



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0082357
(43) 공개일자 2022년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F25B 23/00 (2022.01) C23C 28/04 (2006.01)
C25D 11/18 (2006.01) C25D 11/24 (2006.01)
F28F 13/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

F25B 23/003 (2013.01)
C23C 28/048 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0172195

(22) 출원일자 2020년12월10일

심사청구일자 2020년12월10일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

포항공과대학교 산학협력단

경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)

(72) 발명자

이현

서울특별시 서초구 동광로 89-5, 105동 602호(방배동, 방배3차이편한세상)

노준석

경상북도 포항시 남구 지곡로 155, 4동 202호(지곡동, 교수아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 13 항

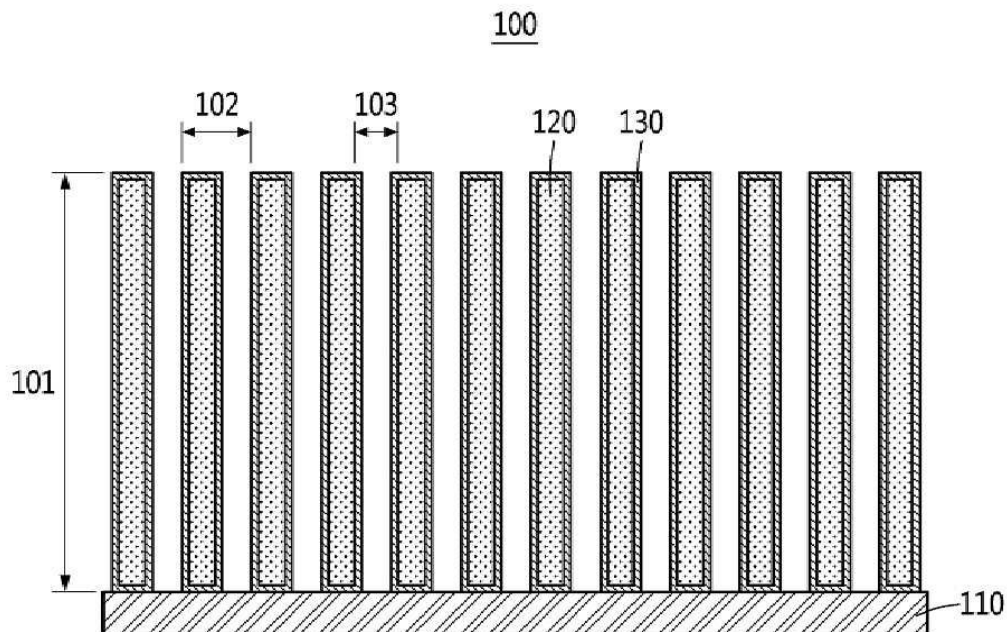
(54) 발명의 명칭 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자

(57) 요약

본 발명은 홀 패턴층을 이용한 복사 냉각 소자에 관한 것으로, 구체적으로, 홀 패턴층 상에 대기의 창(atmospheric window, AW) 구간에서 높은 흡광 계수(extinction coefficient)를 가지는 유전체 물질을 증착 형성하여 대기의 창(atmospheric window, AW) 구간에서 높은 적외선 흡수율과 방사율을 구현하는 기술에 관한 것

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



로, 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각 소자는 복수의 구멍(pore)을 가지고, 상기 복수의 구멍(pore) 간에 주기(period)가 존재하고, 상기 복수의 구멍의 직경(diameter) 및 상기 주기(period)는 유전체 물질(dielectric material)과 공기의 부피율(volume fraction)에 기반하여 형성되는 홀 패턴층을 포함하고, 상기 홀 패턴층에 기반하여 대기의 창(atmospheric window, AW)에 해당되는 파장 범위에서의 적외선을 흡수 및 방사하되, 상기 홀 패턴층의 두께(thickness), 상기 직경(diameter) 및 상기 주기(period) 중 적어도 하나에 기반하여 상기 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율이 제어될 수 있다.

(52) CPC특허분류

C25D 11/18 (2013.01)

C25D 11/24 (2013.01)

F28F 13/18 (2013.01)

(72) 발명자

손수민

서울특별시 성북구 안암로9가길 25, 302호(안암동 4가)

이다솔

경상북도 포항시 남구 청암로 77, 대학원아파트 4동 1005호(지곡동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711105853
과제번호	2018M3D1A1058997
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	미래소재디스커버리사업
연구과제명	ZERC 통합 플랫폼 구축 및 smart ZERC 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.01.16 ~ 2021.01.15

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 구멍(pore)을 가지고, 상기 복수의 구멍(pore) 간에 주기(period)가 존재하고, 상기 복수의 구멍의 직경(diameter) 및 상기 주기(period)는 유전체 물질(dielectric material)과 공기의 부피율(volume fraction)에 기반하여 형성되는 홀 패턴층을 포함하고,

상기 홀 패턴층에 기반하여 대기의 창(atmospheric window, AW)에 해당되는 파장 범위에서의 적외선을 흡수 및 방사하되, 상기 홀 패턴층의 두께(thickness), 상기 직경(diameter) 및 상기 주기(period) 중 적어도 하나에 기반하여 상기 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율이 제어되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 홀 패턴층 상에 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나가 코팅되는 코팅층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 코팅층은 상기 제어된 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율을 증가 시키는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 코팅층의 두께는 상기 증가되는 흡수율 및 방사율과 비례하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 복사 냉각 소자는 상기 적외선과 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 적외선이 0도 내지 50도의 입사각으로 입사될 경우, 0.6 이상의 적외선 방사율 및 흡수율을 갖는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 홀 패턴층은 프리-스탠딩(free-standing)의 다공성 박막 구조를 갖는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 유전체 물질(dielectric material)과 공기의 부피율(volume fraction)은 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)에 따른 산출 값에 기반하여 결정되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 유전체 물질(dielectric material)은 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 부피율(volume fraction)에서 상기 유전체 물질(dielectric material)의 비율이 증가할수록, 상기 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율이 증가되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 공기의 부피는 상기 직경(diameter)에 비례하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)에 따른 산출 값은 상기 제어되는 흡수율 및 방사율과 비례하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 홀 패턴층 아래 금속 물질로 형성된 태양광을 반사하는 반사층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 반사층은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(Cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 니켈(Ni), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 홀 패턴층을 이용한 복사 냉각 소자에 관한 것으로, 구체적으로, 홀 패턴층 상에 대기의 창(atmospheric window, AW) 구간에서 높은 흡광 계수(extinction coefficient)를 가지는 유전체 물질을 증착 형성하여 대기의 창(atmospheric window, AW) 구간에서 높은 적외선 흡수율과 방사율을 구현하는 기술이다.

배경 기술

[0002] 수동형 복사 냉각(Radiative Cooling) 소자는 낮 동안 태양 빛에 해당하는 파장(0.3-2.5 μm)를 반사하고 우주 밖으로 빠져나갈 수 있는 복사열(8-13 μm) 에너지를 방사하여 수동적으로 냉각될 수 있다.

[0003] 한편, 수동형 복사 가열(Radiative Heating) 소자는 낮 동안 태양 빛에 해당하는 파장(0.3-2.5 μm)를 흡수하고 우주 밖으로 빠져나갈 수 있는 복사열(8-13 μm) 에너지는 잘 흡수하지 않아 수동적으로 가열될 수 있다.

[0004] 수동형 냉각 소자의 효율은 소자 자체의 광특성 측정을 통해서 확인 할 수 있다.

[0005] 열 방출을 위해서는 장파장 적외선 영역에서의 높은 흡수율 또는 방사율을 가짐에 따라 우주로 열을 잘 내뿜을 수 있어야 한다.

[0006] 플랑크 분포(Planck distribution)에 의하면 300K의 온도 일 때 파장 6-20 μm 영역에서 최대로 열을 방출할 수 있는 조건을 가지게 된다. 지구의 경우에는 대기의 창(sky window) 영역이 약 8-13 μm 영역이므로, 수동형 냉각 소자의 열 방출 능력을 최대치로 올리기 위해서는 8-13 μm 영역에서의 흡수율 또는 방사율이 최대치가 되어야 한다.

[0007] 대기의 창 파장 범위에서의 적외선 방사가 실질적인 열방출에 의한 복사냉각을 달성하는데 핵심적인 역할을 수행한다. 파장 범위가 자외선-가시광선-근적외선이 입사하는 태양광(태양으로부터 방사되는)을 100% 반사시키고 대기의 창 구간인 8 μm -13 μm 영역대의 장파장 적외선을 외부로 100% 방사시킬 수 있다면, 300K의 주변 온도일 때 158W/m²의 냉각성능이 에너지 소모 없이 구현할 수 있다.

[0008] 태양광의 95% 반사시키고, 8 μm -13 μm 영역의 증적외선을 90% 이상 외부로 방사시키면 주변 온도가 300K 일 때 낮에는 (즉, 태양에 의한 광흡수 존재) 100W/m²의 냉각성능을 그리고 태양에 의한 광흡수가 없는 밤에는 120W/m²의 냉각성능을 구현할 수 있다.

[0009] 수동형 복사냉각 소재로 사용되기 위해서는 입사 태양광인 UV-vis-NIR 파장 범위의 빛에 대하여 높은 투과율을 갖거나 높은 반사율을 갖아 입사 태양광을 흡수하지 않아야 하며, 대기의 창 구간인 8 내지 13 μm 영역대의 장파장 적외선에 대하여 높은 흡수(방사)율을 갖아야 하며, 이외에도 옥외(outdoor) 조건에서 높은 내구성(안정성, 내식성)을 갖아야 하고, 사용되는 물질이 값싸고 풍부하게 존재해야 하며, 값싸고 쉬운 공정으로 대면적에 성형이 가능하여야 한다.

[0010] 폴리머 소재의 경우 일반적으로 장파장 적외선에 대하여 높은 흡수율(방사율)을 갖으나 재료의 특성상 옥외에 방치 시 자외선, 습기 등으로 쉽게 열화되어 수명이 짧은다는 단점이 존재한다.

[0011] 또한, 두꺼운 폴리머 소재는 모든 적외선 파장대에 대해서 높은 방사율을 갖는 브로드밴드 에미터(Broadband emitter) 이기 때문에 대기의 창(sky window)에서 방사율이 높은 선택형 에미터(Selective emitter) 보다 복사 냉각 성능이 떨어진다.

[0012] 무기물 소재 또는 세라믹 소재의 다층박막을 이용하는 경우 대기의 창 전체에서 방사율이 높게 하기 위해서는 적층 수가 많아야 하며 이로 인하여 태양광 흡수율이 높아져 고효율 복사냉각성능을 달성하기에는 어려움이 있다.

[0013] 또한, 은, 알루미늄 등 하부 금속 반사층을 포함하는 복사냉각소자는 은 및 알루미늄의 장기 안정성 문제(산화 문제)와 단가 문제로 인하여 복사냉각을 실생활에 적용하기에 어려움이 있으며 이러한 금속 소재들은 정반사를 주로 하기 때문에 눈의 피로와 빛 번짐을 유발할 수 있다.

[0014] 현재 다양한 복사 냉각 소재가 개발되어 왔으나, 양극 산화 알루미늄(Anodic Aluminum Oxide membrane, AAO)막을 이용한 복사 냉각 소재에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

[0015] 양극 산화 알루미늄(Anodic Aluminum Oxide membrane, AAO)막을 구성하는 Al₂O₃는 다공성 막과 함께 형성되어 있으며, 대기의 창 구간의 일부 영역에서 높은 흡수/방사율을 갖는 것으로 알려져 있다.

[0016] 화학적 공정인 바텀업 공정을 이용해 대면적으로 쉽게 제작이 가능하여 여러 분야에서 사용되고 있지만, 복사

냉각 소자에 사용되기에는 대기의 창 구간의 전체 스펙트럼에서 높은 흡수/방사율을 갖지 못하는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0017] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1537901호, "고방열성 투명 시트 및 그 제조 방법"
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1961585호, "열-복사-반사 코팅 및 그에 부착된 체결 또는 밀봉 요소를 갖는 판유리"
- (특허문헌 0003) 미국등록특허 제9927188호, "METAMATERIALS-ENHANCED PASSIVE RADIATIVE COOLING PANEL"
- (특허문헌 0004) 한국공개특허 제10-2013-0086452호, "다공성 양극 산화알루미늄 막이 구비된 반사 방지 가능한 광학체 및 이의 제조방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명은 대기의 창에 해당하는 파장 범위에서 높은 방사율을 갖도록 홀 패턴층의 주기, 지름 및 두께 중 적어도 하나를 제어함에 따라 홀 패턴층에 기반하여 대기의 창 내 적외선 방사율 및 흡수율을 증가시키는 것을 목적으로 한다.
- [0019] 본 발명은 유효 매질 이론(effective medium theory, EMT)을 이용해 AW 구간에서 적외선에 대한 높은 흡수율 및 방사율을 나타낼 수 있는 최적화된 광학적 특성 (permittivity)를 갖는 코팅층코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0020] 본 발명은 대기의 창에 해당하는 파장 범위에서 높은 방사율을 갖도록 홀 패턴층의 구조 변수와 관련된 주기, 지름 및 두께의 파라미터를 최적화하는 것을 목적으로 한다.
- [0021] 본 발명은 태양빛이 비치는 낮(day time)이나 태양빛이 비치지 않는 밤(night time)에도 에너지 소모없이 주변 온도(ambient temperature)를 냉각 시키는 복사 냉각 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0022] 본 발명은 건축자재, 유리, 자동차 자재, 항공장비, 에너지 절감형 데이터 센터 및 전자기기, 태양전지 등 냉각이 필요한 물질의 외부 표면에 적용되어 에너지 소모 없이 냉각 기능을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0023] 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자는 복수의 구멍(pore)을 가지고, 상기 복수의 구멍(pore) 간에 주기(period)가 존재하고, 상기 복수의 구멍의 직경(diameter) 및 상기 주기(period)는 유전체 물질(dielectric material)과 공기의 부피율(volume fraction)에 기반하여 형성되는 홀 패턴층을 포함하고, 상기 홀 패턴층에 기반하여 대기의 창(atmospheric window, AW)에 해당되는 파장 범위에서의 적외선을 흡수 및 방사하되, 상기 홀 패턴층의 두께(thickness), 상기 직경(diameter) 및 상기 주기(period) 중 적어도 하나에 기반하여 상기 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율이 제어될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자는 상기 홀 패턴층 상에 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN , LiF , MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나가 코팅되는 코팅층을 더 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 코팅층은 상기 제어된 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율을 증가시킬 수 있다.
- [0026] 상기 코팅층의 두께는 상기 증가되는 흡수율 및 방사율과 비례할 수 있다.
- [0027] 상기 복사 냉각 소자는 상기 적외선과 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 적외선이 0도 내지 50도의 입사각으로 입사될 경우, 0.6 이상의 적외선 방사율 및 흡수율을 갖을 수 있다.
- [0028] 상기 홀 패턴층은 프리-스탠딩(free-standing)의 다공성 박막 구조를 갖을 수 있다.

- [0029] 상기 유전체 물질(dielectric material)과 공기의 부피율(volume fraction)은 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)에 따른 산출 값에 기반하여 결정될 수 있다.
- [0030] 상기 유전체 물질(dielectric material)은 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0031] 상기 부피율(volume fraction)에서 상기 유전체 물질(dielectric material)의 비율이 증가할수록, 상기 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율이 증가될 수 있다.
- [0032] 상기 공기의 부피는 상기 직경(diameter)에 비례할 수 있다.
- [0033] 상기 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)에 따른 산출 값은 상기 제어되는 흡수율 및 방사율과 비례할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자는 상기 홀 패턴층 아래 금속 물질로 형성된 태양광을 반사하는 반사층을 더 포함할 수 있다.
- [0035] 상기 반사층은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(Cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 니켈(Ni), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0036] 본 발명은 대기의 창에 해당하는 파장 범위에서 높은 방사율을 갖도록 홀 패턴층의 주기, 지름 및 두께 중 적어도 하나를 제어함에 따라 홀 패턴층에 기반하여 대기의 창 내 적외선 방사율 및 흡수율을 증가시킬 수 있다.
- [0037] 본 발명은 유효 매질 이론(effective medium theory, EMT)을 이용해 AW 구간에서 적외선에 대한 높은 흡수율 및 방사율을 나타낼 수 있는 최적화된 광학적 특성 (permittivity)를 갖는 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.
- [0038] 본 발명은 대기의 창에 해당하는 파장 범위에서 높은 방사율을 갖도록 홀 패턴층의 구조 변수와 관련된 주기, 지름 및 두께의 파라미터를 최적화할 수 있다.
- [0039] 본 발명은 태양빛이 비치는 낮(day time)이나 태양빛이 비치지 않는 밤(night time)에도 에너지 소모없이 주변 온도(ambient temperature)를 냉각시키는 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.
- [0040] 본 발명은 건축자재, 유리, 자동차 자재, 항공장비, 에너지 절감형 데이터 센터 및 전자기기, 태양전지 등 냉각이 필요한 물질의 외부 표면에 적용되어 에너지 소모 없이 냉각 기능을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0041] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 설명하는 도면이다.
- 도 3 및 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 5a 내지 도 5d는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 다양한 이미지를 설명하는 도면이다.
- 도 6a 내지 도 6f는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 광특성을 설명하는 도면이다.
- 도 7a 내지 도 7c는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 유전율을 비교 설명하는 도면이다.
- 도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 흡수율 및 방사율을 비교 설명하는 도면이다.
- 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 냉각 플럭스를 설명하는 도면이다.

도 10a 내지 도 10d는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 이용한 복사 냉각 실험을 설명하는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 이용한 복사 냉각 실험 결과를 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0042] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.
- [0043] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0044] 하기에서 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0045] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0046] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.
- [0047] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0048] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.
- [0049] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.
- [0050] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.
- [0051] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.
- [0052] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.
- [0053] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.
- [0054] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.
- [0055] 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.
- [0056] 이하 사용되는 '..부', '..기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0058] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 설명하는 도면이다.
- [0059] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 단면도를 예시한다.
- [0060] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자(100)는 반사층(110), 홀 패턴층(120) 및 코팅층

(130)을 포함한다.

- [0061] 일례로, 반사층(110)은 홀 패턴층(120) 아래 금속 물질로 형성되어 태양광을 반사한다.
- [0062] 예를 들어, 반사층(110)은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 니켈(Ni), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성될 수 있다.
- [0063] 본 발명의 일실시예에 따르면 홀 패턴층(120) 복수의 구멍(pore)을 가지고, 복수의 구멍(pore) 간에 주기(period)가 존재하고, 복수의 구멍의 직경(diameter) 및 주기(period)는 유전체 물질과 공기의 부피율(volume fraction)에 기반하여 결정될 수 있다.
- [0064] 여기서, 주기(102) 및 직경(103)은 코팅층(130)의 형성 두께에 따라서 결정될 수 있다.
- [0065] 일례로, 복사 냉각 소자(100)는 홀 패턴층(110)에 기반하여 대기의 창(atmospheric window, AW)에 해당되는 파장 범위에서의 적외선을 흡수 및 방사하되, 홀 패턴층의 두께(thickness), 직경(diameter) 및 주기(period) 중 적어도 하나에 기반하여 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율이 제어될 수 있다.
- [0066] 여기서, 두께(101)는 코팅층(130)의 형성 두께에 따라서 결정될 수 있다.
- [0067] 한편, 두께(101), 주기(102) 및 직경(103)은 유전체 물질과 공기의 부피율(volume fraction)과 관련된다.
- [0068] 예를 들어, 유전체 물질과 공기의 부피율(volume fraction)은 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)에 기반하여 결정될 수 있다.
- [0069] 예를 들어, 직경(103)은 공기의 부피에 비례할 수 있다. 즉, 직경(103)이 증가될 경우, 유전체 물질과 공기의 부피율에서 공기의 부피가 증가된다.
- [0070] 본 발명의 일실시예에 따르면 홀 패턴층(120)은 유전체 물질을 이용하여 형성되고, 유전체 물질은 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0071] 본 발명의 일실시예에 따르면 홀 패턴층(110)은 프리-스탠딩(free-standing)의 다공성 박막 구조를 갖을 수 있다.
- [0072] 본 발명의 일실시예에 따르면 코팅층(130)은 홀 패턴층(120) 상에 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나가 코팅되어 형성될 수 있다.
- [0073] 일례로, 코팅층(130)은 홀 패턴층(120)에 기반하여 제어된 적외선과 관련된 흡수율 및 방사율을 증가시킬 수 있다.
- [0074] 예를 들어, 코팅층(130)의 두께는 흡수율 및 방사율의 증가율과 비례할 수 있다.
- [0075] 즉, 코팅층(130)의 두께가 증가할수록, 적외선의 흡수율 및 방사율도 증가될 수 있다.
- [0076] 본 발명의 일실시예에 따르면 두께(101)는 $50\mu\text{m}$ 일 수 있고, 주기(102)는 500nm 일 수 있으며, 직경(103)은 400nm 일 수 있다.
- [0077] 일례로, 두께(101), 주기(102) 및 직경(103)은 동일 부피비를 나타내는 홀 패턴층(120) 상에 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나가 코팅된 구조에 한해서 변경될 수 있다.
- [0078] 따라서, 본 발명은 대기의 창에 해당하는 파장 범위에서 높은 방사율을 갖도록 홀 패턴층의 주기, 지름 및 두께 중 적어도 하나를 제어함에 따라 홀 패턴층에 기반하여 대기의 창 내 적외선 방사율 및 흡수율을 증가시킬 수 있다.
- [0079] 또한, 본 발명은 건축자재, 유리, 자동차 자재, 항공장비, 에너지 절감형 데이터 센터 및 전자기기, 태양전지 등 냉각이 필요한 물질의 외부 표면에 적용되어 에너지 소모 없이 냉각 기능을 제공할 수 있다.
- [0080] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 입체도를 예시한다.
- [0081] 도 2를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자(200)는 반사층

(210)상에 적외선 방사층(220)이 형성된 구조를 가진다.

- [0082] 일례로, 적외선 방사층(220)은 홀 패터층과 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나가 증착된 코팅층을 포함한다.
- [0083] 본 발명의 일실시예에 따르면 적외선 방사층(220)은 프리-스탠딩(free-standing)의 다공성 박막 구조를 갖을 수 있다.
- [0084] 일례로, 적외선 방사층(220)은 다공성 박막 구조의 직경, 주기 및 두께에 따라 적외선에 대한 방사율과 흡수율이 제어될 수 있다.
- [0085] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각 소자(200)는 태양이 상면에 위치하여 태양광을 입사할 경우, 입사되는 태양광의 적외선을 흡수 및 방사하여 복사 냉각을 수행할 수 있다.
- [0087] 도 3 및 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패터층 기반의 복사 냉각 소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.
- [0088] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나가 증착된 홀 패터층 기반의 복사 냉각 소자에서 홀 패터층을 제조하는 방법을 설명한다.
- [0089] 도 3을 참고하면, 단계(S300)에서 복사 냉각 소자의 제조 방법은 알루미늄(Al)판 상에 형성된 다공성의 구조들을 준비한다.
- [0090] 단계(S301)에서 복사 냉각 소자의 제조 방법은 다공성의 구조들 내에 폴리스티렌(polystyrene)을 삽입한다.
- [0091] 단계(S302)에서 복사 냉각 소자의 제조 방법은 습식 에칭(wet etching) 공정을 통해 알루미늄(Al)판을 제거한다.
- [0092] 단계(S303)에서 복사 냉각 소자의 제조 방법은 백 오픈링(back opening) 공정을 통해서 구조들의 상하를 반전시키면서, 반전 후 상면을 개방한다.
- [0093] 단계(S304)에서 복사 냉각 소자의 제조 방법은 구조들 내에 폴리스티렌(polystyrene)을 제거하여 프리-스탠딩(free-standing)의 다공성 박막 구조를 갖는 홀 패터층을 형성한다.
- [0094] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패터층 기반의 복사 냉각 소자에서 코팅층을 증착하여 코팅층을 형성한 후, 반사층에 해당하는 금속판에 형성된 구조물을 전사하여 복사 냉각 소자를 제조하는 방법을 설명한다.
- [0095] 도 4를 참고하면, 단계(S401)에서 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자의 제조 방법은 도 3의 단계에 따라 형성된 홀 패터층을 준비한다.
- [0096] 단계(S402)에서 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자의 제조 방법은 원자층 증착(atomic layer deposition, ALD) 방식을 이용하여 홀 패터층 상에 이산화 규소를 코팅하여 코팅층을 형성한다.
- [0097] 단계(S403)에서 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자의 제조 방법은 SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , CaSO_4 , c-BN, ZrO_2 , MgHPO_4 , Ta_2O_5 , AlN, LiF, MgF_2 , HfO_2 및 BaSO_4 중 적어도 하나가 코팅된 홀 패터층을 반사층 상에 전사하여 복사 냉각 소자를 제조한다.
- [0099] 도 5a 내지 도 5d는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패터층 기반의 복사 냉각 소자의 다양한 이미지를 설명하는 도면이다.
- [0100] 도 5a는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패터층 기반의 복사 냉각 소자의 포토 이미지를 예시하고, 도 5b 내지 도 5d는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패터층 기반의 복사 냉각 소자의 전자현미경 이미지를 예시한다.
- [0101] 도 5a의 이미지(500)를 참고하면, 코팅층이 증착된 홀 패터층 기반의 복사 냉각 소자가 하얀색을 나타내고

있다.

- [0102] 도 5b의 이미지(510)를 참고하면, 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 탑뷰(top view)는 다공성 구조로 일정한 직경과 주기를 갖고 있음을 나타낸다.
- [0103] 이미지(510)는 홀 패턴층의 구멍 직경이 코팅층의 증착 이후 400nm에서 370nm로 감소 함을 보여주는데, 이는 코팅층의 두께가 약 30nm임을 나타낼 수 있다.
- [0104] 도 5c의 이미지(520) 및 도 5d의 이미지(530)를 참고하면, 홀 패턴층이 일정한 주기로 형성됨을 확인할 수 있다.
- [0106] 도 6a 내지 도 6f는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 광특성을 설명하는 도면이다.
- [0107] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자에서 구멍 직경에 따른 방사율의 변화를 예시한다.
- [0108] 도 6a의 그래프(600)는 가로축에서 구멍 직경의 변화를 나타내고, 세로축에서 방사율의 변화를 나타내며, 도 6b의 그래프(610)는 가로축에서 파장의 변화를 나타내고, 세로축에서 방사율의 변화를 나타낸다.
- [0109] 즉, 그래프(600)과 그래프(610)는 구멍의 직경과 방사율의 관계를 예시한다.
- [0110] 그래프(600)과 그래프(610)를 참고하면, 구멍의 직경이 증가할수록 파장 범위 8 μ m 내지 13 μ m에서 방사율이 증가한다.
- [0111] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자는 형성된 구멍의 직경이 증가할수록 대기의 창외 파장 범위에 해당하는 8 μ m 내지 13 μ m에서 방사율이 증가될 수 있다.
- [0112] 예를 들어, 구멍의 직경은 100nm 내지 400nm의 범위를 가질 수 있다.
- [0113] 도 6c 및 도 6d는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자에서 코팅층의 코팅 두께에 따른 방사율의 변화를 예시한다.
- [0114] 도 6c의 그래프(620)는 가로축에서 코팅 두께의 변화를 나타내고, 세로축에서 방사율의 변화를 나타내며, 도 6d의 그래프(630)는 가로축에서 파장의 변화를 나타내고 세로축에서 방사율의 변화를 나타낸다.
- [0115] 즉, 그래프(620)과 그래프(630)는 코팅층이 증착에 따른 코팅 두께와 방사율의 관계를 예시한다.
- [0116] 그래프(620)과 그래프(630)를 참고하면, 코팅층이 증착에 따른 코팅 두께가 증가할수록 파장 범위 8 μ m 내지 13 μ m에서 방사율이 증가한다.
- [0117] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자에서 코팅층이 증착에 따른 코팅 두께가 증가할수록 대기의 창외 파장 범위에 해당하는 8 μ m 내지 13 μ m에서 방사율이 증가될 수 있다.
- [0118] 예를 들어, 코팅층이 증착에 따른 코팅 두께는 0 내지 20nm의 범위를 가질 수 있다. 여기서, 코팅층을 형성하는 물질은 이산화 규소(SiO₂) 이나 하나의 실시예로 이산화 규소는 상술한 코팅 물질 중 어느 하나로 대체 가능하다.
- [0119] 도 6e 및 도 6f는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자에서 코팅층이 증착된 홀 패턴층의 두께에 따른 방사율의 변화를 예시한다.
- [0120] 도 6e의 그래프(640)는 가로축에서 코팅층이 증착된 홀 패턴층의 두께의 변화를 나타내고, 세로축에서 방사율의 변화를 나타내며, 도 6f의 그래프(650)는 가로축에서 파장의 변화를 나타내고 세로축에서 방사율의 변화를 나타낸다.
- [0121] 즉, 그래프(640)과 그래프(650)는 코팅층이 증착된 홀 패턴층의 두께와 방사율의 관계를 예시한다.
- [0122] 그래프(640)과 그래프(650)를 참고하면, 코팅층이 증착된 홀 패턴층의 두께가 증가할수록 파장 범위 8 μ m 내지 13 μ m에서 방사율이 증가한다.
- [0123] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자에서 코팅층이 증착된 홀 패

턴층의 두께가 증가할수록 대기의 창 의 파장 범위에 해당하는 $8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ 에서 방사율이 증가될 수 있다.

[0124] 예를 들어, 코팅층이 증착된 홀 패턴층의 두께는 $1\mu\text{m}$ 내지 $50\mu\text{m}$ 의 범위를 가질 수 있다.

[0125] 그래프(640)과 그래프(650)에 따르면 산화 알루미늄(Al_2O_3)의 함량이 높아지지만 두께가 $50\mu\text{m}$ 일 시 최고의 방사율을 나타냄을 확인할 수 있다. 여기서, 홀 패턴층을 형성하는 물질을 산화 알루미늄을 이용하여 설명하고 있으나, 상술한 홀 패턴층을 형성하는 다른 물질로 대체 가능하다.

[0127] 도 7a 내지 도 7c는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 유전율을 비교 설명하는 도면이다.

[0128] 도 7a는 종래 기술에 따른 산화 알루미늄의 유전율을 예시하고, 도 7b는 종래 기술에 따른 양극 산화 알루미늄 막의 유전율을 예시하며, 도 7c는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 유전율을 예시한다.

[0129] 도 7a의 그래프(700)를 참고하면 파장의 변화에 따른 유전율의 변화를 실수(701)와 허수(702)로 구분하여 표시하며, 가로축으로 유전율을 나타낸다.

[0130] 또한, 도 7b의 그래프(710)를 참고하면 파장의 변화에 따른 유전율의 변화를 실수(711)와 허수(712)로 구분하여 표시하며, 가로축으로 유전율을 나타낸다.

[0131] 동일하게, 도 7c의 그래프(720)를 참고하면, 파장의 변화에 따른 유전율의 변화를 실수(721)와 허수(722)로 구분하여 표시하며, 가로축으로 유전율을 나타낸다.

[0132] 도 7a를 참고하면, 노출 된 Al_2O_3 층은 파장 범위 $10\mu\text{m}$ 이하에서 실수(701)가 허수(702)보다 낮게 나타내므로 복사 냉각기의 재료로 단독으로 사용하기에는 불충분함을 나타낸다.

[0133] 도 7b를 참고하면, 다공성 배열 패턴을 가진 종래 기술에 따른 양극 산화 알루미늄 막은 유효 유전율이 대기의 창 구간에서 상대적으로 실수(711)에 대비하여 높은 허수(712)를 갖는다.

[0134] 다만, 파장 범위가 $11\mu\text{m}$ 근처에서 허수(712)의 강한 피크는 복사 냉각기에서 훨씬 바람직하지만 파장 범위 8 내지 $10\mu\text{m}$ 에서 낮은 실수(711) 보다 낮은 허수(712)는 부적절하다고 볼 수 있다.

[0135] 도 7c를 참고하면, 종래 기술에 따른 양극 산화 알루미늄 막의 단점을 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자가 보완하여 허수(722)가 8 내지 $10\mu\text{m}$ 에서 실수(721)에 대비하여 약 0.5 높은 허수(722)를 가진다.

[0136] 상술한 허수(702), 허수(712) 및 허수(722)는 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)과 관련되는데, 허수(702), 허수(712) 및 허수(722)가 0보다 크게되면 전기장(electrical field)가 낮아지기 때문에 매체가 빛을 흡수한다.

[0137] 이에 따라, 유전체 물질과 공기의 부피율(volume fraction)은 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)에 따른 산출 값에 기반하여 결정될 수 있다.

[0138] 또한, 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)에 따른 산출 값 중 허수는 흡수율 및 방사율과 비례할 수 있다.

[0139] 유전율과 흡수의 허수 사이의 관계는 z축을 따라 매체에서 전파되는 빛의 전기장에 대하여 하기 [수학식1]로 표현될 수 있다.

[0141] [수학식 1]

$$E(z, t) = E_0 \exp(i(kz - \omega t))$$

[0142]

[0144] [수학식 1]에서 E_0 는 전기장 진폭을 나타낼 수 있고, ω 는 각 주파수를 나타낼 수 있으며, $k = nk_0$ 는 매체의 파

동 벡터를 나타낼 수 있고, 여기서 n 은 매체의 굴절률을 나타낼 수 있으며, k_0 는 자유 공간의 파동 벡터를 나타낼 수 있다.

[0145] 한편, 상술한 k 에 대하여 k 를 [수학식 1]에 대입하면 [수학식 2]와 같을 수 있다.

[0147] [수학식 2]

$$E(z, t) = E_0 \exp(-k'' z) \exp(i(k' z - \omega t))$$

[0148]

[0150] [수학식 2]에서 $E_0 \exp(-k'' z)$ 는 증폭 부분을 나타낼 수 있고, $\exp(i(k' z - \omega t))$ 는 위상 부분을 나타낼 수 있다. 증폭 부분은 허수부(e'')가 0 이상일 경우에만 상수이고, 나머지는 감쇠 기능이 존재한다. 따라서, 유전율의 허수는 0 이하에서 빛을 흡수한다.

[0151] 다시 말해, 유효 매질 이론(Effective medium theory, EMT)에 기반하여 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자 상의 두께, 직경, 코팅 두께, 주기 등의 파라미터가 최적의 방사율을 위해 최적화될 수 있다.

[0152] 따라서, 본 발명은 대기의 창에 해당하는 파장 범위에서 높은 방사율을 갖도록 홀 패턴층의 구조 변수와 관련된 주기, 지름 및 두께의 파라미터를 최적화할 수 있다.

[0153] 또한, 본 발명은 유효 매질 이론(effective medium theory, EMT)을 이용해 AW 구간에서 적외선에 대한 높은 흡수율 및 방사율을 나타낼 수 있는 최적화된 광학적 특성 (permittivity)를 갖는 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.

[0155] 도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 흡수율 및 방사율을 비교 설명하는 도면이다.

[0156] 도 8a는 종래 기술에 따른 양극 산화 알루미늄 막의 방사율 시뮬레이션 결과를 예시하고, 도 8b는 유효 유전율에 기반하여 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 방사율 시뮬레이션 결과를 예시하며, 도 8c는 종래 기술과 본 발명을 비교한다.

[0157] 도 8a의 그래프(800), 도 8b의 그래프(810) 및 도 8c의 그래프(820)는 가로축에서 파장의 변화를 세로축에서 방사율을 변화를 나타낸다.

[0158] 도 8a의 그래프(800)를 참고하면, 종래 기술에 따른 양극 산화 알루미늄 막은 10 내지 $13.5\mu\text{m}$ 의 파장 범위에서 높은 방사율 대역을 가진 스펙트럼을 생성하지만 나머지 대기의 창 구간인 $8\mu\text{m}$ 내지 $10\mu\text{m}$ 에서는 낮은 방사율을 나타낸다.

[0159] 도 8b의 그래프(810)를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자는 대기의 창 전 구간에서 평균 방사율 0.7 내지 0.89를 가진다.

[0160] 도 8c의 그래프(820)를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자가 종래 기술에 대비하여 대기의 창 전 구간($8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$)에서 모두 높은 방사율을 가짐을 확인할 수 있다.

[0162] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 냉각 플럭스를 설명하는 도면이다.

[0163] 도 9a는 $hcc = 6 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ 일 때 온도의 함수로서 설계된 복사 냉각기의 이론적 냉각 플럭스를 예시하고, 도 9b는 $T_{\text{amb}} = 303 \text{ K}$ 에서 다양한 hcc 로 온도 차이 T 의 함수로서 복사 냉각기의 이론적 냉각 플럭스를 예시한다.

[0164] 도 9a의 그래프(900)는 가로축에서 절대 온도의 변화와 세로축에서 냉각 플럭스를 나타낸다.

[0165] 도 9b의 그래프(910)는 가로축에서 온도차이를 나타내고 세로축에서 냉각 플럭스를 나타낸다.

- [0166] 도 9a의 그래프(900)를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자는 303K에서 $140\text{W/m}^{-2\text{k}}$ 이상의 냉각 플럭스를 나타낸다.
- [0167] 도 9b의 그래프(910)를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자는 주변 온도보다 약 15.5K 낮은 287.5K를 가짐에 따라 확실한 냉각 효과를 제공함을 확인할 수 있다.
- [0169] 도 10a 내지 도 10d는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 이용한 복사 냉각 실험을 설명하는 도면이다.
- [0170] 도 10a는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 표면 냉각 측정 실험을 위한 개략도를 예시한다.
- [0171] 도 10a를 참고하면, 표면 냉각 측정 실험 환경(1000)은 우드 프레임(1001) 사이에 투명 아크릴(1002)판이 위치하고, 투명 아크릴(1002)판 상에 폴리스타이렌(1003)이 위치하고, 폴리스타이렌(1003) 상에 샘플(1004)이 위치하는데 샘플(1004) 폴리스타이렌(1003)은 온도계가 위치하고, 대기의 온도를 측정하기 위해 온도계가 추가로 위치한다.
- [0172] 또한, 우드 프레임(1001)의 개방된 상부 영역은 폴리에틸렌(1006)에 의해 덮여지고, 폴리에틸렌(1006)은 알루미늄 호일(1005) 사이에 위치한다.
- [0173] 도 10b는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자와 금속판에 흰색 페인트가 도포된 비교 대상 사이의 방사율을 비교한다.
- [0174] 도 10b의 그래프(1010)를 참고하면, 그래프(1010)의 가로축은 파장의 변화를 나타내고, 세로축은 방사율의 변화를 나타낸다.
- [0175] 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자에 해당하는 그래프선(1011)과 금속판에 흰색 페인트가 도포된 비교 대상에 해당하는 그래프선(1012)을 비교하면, 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자의 방사율이 상대적으로 대기의 창 구간에서 우수하다.
- [0176] 도 10c는 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자와 금속판에 흰색 페인트가 도포된 비교 대상 사이의 적외선 입사각에 대한 방사율을 비교한다.
- [0177] 도 10c의 그래프(1020)를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자는 적외선과 수직을 이루는 기준선에 대하여 적외선이 0도 내지 50도의 입사각으로 입사될 경우, 0.6 이상의 적외선 방사율 및 흡수율을 갖을 수 있다.
- [0178] 한편, 금속판에 흰색 페인트가 도포된 비교 대상은 동일한 조건에서 0.3 내지 0.4의 방사율을 갖는다.
- [0179] 도 10d는 도 10a에서 설명된 표면 냉각 측정 실험 환경(1000)의 포토 이미지(1030)를 예시한다.
- [0181] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자를 이용한 복사 냉각 실험 결과를 설명하는 도면이다.
- [0182] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자에 의한 온도 측정 실험 결과를 예시한다.
- [0183] 도 11의 그래프(1100)를 참고하면, 태양 방사 조도 및 시간의 변화에 따른 온도의 변화를 본 발명의 일실시예에 따른 코팅층이 증착된 홀 패턴층 기반의 복사 냉각 소자(1101), 금속(1102) 및 실내(1103)와 비교한다.
- [0184] 복사 냉각 소자(1101)는 금속(1102) 및 실내(1103)에 대비하여 낮은 온도가 측정된다.
- [0185] 따라서, 복사 냉각 소자(1101)는 태양이 떠있는 낮 동안에도 주변 온도를 효율적으로 냉각 시키는 것을 확인할 수 있다.
- [0186] 또한, 본 발명은 태양빛이 비치는 낮(day time)이나 태양빛이 비치지 않는 밤(night time)에도 에너지 소모없이 주변 온도(ambient temperature)를 냉각 시키는 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.

[0187] 더하여, 본 발명은 건축자재, 유리, 자동차 자재, 항공장비, 에너지 절감형 데이터 센터 및 전자기기, 태양전지 등 냉각이 필요한 물질의 외부 표면에 적용되어 에너지 소모 없이 냉각 기능을 제공할 수 있다.

[0189] 상술한 구체적인 실시 예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.

[0190] 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 상술한 실시 예들이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

[0191] 한편 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시 예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.

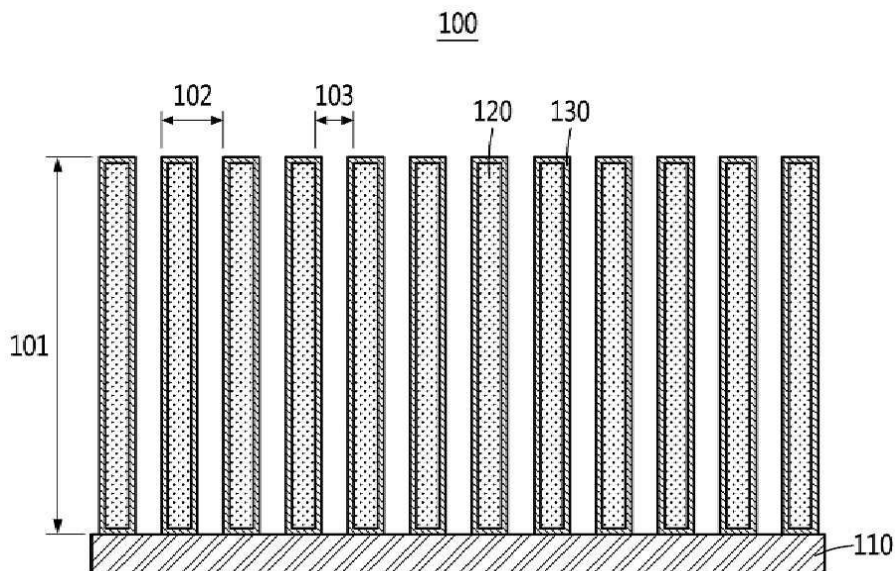
[0192] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

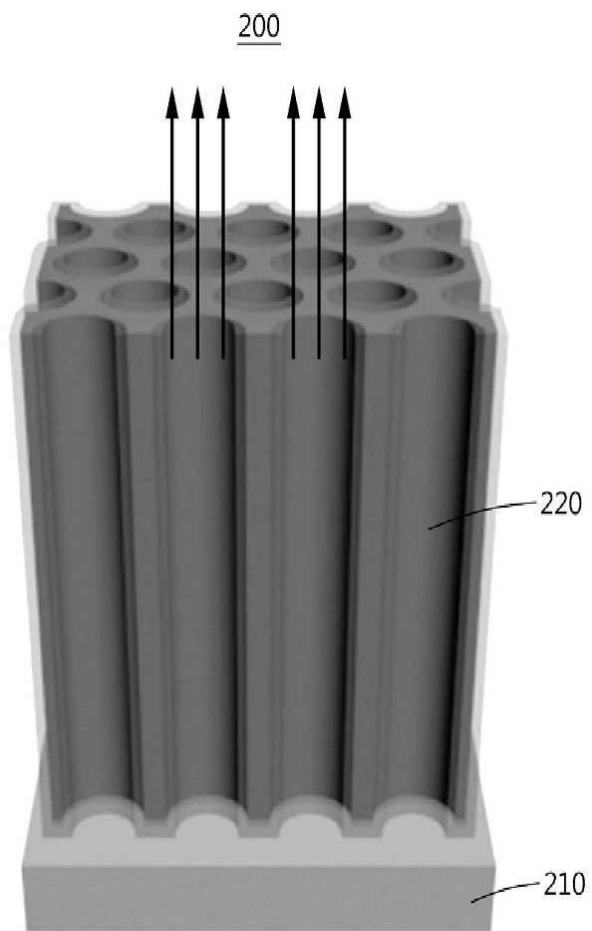
[0194] 100: 복사 냉각 소자 101: 두께
102: 주기 103: 직경
110: 반사층 120: 홀 패턴층
130: 코팅층

도면

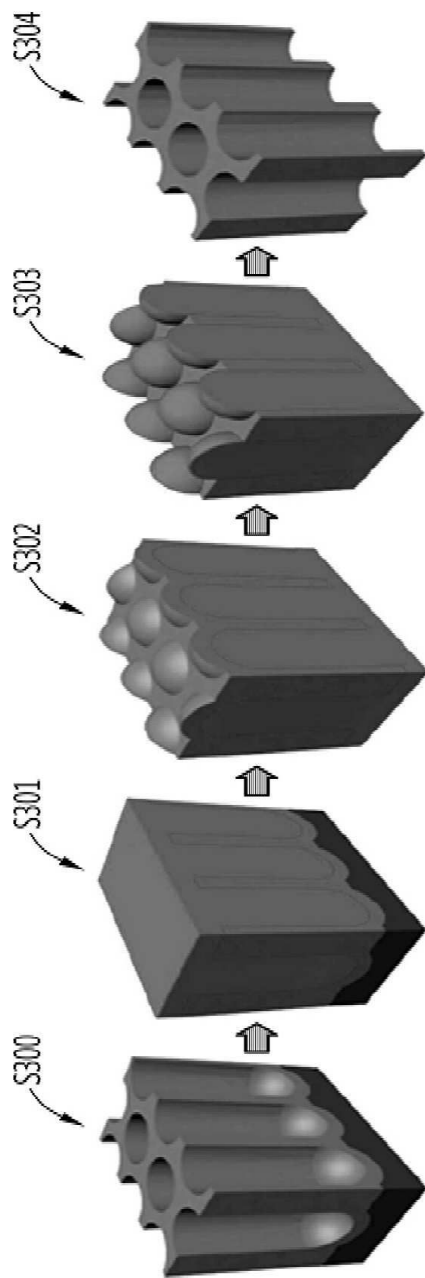
도면1



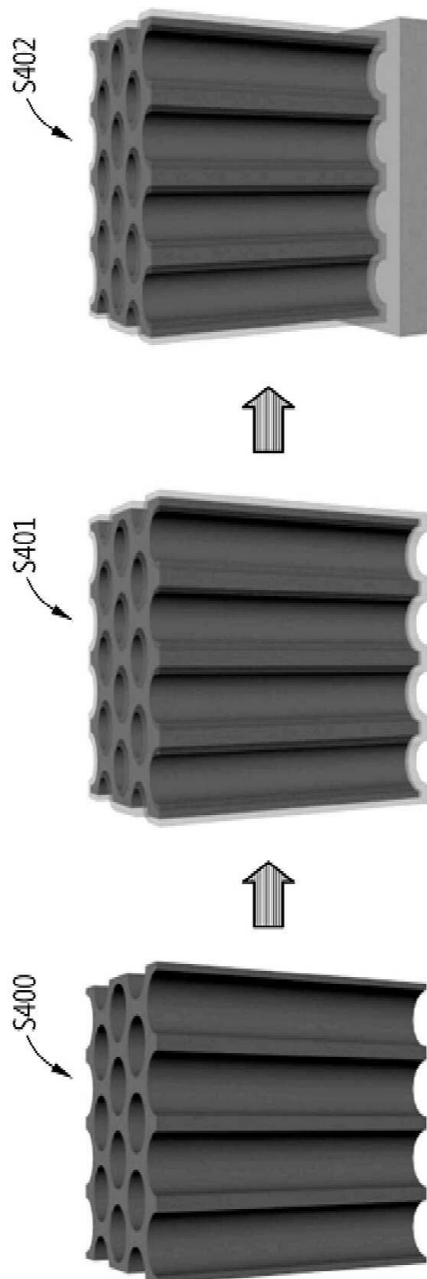
도면2



도면3

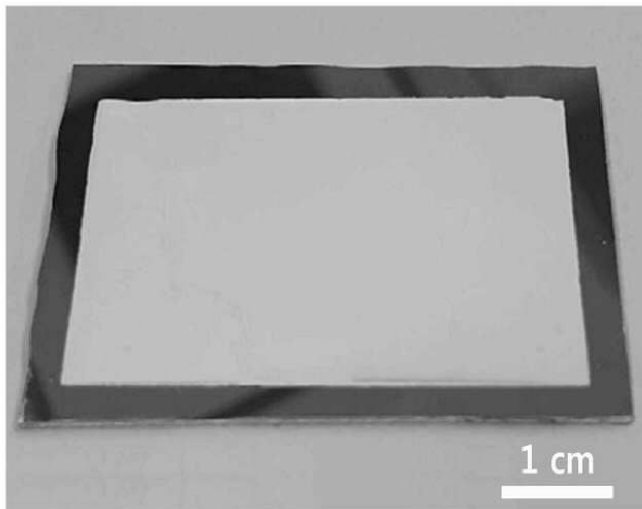


도면4



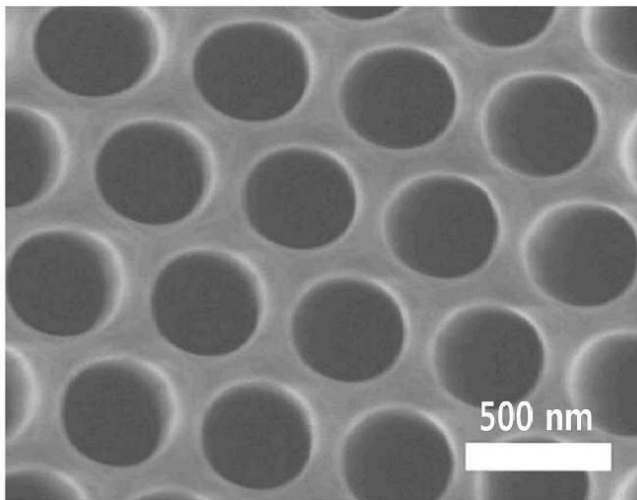
도면5a

500



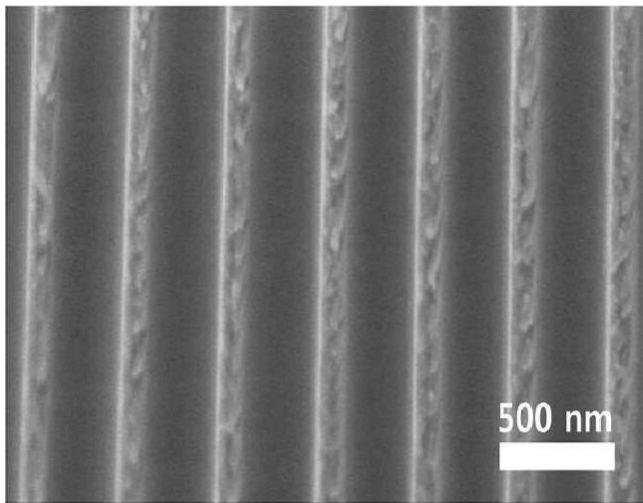
도면5b

510



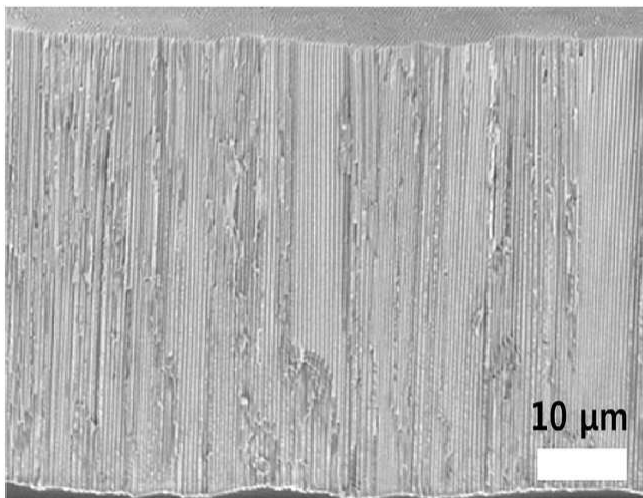
도면5c

520

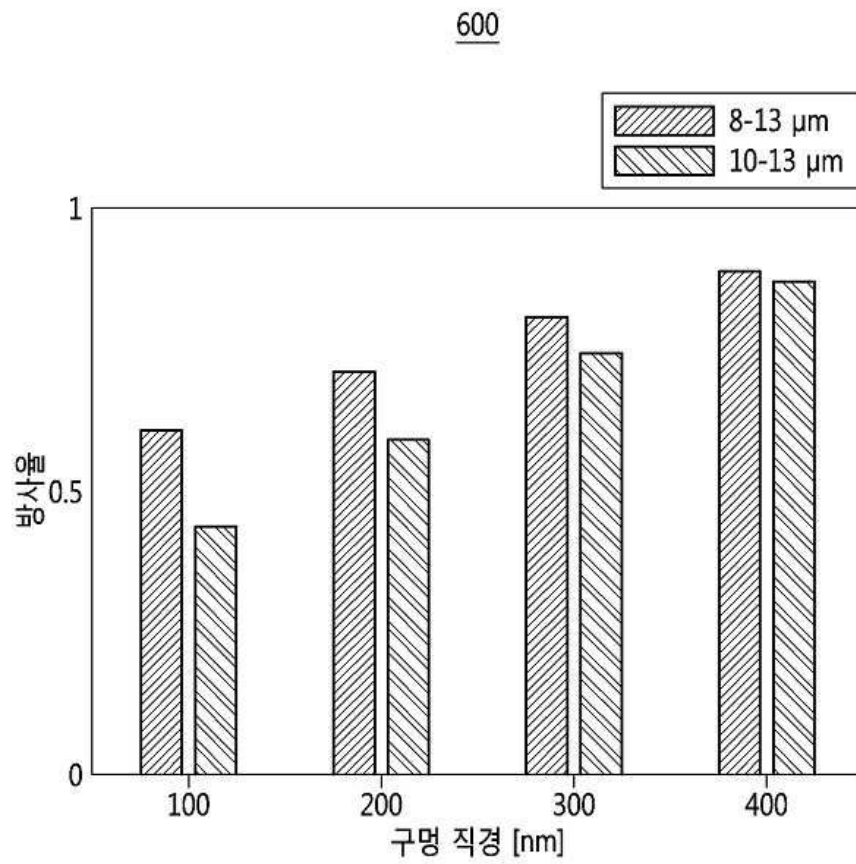


도면5d

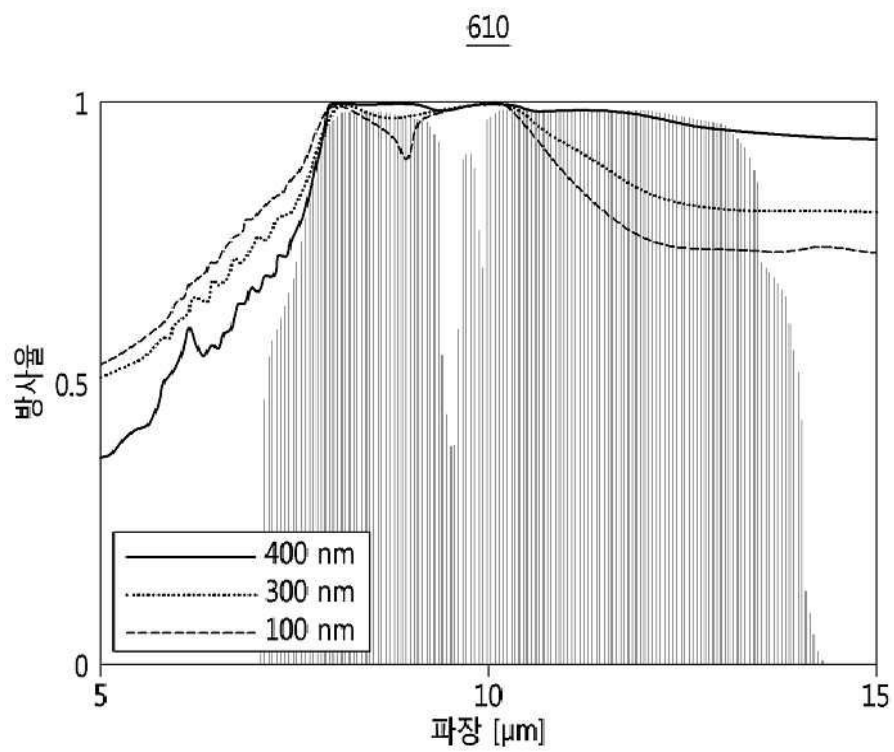
530



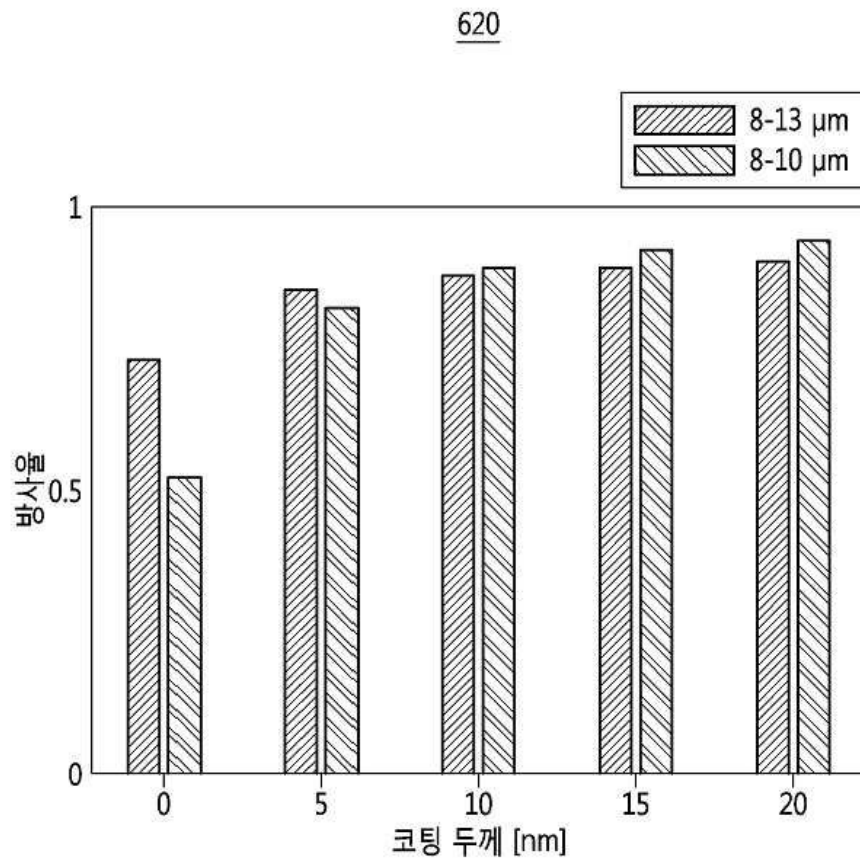
도면6a



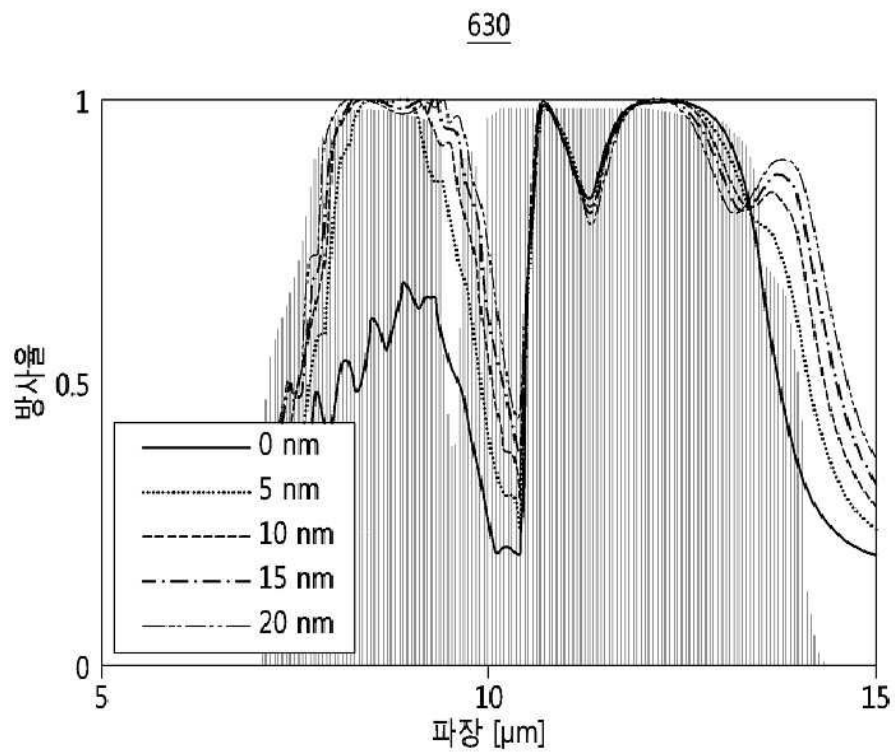
도면6b



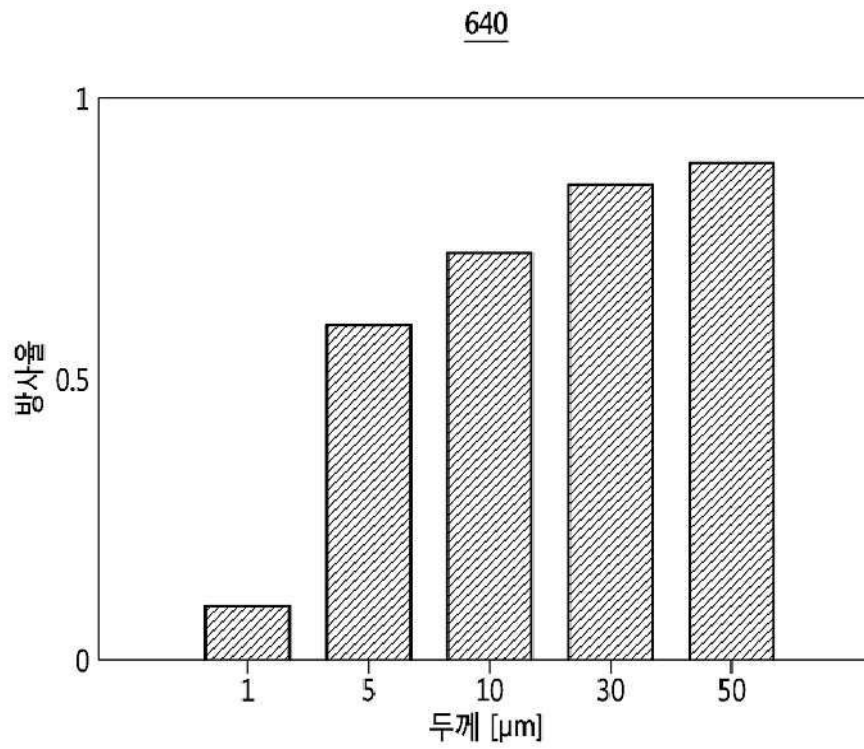
도면6c



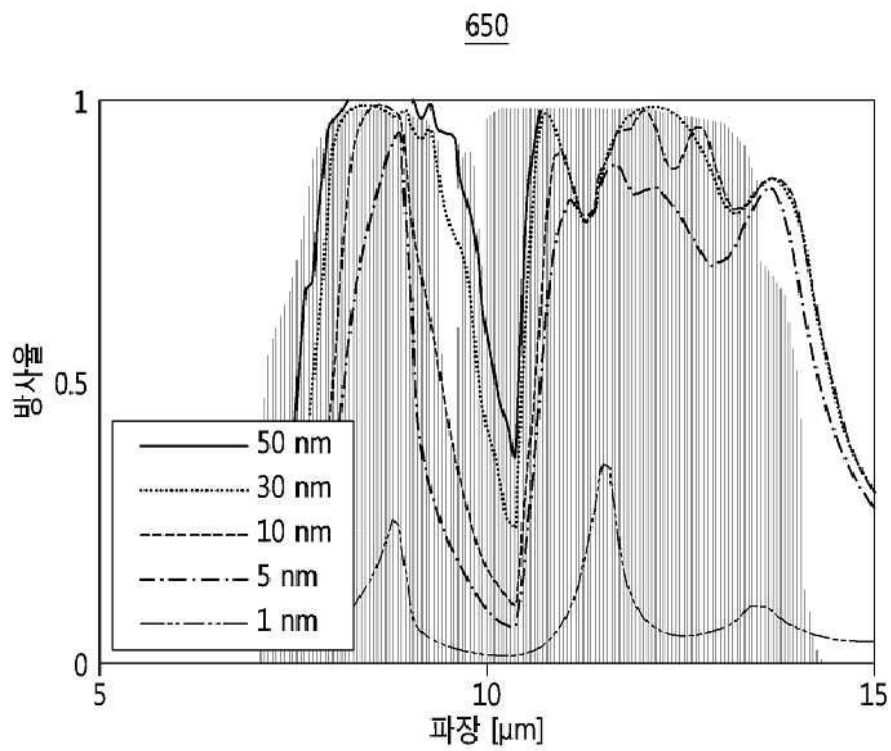
도면6d



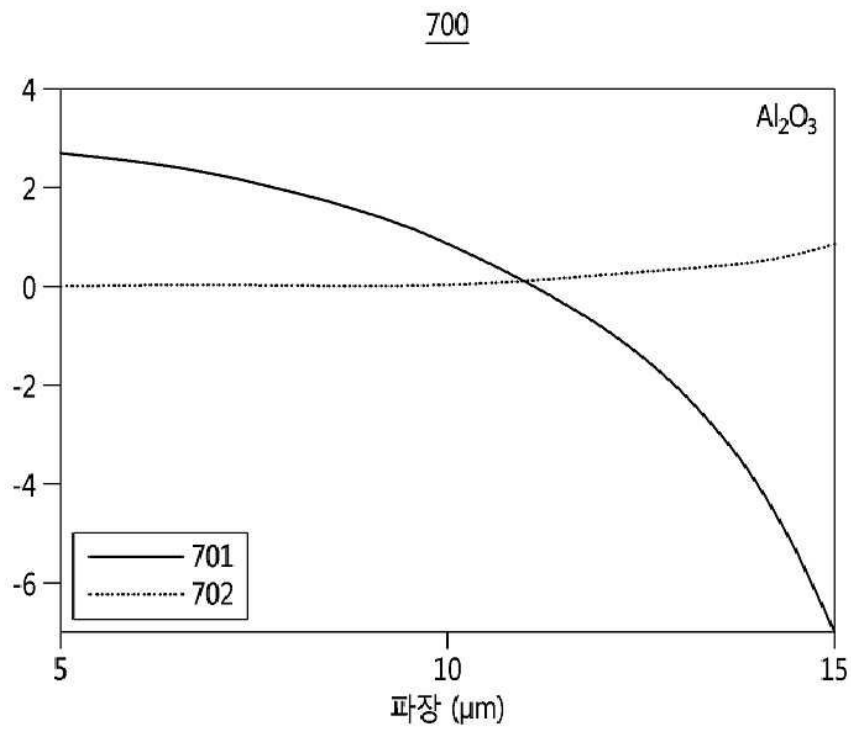
도면6e



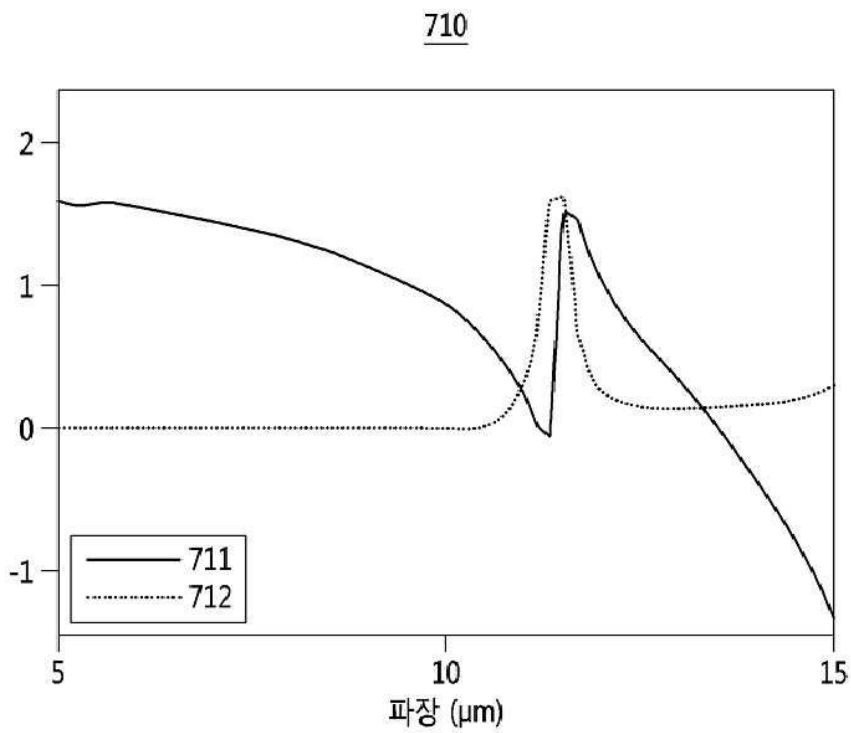
도면6f



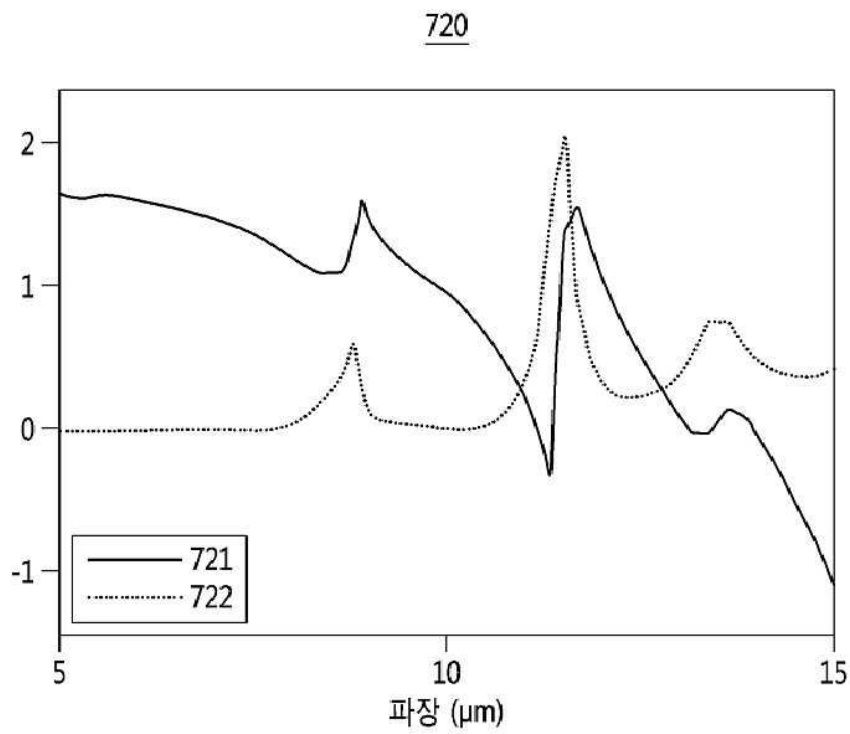
도면7a



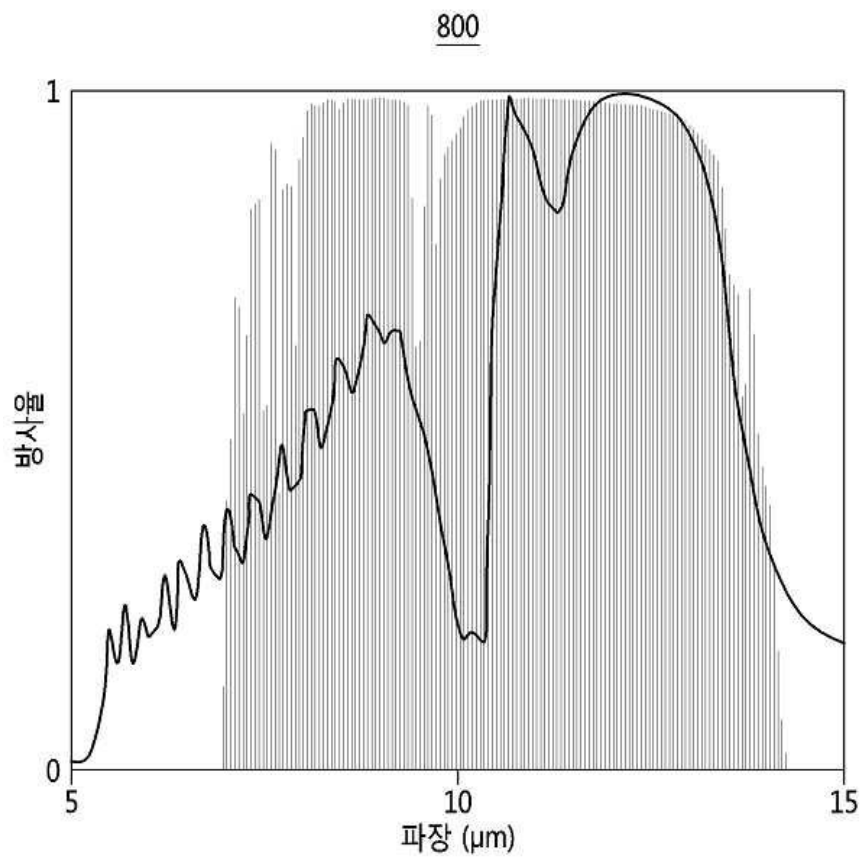
도면7b



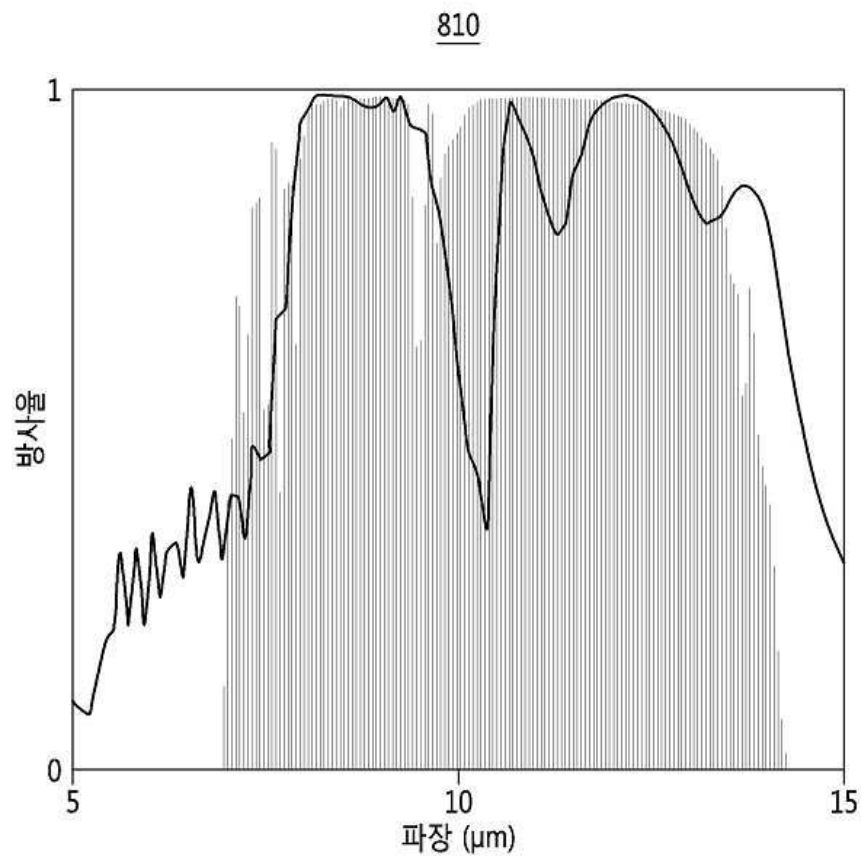
도면7c



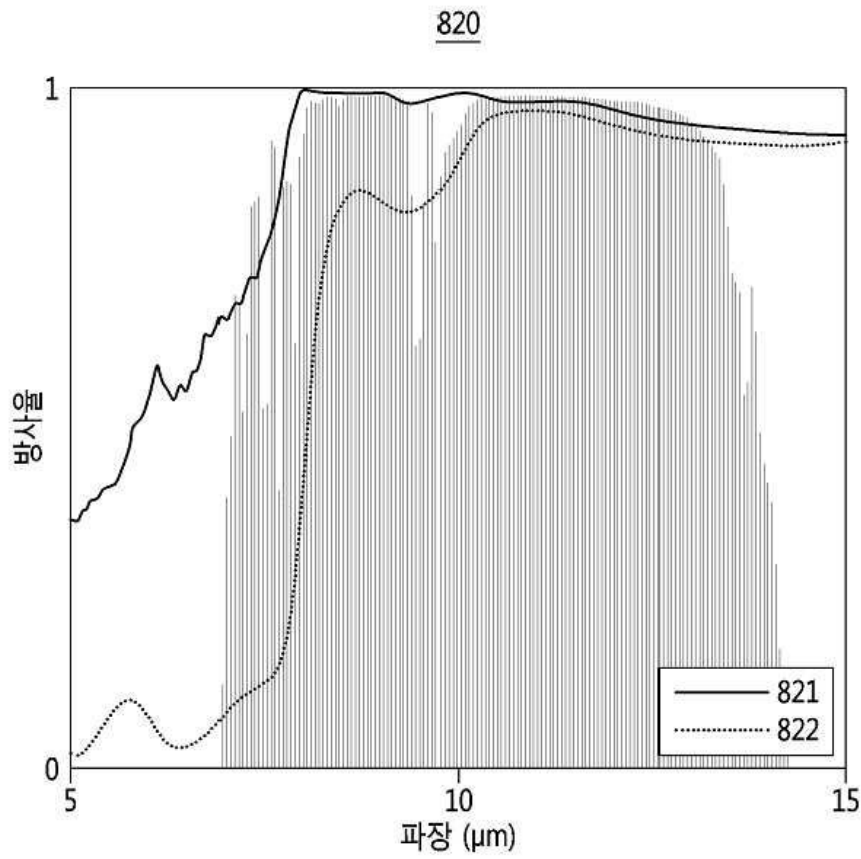
도면8a



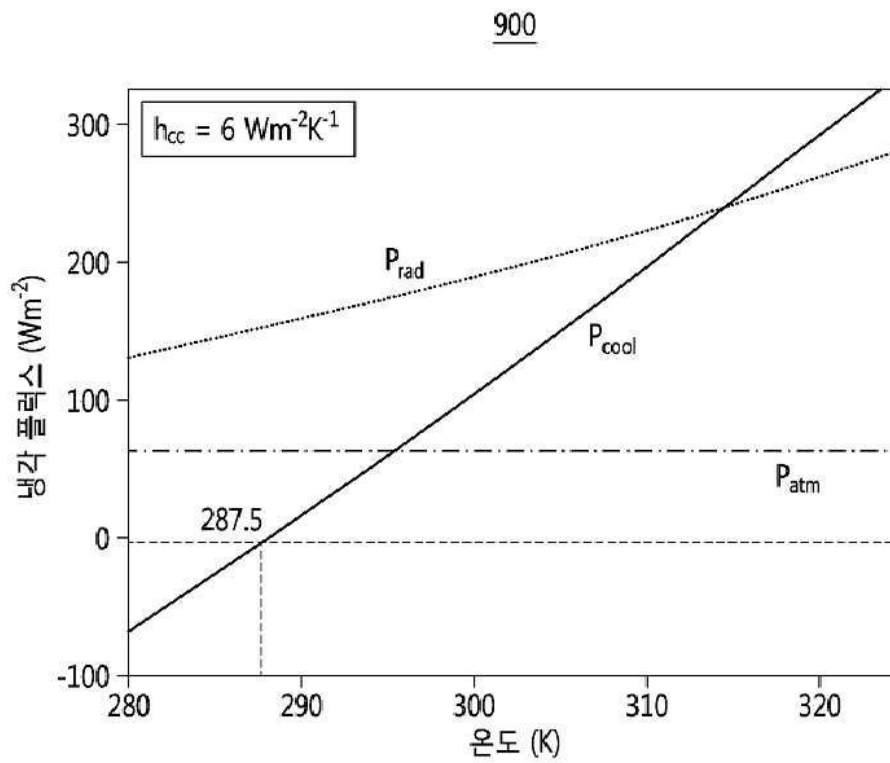
도면 8b



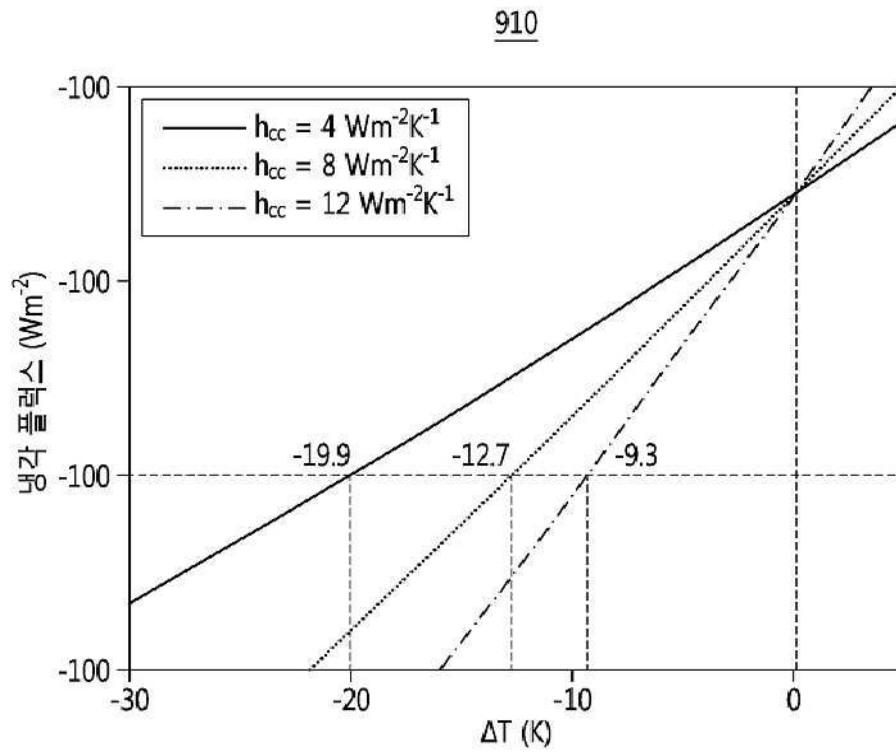
도면8c



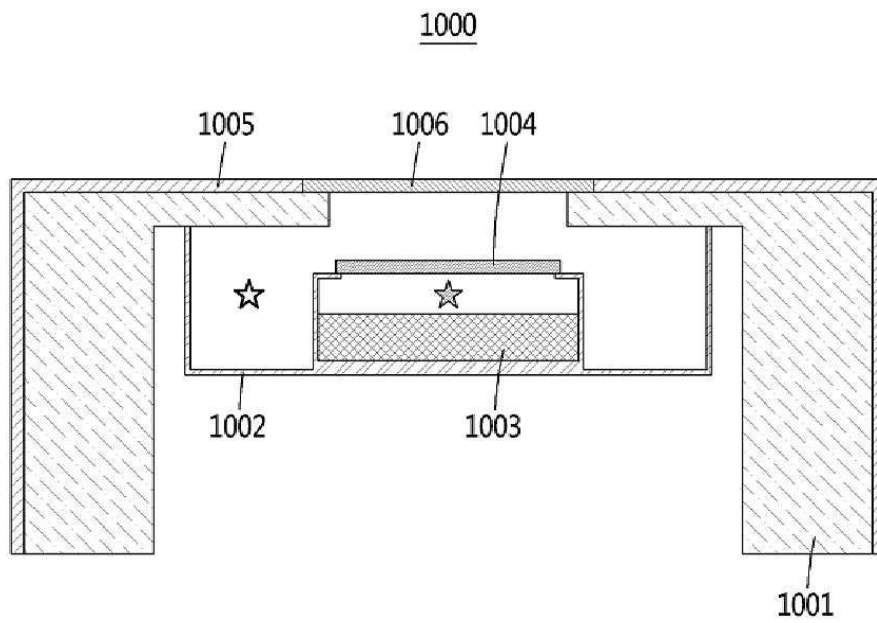
도면9a



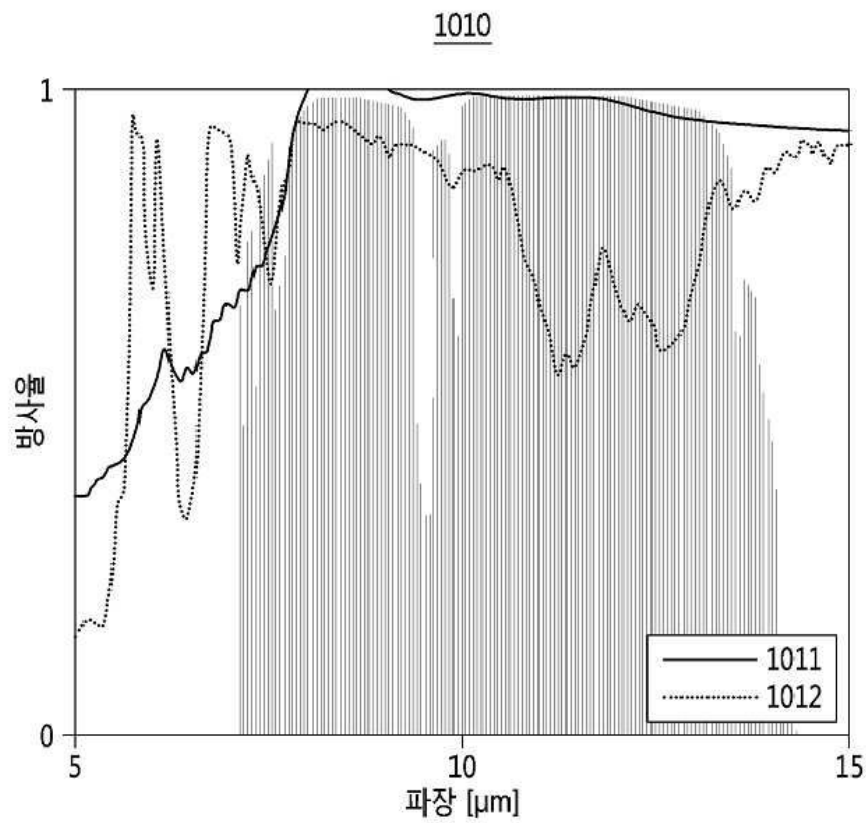
도면9b



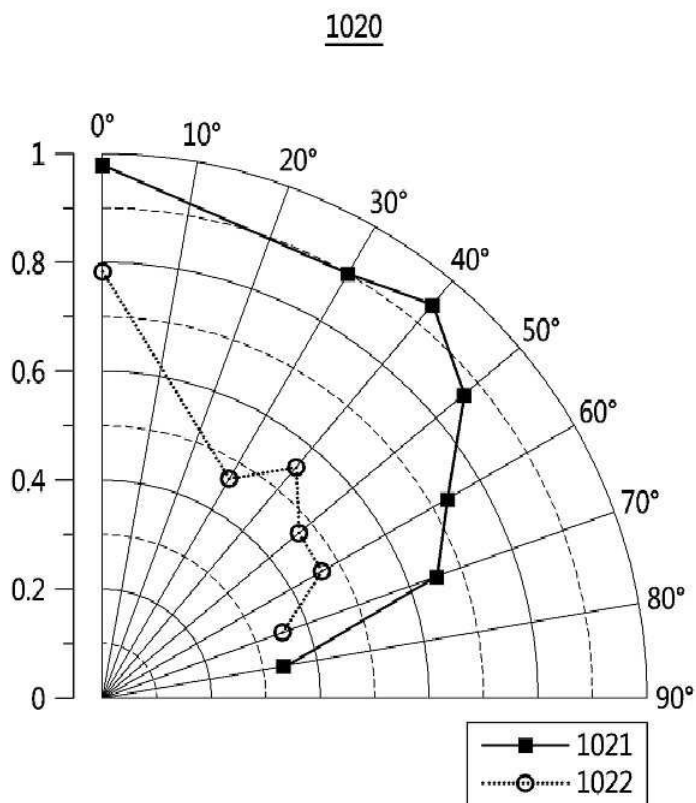
도면10a



도면10b



도면10c



도면10d

1030



도면11

1100

