cu}(\text{ClO}_4)_2$ 에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속은 구리(II) 질산염 삼수화물($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)일 수 있다.
- [0034] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전해질은 투명 전극을 화학적으로 손상시키지 않고, 상기 제 2 금속의 산화 환원 반응에서 부산물 또는 석출물을 생성하지 않으며, 동작 전압 범위 내에서 용액 및 용액 내의 수분이 분해되지 않도록 하는 것일 수 있다.
- [0035] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전해질에 사용되는 용매는 상기 적외선 투과 조절 스마트 윈도우의 구동 범위에서 분해되지 않으며, 상기 금속염을 용해시킬 수 있어 전기화학적인 증착-용해가 가능하고, 상기 투명 전극에 영향을 미치지 않는 것이면 제한없이 사용될 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전해질은 용매로서 다이메틸설폭사이드 (dimethyl sulfoxide; DMSO), 아세토나이트릴 (acetonitrile), N-메틸-2-피롤리돈 (N-Methyl-2-pyrrolidone; NMP), 및 1-부틸-3-메틸이미다졸륨비스 (1-Butyl-3-methylimidazoliumbis)에서 선택되는 하나 이상을 사용하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0036] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 층의 두께는 약 1 nm 내지 약 50 nm이며, 상기 유전체 층의 두께는 약 5 nm 내지 약 200 nm인 것일 수 있다.
- [0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 층 및 상기 유전체 층에 형성된 나노-홀의 직경은 약 10 nm 내지 약 3,000 nm인 것일 수 있다.
- [0038] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전해질에 포함되는 제 2 금속이 전기화학적 증착 및/또는 용해됨으로써, 상기 나노-홀의 직경 및/또는 상기 나노-홀을 포함하는 금속 층의 두께를 변화시키면 약 300 nm 내지 약 3,000 nm의 파장 범위에서의 투과 양상이 변화되는 것일 수 있다.
- [0039] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속의 이온 환원 전위보다 큰 캐소딕 바이어스가 인가될 때, 상기 제 2 금속은 전기화학적 증착되는 것일 수 있다.

- [0040] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속의 이온 환원 전위보다 큰 어노딕 바이어스가 인가될 때, 상기 제 2 금속은 전기화학적 용해되는 것일 수 있다.
- [0041] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속은 인가 전압 약 -3 V 내지 약 0 V의 범위에서 전기화학적 증착되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속은 인가 전압 약 -3 V 내지 약 0 V, 약 -2.5 V 내지 약 0 V, 약 -2 V 내지 약 0 V, 약 -1.5 V 내지 약 0 V, 약 -1 V 내지 약 0 V, 또는 약 -0.5 V 내지 약 0 V의 범위에서 전기화학적 증착되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0042] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속은 인가 전압 약 0 V 내지 약 3 V의 범위에서 전기화학적 용해되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속은 인가 전압 약 0 V 내지 약 3 V, 약 0 V 내지 약 2.5 V, 약 0 V 내지 약 2 V, 약 0 V 내지 약 1.5 V, 약 0 V 내지 약 1 V, 또는 약 0 V 내지 약 0.5 V의 범위에서 전기화학적 용해되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0043] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속의 전기화학적 증착 및 용해 시 각각 인가되는 전압의 차이(ΔV)는 약 6 V 이하인 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속의 전기화학적 증착 및 용해 시 각각 인가되는 전압의 차이(ΔV)는 약 6 V 이하, 약 5 V 이하, 약 4 V 이하, 또는 약 3 V 이하인 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 금속의 전기화학적 증착 및 용해 시 각각 인가되는 전압의 차이(ΔV)는 약 0.1 V 내지 약 6 V, 약 0.1 V 내지 약 5 V, 약 0.1 V 내지 약 4 V, 또는 약 0.1 V 내지 약 3 V일 수 있다.
- [0044] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 상부 투명 전극 및/또는 하부 투명 전극을 추가 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 상부 투명 전극 및/또는 상기 하부 투명 전극은 인듐 주석 산화물(ITO), 불소-도핑 주석 산화물(FTO), 산화아연(ZnO) 및 인듐 아연 산화물(IZO)에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 상부 투명 전극 및/또는 상기 하부 투명 전극은 투명 기판 상에 ITO, FTO, ZnO, 및 IZO에서 선택되는 하나 이상의 투명 전극 물질을 포함하는 것일 수 있다.
- [0045] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 가역적 금속 전기 증착으로 상기 나노-홀의 직경을 변화시킴으로써 적외선을 차단하여 외부 열 유입을 조절할 수 있다.
- [0046] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 적외선 투과 조절 스마트 윈도우는 전기화학적 증착 시, 필름 전체가 아닌 상기 나노-홀의 벽면상에만 증착되는 것일 수 있다.
- [0048] 본원의 제 2 측면은, 나노-홀을 포함하는 금속 기판을 활용하여 가역적 금속 전기 증착으로 상기 나노-홀의 직경을 변화시켜 투명성은 유지하고, 적외선 영역의 투과도는 변화시켜 실내로의 열 유입을 조절할 수 있는, 스마트 윈도우를 제공한다.
- [0049] 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 본원의 제 1 측면에 대해 설명한 내용은 본원의 제 2 측면에서 그 설명이 생략되었다더라도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0050] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 기판은 금, 은, 구리, 비스무스, 납, 및 아연에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 기판은 금일 수 있다.
- [0051] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 기판의 두께는 약 1 nm 내지 약 50 nm인 것일 수 있다.
- [0052] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노-홀의 직경은 약 10 nm 내지 약 3,000 nm인 것일 수 있다.
- [0053] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노-홀의 직경 및/또는 상기 금속 기판의 두께를 변화시키면 약 300 nm 내지 약 3,000 nm의 파장 범위에서의 투과 양상이 변화되는 것일 수 있다.
- [0054] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속의 이온 환원 전위보다 큰 캐소딕 바이어스가 인가될 때, 상기 금속은 전기화학적 증착되는 것일 수 있다.
- [0055] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속의 이온 환원 전위보다 큰 어노딕 바이어스가 인가될 때, 상기 금속은 전기화학적 용해되는 것일 수 있다.
- [0056] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속은 인가 전압 약 -3 V 내지 약 0 V의 범위에서 전기화학적 증착되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속은 인가 전압 약 -3 V 내지 약 0 V, 약 -2.5 V 내지 약 0 V, 약 -2 V 내지 약 0 V, 약 -1.5 V 내지 약 0 V, 약 -1 V 내지 약 0 V, 또는 약

-0.5 V 내지 약 0 V의 범위에서 전기화학적 증착되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.

- [0057] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속은 인가 전압 약 0 V 내지 약 3 V의 범위에서 전기화학적 용해되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속은 인가 전압 약 0 V 내지 약 3 V, 약 0 V 내지 약 2.5 V, 약 0 V 내지 약 2 V, 약 0 V 내지 약 1.5 V, 약 0 V 내지 약 1 V, 또는 약 0 V 내지 약 0.5 V의 범위에서 전기화학적 용해되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0058] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속의 전기화학적 증착 및 용해 시 각각 인가되는 전압의 차이(ΔV)는 약 6 V 이하인 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속의 전기화학적 증착 및 용해 시 각각 인가되는 전압의 차이(ΔV)는 약 6 V 이하, 약 5 V 이하, 약 4 V 이하, 또는 약 3 V 이하인 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속의 전기화학적 증착 및 용해 시 각각 인가되는 전압의 차이(ΔV)는 약 0.1 V 내지 약 6 V, 약 0.1 V 내지 약 5 V, 약 0.1 V 내지 약 4 V, 또는 약 0.1 V 내지 약 3 V일 수 있다.
- [0059] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 스마트 윈도우는 상부 투명 전극 및/또는 하부 투명 전극을 추가 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 상부 투명 전극 및/또는 상기 하부 투명 전극은 인듐 주석 산화물(ITO), 불소-도핑 주석 산화물(FTO), 산화아연(ZnO) 및 인듐 아연 산화물(IZO)에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 상부 투명 전극 및/또는 상기 하부 투명 전극은 투명 기관 상에 ITO, FTO, ZnO, 및 IZO에서 선택되는 하나 이상의 투명 전극 물질을 포함하는 것일 수 있다.
- [0060] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 스마트 윈도우는 가역적 금속 전기 증착으로 상기 나노-홀의 직경을 변화시킴으로써 적외선을 차단하여 외부 열 유입을 조절할 수 있다.
- [0061] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 스마트 윈도우는 전기화학적 증착 시, 필름 전체가 아닌 상기 나노-홀의 벽면 상에만 증착되는 것일 수 있다.
- [0063] 이하, 본원에 대하여 실시예를 이용하여 좀더 구체적으로 설명하지만, 하기 실시예는 본원의 이해를 돕기 위하여 예시하는 것일 뿐, 본원의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[실시예]

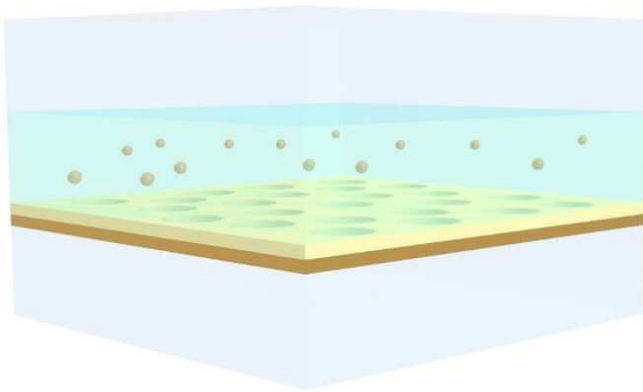
- [0066] 도 1의 a 및 b를 참조하여 설명하면, 본원의 실시예에 따른 스마트 윈도우는 제 1 ITO, 나노-홀을 포함하는 금속 층, 나노-홀을 포함하는 유전체 층, 전해질, 및 제 2 ITO로 구성되어 있다. 상기 유전체 층은 이산화타이타늄(TiO_2)을 사용하였으며, 상기 유전체 층을 통해 상기 나노-홀 밖에 금속이 증착되는 것을 방지할 수 있다.
- [0067] 도 2를 참조하여 설명하면, 홀 안에 증착된 구리의 두께가 증가하며 나노-홀의 직경이 작아짐에 따라 가시광선 영역의 반사도 및 투과도는 거의 유지되고, 적외선의 반사도는 높아지고 투과도는 낮아진다.
- [0068] <나노-홀을 포함하는 금속 필름의 분석>
- [0069] 금속 기관은 금 (CRC)을 사용했고, 나노-홀을 채우는 금속으로 구리 (CRC)를 사용하였으며, 계산 프로그램으로서 FDTD 소프트웨어 (Commercial FDTD software, Lumerical Inc.)를 사용하였다. FDTD의 경계 조건(boundary condition)은 x, y, z 각각 피리오딕(Periodic)과 PML을 사용하였다. 금의 두께는 5 nm로 고정시키고, 가로와 세로 길이가 동일하게 4.5 μm 인 계산 영역에 직경이 500 nm인 40 개의 나노 홀을 상기 FDTD 소프트웨어에서 제공하는 랜덤 함수를 사용하여 무질서하게 배열시켰다. 또한, 나노-홀 벽면에 증착되는 구리의 두께를 0 nm 내지 250 nm로 설정하여 구리가 250 nm 증착되었을 때 나노-홀이 완전히 채워진 상태가 되도록 하였다.
- [0070] 도 3을 참조하여 설명하면, 각각의 금속(Au, Pt, Pd, Ag, 및 Cu)은 두께(1 nm 내지 25 nm)에 따라 투과도가 변화하는 양상을 나타냈으며, 이에 따라, 금, 은, 및 구리가 가시광선 영역의 투과도와 적외선 영역의 투과도가 명확한 차이를 보이는 금속임을 알 수 있다.
- [0071] 도 4를 참조하여 설명하면, 4 nm 두께의 텅스텐 필름에서 나노-홀의 직경을 0 nm에서 500 nm까지 증가시켜 투과를 계산했을 때, 투과의 차이가 나타나지 않았다. 4 nm 두께의 금 필름에서 나노-홀의 직경을 0 nm에서 500 nm까지 증가시켜 투과를 계산했을 때, 투과의 차이가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이에 따라 나노-홀 필름의 투과 향상은 플라즈모닉 현상에 기인함을 알 수 있다.
- [0072] <나노-홀을 포함하는 금속 필름을 포함하는 스마트 윈도우의 분석>

- [0073] 스마트 윈도우를 실험적으로 재현하기 위하여, 고분자 혼합 리소그래피(polymer blend lithography)와 전자 빔 증착(e-beam evaporation)를 사용하여, 금 및 TiO_2 층의 두께가 각각 5 nm 및 15 nm인 나노-홀 필름과 각각 5 nm 및 40 nm인 나노-홀 필름을 제조하였다 (도 1 참조). 제조된 나노-홀 필름을 작업 전극으로서 사용하였으며, 스페이서(spacer)로서 60 μm 두께의 열전도 테이프(thermal tape)를 사용하였다. 전해질은 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 를 디메틸설폭사이드(dimethyl sulfoxide)에 0.05 mol/L로 용해시켜 사용하여, 스마트 윈도우 모식도의 구조와 같은 전기화학 셀을 제조하여 전기 증착 실험을 수행하였다. 전기 증착 실험을 위해 작업 전극과 상대 전극을 각각 전위 가변기에 연결하여 특정 전압을 인가하고 전류를 관찰하였다.
- [0074] 도 5를 참조하여 설명하면, 저항이 15 ohm/sq인 ITO가 사용된 상기 전기화학 셀에 -2.5 V의 전압을 600 초 동안 인가하면 구리가 환원되어 나노-홀을 완전히 채우는 형태로 증착되는 것을 알 수 있다. 도 5의 c 내지 e의 EDS 이미지를 통해 금과 TiO_2 로 만들어진 나노-홀 필름의 홀 내부에 증착된 금속이 구리임을 알 수 있다. 저항이 30 ohm/sq인 ITO가 사용된 상기 전기화학 셀에 도 6의 그래프와 같이 전압을 인가하면 구리가 환원되어 나노-홀 벽면을 따라 증착되는 것을 알 수 있다. 도 7의 c 내지 e의 EDS 이미지를 통해 금과 TiO_2 로 만들어진 나노-홀 벽면에 증착된 금속이 구리임을 알 수 있다 (도 7 참조). 도 8을 참조하여 설명하면, 구리를 전기 증착시킨 전기화학 셀에 +2.5 V의 전압을 600 초 동안 인가하면 증착된 구리가 산화되어 완전히 해리되는 것을 알 수 있다.
- [0075] 도 9를 참조하여 설명하면, 구리가 전기 증착된 후 스마트 윈도우의 투과도가 감소함을 확인할 수 있다. 800 nm에서 3,000 nm까지 적외선 영역에서 투과도가 평균 59.05% 조절되었으며, 400 nm에서 800 nm까지 가시광선 영역에서 투과도가 평균 39.93% 조절되었다.
- [0076] 결과적으로, 금속 필름의 나노-홀의 직경을 변화시켜 가시광선 영역의 투과는 유지하고 적외선 영역의 투과를 조절할 수 있으며, 또한 금속 필름의 나노-홀의 직경은 전기 증착을 통하여 조절될 수 있다.
- [0078] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수도 있다.

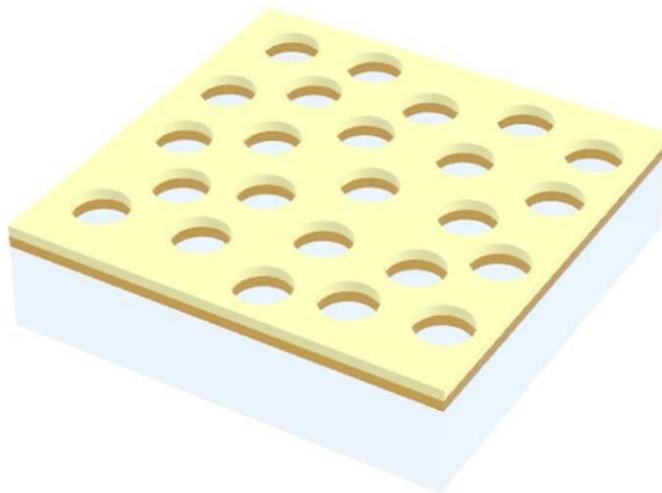
도면

도면1

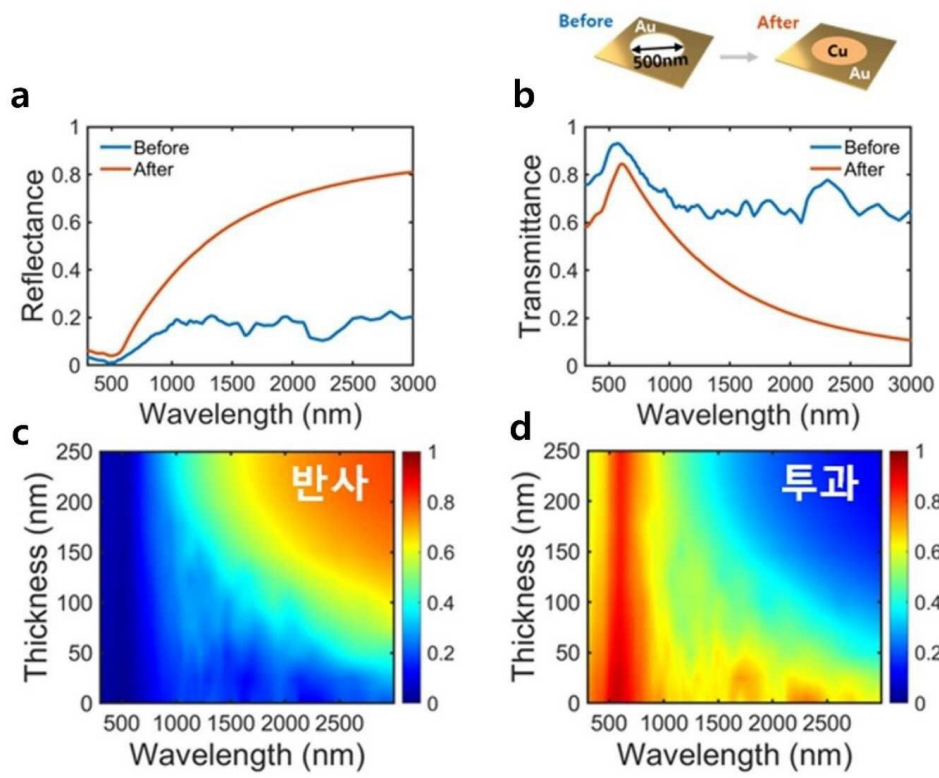
a



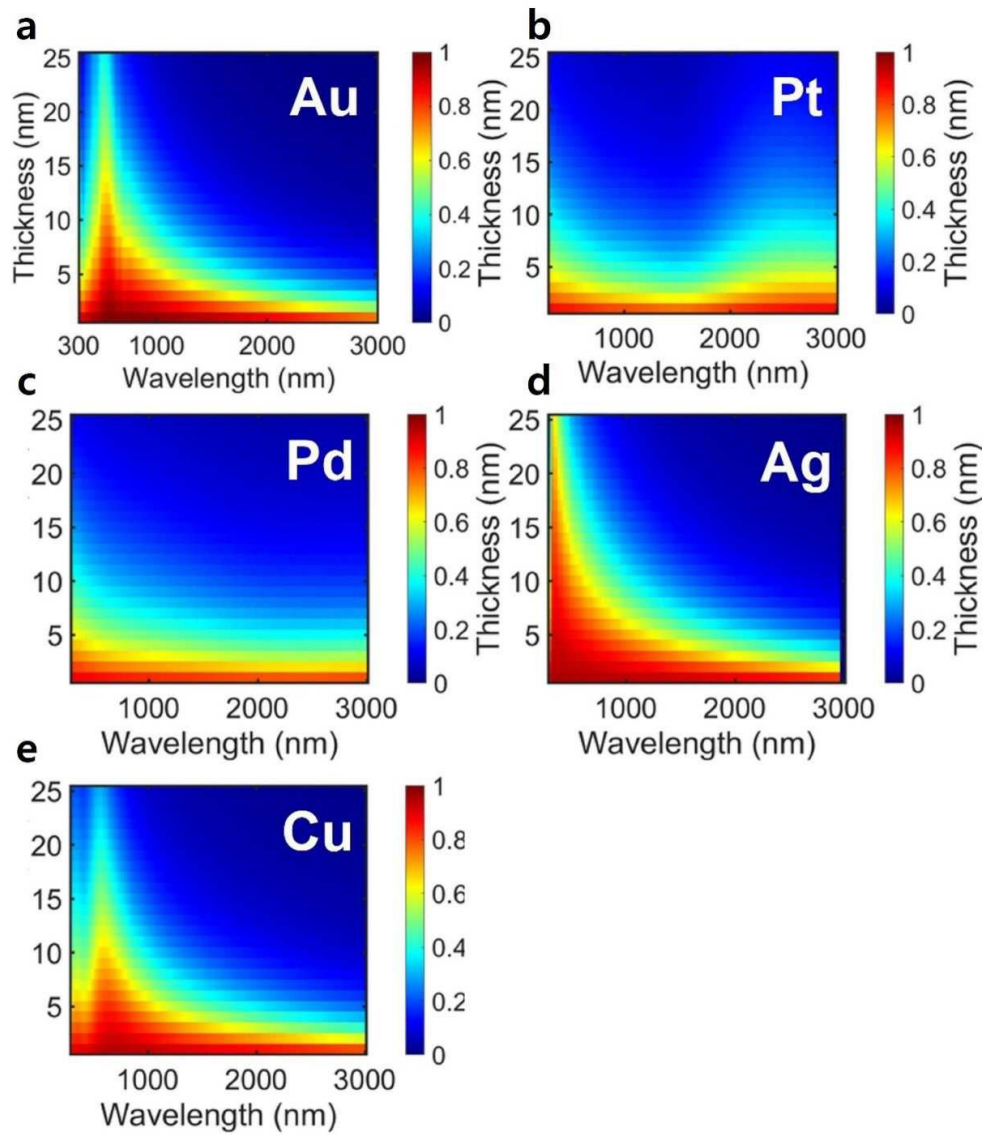
b



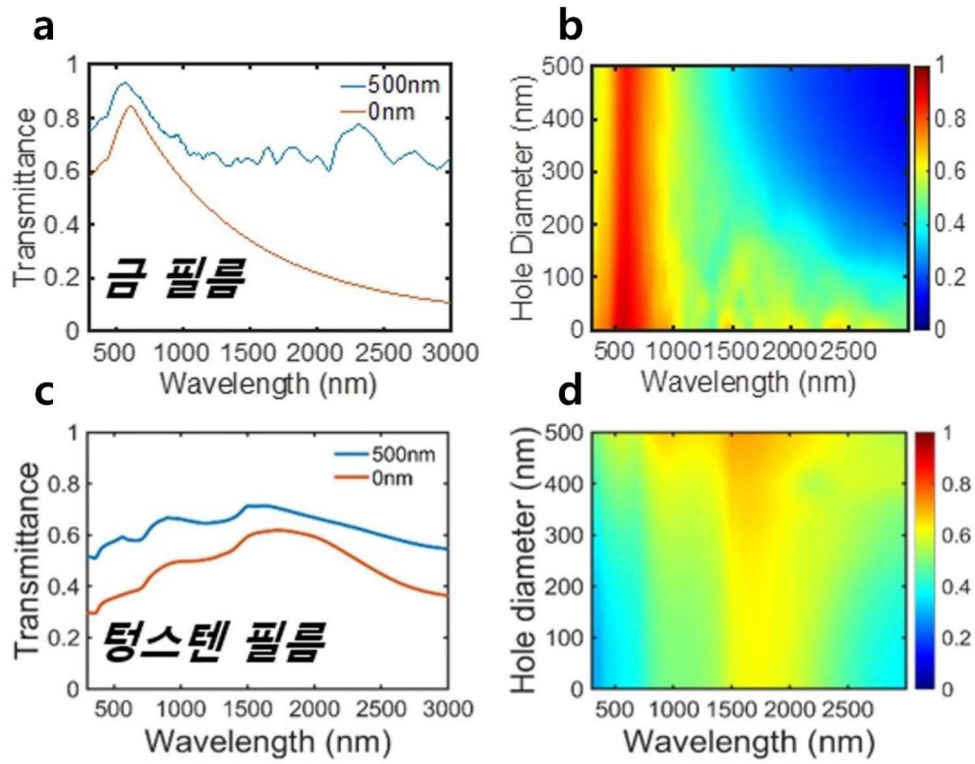
도면2



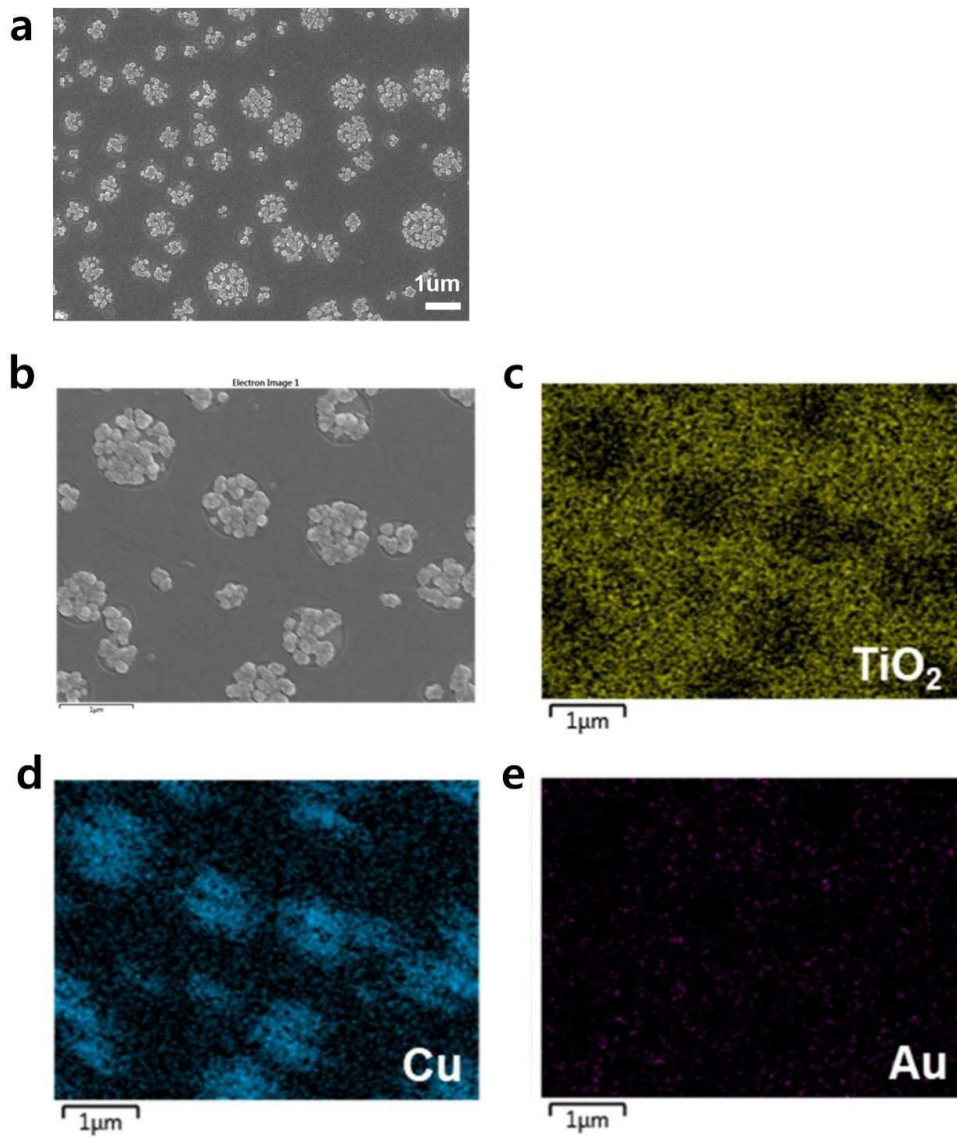
도면3



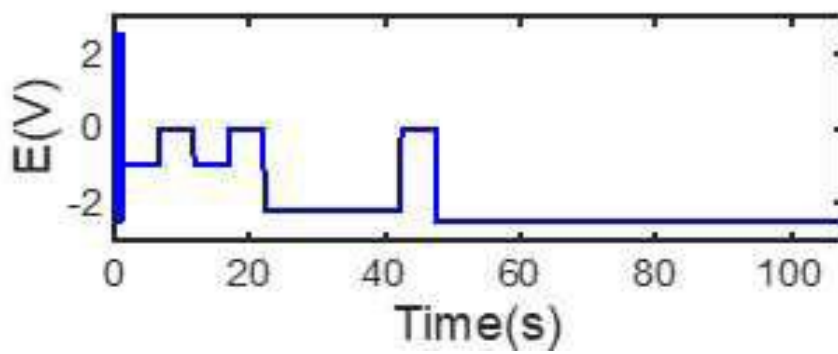
도면4



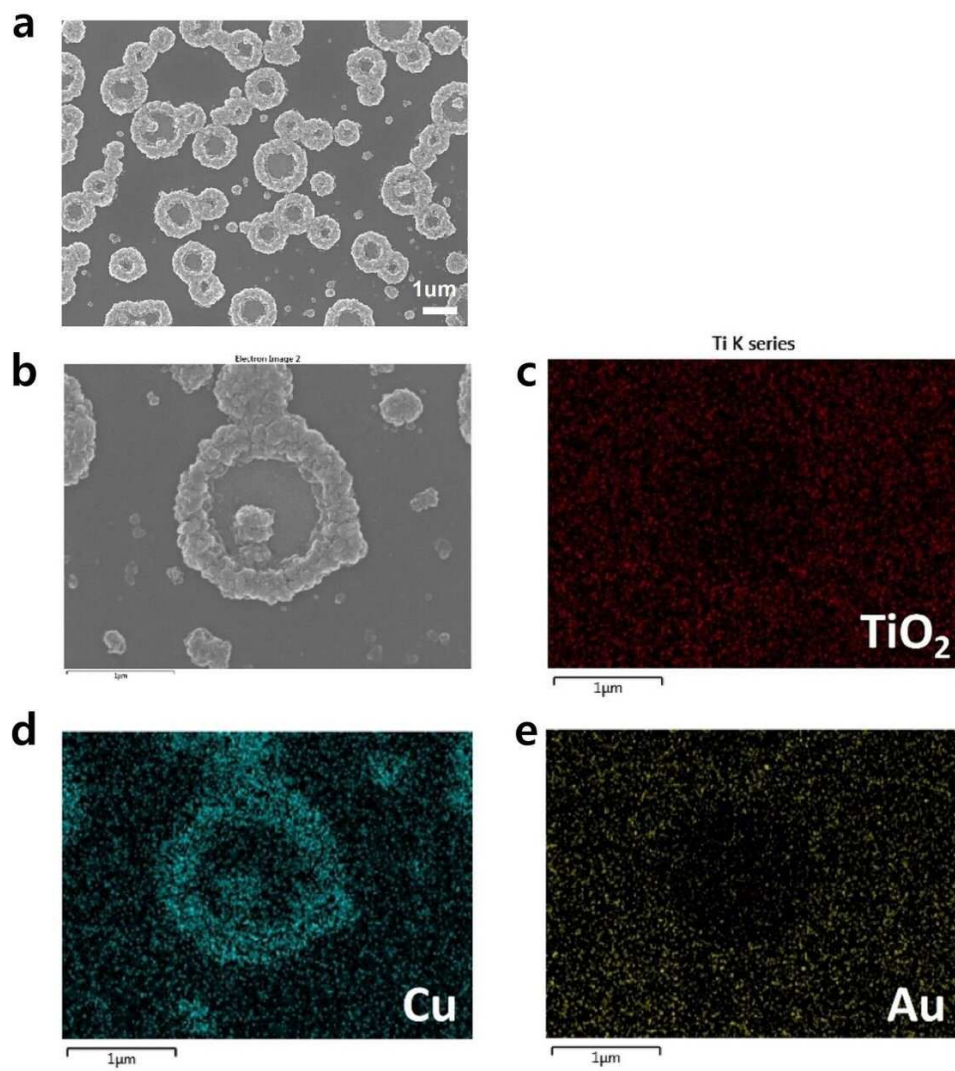
도면5



도면6

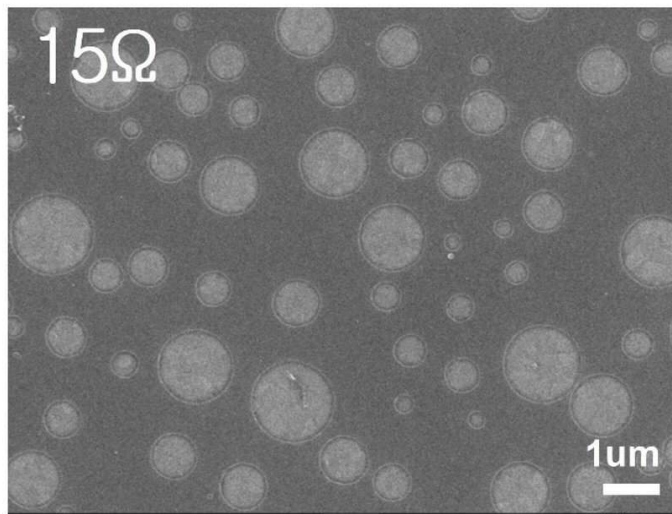


도면7

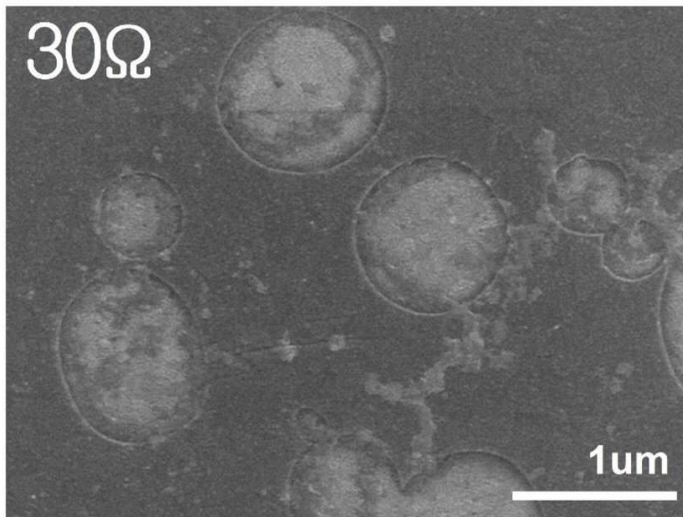


도면8

a



b



도면9

