(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월01일
(11) 등록번호 10-1681285
(24) 등록일자 2016년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/054 (2014.01) *H01L 31/18* (2006.01)
H02S 40/22 (2014.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/0543 (2015.01)
H01L 31/0549 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2015-0116101
(22) 출원일자 2015년08월18일
심사청구일자 2015년08월18일
(56) 선행기술조사문헌
- 인용발명 1: 태양전지 시스템을 위한 고정 집광기의 광학 설계에 관한 연구, 하성문 외2, 대한기계학회 춘추학술대회, 페이지 974-978 (2013.12.)

(73) 특허권자
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
이준식
서울특별시 광진구 아차산로 262, B동 1003호 (자양동, 더샵스타시티)
하성문
서울특별시 구로구 오리로 1265, 2동 302호 (궁동, 우신빌라)
한민섭
서울특별시 서초구 신반포로3길 19, 13동 401호 (반포동)
(74) 대리인
리앤목특허법인

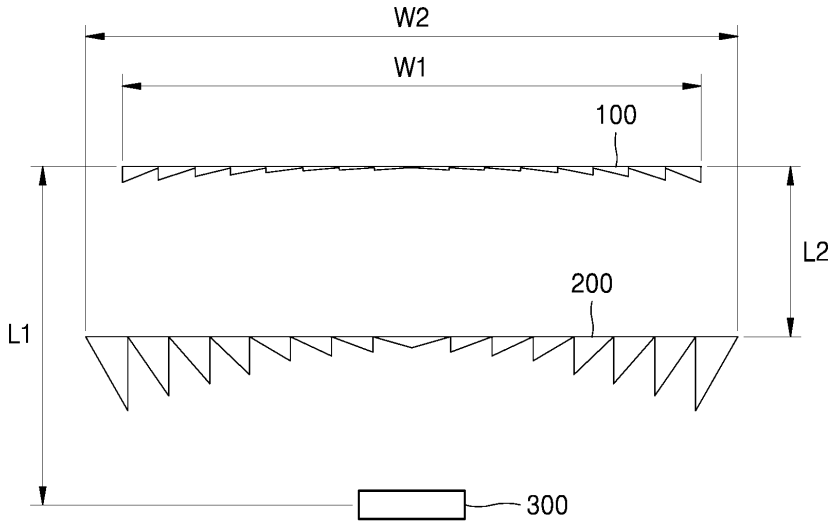
전체 청구항 수 : 총 2 항 심사관 : 안지현

(54) 발명의 명칭 **태양 전지 모듈 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명에 따른 태양 전지 모듈 제조 방법은, 소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈로 구성되는 제1 렌즈; 상기 제1 렌즈의 초점 거리에 배치되는 태양 전지; 상기 태양 전지와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되는 제2 렌즈;를 포함하는 태양 전지 모듈의 제조 방법으로서, 계절의 변화 및 태양광의 입사 각도의 변화에도 불구하고 집광 효율이 확보되는 태양 전지 모듈 제조 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01L 31/18 (2013.01)
H02S 40/22 (2015.01)
Y02E 10/50 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈로 구성되는 제1 렌즈;

상기 제1 렌즈의 초점 거리에 배치되는 태양 전지;

상기 태양 전지와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되는 제2 렌즈;를 포함하며,

상기 제2 렌즈는,

상기 제1 렌즈를 통과한 광을 집광하여 상기 태양 전지에 전달하도록 상기 태양 전지를 바라보는 면 상에 소정의 빗각의 빗면을 갖는 복수의 직각 프리즘이 서로 평행하며 렌즈의 길이 방향으로 순차적으로 형성된 구조를 갖고 상기 제1 렌즈와 상기 태양 전지 사이에서 변위 가능하게 구성되며,

상기 직각 프리즘은 상기 제1 렌즈를 통과한 광이 도달하는 상부면을 갖는 태양 전지 모듈 제조 방법에 있어서,

(a) 상기 제2 렌즈를 구성하는 각각의 상기 직각 프리즘의 상부면의 폭을 정하는 단계;

(b) 상기 제2 렌즈의 위치를 정하는 단계; 및

(c) 상기 각각의 직각 프리즘의 빗각의 크기를 정하는 단계; 를 포함하며,

상기 제2 렌즈를 구성하는 각각의 상기 직각 프리즘의 상부면의 폭을 정하는 단계는,

(a-1) 상기 제2 렌즈를 길이 방향으로 서로 동일한 값의 기준 너비를 갖는 복수의 기준 영역으로 분할하는 단계;

(a-2) 상기 (a-1)에서 분할된 각각의 기준 영역 내에 입사하는 빛들의 입사각의 분산값인 기준 분산값을 구하되 상기 기준 분산값의 개수는 상기 기준 영역의 개수와 동일한 단계;

(a-3) 상기 기준 분산값을 모두 합산하여 기준 영역의 개수만큼 나누어서 도출한 기준 평균 분산값을 구하는 단계;

(a-4) 상기 제2 렌즈의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이 내로 입사하는 입사광의 수 만큼 상기 제2 렌즈의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이를 설정 영역으로 구분하되, 제 n 설정 영역은, n-1 번째 입사광의 입사 지점과 n 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 일 단으로 하고 n 번째 입사광의 입사 지점과 n+1 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 타 단으로 하며, 제1 설정 영역은 상기 제2 렌즈의 길이 방향 단부와 제2 영역의 단부 사이의 영역으로 하는 단계;

(a-5) 순차적으로 제 m 설정 영역 내의 입사광의 입사각의 분산값인 설정 분산값을 구하는 단계;

(a-6) 상기 설정 분산값과 상기 기준 평균 분산값을 비교하여, 상기 설정 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 작으면 순차적으로 후순위 설정 영역을 반복적으로 합하여 합산된 합산 설정 영역 내의 전체 입사광의 입사각의 분산값인 합산 분산값을 구하는 단계;

(a-7) 상기 (a-6) 에서 도출된 상기 합산 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 크면 선순위 설정 영역까지의 합산 구간을 상기 직각 프리즘의 상부면의 폭으로 정하는 단계; 를 포함하며,

상기 각각의 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하는 단계는,

(c-1) 각각의 직각 프리즘의 상부면에 입사하는 입사광들의 입사 각도의 평균값인 평균 입사각을 구하는 단계;

(c-2) 각각의 직각 프리즘의 기준 입사광을 선택하되, 상기 기준 입사광은 각각의 상기 (c-1)에서 도출한 평균 입사각과 가장 근접한 실제 입사광인 단계;

(c-3) 상기 기준 입사광이 상기 제2 렌즈를 통과하는 과정에서 상기 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되는지 여부를 판단하는 단계; 및

(c-4) 상기 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되는지 여부에 따라서 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하는 단계;를 포함하되,

상기 (c-4) 단계에서는,

기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되지 않는 경우에는 하기 식 1 에 의해서 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하며,

상기 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되는 경우에는 하기 식 2 에 의해서 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하는 태양 전지 모듈 제조 방법.

$$\sin\left[\Theta_p + \tan^{-1}\left(\frac{L}{H}\right)\right] = \frac{n_p}{n_0}\sin\left[\Theta_p - \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\sin\Theta_{in}\right)\right]$$

(식 1)

$$\sin\left[\frac{\pi}{2} - \theta_p - \tan^{-1}\left(\frac{L}{H}\right)\right] = \frac{n_p}{n_0}\sin\left[2\theta_p - \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\sin\theta_{in}\right)\right]$$

(식 2)

(H : 굴절광이 제2 렌즈를 통과하는 지점과 태양 전지 사이의 수직 거리

L : 굴절광이 제2 렌즈를 통과하는 지점과 태양 전지의 중심 사이의 수평 거리

Θ_p : 직각 프리즘의 빗각

Θ_{in} : 직각 프리즘의 상부면에 입사하는 기준 입사광의 입사각

n_0 : 외부 환경의 굴절율

n_p : 제2 렌즈의 굴절율)

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 (c-3) 단계에서는,

하기 식 3 에 의해서 결정된 Θ_{pc} 와 상기 식 1 에 의해서 도출된 Θ_p 를 비교하여, 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되는지 여부를 판단하되, $\Theta_{pc} > \Theta_p$ 인 경우에는 전반사가 없는 것으로 판단하고, $\Theta_{pc} < \Theta_p$ 인 경우에는 전반사가 있는 것으로 판단하며,

상기 (c-4) 단계에서는,

$\Theta_{pc} > \Theta_p$ 인 경우에는 상기 식 1 을 이용하여 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하며,

$\Theta_{pc} < \Theta_p$ 인 경우에는 상기 식 2 를 이용하여 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하는 태양 전지 모듈 제조 방법.

$$\Theta_{pc} = \sin^{-1}\left[\frac{n_0}{n_p}\sin(\Theta_{in})\right] + \sin^{-1}\left[\frac{n_0}{n_p}\right]$$

(식 3)

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명에 따른 태양 전지 모듈 제조 방법은, 소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈로 구성되는 제1 렌즈; 상기 제1 렌즈의 초점 거리에 배치되는 태양 전지; 상기 태양 전지와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되는 제2 렌즈;를 포함하는 태양 전지 모듈의 제조 방법으로서, 계절의 변화 및 태양광의 입사 각도의 변화에도 불구하고 집광 효율이 확보되는 태양 전지 모듈 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래의 태양 전지는 화석 연료를 대체할 수 있는 유력한 재생에너지 중의 하나인 태양에너지를 전기에너지로 변환해 주는 장치이다. 태양 전지는 반무한한 태양 에너지를 에너지원으로 사용하고 가동부분이 없어 소음을 발생하지 않으며 연소과정과 같이 유해한 부산물을 발생 시키지 않는 큰 장점이 있다. 또 태양전지 모듈의 높은 신뢰성으로 장시간 일정한 효율을 유지 얻을 수 때문이다.

[0003] 이런 장점에도 불구하고 태양 전지는 고가의 모듈 가격이 실용화에 걸림돌로 작용하고 있다. 태양전지의 가격을 낮추기 위한 기술적인 노력들의 하나가 집광 태양 전지 시스템이다. 집광 태양 전지 시스템은 빛을 집광시켜 태양전지로 조사한다. 이로 인해 태양전지의 면적을 줄일 수 있고 태양 전지보다 비교적 가격이 저렴한 렌즈를 사용하여서 전체 시스템의 가격을 낮출 수 있다.

[0004] 도 1 와 같이, 태양은 시간과 계절에 따라 고도가 움직인다. 우리 나라의 경우, 태양의 고도가 여름과 겨울의 고도 차이가 각각 중심으로부터 23.5° 이다. 태양의 빛이 렌즈 표면에 수직하게 들어올 경우 유용한 집광된 빛을 만들 수 있지만, 만약 렌즈 표면에 빛이 비스듬하게 들어온다면 집광을 효과적으로 할 수 없을 뿐만 아니라 어느 정도 집광된 빛도 태양전지에서 사용 할 수 없게 된다. 따라서 집광 태양전지 시스템에서 집광된 빛을 태양전지에 효과적으로 쓰기 위해서 태양 추적 장치가 일반적으로 요구된다.

[0005] 그러나 이러한 태양 추적 장치는 유지와 보수가 동반되어야 하므로 가정집, 작은 건물 또는 외딴 지역에 적용하는데 제한적이다. 따라서 추적 장치 없이 집광을 할 수 있는 고정식 태양 집광 시스템이 연구되어 왔다. 그러나 이런 방식들은 여전히 낮은 집광률을 보이고 있는 것이 사실이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 공개실용신안 2000-0013446

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈로 구성되는 제1 렌즈; 상기 제1 렌즈의 초점 거리에 배치되는 태양 전지; 상기 태양 전지와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되는 제2 렌즈;를 포함하는 태양 전지 모듈을 제조하는 방법으로서, 계절의 변화 및 태양광의 입사 각도의 변화에도 불구하고 집광 효율이 확보되는 태양 전지 모듈 제조 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 태양 전지 모듈 제조 방법은, 소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈로 구성되는 제1 렌즈; 상기 제1 렌즈의 초점 거리에 배치되는 태양 전지; 상기 태양 전지와 상기 제1 렌즈 사이에 배치되는 제2 렌즈;를 포함하며, 상기 제2 렌즈는, 상기 제1 렌즈를 통과한 광을 집광하여 상기 태양 전지에 전달하도록 상기 태양 전지를 바라보는 면 상에 소정의 빗각의 빗면을 갖는 복수의 직각 프리즘이 서로 평행하며 렌즈의 길이 방향으로 순차적으로 형성된 구조를 갖고 상기 제1 렌즈와 상기 태양 전지 사이에서 변위 가능하게 구성되며, 상기 직각 프리즘은 상기 제1 렌즈를 통과한 광이 도달하는 상부면을 갖는 태양 전지 모듈 제조 방법으로서,

[0009] (a) 상기 제2 렌즈를 구성하는 각각의 상기 직각 프리즘의 상부면의 폭을 정하는 단계;

[0010] (b) 상기 제2 렌즈의 위치를 정하는 단계; 및

[0011] (c) 상기 각각의 직각 프리즘의 빗각의 크기를 정하는 단계; 를 포함하며,

[0012] 상기 제2 렌즈를 구성하는 각각의 상기 직각 프리즘의 상부면의 폭을 정하는 단계는,

[0013] (a-1) 상기 제2 렌즈를 길이 방향으로 서로 동일한 값의 기준 너비를 갖는 복수의 기준 영역으로 분할하는 단계;

[0014] (a-2) 상기 (a-1)에서 분할된 각각의 기준 영역 내에 입사하는 빛들의 입사각의 분산값인 기준 분산값을 구하되 상기 기준 분산값의 개수는 상기 기준 영역의 개수와 동일한 단계;

[0015] (a-3) 상기 기준 분산값을 모두 합산하여 기준 영역의 개수만큼 나누어서 도출한 기준 평균 분산값을 구하는 단계;

[0016] (a-4) 상기 제2 렌즈의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이 내로 입사하는 입사광의 수 만큼 상기 제2 렌즈의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이를 설정 영역으로 구분하되, 제 n 설정 영역은, n-1 번째 입사광의 입사 지점과 n 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 일 단으로 하고 n 번째 입사광의 입사 지점과 n+1 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 타 단으로 하며, 제1 설정 영역은 상기 제2 렌즈의 길이 방향 단부와 제2 영역의 단부 사이의 영역으로 하는 단계;

[0017] (a-5) 순차적으로 제 m 설정 영역 내의 입사광의 입사각의 분산값인 설정 분산값을 구하는 단계;

[0018] (a-6) 상기 설정 분산값과 상기 기준 평균 분산값을 비교하여, 상기 설정 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 작으면 순차적으로 후순위 설정 영역을 반복적으로 합하여 합산된 합산 설정 영역 내의 전체 입사광의 입사각의 분산값인 합산 분산값을 구하는 단계;

[0019] (a-7) 상기 (a-6) 에서 도출된 상기 합산 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 크면 선순위 설정 영역까지의 합산 구간을 상기 직각 프리즘의 상부면의 폭으로 정하는 단계; 를 포함한다.

[0020] 바람직하게는, 상기 각각의 직각 프리즘의 빗각의 크기를 정하는 단계는,

[0021] (c-1) 각각의 직각 프리즘의 상부면에 입사하는 입사광들의 입사 각도의 평균값인 평균 입사각을 구하는 단계;

[0022] (c-2) 각각의 직각 프리즘의 기준 입사광을 선택하되, 상기 기준 입사광은 각각의 상기 (c-1)에서 도출한 평균 입사각과 가장 근접한 실제 입사광인 단계;

[0023] (c-3) 상기 기준 입사광이 상기 태양 전지의 정중앙에 입사하도록 각각의 상기 직각 프리즘의 상기 빗각의 각도를 결정하는 단계; 를 포함한다.

[0024] 바람직하게는, 상기 각각의 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하는 단계는,

[0025] (c-1) 각각의 직각 프리즘의 상부면에 입사하는 입사광들의 입사 각도의 평균값인 평균 입사각을 구하는 단계;

[0026] (c-2) 각각의 직각 프리즘의 기준 입사광을 선택하되, 상기 기준 입사광은 각각의 상기 (c-1)에서 도출한 평균

입사각과 가장 근접한 실제 입사광인 단계;

[0027] (c-3) 상기 기준 입사광이 상기 제2 렌즈를 통과하는 과정에서 상기 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되는지 여부를 판단하는 단계; 및

[0028] (c-4) 상기 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되는지 여부에 따라서 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하는 단계;를 포함하되,

[0029] 상기 (c-4) 단계에서는,

[0030] 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되지 않는 경우에는 하기 식 1 에 의해서 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하며,

[0031] 상기 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되는 경우에는 하기 식 2 에 의해서 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정한다.

$$\sin\left[\Theta_p + \tan^{-1}\left(\frac{L}{H}\right)\right] = \frac{n_p}{n_0}\sin\left[\Theta_p - \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\sin\Theta_{in}\right)\right]$$

[0032]

[0033] (식 1)

$$\sin\left[\frac{\pi}{2} - \theta_p - \tan^{-1}\left(\frac{L}{H}\right)\right] = \frac{n_p}{n_0}\sin\left[2\theta_p - \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\sin\theta_{in}\right)\right]$$

[0034]

[0035] (식 2)

[0036] (H : 굴절광이 제2 렌즈를 통과하는 지점과 태양 전지 사이의 수직 거리

[0037] L : 굴절광이 제2 렌즈를 통과하는 지점과 태양 전지의 중심 사이의 수평 거리

[0038] Θ_p : 직각 프리즘의 빗각

[0039] Θ_{in} : 직각 프리즘의 상부면에 입사하는 기준 입사광의 입사각

[0040] n_0 : 외부 환경의 굴절율

[0041] n_p : 제2 렌즈의 굴절율)

[0042] 바람직하게는, 상기 (c-3) 단계에서는,

[0043] 상기 식 1 에 의해서 도출된 Θ_p 와 하기 식 3에 의해서 결정된 Θ_{pc} 을 비교하여, 기준 입사광이 상기 직각 프리즘의 빗면에서 전반사되는지 여부를 판단하되, 상기 $\Theta_{pc} > \Theta_p$ 인 경우에는 전반사가 없는 것으로 판단하고, $\Theta_{pc} < \Theta_p$인 경우에는 전반사가 있는 것으로 판단하며, 상기 (c-4) 단계에서는, $\Theta_p < \Theta_{pc}$ 인 경우에는 상기 식 1 을 이용하여 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정하며, $\Theta_p > \Theta_{pc}$ 인 경우에는 상기 식 2 를 이용하여 상기 직각 프리즘의 빗각의 각도를 결정한다.

$$\Theta_{pc} = \sin^{-1}\left[\frac{n_0}{n_p}\sin(\Theta_{in})\right] + \sin^{-1}\left[\frac{n_0}{n_p}\right]$$

[0044]

[0045] (식 3)

발명의 효과

[0046] 본 발명에 따라서, 태양의 고도가 계절에 따라서 변함에도 불구하고 태양 전지의 집광 효율이 확보되어 최적의 전력 생산이 이루어질 수 있다. 즉, 태양광이 제1 렌즈 및 제2 렌즈를 통과하여 굴절됨에 따라서 태양 전지로 집광되며, 상기 제2 렌즈가 복수의 프리즘을 갖는 구성을 가짐에 따라서 태양의 고도가 변함에도 불구하고 태양 전지에 태양광이 집광되어 태양 전지의 전력 생산 효율이 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0047] 도 1 은 계절에 따른 태양의 고도 차이를 나타낸 도면이다.

도 2 는 본 발명에 따른 태양 전지 모듈을 나타낸 도면이다.

도 3 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제1 렌즈를 나타낸 도면이다.

도 4 는 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제1 렌즈에 의한 태양광의 굴절을 나타낸 도면이다.

도 5 는 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제1 렌즈에 의한 태양광의 굴절을 나타낸 도면이다.

도 6 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제2 렌즈를 나타낸 도면이다.

도 7 내지 13 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제2 렌즈의 프리즘의 너비를 결정하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 14 내지 16 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제2 렌즈의 프리즘의 너비를 결정하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 17 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제2 렌즈의 위치 가변을 나타낸 도면이다.

도 18 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 직각 프리즘을 통과하는 기준 입사광 중, 직각 프리즘 내에서 2 회의 굴절 후 통과하는 기준 입사광의 광 궤적을 나타낸 도면이다.

도 19 는 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 직각 프리즘을 통과하는 기준 입사광의 광 궤적을 나타낸 도면이다.

도 20 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 직각 프리즘을 통과하는 기준 입사광 중, 직각 프리즘 내에서 2 회의 굴절 및 1 회의 전반사 후 통과하는 기준 입사광의 광 궤적을 나타낸 도면이다.

도 21 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제2 렌즈에 입사하는 기준 입사광을 나타낸 도면이다.

도 22 는 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제2 렌즈에 입사하는 기준 입사광을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 대하여 설명한다. 본 실시예는 제한적인 것으로 의도된 것이 아니다.

[0049] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0050] 공간적으로 상대적인 용어인 "상하", "측부" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 부재 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작 시 부재의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 부재를 가로놓을 경우, "상하방향" 은 "좌우방향" 으로 해석될 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "상하"는 좌우 방향을 모두 포함할 수 있다. 부재는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

[0051] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 부재는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 부재의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0052] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않은 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0053] 도면에서 각 부재의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었다. 또한 각 구성요소의 크기와 면적은 실제크기나 면적을 전적으로 반영하는 것은 아니다.

[0054] 또한, 실시예에서 본 발명의 구조를 설명하는 과정에서 언급하는 각도와 방향은 도면에 기재된 것을 기준으로 한다. 명세서에서 본 발명을 이루는 구조에 대한 설명에서, 각도에 대한 기준점과 위치관계를 명확히 언급하지 않은 경우, 관련 도면을 참조하도록 한다.

[0055] 도 2 는 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)을 나타낸 도면이고, 도 3 은 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제1 렌즈(100)를 나타낸 도면이며, 도 4 는 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제1 렌즈(100)에 의한 태양광의 굴절을 나타낸 도면이고, 도 5 는 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제1 렌즈(100)에 의한 태양광의 굴절을 나타낸 도면이며, 도 6 은 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제2 렌즈(200)를 나타낸 도면이고, 도 7 내지 13 은 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제2 렌즈(200)의 프리즘(210)의 너비를 결정하는 방법을 나타낸 도면이며, 도 14 내지 16 은 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제2 렌즈(200)의 프리즘(210)의 너비를 결정하는 방법을 나타낸 도면이고, 도 17 은 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제2 렌즈(200)의 위치 가변을 나타낸 도면이다.

[0056] 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1) 제조 방법은, 소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈로 구성되는 제1 렌즈(100); 상기 제1 렌즈(100)의 초점 거리에 배치되는 태양 전지(300); 상기 태양 전지(300)와 상기 제1 렌즈(100) 사이에 배치되는 제2 렌즈(200);를 포함하며, 상기 제2 렌즈(200)는, 상기 제1 렌즈(100)를 통과한 광을 집광하여 상기 태양 전지(300)에 전달하도록 상기 태양 전지(300)를 바라보는 면 상에 소정의 빗각을 갖는 복수의 직각 프리즘(210)이 서로 평행하며 렌즈의 길이 방향으로 순차적으로 형성된 구조를 갖고 상기 제1 렌즈(100)와 상기 태양 전지(300) 사이에서 변위 가능하게 구성되며, 상기 직각 프리즘(210)은 상기 제1 렌즈(100)를 통과한 광이 도달하는 상부면(212)을 갖는 태양 전지(300) 모듈(1) 제조 방법에 관한 것이다.

[0057] 본 발명에 따른 태양 전지(300) 제조 방법은, 상기 제2 렌즈(200)를 구성하는 각각의 상기 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 폭을 정하는 단계; 상기 각각의 직각 프리즘(210)의 빗각의 크기를 정하는 단계; 및 상기 제2 렌즈(200)의 위치를 정하는 단계;를 포함하며, 구체적으로 상기 제2 렌즈(200)를 구성하는 각각의 상기 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 폭을 정하는 단계는, 상기 제2 렌즈(200)를 길이 방향으로 서로 동일한 값의 기준 너비를 갖는 복수의 기준 영역으로 분할하는 단계; 상기 각각의 기준 영역 내에 입사하는 빛의 입사각의 분산값인 기준 분산값을 구하는 단계; 상기 분산값의 평균값인 기준 평균 분산값을 구하는 단계; 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이 내로 입사하는 입사광의 수 만큼 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이를 설정 영역으로 구분하되, 제 n 설정 영역은, n-1 번째 입사광의 입사 지점과 n 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 일 단으로 하고 n 번째 입사광의 입사 지점과 n+1 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 타 단으로 하며, 제1 설정 영역은 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향 단부와 제2 영역의 단부 사이의 영역으로 하는 단계; 순차적으로 제 m 설정 영역 내의 입사광의 입사각의 분산값인 설정 분산값을 구하는 단계; 상기 설정 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 작으면 순차적으로 후순위 설정

영역을 반복적으로 합하여 합산된 합산 설정 영역 내의 전체 입사광의 입사각의 분산값인 합산 분산값을 구하며, 상기 합산 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 크면 선순위 설정 영역까지의 구간을 상기 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 폭으로 정하는 단계; 를 포함한다.

[0058] 도 2 를 참조하면, 본 발명에 따른 태양전지 모듈 제조 방법에 의해 제조된 태양 전지(300)는 전체적으로 소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈로 구성되는 제1 렌즈(100); 상기 제1 렌즈(100)의 초점 거리에 배치되는 태양 전지(300); 상기 태양 전지(300)와 상기 제1 렌즈(100) 사이에 배치되는 제2 렌즈(200);를 포함하며, 이에 따라서, 태양 전지(300) 상에 2 개의 렌즈가 소정 거리 이격되어 배치된 구조를 갖는다.

[0059] 제1 렌즈(100)는 소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈로 구성된다. 상기 제1 렌즈(100)는 소정의 초점 거리를 갖되, 단순한 오목 렌즈가 아닌, 도면에 도시된 바와 같이 상부면(212)이 평면으로 구성되고 하면에 복수 개의 요철이 형성된 것과 같은 형태의 프레넬 렌즈로 구성될 수 있고, 이에 한정하지 아니한다.

[0060] 이때, 제1 렌즈(100)는 길이 방향 중심점을 대칭으로 좌우 방향으로 대칭되는 구성을 갖는다. 즉, 도 3 에 도시된 z 방향을 폭 방향이라고 하고, 그에 수직한 x 방향을 길이 방향이라고 할 때, 길이 방향 중심인 C1 을 중심으로 하여 길이 방향으로 좌우가 대칭으로 구성될 수 있다. 이에 따라서, 상기 제1 렌즈(100)는 도면에 도시된 바와 같이 사각형으로 구성되되 하면에 폭 방향으로 길게 연장되는 복수의 요철이 형성되며 상기 요철은 길이 방향으로 평행하게 다수 개 나란히 형성되어 전체적으로 소정의 초점 거리를 갖는 오목 렌즈를 구성할 수 있다.

[0061] 상기와 같은 구성을 가짐에 따라서, 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제1 렌즈(100)는 전체적으로 사각형의 구성을 가질 수 있다. 즉, 도 3 에 도시된 바와 같이 직사각형의 렌즈로서, 하면에 오목면이 형성되되, 상기 오목면은 길이 방향으로 복수 개로 분할되어 요철과 같은 구성을 갖고, 상기 요철은 폭 방향으로 연장되며 길이 방향 중심을 중심으로 좌우 대칭되는 배치를 갖게 구성된다.

[0062] 태양 전지(300)는 상기 제1 렌즈(100)의 하방향에 배치되되 상기 제1 렌즈(100)의 초점 거리에 배치된다. 여기서, 하방향이라 함은 상기 요철이 형성된 면과 마주하는 방향을 의미하며, 본 발명에 의한 태양 전지(300) 모듈(1)의 배향에 따라서 달리 해석될 수 있다.

[0063] 한편, 도 4 에 도시된 바와 같이, 태양광이 상기 제1 렌즈(100)로 입사할 때, 태양광의 최대 입사각은 23.5 일 수 있으며, 이에 따라서 제1 렌즈(100)의 가장자리 부분에 내부 전반사가 일어날 수 있다. 이는 빛의 집광에 대해 손실로 작용하므로, 내부 전반사를 방지하기 위해 제1 렌즈(100)가 최소 초점 거리를 갖도록 할 수 있으며, 해당 초점 거리는 제1 렌즈(100)의 폭의 1.9 배일 수 있다. 상기 초점 거리에 태양 전지(300)가 위치하게 된다.

[0064] 상기 제2 렌즈(200)는 상기 제1 렌즈(100)와 상기 태양 전지(300) 사이에 위치한다. 상기 제2 렌즈(200)는 상기 제1 렌즈(100)를 통과하여 굴절된 광이 입사하여 제2 렌즈(200)에 의해 재차 굴절되어 상기 태양 전지(300)에 입사하도록 구성되며, 이에 따라서 본원 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)에서는 제1 렌즈(100), 및 제2 렌즈(200)에서 1 회씩의 굴절이 이루어져 총 2 회의 굴절이 이루어지게 된다. 즉, 태양광은 2 회 굴절된 후 태양 전지(300)로 입사한다.

[0065] 한편, 상기 제1 렌즈(100)가 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 상부에 배치됨에 따라서, 태양광은 먼저 제1 렌즈(100)에 입사하게 된다. 상기 제1 렌즈(100)가 오목 렌즈로 구성됨에 따라서 상기 제1 렌즈(100)를 통과한 태양광은 소정의 각을 갖고 굴절되어 퍼지게 된다.

[0066] 이때, 상기 제2 렌즈(200)는, 상기 제1 렌즈(100)와 상기 태양 전지(300) 사이에서 변위 가능하게 구성되며, 상기 제1 렌즈(100)를 바라보는 상부면(212)과, 상기 태양 전지(300)를 바라보는 하면을 갖되, 상기 하면에는 소정의 빗각을 갖는 복수의 직각 프리즘(210)이 서로 평행하며 렌즈의 길이 방향으로 순차적으로 형성된 구조를 가져서 상기 제1 렌즈(100)를 통과한 광이 굴절하여 집광되어 상기 굴절된 광이 상기 태양 전지(300)에 전달하도록 하는 구성을 갖는다.

[0067] 즉, 도 6 에 도시된 바와 같이, 상기 제2 렌즈(200)는, 편평면으로 구성되는 상부면(212)과, 복수의 직각 프리즘(210) 구조를 갖는 하면을 가짐으로써, 제1 렌즈(100)에서 전달된 광이 집광되도록 상기 광을 굴절시켜 상기 태양 전지(300)로 전달하게 된다.

[0068] 여기서, 각각의 상기 직각 프리즘(210)은 상기 제2 렌즈(200)의 상부면(212)을 구성하며 소정의 폭을 갖는 상부면(212)과, 상기 상부면(212)에서 수직 하방향으로 연장되는 직각면(214), 및 상기 직각면(214)과 상기 상부면(212) 사이를 연결하는 빗면(216)을 갖는다. 아울러, 상기 상부면(212)과 상기 빗면(216) 사이에는 소정의 빗각이 형성된다.

[0069] 도 2 를 참조하면, 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)은, 제1 렌즈(100)의 폭(W1), 제2 렌즈(200)의 폭(W2), 제1 렌즈(100)와 태양 전지(300) 사이의 거리(L1), 및 제2 렌즈(200)와 태양 전지(300) 사이의 거리(L2)의 설계 요소를 갖는다. 아울러, 도 6 을 참조하면, 구체적으로 제2 렌즈(200)는 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 폭(P), 빗각의 크기(Θ)를 설계 요소로 갖는다. 본 발명에서는, 제1 렌즈(100)의 폭(W1), 제2 렌즈(200)의 폭(W2), 제1 렌즈(100)와 태양 전지(300) 사이의 거리(L1)를 고정시킨 상태에서 나머지 요소를 통해 집광 효과를 달성한다.

[0070] 전체적인 형태로 고찰하면, 제1 렌즈(100)는 오목 렌즈 타입이며, 제2 렌즈(200)는 볼록 렌즈 타입이라고 할 수 있다. 제1 렌즈(100)를 제2 렌즈(200) 상에 배치하는 것은, 제2 렌즈(200)에 입사하는 광을 더 전개하여 입사각도의 분산을 늘리는 것이 목적이다.

[0071] 계절에 의해 제1 렌즈(100)에 입사하는 태양 광선의 입사 각도의 최대값과 최소값의 차이는 47° 이다. 이때, 제1 렌즈(100)를 통과한 태양 광선이 제2 렌즈로 입사하는 입사각의 최대값과 최소값의 차이는 47° 보다 작아지게 된다.

[0072] 제2 렌즈(200)는 입사광을 태양 전지(300)에 집중할 목적으로 중점적으로 설계된다. 제2 렌즈(200)를 구성하는 대부분의 직각 프리즘(210)은 굴절에 의해서 태양광을 태양 전지(300)에 입사시키게 되나, 가장자리 부분에서는 대개 입사각이 큰 관계로 굴절 외에 내부 전반사를 함께 이용하게 된다.

[0073] 즉, 상술한 바와 같이 상기 제2 렌즈(200)는 상기 제2 렌즈(200)에서 전달된 광이 집광되어 상기 태양 전지(300)로 전달되도록 하므로, 상기 제2 렌즈(200)를 구성하는 각각의 직각 프리즘(210)은 상술한 집광 효과를 달성하도록 하는 구성을 갖는다. 구체적으로는, 상기 집광 효과를 달성할 수 있도록 상기 제2 렌즈(200)가 소정의 설계 변수를 갖되, 상기 설계 변수는 상기 직각 프리즘(210)을 구성하는 상부면(212)의 폭(P), 및 빗각의 크기(Θ)의 2 개의 요소, 및 상기 제2 렌즈(200)의 위치(L2)의 총 3 개의 설계 요소로 이루어지게 된다.

[0074] 상기 설계 변수를 고려하여, 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)은 하기 단계에 따라서 그 제조가 이루어지게 된다. 즉, 설계 변수에 따라서, 상기 제2 렌즈(200)를 구성하는 각각의 상기 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 폭을 정하는 단계; 상기 각각의 직각 프리즘(210)의 빗각의 크기를 정하는 단계; 및 상기 제2 렌즈(200)의 위치를 정하는 단계;에 따라서 본 발명에 따른 태양 전지(300) 모듈(1)의 제조가 이루어진다.

[0075] 상기 제2 렌즈(200)를 구성하는 각각의 상기 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 폭을 정하는 단계에 대해서 설명하면 하기와 같다.

[0076] 먼저, 도 7 과 같이 상기 제2 렌즈(200)를 길이 방향으로 서로 동일한 값의 기준 너비를 갖는 복수의 기준 영역으로 분할하는 단계를 수행한다. 여기서, 기준 너비라 함은 임의로 정해진 소정의 미소 너비로서, 통상 렌즈의 설계 한계를 고려하여 약 0.1 ㎜ 내외로 정해질 수 있다. 이에 따라서, 상기 제2 렌즈(200)를 길이 방향으로 상기 기준 너비를 갖는 복수의 구간으로 임의로 분할한다. 본 단계에서의 분할은 상기 제2 렌즈(200)를 단순히 소정의 너비를 갖는 가상의 구간으로 분할하는 것으로서, 별도의 가공 등이 수반되지 아니할 수 있다. 한편, 여기서 너비라 함은 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향을 뜻하며, 이에 따라서 상기 제2 렌즈(200)는 길이 방향으로 복수 개 나란하게 배열되는 가상의 기준 구간을 가지며 상기 가상의 기준 구간은 동일하게 상술한 기준 너비를 갖게 된다.

[0077] 한편, 이때 제1 렌즈(100)에서 굴절되어 제2 렌즈(200)로 입사하는 입사광의 궤적은 소정의 ray tracing 을 사용하여 도출될 수 있으며, 따라서 임의의 위치에서의 모든 입사광의 입사각을 구할 수 있다. 따라서 상기와 같이 입사광의 입사각을 실질적으로 도출하여 활용할 수 있다.

[0078] 이어서 상기 각각의 기준 영역 내에 입사하는 빛의 입사각의 분산값인 기준 분산값을 구한다. 상술한 바와 같이 상기 제1 렌즈(100)를 통과하여 굴절되어 퍼진 태양광은 상기 제2 렌즈(200)의 상부면(212)에 입사하게 되며, 이에 따라서 각각의 기준 영역에 태양광이 입사하게 된다. 제1 렌즈(100)를 통과하여 굴절됨으로써 퍼진 태양광은 각각 소정의 입사각을 갖고 상기 제2 렌즈(200)에 입사하게 되며, 이에 따라서 각각의 기준 영역에 입사하는 태양광은 소정의 입사각을 갖게 된다. 본 단계에서는 각각의 기준 영역 내에 입사하는 태양광의 입사각의 분산값을 각각의 기준 영역별로 구한 기준 분산값을 도출하게 된다. 예컨대, 도면에 도시된 바와 같이, 제1 기준 영역(R1) 내에 입사하는 태양광을 1번 ~ 4 번 태양광(S1, S2, S3, S4)이라 할 경우, 상기 제1 기준 영역(R1) 내의 태양광의 입사각의 분산값인 제1 기준 분산값(VE1)은 상기 제1번 ~ 제4번 태양광(S1, S2, S3, S4)을 통해 도출

되며, 상기 제2 기준 영역 내에 제2 기준 영역(R2) 내에 입사하는 태양광을 5번 ~ 8번 태양광(S5, S6, S7, S8)이라 할 경우, 상기 제2 기준 영역(R2) 내의 태양광의 입사각의 분산값인 제2 기준 분산값(VE2)은 상기 제5번 ~ 제5번 태양광(S5, S6, S7, S8)을 통해 도출되게 된다.

[0079] 이어서, 상기 기준 분산값의 평균값인 기준 평균 분산값(VT)을 구한다. 예컨대, 상기 제2 렌즈(200)의 분할 단계에 의해서 분할된 기준 영역의 개수가 N 개일 경우, N 개의 기준 분산값이 도출되며, 상기 N 개의 기준 분산값을 모두 합산한 후 이를 N 으로 나누면 상기 기준 평균 분산값(VT)이 도출되게 된다. 한편, 이때, 상술한 바와 같이 제2 렌즈(200)는 길이 방향으로 중심을 중심으로 하여 길이 방향 대칭의 구성을 가지므로, 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향 일 단과 정 중심 사이의 영역을 이용하여 상기 기준 평균 분산값을 도출하는 것 또한 가능하다.

[0080] 이어서, 상기 제2 렌즈(200)를 복수의 설정 영역으로 분할한다. 상기 설정 영역은, 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이 내로 입사하는 입사광의 수 만큼 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이를 하나의 설정 영역으로 구분하되, 제 n 설정 영역은, n-1 번째 입사광의 입사 지점과 n 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 일 단으로 하고 n 번째 입사광의 입사 지점과 n+1 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 타 단으로 하며, 제1 설정 영역은 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향 단부와 제2 영역의 단부 사이의 영역으로 한다.

[0081] 순차적으로 설명하면, 상기 설정 영역 또한 하나의 가상의 영역으로서, 상기 기준 영역이 상술한 기준 평균 분산값을 도출하기 위해 가상으로 설정된 영역인 것과 마찬가지로, 상기 설정 영역 또한 설정 영역 내의 입사광의 입사각의 분산값과 상기 기준 평균 분산값을 비교하기 위해 마련된 가상의 영역이다. 즉, 상기 설정 영역의 마련을 위해 별도의 가공이 수반되는 것은 아니며, 실질적인 제2 렌즈(200)의 가공은 후술하는 실질적인 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 폭이 결정된 후에 이루어지는 것이다.

[0082] 상기 설정 영역의 개수는 상기 제2 렌즈(200)의 상부면(212)으로 입사하는 입사광의 수와 같다. 즉, 상기 각각의 입사광을 기준으로 상기 제2 렌즈(200)를 복수 개의 영역으로 분할함으로써 상기 제2 렌즈(200)는 입사광의 수만큼의 설정 영역으로 분할된다. 이때, 상술한 바와 같이 상기 제2 렌즈(200)는 길이 방향 중심을 중심으로 대칭이므로 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이 내로 입사하는 입사광의 수 만큼 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향으로 일 단과 정 중심 사이를 복수의 설정 영역으로 구분하기로 한다.

[0083] 여기서, 제2 렌즈(200)의 일 측단 단부의 설정 영역을 제1 설정 영역이라고 하고, 이후 제2, 제3.. 제M 설정 영역까지 총 M 개의 설정 영역이 설정된다고 하였을 때, 이 중 n 번째 설정 영역인 제n 설정 영역의 폭은 하기와 같이 결정된다. 물론, 제n 설정 영역은 n 번째 입사광이 입사하는 영역이다.

[0084] n-1 번째 입사광의 입사 지점과 n 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 일 단으로 하고 n 번째 입사광의 입사 지점과 n+1 번째 입사광의 입사 지점 사이의 중심 위치를 길이 방향 타 단으로 한다. 즉, 각각의 입사광 사이의 중심 지점을 양 단으로 하는 복수의 설정 영역이 마련된다. 이때, 제1 설정 영역은 상기 제2 렌즈(200)의 길이 방향 단부와 제2 영역의 단부 사이의 영역으로 한다. 즉, 최측단의 입사광의 전단에는 별도의 입사광이 없으므로, 상기 최측단의 제1 설정 영역은 제2 렌즈(200)의 단부가 길이 방향 일 단이 되는 것이다. 상기한 기준에 따라서 각각 소정의 너비를 갖는 복수의 설정 영역으로 상기 제2 렌즈(200)가 분할되게 된다. 즉, 도 8 에 도시된 바와 같이, 각각의 입사광(S1, S2, S3, S4..) 마다 설정 영역(A1, A2, A3, A4..)이 설정되게 된다.

[0085] 이어서, 상기 각각의 설정 영역 내의 입사하는 입사광의 입사각의 분산값을 구한다. 여기서는, 이를 설정 분산값이라고 지칭한다. 상기 설정 분산값의 도출은 상기 제2 렌즈(200)의 최측단으로부터 중심 방향으로 순차적으로 도출한다. 설정 분산값을 구하는 최초 단계에서는, 하나의 설정 영역에 하나의 입사광만이 존재하므로 분산값이 0 이 됨은 자명하다.

[0086] 이어서, 상기 도출된 설정 분산값과 상기 기준 평균 분산값을 비교하여, 상기 설정 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 작으면 순차적으로 후순위 설정 영역을 반복적으로 합하여 합산된 합산 설정 영역 내의 전체 입사광의 입사각의 분산값인 합산 분산값을 구하여 상기 합산 분산값과 기준 평균 분산값을 비교하는 과정을 반복한다.

[0087] 본 과정은 상기 제2 렌즈(200)의 최측단에서부터 순차적으로 이루어진다. 즉, 도 9 와 같이, 제1 설정 영역(A1) 내의 설정 분산값인 제1 설정 분산값을 구하여 상기 기준 평균 분산값과 비교한 후, 상기 제1 설정 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 작으면, 상기 제1 설정 영역(A1)과 제2 설정 영역(A2)을 합산하여 새로운 하나의 설정 영역으로 간주하고 상기 제1 설정 영역과 상기 제2 설정 영역을 합한 하나의 합산 영역(B1) 내에 입사하는 모든

입사광의 입사각의 분산값인 합산 분산값을 구하여 상기 기준 평균 분산값과 비교한다. 여기서 합산 분산값이란 분산값의 합산이 아닌 합산 영역 내의 모든 입사광을 대상으로 한 입사각의 분산값임을 의미한다.

[0088] 이어서, 상기 제2 설정 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 작으면 추가적으로 제3 설정 영역을 합산하여 새로운 합산 영역(B1)을 설정하여 제1 설정 영역 내지 제3 설정 영역을 합한 새로운 합산 영역(B1) 내의 모든 입사광의 입사각의 분산값인 합산 분산 값을 상기 기준 평균 분산값과 비교한다. 즉, 합산 분산값이 기준 평균 분산값보다 작으면 후순위의 설정 영역을 더 합산하여 해당 영역 내의 모든 입사각의 분산값을 기준 평균 분산값과 비교한다.

[0089] 상기 과정을 반복하여, 상기 합산 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 크게 되면 선순위 설정 영역까지의 구간을 상기 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 폭으로 정한다.

[0090] 즉, 도 11 내지 도 13 을 참조하여 설명하면, 도 11 과 같이, 제1 설정 영역 내지 제4 설정 영역을 합산한 제1 합산 영역(B1)의 합산 분산값(V1)이 상기 기준 분산값(VT)보다 작을 경우 제5 설정 영역을 더 합하여 새로운 제1 설정 영역(B1-1)을 설정하고, 새로운 제1 설정 영역(B1-1)의 합산 분산값과 상기 기준 평균 분산값(VT)을 비교한다. 이때, 도 12 와 같이, 새로운 합산 분산값(V1-1)이 상기 기준 평균 분산값(VT)보다 클 경우, 도 13 과 같이, 선순위인 제1 설정 영역 내지 제4 설정 영역 까지의 너비를 하나의 직각 프리즘(210)의 상면(212)의 너비로 결정한다. 즉, B1(제1 내지 제4 설정 영역의 너비) = P1 (하나의 직각 프리즘(210)의 너비)

[0091] 즉, 상기 합산 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 크게 될 때까지 설정 영역을 합산하며, 상기 합산 분산값이 상기 기준 평균 분산값보다 크게 되면 선순위의 설정 영역까지의 구간을 하나의 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 너비로 결정한다. 이에 따라서 하나의 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 너비가 결정된다.

[0092] 한편, 하나의 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 너비가 결정되면, 후순위 설정 영역부터 상기 과정을 반복한다. 즉, 예컨대 제K ~ 제L 설정 영역이 합산되어 하나의 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 너비를 구성하는 것으로 결정되면, 이어서 차순위인 제L+1 설정 영역부터 상기 과정을 반복하여 차순위 직각 프리즘(210)의 상부면(212)의 너비를 순차적으로 도출하는 것이다.

[0093] 이에 따라서, 자연히 소정의 크기를 갖는 부분 내에 입사하는 입사광의 입사각이 다양하면 해당 부분의 입사광의 입사각의 분산값은 크므로 해당 부분에는 작은 너비를 갖는 직각 프리즘(210)이 다수 개 마련될 것이며, 또 다른 소정의 크기를 갖는 부분 내에 입사하는 입사광의 입사각이 비교적 균일하면 해당 부분의 입사광의 입사각의 분산값은 작으므로 비교적 큰 너비를 갖는 직각 프리즘(210)이 마련되게 된다. 상기 과정을 반복함으로써 각각의 직각 프리즘(210)의 너비가 제2 렌즈(200)의 일 측단에서 중심부까지 각각 순차적으로 결정되게 되고, 이를 좌우 대칭의 구성으로 하여 제2 렌즈(200)를 구성하는 직각 프리즘(210)의 폭에 관한 설계 요소가 결정되게 된다.

[0094] 상기 과정에 의해서, 하나의 직각 프리즘(210)에 입사하는 입사광 다발의 입사각 분포가 비교적 균일하게 형성된다. 즉, 각각의 직각 프리즘(210)마다 입사하는 입사광 다발이 비교적 유사한 입사각을 가짐으로써, 각각의 프리즘의 빗각이 용이하게 결정될 수 있다.

[0095] 이어서, 상기 각각의 직각 프리즘(210)의 빗각의 크기를 정하는 단계에 관해 설명하면 하기와 같다.

[0096] 먼저, 각각의 직각 프리즘(210)의 상부면(212)에 입사하는 입사광의 입사 각도의 평균값인 평균 입사각을 구한다. 상기 평균 입사각은 상기 과정을 통해 결정된 각각의 직각 프리즘(210)마다 갖는 입사광의 평균값이므로 상기 직각 프리즘(210)의 수 만큼의 개수가 도출된다.

[0097] 이어서, 각각의 직각 프리즘(210)의 기준 입사광을 정한다. 상기 기준 입사광은 각각의 상기 평균 입사각과 가장 근접한 입사광으로서, 즉, 상기 도출된 평균 입사각을 입사각으로 갖는 가상의 입사광 또는 실제 입사광과 사이각이 가장 작은 실제 입사광이 기준 입사광으로 선택된다.

[0098] 이어서, 상기 기준 입사광이 상기 태양 전지(300)의 정중앙에 입사하도록 각각의 상기 직각 프리즘(210)의 상기 빗각의 각도가 결정된다.

[0099] 여기서, 제2 렌즈(200)와 태양 전지(300) 사이의 거리의 결정은, 여러 가지 거리를 설정한 후, 각각의 거리의 경우에 대해서 계산을 통해 빗각을 구하여 가장 집중도가 높은 거리를 선택함으로써 이루어질 수 있다. 이러한 계산은 소정의 컴퓨터 등에 의해서 수행될 수 있다.

[0100] 이를 도 14 내지 도 16을 참조하여 설명하면 하기와 같다.

[0101] 상기 단계에 따라서, 각각의 직각 프리즘(210)의 너비는 결정되었으며, 순차적으로 P1, P2, P3 라 한다. 각각의 직각 프리즘(210)에는 입사광이 입사하게 된다.

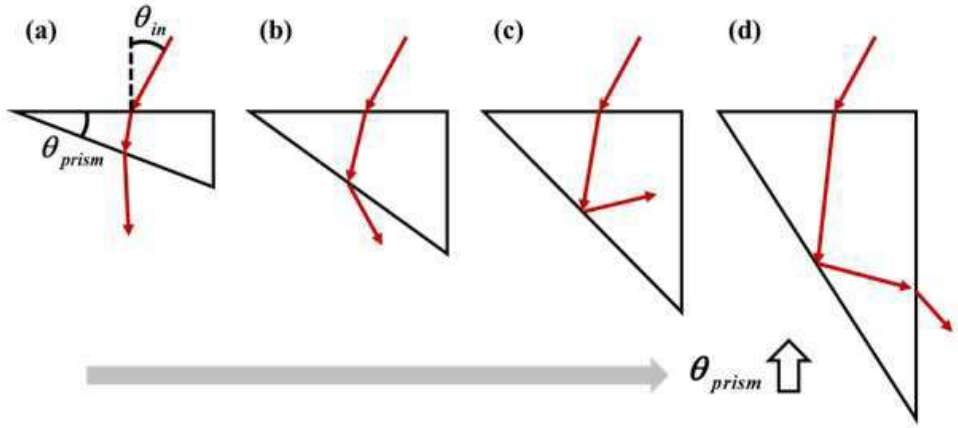
[0102] 각각의 직각 프리즘(210)에 입사하는 입사광의 평균 입사각을 구하면 각각의 직각 프리즘(210)은 평균 입사각을 갖는 가상, 또는 실제의 입사광인 SP 를 갖게 된다. 여기서, 각각의 직각 프리즘(210) P1, P2, P3 는 각각 평균 입사각을 갖는 가상의 입사광 SP1, SP2, SP3 를 갖는다.

[0103] 이어서, 각각의 직각 프리즘(210)에 입사하는 입사광 중 상기 SP1, SP2, SP3 와 사이각이 가장 작은 입사광을 도출하여 기준 입사광으로 결정한다. 도 15 를 참조하면, 직각 프리즘(210) P1 에서는 입사광 S3 가 기준 입사광 ST1 으로 도출되었으며, 이어서 P2, P3 에서도 각각 기준 입사광 ST2, ST3 이 도출되었다.

[0104] 이어서, 각각의 기준 입사광이 태양 전지(300)의 중심에 입사되도록 각각의 직각 프리즘(210)의 빗각을 결정한다. 즉, 빗각의 각도에 따라서 각각의 입사광의 굴절각이 가변하므로, 상기 결정된 기준 입사광이 태양 전지(300)의 중심부에 입사하도록 각각의 직각 프리즘(210)의 빗각을 결정하는 것이다.

[0105] 상술한 바와 같이, 각각의 직각 프리즘(210)에 입사하는 입사광 다발의 입사각은 소정의 분산값 내에서 비교적 균일한 입사각 분포를 가지므로, 각각의 직각 프리즘(210)의 빗각의 각도 결정이 용이하게 이루어질 수 있다. 따라서, 기준 입사광이 태양 전지(300)의 중심에 도달하도록 하는 것으로서 각각의 직각 프리즘(210)에 입사하는 입사광이 비교적 태양 전지(300)에 집중적으로 도달할 수 있게 된다.

[0106] 한편, 직각 프리즘(210)으로 입사하는 광선은, 입사각에 따라서 직각 프리즘의 빗면에서 내부 전반사를 일으킬 수 있다. 즉, 직각 프리즘 내부에서 빗면으로 향하는 입사각이 임계값을 초과하면 내부 전반사가 일어나게 되므로, 이러한 경우에는 내부 전반사를 고려하여 직각 프리즘(210)의 빗각의 각도를 결정하도록 한다. 예를 들어, 아래 참조도의 (b), (c), (d) 와 같이, 광선의 입사각이 너무 커져서 굴절만으로 집광하기 어려워질 때에는 내부 전반사를 활용하는 것을 고려하여 (d)와 같은 형태의 광 경로가 형성되도록 빗각을 결정한다. 즉, 상기와 같은 경우, 광선이 프리즘을 통과할 때 두 번의 굴절과 한 번의 내부 전반사가 일어나도록 프리즘 각도를 설정한다.



[0107]

[0108] <참조도>

[0109] 도 18 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 직각 프리즘을 통과하는 기준 입사광 중, 직각 프리즘 내에서 2 회의 굴절 후 통과하는 기준 입사광의 광 궤적을 나타낸 도면이며, 도 19 는 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 직각 프리즘을 통과하는 기준 입사광의 광 궤적을 나타낸 도면이고, 도 20 은 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 직각 프리즘을 통과하는 기준 입사광 중, 직각 프리즘 내에서 2 회의 굴절 및 1 회의 전반사 후 통과하는 기준 입사광의 광 궤적을 나타낸 도면이며, 도 21 및 22 는 본 발명에 따른 태양 전지 모듈의 제2 렌즈에 입사하는 기준 입사광을 나타낸 도면이다.

[0110] 이하에서는 도 18 내지 도 22 를 참조하여, 직각 프리즘의 빗각의 각도의 결정에 대해 각각 설명하기로 한다.

[0111] 1. 2 회의 굴절을 이용한 집광 영역

[0112] 도 18 및 상기 참조도의 (a) 와 같이, 2 회의 굴절이 이루어지는 직각 프리즘(210)에 대해, 직각 프리즘(210)의 빗각의 결정은 하기와 같은 방법에 따라서 이루어진다.

[0113] 상기와 같이 기준 입사광이 태양 전지에 도달하도록 각각의 직각 프리즘(210)의 각도를 설정한다. 이러한 직각 프리즘(210)의 각도를 결정하는 변수는 기준 입사광의 입사각, 제2 렌즈(200)와 태양 전지 사이의 수평 거리, 및 수직 거리, 제2 렌즈(200)의 굴절율, 외부 환경의 굴절율이며, 이를 하기 식 1 에 대입함에 따라서 프리즘의 각도 가 결정된다.

$$\sin\left[\Theta_p + \tan^{-1}\left(\frac{L}{H}\right)\right] = \frac{n_p}{n_0}\sin\left[\Theta_p - \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\sin\Theta_{in}\right)\right]$$

[0114]

[0115] (식 1)

[0116] 여기서, 도 19 에 나타난 바와 같이, H 는 굴절광이 제2 렌즈(200)를 통과하는 지점과 태양 전지 사이의 수직 거리이며, L 은 굴절광이 제2 렌즈(200)를 통과하는 지점과 태양 전지(300)의 중심 사이의 수평 거리이다. Θ_p 는 프리즘의 각도이며, n_0 은 외부 환경의 굴절율이고, n_p 은 제2 렌즈(200)의 굴절율이다. 상기 값은 모두 상수로서, 제2 렌즈(200)의 재질, 제2 렌즈(200)와 태양 전지 사이의 거리에 따라서 결정되며 광 경로 추적에 의해서 주어질 수도 있다. 여기서, 구하고자 하는 값은 Θ_p 이다.

[0117] 상기 식 1 에 의한 프리즘의 각도의 도출 원리를 설명하면 하기와 같다.

[0118] 먼저, 스넬의 법칙을 통해 굴절율과 굴절각 사이의 관계는 하기와 같게 된다. 하기 식 1-1 은 제2 렌즈(200)에 대한 입사 지점에서의 스넬의 법칙에 따른 식이고 식 1-2 는 직각 프리즘(210)의 빗면에 위치하는 통과 지점에서의 스넬의 법칙에 따른 식이다.

[0119] $n_0 \sin \Theta_{in} = n_p \sin \Theta_1$ (식 1-1)

[0120] $n_p \sin \Theta_2 = n_0 \sin \Theta_{out}$ (식 1-2)

[0121] 여기서, 도 18 에 따른 각각의 각도의 관계를 참조하면, 하기와 같은 관계식이 도출된다.

$$\Theta_{out} = \Theta_{p1} + \tan^{-1}\left(\frac{L}{H}\right)$$

[0122] (식 1-3)

[0123] $\Theta_2 = \Theta_{p1} - \Theta_1$ (식 1-4)

[0124] 이를 상기 식 1-2 각각 에 대입하면, 하기 식이 도출된다.

$$\sin\left[\Theta_p + \tan^{-1}\left(\frac{L}{H}\right)\right] = \frac{n_{p1}}{n_0}\sin\left[\Theta_{p1} - \Theta_1\right]$$

[0125]

[0126] (식 1-5)

[0127] 이때, 상기 식 1-1 에 따르면, $n_0 \sin \Theta_{in} = n_p \sin \Theta_1$ 이므로, Θ_1 은 하기와 같다.

$$\Theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\sin\Theta_{in}\right)$$

[0128] (식 1-6)

[0129] 식 1-6 의 Θ_1 을 식 1-5 에 대입하면 상기 식 1 이 도출된다. 상기와 같이, H, L, n_0 , n_p 은 모두 주어진 값이므로, 이를 대입하면 Θ_p 가 도출되게 된다.

[0130] 2. 내부 전반사를 이용한 집광 영역

[0131] 도 20 및 상기 참조 그림의 (b), (c), (d) 와 같이, 2 번의 굴절과 한번의 전반사가 이루어지는 영역에 대해, 직각 프리즘(210)의 빗각의 결정은 하기와 같은 방법에 따라서 이루어진다.

[0132] 상기와 같이 기준 입사광이 태양 전지에 도달하도록 각각의 직각 프리즘(210)의 빗각의 크기를 설정한다. 이러한 직각 프리즘(210)의 빗각을 결정하는 변수는 기준 입사광의 입사각, 제2 렌즈(200)와 태양 전지 사이의 수평 거리, 및 수직 거리, 제2 렌즈(200)의 굴절율, 외부 환경의 굴절율이며, 이를 하기 식에 대입함에 따라서 프리즘의 각도 Θ_p 가 결정된다.

$$\sin\left[\frac{\pi}{2} - \theta_p - \tan^{-1}\left(\frac{L}{H}\right)\right] = \frac{n_p}{n_0}\sin\left[2\theta_p - \frac{\pi}{2}\cdot\ \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\sin\theta_{in}\right)\right]$$

[0133]

[0134] (식 2)

[0135] 여기서, 각각의 변수는 상기 설명한 바와 같다. 즉, H 는 굴절광이 제2 렌즈(200)를 통과하는 지점과 태양 전지 사이의 수직 거리이며, L 은 굴절광이 제2 렌즈(200)를 통과하는 지점과 태양 전지 사이의 수평 거리이다. 한편, 여기서는 굴절광이 제2 렌즈(200)를 통과하는 지점은 직각 프리즘(210)의 빗면이 아니라 측면이 된다.

[0136] Θ_p 은 직각 프리즘(210)의 빗각이며, n_0 은 외부 환경의 굴절율이고, n_p 은 제2 렌즈(200)의 굴절율이다.

[0137] 3. 내부 전반사 여부의 결정

[0138] 상기와 같이, 식 1 또는 식 2 를 적용하여 직각 프리즘(210)의 빗각의 크기를 결정한다. 이때, 식 1 이 적용되는 경우는, 직각 프리즘(210)의 빗면에서 내부 전반사가 일어나지 않는 경우이며, 식 2 가 적용되는 경우는, 직각 프리즘(210)의 빗면에서 내부 전반사가 일어나는 경우이다.

[0139] 내부 전반사의 발생 여부는 식 1을 적용하여 구한 빗각 Θ_p 와 임계 빗각인 Θ_{pc} 를 비교하여 결정한다. 즉, $\Theta_p < \Theta_{pc}$ 인 경우에는 내부 전반사가 발생하지 아니하여 식 1 을 적용한다. 반대로, $\Theta_p > \Theta_{pc}$ 인 경우에는 내부 전반사가 발생하여 식 2 를 적용한다.

[0140] 여기서, Θ_{pc} 는 임계 빗각으로서, 제2 렌즈(200)로 입사한 기준 입사광이 제2 렌즈(200)의 빗면에서 굴절될 때, 굴절각이 90 ° 가 될 때의 빗각이다. 즉, 제2 렌즈(200)의 빗면에서 전반사가 발생할 때의 Θ_p 라고 할 수 있다. 임계 빗각은 일정하며, 임계 빗각보다 직각 프리즘(210)의 빗각이 더 클 경우에는 빗면에서 내부 전반사가 발생하므로, 식 2 에 따라서 빗각을 결정하게 된다.

[0141] 여기서, 임계 빗각인 Θ_{pc} 는 하기 식 3 에 따라서 결정된다.

$$\Theta_{pc} = \sin^{-1}\left[\frac{n_0}{n_p}\sin(\Theta_{in})\right] + \sin^{-1}\left[\frac{n_0}{n_p}\right]$$

[0142]

[0143] (식 3)

[0144] 상기 식 3 의 도출의 원리를 설명하면 하기와 같다.

[0145] 식 1 을 응용하여 임계 빗각인 Θ_{pc} 를 결정한다. 상기와 같이, 직각 프리즘(210)의 빗면에서 굴절각이 90° 가 될 때 $\sin \Theta_{out} = 1$ 이다. 식 1 의 도출 과정에서 나타난 식을 각각 적용하면 하기 식이 차례대로 성립한다.

$$n_p \sin\theta_2 = n_0$$

[0146] (식 3-1)

$$\sin[\Theta_p - \Theta_1] = \frac{n_0}{n_p}$$

[0147] (식 3-2)

$$[\Theta_{pc} - \Theta_1] = \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\right)$$

[0148] (식 3-3)

$$\Theta_1 = \sin^{-1}\left(\frac{n_0}{n_p}\sin\theta_{in}\right)$$

[0149] 여기서, 이므로, 이를 대입한 후, 순차적으로 연산하면 상기와 같은 식 3 이 도출되게 된다.

[0150] 상기와 같이 식 1 이 적용되는 경우와, 식 2 가 적용되는 경우를 각각 살펴보면, 식 1 이 적용되는 경우라

함은, 도 21 과 같이, 제2 렌즈(200)의 내부에서 내부 전반사가 일어나지 않는 경우이며, 비교적 입사각이 작은 경우이므로, 제2 렌즈(200)의 중심 부분에 위치하는 직각 프리즘(210)(M)이라고 할 수 있다. 반대로, 식 2 가 적용되는 경우라 함은, 도 22 와 같이, 제2 렌즈(200)의 내부에서 내부 전반사가 일어나는 경우이며, 비교적 입사각이 큰 경우이므로, 제2 렌즈(200)의 가장자리 부분에 위치하는 직각 프리즘(210)(N)이라고 할 수 있다.

[0151] 본 발명에 따라서, 태양의 고도가 계절에 따라서 변함에도 불구하고 태양 전지(300)의 집광 효율이 확보되어 최적의 전력 생산이 이루어질 수 있다. 즉, 태양광이 제1 렌즈(100) 및 제2 렌즈(200)를 통과하여 굴절됨에 따라서 태양 전지(300)로 집광되며, 상기 제2 렌즈(200)가 복수의 프리즘(210)을 갖는 구성을 가짐에 따라서 태양의 고도가 변함에도 불구하고 태양 전지(300)에 태양광이 집광되어 태양 전지(300)의 전력 생산 효율이 향상될 수 있다.

[0152] 이상에서는 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안될 것이다.

부호의 설명

[0153] 1: 태양 전지 모듈

100: 제1 렌즈

200: 제2 렌즈

210: 직각 프리즘

212: 상부면

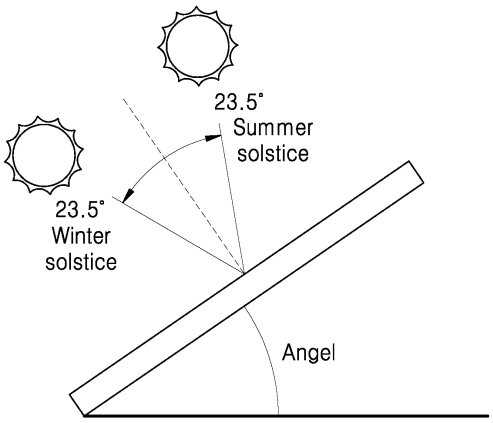
214: 직각면

216: 빗면

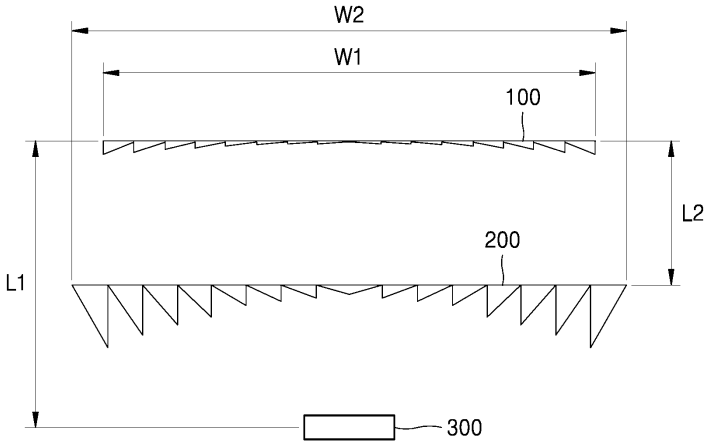
300: 태양 전지

도면

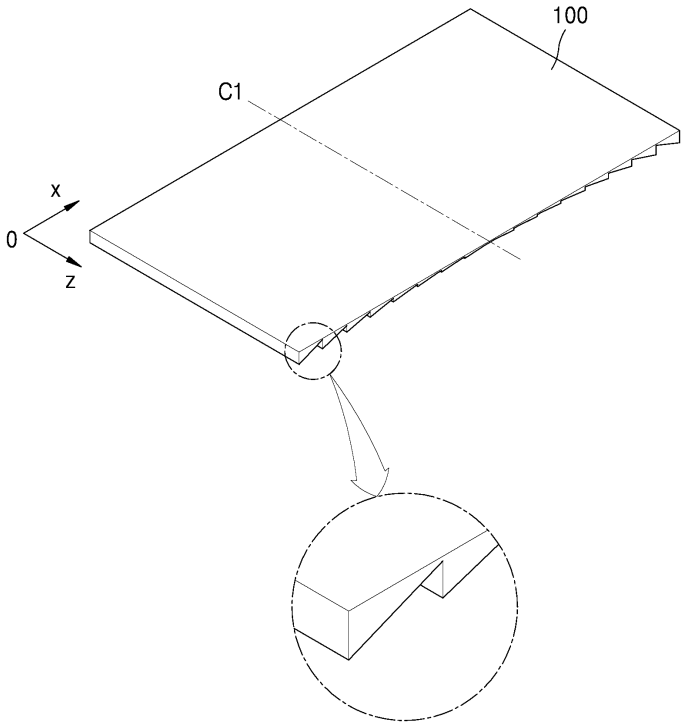
도면1



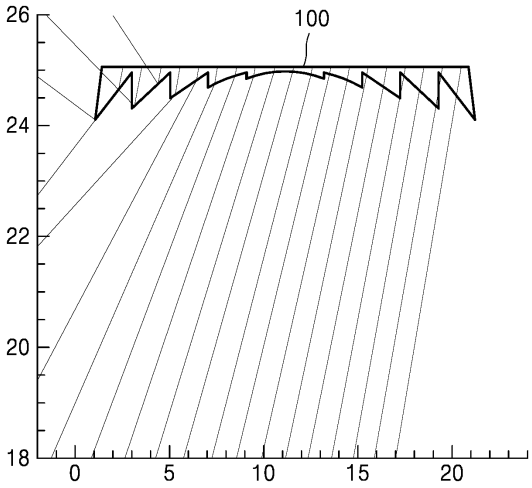
도면2



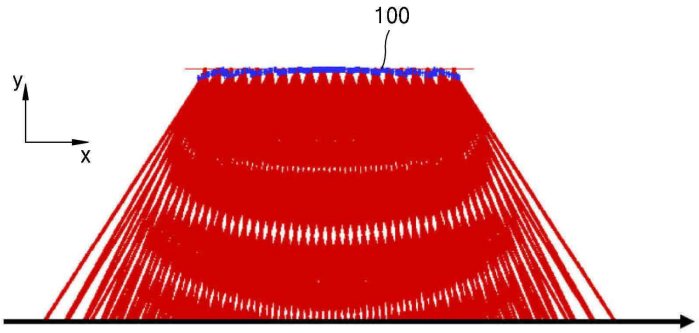
도면3



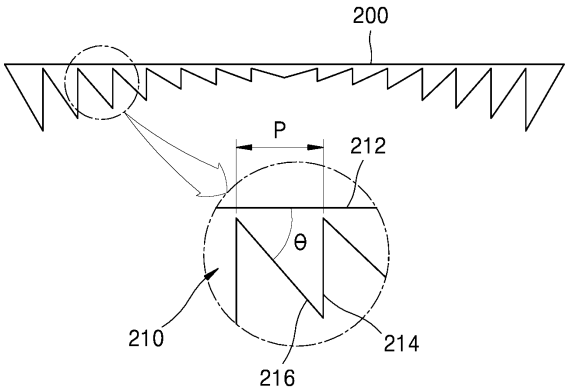
도면4



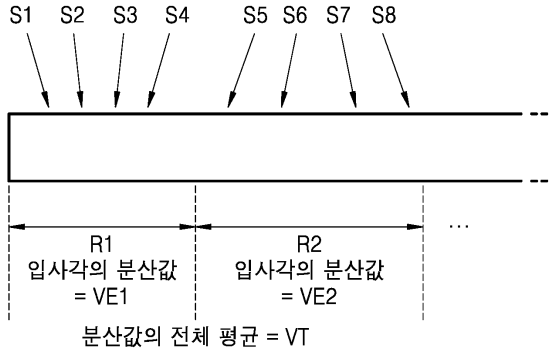
도면5



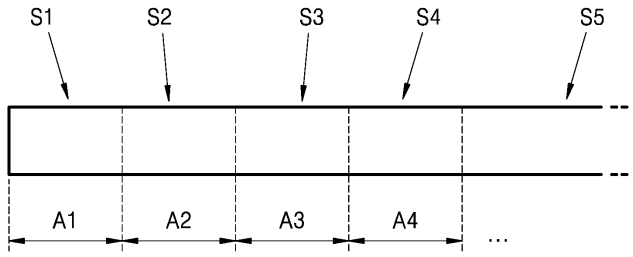
도면6



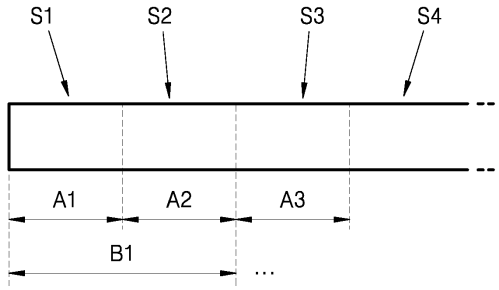
도면7



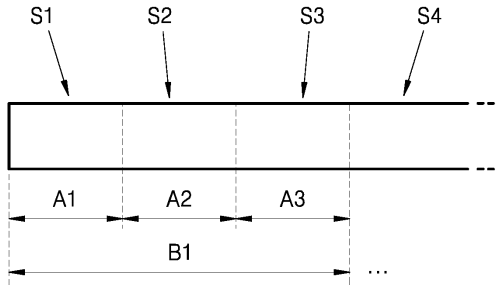
도면8



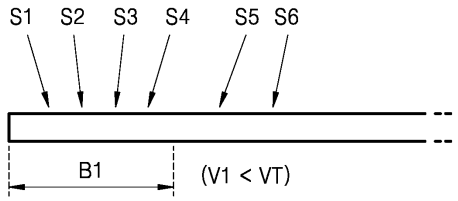
도면9



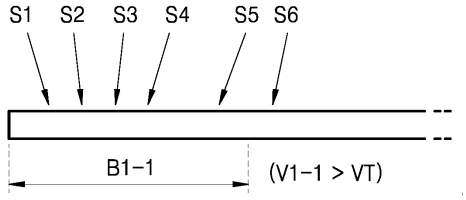
도면10



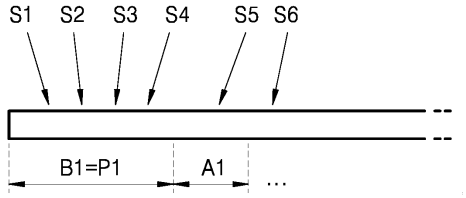
도면11



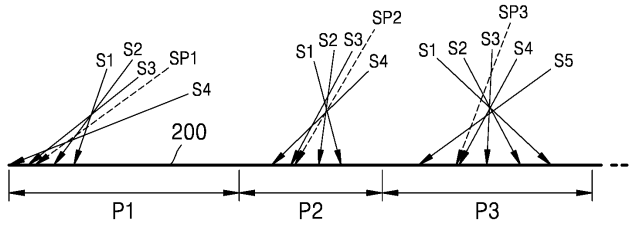
도면12



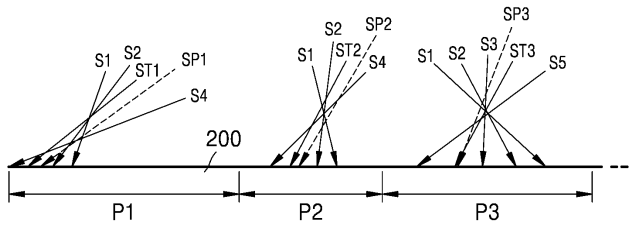
도면13



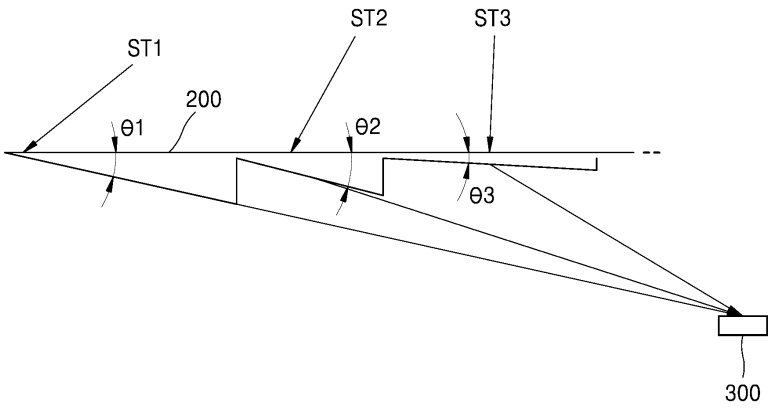
도면14



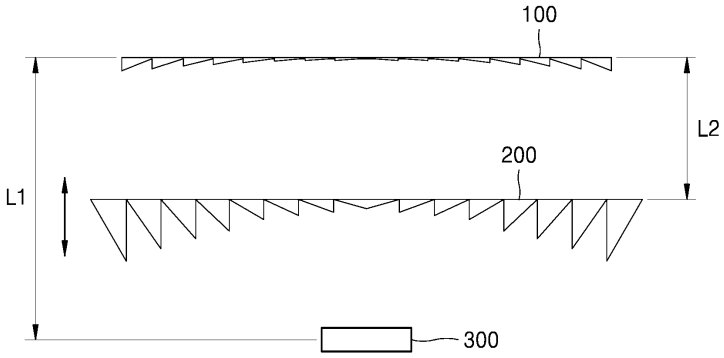
도면15



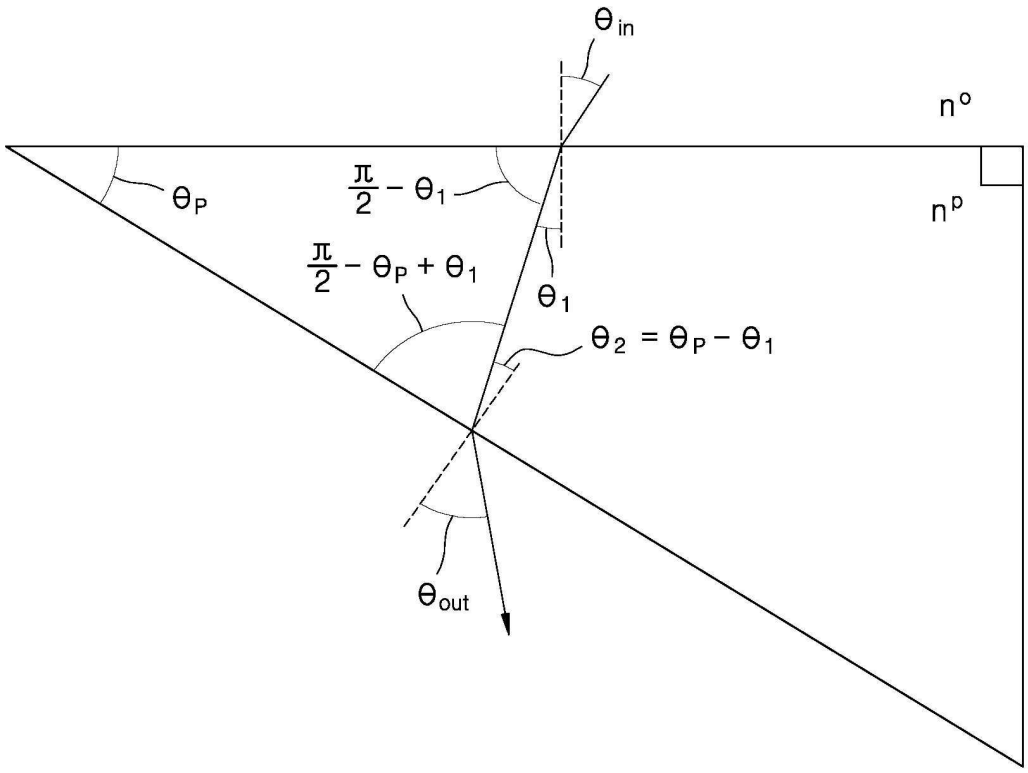
도면16



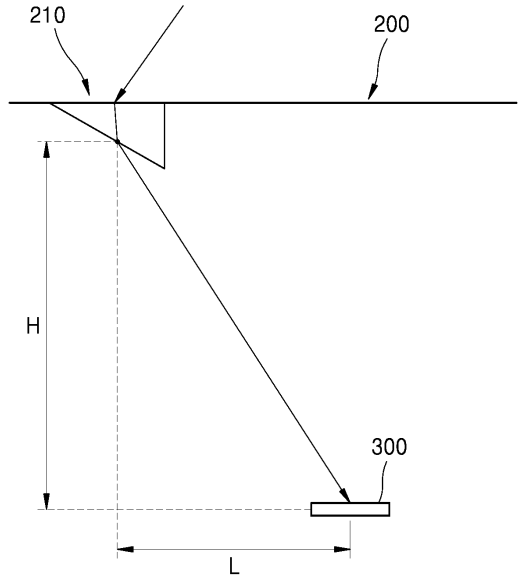
도면17



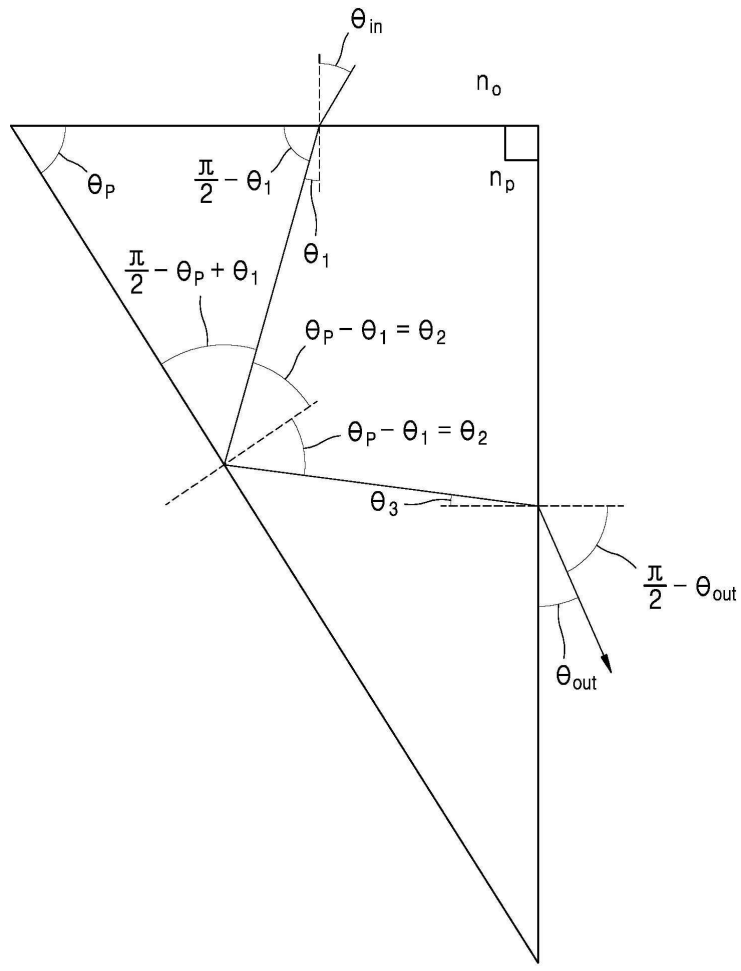
도면18



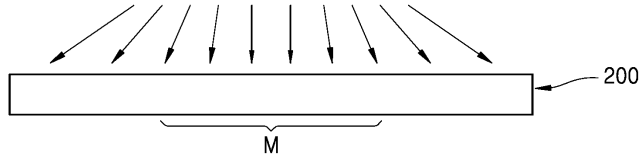
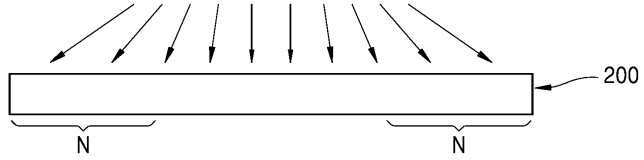
도면19


210
200
H
300
L

도면20


θin
no
θP
π/2 − θ1
np
θ1
π/2 − θP + θ1
θP − θ1 = θ2
θP − θ1 = θ2
θ3
π/2 − θout
θout

도면21



도면22