



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년07월05일
 (11) 등록번호 10-1753739
 (24) 등록일자 2017년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/32 (2006.01) *F21V 8/00* (2016.01)
F24J 2/06 (2006.01) *H01L 31/054* (2014.01)
 (21) 출원번호 10-2010-0124955
 (22) 출원일자 2010년12월08일
 심사청구일자 2015년11월09일
 (65) 공개번호 10-2012-0063808
 (43) 공개일자 2012년06월18일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020100114125 A*
 US20100133422 A1*
 US20090199893 A1
 US05725970 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
 (72) 발명자
주원제
 경기도 성남시 분당구 분당로263번길 24 121동
 1001호 (분당동, 장안타운건영아파트)
 (74) 대리인
팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 경천수

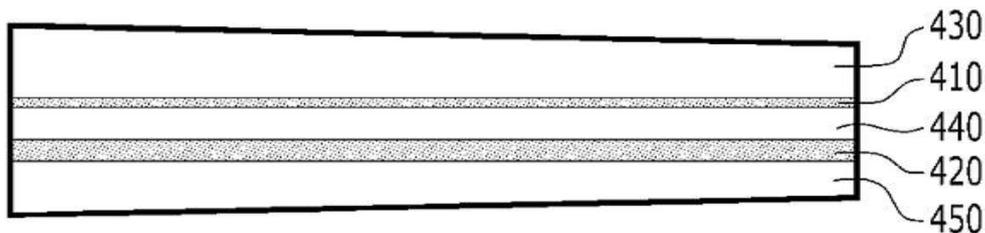
(54) 발명의 명칭 **태양광 집광판**

(57) 요약

본 발명의 한 실시예에 따른 태양광 집광판은, 입사광을 회절시키며 두께가 서로 다른 복수의 홀로그램, 상기 홀로그램의 사이에 부착되어 있는 적어도 하나의 중간 도광판, 그리고 상기 복수의 홀로그램 중 가장 바깥 쪽에 있는 홀로그램의 바깥면에 부착되어 있는 한 쌍의 외부 도광판을 포함하며, 상기 외부 도광판 중 적어도 하나의 외면은 내면에 대하여 경사져 있다.

대표도 - 도2

400



명세서

청구범위

청구항 1

입사광을 회절시키며 두께가 서로 다른 복수의 홀로그램,

상기 홀로그램의 사이에 부착되어 있는 적어도 하나의 중간 도광판, 그리고

상기 복수의 홀로그램 중 가장 바깥 쪽에 있는 홀로그램의 바깥면에 부착되어 있는 한 쌍의 외부 도광판을 포함하며,

상기 복수의 홀로그램 각각은 정해진 범위의 파장을 가지는 빛만을 회절시키고 두께가 두꺼울수록 회절이 발생하는 파장 범위가 작아지며,

상기 외부 도광판 중 적어도 하나의 외면은 내면에 대하여 경사져 있는

태양광 집광판.

청구항 2

제1항에서,

상기 복수의 홀로그램 중 가장 상부에 위치한 홀로그램은 다른 홀로그램보다 큰 각도 선택성을 가지는 태양광 집광판.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항 또는 제2항에서,

상기 정해진 범위의 파장은 10nm 내지 300nm인 태양광 집광판.

청구항 5

제1항 또는 제2항에서,

상기 외부 도광판 각각의 외면이 내면에 대하여 경사져 있는 태양광 집광판.

청구항 6

제5항에서,

상기 외부 도광판의 외면들이 이루는 각도는 1도 내지 10도 사이인 태양광 집광판.

청구항 7

제1항 또는 제2항에서,

상기 홀로그램은 위상차 홀로그램인 태양광 집광판.

청구항 8

제7항에서,

상기 홀로그램의 두께는 1 μ m 이상인 태양광 집광판.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양광 집광관에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 인류가 사용하는 주요 에너지원으로는 현재 석탄 및 석유와 같은 화석 연료이다. 그러나 화석 연료가 점점 고갈되어 가고 있을 뿐 아니라 지구 온난화나 환경 오염과 같은 문제가 야기되고 있다. 화석 연료를 대체하기 위한 대체 에너지원으로서 태양광, 조력, 풍력, 지열 등을 이용하여 환경 오염 없이 에너지를 생산하는 방법이 제안되었다.

[0003] 이들 중에서 태양광을 전기로 변환하는 기술이 가장 앞서고 있다. 태양광을 전기로 효율적으로 변환하기 위해 다양한 소재 및 소자가 개발되고 있으며, 최근에 제안된 다층 p-n 접합 구조와 III-V족 소재를 바탕으로 한 기술의 경우 광변환 효율이 40%에 도달하고 있다.

[0004] 태양광을 전기로 변환하는 방법 이외에도 태양광을 직접 활용할 수 있는 기술로 건물 옥상 위에 태양광을 수집할 수 있는 기구를 설치하고, 광도파로를 이용하여 태양광을 건물 내부로 전송하여 이를 직접 실내 조명으로 이용하는 방법이 제시되었다. 건물 내부에서는 보통 자연 채광이 부족하여 낮에도 조명을 사용하는데, 태양광을 직접 실내로 전송하여 내부 조명으로 사용하면 전기 사용량을 대폭 줄일 수 있다.

[0005] 따라서 광을 효율적으로 수집하는 집광 기술은 태양광을 활용하려는 다양한 기술들에 모두 적용할 수 있는 핵심 기술이다. 광을 모으기 위한 집광관은 대면적으로 구현하여야 하는데 종래의 실리콘 광전 변환 소자는 가격이 비싸 대량 생산이 어려울 수 있다.

[0006] 이를 해결하기 위하여 태양광을 렌즈와 같은 광학기구를 통해 광전 변환 소자에 집속하여 좁은 면적에 광량을 높여 광전 변환 소자의 크기를 줄이고, 프리즘이나 회절 격자 등을 통해 파장을 분리하여 각각의 파장에 적합한 광전 변환 소자를 이용할 수 있도록 개발되고 있다.

[0007] 하지만 이러한 종래 기술들은 태양광에 수직 방향으로 공간을 차지할 수 밖에 없다. 렌즈나 쌍곡선 거울을 이용한 집광 시스템의 경우를 예로 들면, 초점 거리만큼 떨어진 위치에 광전 변환 소자를 위치시켜야 하므로 초점 거리만큼의 공간이 필요하다. 프리즘의 경우도 공간적으로 파장을 분리하기 위한 거리가 필요하다. 이러한 공간적인 제약은 태양광 발전 시스템을 적용하는데 큰 어려움이 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하려는 과제는 공간을 적게 차지하고 가격이 저렴하면서도 집광 효율이 높고 파장 분리가 가능한 태양광 집광관을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 한 실시예에 따른 태양광 집광관은, 입사광을 회절시키며 두께가 서로 다른 복수의 홀로그램, 상기 홀로그램의 사이에 부착되어 있는 적어도 하나의 중간 도광판, 그리고 상기 복수의 홀로그램 중 가장 바깥 쪽에 있는 홀로그램의 바깥면에 부착되어 있는 한 쌍의 외부 도광판을 포함하며, 상기 외부 도광판 중 적어도 하나의 외면은 내면에 대하여 경사져 있다.

[0010] 상기 복수의 홀로그램 중 가장 상부에 위치한 홀로그램은 다른 홀로그램보다 큰 각도 선택성을 가질 수 있다.

[0011] 상기 홀로그램은 정해진 범위의 파장을 가지는 빛만을 회절시킬 수 있다.

[0012] 상기 정해진 범위의 파장은 10nm 내지 300nm일 수 있다.

[0013] 상기 외부 도광판 각각의 외면이 내면에 대하여 경사질 수 있다.

[0014] 상기 외부 도광판의 외면들이 이루는 각도는 1도 내지 10도 사이일 수 있다.

[0015] 상기 홀로그램은 위상차 홀로그램일 수 있다.

[0016] 상기 홀로그램의 두께는 1 μ m 이상일 수 있다.

발명의 효과

[0017] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따른 태양광 집광관은 공간을 적게 차지하고 가격이 저렴하면서도 집광 효율이 높고 파장 분리가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1 및 도 2는 본 발명의 서로 다른 실시예에 따른 태양광 집광관의 단면도이다.
 도 3 및 도 4는 각각 본 발명의 한 실시예에 따른 회절 격자의 브래그 회절 및 라만나스 회절을 설명하기 위한 도면이다.
 도 5 및 도 6은 각각 본 발명의 한 실시예에 따른 회절 격자의 각도 선택성 및 파장 선택성을 설명하기 위한 도면이다.
 도 7은 중심 파장을 500 nm, 브래그 각도를 22도로 설정하였을 때 매개변수 Q, $\Delta\theta$ 및 $\Delta\lambda$ 를 회절 격자 두께의 함수로 나타낸 그래프이다.
 도 8 및 도 9은 도 1에 도시한 집광관의 동작을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.
 도 10 및 도 11는 도 2에 도시한 집광관의 동작을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.
 도 12는 도 1에 도시한 집광관의 동작을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.
 도 13은 회절 격자를 1 내지 3개 사용할 경우 각도 선택성의 변화를 보여주는 그래프이다.
 도 14는 150 nm 수준의 파장 선택성과 이에 대응하는 각도 선택성을 충족하는 회절 격자의 두께를 보여주는 그래프이다.
 도 15는 상부 및 하부 홀로그램의 두께 설계를 위하여 계산한 결과를 그래프로 나타낸 것이다.
 도 16 및 도 17은 각각 각 다중화를 설명하기 위한 개략도 및 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계 없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다.

[0020] 도 1 및 도 2를 참고하여 본 발명의 실시예에 따른 태양광 집광관에 대하여 상세하게 설명한다.

[0021] 도 1 및 도 2는 본 발명의 서로 다른 실시예에 따른 태양광 집광관의 단면도이다.

[0022] 먼저, 도 1에 도시한 실시예의 태양광 집광관(100)은 2 개의 볼륨 위상 홀로그램(110, 120)과 3 개의 도광판(130, 140, 150)을 포함한다. 집광관(100)이 가질 수 있는 모양은 삼각형, 사각형, 타원형 등 다양하다.

[0023] 상부, 중앙 및 하부 도광판(130, 140, 150)은 예를 들면, 투명한 플라스틱 필름으로서 굴절률이 약 1.5일 수 있으며, 이 경우 도광판(130, 140, 150) 내에서 공기로 향하는 빛의 전반사각은 약 42도 이다. 일반적으로 플라스틱 도광판의 굴절율은 1.3 ~ 1.7 범위에 속하며, 스넬(Snell)의 법칙에 따라 전반사각은 50 ~ 36도 범위로 결정된다. 그러나 도광판(130, 140, 150)의 재료는 이에 한정되지 않으며 빛을 도파할 수 있는 것이면 어느 것이나 가능하다.

[0024] 중앙 도광판(140)은 양면이 평행하지만, 상부 및 하부 도광판(130, 150)은 경사형으로서 외면이 내면과 평행하지 않고 경사져 있다. 즉, 상부 도광판(130)의 외면(또는 상면)과 내면(또는 하면)이 경사져 있고, 하부 도광판(150)의 외면(또는 하면)과 내면(또는 상면) 역시 경사져 있다. 상부 도광판(130)의 외면과 하부 도광판(150)의 외면이 이루는 경사각은 0도보다 크고 약 10도보다 작을 수 있으며, 특히 1도에서 5도 사이의 각을 가질 수 있다.

[0025] 볼륨 위상 홀로그램(110, 120)은 상부 및 하부 홀로그램(110, 120)을 포함하며, 도광판(130, 140, 150) 사이에 배치되어 있다. 각각의 볼륨 위상 홀로그램(110, 120)은 정해진 범위의 입사각으로 들어오는 정해진 범위의 파장을 가진 입사광을 정해진 범위의 각도로 회절시킨다. 두 개의 홀로그램(110, 120)은 전체적으로 약 10 ~

300 nm의 파장 선택성을 가지며 입사각이 약 0도 ~ 10도인 입사광을 임의의 각도로 회절시킬 수 있다. 볼륨 위상 홀로그래프(110, 120)의 예로는 회절 격자를 들 수 있으며, 레이저 등의 빛의 간섭을 이용하여 기록될 수 있다. 본 실시예에서 홀로그래프 기록은 레이저로 하며 도광판으로 사용시 입사광은 태양광이다.

[0026] 홀로그래프(110, 120)과 도광판(130, 140, 150)은 이들 사이의 계면에서 산란이 발생하지 않도록 하기 위하여 굴절 계수 맞춤 접착제(index matching adhesive)로 부착될 수 있다.

[0027] 집광판(100)은 광섬유(200)와 연결될 수 있으며, 광섬유(200)는 광전 변환 소자(310) 및/또는 조명 기구(320)와 연결될 수 있다. 집광판(100)은 입사되는 태양광을 모아 광섬유(200)를 통하여 광전 변환 소자(310) 또는 조명 기구(320)로 흘려 보내며, 이 빛은 광전 변환 소자(310)에 의하여 전기로 변환되거나 조명 기구(320)에 의하여 직접 조명으로 사용될 수 있다.

[0028] 그러나 이와는 달리 집광판(100)이 직접 광전 변환 소자(310)와 연결될 수도 있다.

[0029] 다음, 도 2에 도시한 실시예의 태양광 집광판(400)은 도 1에 도시한 실시예와 마찬가지로 3 개의 도광판(430, 440, 450)과 그 사이에 끼어 있는 2 개의 볼륨 위상 홀로그래프(410, 420)을 포함한다.

[0030] 그러나 도 1에 도시한 실시예와는 달리 상부 및 하부 홀로그래프(410, 420)의 두께가 서로 다르다. 도 2에서 두꺼운 왼쪽이 광섬유(도시하지 않음)와 연결되는 쪽이다.

[0031] 그러면 본 발명의 실시예들에 따른 태양광 집광판의 동작 원리에 대하여 상세하게 설명한다.

[0032] 먼저, 도 3 내지 도 7을 참고하여 본 실시예에 따른 볼륨 위상 홀로그래프의 동작 원리에 대해서 상세하게 설명한다.

[0033] 도 3 및 도 4는 각각 본 발명의 한 실시예에 따른 회절 격자의 브래그 회절 및 라만나스 회절을 설명하기 위한 도면이고, 도 5 및 도 6은 각각 본 발명의 한 실시예에 따른 회절 격자의 각도 선택성 및 파장 선택성을 설명하기 위한 도면이며, 도 7은 중심 파장을 500 nm, 브래그 각도를 22도로 설정하였을 때 매개변수 Q, $\Delta\theta$ 및 $\Delta\lambda$ 를 회절 격자 두께의 함수로 나타낸 그래프이다.

[0034] 도 3 및 도 4에는 1차원 구조의 볼륨 위상 홀로그래프인 판 모양의 회절 격자(600, 700)가 도시되어 있다. 회절 격자(600, 700)의 결정면(610, 710)은 회절 격자(600, 700)의 판면(620, 720)에 대하여 수직이다. 이 회절 격자(600, 700)에서 발생하는 회절에는 크게 두 가지 종류가 있다. 하나는 도 3에 도시한 바와 같은 브래그 회절(Bragg diffraction)로서 두꺼운 회절 격자(600)에서 주로 발생하고, 다른 하나는 도 4에 도시한 바와 같은 라만나스 회절(Raman-Nath diffraction)로서 얇은 회절 격자(700)에서 발생한다.

[0035] 도 3를 참고하면, 브래그 회절은 결정면(610)에 대하여 브래그 각도(Bragg angle)(θ_B)라고 하는 특정한 입사각으로 들어오는 입사광(630)만을 회절시키고 회절 결과 나오는 출사광(650)이 하나만 존재한다. 출사광(650)은 결정면(610)에 대한 반사의 법칙을 충족하여 결정면(610)에 대한 각도가 역시 브래그 각도(θ_B)가 된다. 따라서 입사광(630)의 연장선(640)과 출사광(650)이 이루는 각도가 $2\theta_B$ 가 된다.

[0036] 도 4를 참고하면, 이와 상반되는 라만나스 회절은 회절을 발생시키는 특정 입사각이 없고, 하나의 입사광(730)에 대하여 여러 개의 회절 출사광(750)이 존재한다.

[0037] 임의의 회절 격자가 앞서 설명한 두 가지 회절 중 어느 쪽을 수행하는지 구분하기 위해서 매개변수(parameter)

$$Q = \frac{2\pi\lambda d}{\Lambda^2 n_0}$$

Q를 도입한다. Q는 $\frac{2\pi\lambda d}{\Lambda^2 n_0}$ 로 정의되며, 여기에서 λ 는 파장, d 는 회절 격자의 두께, Λ 는 회절 격자의 피치 거리, n_0 는 굴절률이다. Q 값이 10보다 큰 회절 격자는 브래그 회절의 특징을 보이며 1보다 상당히 작으면 라만나스 회절이 된다.

[0038] 본 실시예에서는 회절광을 제어하기 쉬운 브래그 회절 격자를 이용하는데, 브래그 회절 격자는 각도 선택성(angular selectivity)과 파장 선택성(wavelength selectivity)을 가지고 있다. 도 5 및 도 6을 참고로 이 특성들에 대하여 상세하게 설명한다.

[0039] 도 5 및 도 6에는 결정면(810)이 판면(820)의 수직 방향(825)에 대하여 브래그 각도(θ_B)만큼 기울어져 있는 회절 격자(800)가 도시되어 있다. 도 5은 다양한 입사각으로 들어오는 입사광을 보여주었고, 도 6은 다양한

파장의 입사광을 보여주고 있다.

[0040] 도 5을 참고하면, 각도 선택성은 브래그 각도(θ_B)를 중심으로 특정 범위의 입사각에 대해서만 회절이 나타나는 특성을 가리키는 것으로서, 회절이 발생하지 않는 최소 벗어남 각도 또는 회절이 발생할 수 있는 최대 각도 범

$$\Delta\theta = \frac{n\lambda}{2d \sin\theta_B}$$

위($\Delta\theta$)는 로 정의된다. 여기에서 λ 는 파장, d 는 회절 격자(800)의 두께, θ_B 는 브래그 각도이다. 각도 선택성($\Delta\theta$)은 0.001도에서 10도 정도까지 조절이 가능한데, 너무 커지면 회절 격자(800)의 두께가 작아지고 이에 따라 Q 가 작아져서 라만나스 회절 영역으로 들어갈 수 있으므로 유의하여야 한다.

[0041] 도 6을 참고하면, 파장 선택성은 특정 파장 범위에 대해서만 회절이 나타나는 특성을 가리키는 것으로서, 회절

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2 \cos\theta_B}{2d \sin^2\theta_B}$$

이 발생하는 파장 범위($\Delta\lambda$)는 으로 정의된다. 여기에서 λ 는 파장, d 는 회절 격자(600)의 두께, θ_B 는 브래그 각도이다.

[0042] 앞의 두 식에서 알 수 있듯이 각도 선택성과 파장 선택성은 파장(λ), 회절 격자(800)의 두께(d) 및 브래그 각도(θ_B)에 의존한다. 특히 회절 격자(800)가 두꺼워질수록 각도 선택성과 파장 선택성이 커진다.

[0043] 도 7은 중심 파장을 500 nm, 브래그 각도를 22도로 설정하였을 때 매개변수 Q , $\Delta\theta$ 및 $\Delta\lambda$ 를 회절 격자 두께의 함수로 나타낸 그래프이다.

[0044] 예를 들어, $\Delta\lambda$ 를 150 nm로 정하면, 이를 충족하기 위한 회절 격자의 두께는 약 5.5 μm 이다. 이때, $\Delta\theta$ 는 약 11도이고, Q 는 약 25가 된다. $\Delta\lambda$ 가 100 nm이면, 회절 격자의 두께는 약 7 μm , $\Delta\theta$ 는 약 7도이고, Q 는 약 20이다.

[0045] 본 발명의 실시예에 따른 집광관은 이러한 회절 격자 또는 볼륨 위상 홀로그래프를 포함한다.

[0046] 먼저 도 8 및 도 9를 참고하여 본 발명의 한 실시예에 따른 태양광 집광관에 대하여 상세하게 설명한다.

[0047] 도 8 및 도 9은 본 발명의 한 실시예에 따른 태양광 개략적인 단면도이다.

[0048] 도 8를 참고하면, 볼륨 위상 홀로그래프(110)의 브래그 각도가 그 양쪽면에 부착된 도광판(120, 130)의 전반사각의 1/2보다 크게 되도록 설정하고, 도 5 및 도 6에서처럼 홀로그래프(110)의 결정면이 홀로그래프(110) 판면의 수직 방향에 대해서 브래그 각도만큼 경사지도록 한다. 또한 홀로그래프의 기록광의 파장이나 입사 각도를 조절하여 중심 파장을 선택할 수 있다. 즉, 백색의 태양광 중에 적색의 파장만을 회절시키고 그외의 파장은 투과시킬 수 있다. 또한, 홀로그래프의 두께를 조절하여 회절이 발생하는 파장 범위, 최소 벗어남 각도를 정할 수 있다. 최소 벗어남 각도의 유효한 범위는 뒤에 설명한다.

[0049] 청색광(11), 녹색광(12), 적색광(13)을 포함하는 태양광이 집광관(100)에 수직으로 입사한다고 하자. 그러면 이 입사광(21)은 각도 변화 없이 상부 도광판(120)을 통과하여 홀로그래프(110)에 이른다. 홀로그래프(110)은 입사광(21) 중에서 적색광(13)만을 선택하여 브래그 각도(θ_B)의 2배의 각도로 회절시키며(22), 나머지 청색광(11)과 녹색광(12)은 그대로 통과시킨다. 브래그 회절은 파장 선택성이 있어서 특정 파장 영역만 회절을 발생시킬 수 있다. _브래그 회절된 빛(23)은 하부 도광판(130)과 공기의 계면(132)에 이르는데, 이때의 입사각($=2\theta_B$)은 도광판(130)의 전반사각보다 크므로 이 빛(23)은 계면(132)에서 전반사된다(24).

[0050] 하부 도광판(130)과 공기의 계면(132)에서 전반사된 빛(25)은 다시 홀로그래프(110)을 만나고 회절 없이 홀로그래프(110)을 통과하는데(26), 이에 대하여 도 9을 참고로 상세하게 설명한다.

[0051] 도 9을 참고하면, 결정면(41)이 홀로그래프(110)의 판면(112)에 수직인 방향(42)에 대하여 브래그 각도(θ_B)만큼 기울어져 있을 때, 홀로그래프(110)이 회절을 일으키는 입사각은 결정면(41)에 대하여 브래그 각도(θ_B)를 이루는 두 각도가 있다. 그 중 하나가 수직 방향(42)이고 다른 하나는 도면 부호 43으로 표시한 방향(앞으로 “기준 방향”이라 한다)이다. 수직 방향(42)과 기준 방향(43) 이외의 다른 입사각으로 들어오는 빛은 회절되지 아니한다. 따라서 하부 도광판(130)과 공기의 계면(122)에서 전반사된 빛(25)은 이 두 방향과는 전혀 관계가 없으므로 회절 없이 그대로 홀로그래프(110)을 통과한다.

[0052] 홀로그래프(110)을 통과한 빛(25)은 상부 도광판(120)으로 들어가고 계속 진행하여 상부 도광판(120)과 공기의 계

면(122)과 만난다. 이 때의 입사각은 역시 $2 \times \theta_B$ 와 같고 도광관(120)의 전반사각보다 크므로 이 빛(25) 역시 전반사된다(27). 이와 같이 과정을 거쳐서 집광관(100)의 내부에 들어온 수직 입사광(21)은 집광관(100)의 한 쪽 방향으로 도파를 시작한다.

[0053] 그러나 상부 도광관(120)과 공기의 계면(122)에서 전반사된 빛(28)이 홀로그래프(110)을 만나면 회절이 일어나 (29) 아래 방향을 향하는 빛(30)이 되고 이 빛(30)은 집광관(100)을 벗어나 바깥으로 빠져 나갈 수 있다.

[0054] 도 9을 참고하면, 상부 도광관(120)과 공기의 계면(122)에서 전반사된 빛(28)이 홀로그래프(110)으로 들어갈 때의 방향은 기준 방향(43)과 같다. 따라서 이 빛(28)은 결정면(41)에 의하여 반사되고 반사의 법칙에 의하여 수직 방향(42)이 된다. 따라서 회절된 빛(30)은 아래를 향하여 집광관(100)을 벗어나게 된다.

[0055] 상부 도광관(120)과 공기의 계면(122)에서 전반사된 빛(28)이 집광관(100)을 빠져나가지 않고 계속 도파되려면 홀로그래프(110)에 의하여 회절되지 않고 직진하여 도면 부호 31로 표시한 방향을 향해야 하며, 이를 해결한 것이 바로 다음에 설명할 실시예이다.

[0056] 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양광 집광관에 대하여 도 10 및 도 11을 참고하여 상세하게 설명한다.

[0057] 도 10 및 도 11는 본 발명의 다른 실시예에 따른 태양광 집광관의 개략적인 단면도이다.

[0058] 도 10을 참고하면, 상부 및 하부 도광관(420, 430)의 경사각(θ_T)은 앞서 설명한 회절 격자 또는 홀로그래프(410)의 각도 선택성($\Delta\theta$)의 1/4보다 큰 각도이다.

[0059] 이와 같은 구조에서 수직으로 입사된 입사광(51)은 큰 각도 변화 없이 상부 도광관(420)을 통과하여 홀로그래프(410)에 이르러 기준 방향(63)으로 회절된다. 상부 도광관(420)의 상면(422)이 약간 기울어져 있기 때문에 입사광(51)이 공기에서 상부 도광관(420)으로 입사할 때 약간의 굴절이 발생하여 홀로그래프(410)에 입사할 때의 각도가 수직에서 약간 벗어날 수는 있으나 이는 홀로그래프를 기록할 때 보정하거나 각도 선택성 범위 내에 있을 수 있으므로 설명의 편의를 위하여 이 굴절은 무시한다.

[0060] 홀로그래프(410)에 의하여 회절된 빛(52)은 하부 도광관(430)을 진행하여 공기와의 계면(432)에서 전반사된다(53). 전반사된 빛(54)은 회절 없이 홀로그래프(410)을 통과하여 상부 도광관(420)으로 진입하여 공기와의 계면(422)에 이르러 전반사된다(55). 두 번째 전반사된 빛(56)은 다시 홀로그래프(410)을 만나는데 이때 입사각은 기준 방향(63)을 중심으로 각도 선택성보다 큰 각도이므로 회절되지 않고 홀로그래프(410)을 통과한다. 결국 입사된 빛은 이러한 과정을 반복하면서 집광관(400)의 한 쪽 끝으로 도파된다.

[0061] 이 과정에 대하여 도 11를 참고하여 상세하게 설명한다.

[0062] 도 11를 참고하면, 홀로그래프(410)의 관면(412)에 수직인 방향을 홀로그래프 수직 방향(62)이라 할 때, 홀로그래프(410)에 의하여 회절된 빛(52)은 기준 방향(63)이고, 기준 방향(63)이 홀로그래프(410)의 결정면(61)에 대하여 이루는 각도는 θ_B , 홀로그래프 수직 방향(62)에 대하여 이루는 각은 $2\theta_B$ 이다. 여기에서 θ_B 는 브래그 각도이다.

[0063] 하부 도광관(430)과 공기의 계면(432)에 수직인 방향을 하부 도광관 수직 방향(64)라 하면, 하부 도광관 수직 방향(64)은 홀로그래프 수직 방향(62)에 대하여 경사각(θ_T)만큼 기울어져 있다. 회절된 빛(52)이 계면(432)에 입사하는 각도(θ_{11})는 하부 도광관 수직 방향(64)을 기준으로 따져야 하므로

[0064]
$$\theta_{11} = 2\theta_B + \theta_T$$

[0065] 가 된다. 반사의 법칙에 따라 계면(432)에 의하여 반사된 빛(54)도 하부 도광관 수직 방향(64)에 대하여 θ_{11} 만큼의 각도를 이룬다.

[0066] 계면(432)에서 반사된 빛(54)이 홀로그래프(410)에 다시 입사할 때의 입사각(θ_{R1})은 하부 도광관 수직 방향(64)이 아니고 홀로그래프 수직 방향(62)을 기준으로 계산하여야 하므로

[0067]
$$\theta_{R1} = \theta_{11} + \theta_T = (2\theta_B + \theta_T) + \theta_T = 2\theta_B + 2\theta_T$$

[0068] 가 된다. 이 각도도 홀로그래프 수직 방향(62) 및 기준 방향(63)과 거리가 멀기 때문에 이 빛(54)은 회절 없이 홀로그래프(410)을 통과한다.

[0069] 홀로그래프(410)을 통과한 빛(54)이 상부 도광관(420)과 공기의 계면(422)으로 들어갈 때의 입사각(θ_{12})은 상부

도광판(420)과 공기의 계면(422)에 수직인 방향인 상부 도광판 수직 방향(65)을 기준으로 따져야 하는데, 상부 도광판 수직 방향(65)은 홀로그램 수직 방향(62)을 기준으로 하부 도광판 수직 방향(64)과 반대 방향으로 경사각(θ_T)만큼 기울어져 있으므로

[0070]
$$\theta_{I2} = \theta_{R1} + \theta_T = (2\theta_B + 2\theta_T) + \theta_T = 2\theta_B + 3\theta_T$$

[0071] 가 되고, 계면(422)에 의하여 반사된 빛(56)도 상부 도광판 수직 방향(65)에 대하여 θ_{I2} 만큼의 각도를 이룬다.

[0072] 계면(422)에서 반사된 빛(56)이 홀로그램(410)에 다시 입사할 때의 입사각(θ_{R2})은 홀로그램 수직 방향(62)을 기준으로 계산하므로

[0073]
$$\theta_{R2} = \theta_{I2} + \theta_T = (2\theta_B + 3\theta_T) + \theta_T = 2\theta_B + 4\theta_T$$

[0074] 가 된다. 따라서 $4\theta_T$ 가 홀로그램(410)의 각도 선택성($\Delta\theta$)보다 큰 경우 이 빛(56)은 홀로그램(410)에 의하여 회절되지 않고 그대로 통과한다.

[0075] 이러한 원리를 이용하여 두 개의 도광판(420, 430) 중 하나만을 경사지게 할 수도 있다.

[0076] 한편, 파장 선택성 $\Delta\lambda$ 를 150 nm로 정한다는 것은 중심 파장에서 150nm 벗어난 광의 회절 효율이 0이 된다는 의미이다. 즉 중심 파장을 기준으로 파장이 짧은 영역과 긴 영역을 합하면 전체 범위는 300 nm가 된다. 하지만 실질적으로 유효한 광량을 최대 회절 효율의 절반 수준이라고 하면, 파장의 범위가 반으로 줄어들므로 실질적으로는 대략 150 nm 범위의 광이 회절이 되어 도과 조건을 충족하는 것으로 판단할 수 있다. 이와 같이 파장 선택성에 대한 기준을 정하면 $\Delta\theta$ 는 11도가 되고, 도 10에 도시한 경사각(θ_T)은 약 3도가 된다. 집광판(400)의 길이를 300mm로 가정하면, 한 쪽 도광판(420, 430)에서 두께가 두꺼운 쪽과 얇은 쪽의 두께 차이가 약 15mm가 되고 두 도광판(420, 430)의 두께 차이를 합하면 30 mm가 된다. 따라서 집광판(400)의 길이 또는 넓이에 비해서 두께가 두껍다.

[0077] 집광판(400)의 두께가 두꺼우면 집광판(400)으로부터 광섬유(200)로 광을 전송할 때 손실이 발생할 수 있을 뿐 아니라 제작 비용 또한 높아질 수 있다.

[0078] 집광판(400)의 두께를 줄이기 위해서는 경사각(θ_T)을 줄여야 하고, 경사각(θ_T)을 줄이려면 홀로그램(410)의 각도 선택성을 줄여야 한다.

[0079] 도 1에 도시한 실시예는 각도 선택성을 줄이는 방법으로 여러 개의 홀로그램을 사용하는 것을 제시한다.

[0080] 그러면 도 12 내지 도 15를 참고하여 도 1에 도시한 태양광 집광판의 동작에 대하여 상세하게 설명한다.

[0081] 도 12는 도 1에 도시한 집광판의 동작을 설명하기 위한 개략적인 단면도이고, 도 13은 회절 격자를 1 내지 3개 사용할 경우 각도 선택성의 변화를 보여주는 그래프이고, 도 14는 150 nm 수준의 파장 선택성과 이에 대응하는 각도 선택성을 충족하는 회절 격자의 두께를 보여주는 그래프이며, 도 15는 상부 및 하부 홀로그램의 두께 설계를 위하여 계산한 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

[0082] 도 12를 참고하면, 상부 및 하부 불륨 위상 홀로그램(510, 520)이 상부, 중앙 및 하부 도광판(530, 540, 550) 사이에 끼어 있으므로, 수직 입사광(71)은 상부 홀로그램(510)에 의하여 1차 회절되고, 1차 회절된 빛(72)은 중앙 도광판(540)을 통과한 후 다시 하부 홀로그램(520)에 의하여 2차 회절된다. 2차 회절을 통해 도광판의 전반사 조건을 만족하게 하므로 상부 하부 홀로그램의 브래그 각도가 작아져 최소 벗어남 각도를 줄이는 효과를 가져온다. 2차 회절된 빛(73)은 하부 도광판(550)과 공기의 계면(552)에서 전반사되고(74), 전반사된 빛(75)은 두 개의 홀로그램(510, 520)을 회절 없이 통과하여 상부 도광판(530)과 공기의 계면(532)에 이른다. 이 빛(75)은 상부 도광판(530)과 공기의 계면(532)에서 전반사되고(76), 전반사된 빛(77)은 상부 홀로그램(510)을 만나 회절 없이 통과한다. 상부 홀로그램(510)을 통과한 빛(78)은 중앙 도광판(540)을 통과한 후 하부 홀로그램(520)을 만나며, 여기서도 역시 회절 없이 통과한다. 하부 홀로그램(520)을 통과한 빛(79)은 다시 하부 도광판(550)과 공기의 계면(552)에서 전반사되며 앞서 설명한 것과 같은 과정을 반복하면서 왼쪽으로 진행한다.

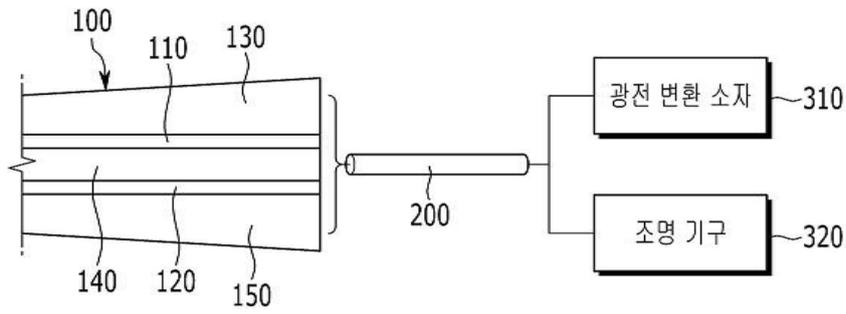
[0083] 도 12에서 상부 홀로그램(510)의 회절 기준 방향은 도면 부호 81로 표시되어 있고 하부 홀로그램(520)의 회절 기준 방향은 도면 부호 82로 표시되어 있는데, 도 11 및 도 12에 도시한 경우에 비하여 각 홀로그램(520)의 브래그 각도가 작다. 예를 들어, 단일 홀로그램(410)의 브래그 각도가 22도라면, 이중 홀로그램(510, 520) 각각의 브래그 각도를 11도로 하면 단일 홀로그램(410)의 출사광과 동일한 각도의 출사광을 하부 홀로그램(520)으로

부터 얻을 수 있다. 단, 하부 홀로그램(520)의 경우 수직 방향 대신 상부 홀로그램(510)의 회절 기준 방향(81)으로 입사되는 빛이 회절되도록 결정면의 방향이 설정된다.

- [0084] 홀로그램의 수효를 3개 이상으로 할 수도 있으며 그 수가 늘어날수록 각 홀로그램의 브래그 각도는 그에 비례해서 작아진다.
- [0085] 도 13은 회절 격자(또는 홀로그램)를 1 내지 3개 사용할 경우 각도 선택성의 변화를 보여준다. 그래프를 보면 회절 격자 수가 증가함에 따라 각각의 회절 격자에 부여할 수 있는 각도 선택성은 11도, 5도, 3도로 줄어든다. 각도 선택성이 줄어들면 도광판의 경사각을 줄일 수 있고 이에 따라 도광판의 두께를 줄일 수 있거나 도광판의 면적을 늘일 수 있다.
- [0086] 예를 들어 도광판에서 두꺼운 측면의 두께를 10 mm로 정하면 단일 회절 격자 구조에서는 104 mm, 이중 회절 격자 구조에서는 227 mm, 삼중 회절 격자 구조에서는 385 mm로 길이가 길어지고, 이는 곧 집광판의 면적이 넓어진다는 것을 의미한다.
- [0087] 도 14에는 150 nm 수준의 파장 선택성과 이에 대응하는 각도 선택성을 충족하는 회절 격자의 두께가 나타나 있다. 회절 격자의 수가 늘어남에 따라 브래그 각도가 작아지면서 회절 격자의 두께가 증가한다. 회절 격자의 두께 증가는 회절 효율이 증가하는 긍정적인 효과도 기대할 수 있다.
- [0088] 지금까지 설명한 것은 수직 방향에서 입사되는 태양광을 집광판 내부로 효율적으로 도파시킬 수 있는 방법이다. 하지만 태양광의 입사 각도는 지구의 자전에 의해 시간마다 변하며 공전에 의해 계절마다 변한다. 따라서 태양의 위치 변화에도 고효율의 집광 성능을 유지하는 것이 중요하다. 이러한 측면에서 각도 선택성($\Delta\theta$)은 매우 중요한 변수이다. $\Delta\theta$ 가 크면 집광판 내부의 광이 회절 격자에 의하여 회절되는 것을 피하기 어렵고, $\Delta\theta$ 가 작으면 입사되는 태양광의 입사각에 민감해져서 거의 수직일 때만 고효율 집광이 된다. 따라서 도파되는 광과 회절 격자의 상호작용에 의한 광손실을 없애면서 태양광 입사 조건을 완화시킬 필요가 있다.
- [0089] 따라서 입사 조건과 관련 있는 상부 홀로그램은 큰 $\Delta\theta$ 를 가지고 하부 홀로그램은 작은 $\Delta\theta$ 를 가지도록 할 수 있다. 이를 구현한 것이 도 2에 도시한 실시예로서 상부 홀로그램(410)의 두께가 하부 홀로그램(420)의 두께보다 작다.
- [0090] 도 15를 참고하여 각도 선택성과 두께와의 관계에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0091] 도 15는 상부 및 하부 홀로그램(410, 420) 두께 설계를 위하여 계산한 결과를 그래프로 나타낸 것으로서, 두 홀로그램(410, 420)이 합해서 판면에 수직 방향으로 입사되는 광을 집광판 내에서 도광판(430, 440, 450)의 전반사각, 예를 들면 42도 이상으로 각도 변위를 주어야 한다. 이는 두 홀로그램(410, 420)의 브래그 각도를 합하면 21도 이상이 되어야 한다는 뜻이다. 또한 도 15에서 1st grating으로 표시한 상부 홀로그램(410)은 비교적 약한 각도 선택성을 부여하고($\Delta\theta > 7$ 도), 2nd grating으로 표시한 하부 홀로그램(420)은 강한 각선택성을 부여한다($\Delta\theta < 3$ 도). 예를 들면 상부 홀로그램(410)의 브래그 각도를 17도로 하고, 두께를 10 μm 로 하면 각도 선택성이 8도로 비교적 완만한 입사 조건이 만들어진다. 하부 홀로그램(420)은 브래그 각도를 5도, 두께 100 μm 이면 각도 선택성이 3도이 되므로 집광판 내 도파시 발생하는 재회절로 인한 광손실 문제를 없앨 수 있다.
- [0092] 입사 조건을 더욱 완화시키기 위해서는 상부 홀로그램(410)에 각 다중화를 도입하여 다중 홀로그램을 형성하는 것이다. 도 16 및 도 17을 참고하면, 각 다중화를 만들기 위해서는 홀로그램을 기록할 때 신호 빔은 고정하고 기준 빔의 입사각을 조절하는 것이다. 기록 시간이나 각도의 설계 및 보정은 이미 홀로그래픽 메모리에서 알려진 방법을 도입할 수 있다. 이러한 방법으로 기록된 다중 홀로그램은 여러 가지 방향에서 입사된 광을 동일하게 신호 빔의 진행 경로로 회절 시킨다. 이는 다시 하부 홀로그램(420)에 의해서 전반사각 이상으로 회절시키게 되고 결국 집광판(400) 내부에서 도파하게 된다.
- [0093] 이와 같이 본 실시예에 따르면, 가격이 저렴하고 공간을 적게 차지하는 도광판을 사용하면서도 집광 효율과 파장 분리가 가능하다.
- [0094] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리 범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구 범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리 범위에 속하는 것이다.

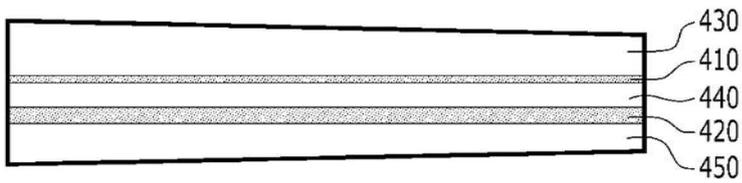
도면

도면1



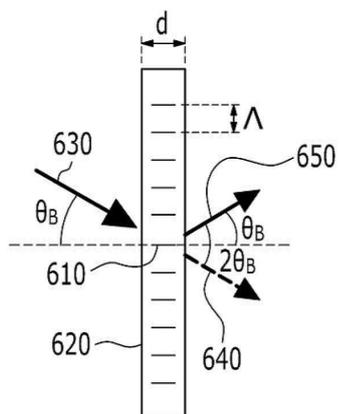
도면2

400

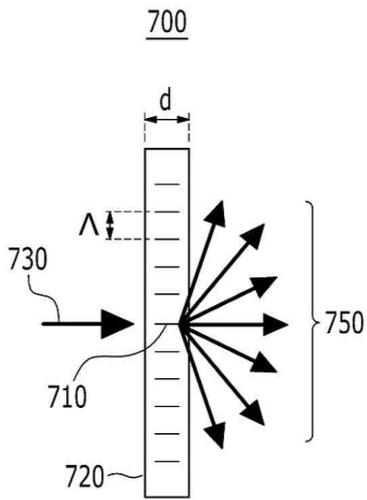


도면3

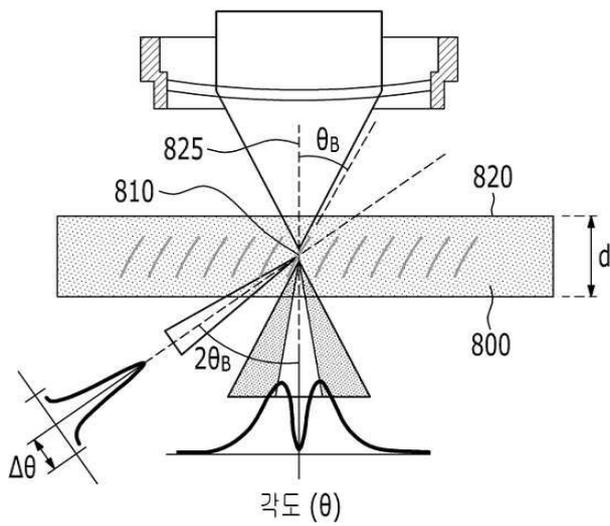
600



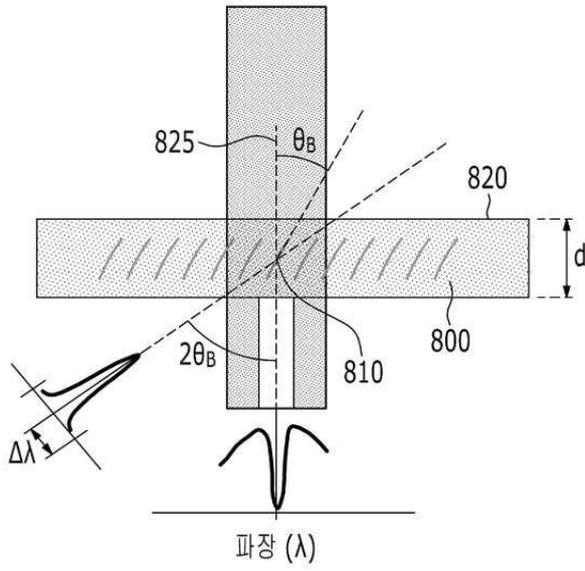
도면4



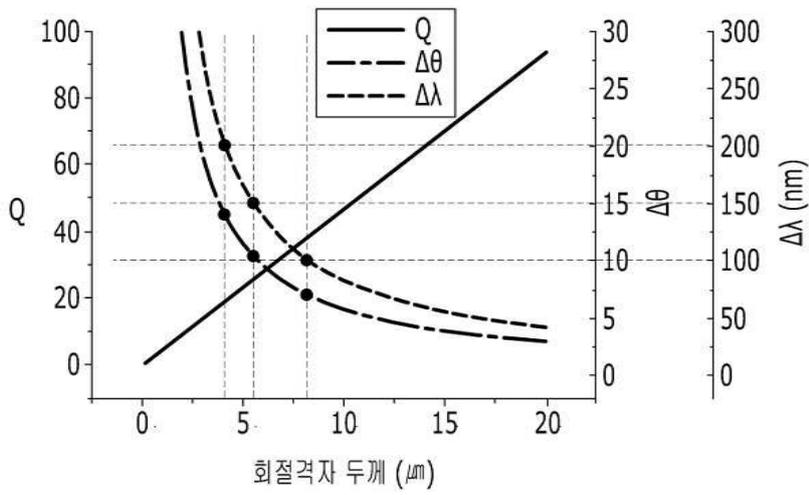
도면5



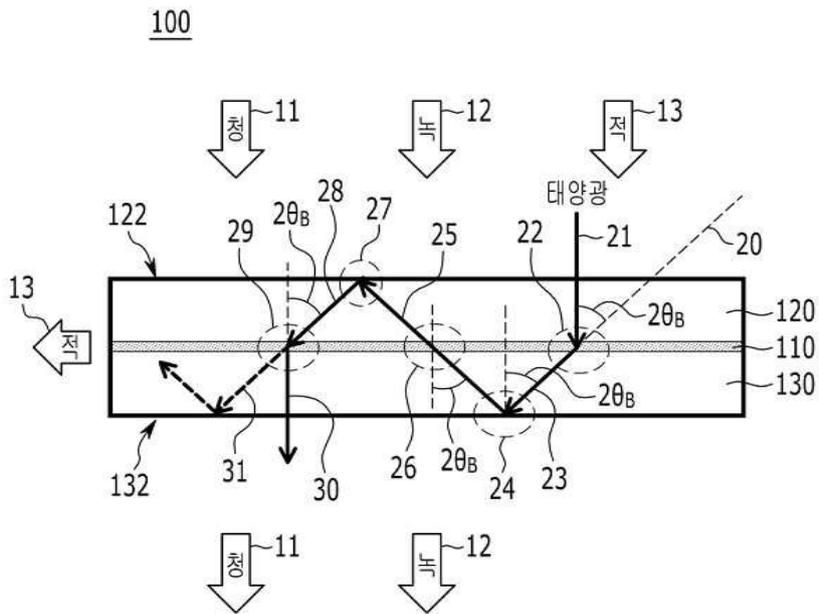
도면6



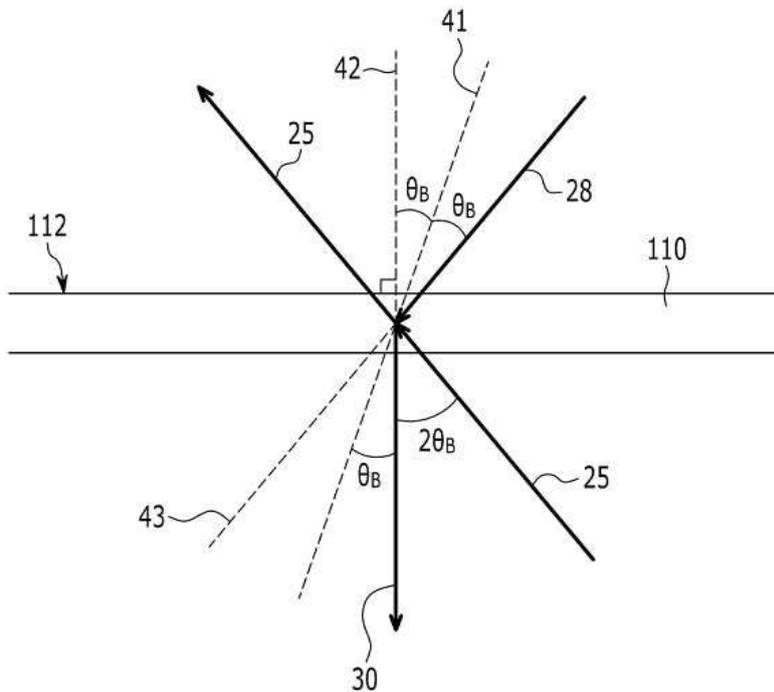
도면7



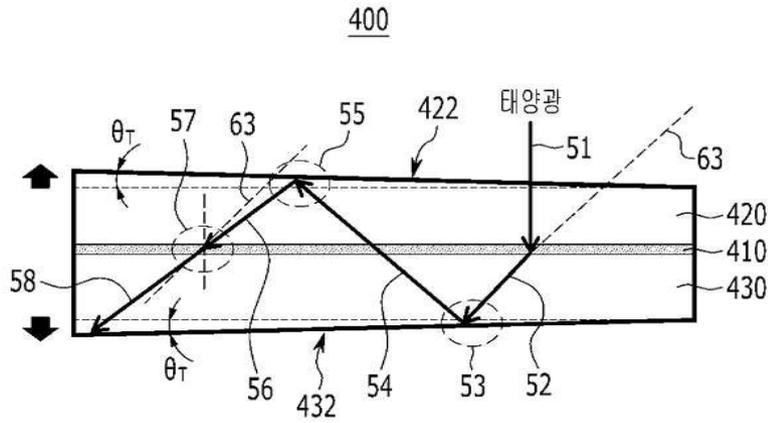
도면8



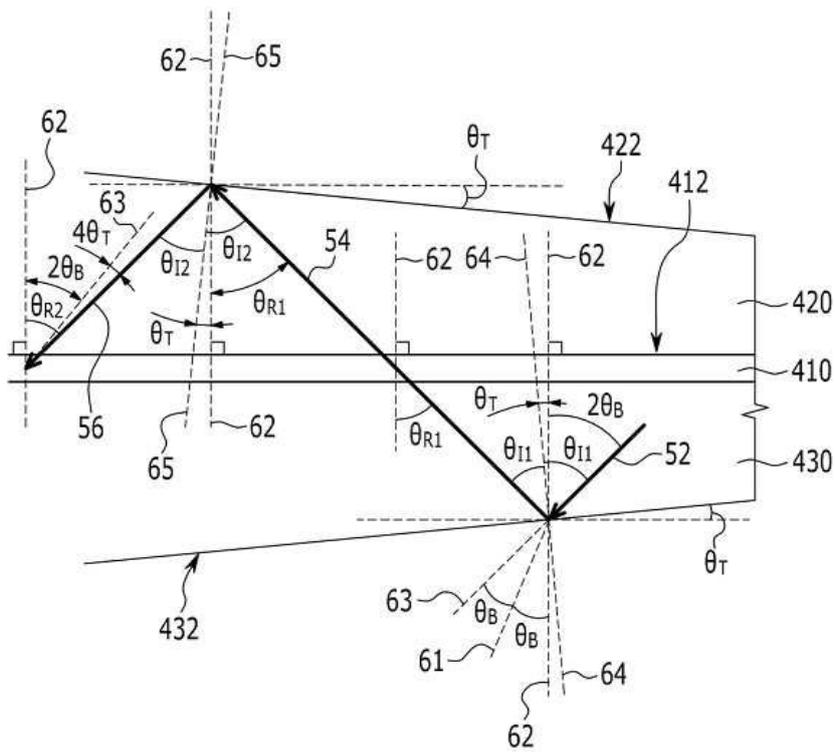
도면9



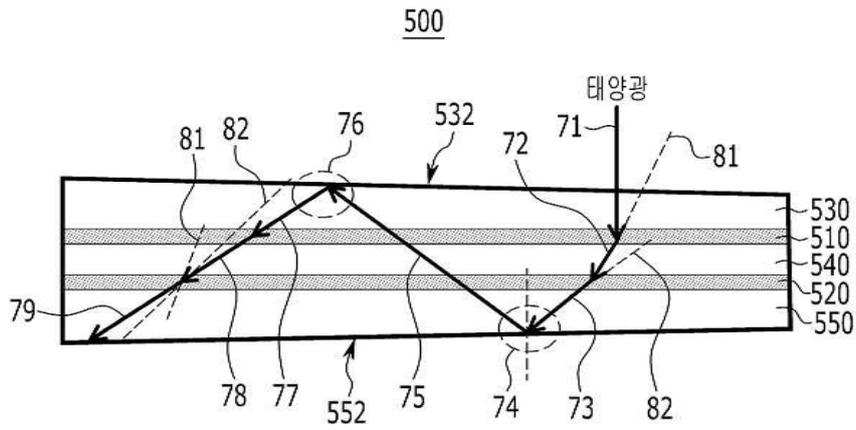
도면10



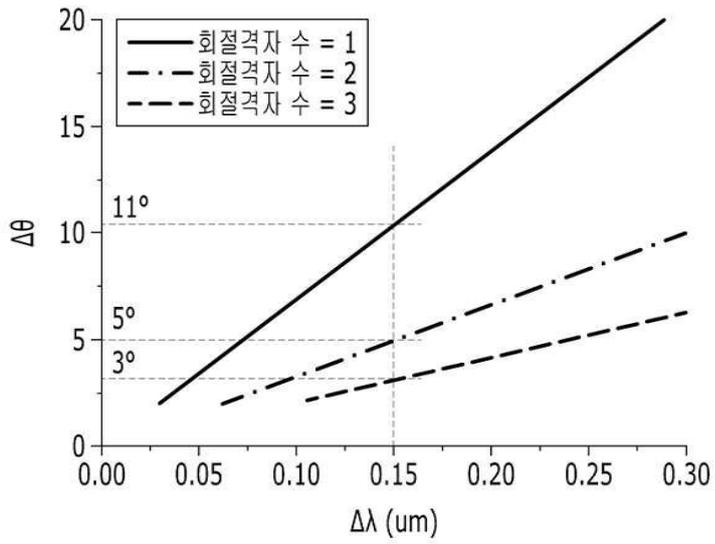
도면11



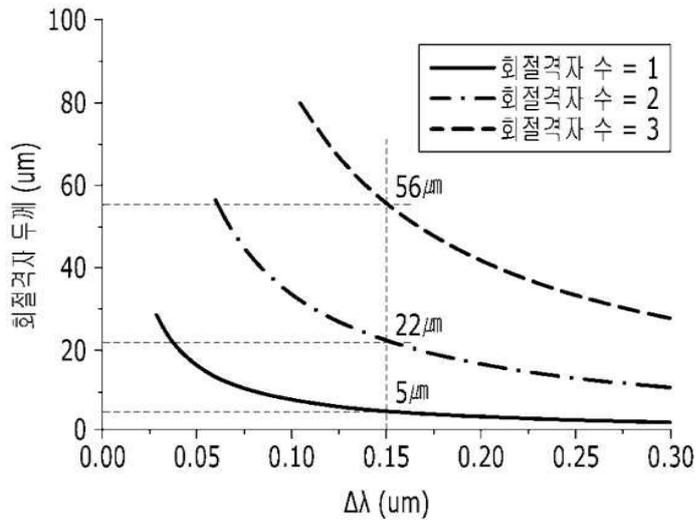
도면12



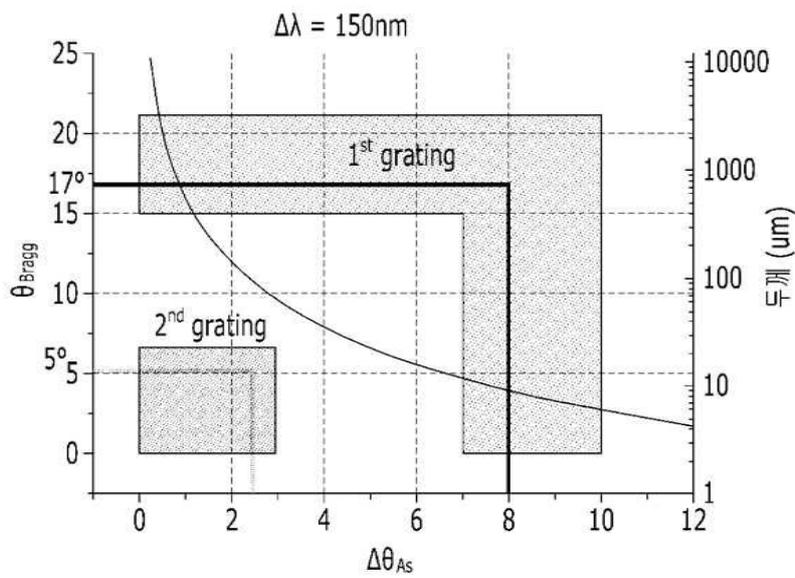
도면13



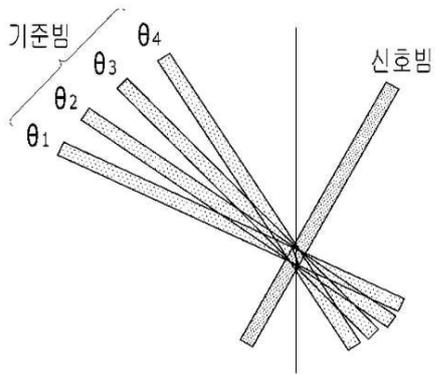
도면14



도면15



도면16



도면17

