(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월14일
(11) 등록번호 10-2808071
(24) 등록일자 2025년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05K 9/00 (2018.01) *H01Q 17/00* (2018.01)
(52) CPC특허분류
H05K 9/0081 (2013.01)
H01Q 17/008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0152983
(22) 출원일자 2023년11월07일
심사청구일자 2023년11월07일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020200139419 A
KR1020160066938 A
JP2010016360 A

(73) 특허권자
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
나정효
대전광역시 유성구 대덕대로541번길 99 (가정동, 도룡포레미소지움 아파트)
이솔
대전광역시 유성구 온천북로13번길 21, 1114호 (봉명동, 스카이뷰시티)
김민제
대전광역시 유성구 노은서로80번길 26, 402호 (노은동)
(74) 대리인
이재명

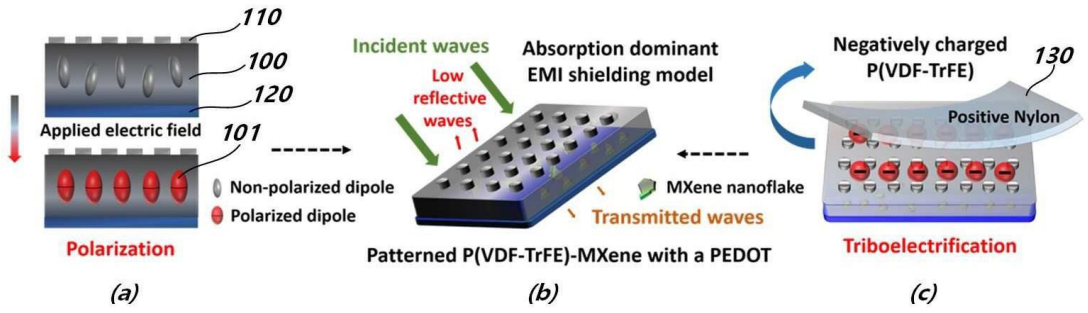
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 최성락

(54) 발명의 명칭 **흡수 기반의 전자기 차폐 소재 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 강유전 P(VDF-TrFE)의 분극 효과와 마찰 대전 효과에 의한 EMI SE와 흡수율을 향상시킨 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 및 그 제조방법에 관한 것으로, 표면에 복수의 Hexa-hole 패턴층을 형성하고, 하단에 전자파 흡수를 위한 전도성 코팅층인 PEDOT 흡수층을 스프레이 코팅방식으로 처리한 일정 강도의 전기장에서 분극 처리되는 음(Negative)의 대전 특성을 갖는 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene를 포함하는 것이다. 본 발명은 강유전 P(VDF-TrFE)의 분극 효과 및 마찰 대전 효과에 의한 EMI SE 및 흡수율 향상으로부터 고성능 및 높은 신뢰도를 요구하는 통신 및 전자 장비 시스템이나 초박막(120㎛) 및 유연성으로 집적회로 및 전자 회로 분야, 그리고 항공 및 군용 전자 장비 차폐용 소재로 적용이 가능하고, 스텔스용 박막형 흡수체나 차량 전장부품용 차폐 소재로 활용할 수 있도록 한 것이다.

대 표 도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711189866
과제번호	2019R1A2C101038413
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	마찰표면 대전도 및 유전체 분극 조절기술에 의한 에너지 수확 소자 성능 향상 및 응용 센서 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2024.02.29

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

표면에 복수의 Hexa-hole 패턴층을 형성하고, 하단에 전자파 흡수를 위한 전도성 코팅층인 PEDOT 흡수층을 스프레이 코팅방식으로 처리한 일정 강도의 전기장에서 분극 처리되는 음(Negative)의 대전 특성을 갖는 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene를 포함하는, 흡수 기반의 전자기 차폐 소재.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 Hexa-hole 패턴층에 정(Positive)의 대전체로 마찰 대전에 의한 마찰 대전 효과를 구현한, 흡수 기반의 전자기 차폐 소재.

청구항 3

(a) 일정의 패턴이 미리 형성된 마스터 기판에 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene 솔루션을 균일하게 코팅 처리하는 단계;

(b) 상기 마스터 기판으로부터 독립적인 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene 패턴층을 분리하는 단계;

(c) 상기 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene의 패턴층 반대면에 전도성 코팅층인 PEDOT 흡수층을 스프레이 코팅방식으로 처리하여 패턴이 있는 P(VDF-TrFE)-MXene-PEDOT 필름을 제조하는, 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 P(VDF-TrFE)-MXene 패턴층에 첨가된 MXene은 15wt%의 MXene이 함유된, 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 제조방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 마스터 기판의 패턴은 Hexa-hole 패턴으로 형성된, 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 제조방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 P(VDF-TrFE)_MXene 패턴층의 내부에 존재하는 다이폴은 일정 크기의 전기장과 큐리 온도에서 일정 시간동안 분극 처리하여 다이폴을 정렬하는, 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 분극 처리된 P(VDF-TrFE)-MXene 패턴층의 표면에 양(Positive)의 대전체로 문지르거나 두드려 마찰 대전 효과를 유도하는, 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 강유전 P(VDF-TrFE)의 분극 효과와 마찰 대전 효과에 의한 EMI SE와 흡수율을 향상시킨 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 무선 센서에 대한 고성능, 고사양 장비 수요의 전례 없이 증가하고 있고, 이로 인해 각종 기기들 사이에 필연적으로 발생하는 전자기 유도에 의해 장비의 오동작 및 신호 전송의 오류가 발생한다.

[0003] 이러한 전자기 간섭을 최소화하기 위한 방식으로 다양한 방식의 차폐 소재가 활용되고 있으나, 높은 전기전도도를 이용하여 반사 기반의 차폐 소재를 주로 사용하고 있다. 반사된 2차 전자기파는 다른 기기에 반복적으로 영향을 주게 되고, 이를 완화하기 위한 흡수 기반의 차폐 소재의 개발이 필수적이다.

[0004] 그러나 차폐 소재의 흡수율과 차폐 효과 상승을 위하여 다양한 구조의 차폐 소재를 적용한 사례들이 개발되고 있다. 우수한 차폐 소재는 두께와 중량을 고려하였을 때도 우수함을 유지해야 한다. 하지만, 이러한 방식의 차폐 소재는 불가피하게도 높은 함량의 필러가 함유되고 두께가 증가함으로써 결과적으로는 차폐 소재의 성능을 저하시키는 요소로 작용할 수 있다.

[0005] 더욱이 기존의 차폐 소재는 흡수율 및 EMI SE는 우수하나, 차폐 소재의 두께가 두꺼워지거나 제조방식의 복잡성으로 인하여 불균일한 생산성이 발생하여 상용화에 어려움이 있는 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특허공개2010-016360호(2010.01.21. 공개)

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허공보 제10-2020-0139419호(2020.12.14. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기 문제를 해결하기 위하여, 고성능 차폐 소재를 위한 표면 패턴, 전기적 분극 처리 및 마찰 대전 효과를 이용하여 차폐 성능을 극대화하기 위한 것이 목적이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 상기 목적을 달성하기 위하여, 표면에 복수의 Hexa-hole 패턴층을 형성하고, 하단에 전자파 흡수를 위한 전도성 코팅층인 PEDOT 흡수층을 스프레이 코팅방식으로 처리한 일정 강도의 전기장에서 분극 처리되는 음(Negative)의 대전 특성을 갖는 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene를 포함하는 흡수 기반의 전자기 차폐 소재를 제공한 것이 특징이다.

[0009] 또한, 본 발명에서, 상기 Hexa-hole 패턴층에 정(Positive)의 대전체로 마찰 대전에 의한 마찰 대전 효과를 구현할 수 있다.

[0010] 또한, 본 발명은, (a) 일정의 패턴이 미리 형성된 마스터 기판에 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene 솔루션을 균일하게 코팅 처리하는 단계; (b) 상기 마스터 기판으로부터 독립적인 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene 패턴층을 분리하는 단계; (c) 상기 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene의 패턴층 반대면에 전도성 코팅층인 PEDOT 흡수층을 스프레이 코팅방식으로 처리하여 패턴이 있는 P(VDF-TrFE)-MXene-PEDOT 필름을 제조하는 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 제조방법을 제공한 것이 특징이다.

[0011] 또한, 본 발명에서, 상기 P(VDF-TrFE)-MXene 패턴층에 첨가된 MXene은 15wt%의 MXene이 함유될 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명에서, 상기 마스터 기판의 패턴은 Hexa-hole 패턴으로 형성될 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명에서, 상기 P(VDF-TrFE)_MXene 패턴층의 내부에 존재하는 다이폴은 일정 크기의 전기장과 큐리 온도에서 일정 시간동안 분극 처리하여 다이폴을 정렬할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명에서, 상기 분극 처리된 P(VDF-TrFE)-MXene 패턴층의 표면에 양(Positive)의 대전체로 문지르거나 두드려 마찰 대전 효과를 유도할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면, 강유전 P(VDF-TrFE)의 분극 효과 및 마찰 대전 효과에 의한 EMI SE 및 흡수율의 향상에 따른 차폐 소자와 제조방법은 초박막이면서 제조방법이 간단하고, 분극 및 마찰 대전에 의한 효과 적용에 의한 과정이 간단하여 대면적의 생산에 적합하며, 분극에 의한 효과는 상온에서 영구히 유지되며 소재의 두께 및 중량의 증가 없이 향상시킬 수 있어 절대 차폐 성능 지수(Absolute EMI SE)를 크게 향상시킬 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명은 고성능 및 높은 신뢰도를 요구하는 통신 및 전자 장비 시스템이나 초박막(120㎛) 및 유연성으로 집적회로 및 전자 회로 분야, 그리고 항공 및 군용 전자 장비 차폐용 소재로 적용이 가능하고, 스텔스용 박막형 흡수체나 차량 전장부품용 차폐 소재로 활용이 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 실시 예로, 전자기 차폐 성능의 향상을 위한 분극 효과 및 마찰 대전 효과를 나타낸 개략도이다.

도 2는 본 발명에 따른 P(VDF-TrFE)-MXene-PEDOT 기반 차폐 소재의 제조과정을 나타낸 개략도이다.

도 3은 본 발명에 따른 MXene 및 표면 패턴에 의한 차폐 성능과 흡수율 변화를 나타낸 그래프이다.

도 4는 본 발명에 따른 스프레이 코팅 처리된 PEDOT 흡수층에 의한 차폐 성능과 흡수율 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명에 따른 전기적인 분극 처리에 의한 강유전 폴리머인 P(VDF-TrFE) 기반의 전자파 차폐 효과의 성능 향상을 나타낸 개략도이다.

도 6은 본 발명에 따른 마찰 대전 효과에 의한 추가적인 EMI SE 및 흡수율 향상을 나타낸 개략도이다.

도 7은 본 발명에 따른 분극 및 마찰 대전에 의하여 향상된 표면 전위의 변화를 KPFM으로 측정한 결과를 나타낸 사진이다.

도 8은 본 발명에 따른 분극 및 마찰 대전 후의 두께와 무게를 고려한 절대 차폐 효과의 변화를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 본 발명에 따른 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 및 그 제조방법에 관한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0019] 도 1은 본 발명에서 흡수 기반의 전자기 차폐 소재에 적용된 전자기 차폐 성능의 향상을 위한 분극 효과 및 마찰대전 효과를 나타낸 개략도이다.

[0020] 도 1a에서, 본 발명의 흡수 기반의 전자기 차폐 소재(100)는 표면에 복수의 Hexa-hole(120) 패턴층이 형성된다. 그리고 차폐 소재(100)의 하단에는 전자파 흡수를 위한 전도성 코팅층인 PEDOT(130) 흡수층이 스프레이 코팅방식으로 처리된다.

[0021] 차폐 소재(100)는 일정 강도의 전기장에서 분극 처리되어 음(Negative)의 대전 특성을 갖는 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene가 된다. 즉, 강유전 P(VDF-TrFE)(110)로 제조된 전자파 차폐 소재(100)는 강한 전기장, 예컨대, 2kV/cm에서 내부의 다이폴(111)들이 정렬되어 차폐 성능을 향상시키는 역할을 한다.

[0022] 또한, 도 1c에서, 분극 처리된 P(VDF-TrFE)(110)로 이루어진 차폐 소재(100)에 추가적인 차폐 성능 향상을 위하여 마찰 대전 효과를 이용한다.

[0023] 이는 음(Negative)의 대전 서열을 가지는 P(VDF-TrFE)(110)와 양(Positive) 계열의 대전체(150)를 이용하여 문지르거나 두드려 직접 마찰 대전을 함으로써 차폐 효과 및 흡수율을 상승시키는 전략을 보여준 것이다. 대전체(150)로는 마찰 대전을 일으키는 나일론(Nylon) 소재가 적용될 수 있다.

[0024] 따라서 도 1b에서, 하단면에 PEDOT(Poly(3,4-EthyleneDioxyThiophene), 전도성 고분자)(130)이 코팅 처리된 P(VDF-TrFE)-MXene 패턴은 분극 처리된 차폐와 마찰 대전에 의한 차폐 및 흡수에 의하여 투사된 전자기파에 의한 저반사파의 방출과 더불어 전자기파를 지배적으로 흡수하는 차폐모델이 된다.

[0025] 도 2는 P(VDF-TrFE)-MXene-PEDOT 기반의 차폐 소재의 제조방법을 나타낸 개략도이다.

[0026] 먼저, 일정의 패턴이 미리 형성된 마스터 기판(Pattern Master Substrate)에 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene 솔루션(Solution)을 균일하게 코팅 처리한다.

[0027] 즉, 도 2a와 같이, 준비된 P(VDF-TrFE)-MXene 솔루션을 이용하여 블레이드 코터(Blade Coater)로 패턴이 있는 마스터 기판에 균일한 코팅이 이루어지도록 한다.

[0028] 그리고 일정 시간이 경과한 후, 패턴이 있는 마스터 기판에서 분리 제거하여 독립 구조(Freestanding)의 MXene-P(VDF-TrFE)를 얻는다. 이는 도 2b와 같이, 마스터 기판으로부터 독립적인 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene 패턴층을 분리하는 것이다. 마스터 기판의 패턴은 Hexa-hole 패턴으로 형성된다.

[0029] 또한, 추가적인 흡수를 위하여, 강유전 P(VDF-TrFE)-MXene의 패턴층 반대면에 전도성 코팅층인 PEDOT 흡수층을 스프레이 코팅방식으로 처리하여 패턴이 있는 P(VDF-TrFE)-MXene-PEDOT 필름을 제조한다.

[0030] 도 3은 표면에 위치한 패턴에 의한 효과와 MXene의 적절한 농도를 확인하기 위한 차폐 효과 및 흡수율 분석한 그래프이다.

[0031] 그래프를 참조하면, 도 3에서, P(VDF-TrFE)에 첨가된 MXene의 함량, 즉, wt(중량)%가 증가할수록 전자기 차폐 효과(Electro-Magnetic Interference Shielding Effectiveness; EMI SE)는 향상되지만, 흡수율은 점점 감소하는 경향을 보여준다.

[0032] 따라서 20wt%에서는 흡수율이 50% 미만으로 흡수 기반의 전자기 차폐 소재에 적합하지 않다.

[0033] 그리고 흡수율과 EMI SE를 고려하면, 15wt%의 MXene이 함유된 P(VDF-TrFE)를 사용하여야 한다.

[0034] 또한, 표면에 위치한 Hexa-hole 패턴은 MXene 농도와 관계없이 흡수율과 EMI SE 향상을 구현할 수 있다.

[0035] 도 4는 P(VDF-TrFE)의 하단에 스프레이 코팅처리된 PEDOT의 역할을 보여주는 분석결과를 나타낸 그래프이다. P(VDF-TrFE)의 하단에 추가된 PEDOT 층은 추가적인 전자기파를 흡수하는 역할을 하는 것으로, EMI SE 및 흡수율을 향상시킨다.

[0036] 도 5는 전기적인 분극 처리에 의한 강유전 폴리머인 P(VDF-TrFE)의 차폐 효과 향상을 보여주는 개략도이다. P(VDF-TrFE) 내부에 존재하는 다이폴은 높은 전기장, 즉, 1kV/cm 이상에서 2시간 이상 분극 처리를 통하여 정렬이 이루어진다. 이에 따라 전기자에 의하여 분극 전 내부의 α-phase 대비하여 분극 후 내부의 β-phase의 비율이 증가하여 EMI SE가 향상됨을 보여준다.

[0037] 여기서, P(VDF-TrFE)의 큐리 온도(Cuire Temperature), 대략 110℃에서 전기장을 가하여야 최대의 분극 효과를 구현할 수 있지만, 대략 110℃ 이상의 온도에서는 다이폴의 정렬이 원래의 상태로 돌아오기 때문에 주의를 기울여야 한다.

[0038] 도 6은 마찰 대전 효과에 의한 추가적인 EMI SE 및 흡수율 향상을 보여주는 개략도이다. 분극 처리되고 음으로 대전된 P(VDF-TrFE)를 기반으로 하는 차폐 소재에 표면에 양의 대전체, 예컨대, Nylon 소재의 필름으로 문지르거나 두드려서 추가적인 표면 대전(Charge)을 유도한다.

[0039] 마찰에 의하여 P(VDF-TrFE)를 기반으로 하는 차폐 소재의 표면에는 추가적인 대전이 유도되어 EMI SE와 흡수율이 향상되었음을 알 수 있다.

[0040] 결과적으로, P(VDF-TrFE)는 분극 전에 비하여 분극 후에는 EMI SE가 대략 20dB로 향상되었음을 나타냈고, 흡수율은 대략 0.87로 높게 나타냈다.

[0041] 다음으로, 도 7은 차폐 소재의 분극과 마찰 대전에 의하여 향상된 표면 전위를 KPFM(Kelvin Probe Force Microscopy)로 측정한 결과이다.

[0042] 차폐 소재의 분극 전에는 대략 -0.4V의 표면 전위를 나타내고, 차폐 소재의 분극 후에는 대략 -1.3V의 표면 전위로 향상되고, 여기에 차폐 소재의 전기적인 분극과 마찰 대전에 의하여 최종적으로, -1.6V로 대략 4배가량 향상되었음을 알 수 있다.

[0043] 본 발명에서는 차폐 소재에 추가적인 차폐 성능 및 흡수율 향상을 위한 간단한 처리로 무게 및 두께의 변화 없이 극대화되었다.

[0044] 이는 도 8과 같이, 차폐 소재의 두께 및 무게를 고려한 절대 차폐 효과(Absolute EMI SE)를 극대화시킬 수 있었

다.

[0045] 이와 같이 본 발명의 흡수 기반의 전자기 차폐 소재 및 그 제조방법은 적용된 강유전 P(VDF-TrFE)의 분극 효과 및 마찰 대전 효과에 의한 EMI SE 및 흡수율 향상으로부터 고성능 및 높은 신뢰도를 요구하는 통신 및 전자 장비 시스템이나 초박막(120㎛) 및 유연성으로 집적회로 및 전자 회로 분야, 그리고 항공 및 군용 전자 장비 차폐용 소재로 적용이 가능하고, 스텔스용 박막형 흡수체나 차량 전장부품용 차폐 소재로 활용할 수 있는 장점이 있다.

[0046] 이상의 설명에서 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0047] 100: 차폐 소재

110: P(VDF-TrFE) 111: 다이폴

120: Hexa-hole

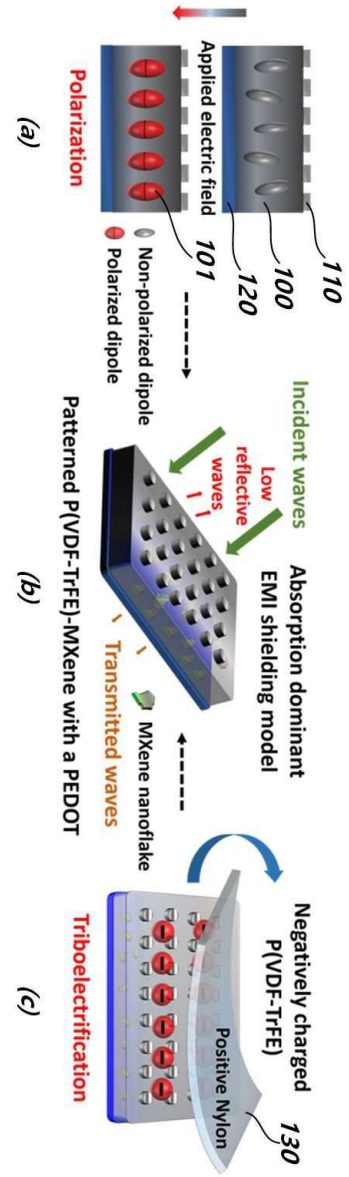
130: PEDOT

140: PEDOT이 코팅 처리된 P(VDF-TrFE)-MXene

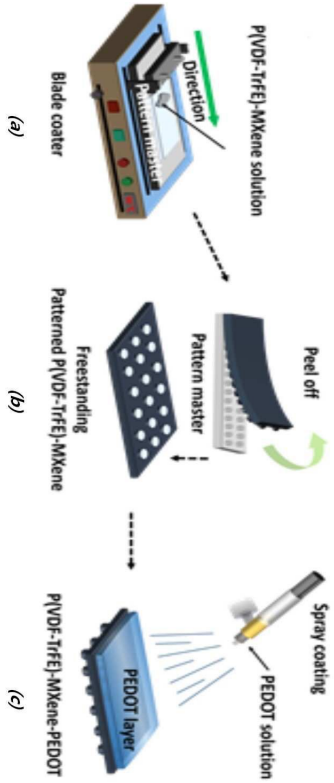
150: 대전체

도면

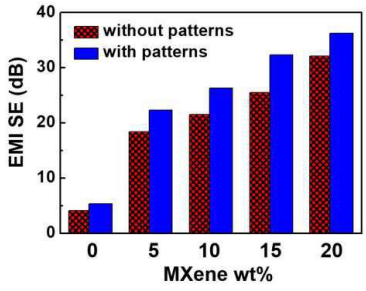
도면1

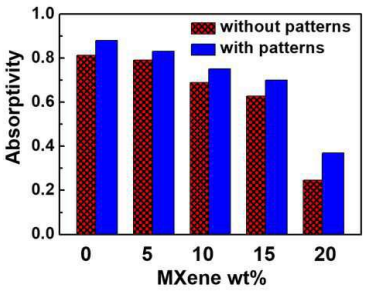

(a)
Polarization
Applied electric field
Non-polarized dipole
Polarized dipole
101
120
100
110
(b)
Patterned P(VDF-TrFE)-MXene with a PEDOT
Incident waves
Low reflective waves
Absorption dominant EMI shielding model
Transmitted waves
MXene nanoflake
(c)
Triboelectrification
Negatively charged P(VDF-TrFE)
Positive Nylon
130

도면2

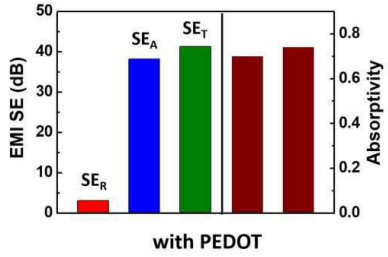

(e)
Blade coater
Direction
P(VDF-TrFE)-MXene solution
(g)
Freestanding
Patterned P(VDF-TrFE)-MXene
Pattern master
Peel off
(c)
P(VDF-TrFE)-MXene-PEDOT
PEDOT layer
Spray coating
PEDOT solution

도면3

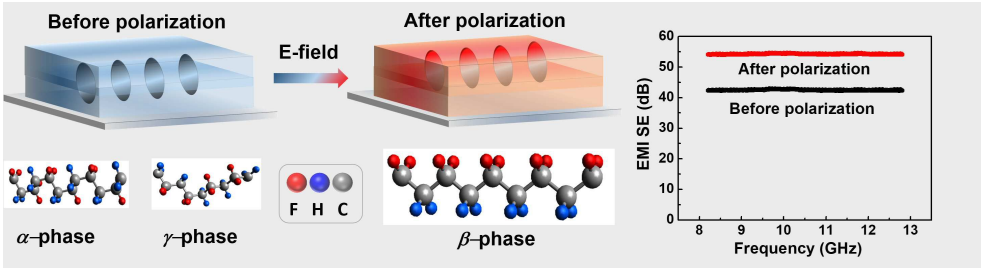

without patterns
with patterns
EMI SE (dB)
0
10
20
30
40
0
5
10
15
20
MXene wt%


without patterns
with patterns
Absorptivity
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
5
10
15
20
MXene wt%

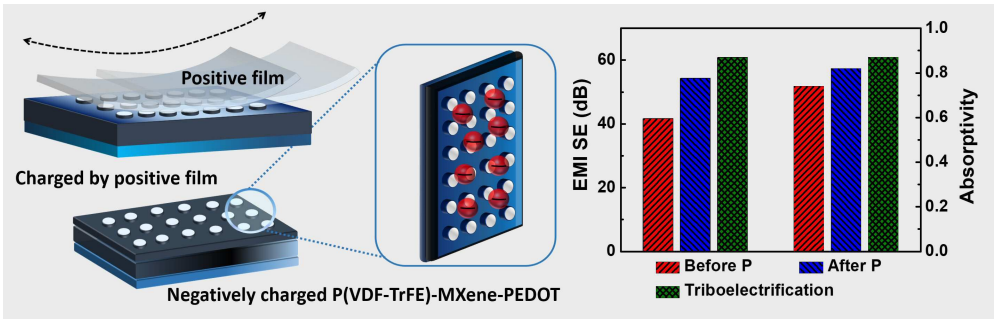
도면4


EMI SE (dB)
SE_R
SE_A
SE_T
Absorptivity
with PEDOT

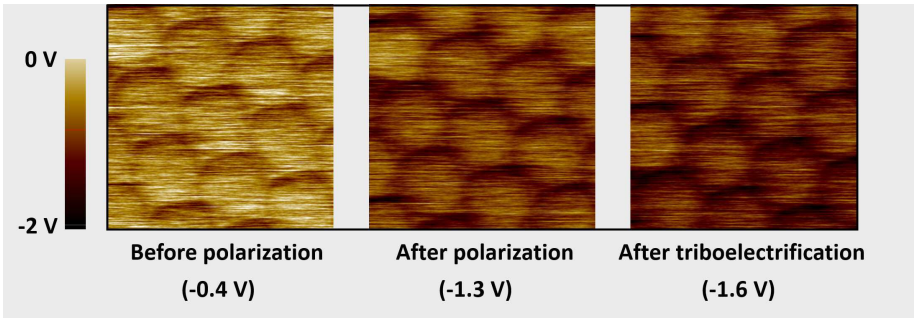
도면5



도면6



도면7



도면8

