



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0026201
(43) 공개일자 2019년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 5/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G02B 5/204 (2013.01)

G02B 5/208 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0112636

(22) 출원일자 2017년09월04일

심사청구일자 2017년09월04일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

주식회사 헥사솔루션

경기도 수원시 영통구 광교로 145, 씨동 9층 (이의동, 차세대융합기술원)

(72) 발명자

김선경

경기도 화성시 동탄지성로 295, 102동 1303호(기산동, 참누리1단지아파트)

배덕규

경기도 용인시 기흥구 동백2로 11, 4201동 1201호(중동, 어은목마을 벽산블루밍아파트)

남영석

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732(서천동, 경희대학교국제캠퍼스)

(74) 대리인

김연권

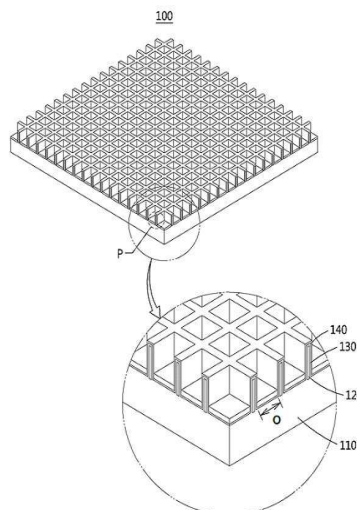
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 공극 패턴을 포함하는 광학 소자 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 공극 패턴을 포함하는 광학 소자 및 그 제조 방법을 개시한다. 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 기판 상에 형성되는 광학 패턴을 포함하고, 상기 광학 패턴은, 상기 광학 패턴의 내부에 형성되는 공극 패턴; 상기 기판 상에 형성되고, 상기 공극 패턴을 둘러싸는 제1 절연층; 및 상기 제1 절연층 상에 형성되는 금속층을 포함하고, 상기 금속층의 두께의 조절을 통하여 광의 흡수 파장 대역이 제어되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G02B 5/22 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20170667

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단(학술진흥)

연구사업명 중견연구과제

연구과제명 분산 제어 물질을 이용한 편광, 파면, 흡수 선택 광소자 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2017.03.01 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

기관 상에 형성되는 광학 패턴을 포함하고,
상기 광학 패턴은,
상기 광학 패턴의 내부에 형성되는 공극 패턴;
상기 기관 상에 형성되고, 상기 공극 패턴을 둘러싸는 제1 절연층; 및
상기 제1 절연층 상에 형성되는 금속층을 포함하고,
상기 금속층의 두께의 조절을 통하여 광의 흡수 파장 대역이 제어되는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 금속층의 두께의 조절을 통하여 광터널링에 의해 광의 흡수율이 제어되어, 가시광 및 적외선 파장대역의 광을 흡수하는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 광학 패턴은 상기 금속층 상에 형성되는 제2 절연층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 제2 절연층은 상기 제1 절연층과 동일한 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 희생 패턴은 격자 구조인 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 기관은 가시광 및 적외선 파장 대역의 빛을 투과시키는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 금속층의 두께는 5nm 내지 300nm인 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기판은 유리(glass), 사파이어(sapphire), 석영(quartz) 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 하프늄 산화물(HfO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 알루미늄 질화물(SiN) 및 실리콘 질화물(Si_3N_4) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1 절연층 또는 제2 절연층은 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 하프늄 산화물(HfO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 알루미늄 질화물(SiN) 및 실리콘 질화물(Si_3N_4) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 금속층은 텅스텐(W), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 백금(Pt) 및 금(Au) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 광학 소자는 가시광 또는 적외선 파장 대역의 광을 흡수하여 특정 파장대역의 광을 방출하는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자.

청구항 12

기판 상에 돌출 패턴을 갖는 희생층 패턴을 형성하는 단계;

상기 희생층 패턴 상에 제1 절연층을 형성하는 단계;

열처리 공정으로 상기 희생층 패턴을 제거하여 공극 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 제1 절연층 상에 금속층을 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 금속층의 두께의 조절을 통하여 광의 흡수 파장 대역이 제어되는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 열처리 공정은 500K 내지 1300K의 온도에서 진행되는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 제1 절연층 상에 금속층을 형성하는 단계는,

상기 금속막 상에 제2 절연층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광학 소자 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 넓은(가시광 및 적외선) 파장대역의 광을 흡수하고, 복사 방출할 수 있는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 모든 물체는 표면 온도에 따라 플랑크 법칙(Planck's law)에 따라 복사 스펙트럼을 방출하고, 플랑크 법칙에 따르면, 표면 온도가 증가할수록 복사 세기가 증가하며, 복사 세기가 최대가 되는 중심 파장이 단파장 영역으로 이동하게 된다.

[0004] 따라서, 높은 온도로 가열된 물체는 가시광선부터 (기존 반도체 물질로 구현이 어려운) 적외선 대역의 빛을 방출하는 광원의 역할을 수행할 수 있다.

[0005] 예를 들면, 1300K 내지 2000K의 표면 온도를 가진 물체는 1 μ m 내지 3 μ m의 중심 파장을 갖는 적외선 광원이 될 수 있고, 상기 온도 대역에서 동작하기 위해서는 고온 내성의 금속 물질(Ta, W, Ni, Pt 등)을 사용하여야 된다.

[0006] 또한, 물체의 복사스펙트럼은 키르히호프 복사 법칙(Kirchhoff's law)에 따라 온도에 의해 주어지는 흑체 복사 스펙트럼과 흡수율의 곱으로 주어지고, 흑체는 모든 빛의 파장 및 입사 각도에 대해 흡수율이 100%인 물체를 말하므로 이론적으로 얻을 수 있는 가장 높은 세기의 복사스펙트럼을 방출하나 실제 물체는 흡수율이 100%가 될 수 없으므로 이상적인 흑체보다는 낮은 효율의 복사스펙트럼을 방출하게 된다.

[0007] 따라서 복사스펙트럼 기반의 고효율 광원을 구현하기 위해서는 원하는 파장 대역에서 흡수율을 100%에 도달하게 하는 광학 설계 기술이 요구된다.

[0008] 종래에는 원하는 파장 대역에서 높은 복사 효율을 얻기 위해서 금속 표면 또는 금속 전체에 걸쳐 식각(etching) 또는 합성(synthesis) 공정을 통해 1차원, 2차원 또는 3차원 패턴을 형성하였다.

[0009] 특히, 복사 효율의 파장 선택성(필요로 하는 파장 영역에서는 흑체와 같은 광흡수를 나타내고, 나머지 파장 영역에서는 흡수가 없는 투명 특성) 및 경제적 실용성 관점에서 2차원 벌크 패턴으로 형성하는 기술이 가장 유용하게 사용되었다.

[0010] 그러나, 기존의 2차원 벌크 패턴 구조의 경우 두꺼운 금속 기판을 준비하고, 표면에 1 마이크로미터 이상의 깊이를 가지는 2차원 패턴을 적용하므로, 제작비용 및 공정 난이도가 높고, 부피 대비 표면적의 증가로 인해 고온 동작 시 쉽게 산화되어 복사효율 성능이 떨어지며, 온도 변화(열팽창 계수)에 따른 구조가 변형된다는 문제가 있다.

[0011] 따라서, 종래에 사용되는 패턴 기술은 특정 파장 영역에서 광흡수를 증대시켜 복사 효율을 높일 수는 있으나, 식각 또는 합성 공정이 복잡하여 제작 비용이 증가하고, 고온 동작에서 패턴 형상이 파괴되는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) 국제공개특허 제W02016-010270호, "SUBSTRATE STRUCTURE, METHOD FOR FORMING SAME, AND METHOD FOR MANUFACTURING NITRIDE SEMICONDUCTOR USING SAME"
- (특허문헌 0002) 국제공개특허 제W02016-010323호, "SEMICONDUCTOR STACKING STRUCTURE, AND METHOD AND APPARATUS FOR SEPARATING NITRIDE SEMICONDUCTOR LAYER USING SAME"
- (특허문헌 0003) 국제공개특허 제W02010-126177호, "METHOD OF FABRICATING SUBSTRATE WHERE PATTERNS ARE FORMED"
- (특허문헌 0004) 국제공개특허 제W02010-123165호, "METHOD OF FABRICATING SUBSTRATE WHERE PATTERNS ARE FORMED"
- (특허문헌 0005) 국제공개특허 제W02010-027230호, "STRUCTURE OF THIN NITRIDE FILM AND FORMATION METHOD THEREOF"
- (특허문헌 0006) 국제공개특허 제W02012-161451호, "SEMICONDUCTOR THIN FILM STRUCTURE AND METHOD FOR FORMING SAME"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명의 실시예의 목적은 넓은(가시광 및 적외선) 파장대역의 광을 흡수하고, 복사 방출 할 수 있는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공하고자 한다.
- [0015] 본 발명의 실시예의 목적은 금속층의 두께를 조절하여 선택적으로 광의 흡수 파장 대역을 제어할 수 있는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공하고자 한다.
- [0016] 본 발명의 실시예의 목적은 복사 효율 향상을 위한 패턴 형성을 위해 식각 공정을 이용하지 않는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공하고자 한다.
- [0017] 본 발명의 실시예의 목적은 금속층 내부와 외부에 절연층을 도입하여 금속의 산화를 방지하고, 동작 온도 변화에 따른 열적 스트레스를 최소화하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공하고자 한다.
- [0018] 본 발명의 실시예의 목적은 투명한 유전체 기판을 사용하여 양면 흡수가 가능하여 복사 효율이 향상된 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0020] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 기판 상에 형성되는 광학 패턴을 포함하고, 상기 광학 패턴은, 상기 광학 패턴의 내부에 형성되는 공극 패턴; 상기 기판 상에 형성되고, 상기 공극 패턴을 둘러싸는 제1 절연층; 및 상기 제1 절연층 상에 형성되는 금속층을 포함하고, 상기 금속층의 두께의 조절을 통하여 광의 흡수 파장 대역이 제어된다.
- [0021] 상기 금속층의 두께의 조절을 통하여 광터널링에 의해 광의 흡수율이 제어되어, 넓은(가시광 및 적외선) 파장대역의 광을 흡수할 수 있다.
- [0022] 상기 광학 패턴은 상기 금속층 상에 형성되는 제2 절연층을 더 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 제2 절연층은 상기 제1 절연층과 동일한 물질로 형성될 수 있다.
- [0024] 상기 희생 패턴은 격자 구조일 수 있다.

- [0025] 상기 기판은 가시광 및 적외선 파장 대역의 빛을 투과시킬 수 있다.
- [0026] 상기 금속층의 두께는 5nm 내지 300nm일 수 있다.
- [0027] 상기 기판은 유리(glass), 사파이어(sapphire), 석영(quartz) 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 하프늄 산화물(HfO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 알루미늄 질화물(SiN) 및 실리콘 질화물(Si_3N_4) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 제1 절연층 또는 제2 절연층은 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 하프늄 산화물(HfO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 알루미늄 질화물(SiN) 및 실리콘 질화물(Si_3N_4) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0029] 상기 금속층은 텅스텐(W), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 백금(Pt) 및 금(Au) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0030] 상기 광학 소자는 가시광 또는 적외선 파장 대역의 광을 흡수하여 특정 파장대역의 광을 방출할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 기판 상에 돌출 패턴을 갖는 희생층 패턴을 형성하는 단계; 상기 희생층 패턴 상에 제1 절연층을 형성하는 단계; 열처리 공정으로 상기 희생층 패턴을 제거하여 공극 패턴을 형성하는 단계; 및 상기 제1 절연층 상에 금속층을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 금속층의 두께의 조절을 통하여 광의 흡수 파장 대역이 제어된다.
- [0032] 상기 열처리 공정은 500K 내지 1300K의 온도에서 진행될 수 있다.
- [0033] 상기 제1 절연층 상에 금속층을 형성하는 단계는, 상기 금속막 상에 제2 절연층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0035] 본 발명의 실시예에 따르면 넓은(가시광 및 적외선) 파장대역의 광을 흡수할 수 있는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 실시예에 따르면 금속층의 두께를 조절하여 선택적으로 광의 흡수 파장 대역을 제어할 수 있는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공할 수 있다.
- [0037] 본 발명의 실시예에 따르면 복사효율 향상을 위한 패턴 형성을 위해 식각 공정을 이용하지 않는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 실시예에 따르면 금속층 내부와 외부에 절연층을 도입하여 금속의 산화를 방지하고, 동작 온도 변화에 따른 열적 스트레스를 최소화하는 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 실시예에 따르면 투명한 유전체 기판을 사용하여 양면 흡수가 가능하여 복사 효율이 향상된 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0041] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 도시한 입체도이다.
- 도 2a 내지 도 2d는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법을 도시한 입체도이다.
- 도 4a 및 도 4b는 도 1a에 도시된 바와 같이, 희생 패턴이 형성된 기판의 전자주사현미경(SEM) 이미지를 도시한 것이다.
- 도 4c 및 도 4d는 도 1c에 도시된 바와 같이, 공극 패턴 및 제1 절연층이 형성된 기판의 전자주사현미경(SEM) 이미지를 도시한 것이다.
- 도 4e 및 도 4f를 참조하면, 제1 절연층 상에 금속층이 형성되어 금속층의 두께만큼 오픈 영역이 줄어들고

(570nm), 제1 절연층/금속층 내에 공극 패턴이 잘 형성된 것을 알 수 있다.

도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 파장(Wavelength)에 따른 흡수율/복사율(Absorptivity/Emissivity)을 도시한 그래프이다.

도 6a는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 파장(Wavelength)에 따른 반사율(Reflectance)을 도시한 그래프이고, 도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 흡수 분포를 도시한 유한차분 시간영역(FDTD; Finite Difference Time Domain) 전자기학 시뮬레이션 이미지이다.

도 7a 및 도 7b는 금속층 상에 제2 절연층이 형성된 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 파장에 따른 흡수율/복사율을 도시한 그래프이다.

도 8는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 후면 흡수 측정(Backward Absorption Measurements) 결과를 도시한 그래프이다.

도 9a는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 고온 내성 특성(Heating Test)을 검증하기 위한 히터(Heater) 장치이고, 도 9b는 도 9a에서 도시된 장치를 이용하여 측정된 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 고온 내성 특성 결과를 도시한 그래프이다.

도 9c는 열처리 전의 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 도시한 전자주사현미경(SEM) 이미지이고, 도 9d는 열처리 후의 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 도시한 전자주사현미경(SEM) 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0042] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0043] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0044] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.
- [0045] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0046] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0047] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0049] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 도시한 입체도이다.
- [0050] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자(100)는 기판(110) 상에 형성되는 광학 패턴(P)을 포함하고, 광학 패턴(P)은 광학 패턴(P)의 내부에 형성되는 공극 패턴(120), 기판(110) 상에 형성되고, 공극 패턴(120)을 둘러싸는 제1 절연층(130) 및 제1 절연층(130) 상에 형성되는 금속층(140)을 포함하고, 금속층(140)의 두께의 조절을 통하여 광의 흡수 파장 대역이 제어된다.
- [0051] 금속층(140)의 두께의 조절을 통하여 광터널링에 의해 광의 흡수율이 제어되어, 가시광 및 적외선 파장대역의 광을 흡수할 수 있다.
- [0052] 광터널링은 금속층(140)의 두께만큼 빛이 투과하여 빛이 이동하는 것을 의미하고, 금속층(140)의 두께가 얇아지면 짧은 경로를 통해 보다 쉽게 빛이 투과할 수 있어, 빛의 투과하는 동안 광의 흡수가 증가하게 된다. 광터

널링은 주어진 금속층(140)의 두께에 대해 입사하는 빛의 파장이 길어질수록 보다 활발하게 일어난다.

- [0053] 따라서, 금속층(140)의 두께가 얇아지면 광터널링에 의해 금속층(140) 표면에서의 반사가 감소하게 되고, 광흡수가 매질 전체를 관통하여 고르게 나타나므로, 특히, 장파장 영역에서의 광흡수가 증가하게 된다.
- [0054] 반면에, 금속층(140)의 두께가 두꺼워지면 금속층(140)에서의 반사가 증가하여, 광흡수 및 투과도가 감소하고 반사율이 증가하게 된다.
- [0055] 보다 구체적으로, 금속층(140)의 두께가 얇아지면(금속 고유의 표피 깊이(skin depth) 이하라면) 장파장 대역의 빛이 금속층(140) 내부로 잘 흡수하여 장파장 대역의 복사 효율이 증대되고, 금속층(140)의 두께가 두꺼워지면 금속층(140) 사이에 빛이 거울 효과에 의해 가두어지는 현상(빛의 공명)에 의해 상대적으로 단파장 영역의 복사 효율이 증대될 수 있다.
- [0056] 광학 소자(100)는 가시광에서 적외선에 이르는 파장 대역의 광을 흡수하여 특정 파장대역의 광을 복사방출할 수 있다.
- [0057] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자는 내부에 공극 패턴(120)을 포함하고, 고온 내성을 갖는 물질인 금속층(140) 사용함으로써, 온도 변화에 따른 구조 변형이 최소화될 수 있다.
- [0058] 금속층(140)의 두께는 5nm 내지 300nm일 수 있고, 금속층(140)의 두께가 5nm 미만이면 금속 고유의 굴절률 특성을 보존하지 못하는 문제가 있고, 300nm를 초과하면 금속층(140)의 두께가 너무 두꺼워져 금속층(140) 사이의 너비가 지나치게 줄어들어 복사효율이 감소하는 문제가 있다.
- [0059] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 내부에 공극 패턴(120)을 포함하기 때문에, 얇은 금속층(140)으로도 복사 효율을 향상시킬 수 있기 때문에 최소량의 금속을 이용함으로써, 공정 비용을 감소시킬 수 있다.
- [0060] 공극 패턴(120)의 오픈 영역(0)의 너비에 따라 복사효율이 감소하기 시작하는 파장(λ_c , cut-off 파장)이 결정되고, 빛의 정상파 형성 조건에 따라 λ_c 가 2D 이상이 되면 복사효율이 점차 감소될 수 있다.
- [0061] 오픈 영역(0)은 기관(110) 상에 공극 패턴(120)이 형성되지 않은 부분을 의미한다.
- [0062] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 광학 패턴(P)의 공극 패턴의 밀도(단위 면적 당 공극 패턴의 개수)가 증가할수록 광흡수가 증가될 수 있다.
- [0063] 따라서, 광학 패턴(P)의 주기 및 오픈 영역(0)의 크기는 원하는 복사 파장 대역에 따라 조절될 수 있다.
- [0064] 광학 패턴(P)은 공극 패턴(120)에 대응하는 형상을 가질 수 있고, 광학 패턴(P)은 원형 기둥 형상, 다각형 기둥 형상 또는 스트라이프와 같은 다양한 형상을 가질 수 있으나, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 복사효율을 증가시키기 위해 광학 패턴(P)은 격자 구조로 형성될 수 있다.
- [0065] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 광학 패턴(P)을 격자 구조로 형성함으로써, 공극 패턴의 밀도(단위 면적 당 공극 패턴의 개수)가 증가하여, 광흡수가 향상될 수 있다.
- [0066] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 적외선 광원 또는 가시광선 광원을 이용한 센서에 사용될 수 있고, 무인항공기, 우주선, 신재생 에너지 응용 될 수 있는 열광전발전의 열방사체로 사용될 수 있다.
- [0067] 이하에서는, 도 2a 내지 도 2d를 참고하여, 도 1에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자에 대해 상세히 설명하기로 한다.
- [0069] 도 2a 내지 도 2d는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법을 도시한 입체도이다.
- [0070] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 기관(110) 상에 돌출 패턴을 갖는 희생층 패턴(150)을 형성하는 단계, 희생층 패턴(150) 상에 제1 절연층(130)을 형성하는 단계, 열처리 공정으로 희생층 패턴(150)을 제거하여 공극 패턴(120)을 형성하는 단계 및 제1 절연층(130) 상에 금속층(140)을 형성하는 단계를 포함하고, 금속층(140)의 두께의 조절을 통하여 광의 흡수 파장 대역이 제어된다.
- [0071] 도 2a는 희생 패턴이 형성된 기관을 도시한 단면도이다.

- [0072] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 기판(110) 상에는 희생 패턴(150)이 형성된다.
- [0073] 기판(110)은 가시광 및 적외선 파장 대역의 빛을 투과시킬 수 있고, 기판(110)이 가시광 및 적외선 파장 대역 (약 0.4 마이크로미터 내지 3.0 마이크로미터의 파장)의 빛에 투과 특성을 가짐으로써, 기판(110)의 전면뿐만 아니라 후 면에서도 복사 방출이 일어날 수 있다.
- [0074] 기판(110)은 유리(glass), 사파이어(sapphire), 석영(quartz), 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 하프늄 산화물(HfO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 알루미늄 질화물(SiN) 및 실리콘 질화물(Si_3N_4) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0075] 또한, 기판(110)은 투명한 플라스틱 기판이 사용될 수 있고, 투명한 플라스틱 기판은 폴리에틸렌(PE), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 트리아세틸셀룰로스(TAC), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에테르술폰(PES), 나일론(Nylon), 폴리테트라플로루오로에틸렌(PTFE), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리카보네이트(PC), 및 폴리아릴레이트(PAR) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0076] 바람직하게는, 기판(110)으로 사파이어 또는 투명한 유전체 물질인 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 하프늄 산화물(HfO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 알루미늄 질화물(SiN) 및 실리콘 질화물(Si_3N_4) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0077] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 기판(110)으로 투명한 유전체 물질을 사용하여 기판(110) 상면뿐만 아니라 하면을 통한 복사 방출이 가능하기 때문에 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 전체 복사효율 향상시킬 수 있다.
- [0078] 실시예에 따라, 기판(110)은 공정 효율 개선 및 투명 특성을 강화하기 위해 플라즈마, 이온빔, 코로나, 산화 또는 환원, 열, 에칭, 자외선(UV) 조사 또는 프라이머(primer) 처리와 같은 전처리 공정이 진행될 수 있다.
- [0079] 희생 패턴(150)은 포토리소그래피, EUV 리소그래피, 나노임프린트, 레이저 간섭현상 리소그래피, 나노스피어 리소그래피 및 스캐닝 프로브 리소그래피법 중 적어도 어느 하나의 방법에 의해 기판(110) 상에 형성될 수 있다.
- [0080] 바람직하게, 기판(110) 상에 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition; CVD), 스퍼터링(sputtering), 진공 증착법, 스핀 코팅(spin coating), 딥핑(dipping) 방법 또는 e-beam 증착 방법과 같은 방법으로 희생층 형성 물질을 형성한 다음, 마스크를 이용한 포토 공정을 이용하여 돌출 패턴을 갖는 희생층 패턴(150)을 형성할 수 있다.
- [0081] 또는, 기판(110) 상에 화학 기상 증착법(CVD), 스퍼터링(sputtering), 진공증착법, 스핀 코팅(spin coating), 딥핑(dipping) 방법 또는 e-beam 증착 방법과 같은 방법으로 희생층 형성 물질을 형성한 다음, 패턴이 형성된 몰드(또는 스탬프)를 이용하여 가압한 다음, 열처리 또는 자외선 처리를 진행하여 돌출 패턴을 갖는 희생층 패턴(150)을 형성할 수 있다.
- [0082] 희생층 패턴(150)은 추후 공정에서 제거 되어 공극 패턴을 형성하기 때문에, 공극 패턴과 대응하는 패턴 형상을 가질 수 있다.
- [0083] 희생층 패턴(150)은 원형 기둥 형상, 다각형 기둥 형상 또는 스트라이프와 같은 다양한 형상을 가질 수 있으나, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 복사 효율을 증가시키기 위해 희생 패턴(150)은 격자 구조로 형성될 수 있다.
- [0084] 희생층 패턴(150)은 추후 공정(열처리 또는 식각)에서 선택적으로 제거될 수 있는 물질로 이루어질 수 있고, 희생층 패턴(150)은 폴리메타크릴레이트(Polymethyl methacrylate, PMMA), 폴리카보네이트(Polycarbonate, PC), 폴리에틸렌나프탈레이트(Polyethylene naphthalate, PEN), 폴리비닐알콜(Polyvinyl alcohol, PVA), 폴리에틸렌테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate, PET), 폴리염화비닐(Polyvinylchloride, PVC), 폴리부틸메타크릴레이트(Poly(butylmethacrylate, PBMA), 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane, PDMS) 및 m-폴리디메틸실록산(m-Polydimethylsiloxane, m-PDMS) 중 적어도 어느 하나의 물질을 포함할 수 있다.
- [0086] 도 2b는 희생 패턴이 형성된 기판 상에 제1 절연층이 형성된 입체도이다.

- [0087] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 희생층 패턴(150) 상에 제1 절연층(130)이 형성된다.
- [0088] 실시예에 따라, 제1 절연층(130)을 기판(110)과 동일한 물질로 형성하여 일체화되도록 형성할 수 있다.
- [0089] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 제1 절연층(130)을 형성함으로써, 희생 패턴(150)은 기판(110) 및 제1 절연층(130) 사이에(내부에) 포위될 수 있다.
- [0090] 제1 절연층(130)은 5nm 내지 300nm의 두께로 형성될 수 있고, 제1 절연층(130)의 두께가 5nm 미만이면 제1 절연층(130)이 너무 얇아져 희생 패턴(150)을 구성하는 물질(예; 유기물)이 기화되어 빠져나올 때, 추후 형성되는 공극 패턴(120)이 무너지는 문제가 있고, 300nm를 초과하면 두꺼운 제1 절연층(130)에 의해 희생 패턴(150)을 구성하는 물질(예; 유기물)이 기화되더라도 내부의 희생 패턴(150)을 구성하는 물질(예; 유기물)이 열처리 과정에서 빠져 나오지 못하여 공극 형성이 불가능하다.
- [0091] 제1 절연층(130)은 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 하프늄 산화물(HfO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 알루미늄 질화물(SiN) 및 실리콘 질화물(Si_3N_4) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0092] 제1 절연층(130)은 ALD, 플라즈마 화학기상증착(plasma-enhanced chemical vapor deposition; PECVD), E-beam 열증착(E-beam evaporation), 원자층증착(atomic layer deposition; ALD), 스퍼터링(sputtering), 열증착(thermal evaporation), 전자빔 증착(e-beam evaporation), 분자빔 증착(molecular beam epitaxy; MBE), 펄스 레이저증착(pulsed laser deposition; PLD), 화학기상증착(chemical vapour deposition; CVD) 및 스퍼터링(sputtering) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.
- [0094] 도 2c는 열처리 공정으로 희생층 패턴을 제거하여 공극 패턴이 형성된 입체도이다.
- [0095] 도 2d는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 열처리 공정을 진행하여 희생층 패턴(150)만 선택적으로 제거함으로써, 기판(110) 및 제1 절연층(130) 사이에 형성되는 공극 패턴(120)이 형성된다.
- [0096] 열처리 공정은 희생 패턴(150) 물질이 열분해될 수 있는 온도로 일정 시간 동안 가열하면 희생 패턴(150) 물질의 산화 과정을 통해 열분해될 수 있다.
- [0097] 열처리 공정은 500K 내지 1300K의 온도(약 200도 내지 약 1000도)에서 진행될 수 있고, 열처리 공정의 온도가 500K미만이면 희생 패턴(150)을 구성하는 물질(예; 유기물)이 기화되지 못하는 문제가 있고, 1300K를 초과하면 희생 패턴(150)을 구성하는 물질(예; 유기물)이 지나치게 빨리 기화되어 공극 패턴이 파괴되는 문제가 있다.
- [0098] 일반적으로, 유기물은 200도 이상에서 산화에 의한 기화가 시작되고, 열처리 온도가 지나치게 높으면 내부의 유기물이 기화되어 빠져 나오다가 이를 둘러싸고 있는 제1 절연층(130)을 파괴할 수 있다.
- [0099] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 열처리 공정을 이용하여 희생층 패턴(150)을 제거함으로써, 식각 공정을 배제하여, 식각 공정에 따른 공정 비용을 감소시킬 수 있다.
- [0100] 또한, 실시예에 따라, 희생층 패턴 (150)은 열처리 공정 대신 식각 공정에 의해 제거될 수 있고, 식각 공정으로 고선택성 플라즈마 식각, 습식 식각, 건식 식각 또는 애싱이 사용될 수 있다. 예를 들면, 희생층 패턴(150)은 산소 가스(O_2)에 의해 분해되는 건식 식각이나, 식각액(또는 용해액)에 의해 분해 또는 용해되는 습식 식각을 이용하여 제거될 수 있다.
- [0101] 식각액으로는 디클로로메탄(dichloromethane) 또는 클로로포름(chloroform)과 같은 유기 용제 또는 피라나 클리너(piranha cleaner)를 포함할 수 있다.
- [0102] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 식각 공정을 이용하여 희생층 패턴(150)을 제거함으로써, 고정밀도를 갖는 공극 패턴(120)을 형성할 수 있다.
- [0103] 공극 패턴(120)은 임의의 방향에 대해 굴절률이 바뀌는 양상으로 형성될 수 있다.
- [0104] 또한, 공극 패턴(120)은 희생층 패턴(150)에 대응하는 형상을 가질 수 있고, 공극 패턴(120)은 원형 기둥 형상, 다각형 기둥 형상 또는 스트라이프와 같은 다양한 형상을 가질 수 있으나, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴

을 포함하는 광학 소자의 복사 효율을 증가시키기 위해 공극 패턴 (150)은 격자 구조로 형성될 수 있다.

- [0106] 도 2e는 제1 절연층 상에 형성된 금속층을 도시한 입체도이다.
- [0107] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 제1 절연층(130) 상에 금속층(140)을 형성하여 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자를 제조한다.
- [0108] 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 금속층(140)의 두께를 조절하여 선택적으로 광의 흡수 파장 대역을 제어할 수 있다.
- [0109] 금속층(140)의 두께가 얇아지면 광터널링에 의해 금속층(140) 표면에서의 반사가 감소하게 되고, 광흡수가 매질 전체를 관통하여 고르게 나타나므로, 광흡수가 증가하게 된다.
- [0110] 반면에 금속층(140)의 두께가 두꺼워지면 금속층(140)에서의 반사가 증가하여, 광흡수 및 투과도가 감소하게 된다.
- [0111] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자는 공극 패턴(120) 및 금속층(140)에 의해 넓은 파장대역의 광을 흡수할 수 있다.
- [0112] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자는 공극 패턴(120) 및 금속층(140)에 의해 필요로 하는 파장 대역에서는 흑체와 같은 광흡수를 나타내고, 나머지 파장 대역에서는 흡수가 없는 투명 특성을 가질 수 있어 파장 선택성이 향상될 수 있다.
- [0113] 금속층(140)의 두께는 5nm 내지 300nm일 수 있고, 금속층(140)의 두께가 5nm 미만이면 금속 고유의 굴절률 특성을 보존할 수 없는 문제가 있고, 300nm를 초과하면 금속층(140)의 두께가 너무 두꺼워져, 금속층(140) 사이의 너비가 지나치게 줄어들어 복사효율이 감소하는 문제가 있다.
- [0114] 광학 소자(100)는 가시광에서 적외선에 이르는 파장 대역의 광을 흡수하여 특정 파장대역의 광을 방출할 수 있다.
- [0115] 금속층(140)은 고온 내성을 갖는 물질이 사용될 수 있고, 바람직하게 금속층(140)은 텅스텐(W), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 백금(Pt) 및 금(Au) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0116] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자는 내부에 공극 패턴(120)을 포함하고, 고온 내성을 갖는 물질인 금속층(140)을 사용함으로써, 온도 변화에 따른 구조 변형이 최소화될 수 있다.
- [0117] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 내부에 공극 패턴(120)을 포함하기 때문에, 얇은 금속층(140)으로도 복사 효율을 향상시킬 수 있기 때문에 최소량의 금속을 이용함으로써, 공정 비용을 감소시킬 수 있다.
- [0118] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴(120)을 포함하는 광학 소자의 제조 방법은 금속층(140) 상에 제2 절연층(미도시)을 더 포함할 수 있다.
- [0119] 제2 절연층(미도시)은 금속층(140) 상에 형성되어, 금속층(140)이 산화되는 것을 방지 및 보호할 수 있다.
- [0120] 또한, 제2 절연층(미도시)은 무반사(antireflection) 효과에 의해 금속층(140)의 두께에 상관없이 전체 파장 대역에 걸쳐 흡수 효율이 향상시킬 수 있다.
- [0121] 보다 구체적으로, 금속층(140) 상에 공기보다 굴절률이 높은 제2 절연층(미도시)을 형성하면, 금속층(140) 표면에서의 반사가 추가적으로 감소하여 금속층(140) 내부의 광흡수 증가로 이어져 복사 효율을 증대시킬 수 있다.
- [0122] 제2 절연층(미도시)은 제1 절연층(130)과 동일한 물질이 사용될 수 있고, 동작 온도 변화에 따라 금속층에 가해지는 열적 스트레스를 최소화할 수 있다. 제2 절연층(미도시)으로 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 하프늄 산화물(HfO_2), 티타늄 산화물(TiO_2), 실리콘 산화물(SiO_2), 알루미늄 질화물(SiN) 및 실리콘 질화물(Si_3N_4) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0123] 제2 절연층(미도시)을 제1 절연층(130)과 동일한 물질로 형성함으로써, 온도 증감 시, 제1 절연층(130)과 제2 절연층(미도시) 사이에 형성된 금속층(140)에 가해지는 열적 스트레스를 완화시킬 수 있다.
- [0124] 제2 절연층(미도시)은 ALD, 플라즈마 화학기상증착(plasma-enhanced chemical vapor deposition; PECVD), E-

beam 열증착(E-beam evaporation), 원자층증착(atomic layer deposition; ALD), 스퍼터링(sputtering), 열증착(thermal evaporation), 전자빔 증착(e-beam evaporation), 분자빔 증착(molecular beam epitaxy; MBE), 펄스 레이저증착(pulsed laser deposition; PLD), 화학기상증착(chemical vapour deposition; CVD) 및 스퍼터링(sputtering) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 형성될 수 있다.

- [0126] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 포함하는 열광전발전의 모식도를 도시한 것이다.
- [0127] 열광전발전(Thermophotovoltaic/TPV power generation)은 고온으로 가열된 금속에서 방출되는 복사광을 적외선 광기전 소자(Photovoltaic devices)가 흡수하여 전기로 변환하는 발전 방식으로 최근 무인항공기, 우주선 등의 동력 전원으로 각광을 받고 있다.
- [0128] 열광전발전은 연소기(Burner; 200), 방사체(Selective Emitter; 100), 광학 필터(Optical filter; 300) 및 광기전 셀(Photovoltaic Cells; 400)를 포함하고, 방사체(100)로 도 1에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자가 사용될 수 있다.
- [0129] 연소기(200)는 연소 열원을 이용한 열광전발전에서 열에너지를 생성할 수 있다.
- [0130] 방사체(100)는 연소기에서 생성된 열에너지를 복사에너지로 변환시키고, 방사체(100)에서 이루어지는 열에서 복사에너지로의 변환은 물질의 고온 복사와 관련되고, 방사되는 빛의 파장별 에너지는 Plank의 법칙으로, 최대 에너지를 방출하는 파장은 Wien의 법칙으로 기술될 수 있다.
- [0131] 일반적인 화석연료의 공기 연소에 의해 도달 가능한 2000 이하에서는 주로 적외선 영역 복사 에너지가 방출되고, 이는 일반적인 금속이나 세라믹이 고온에서 빨간색을 띄는 것과 같은 원리이다.
- [0132] 열광전발전에서는 방사체(100)에서 방사되는 복사에너지의 파장과 광전소자의 밴드갭(bandgap) 파장을 매칭시키는 것이 반드시 필요하기에 주어진 광기전 셀(400)의 밴드갭 파장에 적합한 복사에너지를 방사하는 방사체가 필요하다.
- [0133] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 공극 패턴을 포함하고, 공극 패턴 상에 형성되는 금속층의 두께의 조절을 통하여 광의 흡수 파장 대역이 제어할 수 있기 때문에, 손쉽게 방사체(100)에서 방사되는 복사에너지의 파장과 광기전 셀의 밴드갭(bandgap) 파장을 매칭시킬 수 있다.
- [0134] 또한, 열광전 발전은 높은 효율을 달성하기 위해서는 방사체(100)를 고온화 할 수 있는 기술이 필요하다. 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 내부에 공극 패턴을 포함하고, 고온 내성을 갖는 금속층을 사용함으로써, 온도 변화에 따른 구조 변형을 최소화시킬 수 있다. 또한, 금속층 상에 제2 절연층을 형성하여, 고온에서 금속층이 산화되는 것을 방지할 수 있다.
- [0135] 광학 필터(300)는 선택적으로 광기전 셀(400)에 적합한 밴드갭 파장을 갖는 빛을 선택적으로 투과시키고, 나머지 빛은 반사시킬 수 있다.
- [0136] 바람직하게, 광학 필터(300)는 광기전 셀(400)에 적합한 파장의 복사에너지만 통과시키고, 그 외의 스펙트럼은 반사시킬 수 있고, 광학 필터(300)는 장파장의 적외선을 반사시킬 수 있도록 ITO(Indium-Tin-Oxide)가 코팅된 유리나, 미세 구조물에 의해 선택 파장만을 필터링 할 수 있는 광자 결정(photonic crystal)과 같은 다양한 방법을 통해 구현될 수 있으며, 광기전 셀(400)의 밴드갭을 고려하여 필터링 파장을 결정할 수 있다.
- [0137] 광기전 셀(400)은 방사체에서 생성된 복사에너지를 전기로 변환시키고, 발생된 복사에너지의 크기가 특정 임계값 이상인 경우, 발생된 복사에너지를 전압으로 변환하여 출력할 수 있다.
- [0138] 광기전 셀(400)은 포토 다이오드(photo diode), 포토 센서(Photo sensor) 및 광 전지(photoelectric cell) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0140] 도 4a 및 도 4b는 도 1a에 도시된 바와 같이, 회생 패턴이 형성된 기관의 전자주사현미경(SEM) 이미지를 도시한 것이다.
- [0141] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 기관 상에 900nm의 너비를 가지는 오픈 영역을 포함하고, 1000nm의 피치를 형성되

는 희생 패턴이 잘 형성되는 것을 알 수 있다.

- [0143] 도 4c 및 도 4d는 도 1c에 도시된 바와 같이, 공극 패턴 및 제1 절연층이 형성된 기관의 전자주사현미경(SEM) 이미지를 도시한 것이다.
- [0144] 도 4c 및 도 4d를 참조하면, 희생 패턴 상에 제1 절연층이 형성되어 제1 절연층의 두께만큼 오픈 영역이 줄어들고(800nm), 제1 절연층 내에 공극 패턴이 잘 형성된 것을 알 수 있다.
- [0146] 도 4e 및 도 4f는 도 1d에 도시된 바와 같은, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 전자주사현미경 이미지를 도시한 것이다.
- [0147] 도 4e 및 도 4f를 참조하면, 제1 절연층 상에 금속층이 형성되어 금속층의 두께만큼 오픈 영역이 줄어들고(570nm), 제1 절연층/금속층 내에 공극 패턴이 잘 형성된 것을 알 수 있다.
- [0149] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 파장(Wavelength)에 따른 흡수율/복사율(Absorptivity/Emissivity)을 도시한 그래프이다.
- [0150] 도 5a는 흡수 스펙트럼을 측정한 결과를 도시한 그래프이고, 도 5b는 전자기학 시뮬레이션 결과를 도시한 그래프이다.
- [0151] 도 5a 및 도 5b는 기관으로 사파이어 기관을 사용하였고, 금속층으로 텅스텐(W)을 사용하였으며, 금속층의 두께에 따른 복사 스펙트럼을 측정하였다.
- [0152] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 매우 얇은 금속층을 도입하여도 가시광선 파장 대역에서 적외선 파장 대역(파장 ~2.5 μ m)에 이르기까지 높은 흡수 효율을 나타냈다.
- [0153] 또한, 광의 입사 파장이 길어짐에 따라(파장 ~1.5 μ m 이상) 금속층의 두께가 얇아질수록 광터널링에 의한 흡수 증대 효과로 인해 오히려 광흡수가 증가하는 현상이 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0154] 따라서, 금속층의 두께가 침투 깊이(skin depth)보다 얇아지게 되면, 금속층 표면에서의 반사가 감소하고, 광흡수가 매질 전체를 관통하며 일어나므로, 두꺼운 금속층에 비해 오히려 광흡수가 증가하는 현상이 나타난다.
- [0156] 도 6a는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 파장(Wavelength)에 따른 반사율(Reflectance)을 도시한 그래프이고, 도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 흡수 분포를 도시한 유한차분 시간영역(FDTD; Finite Difference Time Domain) 전자기학 시뮬레이션 이미지이다.
- [0157] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 광터널링 흡수 효과를 증명하기 위해 반사 스펙트럼을 측정하였고, 전자기학 시뮬레이션 기법을 통해 금속층 내부의 흡수 분포를 계산하였다.
- [0158] 도 6b는 색이 진하게 보이는 영역이 빛의 흡수가 강하게 일어나는 부분이다.
- [0159] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 금속층의 두께가 얇아짐에 따라 전체 반사율이 감소하고, 동시에 금속층 내부 전체에 걸쳐 흡수 분포가 고르게 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0161] 도 7a 및 도 7b는 금속층 상에 제2 절연층이 형성된 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 파장에 따른 흡수율/복사율을 도시한 그래프이다.
- [0162] 도 7a는 20nm의 두께의 금속층을 포함하고, 도 7b는 100nm의 두께의 금속층을 포함한다.
- [0163] 도 7a 및 도 7b를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 제2 절연층 코팅에 의한 무반사(antireflection) 효과에 의해 금속층의 두께에 상관없이 전체 파장 대역에 걸쳐 흡수 효율이 향상되는 것을 알 수 있다.

- [0165] 도 8는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 후면 흡수 측정(Backward Absorption Measurements) 결과를 도시한 그래프이다.

[0166] 도 8는 빛이 기관 후면으로 입사할 때의 흡수 스펙트럼을 측정하였으며, 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 투명 유전체 물질을 기관으로 사용함으로써, 전면뿐만 아니라 후면으로도 복사 방출이 가능해지는 것을 알 수 있다.

[0167] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 양면에서 모두 높은 흡수 효율을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0169] 도 9a는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 고온 내성 특성(heating Test)을 검증하기 위한 히터(Heater) 장치이고, 도 9b는 도 9a에서 도시된 장치를 이용하여 측정된 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 고온 내성 특성 결과를 도시한 그래프이다.

[0170] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자의 고온 내성 특성을 검증하기 위해 4×10^{-3} torr의 진공도(degree of vacuum) 및 1100K의 온도의 진공 용기 내에서 1시간 동안 5K/1min의 열처리 속도로 열처리 시험을 진행하였다.

[0171] 도 9c는 열처리 전의 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 도시한 전자주사현미경(SEM) 이미지이고, 도 9d는 열처리 후의 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자를 도시한 전자주사현미경(SEM) 이미지이다.

[0172] 도 9b 내지 도 9d를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 공극 패턴을 포함하는 광학 소자는 열처리 전후 구조의 변형이 발생하지 않았고, 흡수 스펙트럼 또한 거의 열처리 전후 거의 변형이 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

[0174] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

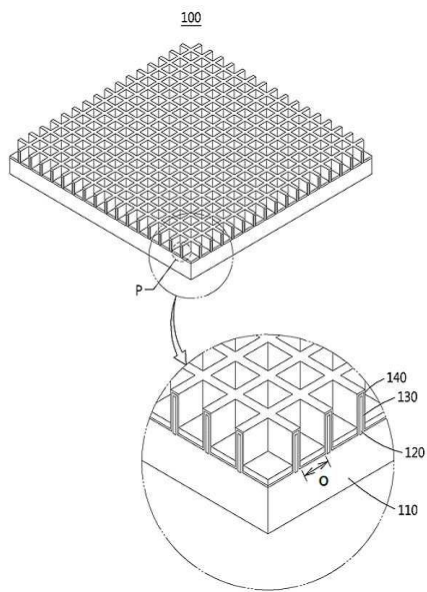
[0175] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

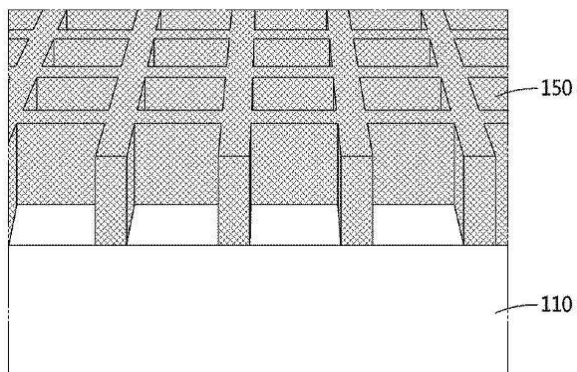
- [0177]
- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| P: 광학 패턴 | 110: 기관 |
| 120: 공극 패턴 | 130: 제1 절연층 |
| 140: 금속층 | 150: 희생 패턴 |
| 100: 광학 소자(or 열광전방전용 버너(Burner)) | |
| 200: 선택적 에미터(selective emittor) | |
| 300: 광학 필터(Optical filter) | 400: 광기전 셀(Photovoltaic cells) |

도면

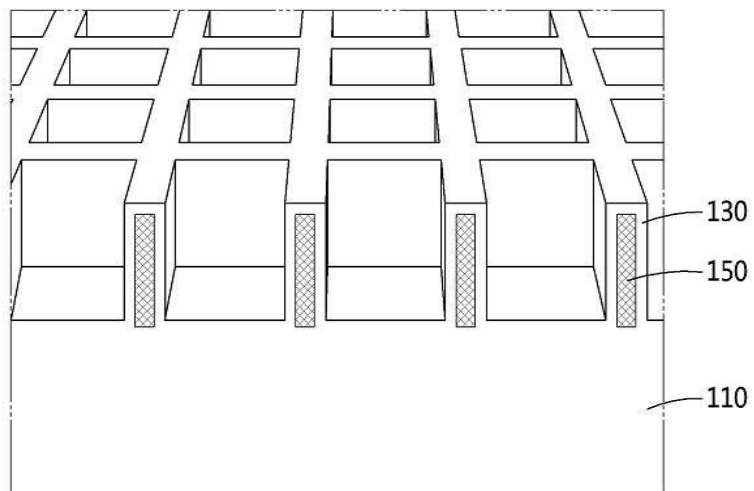
도면1



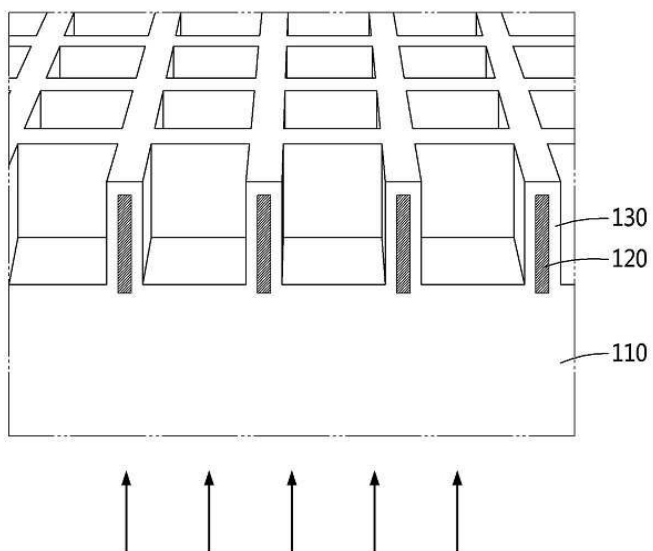
도면2a



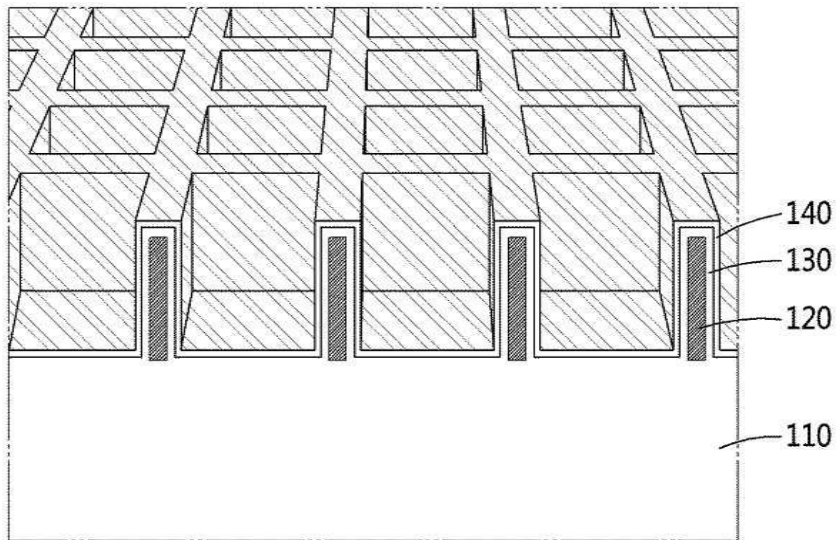
도면2b



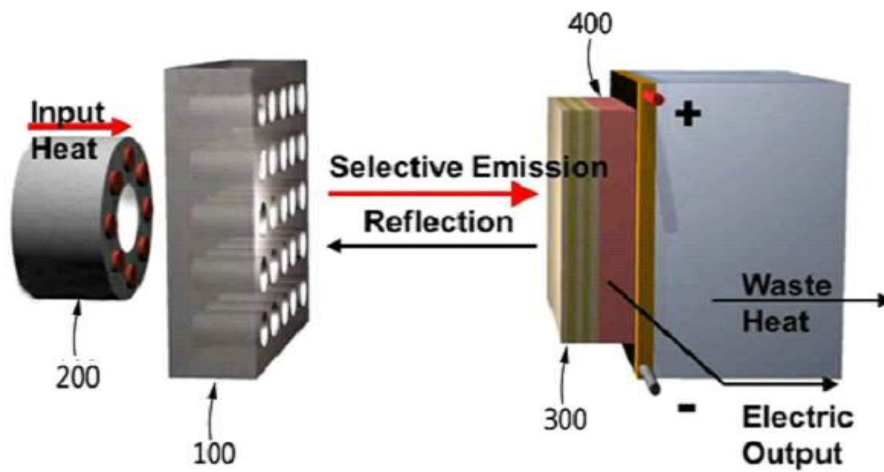
도면2c



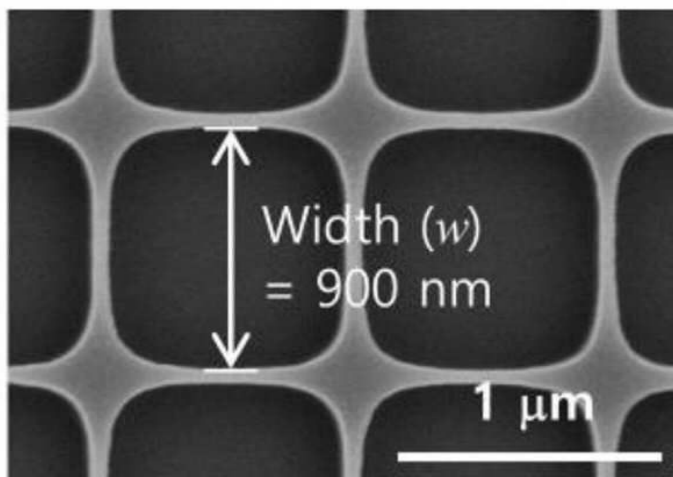
도면2d



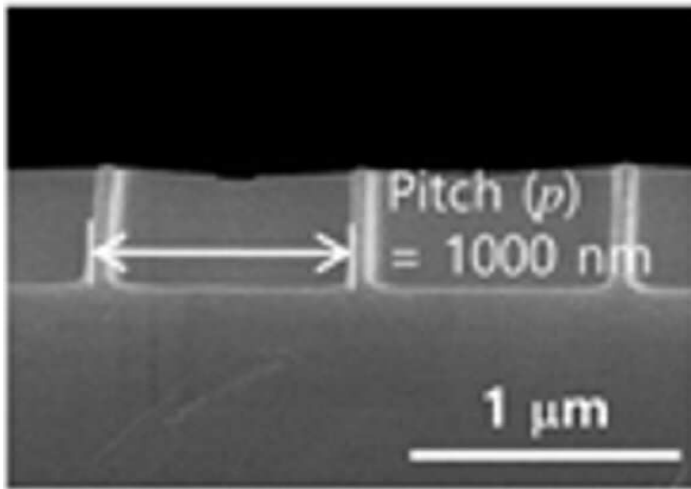
도면3



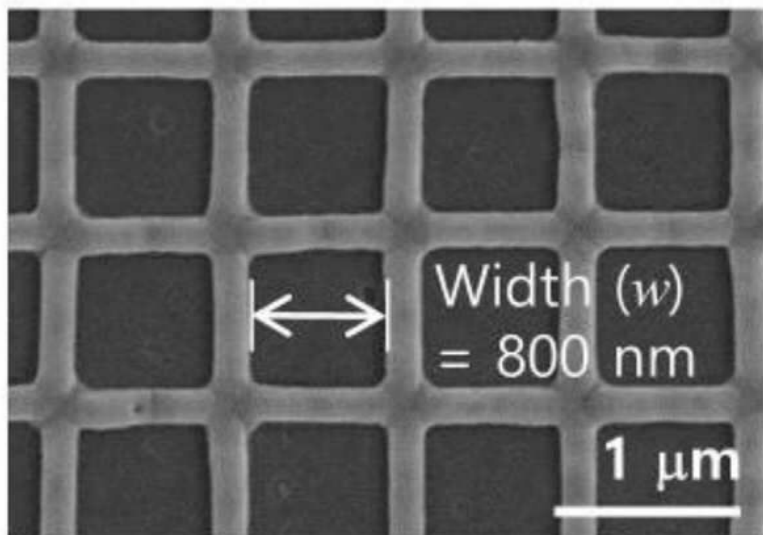
도면4a



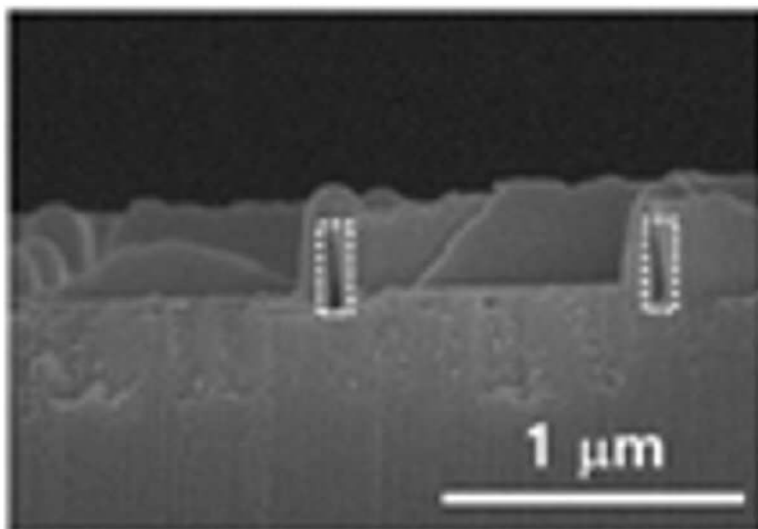
도면4b



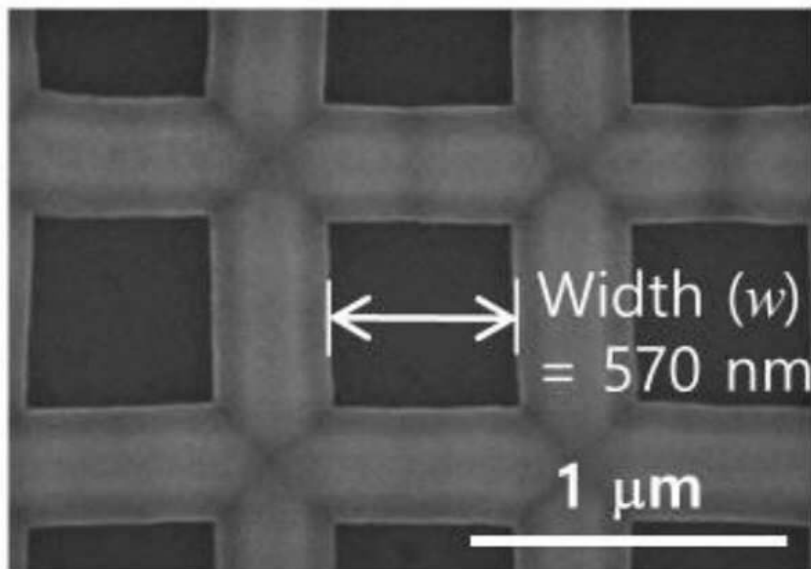
도면4c



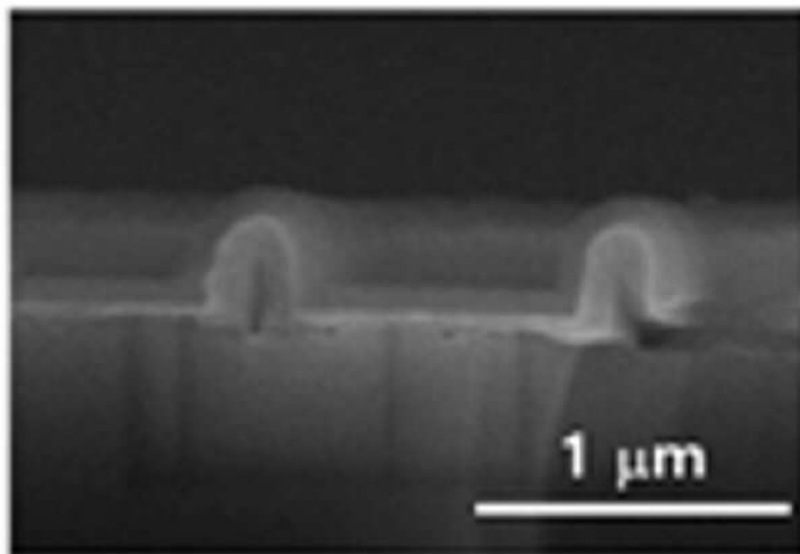
도면4d



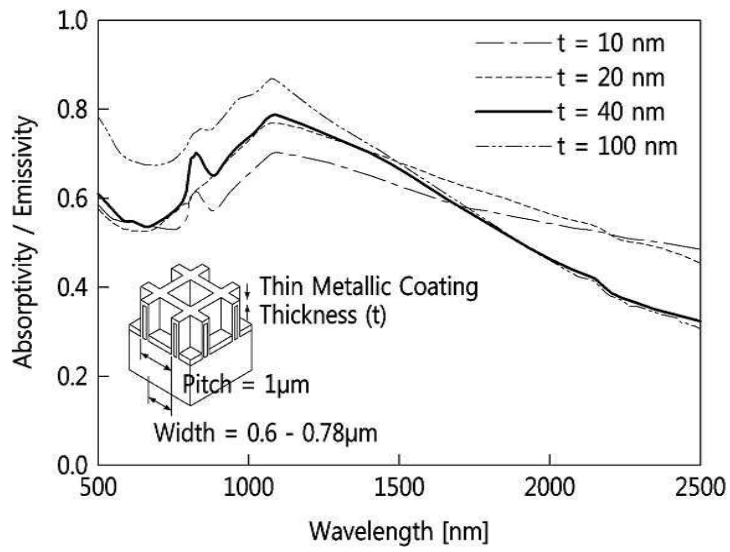
도면4e



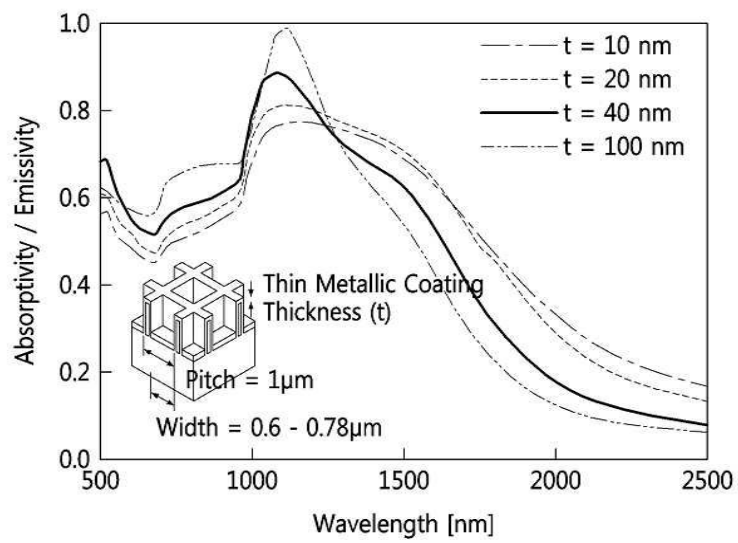
도면4f



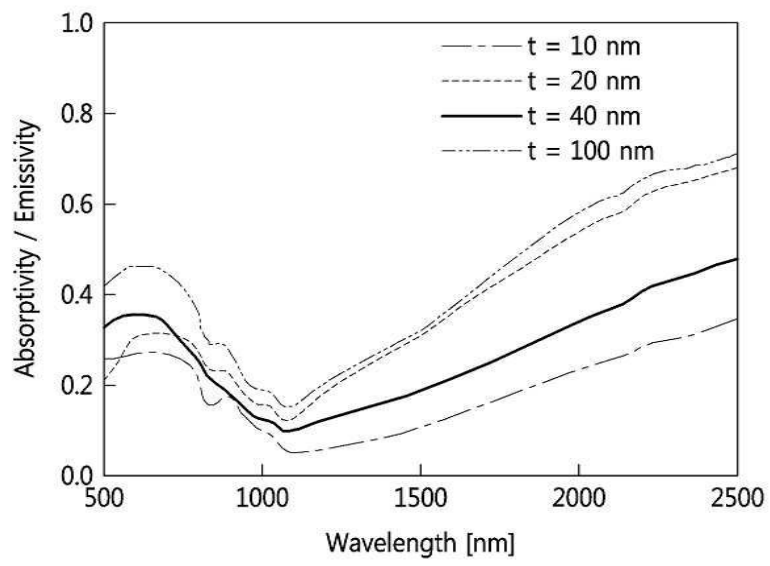
도면5a



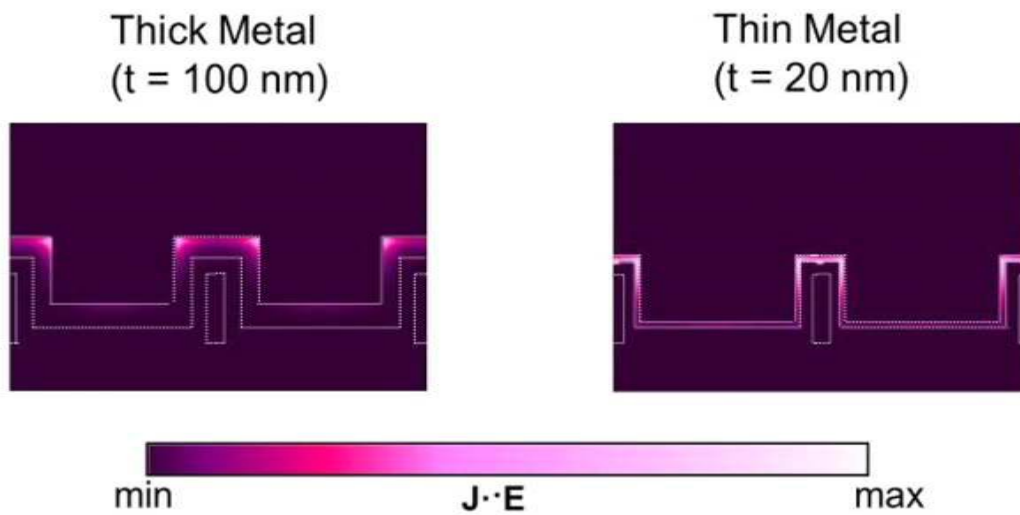
도면5b



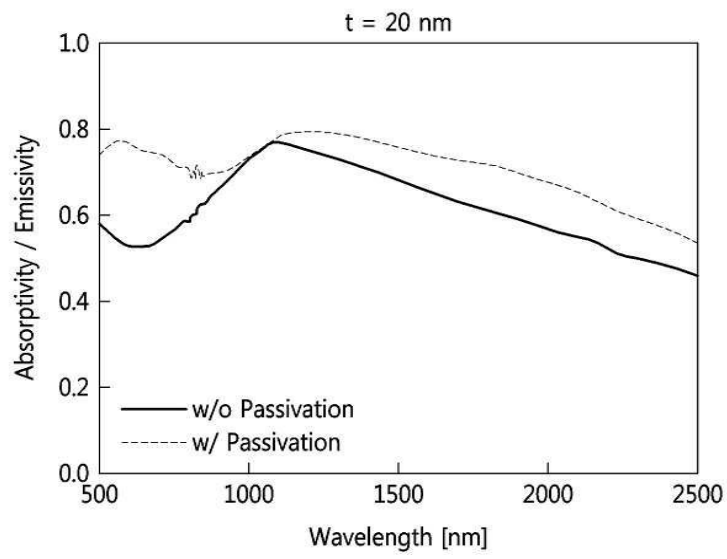
도면6a



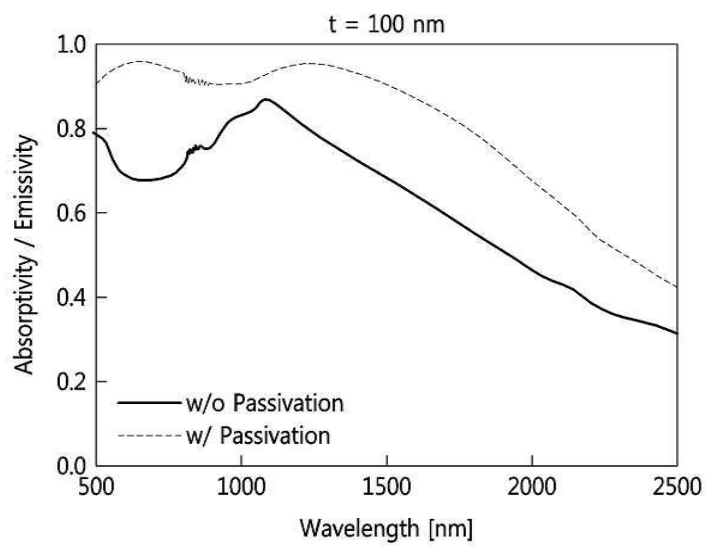
도면6b



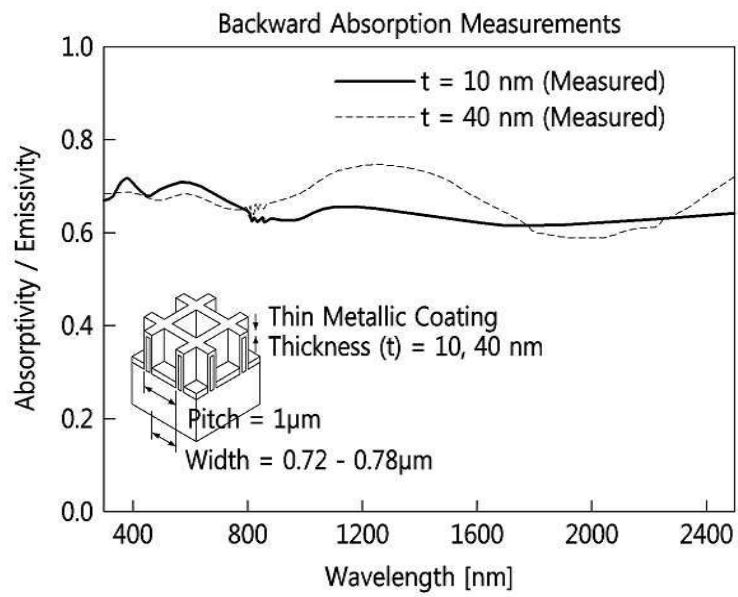
도면7a



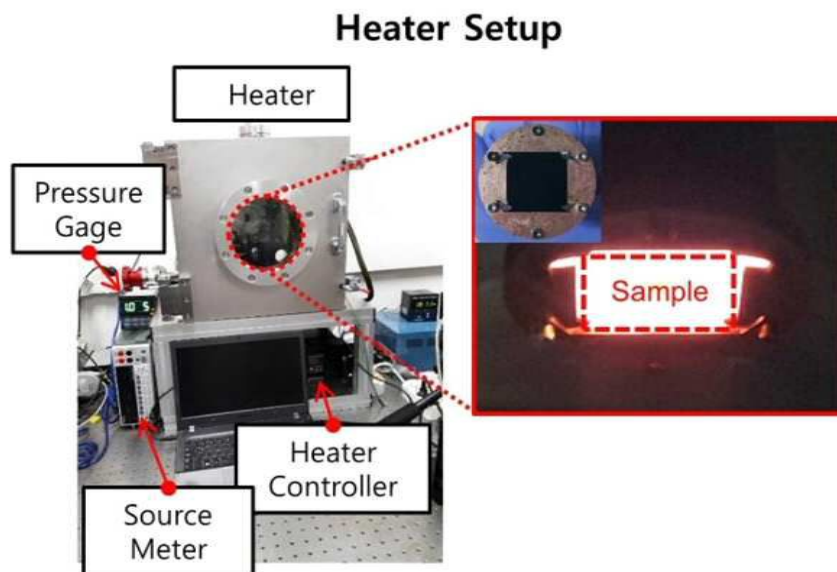
도면7b



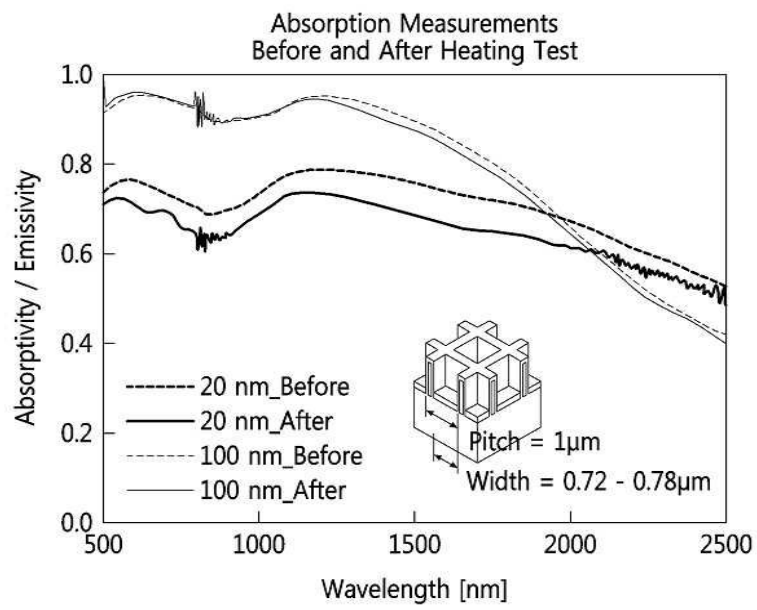
도면8



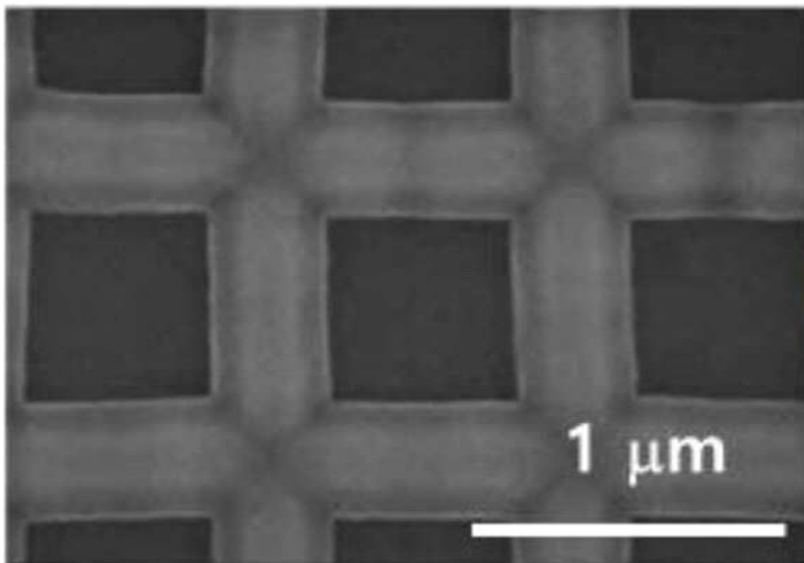
도면9a



도면9b



도면9c



도면9d

