



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월17일
 (11) 등록번호 10-1909228
 (24) 등록일자 2018년10월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 40/22 (2014.01) *G02B 3/00* (2006.01)
G02B 3/08 (2006.01) *H02S 20/32* (2014.01)
 (52) CPC특허분류
H02S 40/22 (2015.01)
G02B 3/0043 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0048749
 (22) 출원일자 2017년04월14일
 심사청구일자 2017년04월14일
 (56) 선행기술조사문헌
 CN105259599 A*
 KR101681285 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
명지대학교 산학협력단
 경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동, 명지대학교)
 (72) 발명자
신서용
 경기도 성남시 분당구 수내로 181, 310동 203호 (분당동, 셋별마을우방아파트)
팜탄투안
 경기도 용인시 처인구 명지로 123 (남동)
 (74) 대리인
이은철, 이우영

전체 청구항 수 : 총 8 항

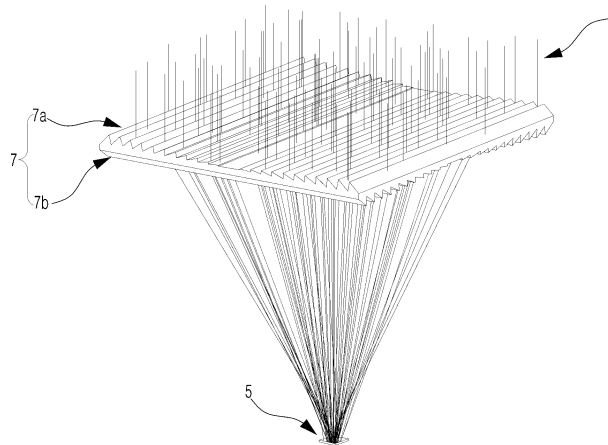
심사관 : 오규환

(54) 발명의 명칭 **선형 프레넬 렌즈를 사용한 집광형 태양광 발전용 집광장치**

(57) 요약

본 발명은 집광형 태양광 발전용 집광장치에 관한 것으로, 선형 프레넬 렌즈 두개의 선형 돌기들의 방향이 서로 직각이 되도록 교차하여 배치하거나, 선형 프레넬 렌즈 하나의 양면에 설치된 선형 돌기들의 방향이 서로 직각이 되도록 교차하여 배치한다. 태양광이 선형 프레넬 렌즈 면에 수직으로 입사할 때 선형 돌기를 통과한 빛이 태양 전지 표면에 균일하게 비출 수 있도록, 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 복수의 초점을 가지도록 구성한다. 본 발명에 따르면, 이차 광학요소가 없어도 되므로, 집광장치의 설계와 제작이 쉽고, 저렴하면서도 높은 집광률과 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있는 집광형 태양광 발전용 집광장치를 구현할 수 있다. 그리고 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있어서, 고집광시 발생하는 고열에 의한 태양전지 효율의 열화를 감소시켜서 높은 효율을 얻을 수 있다. 또한, 태양전지 온도편차에 의한 수명 감소도 방지할 수 있다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

G02B 3/08 (2013.01)

H02S 20/32 (2015.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711016416

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 비결상광학(nonimaging optics)을 기반으로 하는 대용량 태양광 조명 시스템

기 여 율 1/1

주관기관 명지대학교

연구기간 2014.11.01 ~ 2017.10.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

태양광을 추적하는 장치가 부착된 집광형 태양광 발전용 집광장치에서,
 상기 집광장치는 복수의 초점을 가지는 선형 돌기들을 구비한 선형 프레넬 렌즈 두개를 포함하고,
 상기 선형 프레넬 렌즈 두개는 상기 선형 돌기의 방향이 서로 교차하도록 배치되며,
 상기 집광장치를 통과한 태양광이 상기 집광장치 아래 위치한 태양전지에 사각형 형태로 모여서 전달되고,
 상기 선형 돌기는, 상기 선형 돌기의 폭이 상기 태양전지 폭의 절반보다 큰 경우에는 상기 태양전지의 아래쪽에
 상기 선형 돌기의 허초점을 가지고, 상기 선형 돌기의 폭이 상기 태양전지 폭의 절반보다 작은 경우에는 상기
 선형 프레넬 렌즈 위쪽에 상기 선형 돌기의 허초점을 가지는 것을 특징으로 하는 집광형 태양광 발전용 집광장
 치.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 선형 프레넬 렌즈는 두개 모두 상기 선형 돌기가 있는 면으로 태양광이 입사하도록 배치된 것을 특징으로
 하는 집광형 태양광 발전용 집광장치.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 선형 프레넬 렌즈는 두개 모두 상기 선형 돌기가 없는 면으로 태양광이 입사하도록 배치된 것을 특징으로
 하는 집광형 태양광 발전용 집광장치.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 선형 프레넬 렌즈 두개 중에 태양에 가까운 쪽의 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 없는 면으로 태양광이
 입사하고, 상기 선형 프레넬 렌즈 두개 중에 태양에서 먼 쪽의 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 없는 면에서 태
 양광이 방출되도록 배치된 것을 특징으로 하는 집광형 태양광 발전용 집광장치.

청구항 5

태양광을 추적하는 장치가 부착된 집광형 태양광 발전용 집광장치에서,
 상기 집광장치는 복수의 초점을 가지는 선형 돌기들을 양면에 구비한 선형 프레넬 렌즈를 포함하고,
 상기 선형 프레넬 렌즈는 양면의 상기 선형 돌기가 서로 교차하도록 배치되며,
 상기 집광장치를 통과한 태양광이 상기 집광장치 아래 위치한 태양전지에 사각형 형태로 모여서 전달되고,
 상기 선형 돌기는, 상기 선형 돌기의 폭이 상기 태양전지 폭의 절반보다 큰 경우에는 상기 태양전지의 아래쪽에
 상기 선형 돌기의 허초점을 가지고, 상기 선형 돌기의 폭이 상기 태양전지 폭의 절반보다 작은 경우에는 상기
 선형 프레넬 렌즈 위쪽에 상기 선형 돌기의 허초점을 가지는 것을 특징으로 하는 집광형 태양광 발전용 집광장
 치.

청구항 6

제1항 또는 제5항에 있어서,
 상기 선형 프레넬 렌즈는, 복수의 상기 선형 돌기에 대하여 상기 선형 돌기를 통과한 태양광이 상기 태양전지에

도달하는 영역이 같은 것을 특징으로 하는 집광형 태양광 발전용 집광장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항 또는 제5항에 있어서,

상기 선형 프레넬 렌즈는, 중앙을 지나는 대칭면을 기준으로 상기 선형 돌기의 형상이 거울 대칭으로 형성되고, 상기 대칭면의 한쪽에 있는 상기 선형 돌기들의 초점이 각각 다른 것을 특징으로 하는 집광형 태양광 발전용 집광장치.

청구항 9

제1항 또는 제5항에 있어서,

상기 선형 돌기는, 상기 선형 돌기의 두께가 두꺼운 쪽 끝에 입사한 태양광이 상기 태양전지의 중앙을 지나고, 상기 선형 돌기의 두께가 얇은 쪽 끝에 입사한 태양광이 상기 태양전지의 한쪽 끝을 지나도록 형성된 것을 특징으로 하는 집광형 태양광 발전용 집광장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 집광형 태양광 발전용 집광장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 선형 프레넬 렌즈 두개를 선형 돌기의 축이 서로 직각이 되도록 교차하여 배치하고, 선형 돌기를 통과한 태양광이 태양전지의 사각형 표면에 맞게 모아지도록 구성하여, 저렴하면서도 높은 집광률과 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있는 집광형 태양광 발전용 집광장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기존 화석에너지는 자원고갈에 따른 경제적 문제뿐만 아니라 대기오염 및 지구온난화와 같은 심각한 환경문제가 있다. 따라서 태양에너지, 풍력 및 수력 에너지와 같은 신재생에너지가 중요해지고 있다. 그중 태양에너지는 영구적이며, 환경오염 문제가 없기 때문에 미래 에너지로 기대되고 있다. 특히 태양광 발전에 사용되는 태양전지의 기술개발이 활발히 이루어지고 있다.

[0003] 종래의 태양전지는 밴드갭 에너지보다 낮은 에너지를 가지는 빛을 흡수하지 못하여, 광변환 효율이 20% 미만으로 낮아 다른 재생에너지에 비해 발전 단가가 높은 문제점이 있었다. 그러나 최근 광흡수대역을 넓히기 위해, 다양한 밴드갭 에너지를 가지는 화합물 반도체 박막을 적층한 다중접합(multi-junction) 태양전지를 이용하여 40% 이상의 효율을 얻을 수 있게 되었다. 따라서 이러한 다중접합 태양전지를 이용한 태양광 발전 시스템의 개발이 활발히 연구되고 있다.

[0004] 그런데 다중접합 태양전지는 그 제조 단가가 상당히 높기 때문에, 태양광 발전 시스템의 가격을 낮추기 위해서는 다중접합 태양전지의 면적을 줄일 필요가 있다. 면적을 줄인 태양전지에서 동일한 출력을 유지하기 위해서는, 면적을 줄이기 전과 동일한 광량을 태양전지에 입사시켜야 하므로, 저렴한 집광장치의 개발이 필수적이다. 이러한 다중접합 태양전지와 집광장치를 이용한 태양광발전 시스템을 집광형 태양광 발전(concentrating photovoltaic, CPV) 시스템이라 한다.

[0005] 집광장치는 높은 집광률(concentration ratio)과 균일한 방사조도(irradiance) 분포가 필요하고, 그밖에 높은 광학효율, 큰 입사각, 작은 초점거리, 그리고 설계 및 제작이 용이할 것 등의 특성을 요한다. 이러한 집광장치의 특성들은 그 구조에 의해서 결정되는데, 적절한 가격으로 제작 가능하여야 한다.

[0006] 종래의 집광장치는 높은 집광률과 균일한 방사조도 분포를 함께 만족시키기 위해, 일차 광학요소(primary optical element, POE)와 이차 광학요소(secondary optical element, SOE)를 함께 이용한다.

[0007] 일차 광학요소로는 원형 프레넬 렌즈, 포물면 거울 등을 사용할 수 있는데, 집광률이 훨씬 좋은 프레넬 렌즈가 주로 이용된다. 이러한 일차 광학요소의 경우 일반적으로 집광률을 높이면, 방사조도 분포가 불균일해지는 문제가 발생한다. 따라서 균일한 방사조도 분포를 얻기 위해 이차 광학요소가 필요하다.

[0008] 이차 광학요소로는 복합 포물형 집광기(compound parabolic concentrator, CPC) 등이 사용된다. 이차 광학요소는 태양전지 부근에 설치되어, 일차 광학요소에서 집광된 태양광을 받아서 균일하게 만드는 역할을 한다. 따라서 이차 광학요소는 정밀하여야 할 뿐만 아니라, 집광된 태양광을 받기 때문에 높은 온도에 견뎌야 하므로, 일차 광학요소보다 더 비싼 고품질 제품을 사용해야 한다. 이차 광학요소에 비싼 고품질 제품을 사용하기 때문에, 종래의 집광장치는 비용이 상승하는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서 본 발명의 목적은, 이차 광학요소를 사용하지 않는 저렴한 집광장치를 구현하되, 이차 광학요소를 포함한 집광장치와 마찬가지로 높은 집광률과 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있는 저렴한 집광장치를 구현하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 일 양태에 따르면, 태양광을 추적하는 장치가 부착된 집광형 태양광 발전용 집광장치에서, 상기 집광장치는 복수의 초점을 가지는 선형 돌기들을 가진 선형 프레넬 렌즈 두개를 포함하고, 상기 선형 프레넬 렌즈 두개는 상기 선형 돌기의 방향이 서로 교차하도록 배치되며, 상기 집광장치를 통과한 태양광이 상기 집광장치 아래 위치한 태양전지에 사각형 형태로 모여서 전달되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 선형 프레넬 렌즈는 두개 모두 선형 돌기가 있는 면으로 태양광이 입사하도록 배치될 수 있다.

[0012] 상기 선형 프레넬 렌즈는 두개 모두 선형 돌기가 없는 면으로 태양광이 입사하도록 배치될 수 있다.

[0013] 상기 선형 프레넬 렌즈 두개 중에 태양에 가까운 쪽의 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 없는 면으로 태양광이 입사하고, 상기 선형 프레넬 렌즈 두개 중에 태양에서 먼 쪽의 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 없는 면에서 태양광이 방출되도록 배치될 수 있다.

[0014] 상기 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 일 양태에 따르면, 태양광을 추적하는 장치가 부착된 집광형 태양광 발전용 집광장치에서, 상기 집광장치는 복수의 초점을 가지는 선형 돌기들을 양면에 가진 선형 프레넬 렌즈를 포함하고, 상기 선형 프레넬 렌즈는 상기 양면의 선형 돌기가 서로 교차하도록 배치되며, 상기 집광장치를 통과한 태양광이 상기 집광장치 아래 위치한 태양전지에 사각형 형태로 모여서 전달되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 선형 프레넬 렌즈는 상기 선형 돌기를 통과한 태양광이 상기 태양전지에 도달하는 영역이 복수의 상기 선형 돌기에서 같을 수 있다.

[0016] 상기 집광형 태양광 발전용 집광장치에서, 상기 집광장치를 통과한 태양광이 상기 태양전지에 도달할 때, 집광된 상기 태양광의 면적이 상기 태양전지 면적과 동일할 수 있다.

[0017] 상기 각 선형 돌기는, 상기 각 선형 돌기의 폭이 상기 태양전지 폭의 절반보다 큰 경우에는 상기 태양전지의 아래쪽에 상기 각 선형 돌기의 허초점을 가지고, 상기 각 선형 돌기의 폭이 상기 태양전지 폭의 절반보다 작은 경우에는 상기 선형 프레넬 렌즈 위쪽에 상기 각 선형 돌기의 허초점을 가질 수 있다.

[0018] 상기 선형 프레넬 렌즈는, 중앙을 지나는 대칭면을 기준으로 상기 선형 돌기의 형상이 거울 대칭으로 형성되고, 상기 대칭면의 한쪽에 있는 상기 선형 돌기의 초점이 각각 다를 수 있다.

[0019] 상기 각 선형 돌기는, 상기 각 선형 돌기의 두께가 두꺼운 쪽 끝에 입사한 태양광이 상기 태양전지의 중앙을 지나고, 상기 각 선형 돌기의 두께가 얇은 쪽 끝에 입사한 태양광이 상기 태양전지의 한쪽 끝을 지나도록 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면, 선형 프레넬 렌즈 두개를 선형 돌기의 축이 서로 교차하도록 배치하고, 선형 돌기가 복수의 초점을 가지도록 함으로써, 선형 돌기를 통과한 태양광이 태양전지의 사각형 표면에 균일하게 모아지도록 구성

하여, 저렴하면서도 높은 집광률과 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있는 집광형 태양광 발전용 집광장치를 구현할 수 있다.

[0021] 또한, 이차 광학요소가 없어도 되므로, 집광장치의 설계와 제작이 쉽다. 뿐만 아니라 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있어서, 고집광시 발생하는 고열에 의한 태양전지 효율의 열화를 감소시켜서 높은 효율을 얻을 수 있다. 또한, 태양전지 온도편차에 의한 수명 감소도 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 선형 프레넬 렌즈의 사시도와 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도,
 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치의 사시도 및 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도,
 도 3은 본 발명의 제2실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치의 사시도,
 도 4는 본 발명의 제3실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치의 사시도,
 도 5는 본 발명의 제4실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치의 사시도 및 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도,
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 위쪽에 있고 폭이 큰 경우 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도,
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 위쪽에 있고 폭이 작은 경우 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도,
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 아래쪽에 있고 폭이 큰 경우 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도, 및
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 아래쪽에 있고 폭이 작은 경우 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부한 도면들 및 후술되어 있는 내용을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시 예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다. 한편, 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급되지 않는 한 복수형도 포함된다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자가 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0024] 태양광 발전에서는 태양전지에 도달하는 빛을 전기로 변환하기 때문에, 태양전지에 도달하는 광량이 중요하다. 태양전지의 면적을 A, 태양광의 입사각도를 B라하면, 태양전지에 도달하는 태양광의 광량은 $A \cos(B)$ 로 표시할 수 있다. 즉 태양광이 태양전지에 수직으로 입사할 때, 태양전지에 도달하는 태양광의 광량이 가장 많게 된다. 그런데 계절의 변화 뿐만 아니라, 하루중에도 시간에 따라서 태양의 고도가 달라지므로, 태양전지의 위치와 각도가 고정된 경우, 태양전지가 최대의 효율을 보일 수 없다.

[0025] 다중접합 태양전지와 집광시스템을 사용한 경우 태양광의 입사각도가 중요하므로, 태양광 추적장치를 이용하여 입사각도를 수직으로 유지시키는 경우가 많다. 태양광 추적장치에 대해서는 미국특허 7,795,568호 등에 개시된 것처럼 많이 알려져 있으므로, 이하에서는 이러한 태양광 추적시스템을 이용하여 태양광이 집광장치에 수직으로 입사하는 것을 기준으로 설명한다.

[0026] 일반적으로 원형 프레넬 렌즈에 수직 입사한 태양광이 지나는 경로는 볼록렌즈에 수직 입사한 태양광이 지나는 경로와 동일하다. 그러므로 한 점에 초점이 맺히지며, 초점 중앙과 초점 주위의 빛의 세기 차이가 크다. 따라서 주로 사각형으로 생산되는 태양전지 표면의 방사조도 분포가 불균일해져 태양전지 효율이 감소되는 문제점이 있다. 뿐만 아니라 태양전지의 위치에 따른 온도 차이가 발생하여 태양전지 수명이 감소되는 문제점도 있다.

- [0027] 본 발명에서는 이러한 원형 프레넬 렌즈의 문제점을 해결하기 위해 선형 프레넬 렌즈를 사용한다.
- [0028] 이하, 도 1 내지 도 9를 참조하여, 본 발명의 각 실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치에 대하여 설명한다.
- [0029] 도 1은 선형 프레넬 렌즈의 사시도와 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도이다. 선형 프레넬 렌즈(2)는 돌기(4)들이 선형으로 배치된 프레넬 렌즈이다. 선형 프레넬 렌즈(2)는 렌즈면에 수직으로 입사하는 태양광(1)을 모아서 초점 선분(3)에 위치하도록 한다. 선형 프레넬 렌즈 한개만을 사용하는 경우, 태양전지를 선형으로 배치하여야 하므로 집광률이 100배보다 낮게 된다. 본 발명에서는 도 2와 같이 선형 프레넬 렌즈를 두개를 서로 직각이 되도록 겹쳐서 집광률을 높일 수 있었다.
- [0030] 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치의 사시도 및 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도이다. 도 2에서 집광형 태양광 발전용 집광장치는 상부인 태양쪽에 선형 돌기를 가진 두개의 동일한 선형 프레넬 렌즈로 구성된다. 즉, 선형 프레넬 렌즈 두개 모두 태양광이 선형 돌기가 있는 쪽으로 입사하도록 배치된다.
- [0031] 도 2에서 선형 프레넬 렌즈는 상부 선형 프레넬 렌즈(2a)와 하부 선형 프레넬 렌즈(2b)로 구성되며, 선형 돌기의 방향이 서로 직각이 되도록 교차시켜 배치한다. 태양광(1)은 도면에 생략된 태양광 추적장치에 의해 상부의 선형 프레넬 렌즈(2a)의 면에 수직 입사한다.
- [0032] 상부의 선형 프레넬 렌즈(2a)는 입사된 태양광을 굴절시켜 직선형으로 집중시킨다. 상부의 선형 프레넬 렌즈(2a)를 통과한 태양광은 하부의 선형 프레넬 렌즈(2b)로 입사하여 굴절된다. 하부의 선형 프레넬 렌즈(2b)는 입사한 태양광을 상부에서 집중시킨 방향과 직각을 이루는 방향으로 직선형으로 집중시킨다.
- [0033] 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기들을 도 6과 같이 태양전지(5)의 아래에 초점을 갖도록 구성한다면, 상부 선형 프레넬 렌즈(2a)와 하부 선형 프레넬 렌즈(2b)에서 두번 굴절된 태양광은 태양전지(5) 표면에 사각형 모양으로 집중하게 된다.
- [0034] 이차 광학요소가 없는 이러한 구성에 의해, 집광장치의 설계와 제작이 쉽고, 저렴하면서도 높은 집광률과 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있는 집광형 태양광 발전용 집광장치를 구현할 수 있다.
- [0035] 또한, 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있어서, 고집광시 발생하는 고열에 의한 태양전지 효율의 열화를 감소시켜서 높은 효율을 얻을 수 있다. 또한, 태양전지 온도편차에 의한 수명 감소도 방지할 수 있다. 이러한 효과는 본 발명의 다른 실시예인 도 3 내지 도 5에서도 동일하다.
- [0036] 도 3은 본 발명의 제2실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치의 사시도이다. 도 3에서는 집광형 태양광 발전용 집광장치는 하부인 태양전지쪽에 선형 돌기를 가진 두개의 동일한 선형 프레넬 렌즈로 구성된다. 즉, 선형 프레넬 렌즈 두개 모두 태양광이 선형 돌기가 없는 쪽으로 입사되도록 배치된다.
- [0037] 도 3에서 상부 선형 프레넬 렌즈(6a)와 하부 선형 프레넬 렌즈(6b)는 선형 돌기의 방향이 서로 직각이 되도록 교차시켜 배치한다. 상부 선형 프레넬 렌즈(6a)의 태양쪽 표면(6c)이 평면이 되기 때문에, 먼지나 눈 등이 상부 선형 프레넬 렌즈(6a)의 선형 돌기에 들어가서 선형 프레넬 렌즈의 굴절성능을 떨어뜨리는 것을 방지할 수 있으며, 청소가 용이한 장점이 있다.
- [0038] 도 4는 본 발명의 제3실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치의 사시도이다. 도 4에서 집광형 태양광 발전용 집광장치는 선형 돌기가 있는 면이 서로 마주보는 두개의 동일한 선형 프레넬 렌즈로 구성된다. 즉, 선형 프레넬 렌즈 두개 중에 상부인 태양쪽 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 없는 면으로 태양광이 입사하고, 상기 선형 프레넬 렌즈 두개 중에 하부인 태양전지쪽의 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 없는 면에서 태양광이 방출되도록 배치된다.
- [0039] 도 4에서 상부 선형 프레넬 렌즈(6a)는 태양전지쪽에 선형 돌기를 가지고, 하부 선형 프레넬 렌즈(2b)는 태양쪽에 선형 돌기를 가진다. 이 두 선형 프레넬 렌즈들은 선형 돌기들이 서로 마주보도록 배치하고, 선형 돌기의 방향은 서로 직각이 되도록 교차시켜 배치한다. 이러한 배치에 의해서 집광장치의 태양광이 입사되는 쪽 및 굴절된 태양광이 나오는 쪽 모두 평면이 되므로, 선형 프레넬 렌즈의 굴절에 영향을 주는 선형 돌기의 보호에 유리하다. 또한, 양면 모두 평면이므로 청소에도 유리한 효과가 있다.
- [0040] 도 2 내지 도 4에서는 동일한 프레넬 렌즈 2개를 사용하여 집광장치를 통과한 태양광이 정사각형모양으로 모였으나, 태양전지의 가로와 세로 크기에 맞게 두개의 프레넬 렌즈의 선형 돌기를 다르게 구성하여 태양광을 직사

각형 모양으로 모을 수도 있다. 즉, 선형 프레넬 렌즈 두개로 태양전지의 면적과 동일한 면적으로 태양광을 집광시킬 수 있다. 또한, 도 6 내지 도 9에서와 같이 선형 돌기의 초점을 복수개로 함으로써 사각형 태양전지(5) 표면에 보다 균일하게 태양광을 입사시킬 수 있다.

- [0041] 도 5는 본 발명의 제4실시예에 따른 집광형 태양광 발전용 집광장치의 사시도 및 태양광이 지나가는 경로를 나타내는 구성도이다. 도 5에서 집광형 태양광 발전용 집광장치는 양면에 선형 돌기를 가진 하나의 선형 프레넬 렌즈로 구성된다.
- [0042] 도 5에서 선형 프레넬 렌즈(7)는 양면에 선형 돌기를 가지고 있다. 태양쪽에 있는 선형 돌기(7a)와 그 반대쪽(태양전지쪽)에 있는 선형 돌기(7b)는 선형 돌기의 방향이 서로 직각이 되도록 교차시켜 구성한다. 태양광(1)은 도면에 생략된 태양광 추적장치에 의해 선형 프레넬 렌즈(7)의 상부면에 수직으로 입사하고, 태양쪽 선형 돌기(7a)와 그 반대쪽 선형 돌기(7b)에 의해 두번 굴절하여, 태양전지(5)의 사각형 면적에 모이게 된다.
- [0043] 매질의 경계면에서 빛의 프레넬 손실이 발생한다. 도 2 내지 도 4와 같이 두개의 선형 프레넬 렌즈로 구성된 경우, 프레넬 손실이 4번 발생한다. 도 5와 같이 선형 프레넬 렌즈를 한개만 사용한 경우, 프레넬 손실을 줄일 수 있는 유리한 효과가 있다.
- [0044] 도 5의 경우에도 태양전지의 가로와 세로 크기에 맞게 프레넬 렌즈 양면의 선형 돌기를 구성하여 태양광을 직사각형 모양으로 모을 수도 있다. 즉, 양면 선형 프레넬 렌즈로 태양전지의 면적과 동일한 면적으로 태양광을 집광시킬 수 있다. 또한, 도 6 내지 도 9에서와 같이 선형 돌기의 초점을 복수개로 함으로써 사각형 태양전지(5) 표면에 보다 균일하게 태양광을 입사시킬 수 있다.
- [0045] 이하에서는 경계 광선(edge ray)정리, 스넬의 법칙, 광경로 보존법칙을 기초로 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있는 선형 돌기의 형상에 관하여 설명한다.
- [0046] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 위쪽에 있고 폭이 큰 경우 태양광이 지나가는 경로를 나타내는 구성도이다. 즉 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 태양쪽인 상부에 형성되어 있고, 선형 돌기의 폭이 태양전지(5)의 폭의 절반보다 큰 경우를 설명하는 도면이다. 도면에서 선형 프레넬 렌즈는 왼쪽 절반만 도시되었고, 오른쪽 절반은 생략되었다.
- [0047] 도 6에서 선형 프레넬 렌즈의 가장 왼쪽 선형 돌기의 얇은 쪽(왼쪽)으로 수직 입사한 태양광(10a)은 선형 프레넬 렌즈 내부에서 굴절되며(10b, 10c) 왼쪽 경로(8)를 통해 태양전지(5)의 왼쪽 끝에 도착한다. 가장 왼쪽 선형 돌기의 두꺼운 쪽(오른쪽)으로 수직 입사한 태양광(11a)은 선형 프레넬 렌즈에서 굴절되어(11b) 오른쪽 경로(9)를 통해 태양전지(5)의 중앙에 도착한다. 이 경우 태양전지 아래쪽에 허초점(12)이 생긴다.
- [0048] 이 경우의 광경로의 길이를 계산하면 다음과 같다. 먼저 선형 돌기 왼쪽의 태양광의 광경로를 살펴보면, 10a 에서 10b 까지의 거리를 $P_{10a \rightarrow 10b}$ 라 하고, 10b 에서 10c 까지의 거리를 $P_{10b \rightarrow 10c}$ 라 하고, 10c에서 초점(12)까지의 거리를 $P_{10c \rightarrow 12}$ 라 할 때, 선형 프레넬 렌즈를 통과하는 $P_{10b \rightarrow 10c}$ 에는 선형 프레넬 렌즈의 굴절률 n 을 곱해주어야 한다. 즉, 선형 돌기 왼쪽의 광경로를 모두 더하면, $P_{10a \rightarrow 10b} + n \cdot P_{10b \rightarrow 10c} + P_{10c \rightarrow 12}$ 가 된다.
- [0049] 선형 돌기 오른쪽의 태양광의 광경로를 살펴보면, 11a에서 11b까지의 거리를 $P_{11a \rightarrow 11b}$ 라 하고, 11b에서 초점(12)까지의 거리를 $P_{11b \rightarrow 12}$ 라 하면, 선형 프레넬 렌즈를 통과하는 $P_{11a \rightarrow 11b}$ 구간에서는 선형 프레넬 렌즈의 굴절률 n 을 곱해야 한다. 따라서 선형 돌기 오른쪽의 광경로를 모두 더하면, $n \cdot P_{11a \rightarrow 11b} + P_{11b \rightarrow 12}$ 가 된다.
- [0050] 초점(12)에 빛이 모이도록 하기 위해, 왼쪽 경로를 지난 태양광과 오른쪽 경로를 지난 태양광의 광경로 길이가 동일하여야 하므로, $P_{10a \rightarrow 10b} + n \cdot P_{10b \rightarrow 10c} + P_{10c \rightarrow 12} = n \cdot P_{11a \rightarrow 11b} + P_{11b \rightarrow 12}$ 가 되어야 한다. 굴절률 n 은 예를들어 프레넬 렌즈 재질로 흔히 쓰이는 PMMA(polymethyl methacrylate)의 경우 가시광선 중앙 파장인 550nm 에서 1.492 이다.
- [0051] 이 선형 프레넬 렌즈의 또다른 선형 돌기의 얇은 쪽(왼쪽)으로 들어간 태양광(14)과 두꺼운 쪽(오른쪽)으로 들어간 태양광(15)의 경우도 태양전지(5)의 왼쪽 끝과 중앙을 비추게 되므로, 이 경우도 태양전지(5)의 아래쪽에 허초점(16)이 생긴다. 이 허초점(16)은 가장 왼쪽 돌기의 허초점(12)과 다른 위치이다.
- [0052] 태양 전지 면에 골고루 태양광을 입사시키기 위해, 선형 프레넬 렌즈의 각 선형 돌기를 지나가는 태양광이 태양전지의 동일한 표면을 비추도록 하면, 각 선형 돌기 마다 다른 초점을 갖도록 구성할 수 있다. 즉, 본 발명의 선형 프레넬 렌즈는 선형 돌기의 개수만큼의 서로 다른 초점을 가질 수 있다.

- [0053] 도 6의 경우에는 선형 프레넬 렌즈의 중앙을 지나는 대칭면을 기준으로 좌우 거울 대칭인 프레넬 렌즈를 사용하였다. 대칭면의 한쪽에 있는 각 선형 돌기의 초점이 각각 다르므로, 초점의 개수는 돌기의 총 수의 절반에 해당한다. 도 6에서는 각각의 선형 돌기가 동일한 영역인 태양전지의 절반을 비추는 것으로 초점을 설정하였으나, 태양전지의 모든 면적을 비추도록 구성하거나 일부분씩 나누어 비추도록 구성할 수도 있다. 이 경우 각 선형 돌기의 초점은 돌기의 개수만큼 다를 수 있다.
- [0054] 이렇게 함으로써 도 6에 도시된 선형 프레넬 렌즈의 왼쪽 절반에 수직으로 입사된 태양광들은 태양전지(5) 표면의 왼쪽 절반에 균일하게 입사한다. 마찬가지로, 도 6에서 생략된 선형 프레넬 렌즈의 오른쪽 절반에 수직으로 입사된 태양광들은 태양전지(5) 표면의 오른쪽 절반에 균일하게 입사한다.
- [0055] 그 결과 전체 선형 프레넬 렌즈 면에 도착한 태양광은 태양전지(5) 표면 전체에 고르게 입사되고, 결과적으로 적은 면적으로도 높은 효율을 얻을 수 있다. 뿐만 아니라, 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있어서, 고집광시 발생하는 고열에 의한 태양전지 효율의 열화를 감소시켜서 높은 효율을 얻을 수 있다. 또한, 태양전지 온도편차에 의한 수명 감소도 방지할 수 있다.
- [0056] 결국, 이차 광학요소가 없는 이러한 구성에 의해, 집광장치의 설계와 제작이 쉽고, 저렴하면서도 높은 집광률과 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있는 집광형 태양광 발전용 집광장치를 구현할 수 있다. 이러한 효과는 본 발명의 다른 실시예인 도 7 내지 도 9에서도 동일하다.
- [0057] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 위쪽에 있고 폭이 작은 경우 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도이다. 즉 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 태양쪽인 상부에 형성되어 있고, 도 6과 다르게 선형 돌기의 폭이 태양전지(5)의 길이의 절반보다 작은 경우를 설명하는 도면이다. 도면에서 선형 프레넬 렌즈는 왼쪽 절반만 도시되었고, 오른쪽 절반은 생략되었다.
- [0058] 도 7에서도 선형 프레넬 렌즈의 가장 왼쪽 선형 돌기의 얇은 쪽(왼쪽)으로 들어간 태양광(10a)이 태양전지(5)의 왼쪽 끝(5a)에 도착하고, 선형 돌기의 두꺼운 쪽(오른쪽)으로 들어간 태양광(11a)이 태양전지(5)의 중앙(5b)에 도착하여, 태양광이 태양전지(5)의 왼쪽 절반에 균일하게 들어가는 것은 동일하다. 단지, 태양전지 길이의 절반이 선형 돌기의 폭보다 크기 때문에, 허초점이 태양전지 아래쪽이 아니라, 선형 프레넬 렌즈의 위쪽(12a, 16a)에 생기는 점만 차이가 있다.
- [0059] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 아래쪽에 있고 폭이 큰 경우 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도이다. 즉 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 하부에 형성되어 태양전지(5)쪽을 향하고 있고, 선형 돌기의 폭이 태양전지의 길이의 절반보다 큰 경우를 설명하는 도면이다. 도면에서 선형 프레넬 렌즈는 왼쪽 절반만 도시되었고, 오른쪽 절반은 생략되었다.
- [0060] 도 8에서 선형 프레넬 렌즈의 한 선형 돌기의 얇은 쪽(왼쪽)으로 들어간 태양광(19a)은 선형 프레넬 렌즈 내부에서 굴절되며(19b) 왼쪽 경로(18)를 통해 태양전지(5)의 왼쪽 끝에 도착한다. 선형 돌기의 두꺼운 쪽(오른쪽)으로 들어간 태양광(20a)은 선형 프레넬 렌즈에서 굴절되어(20b) 오른쪽 경로(17)를 통해 태양전지(5)의 중앙에 도착한다. 이 경우 초점은 태양전지 아래쪽의 허초점(21)이 된다.
- [0061] 이 경우의 광경로의 길이를 계산하면 다음과 같다. 먼저 선형 돌기 왼쪽의 태양광의 광경로를 살펴보면, 19a에서 19b까지의 거리를 $P_{19a \rightarrow 19b}$ 라 하고, 19b에서 초점(21)까지의 거리를 $P_{19b \rightarrow 21}$ 라 할 때, 선형 프레넬 렌즈를 통과하는 $P_{19a \rightarrow 19b}$ 에는 선형 프레넬 렌즈의 굴절률 n 을 곱해주어야 한다. 즉, 선형 돌기 왼쪽의 광경로를 모두 더하면, $n \cdot P_{19a \rightarrow 19b} + P_{19b \rightarrow 21}$ 가 된다.
- [0062] 선형 돌기 오른쪽의 태양광의 광경로를 살펴보면, 20a에서 20b까지의 거리를 $P_{20a \rightarrow 20b}$ 라 하고, 20b에서 초점(21)까지의 거리를 $P_{20b \rightarrow 21}$ 라 하면, 선형 프레넬 렌즈를 통과하는 $P_{20a \rightarrow 20b}$ 구간에서는 선형 프레넬 렌즈의 굴절률 n 을 곱해야 한다. 따라서 선형 돌기 오른쪽의 광경로를 모두 더하면, $n \cdot P_{20a \rightarrow 20b} + P_{20b \rightarrow 21}$ 가 된다.
- [0063] 초점(21)에 빛이 모이도록 하기 위해, 왼쪽 경로를 지난 태양광과 오른쪽 경로를 지난 태양광의 광경로 길이가 동일하여야 하므로, $n \cdot P_{19a \rightarrow 19b} + P_{19b \rightarrow 21} = n \cdot P_{20a \rightarrow 20b} + P_{20b \rightarrow 21}$ 가 되어야 한다.
- [0064] 도 8에 사용되는 선형 프레넬 렌즈는 도 6에 사용되는 선형 프레넬 렌즈와 상하 방향으로 대칭형상이다.
- [0065] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 아래쪽에 있고 폭이 작은 경우 태양광이 지나는 경로를 나타내는 구성도이다. 즉 선형 프레넬 렌즈의 선형 돌기가 하부에 형성되어 태양전지(5)쪽을 향

하고 있고, 도 8과 다르게 선형 돌기의 폭이 태양전지의 길이의 절반보다 작은 경우를 설명하는 도면이다. 도면에서 선형 프레넬 렌즈는 왼쪽 절반만 도시되었고, 오른쪽 절반은 생략되었다.

[0066] 도 9에서도 선형 프레넬 렌즈의 한 선형 돌기의 얇은 쪽(왼쪽)으로 들어간 태양광(19a)이 태양전지(5)의 왼쪽 끝(5a)에 도착하고, 선형 돌기의 두꺼운 쪽(오른쪽)으로 들어간 태양광(20a)이 태양전지(5)의 중앙(5b)에 도착하여, 태양광이 태양전지(5)의 왼쪽 절반에 균일하게 들어가는 것은 동일하다. 단지, 태양전지 길이의 절반이 선형 돌기의 폭보다 크기 때문에, 허초점이 태양전지 아래쪽이 아니라, 선형 프레넬 렌즈의 위쪽(21a, 22a)에 생기는 점만 차이가 있다.

[0067] 정리하면, 도 6과 도 8과 같이 각 선형 돌기의 폭이 태양전지 폭의 절반보다 큰 경우, 각 선형 돌기의 허초점을 태양전지 아래쪽에 만들어 주어서 태양전지 면에 골고루 태양광을 비추어 줄 수 있었다. 그리고 도 7과 도 9와 같이 각 선형 돌기의 폭이 태양전지 폭의 절반보다 작은 경우에는, 각 선형 돌기의 허초점을 선형 프레넬 렌즈 위쪽에 만들어 주어서 태양전지 면에 골고루 태양광을 비추어 줄 수 있었다.

[0068] 도 6 내지 도 9의 경우에는 선형 프레넬 렌즈의 중앙을 지나는 대칭면을 기준으로 좌우 거울 대칭인 프레넬 렌즈를 사용하였다. 대칭면의 한쪽에 있는 각각의 선형 돌기가 동일한 영역인 태양전지의 절반을 비추는 것으로 초점을 설정하였다. 대칭면 한쪽의 각 선형 돌기의 초점이 각각 다르므로, 초점의 개수는 돌기의 총 수의 절반에 해당한다. 그러나 선형 돌기의 형상은 각 선형 돌기가 태양전지의 모든 면적을 비추도록 구성하거나 태양전지의 일부분씩을 나누어 비추도록 구성할 수도 있다. 이 경우 각 선형 돌기의 초점의 위치와 개수는 달라질 수 있다.

[0069] 이상과 같이 태양 전지 표면에 골고루 태양광을 입사시키기 위해, 선형 프레넬 렌즈의 각 선형 돌기를 지나는 태양광이 태양전지 표면을 비추도록 할 수 있다. 그 결과 전체 선형 프레넬 렌즈 면에 도착한 태양광은 태양전지(5) 표면 전체에 고르게 입사되고, 결과적으로 적은 면적으로도 높은 효율을 얻을 수 있다.

[0070] 뿐만 아니라, 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있어서, 고집광시 발생하는 고열에 의한 태양전지 효율의 열화를 감소시켜서 높은 효율을 얻을 수 있다. 또한, 태양전지 온도편차에 의한 수명 감소도 방지할 수 있다. 결국, 이차 광학요소가 없는 이러한 구성에 의해, 집광장치의 설계와 제작이 쉽고, 저렴하면서도 높은 집광률과 균일한 방사조도 분포를 얻을 수 있는 집광형 태양광 발전용 집광장치를 구현할 수 있다.

[0071] 이러한 실시예의 하나로, 10mm X 10mm의 사각형 다중접합 태양전지에 240mm X 240mm의 사각형 집광장치를 적용하였다. 선형 프레넬 렌즈와 다중접합 태양전지의 거리는 240mm인 경우, 초점거리도 약 240mm가 되어야 하므로, F-number(=초점거리/조리개 면적)는 약 1이 되어야 한다. 이 경우의 집광률(= 집광판 면적/태양전지 면적 = 57600/100)은 576 배가 된다.

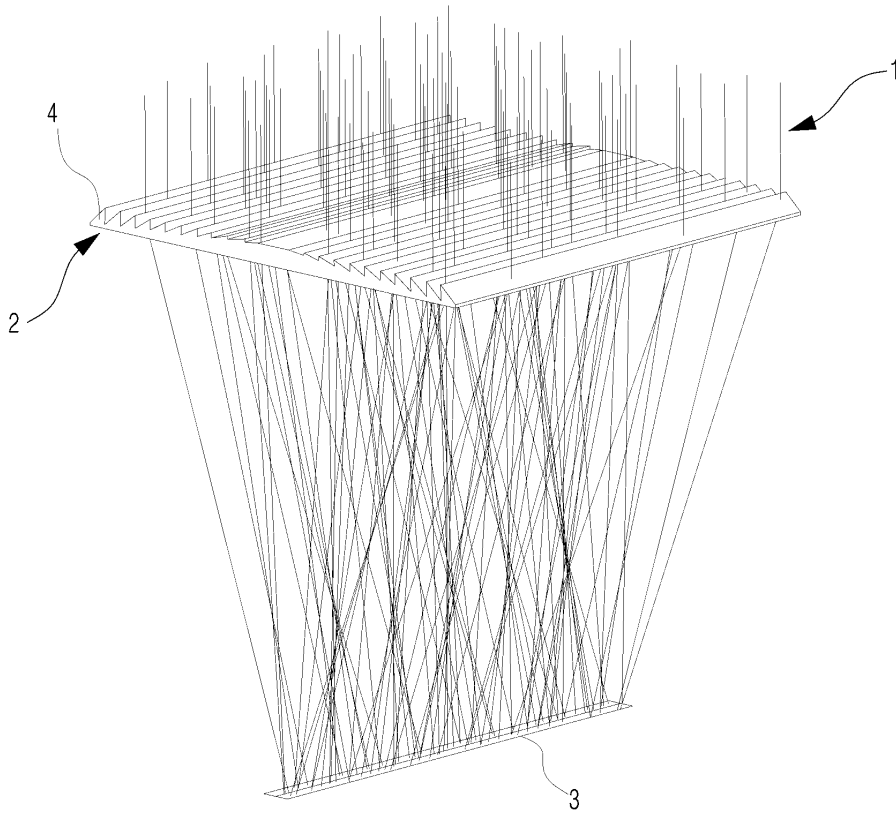
[0072] 이상에서 대표적인 실시 예를 통하여 본 발명에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시 예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태에 의하여 정해져야 한다.

부호의 설명

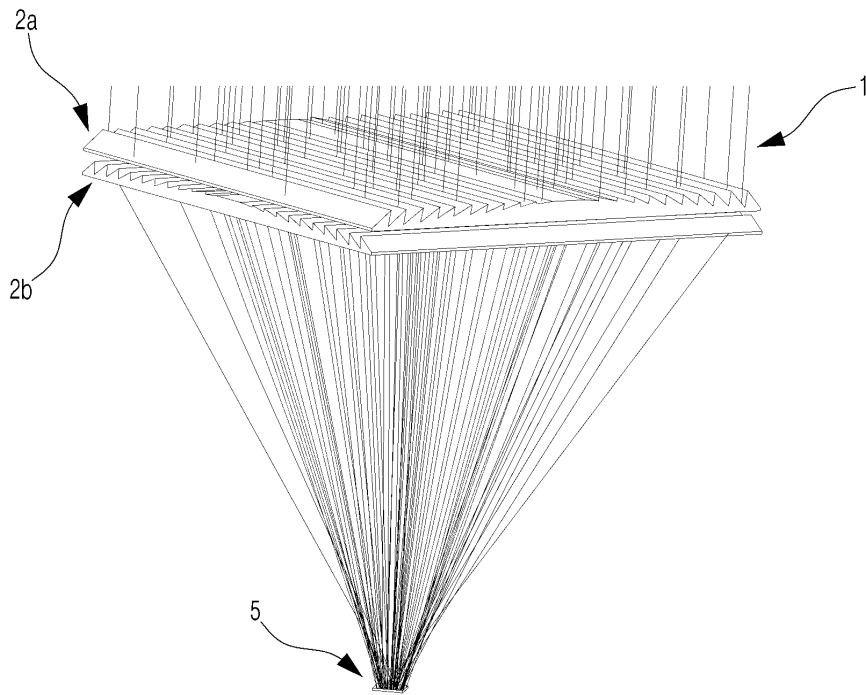
- [0073] 1 : 선형 프레넬 렌즈에 수직 입사하는 태양광
- 2a, 2b : 선형 돌기가 상부에 있는 선형 프레넬 렌즈
- 5 : 태양전지
- 6a, 6b : 선형 돌기가 하부에 있는 선형 프레넬 렌즈
- 7 : 양면에 선형 돌기가 있는 선형 프레넬 렌즈
- 8, 18 : 선형 돌기 좌측에서 굴절된 빛의 경로
- 9, 17 : 선형 돌기 우측에서 굴절된 빛의 경로
- 12, 16, 21, 22 : 허초점

도면

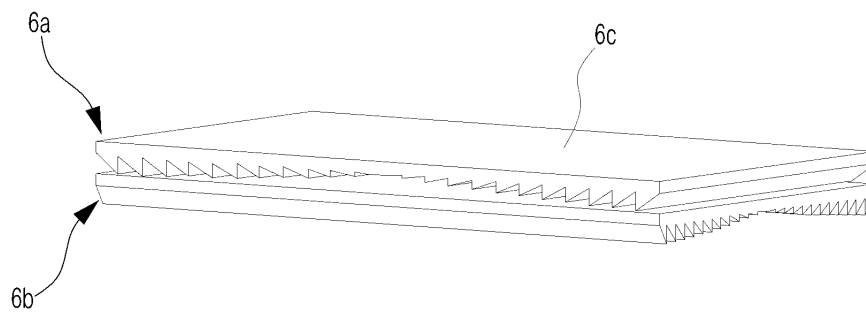
도면1



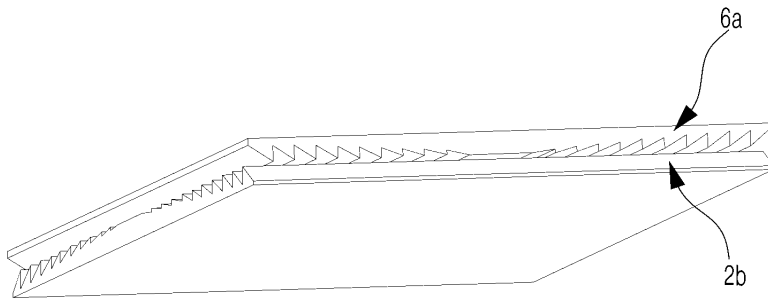
도면2



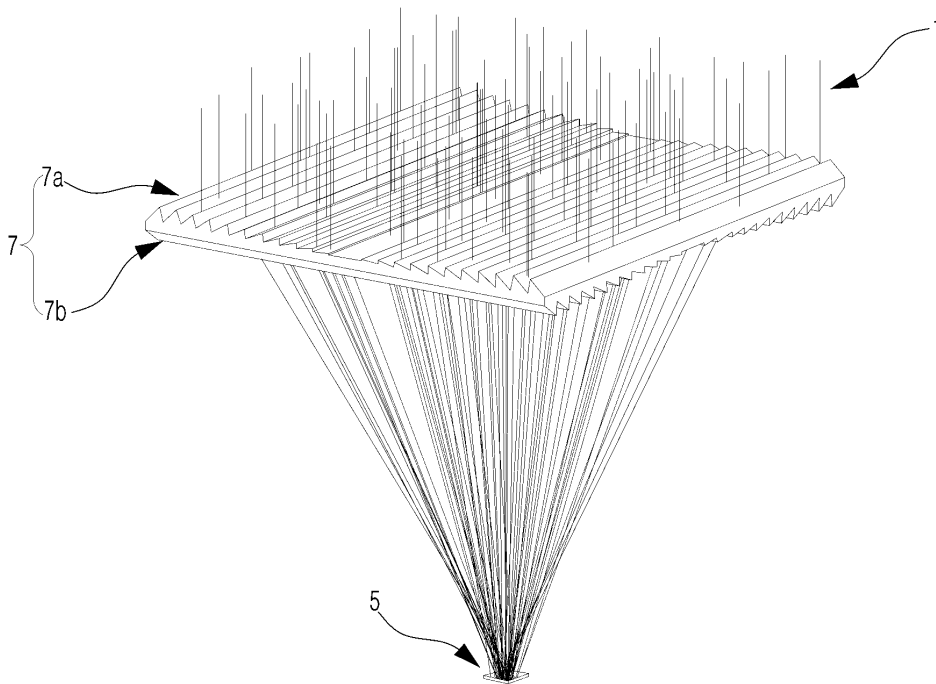
도면3



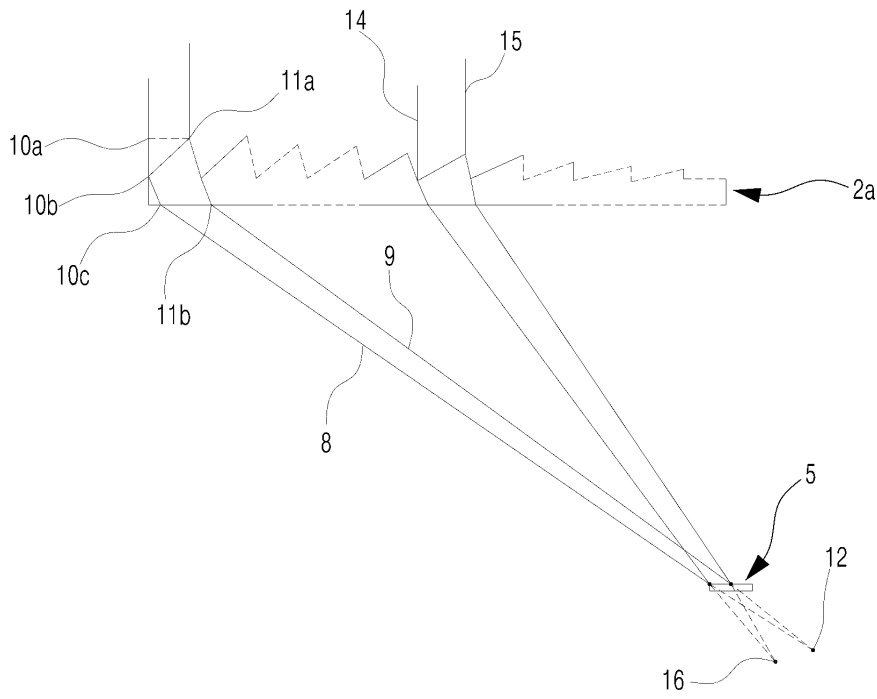
도면4



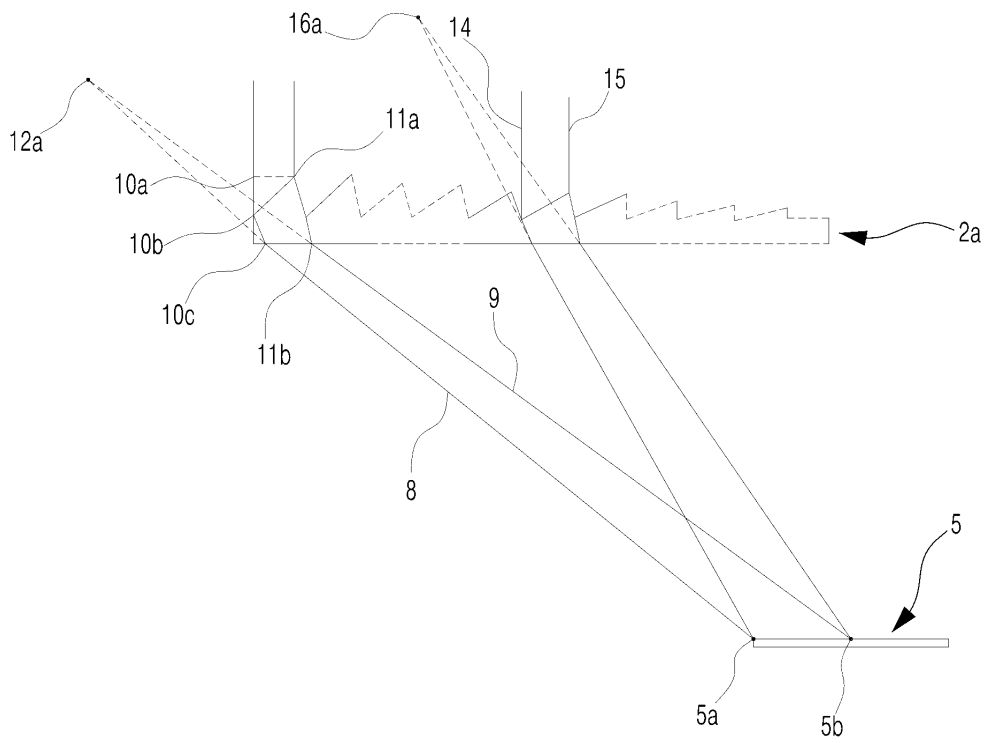
도면5



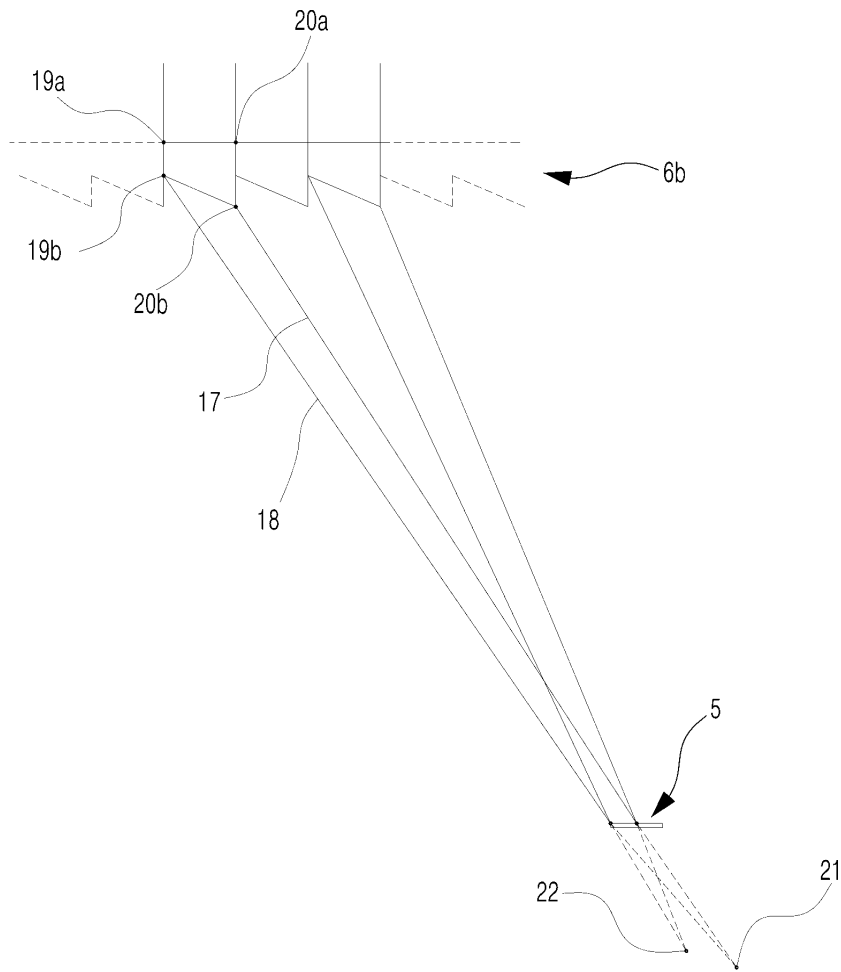
도면6



도면7



도면8



도면9

