



등록특허 10-2579825



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월15일
(11) 등록번호 10-2579825
(24) 등록일자 2023년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 1/00 (2022.01) H01L 31/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G02B 1/002 (2013.01)
H01L 31/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0029861

(22) 출원일자 2022년03월10일

심사청구일자 2022년03월10일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020200054771 A*

KR1020200073701 A*

N. Lee et al. "Metamaterial-Selective Emitter for Maximizing Infrared Camouflage Performance with Energy Dissipation". ACS. 2019.*

T. Cao et al. "Wideband mid-infrared thermal emitter based on stacked nannocavity metasurfaces". International Journal of Extreme Manufacturing. 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 8 항

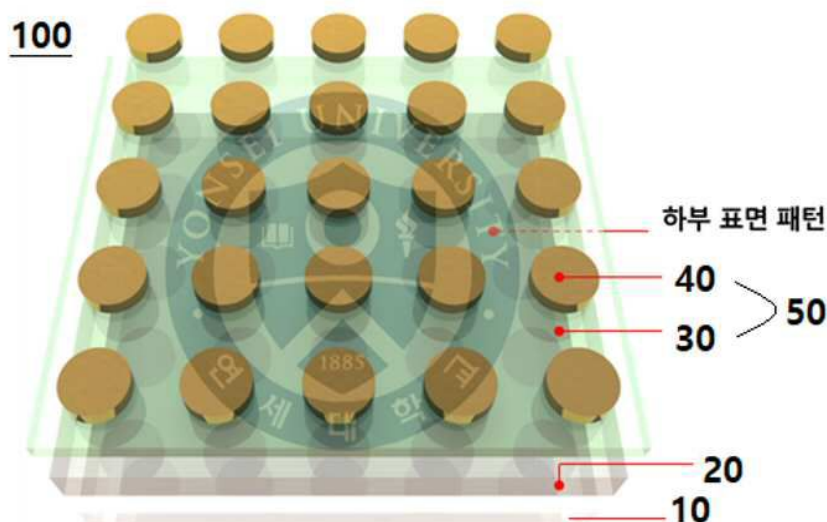
심사관 : 남배인

(54) 발명의 명칭 투명 적외선 선택적 방사체

(57) 요약

본 발명은 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질을 조절하여 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 방사할 수 있기 때문에 위장하고자 하는 물체의 형태의 표면에 부착하여 적외선 위장이 가능하며, 가시광선 대역에서 일정 수준 이상의 투과율을 나타냄에 따라 시각과 적외선에 대하여 동시위장이 가능한 적외선 선택적 방사체를 제공한다.

대표도 - 도1



(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)

김지혁

대전광역시 유성구 배울2로 114, 1102동 201호 (용산동, 우림필유)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

투명 기판;

상기 투명 기판 상에 배치되며 면저항이 100 ohm/sq 이하인 투명 전도성 박막층;

상기 투명 전도성 박막층 상에 배치된 투명 절연층; 및

상기 투명 절연층 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 다수 개의 금속 구조물이 투명 절연층 상면 전체 면적에서 15% 이하의 면적비율로 형성된 금속 패턴층; 을 포함하고,

400 nm 내지 700 nm 가시광선 파장 대역에서 투과율이 0.4 이상이며,

5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.7 이상이며, 8 내지 12 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.3 이하인 투명 적외선 선택적 방사체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 다수 개의 금속 구조물의 두께는 50 내지 400 nm인 것을 특징으로 하는 투명 적외선 선택적 방사체.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 투명 절연층은 Silicon nitride (Si_3N_4), Silicon oxide (SiO_2) 및 Zinc oxide (ZnO) 중에서 선택되는 어느 하나이며 150 내지 350 nm의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 투명 적외선 선택적 방사체.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 투명 전도성 박막층은 300 nm 이상의 두께를 가지며,

Indium tin oxide (ITO), Lithium doped nickel oxide ($\text{NiO}:\text{Li}$), Aluminum or sodium doped zinc oxide ($\text{ZnO}:\text{Al}$ or $\text{ZnO}:\text{Na}$), Magnesium doped chromium oxide ($\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{Mg}$), delafossite (CuCrO_2), Mayenite ($\text{Mg}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$) 중에서 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 하는 투명 적외선 선택적 방사체.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 다수 개의 금속 구조물의 직경은 0.5 내지 2.0 μm 인 것을 특징으로 하는 투명 적외선 선택적 방사체.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 투명 기판은 Quartz, Glass 및 투명 플라스틱 계열 물질 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 투명 적외선 선택적 방사체.

청구항 9

제1항, 제2항, 제5항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 투 투명 적외선 선택적 방사체를 포함하는 다중대역 스텔스 소자.

청구항 10

(1) 투명 기판 상에 면저항이 100 ohm/sq 이하인 투명 전도성 박막층, 투명 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계;

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

(3) 상기 투명 절연층 상에 형성된 금속층이 소정의 패턴을 이루며 다수 개의 금속 구조물을 형성하기 위하여 상기 마스크패턴층을 따라서 금속층을 식각하여 투명 절연층 상면 전체 면적에서 15% 이하의 면적비율로 형성된 금속 패턴층을 형성하는 단계; 를 포함하며,

400 nm 내지 700 nm 가시광선 파장 대역에서 투과율이 0.4 이상이며,

5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.7 이상이며, 8 내지 12 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.3 이하인 투명 적외선 선택적 방사체의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 투명 적외선 선택적 방사체에 관한 것으로 보다 상세하게는 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으며 가시광선에 대한 일정 수준 이상의 투과율을 가짐에 따라 시각 및 적외선 동시위장이 가능하여 다중대역 스텔스 소자로서의 활용할 수 있는 투명 적외선 선택적 방사체 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[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 μm)에서는 표면 방사율이 높게, 대기 투과율이 높은 대기 투과창 영역(3~5 μm 및 8~14 μm)에서는 표면 방사율을 낮게 설계함으로써 적외선을 선택적으로 방사하는 기술이 소개되었다.

[0005] 한편, 최근 군사통신 기술의 발전으로 Tactical EO/IR 센서 등 다중대역 탐지 센서의 등장으로 시각 및 적외선 각 대역 모두에서 탐지되지 않도록 하는 다중대역 스텔스 기술이 요구되고 있다. 그러나 다중대역에 대한 동시위장이 가능한 물질 개발의 어려움 및 다중대역 모두에서 일정 수준 이상의 위장 효율을 나타내는 것에 한계 등으로 인해 적외선 또는 시각 각각에 대한 위장이 가능한 기술은 별론으로, 적외선에 대한 선택적 방사와 동시에 시각적으로도 위장이 가능한 다중대역 스텔스 기술에 대한 연구는 소개된 바가 없다.

[0006] 이에 따라, 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질의 설계 변수를 조절하여 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 방사할 수 있음과 동시에 가시광선 대역에서 일정 수준이상의 투과율을 가짐에 따라 시각적으로 투명하여 다중대역 스텔스가 가능한 투명 적외선 선택적 방사체에 대한 연구가 시급한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제 10-1894909 (2018.08.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으면서도 가시광선에 대한 일정 수준 이상의 투과율을 가짐에 따라 시각 및 적외선 동시위장이 가능하고, 다중대역 스텔스 소자로서의 활용을 극대화시킬 수 있는 투명 적외선 선택적 방사체 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 상술한 과제를 해결하기 위해 투명 기관, 상기 투명 기관 상에 배치된 투명 전도성 박막층, 상기 투명 전도성 박막층 상에 배치된 투명 절연층 및 상기 투명 절연층 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 다수 개의 금속 구조물이 형성된 금속 패턴층을 포함하는 투명 적외선 선택적 방사체를 제공한다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 금속 구조물의 두께는 50 내지 300 nm이고, 상기 투명 절연층 상면 전체 면적에서 상기 다수 개의 금속 구조물이 차지하는 총 면적비율이 15% 이하인 특징으로 할 수 있다.

[0013] 또한, 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.7이상이며, 8 내지 12 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.3이하인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0014] 또한, 400 nm 내지 700 nm 가시광선 파장 대역에서 투과율이 0.4 이상인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 투명 절연층은 Silicon nitride (Si_3N_4), Silicon oxide (SiO_2) 및 Zinc oxide (ZnO) 중에서 선택되는 어느 하나이며 150 내지 350 nm의 두께를 가지는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 투명 전도성 박막층은 300 nm 이상의 두께를 가지며, Indium tin oxide (ITO), Lithium doped nickel oxide ($\text{NiO}:\text{Li}$), Aluminum or sodium doped zinc oxide ($\text{ZnO}:\text{Al}$ or $\text{ZnO}:\text{Na}$), Magnesium doped chromium oxide ($\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{Mg}$), delafossite (CuCrO_2), Mayenite ($\text{Mg}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$) 중에서 선택되는 어느 하나 이상인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 금속 구조물의 직경은 0.5 내지 2.5 μm 인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 투명 기관은 Quartz, Glass 및 투명 플라스틱 계열 물질 중 어느 하나인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0019] 또한 본 발명은 상술한 투명 적외선 선택적 방사체를 포함하는 다중대역 스텔스 소자를 제공한다.

[0020] 또한 본 발명은 (1) 투명 기관 상에 투명 전도성 박막층, 투명 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계 (2) 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계 및 (3) 상기 투명 절연층 상에 형성된 금속층이 소정의 패턴을 이루며 다수 개의 금속 구조물을 형성하기 위하여 상기 마스크패턴층을 따라서 금속층을 식각하여 금속 패턴층을 형성하는 단계를 포함하는 투명 적외선 선택적 방사체의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 의하면 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있어서 적외선에 대한 위장이 가능하면서도 일정 수준 이상의 가시광선 대역에서 투과율을 나타내어 시각 위장효과를 유지할 수 있어 다중대역 스텔스 소자로서 활용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체를 나타내는 모식도이다.
- 도 2a는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체를 transmission line 모델을 사용하여 equivalent circuit 으로 구현한 모식도이다.
- 도 2b는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체에 입사하는 전자기장에 의한 금속 구조물의 공간 회로 모식도이다.
- 도 2c는 공간 회로 모식도를 equivalent circuit에 적용하였을 때, 투명 전도성 박막층의 면저항(sheet resistance)에 따른 선택적 적외선 방사능력을 나타내는 그래프이다.
- 도 3는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 투명 메타 표면부를 나타내는 모식도이다.
- 도 4은 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 투명도를 나타내는 사진이다.
- 도 5a는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 금속 구조물의 직경에 따른 적외선 방사율을 나타내는 그래프이다.
- 도 5b는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 금속 구조물의 피치에 따른 적외선 방사율을 나타내는 그래프이다.
- 도 5c는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 금속 구조물의 두께에 따른 적외선 방사율을 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 투명 절연층의 두께에 따른 적외선 방사율을 나타내는 그래프이다.
- 도 7a는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 가시광선 파장대역에서 투과율을 나타내는 그래프이다.
- 도 7b는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체 및 비교예 1의 선택적 적외선 방사능력을 나타내는 그래프이다.
- 도 8a은 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체 및 비교예 1에서 제조한 기존 적외선 선택적 방사체의 투명도를 나타내는 사진이다.
- 도 8b는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체 및 비교예 1에서 제조한 기존 적외선 선택적 방사체의 적외선 신호를 나타내는 사진이다.
- 도 9는 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 금속 구조물이 전체 면적에서 차지하는 비율과 투과율에 관한 관계를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 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.
- [0027] 상술한 바와 같이, 종래 소개된 적외선 선택적 방사체는 적외선 및 시각에서 동시 위장이 어려운 문제가 있었다.
- [0028] 이에 본 발명은 투명 기관, 상기 투명 기관 상에 배치된 투명 전도성 박막층, 상기 투명 전도성 박막층 상에 배치된 투명 절연층 및 상기 투명 절연층 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 다수 개의 금속 구조물이 형성된 금속 패턴층을 포함하는 투명 적외선 선택적 방사체를 제공하여 상술한 문제의 해결을 모색하였다.
- [0029] 이에 따라 가시광선 대역에서는 시각적으로 투명한 물질을 사용하여 투명성을 확보함으로써 시각 위장 효과를 유지하고, 적외선 대역에서는 평면에서 반복구조를 가지는 메타물질 구조체의 크기 또는 피치를 조절하고, 하부 투명 전도성 박막층 두께 조절을 통해 면저항을 조절하여 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 방사할 수 있기 때문에 물체의 적외선 및 시각에 대한 위장이 가능한 투명 적외선 선택적 방사체를 제조할 수 있다.
- [0031] 이하 도면을 참조하여 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체에 대하여 구체적으로 설명한다.

- [0032] 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 도 1에 도시된 것과 같이 투명 기관(10) 및 상기 투명 기관(10) 상에 배치된 투명 전도성 박막층(20), 상기 투명 전도성 박막층(20) 상면에 배치된 투명 절연층(30) 및 상기 투명 절연층(30) 상면에 배치된 다수 개의 금속 구조물(40)이 소정의 패턴을 이루는 금속 패턴층(50)을 포함한다.
- [0034] 상기 투명 기관(10)은 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)를 물리적으로 지지해 주는 구조재 역할과 동시에 투명성을 유지해주는 역할을 수행한다. 이때 상기 투명 기관(10)은 시각에 대하여 위장이 가능하도록 일정 수준 이상의 가시광선 투과율을 나타내는 재료를 포함할 수 있다. 이에 대한 비제한적인 예로 상기 투명 기관(10)은 Quartz, Glass 또는 Polyethylene terephthalate (PET), Polyimide (PI) 등의 플라스틱 류와 같이 투명한 성질을 가진 물질을 사용할 수 있으며, Quartz, glass를 사용하는 것이 본 발명이 목적하는 적외선 및 시각에 대한 다중대역 위장에 보다 효율적일 수 있다. 또한 본 발명의 바람직한 실시예인 도 1과 같이 상기 투명 기관(10)은 충분한 시각 투과율을 나타낼 수 있을 정도의 박막 형태일 수 있으며, 예를 들어 100 nm 내지 10 mm의 두께를 가질 수 있다. 이때, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)를 구성하는 각 층의 두께는 각각 동일하거나 상이할 수 있으며 이에 대해서는 후술하기로 한다.
- [0036] 다음, 상기 투명 전도성 박막층(20)은 상기 투명 기관(10) 상에 형성되며 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)가 선택적 방사 특성을 갖도록 절연층 하부에 전도성을 부여하는 역할을 한다.
- [0037] 종래 소개된 적외선 방사체의 경우 적외선에 대한 위장이 가능함은 별론, 시각적으로 위장이 불가능하여 다중대역 탐지기 등에는 스텔스 성능을 나타내지 못하는 문제가 있어서 그 활용도를 크게 저하시키고 있다. 이와 같은 이유는 종래에는 적외선에 대한 선택적 방사가 가능하며, 나아가 가시광선 대역에서 일정 수준 이상의 투과율을 가져서 시각적으로까지 위장이 가능한 다중대역 스텔스 소자에 적합한 재료를 찾지 못하였고 이를 설계하려는 시도 또한 미미하였다.
- [0038] 이에 따라 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체는 후술할 적외선에 대한 선택적 방사능력 및 시각적으로 위장이 가능한 특성을 모두 나타내기 위하여, 상기 투명 전도성 박막층(20)은 300 nm 이상의 두께를 가질 수 있으며, 보다 바람직하게는 400 nm 이상의 두께를 가지며 동시에 면저항이 100 ohm/sq 이하가 되는 두께를 가질 수 있다.
- [0039] 이때 만일 상기 투명 전도성 박막층(20)의 두께가 400 nm 미만이거나 면저항이 100 ohm/sq을 초과하는 경우 어느 정도 두께까지는 적외선 선택방사 특성이 나타날 수 있으나, 이후 선택방사 특성이 저하되어 본 발명이 목적하는 다중대역 스텔스 성능에 문제가 있을 수 있다. 일반적으로 투명 전도성 박막층의 경우 금속에 비해 높은 면저항을 갖기 때문에 충분한 두께가 형성되어야 적외선 선택방사 성능을 발휘할 수 있다. 가장 바람직하게는 도 2에 나타난 것처럼 투명 전도성 박막층의 면저항이 100 ohm/sq 이하인 경우, 보다 바람직하게는 80 ohm/sq 이하인 경우에 선택적 적외선 방사능력이 나타날 수 있다.
- [0041] 또한, 상기 투명 전도성 박막층(20)은 시각에 대한 위장이 가능하도록 투명한 물질이 사용될 수 있으며 나아가, 충분한 전기전도도를 가진 물질이 사용될 수 있다. 위와 같은 물성을 모두 가지는 공지의 통상적인 물질이 사용될 수 있으므로 본 발명의 목적에 부합하는 한 특별히 제한하지 않으나 전기 전도성을 나타내는 박막 형태의 Indium tin oxide (ITO), Lithium doped nickel oxide (NiO:Li), Aluminum or sodium doped zinc oxide (ZnO:Al or ZnO:Na), Magnesium doped chromium oxide ($\text{Cr}_2\text{O}_3\text{:Mg}$), delafossite (CuCrO_2), Mayenite ($\text{Mg}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$) 등을 사용할 수 있고, 가장 바람직하게는 Indium tin oxide (ITO)를 사용하는 것이 본 발명이 목적하는 다중대역 위장 측면에서 유리할 수 있다.
- [0043] 다음, 상기 투명 절연층(30)은 Silicon nitride (Si_3N_4), Silicon oxide (SiO_2) 및 Zinc oxide (ZnO)을 사용할 수 있다.
- [0044] 본 발명은 적외선 탐지에 사용되는 특정 파장대역에서 적외선 신호를 저감시켜 적외선 위장을 가능하게 함과 동시에 시각적으로도 위장이 가능하도록 함에 발명의 목적이 있으므로, 상기 투명 절연층(30)은 유전체층으로 적외선 영역에서 높은 유전율을 가짐과 동시에 가시광선 대역에서 일정 수준 이상의 투과율을 나타내는 물질을 사용할 수 있으며, 바람직하게는 Silicon nitride (Si_3N_4)를 사용하는 것이 시각적으로 투명하여 가시광선 대역에서 투과율이 우수하며, 원하는 적외선 파장대역에서 방사율을 제어하는 면에서 유리할 수 있다.
- [0045] 보다 구체적으로 도 6을 참조하면, 상기 투명 절연층(30, 투명 유전층)의 두께와 관련하여, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 적외선에 대한 선택적 방사는 물론, 시각적으로 위장이 가능한 특성을 나타내

기 위하여 상기 투명 절연층(30)은 150 내지 300 nm 두께를 가질 수 있다. 이때 만일 상기 투명 절연층(30)의 두께가 150 nm 미만인 경우 어느 정도 두께까지는 적외선 선택 방사 특성을 나타낼 수 있으나, 대기 투과도가 낮은 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율을 0.7 이상 달성하기가 어려워 발명이 목적하는 다중대역 스텔스 성능에 문제가 있을 수 있다.

[0047] 다음, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 상기 투명 절연층(30) 상면에서 다수 개의 금속 구조물(40)이 소정의 패턴을 이루며 배치된 금속 패턴층(50)을 포함한다.

[0048] 일반적으로 적외선 위장 물질의 경우 적외선 위장 물질에 형성된 금속 구조물의 공진현상 또는 공명파장 특성 등을 이용하여 원하는 대역에서 적외선 신호를 저감시키는 효과를 얻는다. 이에 따라 종래 적외선 위장 물질에 형성된 상기 금속 구조물은 금속의 내재적인 특성인 반사가 높고 투과가 없는 광학물성을 가지는 데 이러한 특성으로 인해 시각 위장은 성능이 저하되거나 금속의 반짝거림에 의해 오히려 시각적으로 두드러지게 되는 문제가 있다. 예를 들어, 군사 분야의 비행기 등에는 적외선 위장 물질이 주로 사용될 수 있는데, 이때 군사 분야의 비행기 등이 시각 위장이 이미 적용되어 있는 경우 시각 위장 효과를 저하시키거나 오히려 위장이 불가하도록 하여 실제 활용도를 크게 저하시키는 원인이 되고 있다.

[0049] 이에 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 도 3과 같이, 다수 개의 구조물(40)이 상기 투명 절연층(30) 상에 박막이 아닌 소정의 패턴을 이루며 배치된 금속 패턴층(40)을 구현하여 다수 개의 금속 구조물(40)이 투명 절연층(30) 상면 전체 면적의 15% 이하, 보다 바람직하게는 10% 이하를 차지하기 때문에 충분한 가시광선 투과도를 확보함으로써 투명 적외선 선택적 방사체를 구현할 수 있다.

[0050] 보다 구체적으로, 도 1 및 3을 참조하면, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 투명 전도성 박막층(20) 상에 투명 절연층(30)이 형성되고, 투명 절연층(30) 상에 다수 개의 금속 구조물(40)이 소정의 패턴을 이루며 배치되어 있는 금속 패턴층(50)을 이룬다. 이때 가시광선 투과가 되지 않는 금속 구조물(40)이 전체 면적의 15% 이하를 이루고, 투명 기판(10) 및 투명 전도성 박막층(20) 및 투명 절연층(30)은 충분한 가시광선 투과성을 가지므로 상기 금속 패턴층(50)은 도 4에 도시된 것과 같이 시각적으로 투명한 것을 알 수 있다.

[0051] 결국 본 발명은 이와 같은 다수 개의 금속 구조물(40)이 소정의 패턴을 이루며 배치되는 메타 표면부인 금속 패턴층(50)으로 인해 본 발명에 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 가시광선 대역 투과율이 0.4 이상일 수 있다. 이때 만일 상기 금속 구조물이 전체 면적의 15%를 초과하는 경우 본 발명이 목적하는 충분한 투과성 확보가 어려울 수 있다.

[0053] 한편, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 상기 금속 패턴층(50)을 이루는 다수 개의 금속 구조물(40)의 두께, 크기, 반복 피치(pitch) 및 투명 절연층(30)의 두께 등을 조절하여 적외선 선택적 방사 특성에 의해 적외선 탐지에 사용하는 파장대역의 적외선 신호를 저감시킬 수 있다.

[0054] 보다 구체적으로 도 5의 a 내지 c를 참조하면, 상기 다수 개의 구조물(40)의 직경 또는 피치에 따른 선택적 적외선 방사율을 알 수 있다. 즉 상기 다수 개의 구조물이 0.5 내지 2.0 μm 범위의 직경을 가지거나, 또는 상기 다수 개의 구조물의 피치가 2.0 내지 4.0 μm 범위에 해당할 때, 본 발명은 특정 대역에서 선택적인 적외선 방사율을 나타내도록 설계할 수 있다. 다만 도 5은 본 발명의 일 실시예를 나타낼 뿐이며, 본 발명은 다수 개의 구조물(40)의 크기, 반복 피치(pitch) 등을 조절하여 적절한 파장대역의 선택적 방사율을 제어하거나 적외선 탐지에 사용하는 파장대역의 적외선 신호를 저감시킬 수 있다.

[0055] 또한 도 7a 및 7b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 금속 구조물(40)으로 100 nm의 두께를 가지는 금(Au)을 사용하는 경우 400 내지 700 nm 대역의 가시광선 파장대역에서 0.4 이상의 투과율을 나타낼 수 있고, 적외선 파장 대역에서는 5 내지 8 μm 대역에서 최대 0.7 이상, 8 내지 12 μm 대역에서 최대 0.3 이하의 선택적인 방사율을 나타낼 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 금(Au) 200 nm를 기판에 코팅하고, 상기 금 200 nm 상에 SiO_2 200 nm를 코팅하고, 상기 SiO_2 200 nm 상에 직경 1.5 μm 를 갖는 금속 패턴 층을 형성한 비교예의 적외선 선택 방사체(비교예 1) 대비, 시각적으로 투명하여 시각 위장이 가능함과 동시에 특정 적외선 파장 대역에서 방사율을 최대로 함에 따라 적외선 위장 또한 가능함을 알 수 있다.

[0056] 이를 위해 상기 다수 개의 금속 구조물(40)은 일정 수준의 전도성을 가지는 물질을 사용할 수 있으며 이에 대한 비제한적인 예로 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al), Indium tin oxide (ITO) 일 수 있다.

[0057] 또한 상기 다수 개의 금속 구조물(40)은 시각적으로 위장이 가능함과 동시에 선택적 적외선 방사 특성을 모두

나타내기 위하여 50 내지 400 nm의 두께를 가질 수 있으며, 보다 바람직하게는 금속의 경우 100 내지 200 nm의 두께를 가질 수 있다. 이때 만일 상기 다수 개의 금속 구조물(40)의 두께가 50 nm 미만인 경우 적외선 선택 방사 특성이 저하되어 본 발명이 목적하는 다중대역 스텔스 성능에 문제가 있을 수 있다.

[0059] 이와 같이 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체는 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방출할 수 있으며 가시광선에 대한 일정 수준 이상의 투과율을 가짐에 따라 시각 및 적외선 동시위장이 가능하여 다중대역 스텔스 소자로서의 활용을 극대화시킬 수 있다.

[0060] 보다 구체적으로 본 발명의 일 실시예에 따라 투명 기관(10)을 Quartz를 사용한 투명 적외선 선택적 방사체의 경우 도 8a에서와 같이 비교예의 기존 적외선 선택적 방사체와 다르게 시각적으로 투명하여 시각 위장 패턴을 잘 투과시키는 것을 알 수 있다. 또한 도 8b와 같이 기존 선택적 선택방사체와 유사하게 적외선 위장 효과를 나타냄에 따라 다중대역 위장이 가능함을 알 수 있다.

[0062] 다음, 본 발명에 따른 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)의 제조방법을 설명한다. 다만 중복을 피하기 위하여 상술한 투명 적외선 선택적 방사체(100)와 기술적 사상이 동일한 부분에 대하여는 설명을 생략한다.

[0063] 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체(100)는 (1) 투명 기관 상에 투명 전도성 박막층, 투명 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계 (2) 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계 및 (3) 상기 투명 절연층 상에 형성된 금속층이 소정의 패턴을 이루며 다수 개의 금속 구조물을 형성하기 위하여 상기 마스크패턴층을 따라서 금속층을 식각하여 금속 패턴층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0065] 상기 (1) 단계는 투명 기관(10) 상에 투명 전도성 박막층(20), 투명 절연층(30) 및 금속층을 차례로 형성하는 단계이다.

[0066] 보다 구체적으로 상기 (1) 단계는 본 발명에 투명 적외선 선택적 방사체(100)의 기재 위에 투명 기관(10), 투명 전도성 박막층(20), 투명 절연층(30) 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, 전자빔 증착법(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.

[0068] 다음 상기 (2) 단계는 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계이다. 상기 마스크 패턴층은 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.

[0070] 다음 상기 (3) 단계는 상기 투명 절연층(30) 상에 형성된 금속층이 소정의 패턴을 이루며 다수 개의 금속 구조물(40)을 형성하기 위하여 상기 마스크패턴층을 따라서 금속층을 식각하여 금속 패턴층(50)을 형성하는 단계이다.

[0071] 즉 상기 (3) 단계는 상기 마스크패턴층이 형성되지 않은 부분을 식각하여 소정의 패턴을 형성하는 단계이며, 이때 상기 마스크패턴층이 형성되지 않은 부분을 제거하는 방법은 상기 투명 절연층(30) 및 다수 개의 금속 구조물(40)에 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.

[0073] 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.

[0075] 실시예 1 - 투명 적외선 선택적 방사체의 제조

[0076] (1) 쿼츠 웨이퍼 위에 각각 E-beam evaporator, PECVD, E-beam evaporator를 이용하여 투명 전도성 박막층으로 ITO 400 nm, 상기 투명 절연층으로 Si₃N₄을 150 nm 및 금속층으로 금(Au) 100 nm을 순서대로 증착하였다.

[0077] (2) 상기 금속층 상에 직경 0.89 μ m의 원형 메타 패턴을 갖는 마스크 패턴층을 형성하였다.

[0078] (3) 이후 상기 마스크패턴층을 이용하여 상기 (1) 단계에서 제조한 금속층의 마스크패턴층이 형성되지 않은 부분을 Inductively Coupled Plasma etching 방법을 이용하여 식각하여 다수 개의 금속 구조물이 소정의 패턴을

이루도록 배치된 금속 패턴층을 형성하였다.

실시예 2 내지 16 - 투명 적외선 선택적 방사체의 제조

상기 실시예 1과 같이 제조하되, 각 층들의 두께 및 금속 구조물의 직경을 하기 표 1과 같이 달리하여 제조하였다. 이때 실시예 13 내지 16에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 경우, 다수 개의 금속 구조물이 차지하는 면적비율이 전체 면적에서 각각 5%, 10%, 20% 및 40%가 되도록 하였다.

비교예 1- 종래 적외선 선택적 방사체

실시예 1과 같은 투명 기판 위에 금(Au) 200 nm를 기판에 코팅하고, 상기 금 200 nm 상에 SiO₂ 200 nm를 코팅하고, 상기 SiO₂ 200 nm 상에 직경 1.5 μm를 갖는 금속 패턴 층을 형성하여 기존 적외선 선택적 방사체를 제조하였다.

표 1

	투명기판의 두께 (μm)	전도성 박막 층의 두께 (nm)	투명 절연층 (유전층)의 두 께 (nm)	금속 구조 물의 종류	금속 구조물 의 두께 (nm)	구조물의피치 (μm)	금속의 직경 (μm)
실시예 1	500	400	100	Au	100	3	0.89
실시예 2	500	400	150	Au	100	3	0.89
실시예 3	500	400	200	Au	100	3	0.89
실시예 4	500	400	250	Au	100	3	0.89
실시예 5	500	400	300	Au	100	3	0.89
실시예 6	500	400	350	Au	100	3	0.89
실시예 7	500	400	150	ITO	200	3	0.89
실시예 8	500	400	150	ITO	300	3	0.89
실시예 9	500	400	150	ITO	400	3	0.89
실시예 10	500	400	150	Au	100	2	0.89
실시예 11	500	400	150	Au	100	3	0.89
실시예 12	500	400	150	Au	100	4	0.89
실시예 13	500	400	150	Au	100	3	0.75
실시예 14	500	400	150	Au	100	3	1.07
실시예 15	500	400	150	Au	100	3	1.51
실시예 16	500	400	150	Au	100	3	2.14
비교예 1	500	200	200	Au	200	3	1.5

실험예 1 - 가시광선 투과율 측정 및 시각 위장 성능 측정

상기 실시예 1에서 제조한 투명 적외선 선택적 방사체를 UV-vis-NIR spectrophotometer 장비를 이용하여 가시광선 투과율을 측정하고 이를 도 7a에 나타내었다.

도 7a를 참조하면, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 경우 400 내지 700 nm 가시광선 파장 대역에서 투과율이 최대 0.4이상을 나타냄에 따라 시각 위장 패턴을 유지하여 시각 위장이 가능함을 알 수 있다. 이에 반하여 비교예 1의 경우 본 발명과 같은 높은 투과율 유지가 불가능하다.

또한, 상기 실시예 1에서 제조한 투명 적외선 선택적 방사체를 위장 패턴 상에 위치시키고 카메라로 촬영하여 이를 도 8a에 나타내었다.

도 8a를 참조하면, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택방사체의 경우 가시광선 대역 투과율을 확보함에 따라서 기존 시각 위장 패턴을 유지하여 시각 위장이 가능함을 알 수 있다. 이에 반하여 비교예 1(기존 적외선 선택적 방사체)의 경우 시각 위장 패턴이 소실될 뿐만 아니라 광택 등에 의해 오히려 시각적으로 더 두드러져 시각 위장 효과가 사라짐을 알 수 있다.

또한 상기 실시예 13 내지 16에 대한 실험 결과인 도 9를 참조하면, 상기 금속 구조물의 직경에 따라, 상기 금속 구조물이 차지하는 전체 면적의 약 25% 이하일 경우 가시광선에 대한 투과율이 0.4 이상을 나타냄을 알 수 있다. 다만 전체 면적이 너무 커지는 경우 5 내지 8 μm 적외선 파장대역에서의 선택적 방사를 제어할 수 없는

문제가 있으므로, 상기 금속 구조물은 전체 면적의 15% 이하 가지는 것이 바람직하며, 가장 바람직하게는 상기 금속 구조물은 전체 면적의 10% 이하를 가질 수 있다.

[0095] **실험예 2 - 적외선 방사율 측정 및 적외선 위장 성능 측정**

[0096] 상기 실시예 1에서 제조한 투명 적외선 선택적 방사체를 Fourier Transform Infrared (FT-IR) 장비를 이용하여 적외선 방사대역 및 방사율 측정하고 이를 도 7b에 나타내었다.

[0097] 도 7b를 참조하면, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택적 방사체의 및 비교예 1의 경우 모두 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.7이상이며 8 내지 12 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.3 이하인 선택적인 방사율을 나타내었다.

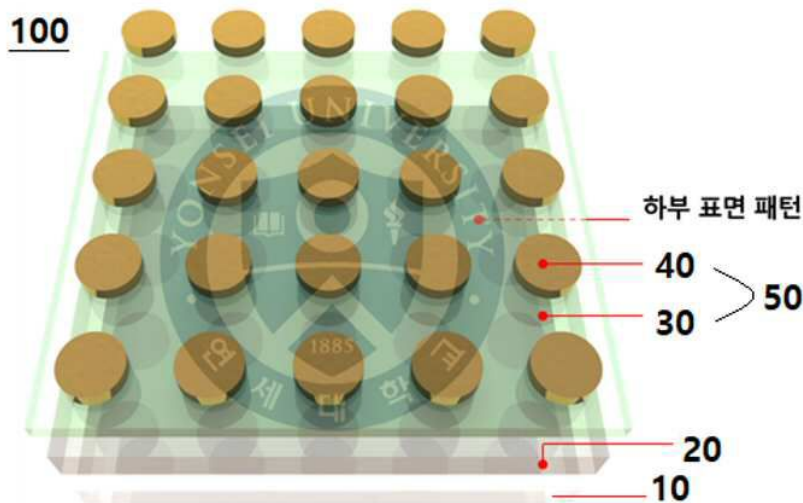
[0098] 또한, 상기 실시예 1에서 제조한 투명 적외선 선택적 방사체를 위장 패턴 상에 위치시키고 8 내지 12 μm 대역의 적외선 신호를 측정하는 적외선 카메라로 촬영하여 이를 도 8b에 나타내었다.

[0099] 도 8b를 참조하면, 본 발명에 따른 투명 적외선 선택방사체의 경우 비교예의 기존 적외선 선택 방사체와 유사한 선택방사 특성을 확보함에 따라서 본 발명은 가시광선 위장 효과를 유지하면서도 적외선 위장이 가능하여 다중대역 위장이 가능함을 알 수 있다.

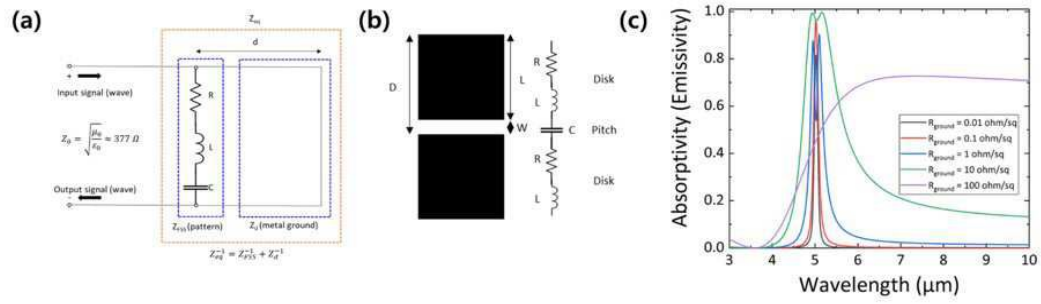
[0100] 또한 도 5 및 도 6에 도시된 것과 같이, 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체를 구성하는 금속 구조물의 직경이나 두께, 투명 절연층의 두께 등을 제어하여 특정 적외선 파장에 대한 방사율을 설계할 수 있음을 알 수 있다.

도면

도면1

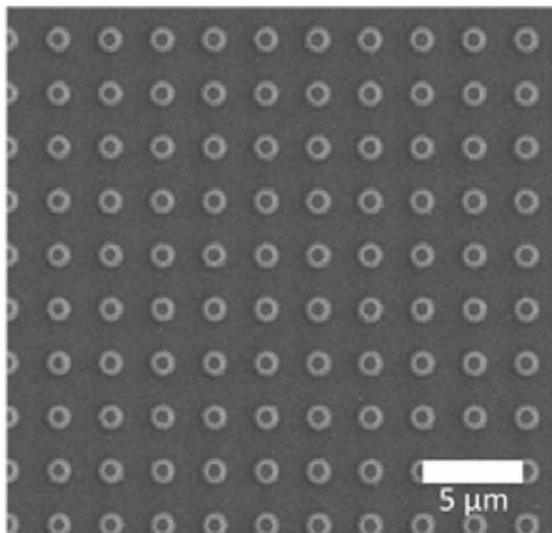


도면2

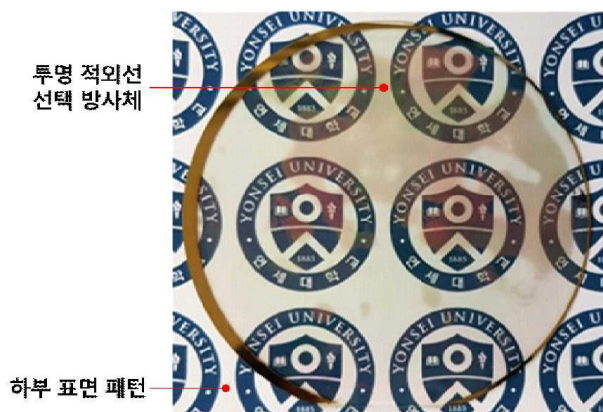


도면3

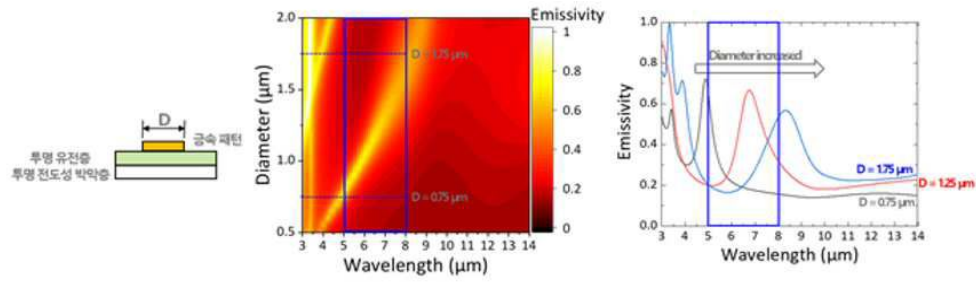
60



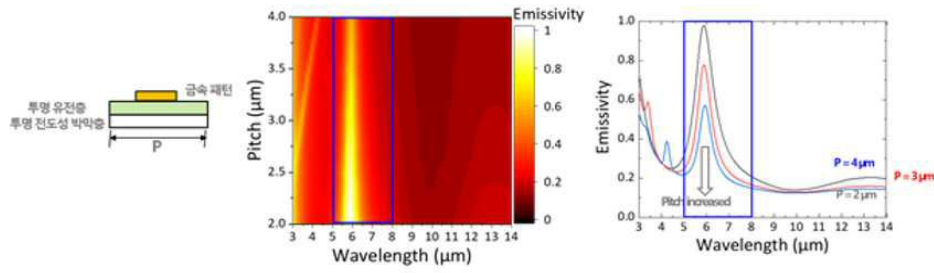
도면4



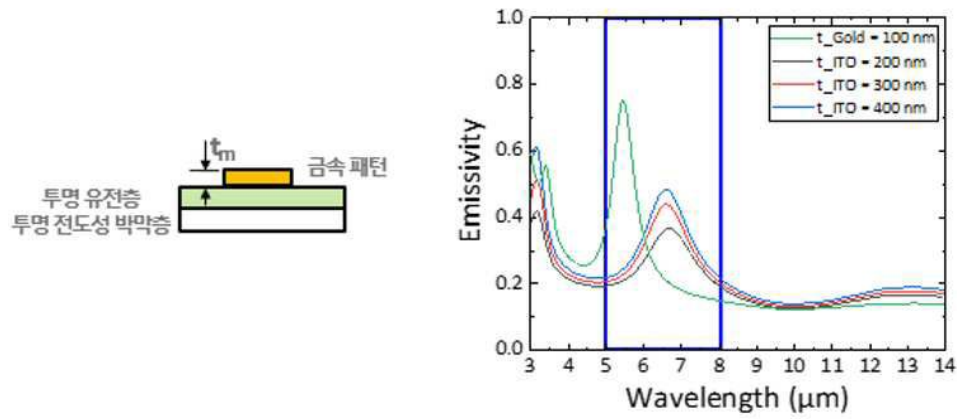
도면5a



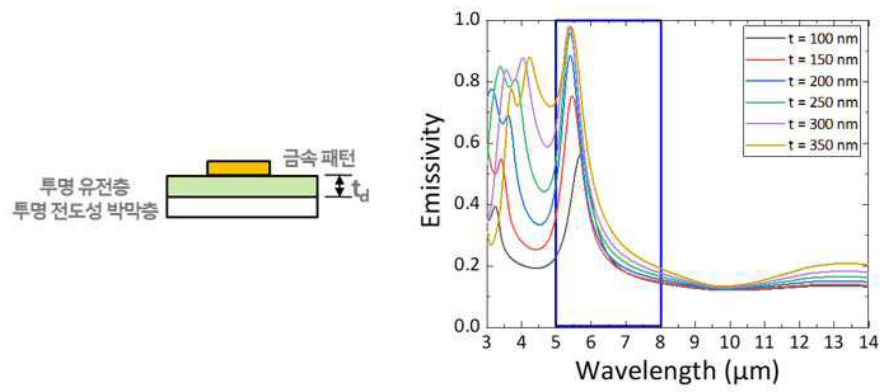
도면5b



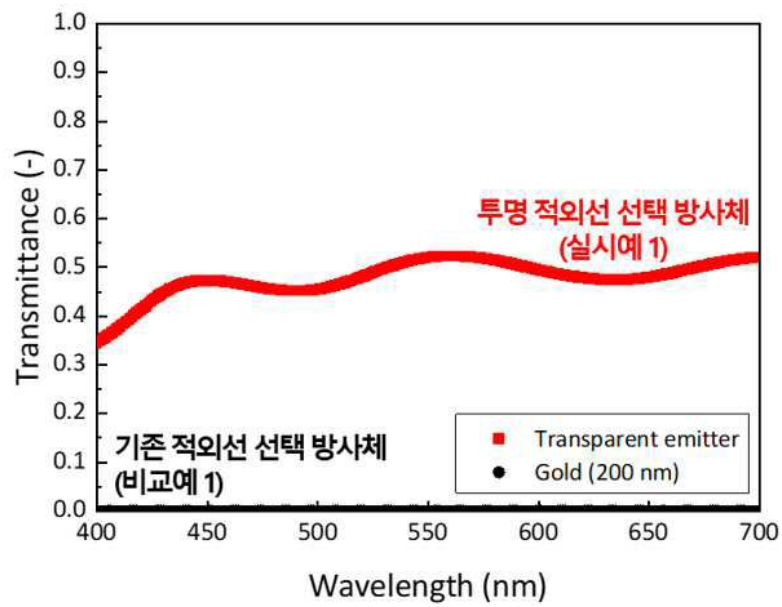
도면5c



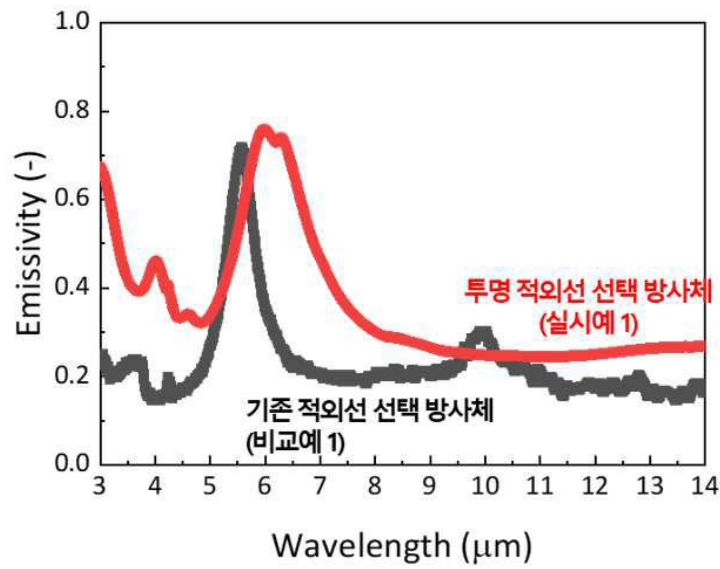
도면6



도면7a



도면7b



도면8a

시각 위장 실시예



시각 위장표면



기존 적외선 선택 방사체
(시각 패턴 소실)



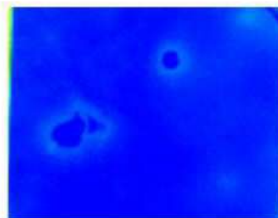
투명 적외선 선택 방사체
(시각 패턴 유지)

도면8b

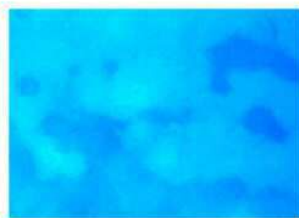
적외선 위장 실시예



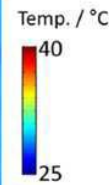
시각 위장표면



기존 적외선 선택 방사체
(적외선 신호 저감)



투명 적외선 선택 방사체
(적외선 신호 저감)



도면9

