



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월30일
(11) 등록번호 10-2550774
(24) 등록일자 2023년06월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 1/00 (2022.01) G02B 1/14 (2015.01)
- (52) CPC특허분류
G02B 1/002 (2013.01)
G02B 1/14 (2020.05)
- (21) 출원번호 10-2022-0022941
- (22) 출원일자 2022년02월22일
심사청구일자 2022년02월22일
- (56) 선행기술조사문헌
F. Cheng et al. "Structural color printing based on plasmonic metasurfaces of perfect light absorption". SCIENTIFIC REPORTS. 2015.*
N. Lee et al. "Metamaterial-Selective Emitter for Maximizing Infrared Camouflage Performance with Energy Dissipation". ACS. 2019.*
Z. Zhan et al. "Papid desing of broadband absorption metasurfaces for selective tailoring of infrared radiation characteristics". JOP. July 29, 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
특허법인이름리온

전체 청구항 수 : 총 9 항

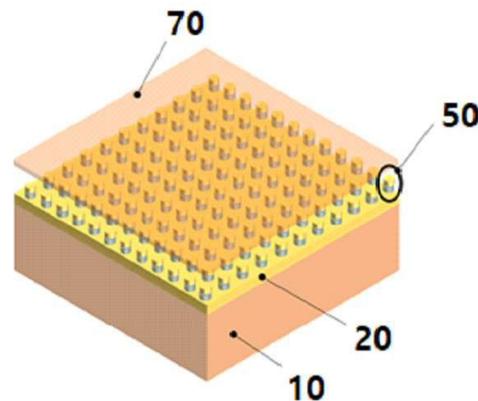
심사관 : 남배인

(54) 발명의 명칭 내마모성이 향상된 적외선 선택적 방사체

(57) 요약

본 발명은 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으면서도 유연한 특성을 가져서 곡면부에도 용이하게 적용 가능하며, 또한 적외선 선택적 방사체 표면의 형성된 구조물을 마찰 등의 외부 자극으로부터 보호할 수 있음에 따라 내마모성이 현격히 향상되고 적외선 선택적 방사 기능을 극대화시킬 수 있는 적외선 선택적 방사체를 제공한다.

대표도 - 도2



(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)

명세서

청구범위

청구항 1

기관; 및

상기 기관 상에 배치된 전도성 박막층;

절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 상기 전도성 박막층 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부; 및

상기 다수 개의 구조물이 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부를 피복하는 보호코팅층; 을 포함하며,

3 내지 5 μm 적외선 파장에서 방사율(b)과 하기 실험방법에 따른 브러쉬 테스트 후에 측정된 3 내지 5 μm 적외선 파장에서 방사율(a)의 비율(a/b)은 0.9 이상인 적외선 선택적 방사체.

[실험방법]

나일론 브러쉬를 이용하여, 시험편의 표면 중 임의의 1.5 cm x 1.5 cm 영역을 수동으로 쓸어내는 과정을 30 또는 50 번 반복하여 브러쉬 테스트하고 그 영역에 대한 방사율을 FT-IR(Fourier Transform Infrared) 장비를 이용하여 측정한다.

청구항 2

제1항에 있어서,

5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.8이상인 것을 특징으로 하는 적외선 선택적 방사체.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 보호코팅층은 상기 메타 표면부를 보호하고 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 방사율을 극대화시키는 적외선 선택적 방사체.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 보호코팅층의 두께는 150 내지 500 nm 인 것을 특징으로 하는 적외선 선택적 방사체.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 절연층은 Silicon nitride (Si_3N_4), Silicon oxide (SiO_2) 및 Zinc sulfide (ZnS) 중에서 선택되는 어느 하나이며 30 내지 300 nm의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 적외선 선택적 방사체.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 전도성 박막층은 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al) 및 Indium tin oxide(ITO) 중에서 선택되는 어느 하나이며 200 nm 내지 1um 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 적외선 선택적 방사체.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 구조물의 크기는 1 내지 3 μm이고,

상기 금속층의 두께는 50 내지 400 nm인 것을 특징으로 하는 적외선 선택적 방사체.

청구항 9

(1) 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계;

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

(3) 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각하여 메타 표면부를 형성하는 단계; 및

(4) 상기 다수 개의 구조물이 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부를 피복하는 보호코팅층을 코팅하는 단계; 를 포함하며,

3 내지 5 μm 적외선 파장에서 방사율(b)과 하기 실험방법에 따른 브러쉬 테스트 후에 측정된 3 내지 5 μm 적외선 파장에서 방사율(a)의 비율(a/b)은 0.9 이상인 적외선 선택적 방사체의 제조방법.

[실험방법]

나일론 브러쉬를 이용하여, 시험편의 표면 중 임의의 1.5 cm x 1.5 cm 영역을 수동으로 쓸어내는 과정을 30 또는 50 번 반복하여 브러쉬 테스트하고 그 영역에 대한 방사율을 FT-IR(Fourier Transform Infrared) 장비를 이용하여 측정한다.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 보호코팅층은 고분자 물질 및 용매가 1: 0.5 내지 1:2.5로 혼합된 코팅용액을 2000 내지 5000 rpm의 속도로 코팅하여 형성하는 것을 특징으로 하는 적외선 선택적 방사체의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 내마모성이 향상된 적외선 선택적 방사체 관한 것으로, 보다 상세하게는 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으면서도 유연한 특성을 가짐에 따라 곡면부에도 용이하게 적용이 가능하며, 적외선 선택적 방사체 표면의 형성된 구조물을 마찰 등의 외부 자극으로부터 보호할 수 있어서 내마모성이 현격히 향상되고 적외선 선택적 방사 기능을 극대화시킬 수 있는 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 μ m)에서는 표면 방사율이 높게, 대기 투과율이 높은 대기 투과창 영역(3~5 μ m 및 8~14 μ m)에서는 표면 방사율을 낮게 설계함으로써 적외선을 선택적으로 방사하는 기술이 소개되었다. 그러나 이와 같은 기술을 이용한 종래 적외선 선택적 방사체는 다음과 같은 문제로 인해 실제 활용에 제한이 있다.
- [0006] 첫번째, 적외선 선택적 방사체는 그 특성상 외부환경에 사용되는 경우가 많은데 이러한 외부환경에서 다양한 물리적 자극에 취약한 문제가 있다. 보다 구체적으로 종래 적외선 선택적 방사체는 마이크로 구조물이 기판 표면에 위치하고 있기 때문에 외부환경의 마찰 등의 물리적 자극 의해 마이크로 구조물에 쉽게 손상될 수 있다. 적외선 선택적 방사체는 상기 마이크로 구조물의 공진 현상을 이용한 것이므로 외부 물리자극에 의해 상기 마이크로 구조물이 손상된다면 설계한 선택적 방사 성능을 유지하지 못하기 때문에 외부환경에 실제 적용하지 못하여 그 활용도를 크게 저해하는 원인이 되고 있다.
- [0008] 두번째, 상술한 같은 문제를 극복하기 위해 적외선 선택적 방사체의 물리적 보호를 위한 물리적 보호 구조물을 활용하는 등의 연구가 소개되었으나, 이 경우 물리적 보호 구조물로 인하여 특정 파장에서 적외선을 선택적으로 방사하는 방사율이 저하되는 문제가 발생하였고 나아가, 초박막화 또는 경량화에 불리하여 실제 산업에 이용되지 못하고 있다.
- [0010] 세번째, 종래 적외선 선택적 방사체는 취성 기판 위에 제작되어 곡면부에는 적용할 수 없는 문제가 있다. 즉 종래 적외선 선택적 방사체는 Brittle 하거나 Rigid한 물질로 구현될 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.
- [0012] 이에 따라, 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으면서도 유연한 특성을 가져서 곡면부에도 용이하게 적용 가능하며, 적외선 선택적 방사체 표면에 형성된 구조물을 마찰 등의 외부 자극으로부터 보호할 수 있음에 따라 내마모성이 향상되어 적외선 선택적 방사 기능이 그대로 유지될 수 있는 적외선 선택적 방사체에 대한 연구가 시급하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제 10-1894909 (2018.08.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 상술한 문제를 극복하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 해결하고자 하는 과제는 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으면서도 유연한 특성을 가짐에 따라 곡면부에도 용이하게 적용이 가능하며, 적외선 선택적 방사체 표면의 형성된 구조물을 마찰 등의 외부 자극으로부터 보호할 수 있어서 내마모성이 현격히 향상되고 적외선 선택적 방사 기능을 극대화시킬 수 있는 적외선 선택적 방사체 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 본 발명은 상술한 과제를 해결하기 위해 기판 및 상기 기판 상에 배치된 전도성 박막층, 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 상기 전도성 박막층 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부 및 상기 다수 개

의 구조물이 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부를 피복하는 보호코팅층을 포함하는 적외선 선택적 방사체를 제공한다.

- [0018] 또한 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 적외선 선택적 방사체는 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.8 이상일 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 보호코팅층은 상기 메타 표면부를 보호하고 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 방사율을 극대화시킬 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 보호코팅층의 두께는 150 내지 500 nm 인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 적외선 선택적 방사체에 대한 3 내지 5 μm 적외선 파장에서 방사율(b)과 하기 실험방법에 따른 브러쉬 테스트 후에 측정된 3 내지 5 μm 적외선 파장에서 방사율(a)의 비율(a/b)은 0.9 이상일 수 있다.
- [0022] [실험방법]
- [0023] 나일론 브러쉬를 이용하여, 시험편의 표면 중 임의의 1.5 cm x 1.5 cm 영역을 을 수동으로 쓸어내는 과정을 30 또는 50번 반복하여 브러쉬 테스트하고 그 영역에 대한 방사율을 FT-IR(Fourier Transform Infrared) 장비를 이용하여 측정한다.
- [0024] 또한, 상기 절연층은 Silicon nitride (Si_3N_4), Silicon oxide (SiO_2) 및 Zinc sulfide (ZnS) 중에서 선택되는 어느 하나이며 30 내지 300 nm의 두께를 가지는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 전도성 박막층은 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al) 및 Indium tin oxide(ITO) 중에서 선택되는 어느 하나이며 200 nm 내지 1 μm 두께를 가지는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 구조물의 크기는 1 내지 3 μm 이고, 상기 금속층의 두께는 50 내지 400 nm인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0027] 또한 본 발명은 (1) 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계 (2) 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계 (3) 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각하여 메타 표면부를 형성하는 단계 및 (4) 상기 다수 개의 구조물이 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부를 피복하는 보호코팅층을 코팅하는 단계를 포함하는 적외선 선택적 방사체의 제조방법을 제공한다.
- [0028] 또한 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 내마모성 코팅층은 고분자 물질 및 용매가 1: 0.5 내지 1:2.5로 혼합된 코팅용액을 2000 내지 5000 rpm의 속도로 코팅하여 형성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명은 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으면서도 유연한 특성을 가짐에 따라 곡면부에도 용이하게 적용이 가능하며, 적외선 선택적 방사체 표면의 형성된 구조물을 마찰 등의 외부 자극으로부터 보호할 수 있어서 내마모성이 현격히 향상되고 적외선 선택적 방사 기능을 극대화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1 내지 5는 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체를 나타내는 도면이다.
- 도 6 및 7은 본 발명에 따른 보호코팅층을 포함하는 적외선 선택적 방사체를 나타내는 도면이다.
- 도 8 내지 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 보호코팅층을 포함하는 적외선 선택적 방사체 및 이를 포함하지 않는 적외선 선택적 방사체를 비교하기 위한 도면이다.
- 도 11 및 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 보호코팅층을 포함하는 적외선 선택적 방사체 및 이를 포함하지 않는 적외선 선택적 방사체의 선택적 방사 기능을 나타내는 도면이다.
- 도 13 내지 15는 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체를 제조하는 방법을 설명하기 위한 모식도이다.
- 도 16 내지 19는 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체의 보호코팅층의 두께로 인한 영향을 나타내는 그래프 및 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 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.
- [0035] 상술한 바와 같이, 종래 소개된 적외선 선택적 방사체는 마찰 등의 물리적 외부 자극에 취약하여 쉽게 손상되거나 이로 인해 선택적 적외선 방사에 기능을 유지할 수 없는 문제와 곡면부에 적용할 수 없는 문제 등이 있어 그 활용에 제한이 있다.
- [0036] 이에 따라 본 발명은 기관 및 상기 기관 상에 배치된 전도성 박막층, 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 상기 전도성 박막층 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부 및 상기 다수 개의 구조물이 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부를 피복하는 보호코팅층을 포함하는 적외선 선택적 방사체를 제공하여 상술한 문제의 해결을 모색하였다.
- [0037] 이를 통해 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으면서도 유연한 특성을 가져서 곡면부에도 용이하게 적용 가능하며, 또한 적외선 선택적 방사체 표면의 형성된 구조물을 마찰 등의 외부 자극으로부터 보호할 수 있음에 따라 내마모성이 향상되어 적외선 선택적 방사 기능이 그대로 유지될 수 있어서 적외선 선택적 방사체의 활용도를 극대화시킬 수 있다.
- [0039] 이하 도면을 참조하여 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체에 대하여 구체적으로 설명한다
- [0041] 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체(100)는 기관(10) 및 상기 기관(10) 상에 배치된 전도성 박막층(20), 절연층(30)과 금속층(40)이 적층된 다수 개의 구조물(50)이 상기 전도성 박막층(20) 상에 소정의 패턴을 이루며 배치된 메타 표면부(60) 및 상기 다수 개의 구조물(50)이 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부를 피복하는 보호코팅층(70)을 포함한다.
- [0043] 상기 기관(10)은 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체(100)를 물리적으로 지지해 주는 구조재 역할을 수행한다. 이때 상기 기관(10)은 위장하려는 물질의 피부착면이 곡선부 형태를 가질 때에도 표면에 부착할 수 있도록 유연한 특성을 가질 수 있다. 이에 대한 비제한적인 예로 상기 기관(10)은 Polydimethylsiloxane(PDMS), Polyimide(PI), Polyethylene terephthalate(PET) 등 유연한 성질을 가진 물질을 사용할 수 있으며 바람직하게는 Polyimide를 사용하는 것이 코팅 rpm 조절을 통해 기관의 두께를 바람직한 범위 내로 조절할 수 있으며, 다른 물질에 비하여 상대적으로 점도가 낮아 얇은 두께로 제작이 가능하여 곡률반경을 감소시키는데 유리할 수 있다. 또한 상기 기관(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.
- [0044] 다음, 상기 전도성 박막층(20) 상기 기관(10) 상에 형성되며 본 발명에 따른 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), 구리(Cu), 알루미늄(Al), Indium tin oxide(ITO) 등의 전기 전도성을 가지는 물질일 수 있다.
- [0045] 또한 상기 전도성 박막층(20)은 충분한 유연성을 나타내면서 본 발명의 목적에 부합하는 두께를 가질 수 있어 그 두께를 특별히 제한하지 않으나, 이에 대한 비제한적인 예로 상기 전도성 박막층(20)이 금으로 구현된 경우 200 nm 내지 1um 두께를 가질 수 있다.
- [0047] 다음, 본 발명에 따른 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.
- [0048] 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 어려워 실제 활용도를 크

게 저하시키는 원인이 되고 있다.

- [0049] 이에 본 발명에 따른 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.
- [0050] 보다 구체적으로, 도 2 및 3을 참조하면, 본 발명에 따른 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 적외선 선택적 방사체(100)가 곡면을 이루도록 구부러져도 이에 따른 응력을 분산시킬 수 있어 유연성을 부여할 수 있다. 즉 상술한 기관(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 적외선 선택적 방사체(100)는 곡률반경이 250 μm 이상일 수 있다. 이때 만일 상기 곡률반경이 250 μm 미만일 경우 본 발명이 목적하는 충분한 유연성 확보가 어려울 수 있다.
- [0052] 한편, 상기 다수 개의 구조물(50)은 절연층(30)과 금속층(40)이 적층된 구조를 가진다.
- [0053] 일반적으로 종래 소개된 적외선 선택적 방사체의 경우 취성 소재의 절연층(또는 유전체층)을 포함하며, 주로 탄 소재의 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 특성상 유연성이 없어 곡면부 적용이 불가능하다는 한계가 있다.
- [0054] 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 사용하는 목적과 물질 등을 고려하여 적외선 선택적 방사 특성에 의해 적외선 탐지에 사용하는 적합한 파장대역의 적외선 신호를 저감시킬 수 있다.
- [0056] 다음 상기 보호코팅층(70)은 본 발명에 따른 상기 다수 개의 구조물(50)이 외부 물리적 자극에 의하여 기관에서 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 상기 메타 표면부(60)를 피복한다.
- [0057] 일반적으로 적외선 선택적 방사체는 그 특성상 외부환경에 사용되는 경우가 많은데 이러한 외부환경에서 다양한 물리적 자극에 취약한 문제가 있다. 보다 구체적으로 종래 적외선 선택적 방사체는 도 6에 나타난 바와 같이, 마이크로 구조물이 기관 표면에 위치하고 있기 때문에 외부환경의 마찰 등의 물리적 자극 의해 마이크로 구조물에 쉽게 손상될 수 있다. 적외선 선택적 방사체는 상기 마이크로 구조물의 공진 현상을 이용한 것이므로 외부 물리자극에 의해 상기 마이크로 구조물이 손상된다면 설계한 선택적 방사 성능을 유지하지 못하기 때문에 외부 환경에 실제 적용하지 못하여 그 활용도를 크게 저해하는 원인이 되고 있다.
- [0058] 이에 본 발명은 도 7과 같이, 다수 개의 구조물(50)이 외부 물리적 자극에 의하여 기관에서 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부(60) 상에 보호코팅층(70)을 형성하여 상술한 문제를 해결하였다.
- [0059] 보다 구체적으로 본 발명에 따른 보호코팅층(70)을 구비하지 않은 도 8의 (a)의 적외선 선택적 방사체의 경우, 하기 실험방법에 따른 브러쉬 테스트에서 육안으로도 많은 스크래치가 발생한 것을 알 수 있다.
- [0060] [실험방법]
- [0061] 나일론 브러쉬를 이용하여, 시험편의 표면 중 임의의 1.5 cm x 1.5 cm 영역을 수동으로 쓸어내는 과정을 30~50번 반복하여 브러쉬 테스트하고 그 영역에 대한 방사율을 FT-IR 장비를 이용하여 측정한다.
- [0063] 그러나 도 8의 (b)를 참조하면, 본 발명에 따른 보호코팅층(70)을 포함하는 적외선 선택적 방사체는 상기 실험방법에 따른 브러쉬 테스트에서 도 8 (a) 대비 상대적으로 표면 손상이 덜 한 것을 알 수 있다. 이와 같은 차이는 본 발명의 경우 도 9와 같이 상기 보호코팅층(70)이 외부로부터의 물리화학적 자극을 흡수하여 보호코팅층(70)을 보호할 수 있기 때문에 발생한다.
- [0064] 즉 본 발명에 따른 보호코팅층(70)은 보호코팅층(70) 자체에는 Spalling이 발생할 수 있으나, 외부로부터의 물리화학적 자극으로부터 구조물(50)의 손상을 방지할 수 있어서 구조물(50)의 공진현상을 이용한 적외선 선택적

방사능에 대한 영향을 최소화할 수 있다.

- [0065] 이에 반하여, 도 10과 같이 보호코팅층(70)을 구비하지 않은 도 8의 (a)의 적외선 선택적 방사체의 경우 외부로부터의 물리화학적 자극에 의하여 구조물(50) 자체가 변형되거나 손상될 수 있어서 구조물(50)의 공진현상을 이용한 적외선 선택적 방사능을 발현할 수 없거나 목적하는 만큼의 방사능이 구현되지 않는 문제가 발생할 수 있다.
- [0066] 상기 보호코팅층(70)의 보호기능으로 인한 이와 같은 적외선 선택적 방사능 유지의 효과를 보다 구체적으로 설명하기 위해 도 11a 내지 11c를 참조하면, 보호코팅층(70)을 구비하지 않는 적외선 선택적 방사체의 경우 도 11a와 같이 내부 구조물들이 외부 물리적 자극에 의하여 손상되거나 일정 간격으로 이격된 배치구조를 벗어나게 된다. 그 결과 도 11b 및 11c와 같이 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 외부 물리적 자극에 의하여 방사율이 최대 300% 이상 현저히 저하됨을 알 수 있다.
- [0067] 이에 반하여, 상기 보호코팅층(70)을 구비하는 본 발명에 따른 적외선 선택적방사체의 경우 도 12a와 같이 외부 물리적 자극에도 불구하고 보호코팅층(70)으로 인해 메타표면부(60) 상에 형성된 구조물(50)이 손상되지 않고 배치구조가 변형되지 않음을 알 수 있다. 그 결과 도 12b 및 12c와 같이 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 외부 물리적 자극에 의하여 방사율이 거의 저하되지 않는 것을 알 수 있다.
- [0069] 또한 상기 보호코팅층(70)은 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체의 보호기능 뿐만 아니라 적외선 선택적 방사능 극대화시킬 수 있다. 즉 상기 보호코팅층(70)은 공기(air)였던 부분이 상기 보호코팅층(70)으로 대체되면서 이로 인해 유효 유전율(Effective permittivity)이 증가하고 적외선 선택적 방사능을 극대화시켜 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 최대 방사율이 0.8 이상의 값을 나타내는 광대역화를 유도할 수 있다. 즉 상기 보호코팅층(70)을 구비하지 못하는 적외선 선택적 방사체의 방사율을 나타내는 도 11b 및 도 11c 대비 본 발명에 따른 상기 보호코팅층(70)을 구비하는 적외선 선택적 방사체는 현저히 광대역화된 방사능을 나타냄을 알 수 있다.
- [0070] 다시 말해, 본 발명은 상술한 보호코팅층(70)을 포함함으로써 다수 개의 구조물(50)이 외부 물리적 자극에 의하여 기관에서 탈락되는 것을 방지하는 보호기능 이외에도 적외선 선택적 방사능을 극대화시키는 광대역기능을 수행하는데 이는 본 발명에 따른 상기 보호코팅층(70)의 두께와 관계에서 제어될 수 있다.
- [0071] 예를 들어 도 16에 도시된 것과 같이 본 발명의 일 실시예에 따라 상기 보호코팅층(70)의 두께(t)가 250 nm에서 1000 nm까지 증가하는 경우, 두께 증가에 따른 피크의 변화는 없으나 방사율이 전체적으로 증가함을 알 수 있다. 다만, 두께가 500 nm를 초과하는 경우 목적하는 파장대역에서의 선택적 방사능을 제어하기 어려운 문제가 발생하는 것을 알 수 있는 바, 적외선 선택적 방사 특성 유지를 위해서는 상기 보호코팅층(70)의 두께가 일정 두께 이하로 설계되어야 함을 알 수 있다.
- [0072] 다른 예로 도 17a에 도시된 것과 같이 본 발명의 다른 실시예에 따라 상기 보호코팅층(70)의 두께가 다수 개의 구조물(50)의 높이(350 nm) 보다 얇게 코팅된 경우 도 17b 및 17c에 도시된 것과 같이 브러쉬 테스트(30회 또는 50회) 후 방사율의 성능 변화가 없는 것을 알 수 있다. 이를 통해 다수 개의 구조물(50)의 높이보다 보호코팅층(70)을 얇게 형성한 경우에도 선택적 방사능은 그대로 유지하고 있음을 알 수 있다.
- [0073] 또 다른 예로, 18a에 도시된 것과 같이 본 발명의 또 다른 실시예에 따라 상기 보호코팅층(70)의 두께가 다수 개의 구조물(50)의 높이(350 nm) 보다 두껍게 코팅된 경우 도 18b에 도시된 것과 같이 선택적 방사능은 그대로 유지하고 있음을 알 수 있다.
- [0074] 이를 종합하면, 상기 보호코팅층(70)의 두께는 150 내지 500 nm 일 수 있으며 보다 바람직하게는 200 내지 500 nm 일 수 있다. 이때 만일 상기 보호코팅층(70)이 두께가 150 nm 미만일 경우 보호코팅층(70)으로 인한 메타표면부(60) 및 다수 개의 구조물(50)에 대한 보호성능이 떨어질 수 있다. 또한 만일 상기 보호코팅층(70)의 두께가 500 nm를 초과하는 경우 보호코팅층(70)의 두께가 지나치게 두꺼워져서 초박막을 구현하기 어렵고 유연성 면에서 불리할 수 있다.
- [0076] 이상에서 설명한 것과 같이 본 발명은 적외선 에너지를 원하는 파장대역으로 선택적으로 방사할 수 있으면서도 유연한 특성을 가져서 곡면부에도 용이하게 적용 가능하며, 또한 적외선 선택적 방사체 표면의 형성된 구조물을 마찰 등의 외부 자극으로부터 보호할 수 있음에 따라 내마모성이 향상되고 적외선 선택적 방사 기능을 극대화시킬 수 있어서 적외선 선택적 방사체의 활용도를 극대화시킬 수 있다.
- [0078] 다음, 도 13 내지 15를 참조하여 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체(100)의 제조방법을 설명한다. 다만 중복을 피하기 위하여 상술한 적외선 선택적 방사체(100)와 기술적 사상이 동일한 부분에 대하여는 설명을

생략한다.

- [0080] 본 발명에 따른 적외선 선택적 방사체는 (1) 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계, (2) 상기 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계 (3) 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각하여 메타 표면부를 형성하는 단계 및 (4) 상기 다수 개의 구조물이 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부를 피복하는 보호코팅층을 코팅하는 단계를 포함한다.
- [0082] 상기 (1) 단계는 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계이다.
- [0083] 보다 구체적으로 도 13을 참조하면, 상기 (1) 단계는 본 발명에 적외선 선택적 방사체(100)의 기재 위에 기판, 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 증착하는 단계이다. 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.
- [0085] 다음 상기 (2) 단계는 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계이다. 즉 도 14를 참조하면, 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.
- [0087] 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.
- [0088] 즉 도 15를 참조하면, 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.
- [0090] 다음 상기 (4) 단계는 상기 다수 개의 구조물이 탈락되는 것을 방지하기 위해 소정의 두께로 메타 표면부를 피복하는 보호코팅층을 코팅하는 단계이다.
- [0091] 상기 보호코팅층은 고분자 물질, 경화제 및 용매 잔량을 포함하는 혼합용액으로 코팅할 수 있고 이때 상기 고분자 물질은 본 발명에 부합하는 공지의 통상적인 물질이 사용될 수 있으며 이에 대한 비제한적인 예로 폴리이미드 (Polyimide), PDMS(Polydimethylsiloxane) 등으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상의 고분자 물질이 사용될 수 있다.
- [0092] 상기 용매 또한 본 발명에 부합하는 공지의 통상적인 물질이 사용될 수 있으며 이에 대한 비제한적인 예로 NMP(N-Methylpyrrolidone), DMAc (N-dimethylacetamide)로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상의 용매가 사용될 수 있다. 또한 상기 용매는 본 발명에 목적에 부합하는 공지의 통상적인 물질이 사용될 수 있으므로 특별히 제한하지 않는다.
- [0093] 이때 상기 고분자 물질 및 용매는 1: 0.5 내지 1:2.5의 중량비 혼합될 수 있으며 보다 바람직하게는 1: 1 내지 1:2.5의 중량비로 혼합될 수 있다. 만일 상기 고분자 물질 및 용매가 1: 2.5 초과로 혼합되는 경우 혼합액의 농도가 묽어 보호코팅층 형성이 어려운 문제가 있을 수 있고, 또한 만일 상기 고분자 물질 및 용매가 1: 0.5 을 미만으로 혼합되는 경우 보호코팅층의 보호력은 충분하나 적외선 선택 방사 성능이 충분히 구현되지 않는 문제가 있을 수 있다.
- [0094] 또한 상기 혼합용액의 코팅방법은 공지의 통상적인 코팅방법이 사용될 수 있으므로 특별히 제한하지 않으나 바람직하게는 스핀 코팅을 이용하여 2000 내지 5000 rpm의 속도로 코팅할 수 있다.
- [0095] 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.

- [0097] **실시예 1 - 적외선 선택적 방사체의 제조(1:1)**
- [0098] (1) 기판 상에 전도성 박막층, 절연층 및 금속층을 차례로 형성하는 단계
- [0099] 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 Si₃N₄을 100 nm 및 상기 금속층으로 금(Au), 200 nm을 순서대로 증착하여 적층 구조물을 제조하였다
- [0101] (2) 금속층 상에 소정의 패턴을 가지는 마스크패턴층을 형성하는 단계
- [0102] 상기 (1) 단계에서 제조한 적층 구조물 상에 직경 2um의 원형 메타 패턴을 갖는 마스크 패턴층을 형성하였다.
- [0104] (3) 전도성 박막층 상에 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물이 소정의 패턴을 이루도록 상기 마스크패턴층을 따라서 절연층까지 식각해 메타 표면부를 형성하는 단계
- [0105] 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.
- [0107] (4) 보호코팅층 코팅 단계
- [0108] 상기 (3) 단계에서 수득한 메타 표면부에 스핀 코팅 방법을 이용하여 3000 rpm의 속도로 폴리이미드와 용매가 1:1의 비율로 혼합된 혼합용액을 코팅한 후 충분히 건조하여 350 nm 두께의 코팅층을 형성하였다.
- [0110] **실시예 2 -적외선 선택적 방사체의 제조(1:1.5)**
- [0111] 상기 실시예 1과 같이 제조하되, 상기 (4) 단계에서 폴리이미드와 용매가 1:1.5의 비율로 혼합된 혼합용액을 코팅한 후 충분히 건조하여 250 nm 두께의 코팅층을 형성하였다.
- [0113] **실시예 3 내지 7 -적외선 선택적 방사체의 제조(1:1.5)**
- [0114] 상기 실시예 1과 같이 제조하되, 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물의 직경을 각각 1.1 내지 1.5 um로 달리하여 제조하였다.
- [0116] **비교예 1 - 적외선 선택적 방사체의 제조**
- [0117] 상기 실시예 1에서 (4) 단계를 수행하지 않은 것을 제외하고 실시예 1 과 동일하게 제조하였다.
- [0119] **비교예 2 내지 6 - 적외선 선택적 방사체의 제조**
- [0120] 상기 비교예 1과 같이 제조하되, 절연층과 금속층이 적층된 다수 개의 구조물의 직경을 각각 1.1 내지 1.4 um로 달리하여 제조하였다.
- [0122] **실험예 1 - 곡률 측정 및 곡면 부착 테스트**
- [0123] 상기 실시예 1,2 및 비교예 1에서 제조한 적외선 선택적 방사체를 곡률반경이 250 um인 구리선에 부착한 후 Scanning Electron Microscope(SEM)를 이용하여 도 5에 나타내었다.
- [0124] 도 5를 참조하면 본 발명에 따른 실시예 1 및 2의 경우 휘어진 상태에서 전도성 박막층 상의 절연층, 금속층으로 이루어진 메타 표면부가 소실되지 않는 것을 확인하였다.
- [0126] **실험예 2 - SEM 이미지**
- [0127] 상기 실시예 1,2 및 비교예 1에서 제조한 적외선 선택적 방사체를 Scanning Electron Microscope(SEM)을 이용하여 관찰하고 이를 도 6 및 도 7에 나타내었다.
- [0129] **실험예 3 - 브러쉬 테스트**
- [0130] 상기 실시예 1, 실시예 2 및 비교예 1에서 제조한 적외선 선택적 방사체를 나일론 브러쉬를 이용하여, 시험편의 표면 중 임의의 1.5 cm x 1.5 cm 영역을 수동으로 쓸어내는 과정을 30 또는50 번 반복하여 브러쉬 테스트하여 표면을 관찰하고 이를 도 8, 도 11a 및 도 12a에 나타내었다.(brush (30)은 30번 테스트를 수행한 것을 의미한다.)
- [0131] 상기 도 8, 도 11a 및 도 12a을 참조하면, 보호코팅층(70)을 구비하지 않은 도 8의 (a)의 비교예 1의 경우, 하

기 실험방법에 따른 브러쉬 테스트에서 육안으로도 많은 스크래치가 발생한 것을 알 수 있다. 그러나 도 8의 (b) 및 도 12a를 참조하면, 본 발명에 따른 보호코팅층(70)을 포함하는 실시예 1 및 2의 경우 상기 실험방법에 따른 브러쉬 테스트에서 상대적으로 표면 손상이 덜 한 것을 알 수 있다. 이와 같은 차이는 상기 보호코팅층(70)이 외부로부터의 물리화학적 자극을 흡수하여 보호코팅층(70)을 보호할 수 있기 때문에 발생한다.

[0133] **실험예 4 - 방사율 측정**

[0134] 상기 실시예 1,2 및 비교예 1에 대하여 Fourier Transform Infrared (FT-IR) 장비를 이용하여 적외선 방사대역 및 방사율 측정하였다. 이후 상기 실험예 3에서 테스트한 실시예 1,2 및 비교예 1에 대하여 Fourier Transform Infrared (FT-IR) 장비를 이용하여 적외선 방사대역 및 방사율 측정하고 이를 도 11b, 도 11c, 도 12a, 도 12c에 나타내었다.

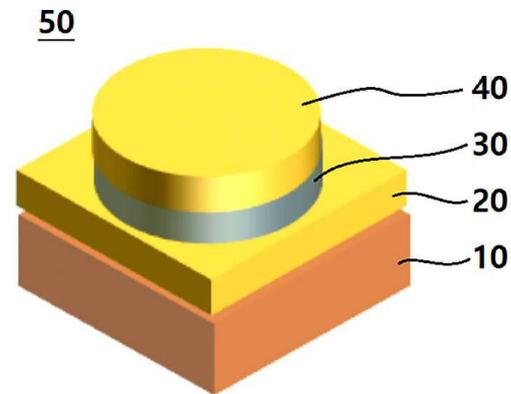
[0135] 또한 실시예 3 내지 7 및 비교예 2 내지 5에 대하여도 동일한 장비를 이용하여 방사대역 및 방사율을 측정하고 도 19 및 20에 나타내었다.

[0136] 상기 비교예 1의 결과인 도 11b 및 11c를 참조하면, 5 내지 8 μm 적외선 파장 대역에서 외부 물리적 자극에 의하여 방사율이 최대 300% 이상 현저히 저하됨을 알 수 있다. 이에 반하여 본 발명에 따른 상기 보호코팅층(70)을 구비하는 실시예 1 및 2의 경우 브러쉬 반복 횟수에 상관없이 적외선 선택적 방사체는 현저히 광대역화된 방사능을 나타냄을 알 수 있다.

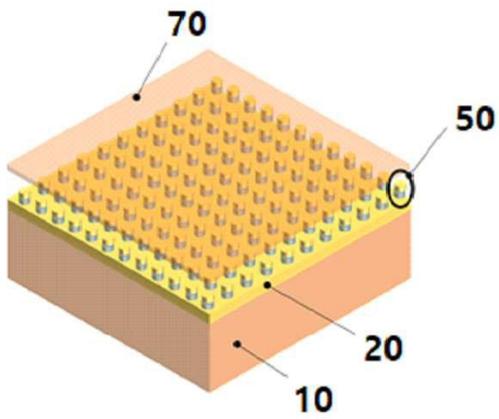
[0137] 또한 도 19 및 20을 참조하면, 코팅 유무와 상관없이 구조물의 직경 증가에 따라 장파장으로 피크가 이동하는 현상이 나타나는 것을 알 수 있다. 다만 보호코팅층을 포함하는 실시예들의 경우 방사율이 더 높게 측정되는 바, 이는 보호코팅층의 보호기능 이외에 광대역화 기능에 기인한 것임을 알 수 있다.

도면

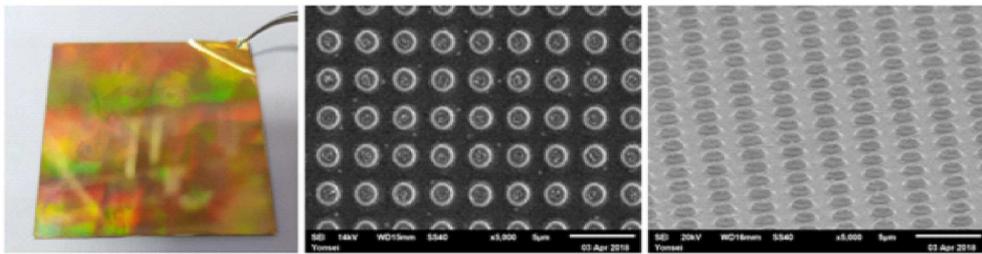
도면1



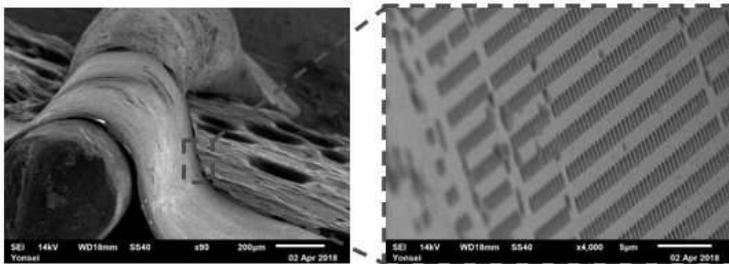
도면2



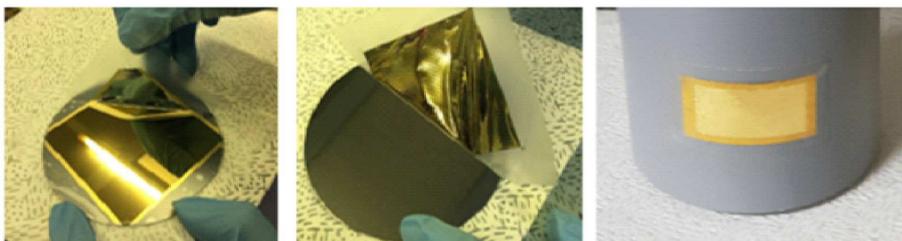
도면3



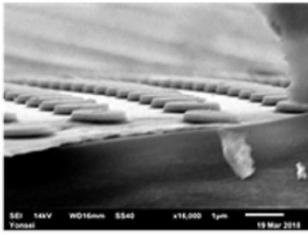
도면4



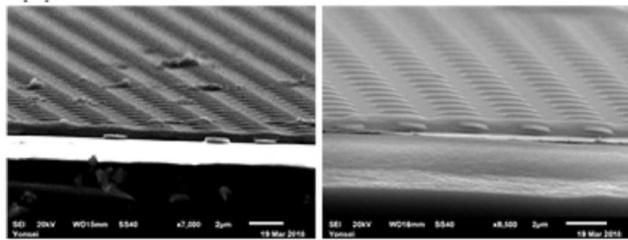
도면5



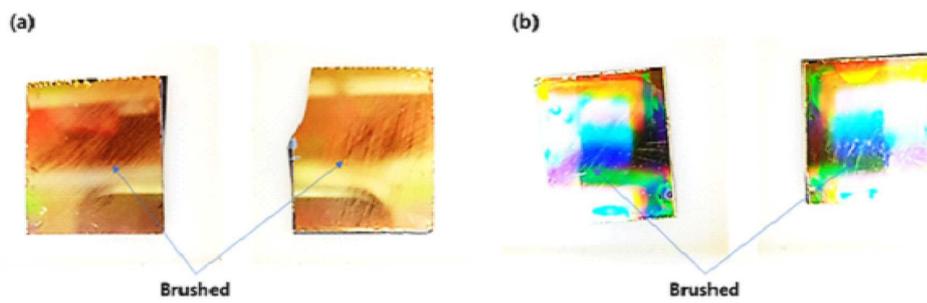
도면6



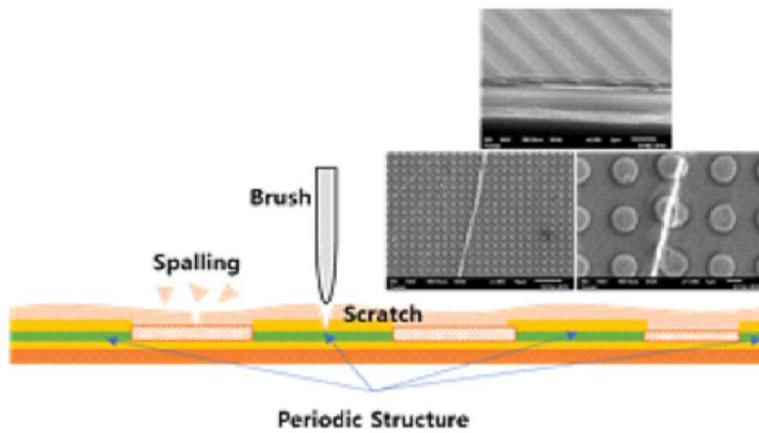
도면7



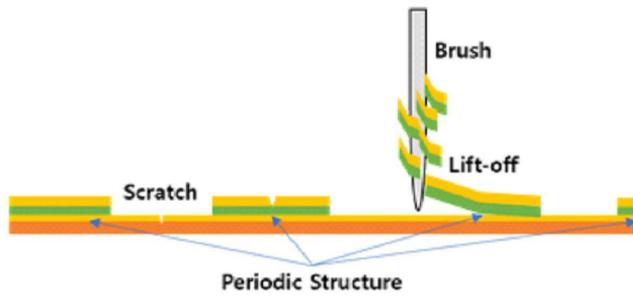
도면8



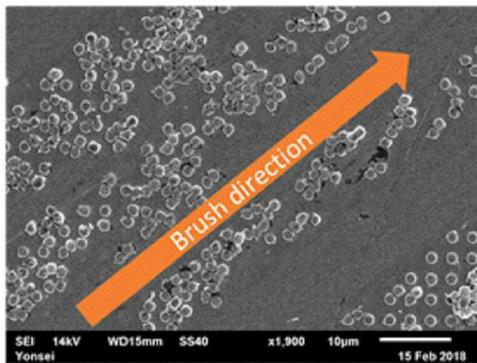
도면9



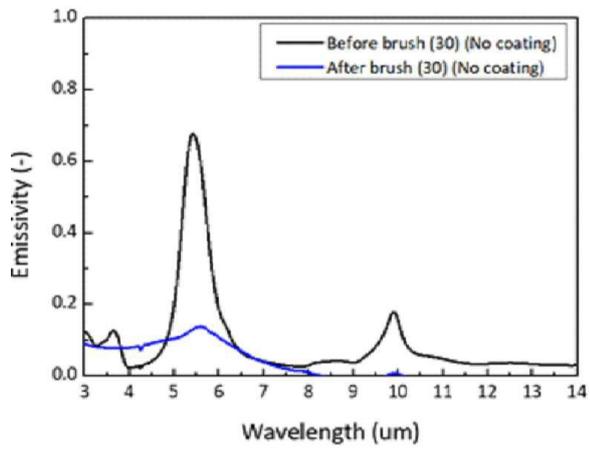
도면10



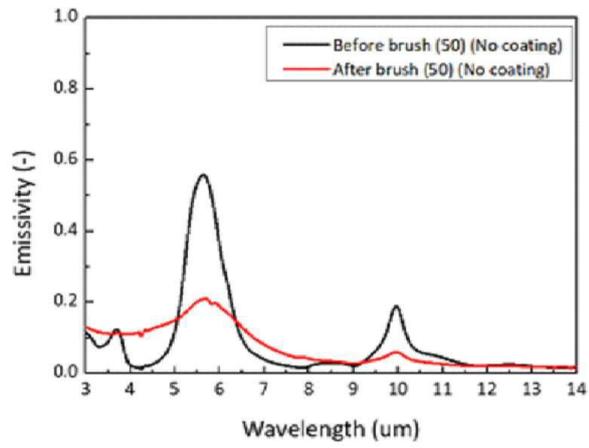
도면11a



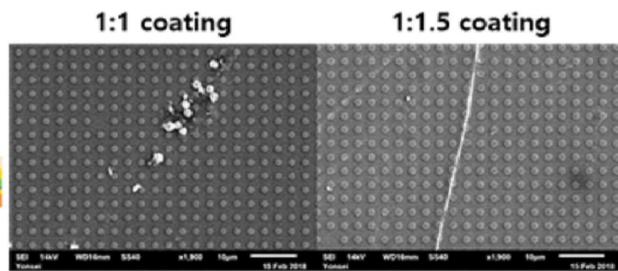
도면11b



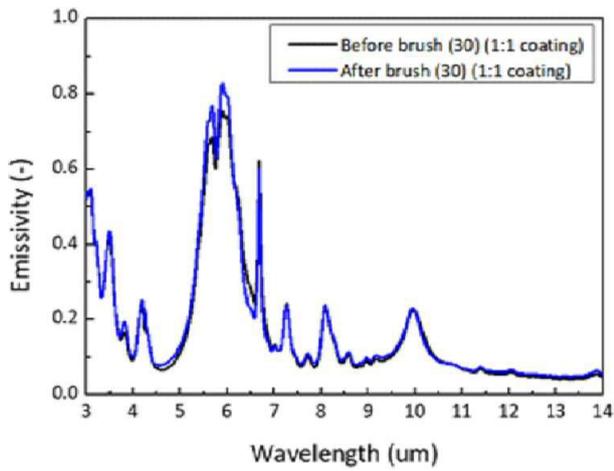
도면11c



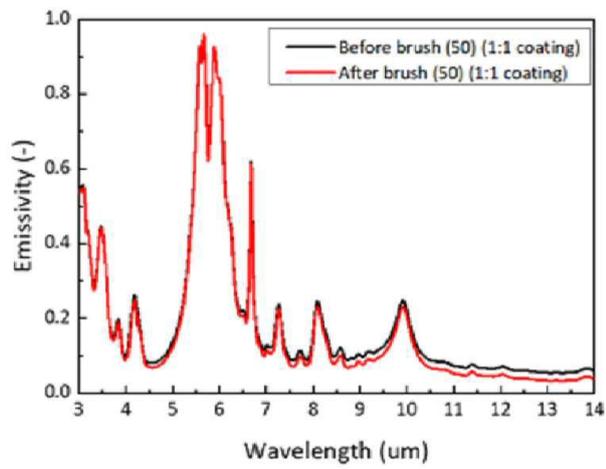
도면12a



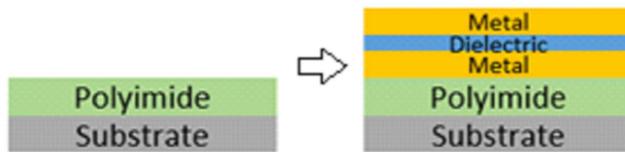
도면12b



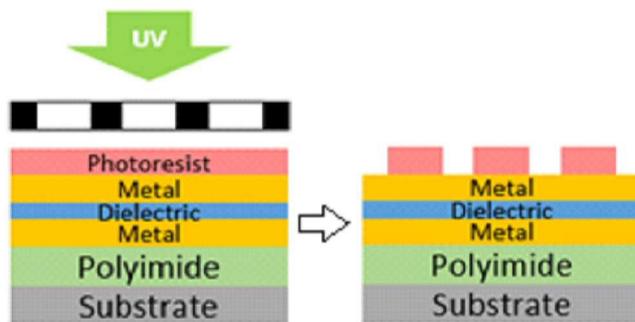
도면12c



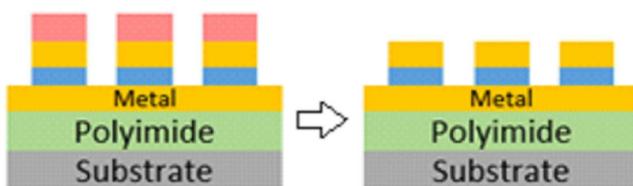
도면13



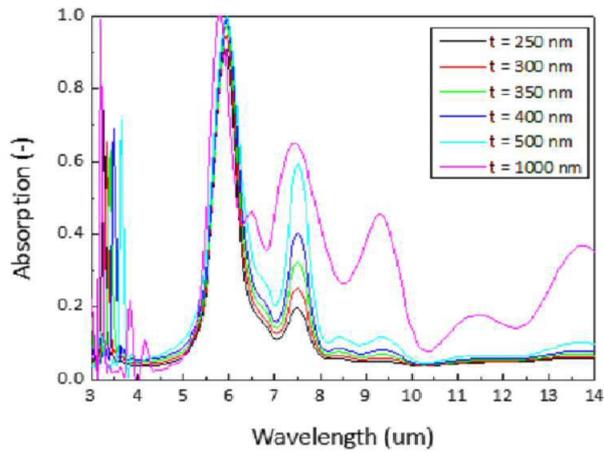
도면14



도면15



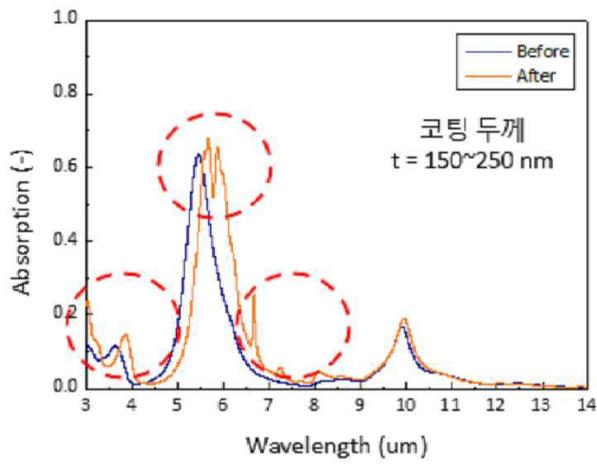
도면16



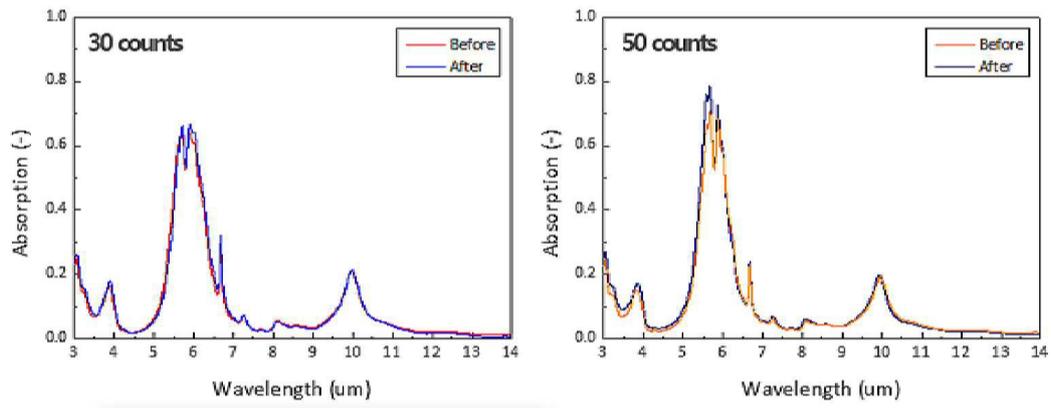
도면17a



도면17b



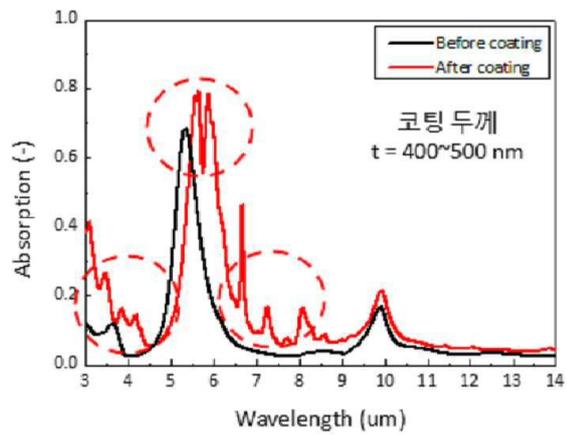
도면17c



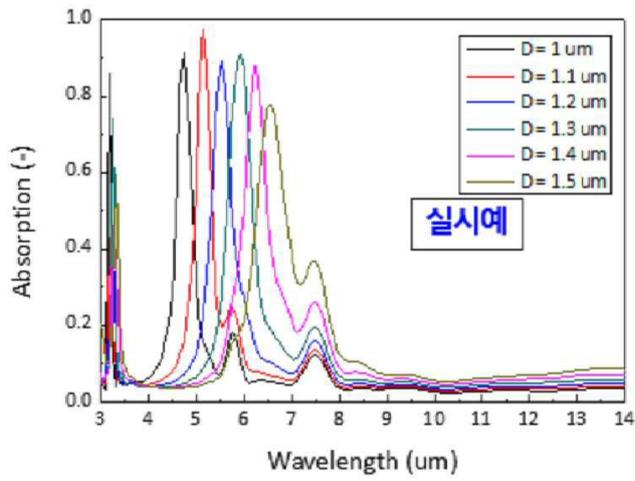
도면18a



도면18b



도면19



도면20

