



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월22일  
(11) 등록번호 10-2230347  
(24) 등록일자 2021년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F28F 13/18 (2006.01) C09D 5/00 (2006.01)  
C09D 5/02 (2006.01) C09D 7/61 (2018.01)  
F24D 5/00 (2020.01) F24F 5/00 (2006.01)  
F24S 70/12 (2018.01)  
(52) CPC특허분류  
F28F 13/18 (2013.01)  
C09D 1/00 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0044216  
(22) 출원일자 2020년04월10일  
심사청구일자 2020년04월10일  
(56) 선행기술조사문헌  
CN110567188 A\*  
JP2018526599 A\*  
KR100976053 B1\*  
KR1020150007059 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
고려대학교 산학협력단  
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)  
(72) 발명자  
이현  
서울특별시 서초구 동광로 89-5, 105동 602호(방배동, 방배3차이편한세상)  
손수민  
서울특별시 성북구 안암로9가길 25, 302호(안암동4가)  
채동우  
서울특별시 강동구 진랑도로61길 7, 102동 1101호(둔촌동, 둔촌동현대아파트)  
(74) 대리인  
김연권

전체 청구항 수 : 총 17 항

심사관 : 최정원

(54) 발명의 명칭 스마트 복사 냉각가열 장치

(57) 요약

본 발명은 한 소자 내에서 복사 냉각부와 복사 가열부가 모두 존재하는 구조를 갖는 스마트 복사냉각/가열 소자 및 장치에 관한 것으로, 스마트 복사냉각/가열 장치의 한 면은 복사냉각 층으로 복사냉각 특성을 가지며, 다른 한 면은 태양광 흡수 층으로, 태양광 흡수로 인해 복사가열 특성을 가질 때, 기준층을 회전하거나 반구형, 사각형 및 실린더 형의 다양한 모양에서 복사 냉각부와 복사 가열부가 복사 가열냉각 패턴에 따라 배치됨에 따라 복사 가열/냉각이 모두 가능하도록 하는 기술에 관한 것이다.

대표도 - 도1a

100



(52) CPC특허분류

*C09D 201/00* (2013.01)  
*C09D 5/00* (2019.08)  
*C09D 5/02* (2013.01)  
*C09D 7/61* (2018.01)  
*F24D 5/005* (2013.01)  
*F24F 5/0046* (2013.01)  
*F24S 70/12* (2018.05)  
*F24S 70/16* (2018.05)  
*F24F 2005/0064* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| 과제고유번호      | 1711105853                         |
| 과제번호        | 2018M3D1A1058997                   |
| 부처명         | 과학기술정보통신부                          |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단                             |
| 연구사업명       | 미래소재디스커버리지원(R&D)                   |
| 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

적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하는 복사 냉각부; 및

기준층을 기준으로 타 측면에 위치하고, 태양광 흡수층을 포함하는 복사 가열부를 포함하고,

상기 복사 냉각부 및 상기 복사 가열부의 태양광에 노출되는 정도에 대응하여 복사 냉각 및 복사 가열의 세기가 제어되고, 복사 냉각과 복사 가열을 동시에 하되, 상기 태양광이 상기 복사 냉각부에 노출되는 경우, 상기 태양광 반사층은 태양광을 반사하고, 상기 적외선 방사층은  $8\mu\text{m}$  내지  $13\mu\text{m}$  파장 범위의 장파장 적외선을 방사하여 복사 냉각 기능이 우선되며, 상기 태양광이 상기 복사 가열부에 노출되는 경우, 상기 태양광 흡수층은 상기 태양광을 흡수하여 복사 가열 기능이 우선되는

스마트 복사 냉각가열 소자.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

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

스마트 복사 냉각가열 소자.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 적외선 방사층은, PDMS(Polydimethyl siloxane), PUA(Poly urethane acrylate), PVDF(Polyvinylidene fluoride), PET (polyethylene terephthalate), PVC (polyvinyl chloride), PVDF (Polyvinylidene fluoride) 및 DPHA(Dipentaerythritol Hexaacrylate) 중 적어도 하나를 포함하는 폴리머(polymer),  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , cBN,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ , ALON,  $\text{BaTiO}_3$ , BeO,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  및  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  중 적어도 어느 하나의 입자, 및 상기 폴리머에 적어도 어느 하나의 입자가 분산된 구조를 갖는 유무기 물질 중 어느 하나로 형성되는

스마트 복사 냉각가열 소자.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 복사 냉각부는, 상기 태양광과 상기 복사 냉각부가 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 태양광이  $-60^\circ$  내지  $+60^\circ$ 의 입사각으로 입사될 경우, 상기  $-60^\circ$  내지  $+60^\circ$ 의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 상대적으로 높은 적외선 방사율을 갖는

스마트 복사 냉각가열 소자.

## 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 태양광 흡수층은, 상기 타 측면에서 태양광 흡수 페인트(solar absorbing paint)를 10 $\mu$ m 내지 500 $\mu$ m의 두께로 코팅하여 형성되는

스마트 복사 냉각가열 소자.

## 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 복사 가열부는, 상기 태양광과 상기 복사 가열부가 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 태양광이 -45도 내지 +45도의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우, 상기 태양광이 -45도 내지 +45도의 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 장파장 적외선의 방사를 위한 흡수율이 감소되는

스마트 복사 냉각가열 소자.

## 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 복사 가열부는, 규소(Si) 구조체, 높은 종횡비(High aspect ratio) 금속 와이어(wire) 구조체 및 금속을 이용한 메타 흡수(meta-absorb) 구조체 중 어느 하나의 구조체로 형성되는

스마트 복사 냉각가열 소자.

## 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 기준층을 회전(flip) 시켜 상기 복사 냉각부 및 상기 복사 가열부가 상기 태양광에 대하여 노출되는 정도를 제어함에 따라 상기 복사 냉각 및 상기 복사 가열의 세기를 제어하는 제어부를 더 포함하는

스마트 복사 냉각가열 소자.

## 청구항 11

복사 냉각부가 태양광에 노출된 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자; 및

복사 가열부가 상기 태양광에 노출된 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자를 포함하고,

상기 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자 및 상기 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자는 제1 스마트 복사 냉각가열 소자와 제2 스마트 복사 냉각가열 소자가 교대로 반복된 복사냉각가열 패턴으로 배치되며,

상기 제1 스마트 복사 냉각가열 소자 및 상기 제2 스마트 복사 냉각가열 소자 각각은, 적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하는 상기 복사 냉각부 및 기준층을 기준으로 타 측면에 위치하고, 태양광 흡수층을 포함하는 상기 복사 가열부를 포함하고, 복사 냉각과 복사 가열을 동시에 하되, 상기 복사 냉각부 및 상기 복사 가열부의 태양광에 노출되는 정도에 대응하여 복사 냉각 및 복사 가열의 세기가 제어되며,

상기 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자는, 상기 태양광이 상기 복사 냉각부에 노출되는 경우, 상기 태양광 반사층은 태양광을 반사하고, 상기 적외선 방사층은 8 $\mu$ m 내지 13 $\mu$ m 파장 범위의 장파장 적외선을 방사하여 복사 냉각 기능이 우선되고,

상기 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자는, 상기 태양광이 상기 복사 가열부에 노출되는 경우, 상기 태양광 흡수층은 상기 태양광을 흡수하여 복사 가열 기능이 우선되는

스마트 복사 냉각가열 장치.

## 청구항 12

삭제

### 청구항 13

제11항에 있어서,

상기 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자는, 상기 태양광을 향하여 반구형, 사각형 및 실린더형의 모양 중 어느 하나의 모양으로, 부분적으로 복사 냉각 구간에 포함되고,

상기 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자는, 상기 태양광을 향하여 반구형, 사각형 및 실린더형의 모양 중 어느 하나로 모양으로, 부분적으로 복사 가열 구간에 포함되는

스마트 복사 냉각가열 장치.

### 청구항 14

제11항에 있어서,

상기 복사냉각가열 패턴은, 상기 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자와 상기 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자가 상기 태양광에 노출되는 개수에 따라 결정되는

스마트 복사 냉각가열 장치.

### 청구항 15

제11항에 있어서,

상기 태양광 반사층은, 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성되고,

상기 적외선 방사층은, PDMS(Polydimethyl siloxane), PUA(Poly urethane acrylate), PVDF(Polyvinylidene fluoride), PET (polyethylene terephthalate), PVC (polyvinyl chloride), PVDF (Polyvinylidene fluoride) 및 DPHA(Dipentaerythritol Hexaacrylate) 중 적어도 하나를 포함하는 폴리머(polymer),  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , cBN,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ , ALON,  $\text{BaTiO}_3$ , BeO,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  및  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  중 적어도 어느 하나의 입자, 및 상기 폴리머에 적어도 어느 하나의 입자가 분산된 구조를 갖는 유무기 물질 중 어느 하나로 형성되는

스마트 복사 냉각가열 장치.

### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 복사 냉각부는, 상기 태양광과 상기 복사 냉각부가 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 태양광이 -60도 내지 +60도의 입사각으로 입사될 경우, 상기 -60도 내지 +60도의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 상대적으로 높은 적외선 방사율을 갖는

스마트 복사 냉각가열 장치.

### 청구항 17

제11항에 있어서,

상기 태양광 흡수층은, 상기 타 측면에서 태양광 흡수 페인트(solar absorbing paint)를 10  $\mu\text{m}$  내지 500  $\mu\text{m}$ 의 두께로 코팅하여 형성되는

스마트 복사 냉각가열 장치.

### 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 복사 가열부는, 상기 태양광과 상기 복사 가열부가 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 태양광이 -45도 내지 +45도의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우, 상기 태양광이 -45도 내지 +45도의 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 장파장 적외선의 방사를 위한 흡수율이 감소되는

스마트 복사 냉각가열 장치.

#### 청구항 19

제17항에 있어서,

상기 복사 가열부는, 규소(Si) 구조체, 높은 종횡비(High aspect ratio) 금속 와이어(wire) 구조체 및 금속을 이용한 메타 흡수(meta-absorb) 구조체 중 어느 하나의 구조체로 형성되는

스마트 복사 냉각가열 장치.

#### 청구항 20

제11항에 있어서,

상기 기준층 중 상기 제1 스마트 복사 냉각가열 소자와 관련된 제1 기준층 및 상기 기준층 중 상기 제2 스마트 복사 냉각가열 소자와 관련된 제2 기준층 중 적어도 어느 하나를 회전시켜 상기 복사 냉각부 및 상기 복사 가열부가 상기 태양광에 대하여 노출되는 정도와 관련된 상기 복사냉각가열 패턴을 제어하여 상기 복사 냉각 및 상기 복사 가열의 세기를 제어하는 제어소자를 더 포함하는

스마트 복사 냉각가열 장치.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 한 면에는 입사 태양광의 파장 범위에 높은 흡수율을 갖는 소재로 코팅함에 따라 입사 태양광의 에너지를 잘 흡수하여 복사가열(radiative heating)이 가능하도록 하고, 다른 한 면에는 태양광 반사막과 태양광에 투명하며 대기의 창 구간에서 높은 흡수율을 갖는 소재를 코팅하여 복사냉각(radiative cooling)이 가능하도록 한 구조를 통해 선택적으로 복사 냉각 기능 또는 복사 가열 기능을 수행할 수 있는 복사 냉각가열 기술에 관한 것이다.

#### 배경 기술

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

[0003] 한편, 수동형 복사 가열(Radiative Heating) 소자는 낮 동안 태양 빛에 해당하는 파장(0.3-2.5  $\mu$ m)를 흡수하고 우주 밖으로 빠져나갈 수 있는 복사열(8- 13 $\mu$ m) 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 $\mu$ m 영역에서 최대로 열을 방출할 수 있는 조건을 가지게 된다. 지구의 경우에는 대기의 창(sky window) 영역이 약 8-13 $\mu$ m 영역이므로, 수동형 냉각 소자의 열 방출 능력을 최대치로 올리기 위해서는 8-13 $\mu$ m 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 $\mu$ m-13 $\mu$ m 영역대의 장파장 적외선을 외부로 100% 방사시킬 수 있다면, 300K의 주변 온도일 때 158W/m<sup>2</sup>의 냉각능력이 에너지 소모 없이 구현할 수 있다.

[0008] 태양광의 95% 반사시키고, 8 $\mu$ m-13 $\mu$ m 영역의 증적외선을 90% 이상 외부로 방사시키면 주변 온도가 300K 일 때 낮

에는 (즉, 태양에 의한 광흡수 존재)  $100\text{W}/\text{m}^2$ 의 냉각성능을 그리고 태양에 의한 광흡수가 없는 밤에는  $120\text{W}/\text{m}^2$ 의 냉각성능을 구현할 수 있다.

[0009] 태양광의 20% 흡수 할 경우에, 300K의 주변 온도일 때  $158\text{W}/\text{m}^2$  보다 높은 흡수 전력을 가지기 때문에 히팅이 시작될 수 있다. 따라서, 20% 보다 높은 태양광 흡수를 가지게 되면 복사 가열 부분으로 작동할 수 있다.

[0010] 다만, 물질의 광특성에 기인하는 복사 냉각과 복사 가열은 서로 반대되는 이상적인 광특성을 갖게 되며, 이로 인해 복사 냉각과 복사 가열을 동시에 할 수 있는 소재는 전무하다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2036071호, "다층 복사 냉각 구조"  
(특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2016-0147649호, "메타물질-보강된 수동형 복사 냉각 패널"  
(특허문헌 0003) 미국공개특허 제2015/0338175호, "RADIATIVE COOLING WITH SOLAR SPECTRUM REFLECTION"

### 비특허문헌

- [0012] (비특허문헌 0001) Nelson W. Pech-May and Markus Retsch, Tunable daytime passive radiative cooling based on a broadband angle selective low-pass filter, Nanoscale Adv., 2020, 2, 249-255

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 물질의 광특성에 기인하는 복사 냉각과 복사 가열을 동시에 할 수 있는 스위칭 소재 및 소자를 포함하는 스마트 복사 냉각가열 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0014] 본 발명은 낮 시간동안 해당 소자의 복사 가열부가 위치하는 면은 태양광 흡수로 인하여 온도가 높으며, 복사 냉각부가 위치하는 면은 온도가 낮은 소자 특성에 따라 필요에 의해 선택적으로 복사 냉각 기능을 수행하거나 복사 가열 기능을 수행하는 스마트 복사 냉각가열 소자 및 이를 포함하는 스마트 복사 냉각가열 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0015] 본 발명은 복사 냉각 및 가열의 스마트 구동이 가능하므로 원하는 온도를 유지하는 냉난방 기능을 효과적으로 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0016] 본 발명은 일부는 복사 냉각 기능을 수행하고 나머지는 복사 가열 기능을 선택하여 사용자가 원하는 온도를 유지함에 따라 냉난방 기능을 효과적으로 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0017] 본 발명은 기준층의 일측면에 복사 냉각부가 위치하고, 기준층의 다른 측면에서는 복사 가열부가 위치하여, 기준층을 회전(flip)하기 위한 최소한의 기계적 에너지로 복사 냉각 기능과 복사 가열 기능을 스위칭하는 것을 목적으로 한다.
- [0018] 본 발명은 태양을 향하는 복사 가열부 및 복사 냉각부의 노출 비율을 제어하여 냉각 또는 가열이 가능함에 따라 특정 조건에서는 온도를 유지하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0019] 본 발명의 일실시예에 따르면 스마트 복사 냉각가열 소자는 적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하는 복사 냉각부 및 기준층을 기준으로 타 측면에 위치하고, 태양광 흡수층을 포함하는 복사 가열부를 포함하고, 상기 복사 냉각부 및 상기 복사 가열부의 태양광에 노출되는 정도에 대응하여 복사 냉각 및 복사 가열의 세기가 제어될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일실시예에 따르면 스마트 복사 냉각가열 소자는 상기 태양광이 상기 복사 냉각부에 노출되는 경우,

상기 태양광 반사층은 태양광을 반사하고, 상기 적외선 방사층은 8 $\mu$ m 내지 13 $\mu$ m 파장 범위의 장파장 적외선을 방사하여 복사 냉각 기능이 우선될 수 있다.

- [0021] 본 발명의 일실시예에 따르면 스마트 복사 냉각가열 소자는 상기 태양광이 상기 복사 가열부에 노출되는 경우, 상기 태양광 흡수층은 상기 태양광을 흡수하여 복사 가열 기능이 우선될 수 있다.
- [0022] 상기 태양광 반사층은, 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(Cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성될 수 있다.
- [0023] 상기 적외선 방사층은, PDMS(Polydimethyl siloxane), PUA(Poly urethane acrylate), PVDF(Polyvinylidene fluoride), PET (polyethylene terephthalate), PVC (polyvinyl chloride), PVDF (Polyvinylidene fluoride) 및 DPHA(Dipentaerythritol Hexaacrylate) 중 적어도 하나를 포함하는 폴리머(polymer), SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, cBN, CaSO<sub>4</sub>, TiO<sub>2</sub>, ALON, BaTiO<sub>3</sub>, BeO, Cu<sub>2</sub>O, MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, SrTiO<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Bi<sub>12</sub>SiO<sub>20</sub>, CaCO<sub>3</sub>, LiTaO<sub>3</sub>, KNbO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, ZrSiO<sub>4</sub> 및 CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 중 적어도 어느 하나의 입자, 및 상기 폴리머에 적어도 어느 하나의 입자가 분산된 구조를 갖는 유/무기 물질 중 어느 하나로 형성될 수 있다.
- [0024] 상기 적외선 방사층은, 상기 폴리머 및 상기 적어도 어느 하나의 입자 중 적어도 어느 하나를 이용하여 단일층 구조 및 다층 구조 중 어느 하나의 구조로 형성될 수 있다.
- [0025] 상기 복사 냉각부는, 상기 태양광과 상기 복사 냉각부가 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 태양광이 -60도 내지 +도의 입사각으로 입사될 경우, 상기 -60도 내지 +60도의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 상대적으로 높은 적외선 방사율을 갖을 수 있다.
- [0026] 상기 태양광 흡수층은, 상기 타 측면에서 태양광 흡수 페인트(solar absorbing paint)를 10 $\mu$ m 내지 500 $\mu$ m의 두께로 코팅하여 형성될 수 있다.
- [0027] 상기 복사 가열부는, 상기 태양광과 상기 복사 가열부가 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 태양광이 -45도 내지 +45도의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우, 상기 태양광이 -45도 내지 +45도의 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 장파장 적외선의 방사를 위한 흡수율이 감소될 수 있다.
- [0028] 상기 복사 가열부는, 규소(Si) 구조체, 높은 종횡비(High aspect ratio) 금속 와이어(wire) 구조체 및 금속을 이용한 메타 흡수(meta-absorb) 구조체 중 어느 하나의 구조체로 형성될 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일실시예에 따르면 스마트 복사 냉각가열 소자는 상기 기준층을 회전(flip) 시켜 상기 복사 냉각부 및 상기 복사 가열부가 상기 태양광에 대하여 노출되는 정도를 제어함에 따라 상기 복사 냉각 및 상기 복사 가열의 세기를 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 장치는 복사 냉각부가 태양광에 노출된 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자 및 복사 가열부가 상기 태양광에 노출된 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자를 포함하고, 상기 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자 및 상기 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자는 복사냉각가열 패턴으로 배치되며, 상기 제1 스마트 복사 냉각가열 소자 및 상기 제2 스마트 복사 냉각가열 소자 각각은, 적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하는 상기 복사 냉각부 및 기준층을 기준으로 타 측면에 위치하고, 태양광 흡수층을 포함하는 상기 복사 가열부를 포함할 수 있다.
- [0031] 상기 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자는, 상기 태양광이 상기 복사 냉각부에 노출되는 경우, 상기 태양광 반사층은 태양광을 반사하고, 상기 적외선 방사층은 8 $\mu$ m 내지 13 $\mu$ m 파장 범위의 장파장 적외선을 방사하여 복사 냉각 기능이 우선되고, 상기 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자는, 상기 태양광이 상기 복사 가열부에 노출되는 경우, 상기 태양광 흡수층은 상기 태양광을 흡수하여 복사 가열 기능이 우선될 수 있다.
- [0032] 상기 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자는, 상기 태양광을 향하여 반구형, 사각형 및 실린더 형의 모양 중 어느 하나의 모양으로, 부분적으로 복사 냉각 구간에 포함되고, 상기 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자는, 상기 태양광을 향하여 반구형, 사각형 및 실린더 형의 모양 중 어느 하나로써의 모양으로, 부분적으로 복사 가열 구간에 포함될 수 있다.
- [0033] 상기 복사냉각가열 패턴은, 상기 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자와 상기 적어도 하나 이상

의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자가 상기 태양광에 노출되는 개수에 따라 결정될 수 있다.

[0034] 상기 태양광 반사층은, 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(Cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성되고, 상기 적외선 방사층은, PDMS(Polydimethyl siloxane), PUA(Poly urethane acrylate), PVDF(Polyvinylidene fluoride), PET (polyethylene terephthalate), PVC (polyvinyl chloride), PVDF (Polyvinylidene fluoride) 및 DPHA(Dipentaerythritol Hexaacrylate) 중 적어도 하나를 포함하는 폴리머(polymer),  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , cBN  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ , ALON,  $\text{BaTiO}_3$ , BeO,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  및  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  중 적어도 어느 하나의 입자, 및 상기 폴리머에 적어도 어느 하나의 입자가 분산된 구조를 갖는 유/무기 물질 중 어느 하나로 형성될 수 있다.

[0035] 상기 복사 냉각부는, 상기 태양광과 상기 복사 냉각부가 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 태양광이 -60도 내지 +60도의 입사각으로 입사될 경우, 상기 -60도 내지 +60도의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 상대적으로 높은 적외선 방사율을 갖을 수 있다.

[0036] 상기 태양광 흡수층은, 상기 타 측면에서 태양광 흡수 페인트(solar absorbing paint)를 10  $\mu\text{m}$  내지 500  $\mu\text{m}$ 의 두께로 코팅하여 형성될 수 있다.

[0037] 상기 복사 가열부는, 상기 태양광과 상기 복사 가열부가 수직을 이루는 기준선에 대하여 상기 태양광이 -45도 내지 +45도의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우, 상기 태양광이 -45도 내지 +45도의 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 장파장 적외선의 방사를 위한 흡수율이 감소될 수 있다.

[0038] 상기 복사 가열부는, 규소(Si) 구조체, 높은 종횡비(High aspect ratio) 금속 와이어(wire) 구조체 및 금속을 이용한 메타 흡수(meta-absorb) 구조체 중 어느 하나의 구조체로 형성될 수 있다.

[0039] 본 발명의 일실시예에 따르면 스마트 복사 냉각가열 장치는 제1 기준층 및 제2 기준층 중 적어도 어느 하나를 회전시켜 상기 복사 냉각부 및 상기 복사 가열부가 상기 태양광에 대하여 노출되는 정도와 관련된 상기 복사 냉각가열 패턴을 제어하여 상기 복사 냉각 및 상기 복사 가열의 세기를 제어하는 제어소자를 더 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0040] 본 발명은 물질의 광특성에 기인하는 복사 냉각과 복사 가열을 동시에 할 수 있는 스위칭 소재 및 소자를 포함하는 스마트 복사 냉각가열 장치를 제공할 수 있다.

[0041] 본 발명은 낮 시간동안 해당 소자의 복사 가열부가 위치하는 면은 태양광 흡수로 인하여 온도가 높으며, 복사 냉각부가 위치하는 면은 온도가 낮은 소자 특성에 따라 필요에 의해 선택적으로 복사 냉각 기능을 수행하거나 복사 가열 기능을 수행하는 스마트 복사 냉각가열 소자 및 이를 포함하는 스마트 복사 냉각가열 장치를 제공할 수 있다.

[0042] 본 발명은 복사 냉각 및 가열의 스마트 구동이 가능하므로 원하는 온도를 유지하는 냉난방 기능을 효과적으로 제공할 수 있다.

[0043] 본 발명은 일부는 복사 냉각 기능을 수행하고 나머지는 복사 가열 기능을 선택하여 사용자가 원하는 온도를 유지함에 따라 냉난방 기능을 효과적으로 제공할 수 있다.

[0044] 본 발명은 기준층의 일측면에 복사 냉각부가 위치하고, 기준층의 다른 측면에서는 복사 가열부가 위치하여, 기준층을 회전(flip)하기 위한 최소한의 기계적 에너지로 복사 냉각 기능과 복사 가열 기능을 스위칭할 수 있다.

[0045] 본 발명은 태양을 향하는 복사 가열부 및 복사 냉각부의 노출 비율을 제어하여 냉각 또는 가열이 가능함에 따라 특정 조건에서는 온도를 유지할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0046] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 구성 요소를 설명하는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 동작 방법을 설명하는 도면이다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 이미지를 예시한다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 기준층을 회전 시켜 복사 냉각 기능과 복사 가열 기능을 전환하는 스마트 복

사 냉각가열 장치를 설명하는 도면이다.

도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 배열에 따른 복사냉각가열 패턴을 갖는 스마트 복사 냉각가열 장치를 설명하는 도면이다.

도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 흡수도를 설명하는 도면이다.

도 7a 내지 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 동작 성능을 설명하는 도면이다.

도 9a 내지 도 9d는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 복사 가열부를 설명하는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0047] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.
- [0048] 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.
- [0049] 하기에 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.
- [0050] 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.
- [0051] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.
- [0052] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0053] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.
- [0054] "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.
- [0055] 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.
- [0056] 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.
- [0057] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.
- [0058] 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.
- [0059] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.
- [0060] 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.
- [0061] 이하 사용되는 '..부', '..기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0063] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 구성 요소를 설명하는 도면이다.
- [0064] 도 1a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자(100)는 기준층(110), 복사 냉각부

(120) 및 복사 가열부(130)를 포함한다.

- [0065] 일례로, 스마트 복사 냉각가열 소자(100)는 복사 냉각부(120) 및 복사 가열부(130)의 태양광에 노출되는 정도에 대응하여 복사 냉각 및 복사 가열의 세기가 제어될 수 있다.
- [0066] 일례로, 기준층(110)은 300  $\mu\text{m}$  두께의 PET 필름(film), 플라스틱 기판, 실리콘 기판, 유리 기판 및 금속 기판을 포함할 수 있다.
- [0067] 일례로, 복사 냉각부(120)는 태양광 반사층(121) 및 적외선 방사층(122)을 포함한다.
- [0068] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각부(120)는 태양광 반사층(121) 및 적외선 방사층(122)을 포함하여 복사 냉각 특성을 나타낼 수 있다.
- [0069] 예를 들어, 복사 냉각부(120)는 기준층(110)의 일측면에 위치할 수 있고, 기준층(110)의 일측면을 기준으로 태양광 반사층(121) 상에 적외선 방사층(122)이 위치할 수 있다.
- [0070] 본 발명의 일실시예에 따르면 스마트 복사 냉각가열 소자(100)는 태양광이 복사 냉각부(120)에 노출되는 경우, 태양광 반사층(121)은 태양광을 반사하고, 적외선 방사층(122)은 8  $\mu\text{m}$  내지 13  $\mu\text{m}$  파장 범위의 장파장 적외선을 방사하여 복사 냉각 기능이 우선될 수 있다.
- [0071] 예를 들어, 복사 냉각 기능은 태양광을 전반사하고, 장파장 적외선은 방사하여 스마트 복사 냉각가열 소자(100) 아래에 위치하는 물질에 대한 온도를 감소시키는 기능에 해당할 수 있다.
- [0072] 일례로, 태양광 반사층(121)은 은(Ag) 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성될 수 있다.
- [0073] 즉, 태양광 반사층(121)은 은(Ag) 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질로 형성될 수 있다.
- [0074] 또한, 태양광 반사층(121)은 은(Ag) 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 적어도 둘이 결합된 합금 물질로 형성될 수 있다.
- [0075] 예를 들어, 태양광 반사층(121)은 20nm의 Ag 박막으로 구성되어, 입사 태양광의 파장 범위에 대해서 95% 이상의 반사율을 갖을 수 있다.
- [0076] 본 발명의 일실시예에 따르면 적외선 방사층(122)은, PDMS(Polydimethyl siloxane), PUA(Poly urethane acrylate), PVDF(Polyvinylidene fluoride), PET (polyethylene terephthalate), PVC (polyvinyl chloride), PVDF (Polyvinylidene fluoride) 및 DPHA(Dipentaerythritol Hexaacrylate) 중 적어도 하나를 포함하는 폴리머(polymer),  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , cBN,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ , ALON,  $\text{BaTiO}_3$ , BeO,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  및  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  중 적어도 어느 하나의 입자, 및 상기 폴리머에 적어도 어느 하나의 입자가 분산된 구조를 갖는 유/무기 물질 중 어느 하나로 형성될 수 있다.
- [0077] 또한, 적외선 방사층(122)은 폴리머(polymer)에  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , cBN,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ , ALON,  $\text{BaTiO}_3$ , BeO,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$  및  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  나노 또는 마이크로 입자가 분산된 구조를 갖는 소재를 이용하여 형성된 단일층 구조 또는 폴리머(polymer) 및 8  $\mu\text{m}$  내지 13  $\mu\text{m}$  파장 범위에서 90%이상의 흡수율을 갖는  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ 이 순차적으로 증착되어 형성되는 다층 구조를 포함할 수 있다.
- [0078] 즉, 적외선 방사층(122)은, 폴리머 및 적어도 어느 하나의 입자 중 적어도 어느 하나를 이용하여 단일층 구조 또는 다층 구조로 형성될 수 있다.
- [0079] 또한, 적외선 방사층(122)은 대기의 창 구간인 8  $\mu\text{m}$  내지 13  $\mu\text{m}$  파장 범위에서 95% 이상의 평균흡수율을 갖으므로 장파장 적외선 방사에 의한 복사 냉각이 주간 및 야간에 모두 수행할 수 있다.
- [0080] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 가열부(130)는 기준층(110)을 기준으로, 복사 냉각부(120)와 반대 측면에 위치하고, 태양광 흡수층을 포함하여 복사가열 특성을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 복사 가열부(130)와 태양광 흡수층은 동일할 수 있다.

- [0081] 일례로, 복사 가열부(130)는 기준층(110)의 다른 일측면에서 위치하며, 태양광의 전 파장범위에서 태양광을 흡수하여 복사 가열 특성을 나타내는 태양광 흡수층을 포함한다.
- [0082] 본 발명의 일실시예에 따르면, 스마트 복사 냉각가열 소자(100)는 태양광이 복사 가열부(130)에 노출되는 경우, 태양광 흡수층은 태양광을 흡수하여 복사 가열 기능이 우선될 수 있다.
- [0083] 예를 들어, 복사 가열 기능은 태양광의 전 파장범위에서 태양광을 흡수하여 스마트 복사 냉각가열 소자(100) 아래에 위치하는 물질에 대한 온도를 증가시키는 기능에 해당할 수 있다.
- [0084] 예를 들어, 태양광 흡수층은, 기준층(110)의 타 측면에서 태양광 흡수 페인트(solar absorbing paint)를 10  $\mu\text{m}$  내지 500  $\mu\text{m}$ 의 두께로 코팅하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 태양광 흡수 페인트는 블랙 페인트를 포함할 수 있다.
- [0085] 또한, 복사 가열부(130)는 에칭(etching) 공정을 이용하여 제작된 규소(Si) 구조체, 높은 종횡비(High aspect ratio) 금속 와이어(wire) 구조체 및 금속을 이용한 메타 흡수(meta-absorb) 구조체 중 어느 하나를 이용하여 형성될 수 있다.
- [0086] 예를 들어, 금속 와이어 구조체는 니켈(Ni)을 이용하여 형성될 수 있고, 메타 흡수 구조체는 텅스텐(W)을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0087] 예를 들어, 복사 가열부(130)는 태양광의 흡수율이 20% 이상이 될 경우에, 복사 가열 기능을 수행할 수 있다.
- [0088] 또한, 복사 가열부(130)는 붉은색, 파란색, 초록색 등 다양한 색을 나타낼 수 있는 색상형 나노입자가 코팅될 경우, 입사되는 태양광과 연계하여 다양한 색을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 복사 가열부(130)는 텅스텐과 니켈과 같은 금속물질에 태양광의 흡수율을 높일 수 있는 패턴들을 리프트 오프 공정, 임프린팅 공정 또는 전사 공정을 이용하여 구현한 와이어 구조체 또는 메타 흡수 구조체를 이용하여 형성될 수 있다. 또한, 흡수율을 높일 수 있는 패턴들은 텅스텐과 니켈과 같은 금속물질을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0089] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 가열부(130)는 태양광 흡수 페인트를 코팅하여 형성되거나 니켈(Ni)을 이용하여 높은 종횡비(High aspect ratio)로 형성된 금속 와이어 구조체로 형성될 경우에 해당하는 제1 유형 복사 가열부 및 텅스텐(W)을 이용하여 메타 흡수 구조체로 형성될 경우에 해당하는 제2 유형 복사 가열부를 포함할 수 있다.
- [0090] 일례로, 제1 유형 복사 가열부는 태양광이 없는 밤 시간에 복사 냉각을 수행하고, 제2 유형 복사 가열부는 태양광이 없는 밤 시간에는 복사 냉각을 수행하지 않는 차이점이 존재한다.
- [0091] 제1 유형 복사 가열부는 도 6a를 이용하여 보충 설명하고, 제2 유형 복사 가열부는 도 9a 내지 도 9d를 이용하여 보충 설명한다.
- [0092] 일례로, 복사 가열부(130)는 적외선 영역의 흡수 및 방사 그리고 반사에 따라서 제1 유형 복사 가열부 및 제2 유형 복사 가열부 중 어느 하나로 동작할 수 있다.
- [0093] 예를 들어, 제1 유형 복사 가열부는 태양광 스펙트럼에서의 태양광 흡수율과 적외선 방사 및 흡수율이 모두 높아 낮에는 복사 가열 기능을 수행하고, 밤에는 복사 냉각 기능을 수행할 수 있다.
- [0094] 또한, 제2 유형 복사 가열부는 태양광 스펙트럼에서의 태양광 흡수율은 높지만, 대기의 창 스펙트럼에서의 방사율이 낮은 파장 선택적 특성을 가짐에 따라, 낮에는 복사 가열 기능을 수행하나 밤에 복사 냉각 기능을 수행하지 않는다.
- [0095] 도 1b를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자(140)는 기준층(150), 복사 냉각부(160) 및 복사 가열부(170)를 포함하고, 기준층(150)을 회전시키기 위한 제어부(180)를 더 포함한다.
- [0096] 일례로, 기준층(150), 복사 냉각부(160) 및 복사 가열부(170)는 도 1a에서 설명한 내용과 동일한 구성 및 기능을 수행한다.
- [0097] 예를 들어, 기준층(150)의 회전에 따라 복사 냉각부(160) 및 복사 가열부(170)가 태양광에 대하여 노출되는 정도가 제어될 수 있다.
- [0098] 본 발명의 일실시예에 따르면 제어부(180)는 복사 냉각부(160) 및 복사 가열부(170) 중 어느 하나가 태양을 향하도록 제어할 수 있다.

- [0099] 즉, 제어부(180)는 복사 냉각부(160) 및 복사 가열부(170) 중 어느 하나가 하늘 방향을 향하도록 기준층(150)을 회전시킬 수 있다.
- [0100] 예를 들어, 제어부(180)는 기준층(150)을 회전(flip)시켜 복사 냉각부(160)의 복사 냉각과 복사 가열부(170)의 복사 가열을 스위칭할 수 있다.
- [0101] 본 발명의 일실시예에 따르면 제어부(180)는 기준층(150)을 회전(flip)시켜 복사 냉각부(160) 및 복사 가열부(170)가 태양광에 대하여 노출되는 정도를 제어함에 따라 복사 냉각 및 상기 복사 가열의 세기를 제어할 수 있다.
- [0102] 예를 들어, 복사 냉각부(160)는 태양광 반사층(161) 및 적외선 방사층(162)을 포함할 수 있다.
- [0103] 따라서, 본 발명은 물질의 광특성에 기인하는 복사 냉각과 복사 가열을 동시에 할 수 있는 스마트 복사 냉각가열 소자를 제공할 수 있다.
- [0104] 또한, 본 발명은 복사 냉각 및 가열의 스마트 구동이 가능하므로 원하는 온도를 유지하는 냉난방 기능을 효과적으로 제공할 수 있다.
- [0105] 또한, 본 발명은 일부는 복사 냉각 기능을 수행하고 나머지는 복사 가열 기능을 선택하여 사용자가 원하는 온도를 유지함에 따라 냉난방 기능을 효과적으로 제공할 수 있다.
- [0107] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 동작 방법을 설명하는 도면이다.
- [0108] 도 2를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 동작 방법은 복사 가열 단계(S201), 스위칭 단계(S202) 및 복사 냉각 단계(S203)를 포함하고, 스마트 복사 냉각가열 소자(210)의 복사 가열부 및 복사 냉각부는 태양(200)을 향하는 위치가 스위칭될 수 있으며, 적외선(201)을 흡수하여 방사하거나 태양광(202)을 흡수 또는 반사할 수 있다.
- [0109] 스마트 복사 냉각가열 소자(210)는 폴리스티렌(polystyrene) 케이스 내부에 위치하여 태양 흡수 페인트(solar absorbing paint), PET 기준층(PET substrate), 은 박막(Silver), SiO<sub>2</sub>가 혼합된 PDMS층(SiO<sub>2</sub> MP embedded PDMS)를 포함하고, 폴리스티렌(polystyrene) 케이스와 접착제(thermally conductive adhesive)에 의해 접착될 수 있다.
- [0110] 예를 들어, SiO<sub>2</sub>가 혼합된 PDMS층은 SiO<sub>2</sub>의 나노 입자(nano particle)가 PDMS에 혼합되어 형성된 복사 냉각부에 해당될 수 있다.
- [0111] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 가열 단계(S201)는 태양광 흡수층에 해당하는 태양 흡수 페인트(solar absorbing paint)층이 태양(200) 쪽으로 향하면서 태양광을 흡수하여 복사 가열 기능을 수행한다.
- [0112] 일례로, 스위칭 단계(S202)는 태양을 기준으로 복사 가열부와 복사 냉각부의 위치를 스위칭한다.
- [0113] 또한, 복사 냉각 단계(S203)는 적외선 방사층에 해당하는 PDMS층과 태양광 반사층에 해당하는 Ag 박막층이 태양 쪽을 향하면서 은(Ag) 박막층이 태양광을 반사하고, 복사 냉각부로부터 자체 방출되는 8 $\mu$ m 내지 13 $\mu$ m 영역대의 장파장 적외선을 외부로 방사하여 복사 냉각 기능을 수행한다.
- [0115] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 이미지를 예시한다.
- [0116] 도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 복사 냉각부 및 복사 가열부의 이미지를 예시한다.
- [0117] 도 3a를 참고하면, 복사 가열부(300)는 태양 흡수 페인트(solar absorbing paint)가 드러나 검은색을 나타내고, 복사 냉각부(301)는 Ag박막과 PDMS층이 드러나 은색을 나타낸다.
- [0118] 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 복사 가열부의 전자 현미경 이미지(310)를 예시하고, 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 복사 냉각부의 적외선 방사층의 전자 현미경 이미지(320)를 예시한다.
- [0119] 도 3b를 참고하면, 전자 현미경 이미지(310)는 태양 흡수 페인트(solar absorbing paint)층이 약 80 $\mu$ m의 두께로 증착되었음을 나타낸다. 다만, 태양 흡수 페인트층의 두께는 80 $\mu$ m로 한정되지 않으며, 10 $\mu$ m 이상 그리고 500 $\mu$ m 이하의 두께로 증착될 경우 태양광 흡수층으로서의 역할을 수행할 수 있다.

- [0120] 도 3c를 참고하면, 전자 현미경 이미지(320)는 SiO<sub>2</sub>가 혼합된 PDMS층이 약 87 μm의 두께로 증착 형성되었음을 나타낸다. 다만, SiO<sub>2</sub>가 혼합된 PDMS층은 30 μm 이상의 두께이면 열 방사를 수행할 수 있고, 30 μm 보다 더 작은 두께의 경우에는 점차 증가하는 추세로 방사율이 증가될 수 있다.
- [0121] 따라서, SiO<sub>2</sub>가 혼합된 PDMS층의 두께 조절에 따라서 방사율도 조절될 수 있다.
- [0123] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 기준층을 회전시켜 복사 냉각 기능과 복사 가열 기능을 전환하는 스마트 복사 냉각가열 장치를 설명하는 도면이다.
- [0124] 도 4를 참고하면, 스마트 복사 냉각가열 장치(400)는 기준층(401)을 기준으로, 기준층(401)의 일측면에서 태양광 반사층(402) 및 적외선 방사층(403)을 포함하고, 기준층(401)의 다른 일측면에서 태양광 흡수층(404)을 포함한다.
- [0125] 스마트 복사 냉각가열 장치(400)는 태양이 위치하는 하늘을 기준으로 태양광 반사층(402) 및 적외선 방사층(403)이 기준층(401) 상단에 위치할 경우, 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(410)로서, 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(410)의 표면에 입사하는 태양광을 반사하고, 장파장 적외선을 방사하여 스마트 복사 냉각가열 장치(400)의 하단에 위치하는 대상의 온도를 낮춘다.
- [0126] 반대로, 스마트 복사 냉각가열 장치(400)가 회전되어, 태양이 위치하는 하늘을 기준으로 태양광 흡수층(404)이 기준층(401) 상단에 위치할 경우, 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(420)로서, 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(420)의 표면에 입사하는 태양 광을 흡수하여 스마트 복사 냉각가열 장치(400)의 하단에 위치하는 대상의 온도를 증가시킨다.
- [0127] 예를 들어, 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(410)는 복사 냉각 소자일 수 있고, 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(420)는 복사 가열 소자일 수 있다.
- [0128] 이때, 스마트 복사 냉각가열 장치(400)는 기준층(401)에 기계적으로 연결된 제어소자의 제어에 기반하여 180도 회전될 수 있다.
- [0129] 예를 들어, 스마트 복사 냉각가열 장치(400)는 제어 소자의 제어에 기반하여 기준층(401)을 0도 내지 360도 회전시킬 수 있다.
- [0130] 즉, 스마트 복사 냉각가열 장치(400)는 기준층(401)의 회전에 따라 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(410) 또는 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(420)로서의 기능을 선택적으로 수행할 수 있다.
- [0131] 따라서, 본 발명은 기준층의 일측면에 복사 냉각부가 위치하고, 기준층의 다른 측면에서는 복사 가열부가 위치하여, 기준층을 회전(flip)하기 위한 최소한의 기계적 에너지로 복사 냉각 기능과 복사 가열 기능을 스위칭할 수 있다.
- [0132] 또한, 본 발명은 태양광을 향하는 복사 가열부 및 복사 냉각부의 노출 비율을 제어하여 냉각 또는 가열이 가능함에 따라 특정 조건에서는 온도를 유지할 수 있다.
- [0134] 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 배열에 따른 복사냉각가열 패턴을 갖는 스마트 복사 냉각가열 장치를 설명하는 도면이다.
- [0135] 도 5a는 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각부가 상단에 위치하는 제1 스마트 복사 냉각가열 소자 및 복사 가열부가 상단에 위치하는 제2 스마트 복사 냉각가열 소자가 교대로 반복하여 사각형 모양으로 포함된 스마트 복사 냉각가열 장치를 예시한다.
- [0136] 도 5a를 참고하면, 스마트 복사 냉각 가열 장치(500)는 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501)와 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502)가 태양을 향하여 반복하여 교대로 포함된다.
- [0137] 일례로, 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501) 및 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502) 각각은, 적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하는 복사 냉각부 및 기준층을 기준으로 타 측면에 위치하고, 태양광 흡수층을 포함하는 복사 가열부를 포함할 수 있다.
- [0138] 본 발명의 일실시예에 따르면 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501)는 제1 기준층의 일측면에서 적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하여 복사냉각 특성을 나타내는 복사 냉각부가 태양을 향하도록 위치할 수 있다.

- [0139] 또한, 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501)는 제1 기준층의 일측면에 복사 냉각부가 위치하고, 제1 기준층의 다른 일측면에서 태양광 흡수층을 포함하여 복사가열 특성을 나타내는 복사 가열부가 위치할 수 있다.
- [0140] 일례로, 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501)는 사각형의 모양으로 스마트 복사 냉각가열 장치(500)의 부분적으로 복사 냉각 구간에 포함될 수 있다.
- [0141] 본 발명의 일실시예에 따르면 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502)는 제2 기준층의 일측면에서 태양광 흡수층을 포함하여 복사가열 특성을 나타내는 복사 가열부가 태양을 향하도록 위치할 수 있다.
- [0142] 일례로, 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502)는 제2 기준층의 일측면에 복사 가열부가 위치하고, 제2 기준층의 다른 일측면에서 적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하여 복사냉각 특성을 나타내는 복사 냉각부가 위치할 수 있다.
- [0143] 일례로, 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502)는 사각형의 모양으로 스마트 복사 냉각가열 장치(500)의 부분적으로 복사 가열 구간에 포함될 수 있다.
- [0144] 예를 들어, 스마트 복사 냉각가열 장치(500)는 제어소자를 더 포함하고, 제어소자는 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501)의 제1 기준층 및 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502)의 제2 기준층 중 적어도 어느 하나를 회전시켜 복사 냉각부 및 복사 가열부가 태양광에 대하여 노출되는 정도와 관련된 복사냉각가열 패턴을 제어하여 복사 냉각 및 복사 가열의 세기를 제어할 수 있다.
- [0145] 본 발명의 일실시예에 따르면, 스마트 복사 냉각가열 장치(500)는 제1 기준층과 제2 기준층에 연결된 기계적 힘에 의해 회전되고, 부분적으로도 전환하여 태양을 향하는 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501)의 수와 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502)의 수가 조절될 수 있다.
- [0146] 예를 들어, 스마트 복사 냉각가열 장치(500)는 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501)와 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502)의 개수에 따라 태양에 대하여 노출되는 비율을 제어함에 따라 복사 냉각 및 복사 가열의 세기를 제어할 수 있다.
- [0147] 본 발명의 일실시예에 따르면, 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(501)는, 태양광이 복사 냉각부에 노출되는 경우, 태양광 반사층은 태양광을 반사하고 적외선 방사층은 8 $\mu$ m 내지 13 $\mu$ m 파장 범위의 장파장 적외선을 방사하여 복사 냉각 기능이 우선될 수 있다.
- [0148] 본 발명의 일실시예에 따르면, 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(502)는, 태양광이 복사 가열부에 노출되는 경우, 태양광 흡수층은 태양광을 흡수하여 복사 가열 기능이 우선될 수 있다.
- [0149] 도 5b는 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각부가 상단에 위치하는 제1 스마트 복사 냉각가열 소자 및 복사 가열부가 상단에 위치하는 제2 스마트 복사 냉각가열 소자가 교대로 반복하여 반구형 모양으로 포함된 스마트 복사 냉각가열 장치를 예시한다.
- [0150] 도 5b를 참고하면, 스마트 복사 냉각 가열 장치(510)는 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(511)와 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(512)가 태양을 향하여 반복하여 교대로 포함된다.
- [0151] 본 발명의 일실시예에 따르면 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(511)는 제1 기준층의 일측면에서 적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하여 복사냉각 특성을 나타내는 복사 냉각부가 태양을 향하도록 위치할 수 있다.
- [0152] 또한, 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(511)는 제1 기준층의 일측면에 복사 냉각부가 위치하고, 제1 기준층의 다른 일측면에서 태양광 흡수층을 포함하여 복사가열 특성을 나타내는 다른 복사 가열부가 위치할 수 있다.
- [0153] 일례로, 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(511)는 반구형의 모양으로 스마트 복사 냉각가열 장치(510)의 부분적으로 복사 냉각 구간에 포함될 수 있다.
- [0154] 본 발명의 일실시예에 따르면 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(512)는 제2 기준층의 일측면에서 태양광 흡수층을 포함하여 복사가열 특성을 나타내는 복사 가열부가 태양을 향하도록 위치할 수 있다.
- [0155] 일례로, 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(512)는 제2 기준층의 일측면에 복사 가열부가 위치하고, 제2 기준층의 다른 일측면에서 적외선 방사층 및 태양광 반사층을 포함하여 복사냉각 특성을 나타내는 다

른 복사 냉각부가 위치할 수 있다.

- [0156] 일례로, 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(512)는 반구형의 모양으로 스마트 복사 냉각가열 장치(510)의 부분적으로 복사 가열 구간에 포함될 수 있다.
- [0157] 예를 들어, 스마트 복사 냉각가열 장치(510)는 제어소자를 더 포함하고, 제어소자는 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(511)의 제1 기준층 및 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(512)의 제2 기준층 중 적어도 어느 하나를 회전시켜 복사 냉각부 및 복사 가열부가 태양광에 대하여 노출되는 정도와 관련된 복사냉각가열 패턴을 제어하여 복사 냉각 및 복사 가열의 세기를 제어할 수 있다.
- [0158] 예를 들어, 스마트 복사 냉각가열 장치(510)는 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(511)와 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(512)의 개수에 따라 태양에 대하여 노출되는 비율을 제어함에 따라 복사 냉각 및 복사 가열의 세기를 제어할 수 있다.
- [0159] 본 발명의 일실시예에 따르면, 스마트 복사 냉각가열 장치(510)는 제1 기준층과 제2 기준층에 연결된 기계적 힘에 의해 회전되고, 부분적으로도 전환하여 태양을 향하는 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(511)의 수와 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(512)의 수가 조절될 수 있다.
- [0160] 본 발명의 일실시예에 따르면, 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(511)는, 태양광이 복사 냉각부에 노출되는 경우, 태양광 반사층은 태양광을 반사하고 적외선 방사층은  $8\mu\text{m}$  내지  $13\mu\text{m}$  파장 범위의 장파장 적외선을 방사하여 복사 냉각 기능이 우선될 수 있다.
- [0161] 본 발명의 일실시예에 따르면, 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(512)는, 태양광이 복사 가열부에 노출되는 경우, 태양광 흡수층은 태양광을 흡수하여 복사 가열 기능이 우선될 수 있다.
- [0162] 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각부가 상단에 위치하는 제1 스마트 복사 냉각가열 소자 및 복사 가열부가 상단에 위치하는 제2 스마트 복사 냉각가열 소자가 교대로 반복하여 실린더 모양으로 포함된 스마트 복사 냉각가열 장치를 예시한다.
- [0163] 도 5c를 참고하면, 스마트 복사 냉각 가열 장치(520)는 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(521)와 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(522)가 태양을 향하여 반복하여 교대로 포함된다.
- [0164] 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각 가열 장치(520)는 도 5a 및 도 5b에서 설명된 스마트 복사 냉각 가열 장치(500) 및 스마트 복사 냉각 가열 장치(510)와 동일한 동작 특성을 나타낼 수 있다.
- [0165] 일례로, 적어도 하나 이상의 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(521)는 실린더 형의 모양으로 스마트 복사 냉각가열 장치(520)의 부분적으로 복사 가열 구간에 포함될 수 있다.
- [0166] 일례로, 적어도 하나 이상의 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(522)는 실린더 형의 모양으로 스마트 복사 냉각가열 장치(520)의 부분적으로 복사 가열 구간에 포함될 수 있다.
- [0167] 예를 들어, 실린더 형의 모양은 비닐하우스 모양 및 원뿔 모양 등의 다양한 모양을 포함할 수 있다.
- [0168] 본 발명의 일실시예에 따르면 스마트 복사 냉각가열 장치(520)는 제1 스마트 복사 냉각가열 소자(521)의 제1 기준층 및 제2 스마트 복사 냉각가열 소자(522)의 제2 기준층이 개별적으로 회전되어서 보다 정밀하게 온도 제어를 수행할 수 있다.
- [0169] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 흡수도를 설명하는 도면이다.
- [0170] 도 6a는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 파장 범위 별 태양광 흡수도를 설명하는 도면이다.
- [0171] 도 6a를 참고하면, 그래프(600)는 파장(wavelength)대 및 태양광 세기(solar power density) 별 복사 가열부(601) 및 복사 냉각부(602)의 흡수도(absorptivity) 및 방출도(emissivity)를 나타낸다.
- [0172] 그래프(600)에서 복사 가열부(601)의 경우 태양광과 대기의 창(sky window) 구간을 포함한 전 영역에서 높은 흡수율을 보이는데, 이는 태양광을 흡수하여 복사가열을 할 수도 있으며 입사 태양광이 없는 야간 시 대기의 창구간으로의 장파장 적외선 방사를 통하여 복사냉각을 할 수도 있음을 나타낸다.
- [0173] 예를 들어, 복사 가열부(601)는 태양광 흡수 페인트를 코팅하여 형성되거나 니켈(Ni)을 이용하여 형성된 금속 와이어 구조체로 형성될 경우에 해당하는 제1 유형 복사 가열부에 해당될 수 있다.

[0174] 즉, 지표에 해당하는 복사 가열부(601)은 제1 유형 복사 가열부의 지표에 해당할 수 있다.

[0175] 그래프(600)에서 복사 냉각부(602)의 경우, 태양광의 파장 범위에서는 낮은 흡수도를 보이며 대기의 창 구간인  $8\mu\text{m}$  내지  $13\mu\text{m}$  구간에서는 높은 흡수도를 나타내고, 이는 태양광을 반사시키고 자체 방출하는 장파장 적외선을 효과적으로 방사하여 복사냉각이 이루어짐을 나타낼 수 있다.

[0176] 그래프(600)에서의 특정 파장 대역의 흡수도 및 방출도는 아래 표 1과 같을 수 있다.

표 1

|                                             | 복사 가열부 | 복사 냉각부 |
|---------------------------------------------|--------|--------|
| 흡수도( $0.3\mu\text{m}$ 내지 $2.5\mu\text{m}$ ) | 0.954  | 0.052  |
| 방출도( $8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ )    | 0.900  | 0.902  |

[0180] 그래프(600)에 따르면, 스마트 복사냉각가열 소자의 복사 냉각부는 태양광의 파장( $0.3\mu\text{m}$  내지  $2.5\mu\text{m}$ )에 해당하는 빛은 거의 흡수하지 않고, 대기의 창에 해당하는  $8\mu\text{m}$  내지  $13\mu\text{m}$ 의 빛은 방사하여 수동적으로 냉각되는 광특성을 가질 수 있다.

[0181] 또한, 스마트 복사 냉각가열 소자의 복사 가열부는 태양광의 파장( $0.3\mu\text{m}$  내지  $2.5\mu\text{m}$ )에 해당하는 빛은 대부분 흡수하며, 대기의 창에 해당하는  $8\mu\text{m}$  내지  $13\mu\text{m}$ 의 빛은 방사하지만, 태양광의 흡수전력이 훨씬 크기 때문에 수동적으로 가열되는 광특성을 나타낼 수 있다.

[0182] 그래프(600)에서 복사 가열부(601)의 경우, 태양광 스펙트럼 ( $0.3\text{--}2.5\mu\text{m}$ ) 대 흡수율과 대기의 창 내 ( $8\text{--}13\mu\text{m}$ ) 대 방사율이 모두 높아, 태양광이 센 낮에는 가열되며 태양광이 없는 밤에 복사 냉각을 수행한다.

[0183] 이때, 사용된 태양광 흡수 페인트 또는 금속 와이어(예: 니켈(Ni))의 두께, 물질, wire의 높이 등이 조절되어서 낮 시간 동안 복사가열이 가능한 정도가 조절될 수 있다.

[0184] 표준적으로 사용하는 AM 1.5 태양광의 세기는  $1000\text{ W/m}^2$  이며, 상온에서 복사냉각 소자의 이론상 최대 냉각 전력은  $160\text{ W/m}^2$  정도임에 따라 태양광 흡수층이 복사가열이 되려면 평균 약 20% 이상의 태양광 흡수 효율을 나타내야 한다.

[0185] 태양광 흡수 페인트의 경우는 약  $10\mu\text{m}$  이상의 두께로 이루어질 경우, 태양광 흡수를 통하여 복사 가열 기능을 수행할 수 있다.

[0187] 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 입사 각도별 흡수도를 설명하는 도면이다.

[0188] 도 6b를 참고하면, 그래프(610)는 대기의 창에 해당하는 파장 범위에서 입사각도별 복사 가열부(611) 및 복사 냉각부(612)의 방출도(emissivity)를 나타낸다.

[0189] 예를 들어, 방출도(emissivity)는 적외선 흡수율에 비례할 수 있음에 따라, 적외선 방사와 적외선 흡수는 동일할 수 있다.

[0190] 그래프(610)를 참고하면, 복사 가열부(611)는 태양광과 복사 가열부(611)가 수직을 이루는 기준선에 대하여 태양광이  $-45^\circ$  내지  $+45^\circ$ 의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우, 태양광이  $-45^\circ$  내지  $+45^\circ$ 의 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 장파장 적외선의 방사를 위한 흡수율이 감소될 수 있다.

[0191] 또한, 복사 냉각부(612)는 태양광과 복사 냉각부(612)가 수직을 이루는 기준선에 대하여 태양광이  $-60^\circ$  내지  $+60^\circ$ 의 입사각으로 입사될 경우,  $-60^\circ$  내지  $+60^\circ$ 의 입사각 외 나머지 입사각으로 입사될 경우에 대비하여 상대적으로 높은 적외선 방사율을 갖을 수 있다.

[0192] 즉, 복사 냉각부(612)는 수직을 이루는 기준선에 대하여  $-60^\circ$  내지  $+60^\circ$ 에서 평균적으로 높은 방사율을 가짐에 따라 스마트 복사 냉각가열 장치의 모형 또는 모양에 관계없이 다양한 방향에 대하여 높은 복사 냉각 구동 효율을 가질 수 있다.

[0193] 예를 들어, 복사 가열부(611) 및 복사 냉각부(612)는 태양광이  $-45^\circ$  내지  $+45^\circ$ 의 입사각을 갖을 경우, 장파장 적외선의 방사를 위한 높은 흡수율을 가진다.

[0194] 다만, 각도별 대기의 창 내 방사율에 대해서는 복사 냉각부(612)가 복사 가열부(611)보다 안정적으로 보다 넓은

입사각에서 높은 방사율을 유지하여, 더 우수한 복사냉각 특성을 가지는 것을 알 수 있다.

- [0196] 도 7a 내지 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 동작 성능을 설명하는 도면이다.
- [0197] 도 7a의 그래프(700)는 스마트 복사 냉각가열 소자를 직육면체 챔버(chamber)에 넣고, 나머지면은 스티로폼같은 단열소재로 만들고 내부에는 공기나 물을 채우고, 온도를 측정하여 낮 시간에 태양 조도에 따른 온도 변화를 측정한 결과를 나타낸다.
- [0198] 도 7b의 그래프(710)는 복사 냉각부가 부착된 챔버들과 복사 가열부가 부착된 챔버들을 통해 측정된 가열 온도와 냉각 온도를 예시한다.
- [0199] 그래프(710)를 참고하면, 햇빛이 가장 센 12시20분 경(Solar irradiance:  $\sim 600\text{Wm}^{-2}$ )에 복사 가열부로 부착된 챔버들 중 워터 쿨링 챔버(water cooling chamber)는 16도로 가열되고, 에어 쿨링 챔버(air cooling chamber)는 25도만큼 가열되었다.
- [0200] 같은 시간에, 복사 냉각부로 부착된 챔버들 중 워터 쿨링 챔버(water cooling chamber)는 8도 냉각되고, 에어 쿨링 챔버(air cooling chamber)는 4도만큼 냉각되었다.
- [0201] 즉, 워터 쿨링 챔버(water cooling chamber)는 복사 냉각부가 복사 가열부보다 24도 낮았고, 에어 쿨링 챔버(air cooling chamber)는 29도 낮았다.
- [0202] 도 8은 낮 시간 동안에 복사 가열부가 부착된 챔버(800)와 복사 냉각부가 부착된 챔버(801)를 열화상 카메라 기반 온도계로 측정한 결과를 예시한다.
- [0203] 챔버(800)는 약 68.1도를 나타내고, 챔버(801)는 약 23.2도를 나타낸다.
- [0204] 즉, 챔버(800)는 복사 가열 기능을 수행하고, 챔버(801)는 복사 냉각 기능을 효율적으로 수행하고 있다.
- [0206] 도 9a 내지 도 9d는 본 발명의 일실시예에 따른 스마트 복사 냉각가열 소자의 복사 가열부를 설명하는 도면이다.
- [0207] 구체적으로, 도 9a 내지 도 9d는 태양광이 없는 밤 시간에는 복사 냉각을 수행하지 않는 제2 유형 복사 가열부를 예시한다.
- [0208] 도 9a 및 도 9c는 메타 흡수 구조체를 예시하고, 도 9b 및 도 9d는 파장 별 스펙트럼 흡수율을 예시한다.
- [0209] 도 9a를 참고하면, 제1 메타 흡수 구조체(900) 및 제2 메타 흡수 구조체(910)의 적층 구조를 예시하고, 제1 메타 흡수 구조체(900)는 기관(901) 상에 제1층(902), 제2층(903) 및 제3층(904) 순서로 형성되며, 제2 메타 흡수 구조체(910)도 기관(911) 상에 제1층(912), 제2층(913) 및 제3층(914)이 순차적으로 형성될 수 있다.
- [0210] 제1 메타 흡수 구조체(900)와 제2 메타 흡수 구조체(910)는 제2층에서 Cr 격자(Cr Grating)의 구멍 모양에서 차이점이 존재한다.
- [0211] 제2 메타 흡수 구조체(910)는 제2층(903)에서 Cr 격자(Cr Grating)의 사각형 구멍을 제2층(913)에서와 같이 원형 구멍으로 변경하여 구조를 단순화하여 제조 불확실성이 해소되었다.
- [0212] 도 9b의 그래프(920)를 참고하면, 지표(921)는 Cr 격자의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 지표(922)는 제2층(913)에서의 측정 결과를 나타낸다.
- [0213] 또한, 지표(923)은 200nm의 Cr 막(film)의 시뮬레이션 결과를 나타내고, 지표(924)는 제2층(913)이 Cr 격자가 아닌 200nm의 Cr 막(film)으로 형성되었을 경우의 측정 결과를 나타낸다.
- [0214] 도 9c를 참고하면, 제3 메타 흡수 구조체(930)가 기관(931) 상에 나노 와이어 구조체(932)로 형성된 경우를 예시한다.
- [0215] 기관(931)과 나노 와이어 구조체(932)는 텅스텐(W)을 이용하여 형성될 수 있고, 나노 와이어 구조체(932)는 기관(931) 상의 영역(P)에서 지름(D)과 높이(H)로 형성될 수 있다.
- [0216] 도 9d의 그래프(930)를 참고하면, 지표(931)는 finite-difference time-domain(FDTD)를 나타낼 수 있고, 지표(932)는 effective medium theories(EMT)를 나타낼 수 있다.
- [0217] 도 9a 내지 도 9d를 기반하여 제2 유형 복사 가열부는 태양광 스펙트럼에 해당하는  $0.3\mu\text{m}$  내지  $2.5\mu\text{m}$ 에서는 흡수율이 높지만, 대기의 창 스펙트럼에 해당하는  $8\mu\text{m}$  내지  $13\mu\text{m}$ 에서는 방사율이 낮은 파장 선택적 특성을

맞는다. 따라서, 제2 유형 복사 가열부는 밤 시간에는 복사 냉각을 수행하지 않음을 확인할 수 있다.

[0219] 상술한 구체적 실시 예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.

[0220] 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 상술한 실시예들이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

[0221] 한편 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시 예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.

[0222] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

## 부호의 설명

|        |                     |              |
|--------|---------------------|--------------|
| [0223] | 100: 스마트 복사 냉각가열 소자 | 110: 기준층     |
|        | 120: 복사 냉각부         | 121: 태양광 반사층 |
|        | 122: 적외선 방사층        | 130: 복사 가열부  |

도면

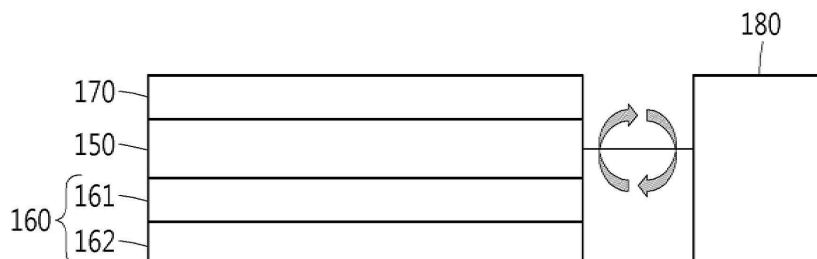
도면 1a

100

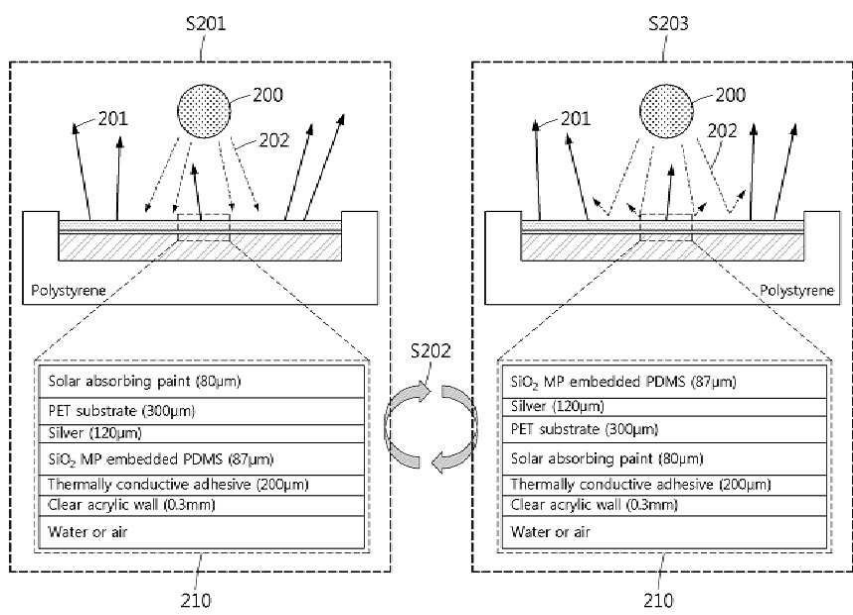


도면 1b

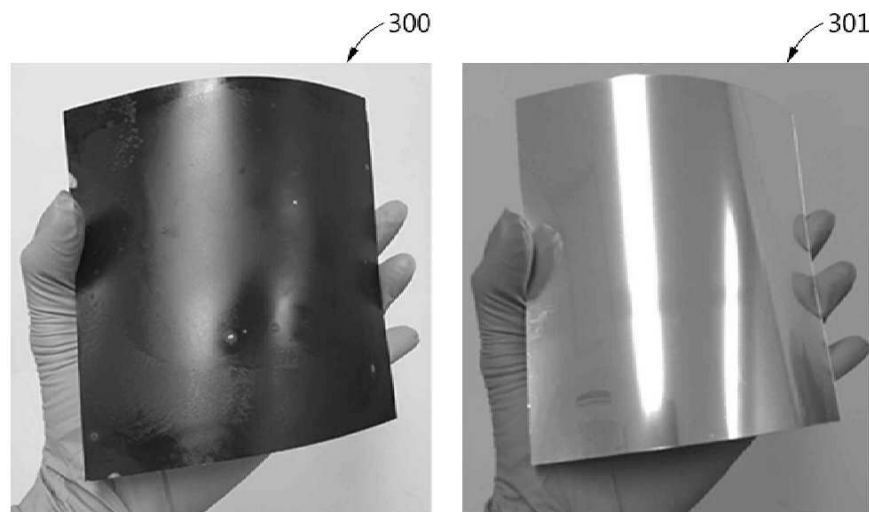
140



도면2

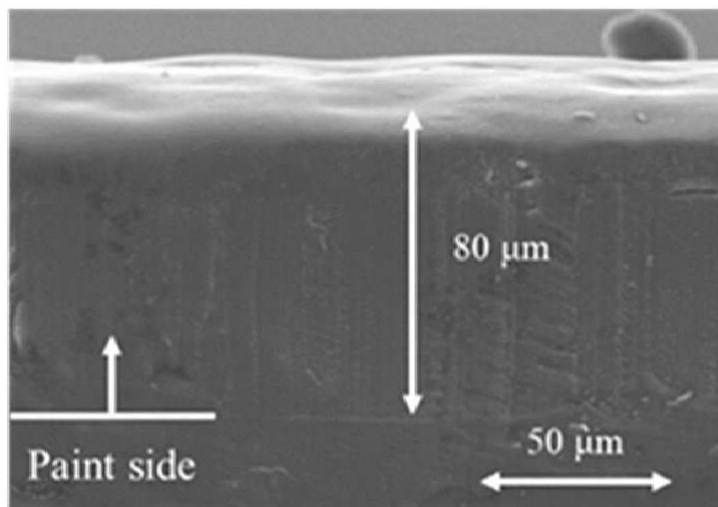


도면3a



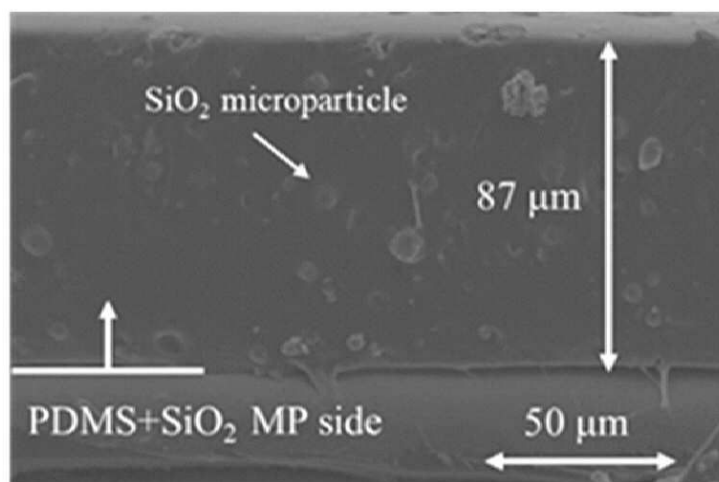
도면3b

310

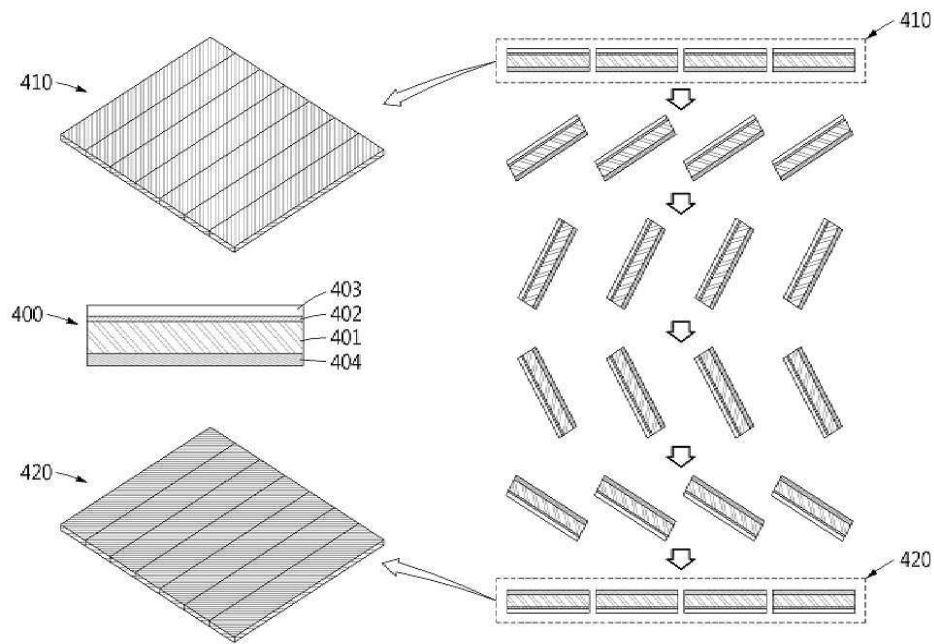


도면3c

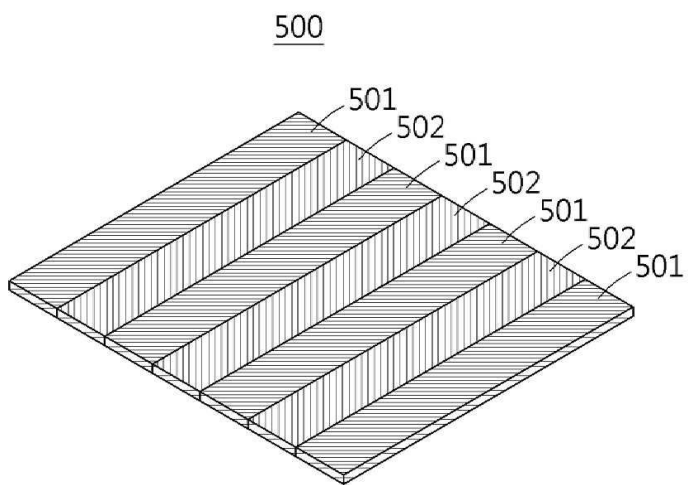
320



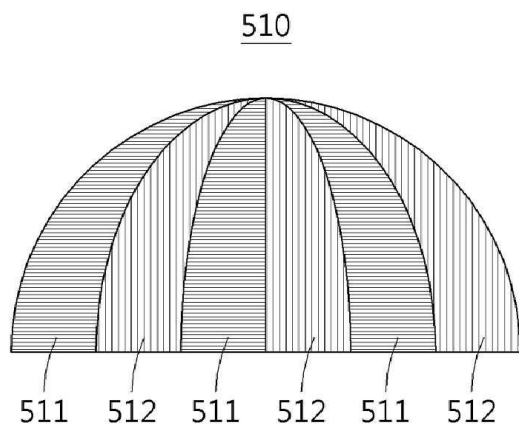
도면4



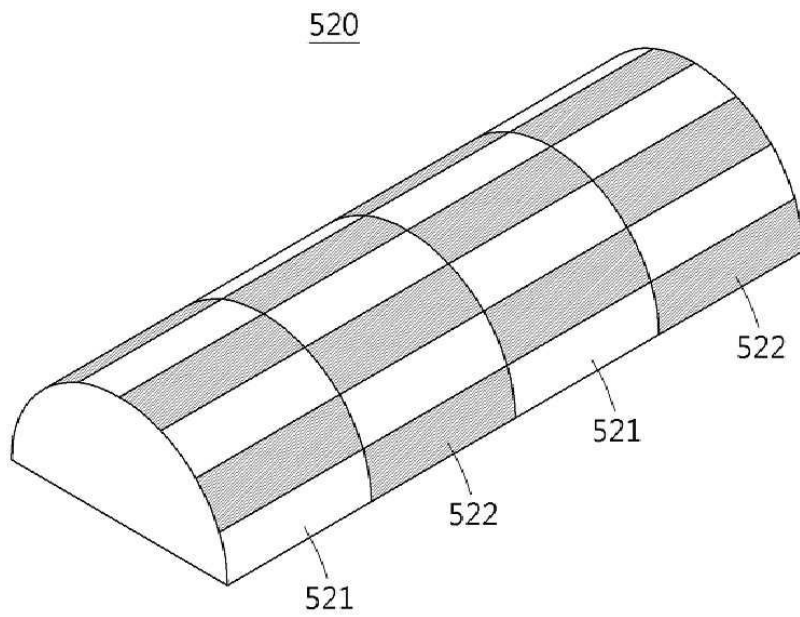
도면5a



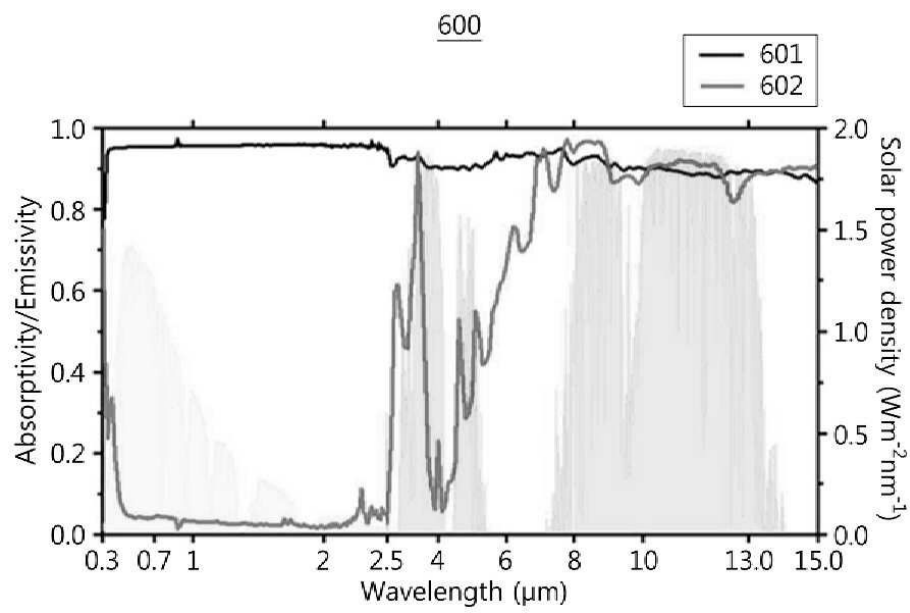
도면5b



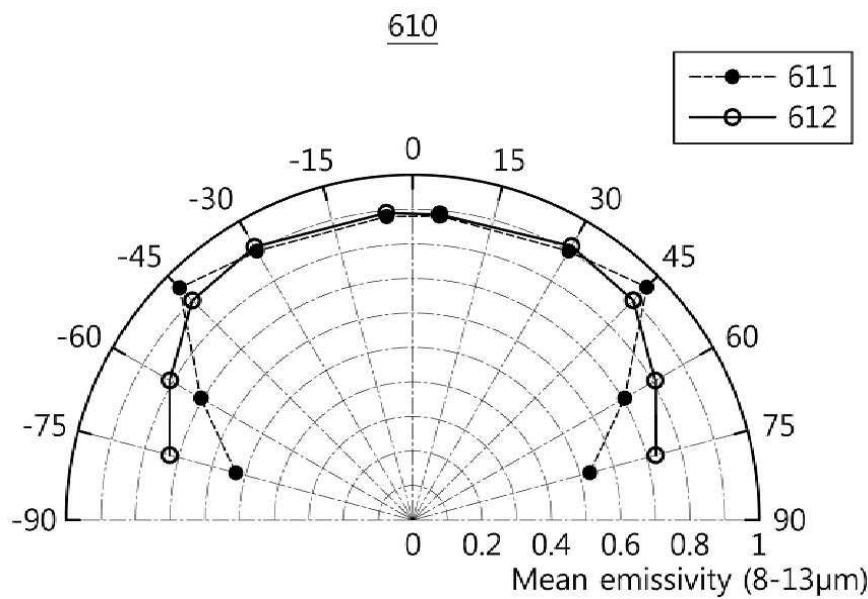
도면5c



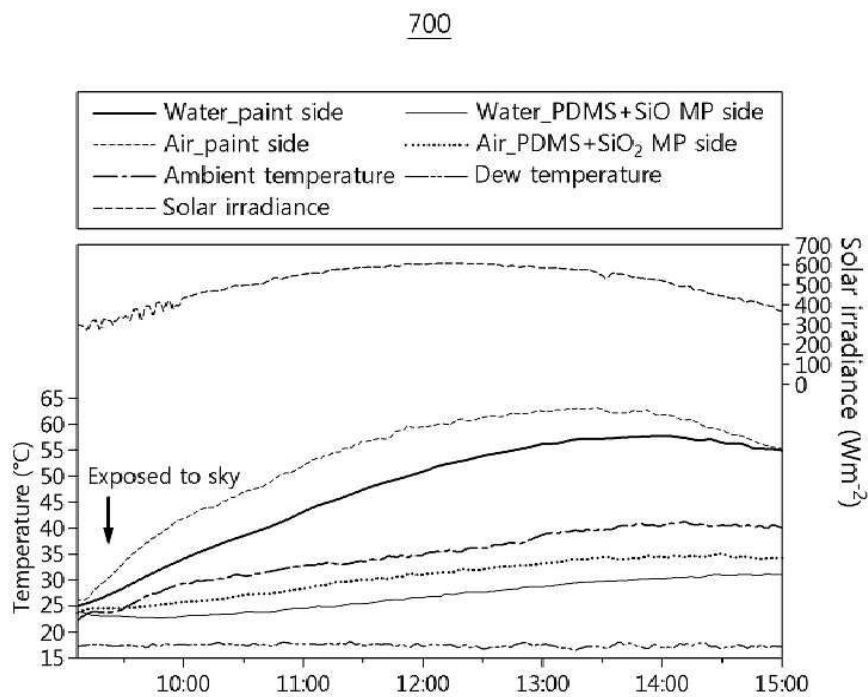
도면6a



도면6b

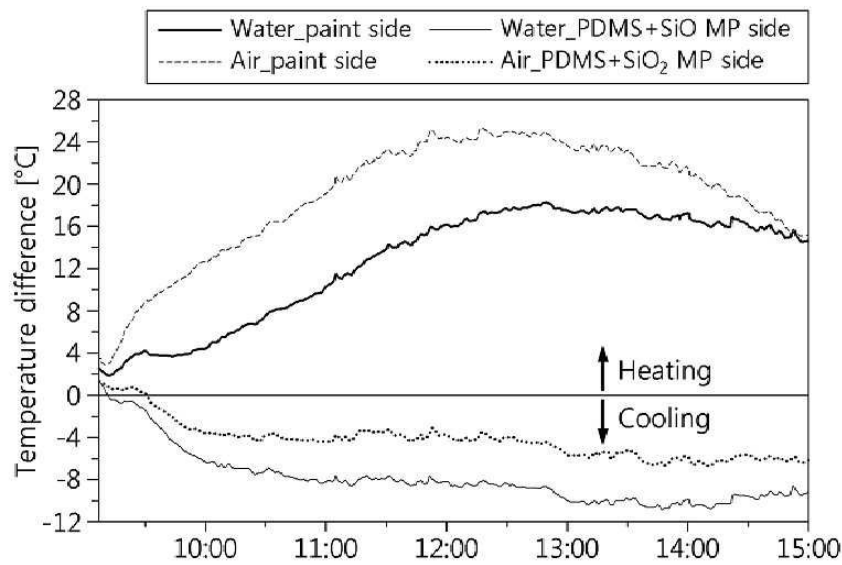


도면7a

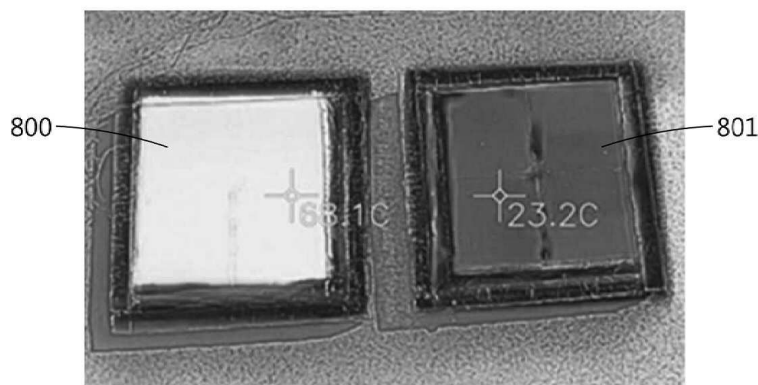


도면7b

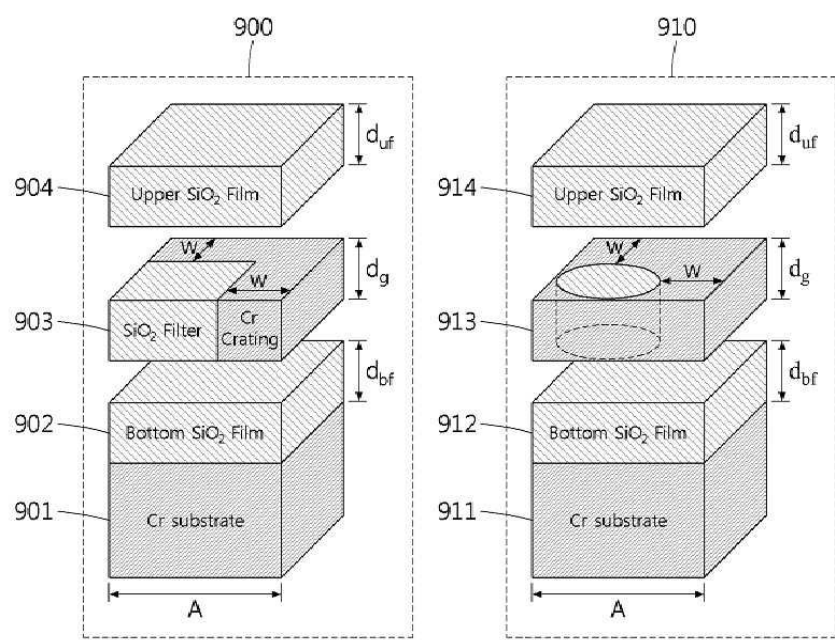
710



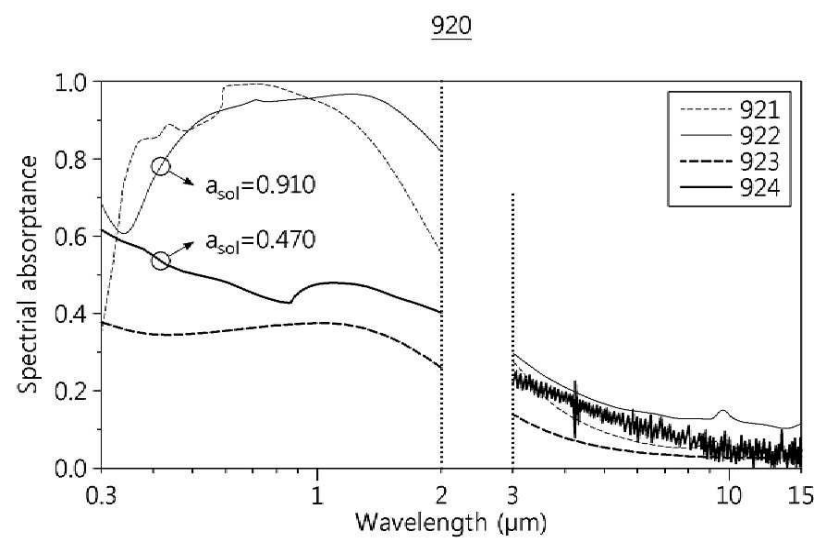
도면8



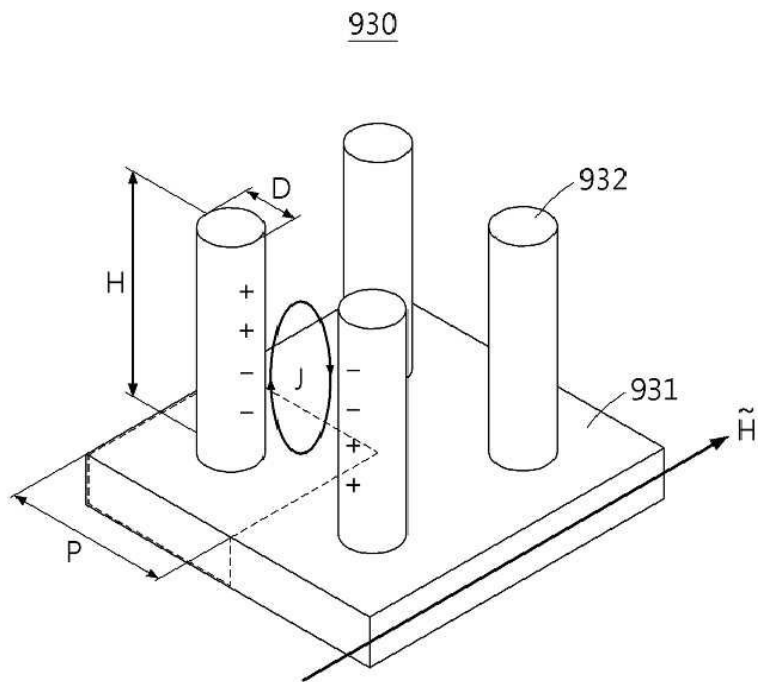
도면9a



도면9b



도면9c



도면9d

