(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월15일
(11) 등록번호 10-2624045
(24) 등록일자 2024년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 1/00 (2022.01) *B32B 15/04* (2006.01)
B32B 7/023 (2019.01) *G02B 5/20* (2022.01)
(52) CPC특허분류
G02B 1/002 (2013.01)
B32B 15/043 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0003764
(22) 출원일자 2022년01월11일
심사청구일자 2022년01월11일
(65) 공개번호 10-2023-0108781
(43) 공개일자 2023년07월19일
(56) 선행기술조사문헌
N. Lee et al. "Multiple Resonance Metamaterial Emitter for Deception of Infrared Emission with Enhanced Energy Dissipation". ACS. 2020.*
Tun Cao et al. "Wideband mid-infrared thermal emitter based on stacked nanocavity metasurfaces". IOP. 2021.*
Z. Zhan et al. "Rapid design of broadband absorption metasurfaces for selective tailoring of infrared radiation characteristics". Journal of Physics. 2021.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
조형희
서울특별시 용산구 서빙고로 35, 103동 2902호 (한강로3가, 용산시티파크1단지)
이남규
경기도 시흥시 은계중앙로 115, 406동 1402호 (은행동, 시흥은계우미린더퍼스트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이룸리온

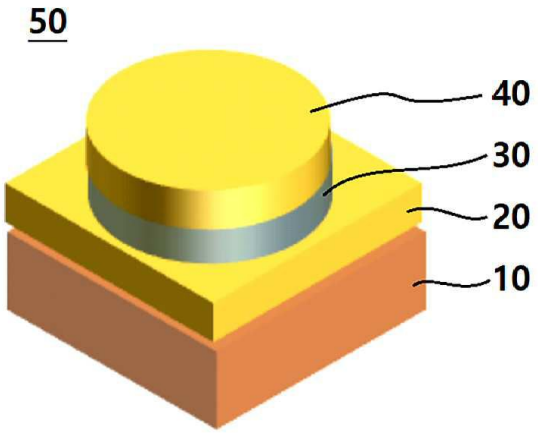
전체 청구항 수 : 총 2 항 심사관 : 남배인

(54) 발명의 명칭 **플렉서블 적외선 선택적 방사체**

(57) 요 약

본 발명은 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질을 조절하여 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 방사할 수 있기 때문에 위장하고자 하는 물체의 형태의 표면에 부착하여 적외선 위장이 가능하며, 이와 동시에 물체의 형태에 제한없이 곡면부에도 적용이 가능한 유연한 특성을 가지는 적외선 선택적 방사체를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B32B 7/023 (2019.01)
G02B 5/208 (2013.01)
(72) 발명자
임준수
경상북도 경산시 성암로 26, 101동 1205호 (옥산동, 옥산우방타운)
장인중
서울특별시 서대문구 연희로10길 79-20, 406호 (연희동, 스카이뷰)
남주영
서울특별시 서대문구 성산로17길 18-17, 410호 (연희동, 리빙스톤B)
배형모
서울특별시 송파구 송파대로 567, 508동 1008호(잠실동, 잠실5단지아파트)
윤마루솔
서울특별시 서대문구 연희로14길 63-36, 301호 (연희동)

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판; 및

상기 기판 상에 배치된 전도성 박막층; 및

Silicon nitride(Si_3N_4)와 Silicon oxide(SiO_2) 중 어느 하나인 절연층과, 두께가 100 내지 300 nm이고 금(Au)으로 형성된 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 상기 전도성 박막층 상에 1 내지 3 ㎛의 크기로 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부; 를 포함하며,

상기 절연층이 Si_3N_4인 경우 상기 절연층의 두께는 50 내지 100nm이고,

상기 절연층이 SiO_2인 경우 상기 절연층의 두께는 100 내지 200nm이며,

상기 절연층 및 금속층의 두께와 상기 다수 개의 구조물의 크기를 제어하여 3 내지 5 ㎛ 및 8 내지 12 ㎛의 적외선 파장 대역에서 방사율이 0.2 이하로 조절하며,

곡률반경이 250 ㎛ 이상인 플렉서블 적외선 선택적 방사체.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

(1) 기판 상에 전도성 박막층, Silicon nitride(Si_3N_4)와 Silicon oxide(SiO_2) 중 어느 하나인 절연층과, 두께가 100 내지 300 nm이고 금(Au)으로 형성된 금속층을 차례로 형성하는 단계;

(2) 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계; 및

(3) 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 1 내지 3 ㎛의 크기의 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각해 메타 표면부를 형성하는 단계; 를 포함하며,

상기 절연층이 Si_3N_4인 경우 상기 절연층의 두께는 50 내지 100nm이고,

상기 절연층이 SiO_2인 경우 상기 절연층의 두께는 100 내지 200nm이며,

상기 절연층 및 금속층의 두께와 상기 다수 개의 구조물의 크기를 제어하여 3 내지 5 ㎛ 및 8 내지 12 ㎛의 적외선 파장 대역에서 방사율이 0.2 이하로 조절하며,

곡률반경이 250 ㎛ 이상인 플렉서블 적외선 선택적 방사체의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 플렉서블 적외선 선택적 방사체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 일반적으로 타겟에 의해서 탐지되는 신호를 최소화하는 것을 스텔스 기술이라고 부른다. 최근에는 타겟 탐지 방법으로 잠수함을 탐지하는 음향 신호와 함께 적외선 신호를 탐지하는 적외선 기술이 널리 사용되고 있다. 이에 따라 이러한 여러 가지 탐지 신호를 최소화 하기 위하여 다양한 스텔스 기술이 연구되고 있다.

[0004] 특히, 적외선 신호를 최소화하여 적외선 탐지기에 탐지되지 않기 위하여 적외선을 방출하는 복사체 표면의 온도를 낮추거나 표면의 구조를 바꾸어서 대기투과율이 낮은 파장대역(5~8㎛)에서는 표면 방사율이 높게, 대기 투과율 이 높은 대기 투과창 영역(3~5㎛ 및 8~14㎛)에서는 표면 방사율을 낮게 설계함으로써 적외선을 선택적으로 방사하는 기술이 소개되었다.

[0005] 그러나 이 경우 구성 물질을 Brittle 하거나 Rigid한 물질을 사용할 수밖에 없어서 Leading edges 등을 가지는 곡면부에는 적용할 수 없는 문제가 있다. 이는 적외선 선택적 방사체가 주요 활용되는 분야인 군사용 산업에서 곡면을 가진 장비들이 많은 점을 감안할 때, 적외선 선택적 방사체의 활용도를 크게 저하시키는 원인이 되고 있다.

[0007] 이에 따라, 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질을 조절하여 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 방사할 수 있음과 동시에, 플렉서블한 특성을 가져서 곡면부에도 용이하게 적용하여 그 활용도를 크게 제고시킬 수 있는 적외선 선택적 방사체에 대한 연구가 시급하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제 10-1894909 (2018.08.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상술한 문제를 극복하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 해결하고자 하는 과제는 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질을 조절하여 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 방사하여 적외선 위장이 가능하며, 이와 동시에 곡면부에도 적용이 가능한 유연한 특성을 가지는 적외선 선택적 방사체 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명은 상술한 과제를 해결하기 위해 기판 및 상기 기판 상에 배치된 전도성 박막층 및 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 상기 전도성 박막층 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부를 포함하는 플렉서블 적외선 선택적 방사체를 제공한다.

[0013] 또한 본 발명의 일 실시예에 의하면, 3 내지 5 ㎛ 및 8 내지 12 ㎛의 적외선 파장 대역에서 방사율이 0.2이하일 수 있다.

[0014] 또한, 상기 절연층은 Silicon nitride (Si_3N_4), Silicon oxide (SiO_2) 및 Zinc sulfide (ZnS) 중에서 선택되는 어느 하나이며, 상기 절연층의 두께는 30 내지 300 ㎚이고, 상기 구조물의 크기는 1 내지 3 ㎛이고, 상기 금속층의 두께는 50 내지 400 ㎚일 수 있다.

[0015] 또한, 곡률반경이 250 ㎛ 이상일 수 있다.

[0016] 또한 본 발명은 (1) 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계 (2) 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계 및 (3) 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각해 메타 표면부를 형성

하는 단계를 포함하는 플렉서블 적외선 선택적 방사체의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 의하면 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질을 조절하여 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 방사할 수 있기 때문에 위장하고자 하는 물체의 형태의 표면에 부착하여 적외선 위장이 가능하며, 이와 동시에 물체의 형태에 제한없이 곡면부에도 적용이 가능한 유연한 특성을 가지는 적외선 선택적 방사체를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1 내지 5는 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체를 나타내는 도면이다.

도 6및 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체에 포함되는 구조물의 크기에 제어하는 것을 나타내는 그래프이다.

도 8 및 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체에 포함되는 절연층의 두께를 제어하는 것을 나타내는 그래프이다.

도 10 및 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체에 포함되는 금속층의 두께를 제어하는 것을 나타내는 그래프이다.

도 12 내지 도 14는 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0023] 상술한 바와 같이, 종래 소개된 적외선 선택적 방사체는 유연한 소재를 사용할 수 없어 곡면부에 적용 어려운 문제가 있었다.

[0024] 이에 본 발명은 기판 및 상기 기판 상에 배치된 전도성 박막층 및 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 상기 전도성 박막층 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부를 포함하는 플렉서블 적외선 선택적 방사체를 제공하여 상술한 문제의 해결을 모색하였다.

[0025] 이에 따라 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질(구조물)을 조절하여 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 방사할 수 있기 때문에 위장하고자 하는 물체의 표면에 부착하여 적외선 위장이 가능하며, 이와 동시에 물체의 형태에 제한 없이 곡면부에도 적용이 가능한 유연한 특성을 가지는 적외선 선택적 방사체를 제조할 수 있다.

[0027] 이하 도 1 내지 5를 참조하면 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0028] 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)는 기판(10) 및 상기 기판(10) 상에 배치된 전도성 박막층(20) 및 절연층(30)과 금속층(40)이 적층된 다수 개의 구조물(50)이 상기 전도성 박막층(20) 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부(60)를 포함한다.

[0030] 상기 기판(10)은 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체를 물리적으로 지지해 주는 구조재 역할을 수행한다. 이때 상기 기판(10)은 위장하려는 물질의 피부착면이 곡선부 형태를 가질 때에도 표면에 부착할 수 있도록 유연한 특성을 가질 수 있다. 이에 대한 비제한적인 예로 상기 기판(10)은 Quartz, Glass, Polydimethylsiloxane(PDMS), Polyimide(PI), Polyethylene terephthalate(PET) 등 유연한 성질을 가진 물질을 사용할 수 있으며 바람직하게는 Polyimide를 사용하는 것이 코팅 rpm 조절을 통해 기판의 두께를 바람직한 범위 내로 조절할 수 있으며, 다른 물질에 비하여 상대적으로 점도가 낮아 얇은 두께로 제작이 가능하여 곡률반경을 감소시키는데 유리할 수 있다. 또한 상기 기판(10)은 충분한 유연성을 나타낼 수 있을 정도의 박막 형태일 수 있으며 이에 특별히 제한하지 않으나, 100 nm 내지 10 mm의 두께를 가질 수 있다.

[0032] 다음, 상기 전도성 박막층(20) 상기 기판(10) 상에 형성되며 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체에 전도성을 부여하는 역할을 한다. 이에 따라 상기 전도성 박막층(20)은 유연성을 확보할 수 있고, 나아가 전기전도도가 우수한 물질이 사용될 수 있으며 이에 특별히 제한하지 않으나 유연성을 확보할 수 있을 정도의 두께를 가진 박막 형태인 것이 바람직하며, 이에 대한 비제한적인 예로 상기 전도성 박막층(20)은 금(Au), 은(Ag), 구

리(Cu), 알루미늄(Al), Indium tin oxide(ITO) 등의 전기 전도성을 가지는 물질일 수 있다.

[0033] 또한 상기 전도성 박막층(20)은 충분한 유연성을 나타내면서 본 발명의 목적에 부합하는 두께를 가질 수 있어 특별히 제한하지 않으나, 이에 대한 비제한적인 예로 상기 전도성 박막층(20)이 금으로 구현된 경우 200 nm 내지 1um 두께를 가질 수 있다.

[0035] 다음, 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체는 절연층(30)과 금속층(40)이 적층된 다수 개의 구조물(50)이 상기 전도성 박막층(20) 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부(60)를 포함한다.

[0036] 일반적으로 적외선 위장 물질의 경우 적외선 위장 물질에 형성된 금속층의 공진현상 또는 공명파장 특성 등을 이용하여 원하는 대역에서 적외선 신호를 저감시키는 효과를 얻는다. 이에 따라 종래 적외선 위장 물질에 형성된 상기 금속층은 금속의 내재적인 특성인 Brittle 하거나 Rigid한 물성을 가지는 데 이러한 특성으로 인해 위장하려는 물질의 형상에 맞도록 제조하거나 가공하기 어려운 문제가 있다. 또한, 위와 같은 금속의 특성으로 인하여 원하는 크기로 제조를 하더라도 위장하려는 물질이 곡면부를 가지는 경우 적외선 위장 물질을 용이하게 적용하기 어려운 문제가 있다. 예를 들어, 군사 분야의 비행기 등에는 적외선 위장 물질이 주로 사용될 수 있는데, 이때 군사 분야의 비행기 등이 곡면부를 가지는 경우 이에 맞도록 가공, 변형이 어려워서 실제 활용도를 크게 저하시키는 원인이 되고 있다.

[0037] 이에 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체는 절연층(30)과 금속층(40)이 적층된 다수 개의 구조물(50)이 상기 전도성 박막층(20) 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부(60)를 포함하여 유연한 구조의 적외선 선택적 방사체를 구현할 수 있다.

[0038] 보다 구체적으로, 도 2및 3을 참조하면, 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)는 전도성 박막층(20) 상에 메타 표면부(60)가 형성되며, 상기 메타 표면부(60)는 다수 개의 구조물(50)이 소정의 패턴을 이루며 배치된 구조를 가지고 있다. 이와 같이 다수 개의 구조물(50)이 소정의 패턴을 이루며 분절되어 있기 때문에 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)가 곡면을 이루도록 구부러져도 이에 따른 응력을 분산시킬 수 있어 유연성을 부여할 수 있다. 즉 상술한 기판(10) 및 전도성 박막층(20)은 자체적으로 유연성을 가지는 물질로 형성되며, 상기 메타 표면부(60)는 상기 다수 개의 구조물(50)의 분절된 패턴을 이용하여 도 4 및 도 5에 도시된 것과 같이 곡면부를 가지는 물체에도 부착할 수 있을 정도의 유연성을 가질 수 있다. 결국 본 발명은 이와 같은 분절된 패턴을 가지는 메타 표면부(60)로 인해 본 발명에 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)는 곡률반경이 250 ㎛ 이상일 수 있다. 이때 만일 상기 곡률반경이 250 ㎛ 미만일 경우 본 발명이 목적하는 충분한 유연성 확보가 어려울 수 있다.

[0040] 한편, 상기 다수 개의 구조물(50)은 절연층(30)과 금속층(40)이 적층된 구조를 가진다.

[0041] 일반적으로 종래 소개된 적외선 선택적 방사체의 경우 취성 소재의 절연층(또는 유전체층)을 포함하며, 주로 탄소계의 유전성 손실재료를 사용하여 임피던스를 제어함으로써 전파 흡수 성능을 발현한다. 유전성 손실재료는 줄 발열(Joule heating)을 통해 전자기파를 열에너지로 변환할 수 있는데, 이 때 유전율의 실수부는 회로에서의 축전기(Capacitor)에 해당하고, 허수부는 저항에 해당한다. 즉 유전율의 허수부가 높을수록 일반적으로 더 많은 전파흡수를 기대할 수 있으며, 이를 유전손실이라 일컫는다. 이와 같은 유전손실을 이용한 적외선 위장 물질은 일반적으로 취성 소재와 그 구조 특성 상 유연성이 없어 곡면부 적용이 불가능하다는 한계가 있다.

[0042] 이에 본 발명은 상기 메타 표면부(60) 다수 개의 구조물(50) 적층된 메타 물질의 구조를 가지고, 다수 개의 구조물(50)의 두께, 반복 피치(pitch) 및 패턴(금속층)의 크기 등을 조절하여 적외선 선택적 방사 특성에 의해 적외선 탐지에 사용하는 파장대역의 적외선 신호를 저감시킬 수 있다.

[0043] 보다 구체적으로 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)는 메타 표면부(60)에 일정한 패턴을 가지도록 형성된 상기 구조물(50)의 크기를 제어함으로써 방사율과 파장 대역을 조절할 수 있다.

[0044] 즉 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 원형 구조물(50)에 포함되는 절연층(30)을 SiO_2 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)의 물질과 절연층의 두께를 일정하게 했을 때, 상기 구조물(50)의 크기를 약 2.0 내지 2.8 ㎛으로 조절하여 대기흡수대역(5 내지 8㎛)으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0045] 또한 도 7을 참조하면, 상기 절연층(30)을 Si_3N_4 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)의 물질과 절연층의 두께를 일정하게 했을 때, 상기 구조물(50)의 크기를 약 1.4 내지 1.6 ㎛으로 조절하여 대기흡수

대역으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0048] 한편 본 발명은 상기 절연층(30)의 두께를 제어함으로써 방사율과 파장 대역을 조절할 수 있다.

[0049] 보다 구체적으로 도 8을 참조하면, 상기 절연층(30)을 SiO_2 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)의 물질과 구조물의 크기를 일정하게 했을 때, 상기 절연층(30)의 두께를 100 내지 200 ㎚으로 조절하여 대기흡수대역(5 내지 8㎛)으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0050] 또한 도 9를 참조하면, 상기 절연층(30)을 Si_3N_4 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)의 물질과 구조물의 크기를 일정하게 했을 때, 상기 절연층(30)의 두께를 50 내지 100 ㎚으로 조절하여 대기흡수대역으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0051] 이를 위해 상기 절연층(30)은 유전체층으로 적외선 영역에서 높은 유전율을 가진 물질을 사용할 수 있으며, 예를 들어 Silicon nitride (Si_3N_4), Silicon oxide (SiO_2), Zinc sulfide (ZnS)을 사용할 수 있다.

[0052] 또한 상술한 것과 같이 절연층(30)에 사용되는 물질 및 구조물(50)의 크기 등을 고려하여 두께를 적절히 설계할 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에 따른 비제한적인 예로 30 내지 300 ㎚의 두께를 가질 수 있다.

[0054] 한편 본 발명은 상기 금속층(40)의 두께를 제어함으로써 방사율과 파장 대역을 조절할 수 있다.

[0055] 보다 구체적으로 도 10을 참조하면, 상기 절연층(30)을 SiO_2 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)을 금(Au)으로 형성하고, 구조물(50)의 크기를 일정하게 했을 때, 상기 금속층(40)의 두께를 100 내지 300 ㎚으로 조절하여 대기흡수대역(5 내지 8㎛)으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0056] 또한 도 11를 참조하면, 상기 절연층(30)을 Si_3N_4 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)을 금으로 형성하고, 구조물(50)의 크기를 일정하게 했을 때, 상기 절연층(30)의 두께를 50 내지 100 ㎚으로 조절하여 대기흡수대역으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0057] 이를 위해 상기 금속층(40)은 일정 수준 이상의 유연성을 가지며 얇은 박막으로 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al)일 수 있다.

[0058] 또한 상술한 것과 같이 금속층(40) 사용되는 물질 및 구조물(50)의 크기 등을 고려하여 두께를 적절히 설계할 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에 따른 비제한적인 예로 50 내지 400 ㎚의 두께를 가질 수 있다.

[0059] 한편, 본 명세서에서는 상기 금속층(40)의 크기에 대하여만 설명하였지만, 본 발명의 일 실시예에 불과하며 상기 구조물(50)의 폭, 형태, 배치 간격 및 상기 구조물(50)을 이루는 절연층(30) 및 금속층(40)의 폭, 형태, 크기 등을 조절하여 적외선 방사율 및 방사 대역을 제어할 수 있다.

[0061] 이상에서 설명한 것과 같이 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)는 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질을 조절하여 3 내지 5 ㎛ 및 8 내지 12 ㎛의 적외선 파장 대역에서 방사율이 0.2이하로 제어할 수 있고, 위장하고자 하는 물체의 형태의 표면에 부착하여 적외선 위장이 가능하며, 이와 동시에 물체의 형태에 제한없이 곡면부에도 적용이 가능한 유연한 특성을 가지는 바 적외선 위장 물질 또는 스텔스 소자로 다양한 산업 및 군사 분야에 활용도를 크게 제고할 수 있다.

[0063] 다음, 도 12 내지 15를 참조하여 본 발명에 따른 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)의 제조방법을 설명한다. 다만 중복을 피하기 위하여 상술한 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)와 기술적 사상이 동일한 부분에 대하여는 설명을 생략한다.

[0064] 본 발명에 따른 본 발명에 따른 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)는 (1) 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계 (2) 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계 및 (3) 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각해 메타 표면부를 형성하는 단계를 포함하여 제조한다.

[0066] 상기 (1) 단계는 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계이다.

[0067] 보다 구체적으로 도 13을 참조하면, 상기 (1) 단계는 본 발명에 플렉서블 적외선 선택적 방사체(100)의 기재 위에 기판, 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 증착할 수 있다. 이때 증착하는 방법은 본 발명의 목적에

부합하는 공지의 통상적인 증착방법이 사용될 수 있으며, 예를 들어 물리적 증착 또는 화학적 증착을 통해 수행할 수 있다. 물리적 증착 또는 화학적 증착은 DC 스퍼터링 (DC sputtering), 마그 네트론스퍼터링, 전자빔증착법(Ebeam evaporation), 열증착법(Thermal evaporation), 레이저분자빔증착법 (LMBE, Laser Molecular Beam Epitaxy), 펄스레이저증착법(PLD, Pulsed Laser Deposition), 진공 증착법, 원자 층 증착법(ALD, Atomic Layer Deposition) 또는 플라즈마 도움 화학적 증착법(PECVD, Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 등을 들 수 있다.

[0069] 다음 상기 (2) 단계는 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계이다. 상기 마스크패턴층은 본 발명의 목적에 부합하는 한 공지의 통상적인 방법으로 형성할 수 있으나 바람직하게는 상기 금속층 상에 PR을 코팅하고 UV노광을 통해 소정의 간격으로 이격된 마스크패턴층을 형성할 수 있다.

[0071] 다음 상기 (3) 단계는 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각해 메타 표면부를 형성하는 단계이다.

[0072] 즉 상기 (3) 단계는 마스크패턴층이 형성된 하부에 상기 절연층과 금속층이 차례로 적층된 구조물이 소정의 패턴으로 이루도록 상기 마스크패턴층이 형성되지 않은 부분을 제거하는 단계이다. 이때 상기 마스크패턴층이 형성되지 않은 부분을 제거하는 방법은 상기 절연층과 금속층이 차례로 적층된 구조물에 손상을 입히지 않는 범위 내에서 당업계에서 통상적으로 사용되는 방법이라면 특별히 한정하지 않고 사용할 수 있으며, 예를 들면, 습식 에칭, 건식 에칭 또는 이들의 혼합 방법으로 수행될 수 있다.

[0074] 이하에서는 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하기로 하지만, 하기 실시예가 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니며, 이는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것으로 해석되어야 할 것이다.

[0076] **실시예 1 - 플렉서블 적외선 선택적 방사체의 제조**

[0077] (1) 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계

[0078] 실리콘 웨이퍼 위에 희석한 Polyimide를 스핀 코팅하여 13 um의 상기 기판을 제작하고, 상기 기판 위에 각각 E-beam evaporator, PECVD, E-beam evaporator를 이용하여 전도성 박막층으로 금(Au), 200 nm, 상기 절연층으로 Si_3N_4을 100 nm 및 상기 금속층으로 금(Au), 200 nm을 순서대로 증착하여 적층 구조물을 제조하였다

[0080] (2) 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계

[0081] 상기 (1) 단계에서 제조한 적층 구조물 상에 직경 2um의 원형 메타 패턴을 갖는 마스크 패턴층을 형성하였다.

[0083] (3) 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각해 메타 표면부를 형성하는 단계

[0084] 상기 (2) 단계의 마스크패턴층을 이용하여 상기 (1) 단계에서 제조한 적층 구조물을 마스크패턴층이 형성되지 않은 부분을 Inductively Coupled Plasma etching 방법을 이용하여 식각하여 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 배치된 메타 표면부를 형성하였다.

[0086] **실시예 2 - 플렉서블 적외선 선택적 방사체의 제조**

[0087] 상기 실시예 1과 같이 제조하되, 상기 절연층의 물질 및 두께, 상기 금속층의 두께, 상기 절연층과 금속층으로 구성되는 구조물의 크기를 하기 표 1과 같이 달리하여 제조하였다.

표 1

[0088]

구분			실시예 1	실시예 2	실시예 3	실시예 4	실시예 5	실시예 6	실시예 7
구조물	절연층	물질	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4
		두께	100	100	100	100	100	50	70
	금속층	두께	100	100	100	100	100	100	100
	크기		1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4
구분			실시예 8	실시예 9	실시예 10	실시예 11	실시예 12	실시예 13	실시예 14
구조물	절연층	물질	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4	Si_3N_4	SiO_2
		두께	90	100	100	100	100	100	150
	금속층	두께	100	100	50	70	90	10	200
	크기		1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	0.4

구분			실시예 15	실시예 16	실시예 17	실시예 18	실시예 19	실시예 20	실시예 21	실시예 22
구조물	절연층	물질	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		두께	150	150	150	150	150	150	50	100
	금속층	두께	200	200	200	200	200	200	200	200
	크기		0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	2	2
구분			실시예 23	실시예 24	실시예 25	실시예 26	실시예 27	실시예 28	실시예 29	실시예 30
구조물	절연층	물질	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
		두께	150	200	150	150	150	150	150	150
	금속층	두께	200	200	50	100	150	200	300	400
	크기		2	2	2	2	2	2	2	2

[0090] **실험예 1 - 적외선 방사대역 및 방사율 측정**

[0091] 상기 실시예 1 내지 30에서 제조한 플렉서블 적외선 선택적 방사체를 Fourier Transform Infrared (FT-IR) 장비를 이용하여 적외선 방사대역 및 방사율 측정하였다.

[0093] **실험예 2 - 곡률 측정 및 곡면 부착 테스트**

[0094] 상기 실시예 1 내지 30에서 제조한 플렉서블 적외선 선택적 방사체를 곡률반경이 250 um인 구리선에 부착한 후 Scanning Electron Microscope(SEM)를 이용하여 휘어진 상태에서 전도성 박막층 상의 절연층, 금속층으로 이루어진 메타 표면부가 소실되지 않는 것을 확인하였다.

[0096] **실험예 3- 곡면 부착 후 적외선 신호 측정**

[0097] 상기 실시예 1에서 제조한 플렉서블 적외선 선택적 방사체를 곡률반경이 5 cm인 물체에 부착하고, 표면 온도를 100 ℃로 가열한 상태에서 적외선 신호를 측정하고 이를 도 5b에 나타내었다. 유연구조 메타물질과 외부 배경조건의 적외선 신호가 유사하여 곡면에 부착한 상황에서도 적외선 위장 효과가 나타나는 것을 확인하였다.

[0099] 상기 표 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라 메타 표면부(60)에 일정한 패턴을 가지도록 형성된 상기 구조물(50)의 크기를 제어함으로써 방사율과 파장 대역을 조절할 수 있음을 알 수 있다.

[0100] 즉 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 원형 구조물(50)에 포함되는 절연층(30)을 SiO_2 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)의 물질과 절연층의 두께를 일정하게 했을 때, 상기 구조물(50)의 크기를 약 2.0 내지 2.8 ㎛으로 조절하여 대기흡수대역(5 내지 8㎛)으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0101] 또한 도 7을 참조하면, 상기 절연층(30)을 Si_3N_4 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)의 물질과 절연층의 두께를 일정하게 했을 때, 상기 구조물(50)의 크기를 약 1.4 내지 1.6 ㎛으로 조절하여 대기흡수대역으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0103] 또한, 상기 표 1을 통해, 본 발명은 상기 절연층(30)의 두께를 제어함으로써 방사율과 파장 대역을 조절할 수 있음을 알 수 있다.

[0104] 보다 구체적으로 도 8을 참조하면, 상기 절연층(30)을 SiO_2 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)의 물질과 구조물의 크기를 일정하게 했을 때, 상기 절연층(30)의 두께를 100 내지 200 nm으로 조절하여 대기흡수대역(5 내지 8㎛)으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0105] 또한 도 9를 참조하면, 상기 절연층(30)을 Si_3N_4 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)의 물질과 구조물의 크기를 일정하게 했을 때, 상기 절연층(30)의 두께를 50 내지 100 nm으로 조절하여 대기흡수대역으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

[0107] 또한 상기 표 1을 통해 본 발명은 상기 금속층(40)의 두께를 제어함으로써 방사율과 파장 대역을 조절할 수 있음을 알 수 있다.

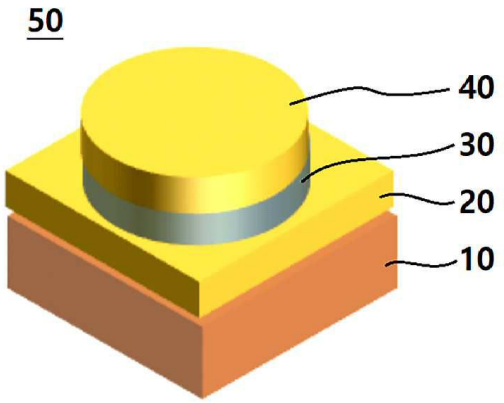
[0108] 보다 구체적으로 도 10을 참조하면, 상기 절연층(30)을 SiO_2 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속

층(40)을 금(Au)으로 형성하고, 구조물(50)의 크기를 일정하게 했을 때, 상기 금속층(40)의 두께를 100 내지 300 nm으로 조절하여 대기흡수대역(5 내지 8㎛)으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

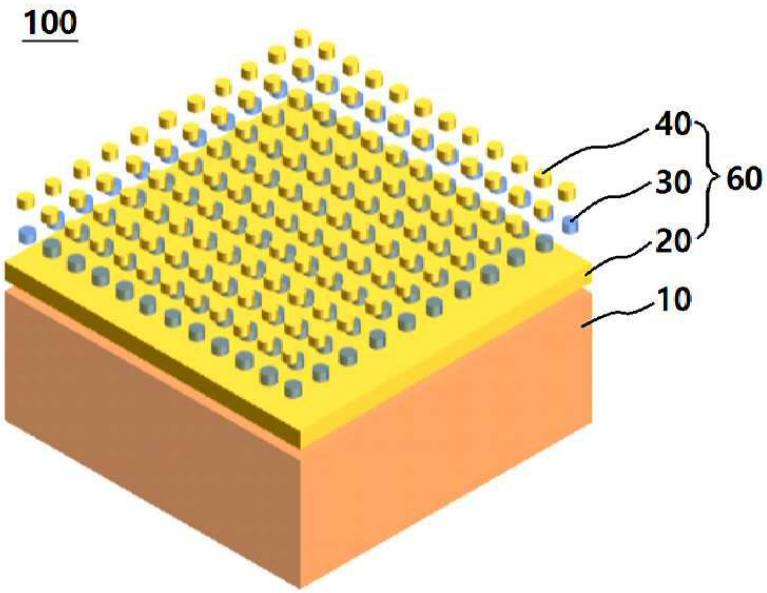
[0109] 또한 도 11를 참조하면, 상기 절연층(30)을 Si_3N_4 로 형성하고 상기 절연층(30) 상면에 형성되는 금속층(40)을 금으로 형성하고, 구조물(50)의 크기를 일정하게 했을 때, 상기 절연층(30)의 두께를 50 내지 100 nm으로 조절하여 대기흡수대역으로 적외선을 방사할 수 있고 다른 대역으로는 방사율을 저감할 수 있음을 알 수 있다.

도면

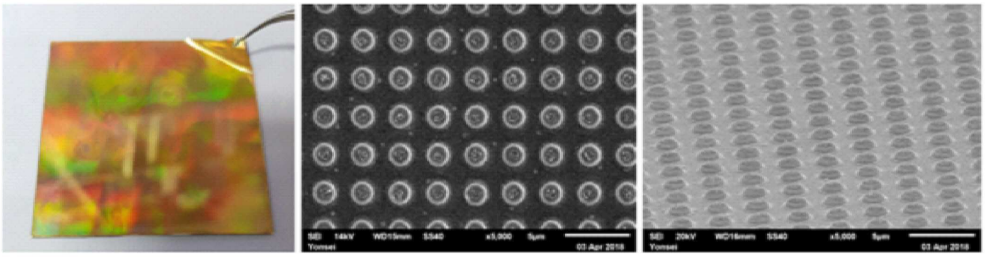
도면1



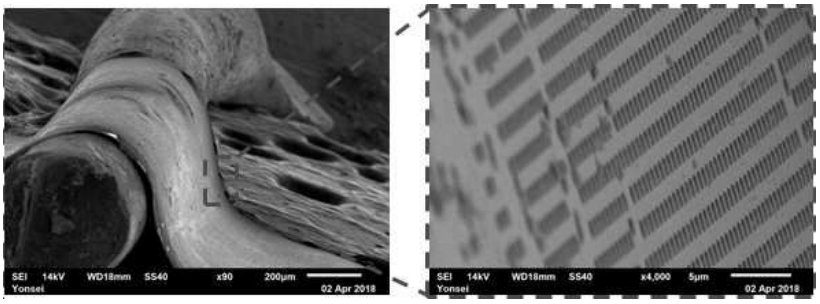
도면2



도면3

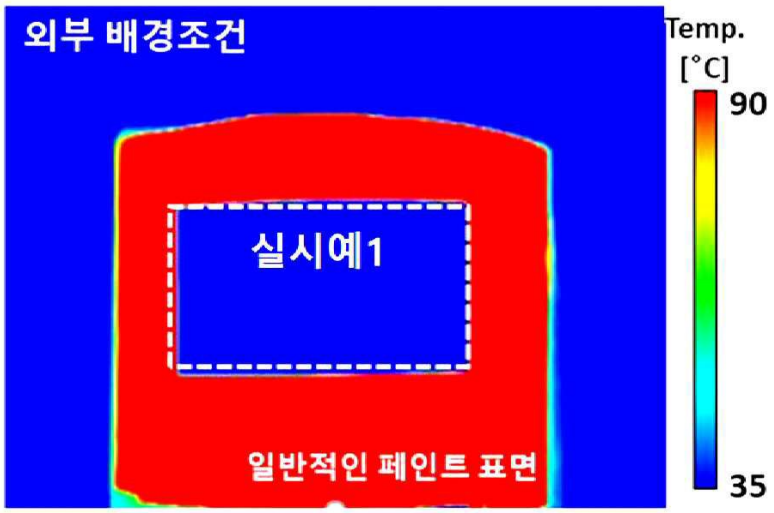


도면4

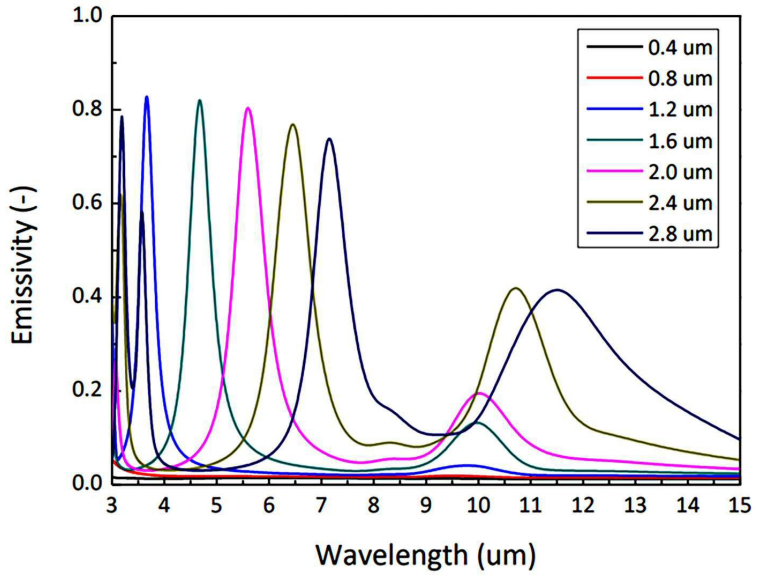


도면5a

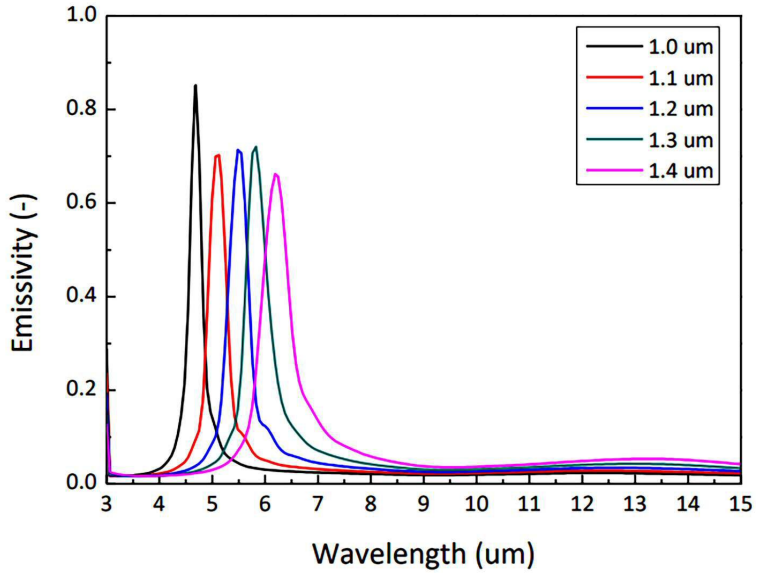
도면5b



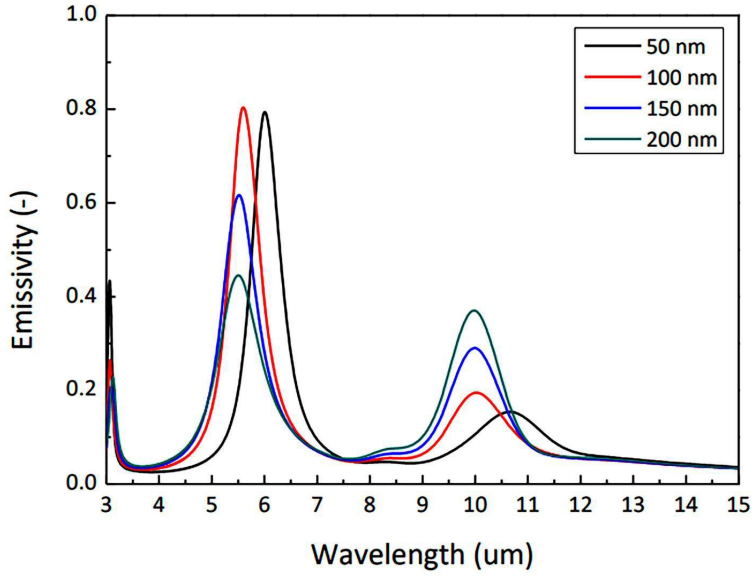
도면6


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Emissivity (-)
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
Wavelength (um)
0.4 um
0.8 um
1.2 um
1.6 um
2.0 um
2.4 um
2.8 um

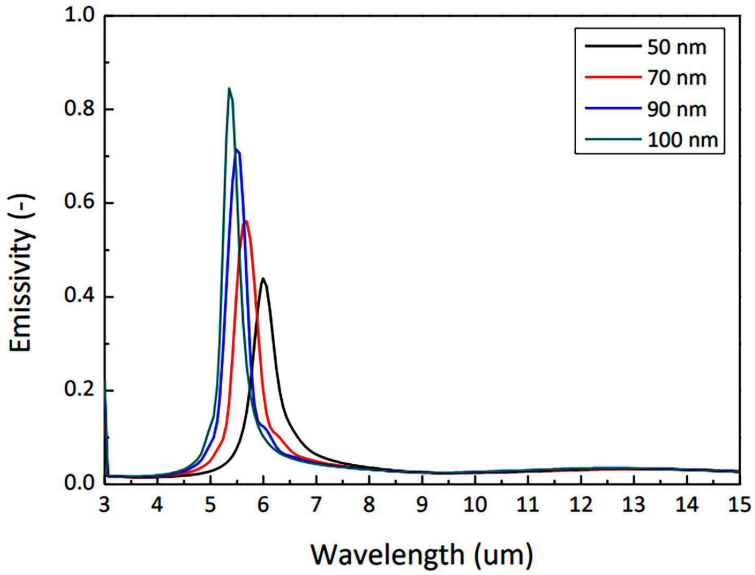
도면7


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Emissivity (-)
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
Wavelength (um)
1.0 um
1.1 um
1.2 um
1.3 um
1.4 um

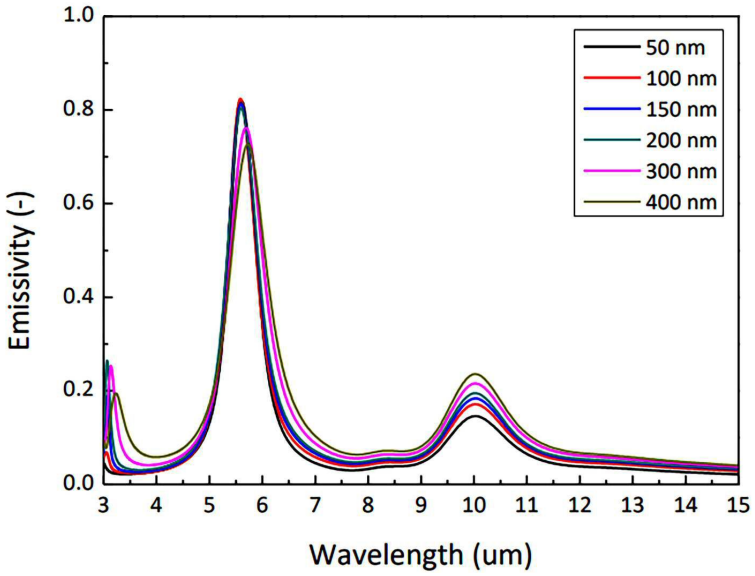
도면8


50 nm
100 nm
150 nm
200 nm
Emissivity (-)
Wavelength (um)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

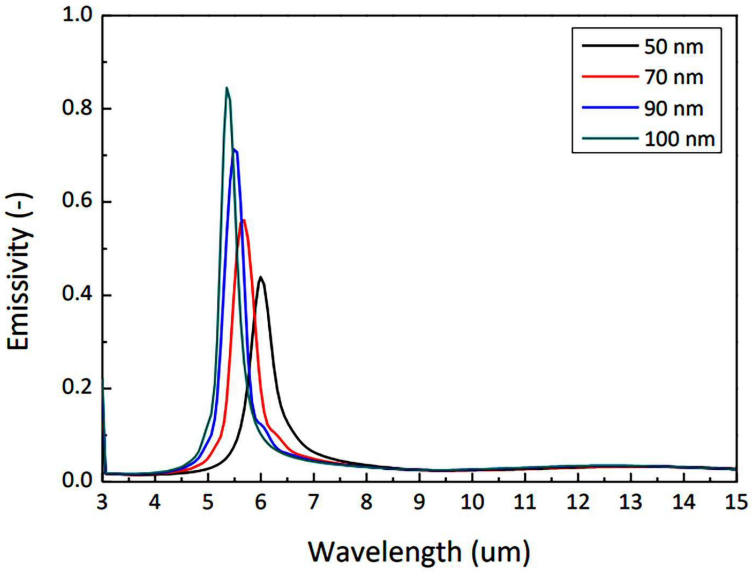
도면9


50 nm
70 nm
90 nm
100 nm
Emissivity (-)
Wavelength (um)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

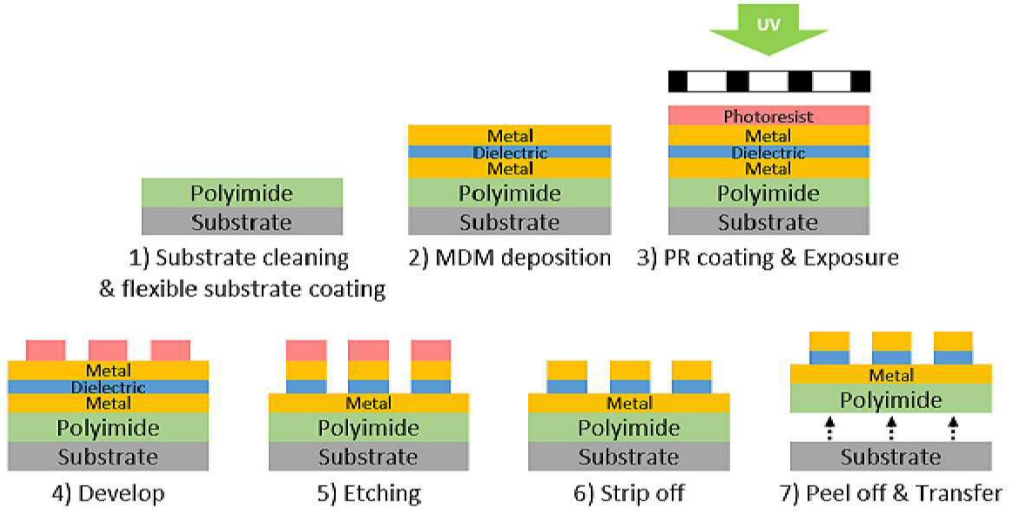
도면10


50 nm
100 nm
150 nm
200 nm
300 nm
400 nm
Emissivity (-)
Wavelength (um)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

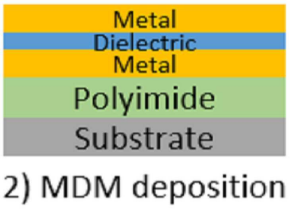
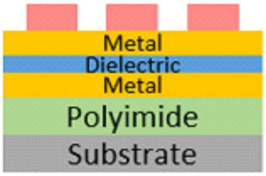
도면11


50 nm
70 nm
90 nm
100 nm
Emissivity (-)
Wavelength (um)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

도면12



도면13



도면14