



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월27일

(11) 등록번호 10-2425485

(24) 등록일자 2022년07월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F25B 23/00 (2022.01) C09D 5/00 (2006.01)
C09D 7/40 (2018.01) C09D 7/61 (2018.01)
F28F 13/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류
F25B 23/003 (2013.01)
C09D 5/00 (2019.08)

(21) 출원번호 10-2021-0149874

(22) 출원일자 2021년11월03일

심사청구일자 2021년11월03일

(56) 선행기술조사문헌

KR102271456 B1*

KR1020210000278 A

KR102230348 B1

KR102321667 B1

*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)

채동우

서울특별시 강동구 진향도로61길 7, 102동 1302호(둔촌동, 둔촌동현대아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 11 항

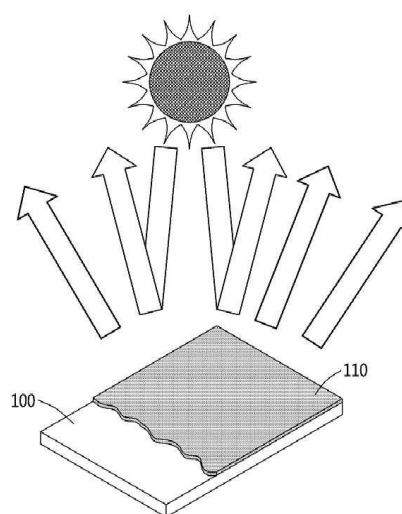
심사관 : 노우진

(54) 발명의 명칭 입사 태양광에 대한 굴절률이 극대화된 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자

(57) 요약

본 발명은 입사 태양광에 대한 굴절률이 극대화된 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자는 대기의 창(sky window)에 해당되는 파장 범위에서 적외선 방사율과 입사 태양광에 대한 반사율, 투과율 및 흡수율과 관련된 굴절률을 고려하여 입자 크기 및 물질 조성이 결정된 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물 및 상기 나노 또는 마이크로 입자의 표면을 기계적으로 연결할 바인더가 용매 내 혼합된 페인트 용액이 다양한 표면 상에 코팅(coating) 형성되는 페인트 도막층을 포함하고, 상기 페인트 도막층은 상기 결정된 입자 크기 및 물질 조성의 나노 혼합물과 상기 바인더의 비율에 기반하여 상기 굴절률이 증가되고, 상기 증가된 굴절률에 기반하여 상기 입사 태양광을 산란 및 반사할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C09D 7/61 (2018.01)

C09D 7/66 (2018.01)

F28F 13/18 (2013.01)

(72) 발명자

임한규

서울특별시 도봉구 해등로 264, 104동 310호 (방학동, 청구아파트)

하지성

서울특별시 성북구 종암로3길 30-8, 장원빌딩 404호(종암동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711131462

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 2021.01.16 ~ 2022.01.15

명세서

청구범위

청구항 1

대기의 창(sky window)에 해당되는 파장 범위에서 적외선 방사율과 입사 태양광에 대한 반사율, 투과율 및 흡수율과 관련된 굴절률을 고려하여 입자 크기 및 물질 조성이 결정된 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물 및 상기 나노 또는 마이크로 입자의 표면을 기계적으로 연결할 바인더가 용매 내 혼합된 페인트 용액이 다양한 표면 상에 코팅(coating) 형성되는 페인트 도막층을 포함하고,

상기 페인트 도막층은 상기 결정된 입자 크기 및 물질 조성과 상기 혼합물과 상기 바인더의 비율에 기반하여 상기 굴절률이 증가되고, 상기 증가된 굴절률에 기반하여 상기 입사 태양광을 산란 및 반사하되, 상기 페인트 도막층의 두께가 30 μm 내지 200 μm 에서 상기 반사율이 80% 이상이고, 상기 투과율이 15% 이하이며, 상기 흡수율이 10% 이하이고,

상기 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물은 h-BN, TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , CaCO_3 , BaSO_4 와 같은 세라믹 나노 또는 마이크로 입자와 PVDF(Polyvinylidene fluoride), PTFE(Polytetrafluoroethylene), ETFE(Ethylene Tetra fluoro Ethylene)와 같은 폴리머 나노 또는 마이크로 입자 중 적어도 둘의 나노 또는 마이크로 입자가 혼합되고,

상기 페인트 도막층은 상기 Al_2O_3 , 상기 TiO_2 , 및 상기 h-BN의 물질 조성에서 상기 TiO_2 가 20% 이상 35% 이하로 포함되고, 상기 Al_2O_3 , 상기 TiO_2 , 및 상기 h-BN의 물질 조성이 45%, 35%, 20%인 물질 조성, 65%, 35%, 0% 인 물질 조성, 40%, 20%, 40% 인 물질 조성, 60%, 20%, 20% 인 물질 조성, 80%, 20%, 0% 인 물질 조성 중 어느 하나의 물질 조성으로 형성되며, 상기 산란과 관련하여 상기 TiO_2 의 입자 크기가 100 nm 내지 500 nm로 결정되고, 상기 Al_2O_3 의 입자 크기가 300 nm 내지 2000 nm로 결정되며, 상기 h-BN의 입자 크기가 100 nm 내지 5 μm 로 결정되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 페인트 도막층은 상기 굴절률과 관련하여 상기 반사율, 상기 투과율 및 상기 흡수율 간에 상기 굴절률이 증가되는 비율을 고려하여 입자 크기 및 물질 조성이 결정된 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물이 혼합된 페인트 용액이 다양한 표면 상에 코팅 형성되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 세라믹 나노 또는 마이크로 입자는 중공 구조 및 코어셸 구조 중 어느 하나의 구조를 가지는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물은 550 nm의 가시광선 파장 범위에서 상기 굴절률이 1.6 이상, 띠틈(bandgap)이 5 eV 이상의 물성을 갖는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 바인더는 DPHA(DiPentaerythritol HexaAcrylate), PTFE(Polytetrafluoroethylene), PUA(Poly urethane acrylate), ETFE(Ethylene Tetra fluoro Ethylene), PVC(Polyvinyl Chloride), PE(Polyethylene), PVDF(Polyvinylidene fluoride), Acrylic 계 고분자, Polyester 계 고분자, PU(polyurethane) 계 고분자, 알키드 수지(alkyd resin), 아크릴레이트(acrylate) 수지 및 불소계 수지 중 적어도 하나의 바인더 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 페인트 도막층은 상기 혼합물과 상기 바인더의 비율이 x:1로 결정된 상기 혼합된 페인트 용액이 상기 다양한 표면 상에 코팅 형성되고,

상기 x는 0.1 내지 1의 범위를 결정되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 10

삭제

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 다양한 표면은 나무 표면, 유리 표면, 금속기판 표면, 우산 표면, 집 모형 표면 및 옷감 표면 중 적어도 하나의 표면을 포함하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 페인트 도막층 상에 외부 물질의 침투를 차단 및 표면 개질을 위한 고분자 보호층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 페인트 도막층과 상기 다양한 표면 사이에 상기 페인트 도막층과 상기 다양한 표면 간의 결합력 증가 및 표면 개질을 위한 프라이머층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 페인트 도막층은 상기 혼합된 페인트 용액이 드랍 캐스팅(drop casting), 스핀코팅(spin coating), 바코팅(bar coating), 스프레이 코팅(spray coating), 블레이드 코팅(blade coating), 다잉(dyeing) 및 브러싱(brushing) 중 적어도 하나의 용액 공정을 통하여 상기 다양한 표면 상에 코팅되어 형성되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 페인트 도막층은 상기 페인트 용액 내 분산제 및 광개시제와 같은 추가 첨가제가 첨가되는 경우, 접착력, 표면 특성 및 외부 저항성 중 적어도 하나가 변화되는 것을 특징으로 하는

복사 냉각 소자.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 입사 태양광에 대한 굴절률이 극대화된 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자에 관한 것으로, 다양한 표면에 복사 냉각 성능이 우수한 페인트 도막층을 형성하여 페인트 도막층을 형성하는 입자 크기 조절과 물질의 선별을 통해, 입사 태양광 영역대에서의 높은 굴절률과 대기의 창 영역에서의 높은 소멸계수(extinction coefficient k)를 가지도록 특성을 구현하여, 페인트 도막층의 두께가 얇은 경우에서도 높은 태양광 반사와 대기의 창 방사를 구현하는 복사 냉각 페인트를 이용하여 페인트 도막층을 형성하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 수동형 복사 냉각(Radiative Cooling) 소자는 낮 동안 태양광에 해당하는 파장($0.3\text{--}2.5\ \mu\text{m}$)를 반사하고 우주 밖으로 빠져나갈 수 있는 복사열($8\text{--}13\ \mu\text{m}$) 에너지를 방사하여 수동적으로 냉각될 수 있다.
- [0003] 한편, 수동형 복사 가열(Radiative Heating) 소자는 낮 동안 태양광에 해당하는 파장($0.3\text{--}2.5\ \mu\text{m}$)를 흡수하고 우주 밖으로 빠져나갈 수 있는 복사열($8\text{--}13\ \mu\text{m}$) 에너지는 잘 흡수하지 않아 수동적으로 가열될 수 있다.
- [0004] 수동형 냉각 소자의 효율은 소자 자체의 광 특성 측정을 통해서 확인할 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 $6\text{--}20\ \mu\text{m}$ 영역에서 최대로 열을 방출할 수 있는 조건을 가지게 된다. 지구의 경우에는 대기의 창(sky window) 영역이 약 $8\text{--}13\ \mu\text{m}$ 영역이므로, 수동형 냉각 소자의 열 방출 능력을 최대치로 올리기 위해서는 $8\text{--}13\ \mu\text{m}$ 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 및 근적외선이 입사하는 태양광(태양으로부터 방사되는)을 100% 반사시키고 대기의 창 구간인 $8\mu\text{m}\text{--}13\mu\text{m}$ 영역대의 장파장 적외선을 외부로 100% 방사시킬 수 있다면, 300K의 주변 온도 일 때 158W/m^2 의 냉각성능이 에너지 소모 없이 구현할 수 있다.
- [0008] 태양광의 95% 반사 시키고, $8\text{--}13\ \mu\text{m}$ 영역의 중적외선을 90% 이상 외부로 방사시키면 주변 온도가 300K 일 때 낮에는 (즉, 태양에 의한 광흡수 존재) 100W/m^2 의 냉각성능을 그리고 태양에 의한 광흡수가 없는 밤에는 120W/m^2 의 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 $8\text{--}13\ \mu\text{m}$ 영역대의 장파장

적외선에 대하여 높은 흡수(방사)율을 갖아야 하고, 이외에도 옥외(outdoor) 조건에서 높은 내구성을 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 및 습기 등으로 쉽게 열화되어 수명이 짧다는 단점이 존재한다.
- [0011] 또한, 두꺼운 폴리머 소재는 모든 적외선 파장대에 대해서 높은 방사율을 갖는 브로드밴드 방사체(Broadband emitter)이기 때문에 대기의 창(sky window)에서 방사율이 높은 선택형 방사체(Selective emitter) 보다 복사 냉각 성능이 떨어질 수 있다.
- [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 복사 냉각 성능을 달성하기에는 어려움이 있다.
- [0013] 또한, 은 및 알루미늄 등 하부 금속 반사층을 포함하는 복사 냉각 소자는 은 및 알루미늄의 장기 안정성 문제(산화 문제)와 단가 문제로 인하여 복사냉각을 실생활에 적용하기에 어려움이 있으며 이러한 금속 소재들은 정 반사를 주로 하기 때문에 눈의 피로와 빛 번짐을 유발할 수 있다.
- [0014] 다만, 종래 기술에 따른 페인트 형태의 복사 냉각 소자는 충분한 태양광 반사를 위해 두꺼운 두께 및 낮은 바인더 함량이 요구되었다.
- [0015] 또한, 종래 기술에 따라 형성된 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자는 굴절률을 고려하지 않고, 밴드갭 에너지와 적외선 방사율을 고려한 물질 선정으로 페인트 도막층을 형성함에 따라 태양광 반사율 확보를 위해 도막층의 두께 향상과 낮은 은폐력(concealment force)에 따른 낮은 바인더 함량의 문제점을 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2271456호, "나노 또는 마이크로 입자로 구현되는 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 본 발명은 다양한 표면에 복사 냉각 성능이 우수한 페인트 도막층을 형성하여 페인트 도막층을 형성하는 입자 크기 조절과 물질의 선별을 통해, 입사 태양광 영역대에서의 높은 굴절률과 대기의 창 영역에서의 높은 소멸계수(extinction coefficient k)를 가지도록 특성을 구현하여, 페인트 도막층의 두께가 얇은 경우에서도 높은 태양광 반사와 대기의 창 방사를 구현하는 복사 냉각 페인트를 이용하여 페인트 도막층을 형성된 복사 냉각 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0018] 본 발명은 페인트 도막층의 형성 두께가 감소하면서, 페인트 도막층 형성을 위한 페인트 용액 내 바인더 함량이 증가하더라도 입사 태양광에 대한 방사율이 증가하면서 투과율이 감소함에 따라 페인트 도막층의 형성을 위한 작업성을 향상시키는 것을 목적으로 한다.
- [0019] 본 발명은 페인트 도막층의 하부와 상부에 방수, 표면 보존, 표면 개질, 접착력 향상을 위해 고분자 보호층 및 프라이머층을 더 포함하는 복사 냉각 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0020] 본 발명은 페인트 도막층을 형성하는 혼합물의 입자 크기 조절과 물질 선별을 통해 미산란(Mie scattering)을 극대화하여, 페인트 도막층의 두께가 감소되어 페인트 도막층의 은폐력을 향상시키는 것을 목적으로 한다.
- [0021] 본 발명은 태양빛이 비치는 낮(day time)이나 태양빛이 비치지 않는 밤(night time)에도 에너지 소모없이 주변 온도 이하로 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.

[0023] 본 발명은 웨어러블 디바이스, 의류, 신발, 우산 등에 적용되어 웨어러블 디바이스, 의류, 신발, 우산 등의 하부를 냉각함에 따라 낮 시간 동안 태양광에 의해 피부가 화상을 입는 현상을 방지하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0024] 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자는 대기의 창(sky window)에 해당되는 파장 범위에서 적외선 방사율과 입사 태양광에 대한 반사율, 투과율 및 흡수율과 관련된 굴절률을 고려하여 입자 크기 및 물질 조성이 결정된 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물 및 상기 나노 또는 마이크로 입자의 표면을 기계적으로 연결할 바인더가 용매 내 혼합된 페인트 용액이 다양한 표면 상에 코팅(coating) 형성되는 페인트 도막층을 포함하고, 상기 페인트 도막층은 상기 결정된 입자 크기 및 물질 조성과 상기 혼합물과 상기 바인더의 비율에 기반하여 상기 굴절률이 증가되고, 상기 증가된 굴절률에 기반하여 상기 입사 태양광을 산란 및 반사할 수 있다.

[0025] 상기 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물은 h-BN, TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , CaCO_3 , BaSO_4 와 같은 세라믹 나노 또는 마이크로 입자와 PVDF(Polyvinylidene fluoride), PTFE(Polytetrafluoroethylene), ETFE(Ethylene Tetra fluoro Ethylene)와 같은 폴리머 나노 또는 마이크로 입자 중 적어도 둘의 나노 또는 마이크로 입자가 혼합될 수 있다.

[0026] 상기 페인트 도막층은 상기 TiO_2 의 입자 크기가 100 nm 내지 500 nm로 결정되고, 상기 Al_2O_3 의 입자 크기가 300 nm 내지 2000 nm로 결정되며, 상기 h-BN의 입자 크기가 100 nm 내지 5 μm 로 결정될 수 있다.

[0027] 상기 페인트 도막층은 상기 Al_2O_3 , 상기 TiO_2 , 및 상기 h-BN의 물질 조성이 45%, 35%, 20%인 물질 조성, 65%, 35%, 0%인 물질 조성, 40%, 20%, 40%인 물질 조성, 60%, 20%, 20%인 물질 조성, 80%, 20%, 0%인 물질 조성 중 어느 하나의 물질 조성으로 형성될 수 있다.

[0028] 상기 페인트 도막층은 상기 굴절률과 관련하여 상기 반사율, 상기 투과율 및 상기 흡수율 간에 상기 굴절률이 증가되는 비율을 고려하여 입자 크기 및 물질 조성이 결정된 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물이 혼합된 페인트 용액이 다양한 표면 상에 코팅 형성되고, 상기 굴절률이 증가되는 비율은 상기 반사율이 80% 이상이고, 상기 투과율이 15% 이하이며, 상기 흡수율이 10% 이하일 수 있다.

[0029] 상기 세라믹 나노 또는 마이크로 입자는 중공 구조 및 코어셸 구조 중 어느 하나의 구조를 가질 수 있다.

[0030] 상기 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물은 550 nm의 가시광선 파장 범위에서 상기 굴절률이 1.6 이상, 띠틈(bandgap)이 5 eV 이상의 물성을 갖을 수 있다.

[0031] 상기 바인더는 DPHA(DiPentaerythritol HexaAcrylate), PTFE(Polytetrafluoroethylene), PUA(Poly urethane acrylate), ETFE(Ethylene Tetra fluoro Ethylene), PVC(Polyvinyl Chloride), PE(Polyethylene), PVDF(Polyvinylidene fluoride), Acrylic 계 고분자, Polyester 계 고분자, PU(polyurethane) 계 고분자, 알키드 수지(alkyd resin), 아크릴레이트(acrylate) 수지 및 불소계 수지 중 적어도 하나의 바인더 물질을 포함할 수 있다.

[0032] 상기 페인트 도막층은 상기 혼합물과 상기 바인더의 비율이 x:1로 결정된 상기 혼합된 페인트 용액이 상기 다양한 표면 상에 코팅 형성되고, 상기 x는 0.1 내지 1의 범위를 결정될 수 있다.

[0033] 상기 페인트 도막층의 두께는 30 μm 내지 300 μm 일 수 있다.

[0034] 상기 다양한 표면은 나무 표면, 유리 표면, 금속기판 표면, 우산 표면, 집 모형 표면 및 옷감 표면 중 적어도 하나의 표면을 포함할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각 소자는 상기 페인트 도막층 상에 외부 물질의 침투를 차단 및 표면 개질을 위한 고분자 보호층을 더 포함할 수 있다.

[0036] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각 소자는 상기 페인트 도막층과 상기 다양한 표면 사이에 상기 페인트 도막층과 상기 다양한 표면 간의 결합력 증가 및 표면 개질을 위한 프라이머층을 더 포함할 수 있다.

[0037] 상기 페인트 도막층은 상기 혼합된 페인트 용액이 드랍 캐스팅(drop casting), 스핀코팅(spin coating), 바코팅(bar coating), 스프레이 코팅(spray coating), 블레이드 코팅(blade coating), 다잉(dyeing) 및 브러싱(brushing) 중 적어도 하나의 용액 공정을 통하여 상기 다양한 표면 상에 코팅되어 형성될 수 있다.

[0038] 상기 페인트 도막층은 상기 페인트 용액 내 분산제 및 광개시제와 같은 추가 첨가제가 첨가되는 경우, 접착력,

표면 특성 및 외부 저항성 중 적어도 하나가 변화될 수 있다.

발명의 효과

- [0039] 본 발명은 다양한 표면에 복사 냉각 성능이 우수한 페인트 도막층을 형성하여 페인트 도막층을 형성하는 입자 크기 조절과 물질의 선별을 통해, 입사 태양광 영역대에서의 높은 굴절률과 대기의 창 영역에서의 높은 소멸계수(extinction coefficient k)를 가지도록 특성을 구현하여, 페인트 도막층의 두께가 얇은 경우에서도 높은 태양광 반사와 대기의 창 방사를 구현하는 복사 냉각 페인트를 이용하여 페인트 도막층을 형성된 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.
- [0040] 본 발명은 페인트 도막층의 형성 두께가 감소하면서, 페인트 도막층 형성을 위한 페인트 용액 내 바인더 함량이 증가하더라도 입사 태양광에 대한 반사율이 증가하면서 투과율이 감소함에 따라 페인트 도막층의 형성을 위한 작업성을 향상시킬 수 있다.
- [0041] 본 발명은 페인트 도막층의 하부와 상부에 방수, 표면 보존, 표면 개질, 접착력 향상을 위해 고분자 보호층 및 프라이머층을 더 포함하는 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.
- [0042] 본 발명은 페인트 도막층을 형성하는 혼합물의 입자 크기 조절과 물질 선별을 통해 미산란(Mie scattering)을 극대화하여, 페인트 도막층의 두께가 감소되어 페인트 도막층의 은폐력을 향상시킬 수 있다.
- [0043] 본 발명은 태양빛이 비치는 낮(day time)이나 태양빛이 비치지 않는 밤(night time)에도 에너지 소모없이 주변 온도 이하로 냉각 시키는 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.
- [0044] 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.
- [0045] 본 발명은 웨어러블 디바이스, 의류, 신발, 우산 등에 적용되어 웨어러블 디바이스, 의류, 신발, 우산 등의 하부를 냉각함에 따라 낮 시간 동안 태양광에 의해 피부가 화상을 입는 현상을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0046] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자를 설명하는 도면이다.
- 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 형성하는 나노 또는 마이크로 입자의 크기 별 태양광 스펙트럼 내에서의 산란도를 설명하는 도면이다.
- 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 제1 입자 크기 및 물질 조성에 기반하여 형성된 복사 냉각 소자의 광특성을 설명하는 도면이다.
- 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 일실시예에 따른 혼합물과 바인더 비율에 따른 복사 냉각 소자의 광특성을 설명하는 도면이다.
- 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 혼합물과 바인더의 비율과 페인트 도막층의 두께에 따른 복사 냉각 소자의 반사율을 설명하는 도면이다.
- 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 제2 입자 크기 및 물질 조성에 기반하여 형성된 복사 냉각 소자의 광특성을 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] 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.
- [0050] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시예들에서의 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 1은 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자를 설명하는 도면이다.
- [0064] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자는 친환경 및 수용성 복사 냉각 소자로서, 복사 냉각 소자(100)가 수용성 복사냉각 코팅층(110)을 포함하고 있다.
- [0065] 일례로, 복사 냉각 소자(100)는 페인트 도막층(110)이 코팅된 기판일 수 있다. 예를 들어, 기판은 다양한 표면으로 지칭될 수 있다.
- [0066] 다시 말해, 복사 냉각 소자(100)는 기판 상에 복사 냉각 페인트가 코팅되어 페인트 도막층(110)이 형성된 구조를 가질 수 있다.
- [0067] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각 소자(100)는 태양 빛이 비치는 낮(day time)이나 태양빛이 비치지 않는 밤(night time)에도 에너지 소모없이 주변 온도 이하로 냉각시키는 복사 냉각 소자가 구현되면 건축, 자동차 등의 냉각이 필요한 물질의 외부 표면에 적용되어 에너지 소모 없이 냉각 기능을 수행할 수 있다.
- [0068] 따라서, 본 발명은 태양빛이 비치는 낮(day time)이나 태양빛이 비치지 않는 밤(night time)에도 에너지 소모없이 주변 온도 이하로 냉각 시키는 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.
- [0069] 또한, 복사 냉각 소자(100)는 대기의 창(sky window) 내에서 각각 부분적으로 높은 방사율을 가지는 구간이 존재하기 때문에, 대기의 창 내 방사율 또한 더 높을 수 있다.
- [0070] 또한, 복사 냉각 소자(100)가 포함하는 페인트 도막층(110)을 형성하는 물질들은 기본적으로 값싸고 재료가 풍부하고 용액공정이 가능하여, 고분자 기반의 복사 냉각 소자와 같이 저비용 및 대면적 공정이 가능하다.
- [0071] 종래 기술에 따르면 기존의 페인트 형태의 복사 냉각 소재는 충분한 태양광 반사를 위해 두꺼운 두께 및 낮은 바인더 함량과 높은 나노 또는 마이크로 입자의 함량이 요구되었다.
- [0072] 본 발명의 복사 냉각 소자(100)는 태양광 영역에서 높은 굴절률을 가지는 물질의 선별을 통하여, 폴리머 바인더

의 함량이 증가하더라도, 충분히 높은 입사 태양광에 대한 반사율과 낮은 투과율이 확보된다.

- [0073] 일반적으로, 폴리머 바인더 함량이 높을수록 페인트 작업성이 개선되고, 페인트 도막층의 표면이 미려해질 수 있다.
- [0074] 이에 따라, 본 발명은 페인트 도막층의 형성 두께가 감소하면서, 페인트 도막층 형성을 위한 페인트 용액 내 바인더 함량이 증가하더라도 입사 태양광에 대한 반사율이 증가하면서 투과율이 감소함에 따라 페인트 도막층의 형성을 위한 작업성을 향상시킬 수 있다.
- [0075] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각 소자(100)는 종래 기술에 따른 복사냉각 페인트를 이용한 복사 냉각 소자나 상용화된 차열(단열)과 비교하여 입사 태양광의 흡수를 줄이고 반사를 극대화하면서 대기의 창외선의 파장 범위에 해당하는 장파장 적외선의 방사를 촉진할 수 있어 우수한 복사 냉각 성능을 제공할 수 있다.
- [0076] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각 소자(100)는 대기의 창(sky window)에 해당되는 파장 범위에서 적외선 방사율과 입사 태양광에 대한 반사율, 투과율 및 흡수율과 관련된 굴절률을 고려하여 입자 크기 및 물질 조성이 결정된 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물 및 나노 또는 마이크로 입자의 표면을 기계적으로 연결할 바인더가 용매 내 혼합된 페인트 용액이 다양한 표면 상에 코팅(coating) 형성되는 페인트 도막층(110)을 포함한다.
- [0077] 예를 들어, 페인트 용액은 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물, 바인더 그리고 광개시제 및 분산제 같은 첨가물이 물, PGMEA 등과 같은 용매(solvent)에 혼합되어 형성된다.
- [0078] 또한, 페인트 용액을 구성하는 용매(solvent)가 없이 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물과 바인더가 균질화된 분말형태로 가공되어 분체 도료(dry paint)의 형태로도 페인트 도막층(110)이 형성될 수 있다.
- [0079] 일례로, 페인트 도막층(110)은 결정된 입자 크기 및 물질 조성 및 혼합물과 바인더의 비율에 기반하여 굴절률이 증가되고, 증가된 굴절률에 기반하여 입사 태양광을 산란 및 반사함에 따라 입사 태양광에 대한 산란 및 반사율이 증가될 수 있다.
- [0080] 예를 들어, 입사 태양광은 자외선(Ultraviolet, UV)의 파장 범위에서 근적외선(Near-infrared, NIR)의 파장 범위 내에 포함되는 태양광으로서 흡수될 경우에 입사 태양광이 입사하는 물질에 대한 온도를 상승시킬 수 있다.
- [0081] 또한, 페인트 도막층(110)은 바인더와 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물 간의 굴절률 차이가 클수록 입사 태양광에 대한 반사가 촉진되어 굴절률이 높은 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물을 이용하는 것이 입사 태양광에 대한 반사율을 증진시키는 효과로 나타날 수 있다.
- [0082] 본 발명의 일실시예에 따르면 페인트 도막층(110)을 형성하는 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물은 h-BN, TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , $CaCO_3$, $BaSO_4$ 와 같은 세라믹 나노 또는 마이크로 입자와 PVDF(Polyvinylidene fluoride), PTFE(Polytetrafluoroethylene), ETFE(Ethylene Tetra fluoro Ethylene)와 같은 폴리머 나노 또는 마이크로 입자 중 적어도 둘의 나노 또는 마이크로 입자가 혼합될 수 있다.
- [0083] 일례로, 페인트 도막층(110)은 h-BN, TiO_2 및 Al_2O_3 선택되어 조성에 기반하여 혼합됨에 따라 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물이 형성될 수 있는데, 조성에 따라 TiO_2 의 입자 크기가 100 nm 내지 500 nm로 결정되고, Al_2O_3 의 입자 크기가 300 nm 내지 2000 nm로 결정되며, h-BN의 입자 크기가 100 nm 내지 5 μm 로 결정될 수 있다.
- [0084] 본 발명의 일실시예에 따르면 페인트 도막층(110)은 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물에서 Al_2O_3 , TiO_2 , 및 h-BN의 물질 조성이 물질 조성이 45%, 35%, 20%인 물질 조성, 65%, 35%, 0% 인 물질 조성, 40%, 20%, 40% 인 물질 조성, 60%, 20%, 20% 인 물질 조성, 80%, 20%, 0% 인 물질 조성 중 어느 하나의 물질 조성으로 형성될 수 있다.
- [0085] 일례로, 페인트 도막층(110)은 Al_2O_3 , TiO_2 , 및 h-BN의 물질 조성에서 TiO_2 의 비율이 20% 이상인 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0086] 본 발명의 일실시예에 따르면 페인트 도막층(110)은 입사 태양광의 굴절률과 관련하여 반사율, 투과율 및 흡수율 간에 굴절률이 증가되어 최대화 되는 비율을 고려하여 입자 크기 및 물질 조성이 결정된 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물이 혼합된 페인트 용액이 다양한 표면 상에 코팅 형성될 수 있다.
- [0087] 예를 들어, 굴절률이 증가되는 비율은 반사율이 80% 이상이고, 투과율이 15% 이하이며, 흡수율이 10% 이하인데 반사율, 투과율 및 흡수율의 합이 100%인 범위 내에서 굴절률이 최대화 되는 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물

에서 나노 또는 마이크로 입자의 물질 조성이 조절되고, 나노 또는 마이크로 입자의 입자 크기가 조절될 수 있다.

- [0088] 본 발명의 일실시예에 따라 나노 또는 마이크로 입자가 세라믹 나노 또는 마이크로 입자인 경우에는 중공 구조 및 코어셸 구조 중 어느 하나의 구조를 가질 수 있다.
- [0089] 예를 들어, 코어셸 구조의 경우에는 코어셸을 이루는 코어와 셸이 코어를 형성하는 나노 또는 마이크로 입자 물질과 상기 셸을 형성하는 나노 또는 마이크로 입자 물질이 서로 다른 물질로 이루어져 코어를 형성하는 나노 또는 마이크로 입자 물질의 적외선 방사율 및 굴절률이 고려된다.
- [0090] 또한, 셸을 형성하는 나노 또는 마이크로 입자 물질의 적외선 방사율 및 굴절률이 대기의 창(sky window)에 해당되는 파장 범위에서 적외선 방사율과 입사 태양광에 대한 굴절률에 대하여 상호 보완되도록 물질 조성이 조절될 수 있다.
- [0091] 따라서, 페인트 도막층(110)은 셸의 두께가 제어되어 대기의 창(sky window)에 해당되는 파장 범위와 입사 태양광의 파장 범위에 대한 굴절률 차이 및 상호 보완성이 고려되어 반사 특성, 흡수 특성 및 투과 특성 중 적어도 하나의 특성이 조절될 수 있다.
- [0092] 본 발명의 일실시예에 따라 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물은 550 nm의 가시광선 파장 범위에서 굴절률이 1.6 이상, 띠틈(bandgap)이 5 eV 이상의 물성을 갖을 수 있다.
- [0093] 일례로, 바인더는 DPHA(DiPentaerythritol HexaAcrylate), PTFE(Polytetrafluoroethylene), PUA(Polyurethane acrylate), ETFE(Ethylene Tetra fluoro Ethylene), PVC(Polyvinyl Chloride), PE(Polyethylene), PVDF(Polyvinylidene fluoride), Acrylic 계 고분자, Polyester 계 고분자, PU(polyurethane) 계 고분자, 알키드 수지(alkyd resin), 아크릴레이트(acrylate) 수지 및 불소계 수지 중 적어도 하나의 바인더 물질을 포함한다.
- [0094] 본 발명의 일실시예에 따르면 페인트 도막층(110)은 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물과 바인더의 비율이 x:1로 결정된 혼합된 페인트 용액이 상기 다양한 표면 상에 코팅 형성되는데, x는 0.1 내지 1의 범위를 결정될 수 있다.
- [0095] 예를 들어, 페인트 도막층(110)의 두께는 30 μm 내지 300 μm 일 수 있다.
- [0096] 일례로, 다양한 표면은 나무 표면, 유리 표면, 금속기판 표면, 우산 표면, 집 모형 표면 및 옷감 표면 중 적어도 하나의 표면을 포함할 수 있다.
- [0097] 따라서, 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.
- [0098] 또한, 본 발명은 웨어러블 디바이스, 의류, 신발, 우산 등에 적용되어 웨어러블 디바이스, 의류, 신발, 우산 등의 하부를 냉각함에 따라 낮 시간 동안 태양광에 의해 피부가 화상을 입는 현상을 방지할 수 있다.
- [0099] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각 소자(100)는 페인트 도막층(110) 상에 외부 물질의 침투를 차단 및 표면 개질을 위한 고분자 보호층을 더 포함할 수 있다.
- [0100] 예를 들어 고분자 보호층은 탑코트(top coat)층으로 지칭될 수 있다.
- [0101] 일례로, 복사 냉각 소자(100)는 페인트 도막층(110)과 기판에 해당하는 다양한 표면 사이에 페인트 도막층(110)과 다양한 표면 간의 결합력 증가 및 표면 개질을 위한 프라이머층을 더 포함할 수 있다.
- [0102] 프라이머층은 페인트 도막층(110)의 하부에 위치할 경우에 하도층으로 지칭될 수 있고, 페인트 도막층(110)과 고분자 보호층 사이에 위치할 경우에는 중도층으로 지칭될 수 있다.
- [0103] 따라서, 본 발명은 페인트 도막층의 하부와 상부에 방수, 표면 보존, 표면 개질, 접착력 향상을 위해 고분자 보호층 및 프라이머층을 더 포함하는 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.
- [0104] 본 발명의 일실시예에 따르면 페인트 도막층(110)은 혼합된 페인트 용액이 드랍 캐스팅(drop casting), 스핀코팅(spin coating), 바코팅(bar coating), 스프레이 코팅(spray coating), 블레이드 코팅(blade coating), 다잉(dyeing) 및 브러싱(brushing) 중 적어도 하나의 용액 공정을 통하여 다양한 표면 상에 코팅되어 형성될 수 있다.

- [0105] 일례로, 페인트 도막층(110)은 페인트 용액 내 분산제 및 광개시제와 같은 추가 첨가제가 첨가되는 경우, 접착력, 표면 특성 및 외부 저항성 중 적어도 하나가 변화될 수 있고, 이에 따라 페인트 도막층(110)의 형성을 위한 작업성이 개선될 수 있다.
- [0106] 따라서, 본 발명은 다양한 표면에 복사 냉각 성능이 우수한 페인트 도막층을 형성하여 페인트 도막층을 형성하는 입자 크기 조절과 물질의 선별을 통해, 입사 태양광 영역대에서의 높은 굴절률과 대기의 창 영역에서의 높은 소멸계수(extinction coefficient k)를 가지도록 특성을 구현하여, 페인트 도막층의 두께가 얇은 경우에서도 높은 태양광 반사와 대기의 창 방사를 구현하는 복사 냉각 페인트를 이용하여 페인트 도막층을 형성된 복사 냉각 소자를 제공할 수 있다.
- [0108] 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 형성하는 나노 또는 마이크로 입자의 크기 별 태양광 스펙트럼 내에서의 산란도를 설명하는 도면이다.
- [0109] 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자를 이루는 페인트 도막층은 광학적으로 굴절률과 관련된 n 값이 높고, 흡수율과 관련된 낮은 k 값을 갖으며, 기계적으로는 경도(hardness)가 낮아 경제적으로 값이 싸도록 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물의 물질 조성이 결정될 필요성이 존재한다.
- [0110] TiO_2 는 n 값이 높으나 밴드갭(bandgap)이 낮아 물질 조성에서 20% 이상 30 % 이하로 사용되고, h-BN과 ZrO_2 는 굴절률이 비슷하지만 h-BN의 경도가 상대적으로 낮아서 h-BN 사용이 고려되며, Al_2O_3 는 대기의 창에 대한 적외선 방사율과 입사 태양광에 대한 굴절률이 우수하여, Al_2O_3 , TiO_2 및 h-BN을 이용한 혼합물 조성이 고려될 수 있다.
- [0111] 도 2a는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 형성하는 Al_2O_3 의 태양광 스펙트럼 내에서의 산란도를 예시하고, 도 2b는 TiO_2 의 태양광 스펙트럼 내에서의 산란도를 예시하며, 도 2c는 h-BN의 태양광 스펙트럼 내에서의 산란도를 예시한다.
- [0112] 도 2a의 그래프(200)는 Al_2O_3 의 입자 크기가 0.1 μm 내지 2 μm 임에 따라 Al_2O_3 의 n 값을 기반으로 미산란(Mie-scattering) 계산 결과를 나타내는데, 0.5 μm (500 nm)인 경우에 입사 태양광에 대하여 산란도가 높은 것을 확인시켜준다.
- [0113] 도 2b의 그래프(210)는 TiO_2 의 입자 크기가 0.1 μm 내지 2 μm 임에 따라 TiO_2 의 n 값을 기반으로 미산란(Mie-scattering) 계산 결과를 나타내는데, 0.2 μm (200 nm)인 경우에 입사 태양광에 대하여 산란도가 높은 것을 확인시켜준다.
- [0114] 도 2c의 그래프(220)는 h-BN의 입자 크기가 0.1 μm 내지 2 μm 임에 따라 TiO_2 의 n 값을 기반으로 미산란(Mie-scattering) 계산 결과를 나타내는데, 0.5 μm (500 nm)인 경우에 입사 태양광에 대하여 산란도가 높은 것을 확인시켜준다.
- [0115] 그래프(200) 내지 그래프(220)는 복사 냉각 소자의 페인트 도막층을 이루는 나노 또는 마이크로 입자의 크기에 따라 산란도가 조절 가능함을 나타낸다. 여기서, 혼합물을 이루는 입자와 바인더의 부비피는 1:1로 고정되어 있으며 페인트 도막층의 두께는 약 100 μm 일 수 있다.
- [0116] 이에 따라, 페인트 도막층을 이루는 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물에서 TiO_2 의 입자 크기가 100 nm 내지 500 nm로 결정되고, Al_2O_3 의 입자 크기가 300 nm 내지 2000 nm로 결정되며, h-BN의 입자 크기가 100 nm 내지 500 nm로 결정될 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0118] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 제1 입자 크기 및 물질 조성에 기반하여 형성된 복사 냉각 소자의 광특성을 설명하는 도면이다.
- [0119] 도 3a 내지 도 3c는 페인트 도막층을 형성하는 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물에서 TiO_2 의 입자 크기가 150 nm 내지 250 nm로 결정되고, Al_2O_3 의 입자 크기가 0.8 μm 내지 1.2 μm 로 결정되며, h-BN의 입자 크기가 1 μm 내지 3 μm 으로 결정된 제1 입자 크기에서 Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 및 h-BN의 혼합물에 대한 물질 조성에 기반하여 형성된 페인트 도막층이 포함된 복사 냉각 소자의 광특성을 예시한다.
- [0120] 도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 반사율에 대한 광특성을 예시

한다.

- [0121] 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 투과율에 대한 광특성을 예시한다.
- [0122] 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 흡수율에 대한 광특성을 예시한다.
- [0123] 도 3a의 그래프(300)는 그래프선(301), 그래프선(302) 및 그래프선(303)으로 다양한 물질 조성에 대한 반사율(reflection)을 나타내는데, 그래프선(301)은 TiO_2 가 100%인 경우를 나타내고, 그래프선(302)은 Al_2O_3 과 SiO_2 가 50%, 50%의 물질 조성인 경우를 나타내며, 그래프선(303)은 Al_2O_3 , TiO_2 , 및 h-BN가 40%, 20%, 40%의 물질 조성인 경우를 나타낸다.
- [0124] 도 3b의 그래프(310)는 그래프선(311), 그래프선(312) 및 그래프선(313)으로 다양한 물질 조성에 대한 투과율(transmission)을 나타내는데, 그래프선(311)은 TiO_2 가 100%인 경우를 나타내고, 그래프선(312)은 Al_2O_3 과 SiO_2 가 50%, 50%의 물질 조성인 경우를 나타내며, 그래프선(313)은 Al_2O_3 , TiO_2 , 및 h-BN가 40%, 20%, 40%의 물질 조성인 경우를 나타낸다.
- [0125] 도 3c의 그래프(320)는 그래프선(321), 그래프선(322) 및 그래프선(323)으로 다양한 물질 조성에 대한 흡수율(absorption)을 나타내는데, 그래프선(321)은 TiO_2 가 100%인 경우를 나타내고, 그래프선(322)은 Al_2O_3 과 SiO_2 가 50%, 50%의 물질 조성인 경우를 나타내며, 그래프선(323)은 Al_2O_3 , TiO_2 , 및 h-BN가 40%, 20%, 40%의 물질 조성인 경우를 나타낸다.
- [0126] 그래프(300)에 따르면 TiO_2 는 작은 입자로만 이루어져 있어 광대역 태양빛에 대한 반사를 효과적으로 이루지 못한다.
- [0127] 그래프(310)에 따르면 SiO_2 는 굴절률이 낮음에 따라 은폐력이 상대적으로 떨어진다.
- [0128] 그래프(320)에 따르면 입자 크기 및 물질 조성이 상대적으로 우수하여 페인트 도막층이 얇은 두께에서도 높은 반사율과 낮은 투과율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0129] 상술한 물질 조성을 포함하여 추가적인 물질 조성을 10가지 실시예로 정리하면 하기 표 1과 같을 수 있다.

표 1

	Al_2O_3	TiO_2	h-BN	SiO_2
1		100%		
2	50%			50%
3	45%	35%	20%	
4	65%	35%		
5	40%	20%	40%	
6	60%	20%	20%	
7	80%	20%		
8	40%	10%	50%	
9	50%	10%	40%	
10	70%	10%	20%	

- [0133] 표 1을 참고하면, 페인트 용액을 형성하기 위한 혼합물의 물질 조성은 제1 실시예 내지 제10 실시예로 구성 가능하다.
- [0134] 이에 따라, 페인트 도막층을 이루는 혼합물의 물질 조성에서 TiO_2 가 20% 이상인 경우를 가정하여, Al_2O_3 , TiO_2 , 및 h-BN의 물질 조성이 45%, 35%, 20%인 물질 조성, 65%, 35%, 0%인 물질 조성, 40%, 20%, 40%인 물질 조성, 60%, 20%, 20%인 물질 조성, 80%, 20%, 0%인 물질 조성 중 어느 하나의 물질 조성으로 형성될 수 있다.
- [0135] 상술한 표 1에 따른 조성 각각에 대한 광특성은 하기 표 2와 같이 정리할 수 있다.

표 2

	태양광 반사(%)	태양광 투과(%)	태양광 흡수(%)	대기의 창 방사(%)	총 냉각 전력 (W/m ²)
1	83.0	1.2	15.8	92.1	-12.5
2	90.0	7.7	1.4	93.7	117.7
3	88.8	2.9	8.3	92.5	55.1
4	84.4	5.8	9.9	91.8	38.5
5	90.3	2.9	6.9	92.3	66.3
6	87.5	5.2	7.3	91.7	61.9
7	82.7	6.8	10.5	91.6	32.1
8	90.0	3.8	6.2	89.3	68.4
9	88.4	5.2	6.4	90.3	68.3
10	85.8	5.4	8.8	91.2	49.6

[0139] 표 2를 참고하면 TiO₂만을 포함하는 제1 실시예의 경우에는 투과율이 낮아져서 광대역 반사를 할 수 없다.

[0140] Al₂O₃와 SiO₂만을 포함하는 제2 실시예의 경우에는 투과율이 높다.

[0141] Al₂O₃, TiO₂, h-BN 각각이 40%, 20%, 40%으로 있는 경우 제5 실시예의 경우에는 반사율과 투과율에 대한 밸런스 있는 것으로 확인할 수 있다.

[0142] 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각 소자에 포함된 페인트 도막층은 상대적으로 얇은 두께에서도 높은 태양광 반사, 낮은 태양광 투과 및 높은 총 냉각 전력이 확보되어야 함에 따라 제1 실시예 내지 제10 실시예 중 제5 실시예의 물질 조성으로 형성되는 것이 바람직할 수 있다.

[0143] 또한, 페인트 도막층은 굴절률과 관련하여 반사율, 투과율 및 흡수율 간에 굴절률이 증가되는 비율을 고려하여 입자 크기 및 물질 조성이 결정된 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물이 혼합된 페인트 용액이 다양한 표면 상에 코팅 형성되고, 굴절률이 증가되는 비율은 반사율이 80% 이상이고, 투과율이 15% 이하이며 흡수율이 10% 이하일 수 있는데, 바람직하게는 제5 실시예에 따라 반사율이 90.3%, 투과율이 2.9%이며, 흡수율이 6.9%일 수 있다.

[0145] 도 4a 내지 도 4c는 본 발명의 일실시예에 따른 혼합물과 바인더 비율에 따른 복사 냉각 소자의 광특성을 설명하는 도면이다.

[0146] 도 4a 내지 도 4c는 도 3c에서 설명된 제5 실시예에 해당하는 Al₂O₃, TiO₂, h-BN의 물질 조성으로 이루어진 혼합물과 바인더의 비율에 따른 광특성을 예시한다.

[0147] 도 4a는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 반사율에 대한 광특성을 예시하고, 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 투과율에 대한 광특성을 예시하며, 도 4c는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 흡수율에 대한 광특성을 예시한다.

[0148] 도 4a의 그래프(400)를 참고하면, 입자 혼합물과 바인더의 비율 1:1, 2:1 및 4:1인 경우에 대하여 반사율을 예시한다.

[0149] 도 4b의 그래프(410)를 참고하면, 입자 혼합물과 바인더의 비율 1:1, 2:1 및 4:1인 경우에 대하여 투과율을 예시한다.

[0150] 도 4c의 그래프(420)를 참고하면, 입자 혼합물과 바인더의 비율 1:1, 2:1 및 4:1인 경우에 대하여 흡수율을 예시한다.

[0151] 입자 혼합물과 바인더의 비율에 따른 광특성을 하기 표 3과 같이 정리할 수 있다.

표 3

비율	태양광 반사(%)	태양광 투과(%)	태양광 흡수(%)	대기의 창 방사(%)	총 냉각 전력 (W/m ²)
1:1	90.3	2.9	6.9	92.3	66.3

2:1	91.9	4.5	3.6	89.8	89.5
4:1	91.3	4.1	4.6	90.2	81.8

- [0155] 표 3은 그래프(400) 내지 그래프(420)의 데이터를 정리한 것으로, 표 3에 따르면 입자의 함량이 증가함에도, 태양광 반사율은 비슷하게 유지가 되었음을 확인할 수 있다.
- [0156] 이는 입자와 바인더 함량이 50% 부피비까지 되어도, 복사 냉각 소자가 입사 태양광을 효과적으로 반사 하는 것을 확인시켜 준다.
- [0158] 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 혼합물과 바인더의 비율과 페인트 도막층의 두께에 다른 복사 냉각 소자의 반사율을 설명하는 도면이다.
- [0159] 도 5a 내지 도 5c는 도 3c에서 설명된 제5 실시예에 해당하는 Al_2O_3 , TiO_2 , h-BN의 물질 조성으로 이루어진 혼합물과 바인더의 비율 변화와 함께 페인트 도막층의 두께에 따른 반사율을 예시한다.
- [0160] 도 5a는 본 발명의 일실시예에 따라 입자 혼합물과 바인더의 비율 1:1일 시 페인트 도막층의 두께가 100 μm 인 경우와 300 μm 인 경우에서 반사율을 비교한다.
- [0161] 도 5b는 본 발명의 일실시예에 따라 입자 혼합물과 바인더의 비율 2:1일 시 페인트 도막층의 두께가 100 μm 인 경우와 300 μm 인 경우에서 반사율을 비교한다.
- [0162] 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따라 입자 혼합물과 바인더의 비율 4:1일 시 페인트 도막층의 두께가 100 μm 인 경우와 300 μm 인 경우에서 반사율을 비교한다.
- [0163] 도 5a의 그래프(500)를 참고하면, 페인트 도막층의 두께가 100 μm 인 경우와 300 μm 인 경우에서 반사율이 유사함을 확인할 수 있다.
- [0164] 도 5b의 그래프(510)를 참고하면, 페인트 도막층의 두께가 100 μm 인 경우와 300 μm 인 경우에서 반사율이 유사함을 확인할 수 있다.
- [0165] 도 5c의 그래프(520)를 참고하면, 페인트 도막층의 두께가 100 μm 인 경우와 300 μm 인 경우에서 반사율이 유사함을 확인할 수 있다.
- [0166] 그래프(500) 내지 그래프(520)에 따르면 페인트 도막층의 두께가 100 μm 정도의 얇은 두께에서도, 충분한 태양광 반사를 가질 수 있음을 나타낼 수 있다.
- [0168] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 제2 입자 크기 및 물질 조성에 기반하여 형성된 복사 냉각 소자의 광특성을 설명하는 도면이다.
- [0169] 도 6a 내지 도 3c는 페인트 도막층을 형성하는 나노 또는 마이크로 입자의 혼합물에서 TiO_2 의 입자 크기가 300 nm로 결정되고, Al_2O_3 의 입자 크기가 0.6 μm 내지 1.0 μm 로 결정되며, h-BN의 입자 크기가 1 μm 내지 3 μm 으로 결정된 제2 입자 크기에서 Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 및 h-BN의 혼합물에 대한 물질 조성에 기반하여 형성된 페인트 도막층이 포함된 복사 냉각 소자의 광특성을 예시한다.
- [0170] 도 6a는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 반사율에 대한 광특성을 예시하고, 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 투과율에 대한 광특성을 예시한다.
- [0171] 도 6a의 그래프(600)는 그래프선(601), 그래프선(602) 및 그래프선(603)으로 다양한 물질 조성에 대한 반사율(reflection)을 나타내는데, 그래프선(601)은 TiO_2 가 100%인 경우를 나타내고, 그래프선(602)은 Al_2O_3 , TiO_2 , 및 h-BN가 40%, 20%, 40%의 물질 조성인 경우를 나타내며, 그래프선(603)은 TiO_2 , 및 h-BN가 80%, 20%의 물질 조성인 경우를 나타낼 수 있다.
- [0172] 도 6b의 그래프(610)는 그래프선(611), 그래프선(612) 및 그래프선(613)으로 다양한 물질 조성에 대한 투과율(transmission)을 나타내는데, 그래프선(611)은 TiO_2 가 100%인 경우를 나타내고, 그래프선(612)은 Al_2O_3 , TiO_2 , 및 h-BN가 40%, 20%, 40%의 물질 조성인 경우를 나타내며, 그래프선(613)은 TiO_2 , 및 h-BN가 20%, 80%의 물질 조성인 경우를 나타낼 수 있다.

[0173] 그래프(600)를 참고하면, 그래프선(601) 내지 그래프선(603)을 비교하여 TiO₂ 만으로 구성되었을 경우에 대비하여 Al₂O₃와 h-BN이 추가된 경우에 광대역 반사가 가능함을 확인할 수 있다.

[0174] 또한, 그래프선(602)와 그래프선(603)의 비교에 따라 h-BN이 Al₂O₃에 대비하여 더 강한 산란(scattering) 특성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0175] 그래프(600)과 그래프(610)에 표시하고 있는 광특성을 포함하여 제2 입자 크기에서 상술한 물질 조성을 포함하여 추가적인 물질 조성을 6가지 실시예로 추가 정리하면 하기 표 4와 같을 수 있다.

표 4

	Al ₂ O ₃	TiO ₂	h-BN	SiO ₂
11		100%		
12	50%			50%
13	40%	20%	40%	
14	10%	70%	20%	
15		20%	80%	
16		80%	20%	

[0179] 표 4를 참고하면, 페인트 용액을 형성하기 위한 혼합물의 물질 조성은 입자 크기의 변화에 따라 추가적으로 제 11 실시예 내지 제16 실시예로 구성 가능하다.

[0180] 상술한 표 4에 따른 조성 각각에 대한 광특성은 하기 표 5와 같이 정리할 수 있다.

표 5

	태양광 반사(%)	태양광 투과(%)	태양광 흡수(%)	대기의 창방사(%)	총 냉각 전력 (W/m ²)
11	83.7	11.1	5.2	92.5	78.5
12	73.9	25.6	0.4	92.4	121.2
13	85.1	12.3	2.6	90.8	92.1
14	84.9	11.0	4.1	93.2	89.3
15	87.6	7.9	4.4	88.5	81.3
16	83.4	8.4	8.2	93.3	55.0

[0184] 표 5를 참고하면 TiO₂만을 포함하는 제11 실시예의 경우에는 태양광 흡수가 5.2%임에 따라 총 냉각 전력 78.5 W/m²임을 확인할 수 있다.

[0185] 제13 실시예의 경우에는 밸런스 있는 태양광 반사, 투과와 낮은 흡수율을 가져서 총 냉각 전력이 92.1 W/m²로 증가됨을 확인할 수 있다.

[0186] 제15 실시예의 경우에는 입사 태양광에 대한 산란이 가장 크게 일어나서 높은 태양광 반사와 낮은 태양광 투과도를 가짐을 확인할 수 있다.

[0187] 제2 입자 크기로 혼합물이 혼합된 페인트 용액을 이용한 페인트 도막층을 포함하는 복사 냉각 소자의 복사 냉각 성능과 관련하여 총 냉각 전력의 경우를 고려하면 제13 실시예에 따른 물질 조성이 바람직하고, 태양광 반사와 태양광 투과도의 밸런스를 고려할 경우에는 제15 실시예에 따른 물질 조성으로 조절되는 것이 바람직할 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.

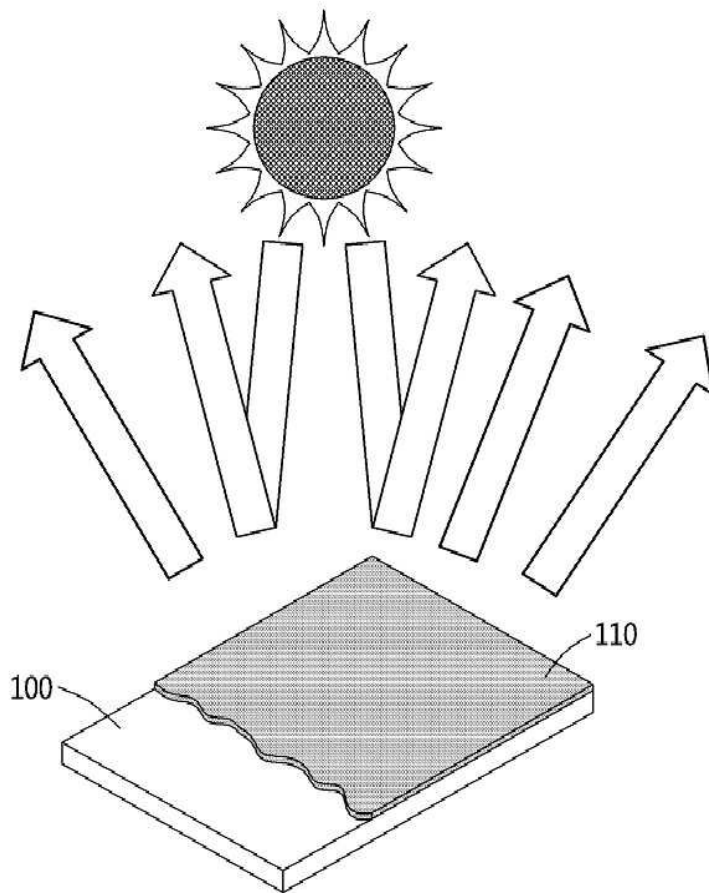
[0192] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

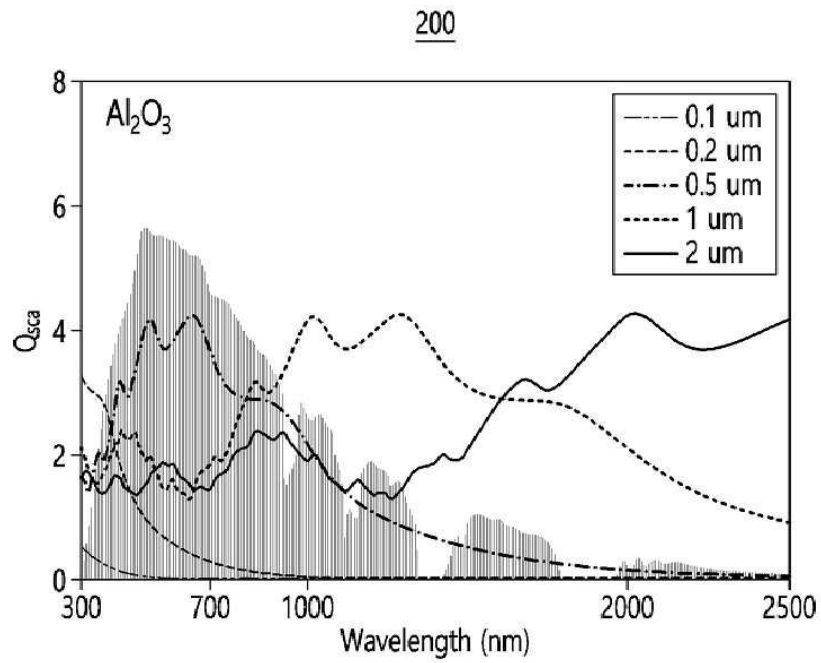
[0193] 100: 복사 냉각 소자 110: 페인트 도막층

도면

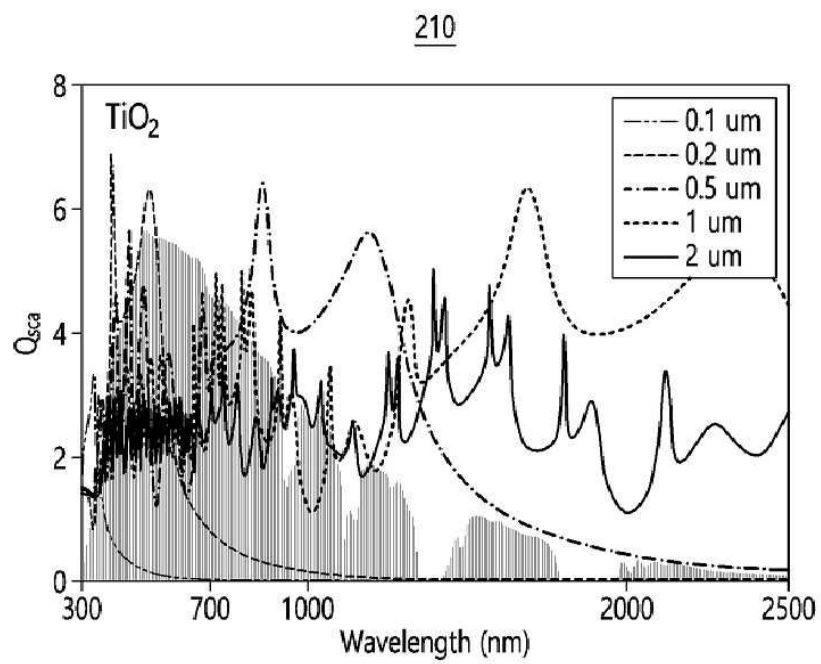
도면1



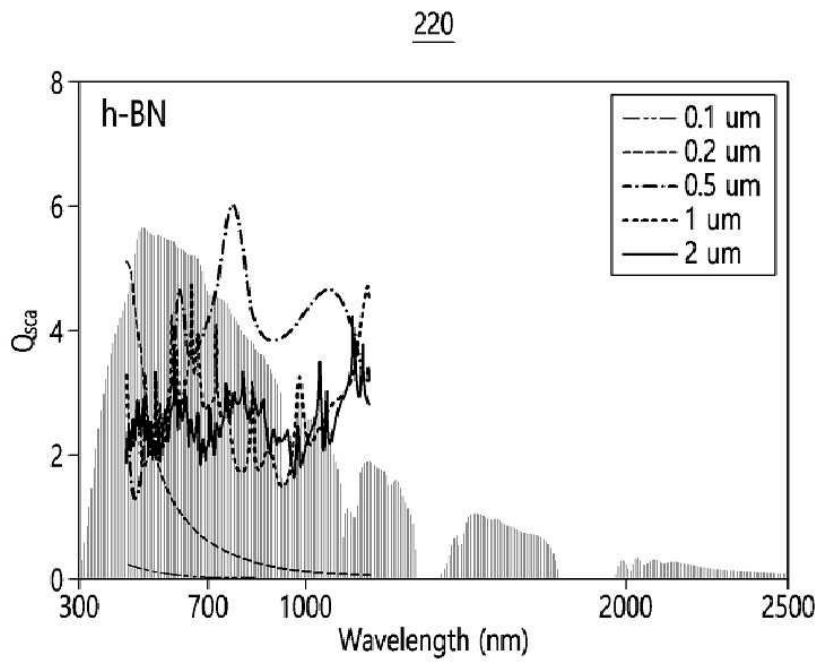
도면2a



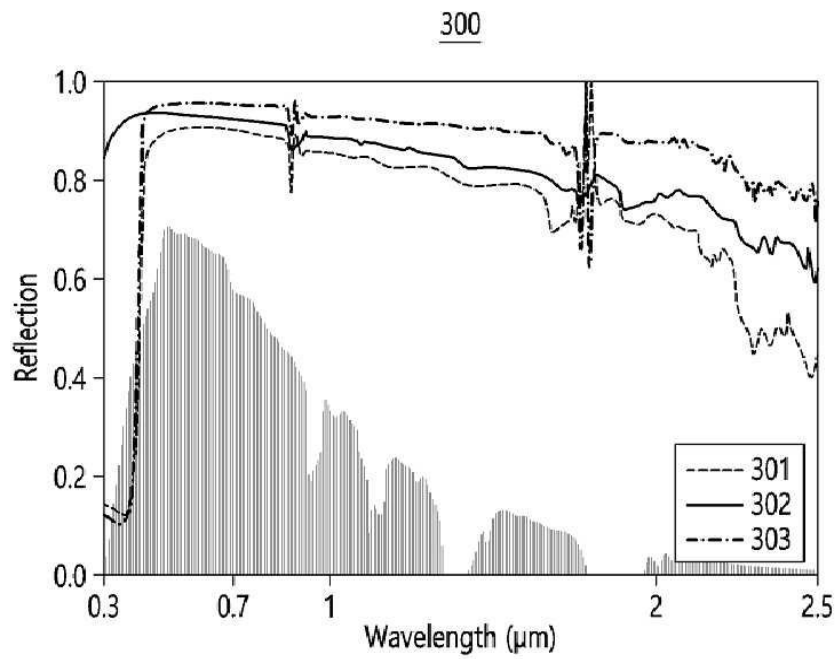
도면2b



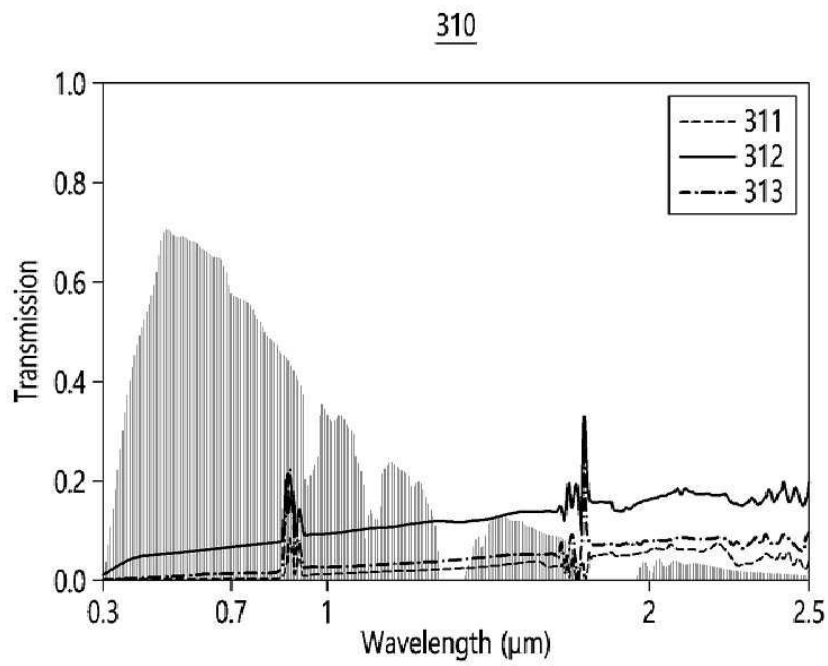
도면2c



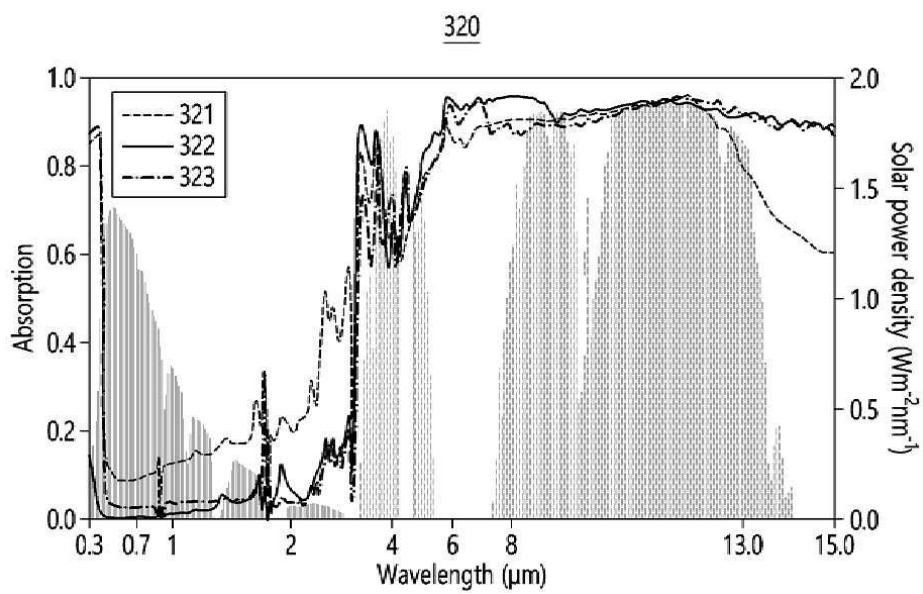
도면3a



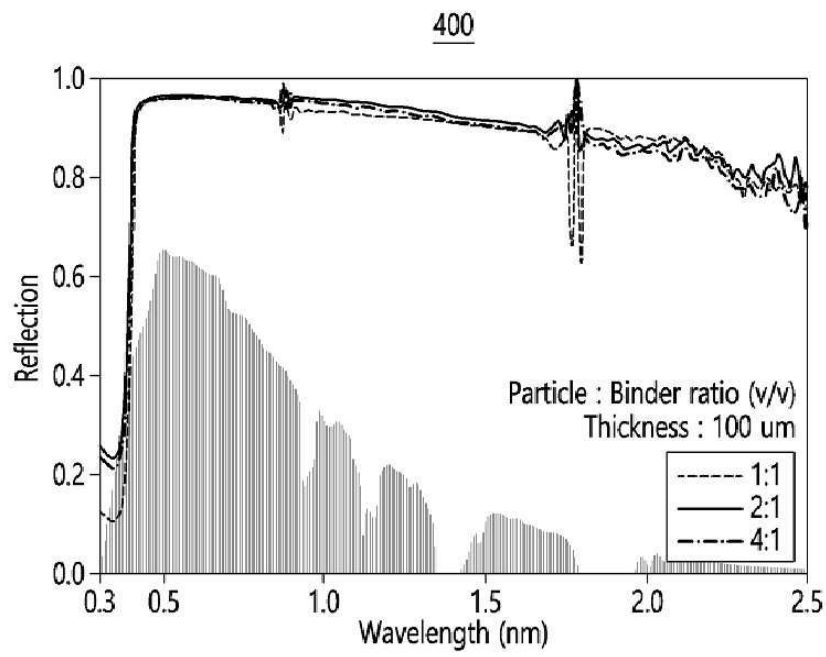
도면3b



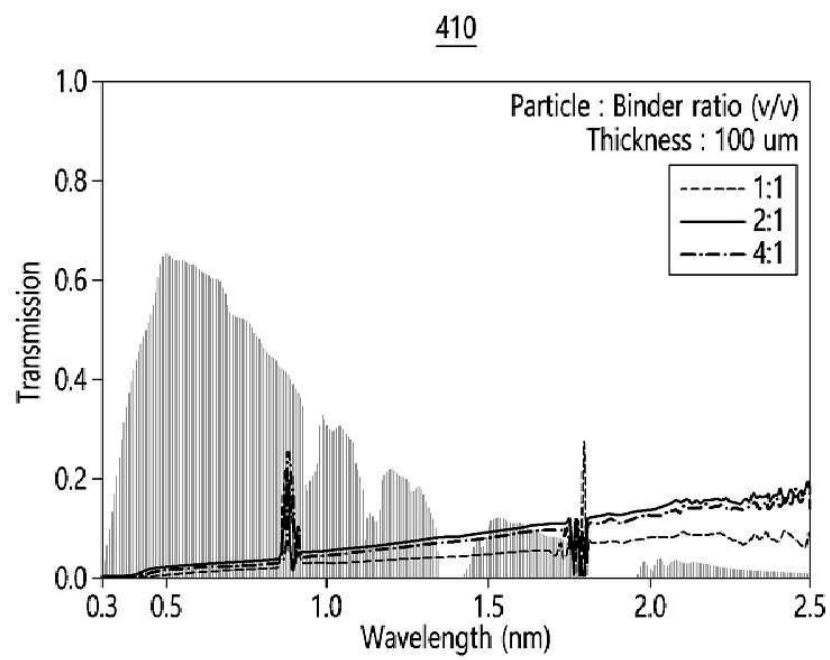
도면3c



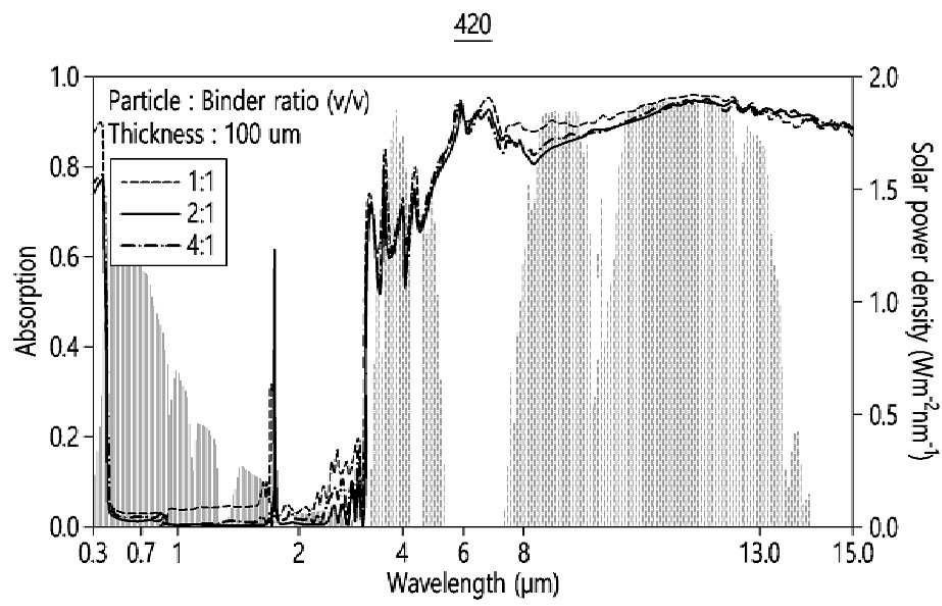
도면4a



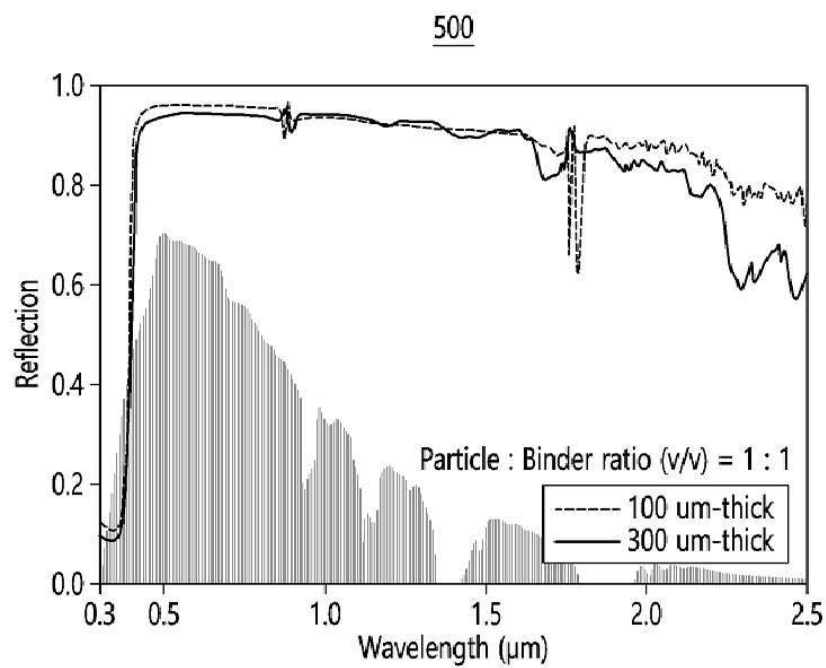
도면4b



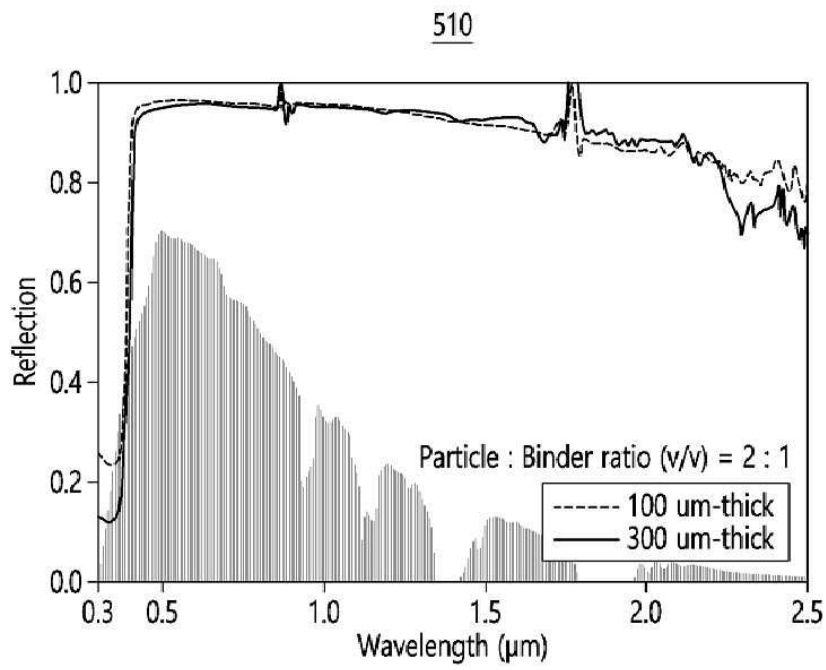
도면4c



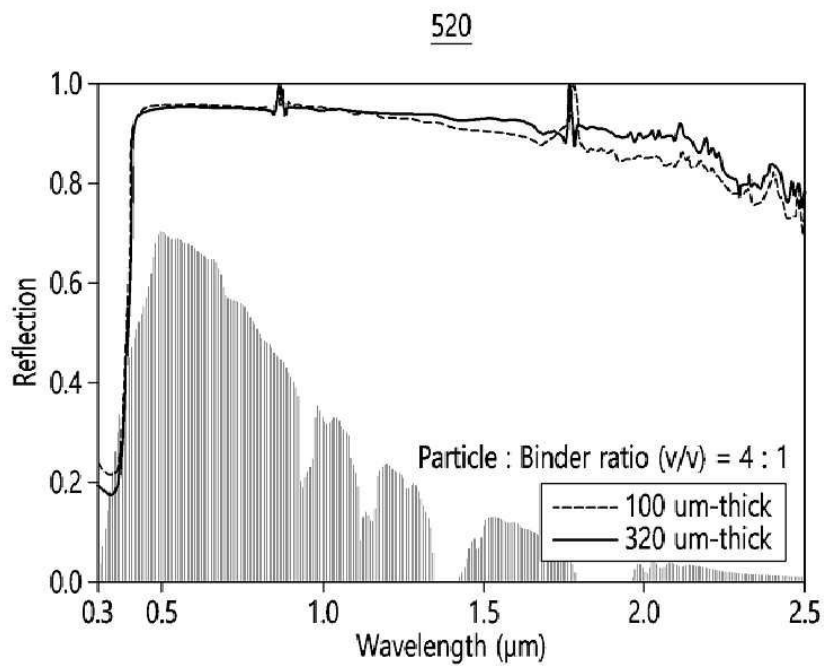
도면5a



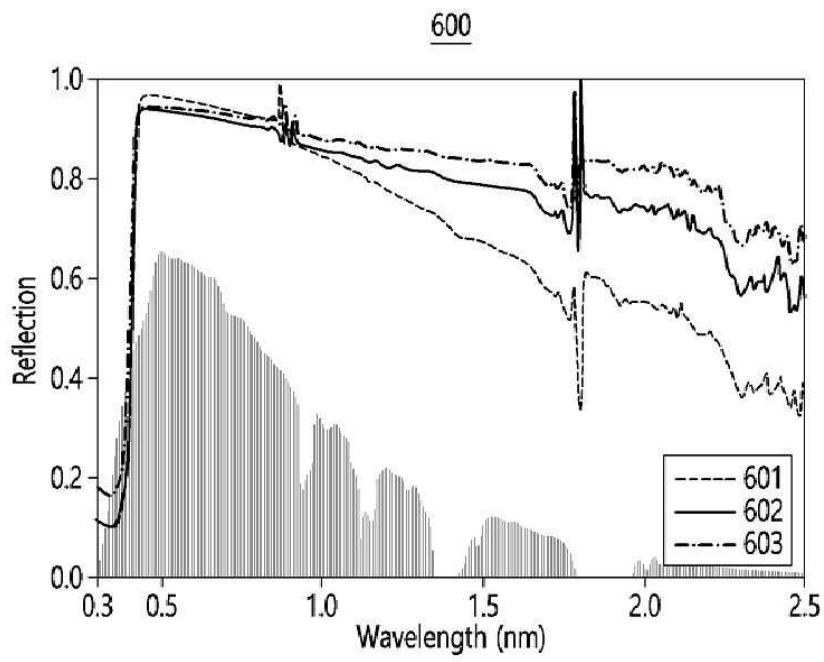
도면5b



도면5c



도면6a



도면6b

