



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0140690  
(43) 공개일자 2013년12월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G02B 6/124* (2006.01) *G02B 6/122* (2006.01)  
*G02B 6/12* (2006.01) *G02B 6/10* (2006.01)  
*F24J 2/06* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7010534  
(22) 출원일자(국제) 2011년10월27일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2013년04월25일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/058144  
(87) 국제공개번호 WO 2012/061204  
국제공개일자 2012년05월10일  
(30) 우선권주장  
12/939,348 2010년11월04일 미국(US)

- (71) 출원인  
반얀 에너지, 임크  
미국, 캘리포니아 94710, 에스티이. 800 베클리,  
길면 스트리트 950
- (72) 발명자  
고쉬, 손딥  
미국, 캘리포니아 94709, 베클리, 에이피티. 2,  
아치 스트리트 1850  
술츠, 데이비드 셀든  
미국, 캘리포니아 94708, 베클리, 퀸즈 로드 1326  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
강명구

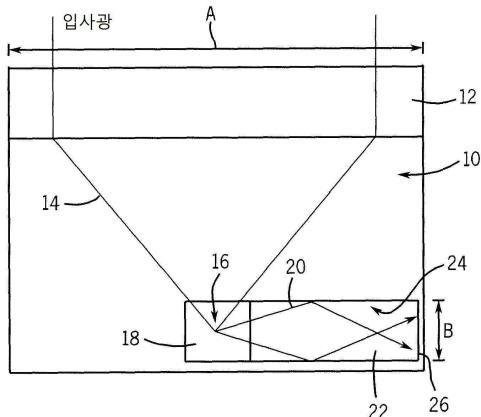
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 집광 및 조명 시스템을 위한 압밀한 광소자

### (57) 요약

입력 광을 수집하기 위한 집광 요소, 광을 수신하고 광을 방향전환시키기 위한 방향전환 요소, 광의 수집과 수광 기로의 집광을 가능하게 하는 복수의 증분형 부분을 포함하는 도파관을 갖는 광학 집광기. 그 밖의 다른 시스템에서 수광기는 광원으로 대체되어, 광소자가 조명을 제공할 수 있다.

**대 표 도** - 도1



(72) 발명자

매크, 존 헨터

미국, 캘리포니아 94618, 오클랜드, 리젠틱 스트리트 6406

그림며, 크리스토퍼 스텔판

미국, 캘리포니아 94610, 오클랜드, 에이피티. 8,  
그랜드 애비뉴 402

피네, 케빈 리차드

미국, 캘리포니아 94062, 레드우드 시티, 세인트  
프랜시스 스트리트 505

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

광학 집광기(optical concentrator)로서, 상기 광학 집광기는

서로 인접하게 배치된 복수의 광학 요소

를 포함하고, 상기 복수의 광학 요소 각각은,

a) 광을 수집하고 재배치하기 위한 집광 요소(concentrating element), 및

b) 상기 집광 요소로부터의 광을 수신하기 위해, 상기 집광 요소와 연관되고 상기 집광 요소로부터 분리되어 있는 연관 방향전환 요소(redirecting element)

를 포함하며, 복수의 광학 요소의 각각의 집광 요소는 층에 의해 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터 분리되어 있고, 상기 층 내에서 광은 방향의 재배치 변화를 겪지 않고, 상기 층은 연관 방향전환 요소들 각각의 적어도 일부분들 사이에서 연속(contiguous)이며, 상기 광학 집광기는

연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터의 광을 수신하기 위한 계단형 도파관 - 상기 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분은 광을 계단형 도파관 내부로 재배치하여 집적(accumulation)되게 하도록 구성됨 - ;

계단형 도파관으로 연결되어 있으며, 도파관으로부터의 광을 수광기 쪽으로 방향전환시키는 2차 광학 요소; 및

계단형 도파관으로부터의 광을 수신하기 위한 수광기(light receiver)

를 포함하는, 광학 집광기.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 계단형 도파관은 실질적으로 서로 평행인 상부 표면과 하부 표면을 포함하는, 광학 집광기.

### 청구항 3

청구항 1에 있어서, 계단형 도파관은 자신의 길이 방향을 따라 실질적으로 균일한 두께를 포함하는, 광학 집광기.

### 청구항 4

청구항 1에 있어서, 계단형 도파관은 편평한 면(flat facet), 곡선형 표면, 및 맞춤 구성된 형태(tailored shape)로 구성된 군 중에서 선택된 표면을 포함하는, 광학 집광기.

### 청구항 5

청구항 1에 있어서, 계단형 도파관은 연관 방향전환 요소와 연관된 광 엔트리 요소(light entry element)를 포함하고, 광 엔트리 요소는 계단형 도파관의 본체로부터 물리적으로 비연속이도록 배치됨으로써, 계단형 도파관은 개별 부분으로 조립이 가능한, 광학 집광기.

### 청구항 6

청구항 1에 있어서, 집광 요소는 도파관의 상부 표면으로 광학적으로 연결되는, 광학 집광기.

### 청구항 7

청구항 1에 있어서, 방향전환 요소는 도파관의 상부 표면으로 광학적으로 연결되는, 광학 집광기.

### 청구항 8

청구항 1에 있어서, 광이 계단형 도파관 내에서 2-방향으로(bi-directionally) 전파되기 위해, 광학 요소는 광을 계단형 도파관 내부로 삽입하도록 구조적으로 위치설정되는, 광학 집광기.

**청구항 9**

청구항 1에 있어서, 집광 요소는 유리 시트에 광학 요소를 패터닝함으로써 만들어지는, 광학 집광기.

**청구항 10**

청구항 1에 있어서, 연관 방향전환 요소는 집광 요소와 광학적으로 연결되고, 상기 집광 요소와 물리적으로 분리되어 있는, 광학 집광기.

**청구항 11**

광학 집광기로서, 상기 광학 집광기는

서로 인접하게 배치된 복수의 광학 요소

를 포함하고, 상기 복수의 광학 요소 각각은,

- a) 광을 수집하고 재배치하기 위한 집광 요소(concentrating element), 및
- b) 방향전환 요소(redirecting element)

를 포함하며, 상기 방향전환 요소는, 1) 집광 요소로부터의 재배치된 광을 수신하고 상기 광을 제 2 방향전환 요소 상으로 굴절시키는 제 1 방향전환 요소와, 2) 제 1 방향전환 요소로부터의 광을 수신하고 반사를 통해 광을 재배치하는 제 2 방향전환 요소를 포함하며, 복수의 광학 요소 각각의 집광 요소는 층에 의해 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터 분리되어 있으며, 상기 층 내에서 광은 방향의 재배치 변화를 겪지 않고, 상기 층은 연관 방향전환 요소 각각의 적어도 일부분들 사이에서 연속이고, 상기 광학 집광기는

연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터의 광을 수신하기 위한 계단형 도파관 - 상기 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분은 광을 계단형 도파관 내부로 재배치하여 집적(accumulation)되게 하도록 구성됨 -

을 더 포함하는, 광학 집광기.

**청구항 12**

광학 집광기로서, 상기 광학 집광기는

서로 인접하게 배치된 복수의 광학 요소

를 포함하고, 상기 복수의 광학 요소 각각은,

- a) 광을 수집하고 재배치하기 위한 굴절 집광 요소(refracting concentrating element), 및
- b) 상기 집광 요소로부터의 광을 수신하기 위해, 상기 집광 요소와 연관되고 상기 집광 요소로부터 분리되어 있는 연관 방향전환 요소(redirecting element)

를 포함하며, 복수의 광학 요소의 각각의 집광 요소는 층에 의해 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터 분리되어 있고, 상기 층 내에서 광은 방향의 재배치 변화를 겪지 않고, 상기 층은 광학 요소들 각각의 적어도 일부분들 사이에서 연속(contiguous)이며, 상기 광학 집광기는

연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터의 광을 수신하기 위한 도파관 - 상기 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분은 광을 도파관 내부로 재배치하여 집적(accumulation)되게 하도록 구성되고, 방향전환 요소는 도파관과 일체 부분이고, 도파관은 실질적으로 서로 평행인 상부 표면과 하부 표면을 가지며, 상기 도파관은 자신의 길이 방향을 따라 실질적으로 균일한 두께를 가지며, 광이 상기 도파관 내에서 다중 방향으로(multi-directionally) 전파되기 위해 광학 요소는 광을 도파관 내부로 삽입하도록 구조적으로 위치설정됨 -

을 더 포함하는, 광학 집광기.

**청구항 13**

광학 집광기로서, 상기 광학 집광기는

서로 인접하게 배치된 복수의 광학 요소

를 포함하며, 상기 복수의 광학 요소 각각은

- a) 광을 수집하고 재배치하기 위한 집광 요소, 및
- b) 상기 집광 요소로부터의 광을 수신하기 위해, 상기 집광 요소와 연관되고 상기 집광 요소로부터 분리되어 있는 연관 방향전환 요소(redirecting element)

를 포함하며, 복수의 광학 요소의 각각의 집광 요소는 층에 의해 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터 분리되어 있고, 상기 층 내에서 광은 방향의 재배치 변화를 겪지 않고, 상기 층은 연관 방향전환 요소들 각각의 적어도 일부분들 사이에서 연속(contiguous)이며, 상기 광학 집광기는

연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터의 광을 수신하기 위한 계단형 도파관 - 상기 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분은 광을 계단형 도파관 내부로 재배치하여 집적(accumulation)되게 하도록 구성됨 -

를 더 포함하고, 상기 요소들은 횡단면으로 구성되고, 상기 횡단면이 압출(extrude)되어 광학 집광기를 형성하는, 광학 집광기.

#### 청구항 14

광학 집광기로서, 상기 광학 집광기는

서로 인접하게 배치된 복수의 광학 요소

를 포함하며, 상기 복수의 광학 요소 각각은

- a) 광을 수집하고 재배치하기 위한 집광 요소 - 광이 집광 요소의 하나의 축을 따라 재배치됨 -, 및
- b) 상기 집광 요소로부터의 광을 수신하기 위해, 상기 집광 요소와 연관되고 상기 집광 요소로부터 분리되어 있는 연관 방향전환 요소(redirecting element)

를 포함하며, 복수의 광학 요소의 각각의 집광 요소는 층에 의해 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터 분리되어 있고, 상기 층 내에서 광은 방향의 재배치 변화를 겪지 않고, 상기 층은 연관 방향전환 요소들 각각의 적어도 일부분들 사이에서 연속(contiguous)이며, 상기 광학 집광기는

연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터의 광을 수신하기 위한 계단형 도파관 - 상기 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분은 광을 계단형 도파관 내부로 재배치하여 집적(accumulation)되게 하도록 구성됨 -

을 더 포함하는, 광학 집광기.

#### 청구항 15

광학 집광기로서, 상기 광학 집광기는

서로 인접하게 배치된 복수의 광학 요소

를 포함하며, 상기 복수의 광학 요소 각각은

- a) 광을 수집하고 재배치하기 위한 집광 요소, 및
- b) 상기 집광 요소로부터의 광을 수신하기 위해, 상기 집광 요소와 연관되고 상기 집광 요소로부터 분리되어 있는 연관 방향전환 요소(redirecting element)

를 포함하며, 복수의 광학 요소의 각각의 집광 요소는 층에 의해 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터 분리되어 있고, 상기 층 내에서 광은 방향의 재배치 변화를 겪지 않고, 상기 층은 연관 방향전환 요소들 각각의 적어도 일부분들 사이에서 연속(contiguous)이며, 상기 광학 집광기는

연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터의 광을 수신하기 위한 도파관 - 상기 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분은 광을 도파관 내부로 재배치하여 집적(accumulation)되게 하도록 구성됨 - ; 및

수평, 수직, 및 회전 평면에서 복수의 광학 요소와 도파관 간의 기하학적 관계를 유지하는 위치설정 요소 (positioning element)

를 더 포함하는, 광학 집광기.

**청구항 16**

청구항 15에 있어서, 상기 위치설정 요소는 도파관의 일체형 부분인, 광학 집광기.

**청구항 17**

청구항 15에 있어서, 위치설정 요소는 도파관으로부터 분리되어 있는 요소인, 광학 집광기.

**청구항 18**

광학 집광기로서, 상기 광학 집광기는

서로 인접하게 배치된 복수의 광학 요소

를 포함하며, 상기 복수의 광학 요소 각각은

a) 광을 수집하고 재배치하기 위한 집광 요소, 및

b) 상기 집광 요소로부터의 광을 수신하기 위해, 상기 집광 요소와 연관되고 상기 집광 요소로부터 분리되어 있는 연관 방향전환 요소(redirecting element)

를 포함하며, 복수의 광학 요소의 각각의 집광 요소는 층에 의해 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터 분리되어 있고, 상기 층 내에서 광은 방향의 재배치 변화를 겪지 않고, 상기 층은 연관 방향전환 요소들 각각의 적어도 일부분들 사이에서 연속(contiguous)이며, 상기 광학 집광기는

연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분으로부터의 광을 수신하기 위한 계단형 도파관 - 상기 연관 방향전환 요소의 적어도 하나의 부분은 광을 계단형 도파관 내부로 재배치하여 집적(accumulation)되게 하도록 구성되고, 상기 계단형 도파관은 복수의 광학 요소로부터의 광을 합치고, 상기 광을 수광기 쪽으로 전파함 - ;

상기 도파관에 연결되며, 도파관 내에서의 광의 전파 방향에 교차하는 방향으로 광을 방향전환시키는 횡단 광학 요소(transverse optical element);

계단형 도파관에 연결되며, 도파관 및 횡단 광학 요소로부터의 광을 수광기 쪽으로 방향전환시키는 2차 광학 요소; 및

계단형 도파관으로부터의 광을 수신하기 위한 수광기

를 더 포함하는, 광학 집광기.

**명세서****기술분야**

[0001]

관련 특허 출원의 상호 참조

[0002]

이 출원은 2010년 11월 04일에 출원된 미국 특허 출원 번호 12/939,348를 기초로 우선권을 주장하며, 상기 미국 특허 출원은 2010년 02월 12일에 출원된 미국 특허 번호 7,925,129의 일부 계속 출원이며, 상기 미국 특허는 2008년 09월 09일에 출원된 미국 특허 번호 7,664,350의 계속 출원이고, 상기 미국 특허는 2007년 09월 10일에 출원된 미국 특허 번호 7,672,549의 일부 계속 출원이다.

[0003]

본 발명은 전기, 열, 및 복사 에너지를 생성하기 위한 광학 집광기(optical concentrator)에 관한 것이며, 또한 본원에서 기재되는 구조 및 방법을 채용하는 광학 조명기(optical illuminator)에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본 발명은 태양광을 집광시키고 집결시키는 광학 요소의 조합을 이용하는 태양 집광기(solar concentrator)에 관한 것이다. 또 다른 적용예는 압밀한(compact) 광소자(optics)를 이용하는 조명(lighting and illumination)을 포함한다.

**배경기술**

[0004]

태양광의 수집(collection)과 집광(concentration)을 위해 태양광 수집기(solar collector)가 오랫동안 개발되었다. 주변 태양광의 에너지 밀도를 증가시킴으로써, 에너지의 유용한 형태로의 더 효율적인 변환이 가능해진다. 많은 지오메트리(geometry)와 시스템이 개발되었지만, 이러한 시스템의 평범한 성능과 높은 비용이

광범위한 사용을 가능하게 하지 않는다. 적절한 성능 및 제조역량(manufacturability)을 얻기 위해, 태양 에너지 수집기의 개선이 필요하다.

## 발명의 내용

### 과제의 해결 수단

[0005] 집광기 시스템은, 집광 요소(concentrating element), 가령, 태양광을 복수의 계단형 반사 표면을 갖도록 구성된 광 도파관 내로 방향전환시켜 효율적인 합침(aggregation)과 수광기 유닛(열 및/또는 광기전 유닛)으로의 집광, 및 그 밖의 다른 종래의 에너지 변환 시스템으로의 집광을 위한 굴절형 및/또는 반사형 구성요소, 반사형 및/또는 굴절형 요소를 포함하는 광학 요소들의 조합을 포함한다. 광 도파관의 종횡비와 함께 반사 표면의 지오메트리를 제어함으로써, 태양광의 순쉬운 조작, 수집, 및 집광, 바람직하게는, 다양한 상업적 적용예(가령, 태양 전지 장치, 광 파이프 적용, 열 교환기, 연료 생산 시스템, 스펙트럼 스플리터, 및 다양한 광학적 적용예를 위한 광의 그 밖의 다른 2차 조작)를 위해 연속 영역으로의 집광이 가능해진다. 바람직하게도, 이들 구조물 및 방법은 다양한 광학 조명 적용예를 위해 적용될 수 있다.

[0006] 본 발명의 이러한, 그리고 그 밖의 다른 목적, 이점, 및 적용예가, 본 발명의 구조 및 동작 방법과 함께, 첨부된 도면을 통해 이하의 상세한 설명으로부터 자명해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 발명의 하나의 실시예에 따라 일반적으로 구성된 태양 에너지 집광기를 도시한다.

도 2는 도 1에 개략적으로 도시된 광 도파관의 하나의 실시예의 횡단면도를 도시한다.

도 3은 도 1에 개략적으로 도시된 광 도파관의 선형 실시예의 또 다른 횡단면도를 도시한다.

도 4는 도 1에 개략적으로 도시된 광 도파관의 회전 실시예의 또 다른 횡단면도를 도시한다.

도 5A는 도파관의 반사형 요소의 제 1 변부 형태를 도시한다.

도 5B는 도파관의 반사형 요소의 제 2 변부 형태를 도시한다.

도 5C는 계단형 도파관의 일부분으로서 광을 방향전환시키기 위한 제 1 개별 요소를 도시한다.

도 5D는 계단형 도파관의 일부분으로서 광을 방향전환시키기 위한 제 2 개별 요소를 도시한다.

도 5E는 계단형 도파관으로 연결된 복수의 광 파이프를 갖는 시스템을 도시한다.

도 5F는 내장된 방향전환 구성요소를 갖는 도파관을 도시한다.

도 6은 도파관에 연결된 곡선형 집광 요소와 곡선형 반사체를 도시한다.

도 7은 도파관에 연결된 하나의 곡선형 집광 요소와 2개의 평판형 반사체를 도시한다.

도 8A는 도파관에 연결된 폐쇄된 광학 요소를 도시한다.

도 8B는 도 8A의 광학 요소와 도파관의 접합부의 확대도를 도시한다.

도 9A는 도파관에 연결된 또 다른 폐쇄 광학 요소를 도시하며, 도 9B는 도 9A의 광학 요소와 도파관의 접합부의 확대도를 도시한다.

도 10A는 도파관에 연결된 또 다른 폐쇄된 광학 요소를 도시하고, 도 10B는 도 10A의 광학 요소와 도파관의 접합부의 확대도를 도시한다.

도 11A는 도파관에 연결된 또 다른 폐쇄된 요소를 도시하고, 도 11B는 도 11A의 광학 요소와 도파관의 접합부의 확대도를 도시한다.

도 12는 도 2 및 6-11의 광학 시스템에 대한 광선 추적 결과를 도시한다.

도 13은 태양 에너지 집광기 또는 조명기의 실시예의 또 다른 표현을 도시한다.

도 14는 종래의 시스템에 대한 굴절형 집광기 구성요소를 도시한다.

도 15는 또 다른 종래 시스템에 대한 반사형 집광기 구성요소를 도시한다.

도 16은 1차 반사형 광소자와 2차 반사형 광소자를 갖는 카세그레인 집광기를 도시한다.

도 17은 도 13과 유사한 시스템에 대한 광 투과율 대 수광각을 도시한다.

도 18은 도파관이 광을 바닥 표면을 향해 지향시키기 위한 반사체 구성요소에서 끝나는 하나의 실시예를 도시한다.

도 19는 도 18의 변형예를 도시하며, 여기서 집광기는 대칭 축을 중심으로 거울 대칭된다.

도 20은 도파관 및 방향전환 요소가 집광기에 대해 기울어진 도 13의 실시예의 한 형태를 도시한다.

도 21은 집광기 및/또는 방향전환 소자의 다양한 크기를 갖는 하나의 실시예를 도시한다.

도 22는 수광기를 대신해 광원을 이용한 광 확산을 위한 하나의 실시예를 도시한다.

도 23은 2개의 축을 가로지르는 집광을 얻기 위해 도 4의 실시예에 대한 서로 다른 변동을 도시한다.

도 24는 2개의 축을 가로지르는 집광을 얻기 위한 또 다른 실시예를 도시한다.

도 25는 본 발명의 태양 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 26는 본 발명의 태양 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 27는 본 발명의 태양 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 28은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 29은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 30은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 31은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 32은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 33은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 34은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 35은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 36은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 37은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 38은 엔트리 요소를 갖는 도파관을 도시한다.

도 39는 엔트리 요소를 갖는 도파관의 상이한 실시예를 도시한다.

도 40은 본 발명의 태양 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 41은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 42는 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 43은 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 44는 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 45는 본 발명의 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 46은 중앙 축을 중심으로 하는 대칭을 갖는 본 발명의 태양 집광기의 상이한 실시예를 도시한다.

도 47은 위치설정 요소를 갖는 도 46의 압출도(extruded view)를 도시한다.

도 48은 횡단 광학 요소 및 위치설정 요소의 예를 도시한다.

도 49는 횡단 광학 요소를 갖는 도 46의 압출도를 도시한다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 구축된 태양 에너지 집광기 시스템은 도 1에서 개략적으로 (10)으로 나타내어진다. 태양 에너지 집광기 시스템(10)은 임의의 종래의 집광기, 가령, 대물 렌즈, 프레넬 렌즈(Fresnel lens)일 수 있는 광학 집광 요소(optical concentrating element)(12) 및/또는 반사 표면 요소, 가령, 포물선 형태 또는 복합 형태 반사체를 포함한다. 이 광학 집광 요소(12)는 입력 광(input light)(14)에 작용하여 광(14)을 작은 초점 영역(16)에 집광시킬 수 있다. 바람직한 실시예에서, 작은 초점 영역(16)은 반사 또는 방향전환(redirecting) 구성요소(18) 또는 내부 전반사를 야기하는 그 밖의 다른 종래의 광 방향전환 요소 내에 배치된다. 방향전환 구성요소(18)는 집광된 광(20)을 도파관(22)으로 방향전환시킨다. 도파관(22)은 스넬 법칙에 따라, 광(20)의 내부 반사를 일으켜 광(20)이 도파관(22)을 따라 전파되도록 구성되며, 여기서 도파관(22)의 표면(24)에 입사되는 광(20)의 각도가 임계각  $\theta_c$ 보다 클 때 전반사가 일어난다:

$$\theta_c = \sin(\eta_{\text{도파관}} / \eta_{\text{클래딩}})$$

[0009] 여기서,  $\theta_c$  = 내부 전반사를 위한 임계각,

[0010]  $\eta_{\text{도파관}}$  = 도파관 재료의 굴절률,

[0011]  $\eta_{\text{클래딩}}$  = 클래딩 층의 굴절률 또는, 주변/도파관 경계면에서의 굴절률

[0012] 수광기(26)가 도파관(22)의 단부에 배치되고, 유용한 에너지로 처리하기 위해, 또는 그 밖의 다른 광학적 이용을 위해, 광(20)을 수신한다.

[0013] 도 13은 시스템(10)의 바람직한 형태를 구체적으로 도시한다. 복수의(N개의) 집광 요소(12) 및 방향전환 요소(18)가 도시된다. 집광도 비(concentration ratio)=A/B이도록, 각각의 집광 요소(12)는 영역(A)으로부터  $\Theta_1$ 의 반각(half angle)을 갖는 입력 광(14)을 취하고, 반각  $\Theta_2$ 을 갖고 광(14)을 더 작은 영역(B)로 집광시킨다. 방향전환 요소(18) 각각은 집광 요소(12)들 중 연관된 하나로부터 집광된 광을 수신하여, 약간의 각도  $\Phi$ 만큼 회전시키고, 영역(B) 및 반각  $\Theta_2$ 에 의해 정의된 집광도의 수준을 보존하면서, 상기 광을 도파관(22)의 한 섹션으로 삽입한다. 도파관(22)은 길이(A)만큼 서로 이격되어 있는 높이(B)의 증분형 계단(incremental step)을 갖는 복수의 섹션이다. 도파관(22)의 각각의 섹션은 방향전환 요소(18)들 중 연관된 하나로부터 광을 수신하여, 도파관(22)은 복수의 집광 요소(14) 및 방향전환 요소(18)로부터의 광을 전체로서 집결시키고, 수광기(23)에 의한 수집을 위해, 광(14)을 자신의 길이방향을 따라 전파시킨다. 도파관(22)은 자신에게 전달되는 집광도의 수준을 변경시키지 않으며, 따라서 도파관(22)의 종횡비는

[0014] = 도파관의 높이 / 도파관의 길이

[0015] = N×B/N×A

[0016] = B/A

[0017] = 1/각각의 요소 내 집광도 비

[0018] [0019] 압밀성(compactness)은 태양 집광기(및 그 밖의 다른 장치, 가령, 조명기(illuminator))에 대한 훌륭한 현실적인 이점을 가진다. 다른 이점들 중에서, 재료가 덜 사용되고, 어려운 밀봉이 요구되는 광소자와 수광기(23) 간의 큰 공기 간격이 제거되며, 장치의 부피가 훨씬 덜 커서 배송 및 설치 비용이 낮고, 비싸고 위험부담이 있는 커스텀 제조 방법보다 전통적인 플랫 모듈 제조 방법이 사용될 수 있다는 이점이 있다.

[0020] 도파관(22)에 대한 압밀성의 한계는 수광기(23)에 의해 정의된다. 따라서 도파관(22)은 자신이 광을 전달하는 수광기(23)만큼만 압밀할 수 있다. 대부분의 집광기의 경우, 집광기(12)의 압밀성이 수광기(23)의 폭보다 상당히 더 크다. 그러나 이 장치는 자신에게 전달되는 집광된 광의 면적에 의해 정의되는 높이를 각각 갖는 섹션들로부터 도파관(22)을 구성하기 때문에, 합쳐진 도파관(22)은 수광기(23)의 폭과 동일한 높이를 가진다. 다시 말하면, 도파관(22)은 한계까지 압밀하다.

[0021] 따라서 본 발명의 구성의 관점에서, 집광기 시스템(10)에 의해 얻어지는 광의 집광도는 종횡비 A/B의 함수이며, 매우 압밀한 집광기 시스템(10)을 도출한다. 상기 장치는 비교적 넓은 영역으로부터의 광을 집결시키고 상기 광

을 암밀성을 유지하면서 연속 영역을 갖는 비교적 작은 수광기로 집광시킬 수 있다. 이는 필요한 재료의 부피를 감소시키고, 단일 몰드(mold)로부터 복수의 유닛이 만들어질 수 있게 하며, 조립 복잡도를 감소시킴으로써, 생산을 단순화시킨다.

[0022] 도 12는 도 2 및 6-11에 도시된 설계에서 수행되는 광선 추적(ray tracing)의 결과를 도시한다. 각각의 설계는, A/B의 비로 나타나는 바와 같은, 선형 차원으로 광을 집광시키는 능력 측면에서 특정 성능을 보인다. 데이터는  $+1\text{도}$ 의 입력 원뿔 반각과  $+20\text{도}$ 의 출력 원뿔 반각,  $n=1$ 의 초기 굴절률, 및  $n=1.5$ 의 최종 굴절률을 갖는 광에 대한 것이다. 상기의 입력 파라미터일 때 이론적 최대 허용 가능한 광학 집광도는 선형 차원에서  $30\times$ 이며, 반면에 예를 들어 도 9는  $25\times$ 의 집광도 팩터(concentration factor)를 얻는다. 선형 차원에서의 집광도 팩터는 종횡비 A/B에 비례하기 때문에, 도 9에 도시된 설계는 길이(A)가 250밀리미터인 반면에 두께(B)는 10밀리미터에 불과한 집광기, 또는 길이(A)가 500밀리미터인 반면에 두께(B)는 20밀리미터에 불과한 집광기를 보여준다. 이는 비교적 넓은 영역으로부터 집광된 광을 효과적으로 집결시키고, 상기 광을 단일 수광기로 전달할 수 있는 매우 암밀한 집광기 시스템(10)을 나타낸다.

[0023] 집광기(12)의 임의의 입구 구경(entry aperture)에 대해 집광 요소(12) 및 방향전환 요소(18)의 치수 및 개수는 달라질 수 있다. 예를 들어, 도 13에 도시된 시스템(10)은 크기는 절반( $A/2$  및  $B/2$ )이고 개수는 2배( $2 \times N$ )인 요소를 갖고 구성될 수 있다. 집광 요소(12) 및 방향전환 요소(18)가 더 작아지고 더 많아짐에 따라, 1/집광도 비로 나타나는 전체 집광기(12)의 종횡비는 도파관(22)의 종횡비에 근사한다. 다시 말하면, 10의 집광도 비의 경우, 집광기(12)의 종횡비는 0.1일 수 있다.

[0024] 집광기(12)에 대한 일반적인 종횡비는 1 정도이다. 도 14는 굴절형 집광기(12)를 도시하며, 상기 굴절형 집광기는 예를 들어 대물 렌즈 또는 프레넬 렌즈일 수 있다. 대물 렌즈의 초점 길이는 높이(25)를 정의한다. 집광도 비는 A/B로 나타나고, 종횡비는 높이/A로 나타나며, 이는 집광도 비보다 크다. 도 15는 반사형의 집광기(12)에 대한 유사한 경우를 보여준다.

[0025] 단일 집광 요소에 대해 암밀성의 한계에 도달하기 위한 시도가 이뤄졌다. 도 16은 1차 및 2차 반사형 광소자로 구성된 카세그레인(Cassegrainian)식 집광기를 보여준다. 높이/A로 나타나는 종횡비는 0.25이다. 윈斯顿(Winston)은 "Planar Concentrators Near the Etendue Limit", 2005에서 "1/4 종횡비의 기본적인 암밀성 한계(fundamental compactness limit of a 1/4 aspect ratio)"라고 기술했다. 본 발명의 맥락에서, 이 암밀성 한계는 개별 집광 요소(12)들에게 적용된다. 복수의 집광 요소(12)로부터 합쳐지는 도파관(22)을 사용함으로써, 시스템(10)의 암밀성이  $\frac{1}{4}$ 보다 낮아지게 되고, 1/집광도 비에 근사하게 된다.

[0026] 본 발명은 또한, 입력에서부터 수광기(23)로 전달되는 광 에너지의 투과 효율(transmission efficiency)에서 이점을 가진다. 도 13에서,  $\Theta_2$ 는 집광 요소(12)에 의해 제어된다. 또한  $\Theta_2$ 는 도파관(22)의 표면에 충돌하는 광에 의해 만들어진 각도가 되고,  $90 - \Theta_2$ 는 도파관 표면의 법선에 대한 각도이다. 앞서 설명된 바와 같이,  $\Theta_2$ 는 도파관(22) 내에서 내부 전반사를 얻도록 설정될 수 있어서, 표면 흡수 손실을 0까지 감소시킨다.

[0027] 덧붙이자면, 이하의 특정 실시예에서 나타난 것처럼, 집광 요소(12) 및 방향전환 요소(18)는 내부 전반사를 이용해 광(14)을 조작하도록 설계될 수 있다. 또한 집광 요소(12) 및 방향전환 요소(18) 및 도파관(22)은 광(14)에 대해 고형 유전체 매질 내에 연속 경로(contiguous path)를 제공하도록 구성될 수 있다. 다시 말하면, 입력 영역으로부터 수광기(23)로의 광선이 반사형 코팅 또는 굴절률의 변경에 결코 직면할 필요가 없다. 반사형 코팅은 ~8%의 흡수 손실을 야기할 수 있다. 굴절률 1.5의 광학 물질(플라스틱 또는 유리)로부터 공기로의 굴절률의 변화가 ~4%의 프레넬 반사 손실을 야기할 수 있다. 따라서 이를 손실 메커니즘에 대한 투과 효율은 100%에 근사할 수 있다.

[0028] 이는 종래의 집광기 광소자와 다른 점이다. 반사형 광소자는 반사될 때 8% 손실률을 가질 것이다. 따라서 투과 효율은 단일 광소자에서 ~92%일 것이고, 2차 반사형 광소자가 사용될 때 ~85%일 것이다. 굴절형 광소자는 적어도 하나의 굴절률 변경을 필요로 한다. 따라서 투과 효율은 단일 광소자의 경우, ~96%일 것이고, 2차 굴절형 광소자가 사용될 때 ~92%일 것이다.

[0029] 도 17은 도 13에 도시된 발명의 실시예에 따라, 입력 반각  $\Theta_1$ 의 함수로서의 투과율을 도시한다. 계산은 광선 추적 소프트웨어를 기초로 한다. 실시예는  $+3\text{도}$ 의 입력 각 내에서 기능하도록 설계되었다. 효율은 프레넬 반사율 및 하드 반사율로부터의 손실을 고려한다. 나타난 것처럼, 장치의 효율은  $\Theta_1=0$ 에서 100%에 근사하며,  $+3\text{도}$  내에서 거의 100%를 유지하고, 그 다음에 가파르게 낮아진다.

- [0030] 도 2에 도시된 집광기 시스템(10)의 또 다른 선호되는 형태에서, 입사광(14)은 본원에 기재된 요소(12)를 이용해 제 1 계단에서 집광 또는 포커스된다. 집광된 광(20)은 집광기 시스템(10)의 섹션을 반사체/도파관 섹션(28)과 연관시킴으로써 추가로 처리된다. 반사체/도파관 섹션(28) 각각은 집광된 광(20)을 수신하고, 연관된 도파관 섹션(28) 내에서 광(30)을 방향전환시키는 반사형 섹션(32)을 포함하며, 여기서, 전체 도파관(22)의 길이 방향을 따라 내부 전반사(TIR: total internal reflection)를 겪는다. 복수의 반사체/도파관 섹션(28)은 도파관(22)을 포함하고, 계단형의 도파관 구조를 형성한다.
- [0031] 도 18은 도파관(22)이 반사체(27)에서 끝나고, 반사체(27)가 광(14)을, 수광기(23)가 위치할 수 있는 도파관(22)의 바닥 표면 쪽으로 방향전환시키는 시스템(10)의 또 다른 실시예를 도시한다. 집광기 광소자가 수광기(23)를 구현하는 종래의 수광기 요소의 평면 상으로 편평하게 놓이는 것이 제조상 이점일 수 있다.
- [0032] 이러한 구성을 이용할 때, 어느 한 단부에서 두 개의 수광기(23)가 하나의 단일 수광기(23)가 배치될 수 있는 하나의 연속 영역을 형성하도록, 집광기(12)는 도 19에 도시된 것처럼 대칭축을 중심으로 거울 대칭될 수 있다. 이러한 경우, 개구부 면적은 두 배가 되지만 집광기(12)의 두께는 변하지 않기 때문에, 압밀성의 한계는  $1/(2 \times \text{집광도 비})$ 에 의해 표현된다.
- [0033] 방향전환 요소(18)는 각도  $\Phi$  만큼 광 경로를 회전시킨다. 도 13에서,  $\Phi$ 는 90도인 것으로 보인다. 도 20은  $\Phi < 90^\circ$ 를 도시한다. 이는 인해, 한 가지 이점으로서, 집광 요소(12)가 동일한 평면 상에 위치할 수 있고, 방향전환 요소(18)도 그들 고유 평면 상에 위치할 수 있으며, 이는 제조역량을 보조할 수 있다.
- [0034] 집광 요소(12)와 방향전환 요소(18) 및 이들과 연관된 도파관의 크기도 달라질 수 있고, 도 21은 이에 대한 예시를 보여준다. 여기서, A1, A2, 및 A3은 상이한 길이를 가지며, B1, B2 및 B3도 상이한 길이를 가진다. 그러나 집광도 비는 각각의 섹션에서 동일하게 유지된다:  $A1/B1 = A2/B2$  등등. 따라서 도파관(22)의 종횡비는 다음의 식에 의해 표현된다:
- $$= (B1 + B2 + B3) / (A1 + A2 + A3)$$
- [0035]  $= 1 / \text{집광도 비}$
- [0036] 도 22에 도시된 또 다른 실시예에서, 또한 시스템(10)은 광(31)을 역방향으로 통과시킴으로써, 산광기로서 사용될 수도 있다. 도 22에서 본래는 수광기(23)인 광원(33)으로부터 입력되는 광은 도파관(22)을 통과하며, 방향전환 요소(18)에 의해 집광 요소(12) 상으로 방향전환되며, 상기 집광 요소는 출력 광을 시스템(10) 위로 전달한다. 적용예는 조명(illumination), 배면 조명(backlighting), 및 그 밖의 다른 산광 장치를 포함한다. 광의 집광을 위해 예로 든 광소자가 조명을 위해서도 사용될 수 있고, 이때, "수광기(23)"가 광원으로 대체됨을 이해해야 한다.
- [0037] 다양한 반사체/도파관 섹션(28)의 횡단면은 집광기 시스템(10)의 다양한 구성에 대한 기본 빌딩 블록을 제공한다. 종횡비  $N \times B / N \times A$ ,  $A/B$ ,  $A/B$ 에 비례하는 면적 집광도 팩터 또는 에너지 밀도  $\Delta \Phi$ 를 가지며, 여기서  $N \times A$ 는 도파관(22)의 길이이고,  $N \times B$ 는 가장 큰 두께인(도 2 및 3을 참조), 한 가지 예시적 상업적 실시예가 도 3에 도시되어 있다. 대부분의 바람직한 실시예에서, 두께  $N \times B$ 는 복수의 충분형 계단 높이 B를 포함하고, 이는 반사체/도파관 섹션(32) 각각으로부터의 TIR 광을 위한 선명한 광 경로를 제공한다.
- [0038] 도 4는 도파관(22)의 반사체/도파관 섹션(28)과 연관된 집광기 시스템(10') 및 집광 요소(12)를 갖는 회전(또는 축) 대칭적 지오메트리의 형태로 된 집광기 시스템(10)의 또 다른 예시를 도시한다. 원의 일부분일 수 있는 이러한 회전 대칭적 형태의 집광기 시스템(10')(또는 시스템(10))은 입사광(14)의 3차원 방사형 수렴이  $(A/B)^2$ 에 비례하는 집광도 비  $\Delta \Phi$ 를 도출하며, 이에 따라서 수집기 및 집광기 효율을 실질적으로 개선하한다. 도 4의 더 바람직한 실시예에서, 도 3의 실시예에 대한 단일 축 추적에 대비되는 2축 태양 추적이 사용된다.
- [0039] 도 4는 2개의 축에 걸친 집광도를 얻기 위한 한 가지 방법을 도시하며, 도 23은 또 다른 방식을 도시한다. 여기서 선형 대칭 1차 집광기(12)는 하나의 축을 따라 집광되는 광을 집광기(12)의 축부에 있는 자신의 수광기(23)로 전달한다. 이때, 2차 선형 대칭 집광기(37)는 수직 축으로 위치한다. 이 2차 집광기(37)는 제 2 축을 따라 광을 집광시켜 최종 수광기(23)로 광을 전달한다.
- [0040] 도 24는 두 축에 걸쳐 집광도를 얻기 위한 세 번째 방식을 도시한다. 여기서 도시된 집광기(12)는 도 19에 도시된 것처럼 거울 대칭을 가진다. 다시 말하면, 선형 대칭 1차 집광기(12)는 하나의 축을 따라 집광된 광(14)을,

집광기(12)의 바닥에 있는 자신의 수광기(23)로 전달한다. 따라서 2차 선형 대칭 집광기(37)가 수직 축으로 위치한다. 이 2차 집광기(37)는 광(14)을 두 번째 축을 따라 집광시키고, 광을 최종 수광기(23)로 전달한다.

[0042] 도 3 및 4의 선형 및 회전 실시예에 추가로, 집광기 시스템(10')은 입사광(14)의 방향에 대해 도파관(22) 위 및 /또는 아래에 배치될 수 있다. 이러한 실시예에서, 광(14) 중 일부는 도파관(22)을 통과할 것이고, 집광기 시스템(10')에 의해 방향전환되어 도파관(22)으로 되돌아 올 것이다. 이를 형태의 시스템은 광 재활용을 가능하게 하고, 따라서 본원에 기재된 집광을 위한 반사형 시스템의 최종 효율 및 사용을 개선하고, 종래의 굴절형 시스템에 비해 광의 집광에 대해 증가된 효율을 보인다.

[0043] 또 다른 실시예에서, TIR을 야기하기 위해 반사형 요소(18)는 도파관(22)에 대해 각도 조절될 수 있다. 상기 반사형 요소(18)는 다양한 각각 프로파일을 갖는 도파관(22)의 일체 부분일 수 있다(도 5A 및 5B 참조). 요소(18)는 또한 요소(38 및 39)로부터 분리될 수 있다(도 5C 및 5D 참조). 덧붙여, 반사형 요소(18) 및 이와 연관된 도파관(22)은 도 5E 및 5F에서 각각 나타난 복잡한 광 수집기 파이프(42) 및 광 방향전환 구성요소(43)의 형태를 취할 수도 있다.

[0044] 앞서 기재된 형태의 집광기 시스템(10 및 10')은 집광된 광(20)을 분절 영역과 대비되는 연속 영역으로 제공하며, 이로써, 집광된 태양 에너지가 다양한 다운스트림 수광기(26), 가령, 태양 전지, 추가 처리를 위한 광 파이프, 열 교환기, 2차 집광기, 및 광 스펙트럼 스플리터로 전달된다.

[0045] 도 6-11B에 나타난 또 다른 일련의 실시예에서, 다양한 광학 구성요소들이 조합 사용되어 집광 및 수집 효율 모두를 추가로 그리고 실질적으로 개선할 수 있다. 가장 바람직한 실시예에서 도 6은 광(52)을 곡선형 반사체(54) 상으로 지향시키는 곡선형의 집광 요소(50)를 도시하며, 상기 곡선형 반사체(54)는 광(52)을 도파관(22)으로 통과시킨다. 또 다른 가장 바람직한 실시예에서 도 7은 또 다른 곡선형 집광 요소(56)를 도시하며, 상기 곡선형 집광 요소(56)는, TIR에 의해 광(52)을 도파관(22) 내로 방향전환시키는 두 개의 편평한 표면(59 및 60)을 갖는 반사체(58)로부터 광(52)을 지향시킨다. 도 8A는 계면(66)에서 광(52)을 방향전환시키고, 곡선형 반사체(68)로부터의 광(52)을 반사시켜 광(52)을 광학 요소(64)의 하부 반사 표면(72) 사이의 계면(70)으로 포커싱하는 부분 폐쇄된 광학 요소(64)를 도시한다. 도 8B의 확대도로 잘 나타나 있는 것처럼, 도파관(22)은 반사 표면(72)과 실질적으로 상보적인 각각 정합을 가진다.

[0046] 도 9A의 또 다른 바람직한 실시예는 광학 요소(65)가 폐쇄되고 (광 파이프의 형태로 된) 확장 도파관(74)으로 연결되며, 상기 확장 도파관(74)은 광(52)을 수집하고 이를 도파관(22) 내로 전달(도 9B에서 가장 잘 나타남)한다는 것을 제외하고 도 8A의 실시예와 유사하다.

[0047] 도 10A에서 광학 요소(76)는 도 10B에 가장 잘 나타난 특정 각각형 횡단면을 갖는 반사 표면(77)으로부터의 TIR에 의해 반사된 입력 광(52)에 의해 폐쇄되며, 상기 특정 각각형 횡단면은 TIR로부터의 광의 수집을 가능하게 하고 표면(80, 81 및 82)으로부터의 반사에서부터 도파관(22)으로의 연결을 가능하게 한다.

[0048] 도 11A에서, 두 개의 상이한 광원(82 및 84)으로부터 광(52)을 도파관(22) 내로 지향시키기 위해, 광학 요소(82)는 또 다른 반사체(84)와 협업하고, 따라서 광학 요소(82)의 표면(86)에 입사하는 모든 광의 수집이 추가로 보장된다. 이 실시예에서, 광학 요소(82 및 84)는 집광 요소와 반사 요소 모두의 역할을 수행한다.

[0049] 도 25에서, 곡선형 집광 요소(12)는 광(14)을 방향전환 구성요소(18) 상으로 지향시키고, 상기 방향전환 구성요소(18)는 광(14)을 도파관(22) 내부로 전달한다. 집광 요소(12) 및 방향전환 구성요소(18)는 동일한 물리적 부분 상의 두 개의 서로 다른 특징부로서 나타나며, 도파관(22)은 첫 번째 물리적 부분에 연결된 두 번째 물리적 부분으로 나타난다. 도 26에서 곡선형 집광 요소(12)는 광(14)을 시퀀스로 동작하는 두 개의 반사체(방향전환 구성요소(18)) 상으로 지향시키며, 상기 반사체는 광(14)을 도파간(22) 내부로 전달한다. 집광 요소(12), 방향전환 구성요소(18), 및 도파관(22)은 모두 다 함께 연결된 개별적인 물리적 부분으로 나타난다. 도 27은 도 26과 유사하게, 광(14)을 도파관(22) 내부로 지향시킨다. 그러나 방향전환 구성요소(18) 및 도파관(22)은 하나의 구조물로 조합된다.

[0050] 도 28에서, 굴절형 집광 요소(12)는 광(14)을 방향전환 요소(18) 내부로 지향시키고, 상기 방향전환 요소(18)는 광(14)을 도파관(22) 내부로 반사시킨다. 방향전환 요소(18)는 증분형 계단 특징부로서 도파관 구조물에 일체 구성되는 것이 바람직하다. 도 29에서, 도파관(22)이 자신의 길이 방향을 따라 실질적으로 균일한 횡단면 두께를 가지도록, 도파관(22)의 상부 표면이 기울어져 있는 것을 제외하고, 집광 요소(12) 및 방향전환 요소(18)는 도 28에 도시된 것과 유사하다.

[0051] 도파관이 집광 요소(12)의 평면에 실질적으로 평행이도록 방향전환 요소(18) 및 도파관(22)이 회전하는 것을 제

외하고, 도 30은 도 29와 유사하다. 방향전환 요소(18)에 대한 광의 입사각이 도 30의 비교되는 광의 입사각보다 크도록, 집광 요소로부터의 광을 굽힐시키는 방향전환 요소(87)의 추가 설정을 제외하고, 도 31은 도 30과 유사하다. 이는, 예를 들어, 방향전환 요소(18)에 대한 방향전환의 메커니즘으로서 내부 전반사를 더 잘 촉진시킨다. 도파관(22)의 상부 표면이 맞춤 구성된 형태(tailored shape)(88)인 것을 제외하고, 도 32는 도 31과 유사하다. 상기 맞춤 구성된 형태(88)는, 예를 들어, 도파관을 통해 지정된 스팟, 또는 도파관(22)의 단부의 위치 L로 전파하는 광을 전달하는 데 유용하다.

[0052] 도 33에서, 방향전환 요소(18)는 집광 요소(12) 및 도파관(22)을 운반하는 부분들과 별개인 단일 부분으로 일체 구성된다. 방향전환 요소(18)는 본원에서 앞서 언급된 임의의 유형을 가질 수 있고, 도 6에 나타난 것과 유사한 곡선형 반사형 요소로서 나타난다. 도파관(22)은 방향전환 요소(18)로부터의 광을 수신하도록 위치 설정된 중분형 계단(incremental step) 특징부(89)로 구성된다. 도파관(22)이 자신의 길이 방향을 따라 실질적으로 균일한 횡단면 두께를 갖도록 도파관(22)의 바닥 표면(90)이 기울어진 것을 제외하고, 도 34는 도 33과 유사하다. 도 35 및 36은 도파관(22)의 바닥 표면이, 각각 평평한 면(88) 및 곡선형 요소(88)로 나타나는 맞춤 구성된 형태(88)를 가짐을 보여준다. 도 32에 나타난 것처럼, 맞춤 구성된 형태(88)는 도파관(22)을 통해 도파관(22)의 단부의 지정된 스팟 L로 전파되는 광을 전달하는 데 유용하다.

[0053] 집광 요소(12)가 프레넬 렌즈(Fresnel lens)라는 것을 제외하고, 도 37은 도 30과 유사하다. 상기 프레넬 렌즈는 예를 들어 폴리미 물질 또는 공정에 적합한 그 밖의 다른 물질의 사출 성형(injection molding), 고온 엠보싱(hot embossing) 또는 미소복제(microreplication)에 의해 제조될 수 있다.

[0054] 도 38은 도 33-36에 도시된 것과 유사한 상부 표면 상의 엔트리 요소(91)를 갖는 도파관(22)을 도시한다. 엔트리 요소(91)가 개별 부분으로서 일체 구성되고, 그 후 광학 결합 층(92)을 통해 벌크 도파관 요소(22)의 편평한 상부 표면에 광학적으로 연결되는 것을 제외하고, 도 39는 유사한 도파관(22)을 도시한다. 따라서 광 엔트리 요소는 도파관의 본체로부터 물질적으로 불연속하게 배치된다. 이로써, 예를 들어 박막 기판을 기반으로 하는 제조 공정의 사용이 엔트리 요소 특징부를 만들 수 있다. 도 40은 완전 광학 설계의 일례 내에서 동작하는 도 39에 도시된 도파관(22)을 도시한다. 집광 요소(12)는 광(14)을 방향전환 요소(18) 상으로 집광시키려 상기 방향전환 요소(18)는 광(14)을 방향전환시켜, 엔트리 요소(91)를 통해 도파관(22) 내부로 삽입한다.

[0055] 집광 요소(12)를 포함하는 부분이 저율 접착제(low index adhesive)(93)를 이용해 도파관(22)으로 광학적으로 연결된다는 것을 제외하고, 도 41은 도 30과 유사하다. 이 구성은 집광 요소(12) and 도파관(22) 사이의 공극(air gap)을 제거하고, 따라서 집광 요소(12)에서 도파관(22)으로 광이 진행할 때 프레넬 반사 효과로 인한 광학 손실을 약화시킨다. 내부 전반사를 이용한 도파관(22) 내 광의 전파를 가능하게 하기 위해, 상기 저율 접착제(93)는 도파관(22)의 굽힘률보다 낮은 적절한 굽힘률을 가질 필요가 있다. 예를 들어, 저율 접착제(93)는 실리콘계 엘라스토머, 가령, Dow Corning Sylgard 184일 수 있다. 집광 요소(12)가 비대칭 벌크 렌즈 대신 프레넬 렌즈인 것을 제외하고 도 42는 도 41과 유사하다.

[0056] 도 43에서, 집광 요소(12)는 광(14)을 제 1 방향전환 요소(87)로 지향시키고, 상기 제 1 방향전환 요소(87)는 광(14)을 제 2 방향전환 요소(18) 상으로 지향시키면서 광(14)을 굽힐시키며, 상기 제 2 방향전환 요소(18)는 광을 도파관(22) 내로 방향전환시켜 전파시킨다. 도 43에서, 제 1 방향전환 요소(87)는 편평한 면이다. 제 1 방향전환 요소(87)가 집광 요소(12)보다 앞서 광(14)과 상호작용한다는 것을 제외하고, 도 44는 도 43과 유사하다. 도 45에서, 도파관(22)은 자신의 길이 방향을 따라 광(14)을 2방향으로 또는 다중 방향으로 전파한다. 집광 요소(12)는 광을 방향전환 요소(18 및 94) 상으로 집광시키며, 두 개의 방향전환 요소(18 및 94)는 광을 반대 방향으로 도파관(22) 내부로 방향전환시킨다. 이 구성에 의해, 도파관(22)의 양 단부 모두에서 광이 집광되고 수집된다.

[0057] 도 46에서, 집광 요소(12)는 광(14)을 방향전환 요소(18) 상으로 집광시킨다. 방향전환 요소(18)는 2개의 부분, 즉, 광을 벌크 광소자로 굽힐시키는 편평한 면(95), 및 광을 도파관(22)으로 반사시키는 또 다른 편평한 면(96)을 가진다. 방향전환 면(95 및 96)과 도파관(22)은 하나의 단일 부분으로 일체 구성된다. 앞서 단락 [0059]에서 이전에 기재된 것처럼 도파관의 단부는 광을 수광기(23) 쪽으로 하향 방향전환시키는 면(99)을 가진다. 이 실시예에서, 도파관(22)은 축(98)을 중심으로 하는 거울 이미지로서, 도파관(97)을 가진다. 도파관(22)의 단부에 있는 2차 광소자의 배치 및 도파관(22)의 대칭 레이아웃은 본 출원에서 제시되는 모든 실시예와 함께 구현될 수 있고, 앞서 [0049]에서 설명된 바 있다.

[0058] 도 1-46에 기재된 방향전환 요소(18)는 대응하는 집광 요소(12)와 연관되고, 반사, 내부 전반사, 및 굽힘의 광학 메커니즘 중 적어도 하나를 이용해, 도파관(22) 내로 광을 전달한다. 그러나 방향전환 요소가 집광 요소와

광학적으로 연결되고 물리적으로 분리될 필요는 없다.

[0059] 본 출원에 기재된 다양한 실시예에서, 집광 요소(12)는 층에 의해 연관된 방향전환 요소(18)의 적어도 일부분으로부터 분리된다. 광(14)은 이 층 내에서 어떠한 방향의 재배치 변경도 겪지 않는다. 상기 층 자체는 연관된 방향전환 요소(18) 각각의 적어도 일부분들 사이에서 연속이다. 이러한 층 분리에 의해, 집광 요소(12)와 방향전환 요소(18)가 물리적으로 개별적인 구성요소들의 수직 스택으로 배치될 수 있다. 이로써, 전체 태양 집광기를 형성하기 위해, 개별적인 부분들의 직접 조립이 가능해진다.

[0060] 비용을 최소화하고 설계를 간소화하기 위해, 한 가지 현실적인 과제는 강건한 재료와 함께 가능한 적은 부분들로 앞서 기재된 모든 기능을 얻어야 한다는 것이다. 일반적으로 이는 복수의 기능을 단 몇 개의 부분에 포함시키는 것을 포함한다. 예를 들어, 커버유리(coverglass)에 광학 특징부를 패터닝함으로써, 다양한 광학 코팅을 위한 기판으로서 기능하는 유리의 능력을 보존하면서, 유리가 모듈을 보호하면서 집광 요소로서 동작하는 것이 실현 가능하다. 연화된 유리에, 기계 가공된 동심 특징부를 갖는 원통형 금속 룰(roll)을 적용함으로써, 대형 유리 제조 설비가 시트의 하나의 측부 상에 마일드 렌즈 특징부를 일상적으로 형성할 수 있다. 광학 특징부를 각인하기 위한 적절한 룰 설계가 주어지면, 1차 광학(집광) 요소(12)를 형성하기 위해, 선형 렌즈가 커버유리 상에서 패터닝될 수 있다. 상기 집광 요소(12)는 기능을 보존하면서 외향 및 내향 모두로 배향될 수 있다. 외향 특징부는 광 투과성에 유해한 입자 축적(particulate accumulation), 즉, 오염(soiling)의 위험을 무릅쓴다. 가공된 커버유리 방식에 추가로, 역시 집광 기능을 제공하는 실리콘계 증착과 같은 공정을 이용해, 특징부가 편평한 커버유리에 추가될 수 있다.

[0061] 더욱이, 커버유리 층으로부터 집광된 광(14)에 대해 방향전환 요소(18)로서 기능하고, 방향전환된 광(14)을 수광기(23)로 전달하기 위한 도파관(22)으로서 기능하는 보완적 2차(secondary) 광학 부분을 구성하는 것이 가능하다(도 46). 이 실시예에서, 주(primary) 광소자는 보호성 커버유리와 집광 층 모두로서 기능하고, 2차 광소자에서 방향전환 기능과 도파관 기능이 조합될 수 있다. 마찬가지로, 점-포커스(point-focus) 설계의 경우, 고온 앰보싱 또는 성형(mold)-유형 공정을 이용해, 축방향 대칭 렌즈 패턴이 유리에 제공될 수 있다.

[0062] 광학 기능을 커버유리에 포함시키고 방향전환 기능과 도파관-초점 영역 기능을 하나의 부분으로 조합하는 것에 의해, 단 2개의 부분에 의해서 전체 광학 경로가 관리되거나 얻어질 수 있다. ATIR의 이 2-부분 분류의 한 가지 중요한 양태는 도파관 또는 2차 광소자의 수직 부분과 수평 부분 모두 1차 광학 층(커버유리)에 비해 잘 유지되어야 한다는 것이다. 다른 관점에서, 분리 층의 지오메트리를 유지하는 것이 강건한 기능을 보장하는 데 중요하다. 이를 이루기 위한 한 가지 방법은 또 다른 기능을 1차 또는 2차/도파관 광학 부분 내에 포함시키는 것이다. 예를 들어, 도 47에 도시된 것처럼, 위치설정 요소, 즉, 리브(rib) 특징부(100)를 2차 광소자내로 포함시킴으로써, 안정적인 분리를 보장하기 위해 1차 광학 부분과 2차 광학 부분을 수직 차원과 수평 차원 모두에서 제한(constrain)하면서, 상기 1차 광학 부분과 2차 광학 부분을 기계적으로 상호체결(interlock)시키는 것이 가능하다. 따라서 위치설정 요소(100)는 수평, 수직, 및 회전 평면에서, 복수의 광학 요소와 도파관 간의 기하학적 관계(geometrical relationship)를 유지한다.

[0063] 또 다른 생산 선택사항은 개별적으로 지지하는 위치설정 요소 즉 리브 특징부(100)를 생산하는 것이다. 이 선택사항은 또 다른 개별 부분을 만들어야 하는 단점을 지닌다. 그러나 리브 특징부는 매우 단순하여, 이 부분을 성형(mold)하기 위한 툴링 비용이 낮을 수 있고, 조립체는 모듈성을 더 갖게 된다(리브와 2차 광학 부분이 조립되는 방식으로 설계 유연성이 가능해 진다). 도 48은 보완적 광학 2차 지지 리브 특징부(100)를 도시한 영상을 도시한다. 이들 부분들은 설계 유연성을 제공하기 위해 모듈식으로 조립될 수 있다. 따라서 위치설정 요소(100)는 도파관의 일체형 부분 또는 도파관으로부터 분리되어 있는 요소일 수 있다.

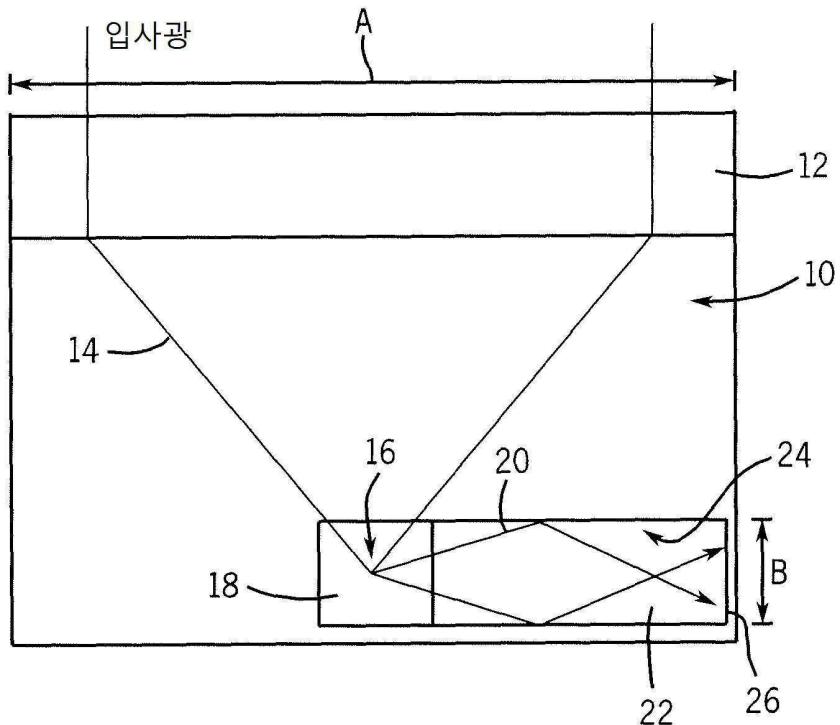
[0064] 실현 가능한 수광기는 복수의 이산 광기전 태양 전지로 구성될 확률이 크다. 태양 전지들을 다 함께 연결할 때, 솔더 접합부 주변에 응력 집광을 관리하고 전지 파손을 최소화하기 위해 전지를 사이에 틈새(gap)를 남겨두는 것이 바람직하다. 이들 틈새의 효과는 광 에너지가 수집될 수 있는 영역을 감소시키는 것이다. 이들 틈새는 비-광학-활성 지지 특징부, 가령, 위치설정 요소 즉 리브(100)를 위치설정하기 위한 유용한 곳이다. 또한 광소자는 광학 방향전환 요소 또는 노치(notch) 특징부(101)에 의해 개조되어, 다른 경우라면 틈새 상으로 왔을 광의 대부분을 활성 수광기 쪽으로 지향시키도록 할 수 있다(도 49). 노치 특징부(101)는 방향전환 요소와 유사하지만 도파관(22)의 상이한 평면으로 배향되어, 광을 캡으로부터 활성 수광기 상으로 내부 반사시킬 수 있다. 노치 또는 획단 광학 요소(101)는 도파관(22)으로 연결되고, 광을 도파관(22) 내에서 광의 전파 방향과 교차하는 방향으로 방향전환시킨다. 앞서, 도파관과 연결되고, 도파관에서부터 수광기로 광을 방향전환시키는 2차 광학 요소

(27)가 기재되었다. 앞서 언급된 횡단 광학 요소(101)가 사용될 때, 2차 광학 요소(27)는 도파관으로부터 그리고 횡단 광학 요소로부터 수광기로 광을 방향전환시킨다.

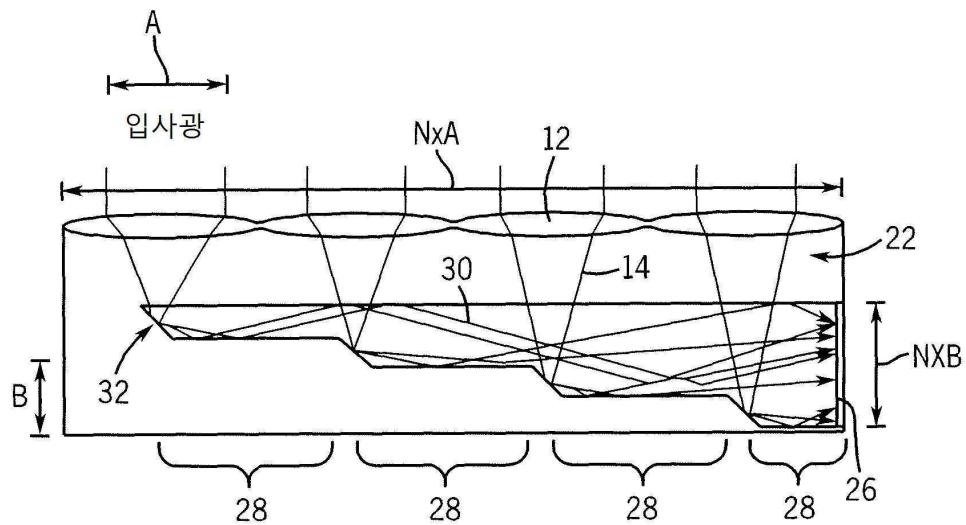
[0065] 본 발명의 실시예에 대한 상기의 기재는 설명과 기재의 목적으로 제공되었다. 이는 본 발명을 총 망라한 것은 아니며, 본 발명을 개시된 구체적인 형태로 한정하지 않고, 상기의 설명의 관점에서 수정 및 변형이 가능하고, 본 발명의 실시로부터 얻어질 수 있다. 다양한 실시예에서, 그리고 특정 용도에 적합할 때 다양한 변형예로, 해당 분야의 통상의 기술자가 본 발명을 이용하기 위해, 실시예들은 본 발명의 원리 및 그 실제 적용을 설명하기 위해 선택 및 기재되었다.

## 도면

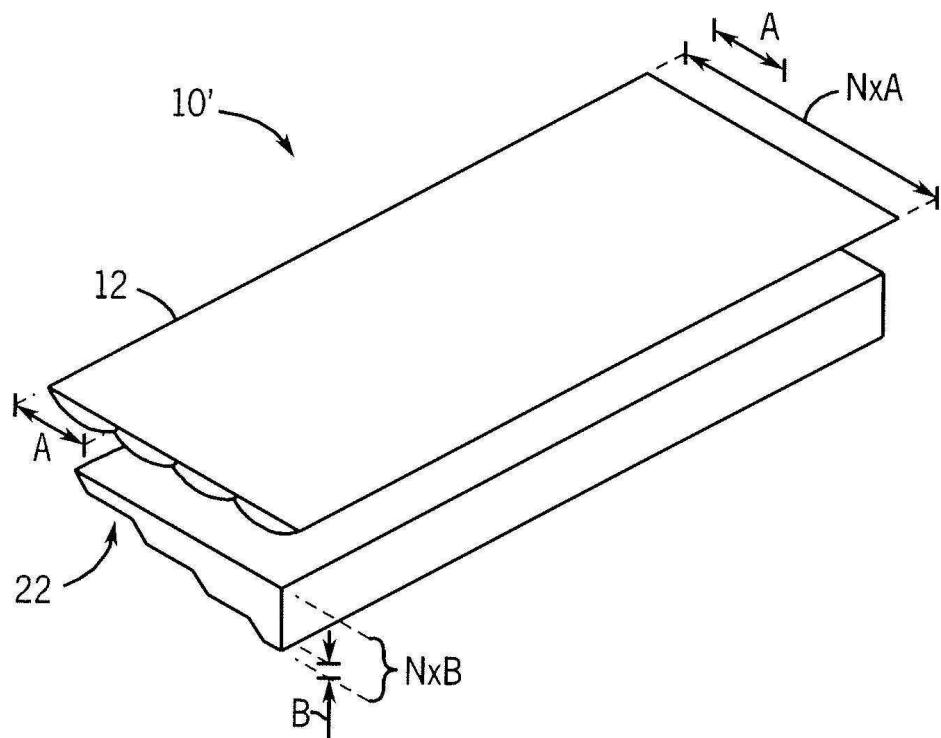
### 도면1



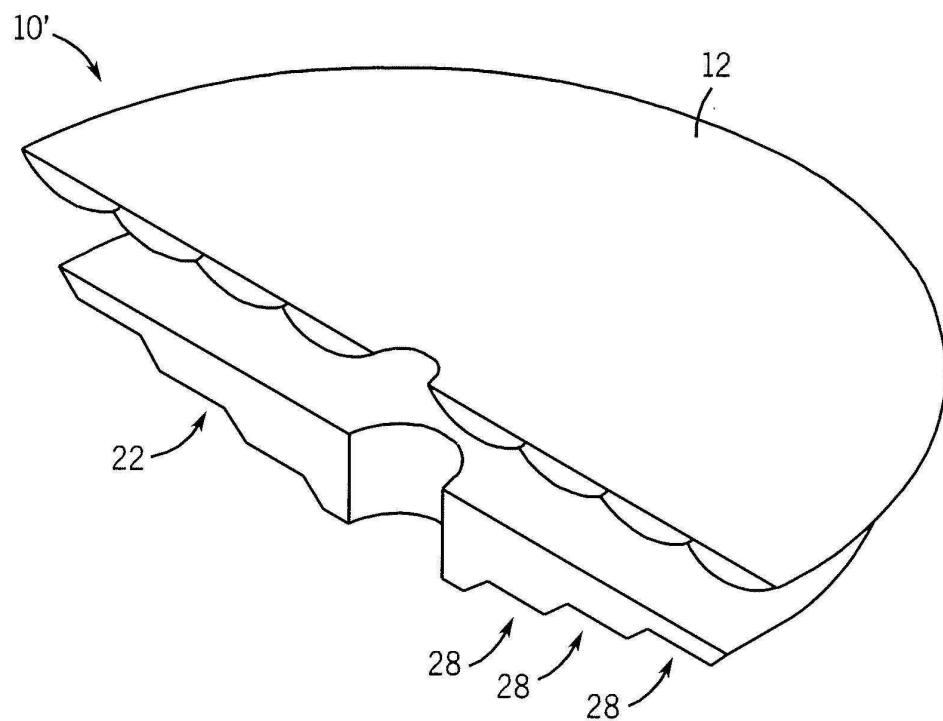
도면2



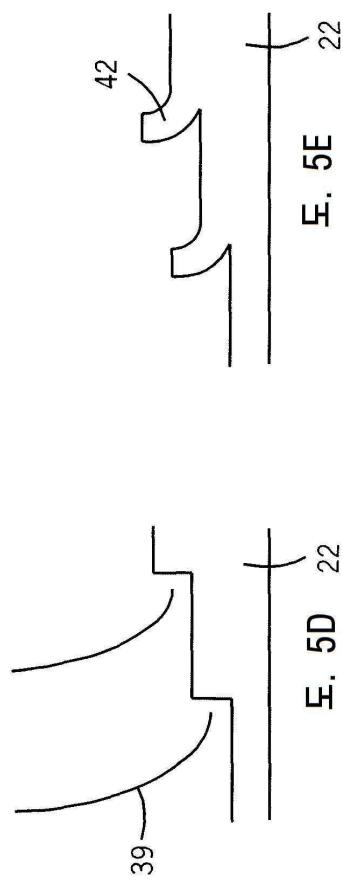
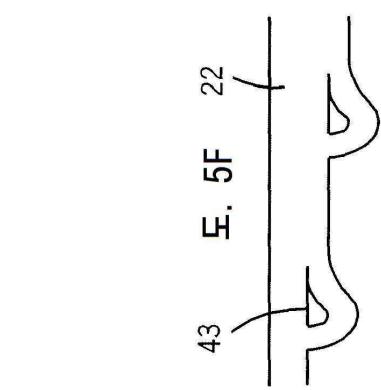
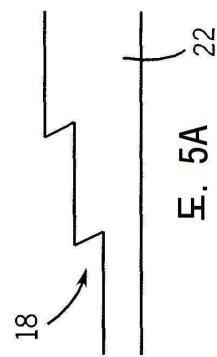
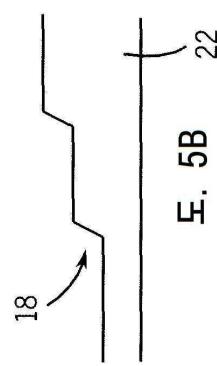
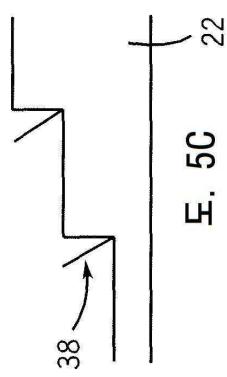
도면3



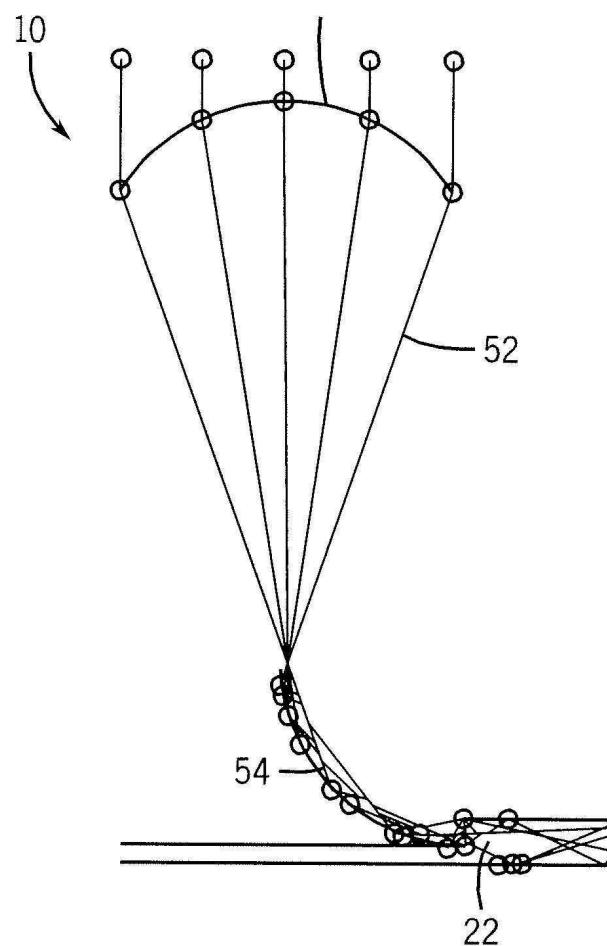
도면4



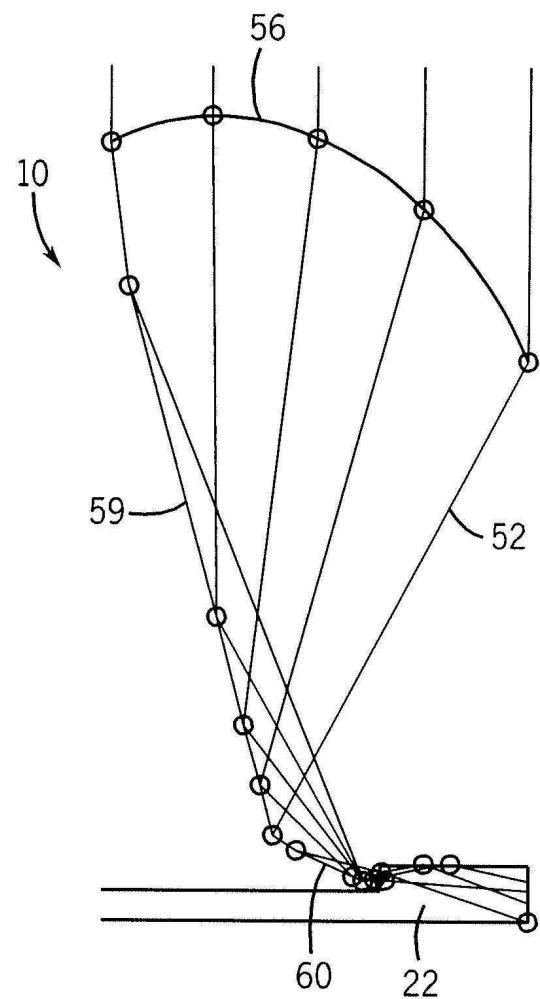
도면5



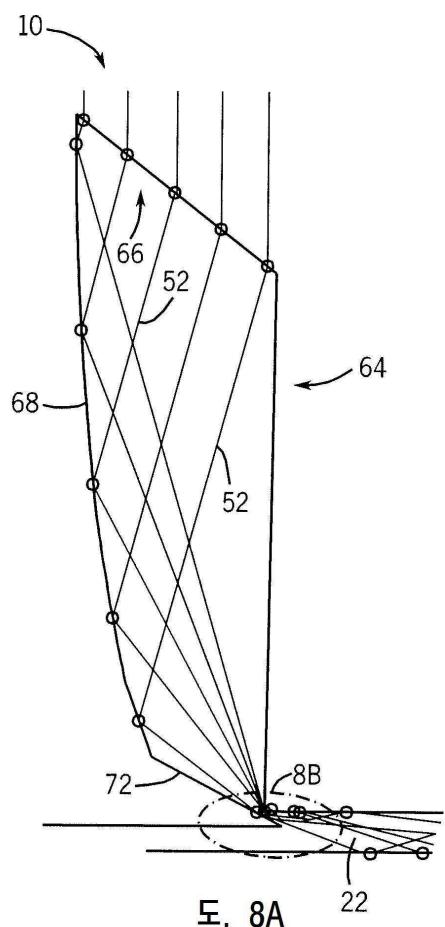
도면6



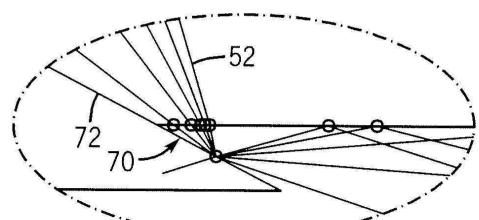
도면7



도면8

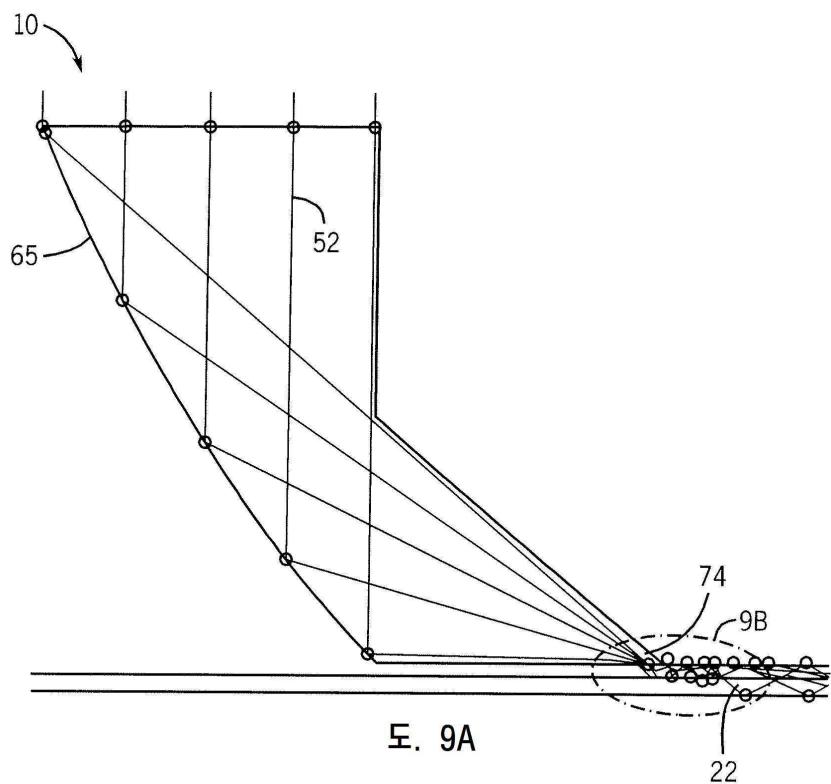


도. 8A



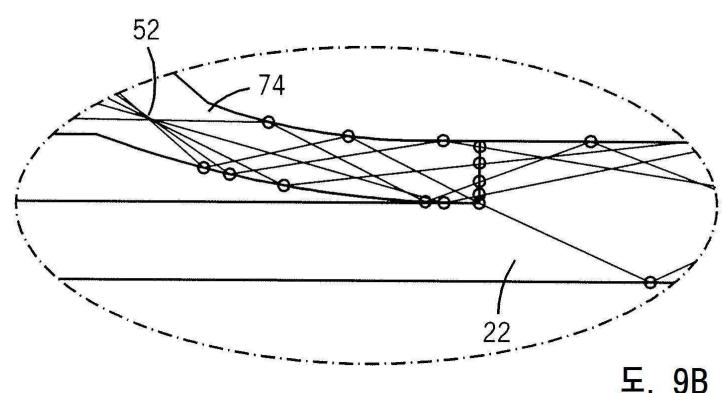
도. 8B

도면9



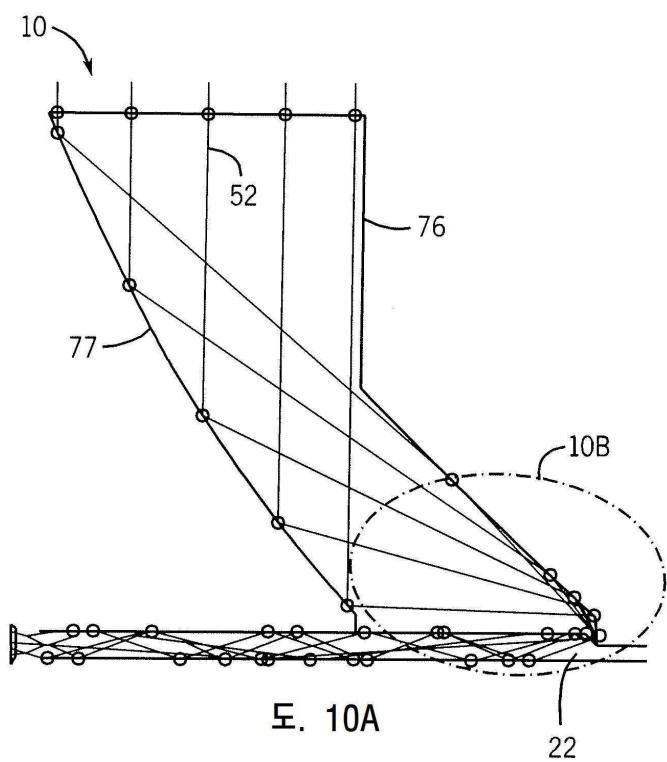
도. 9A

22



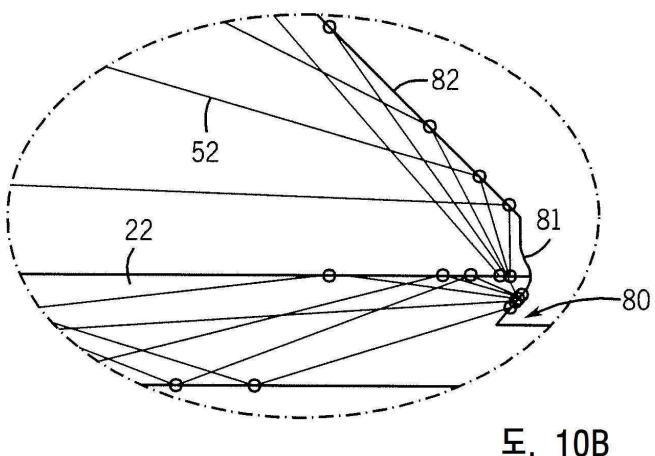
도. 9B

도면10



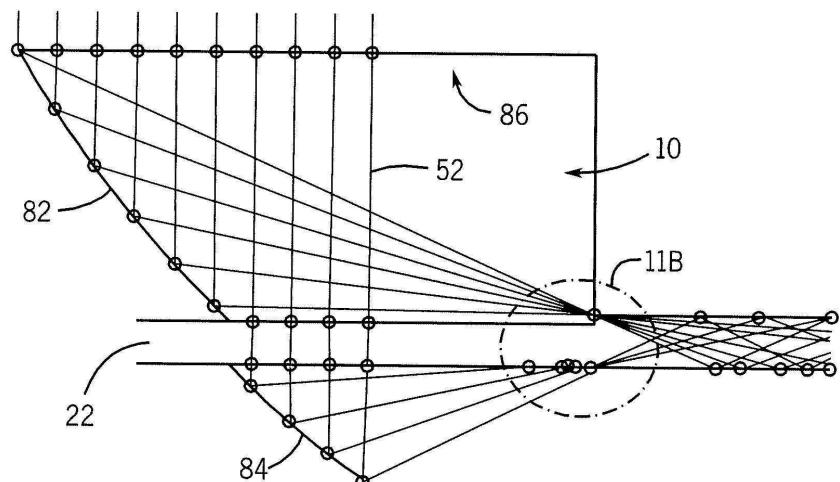
도. 10A

22

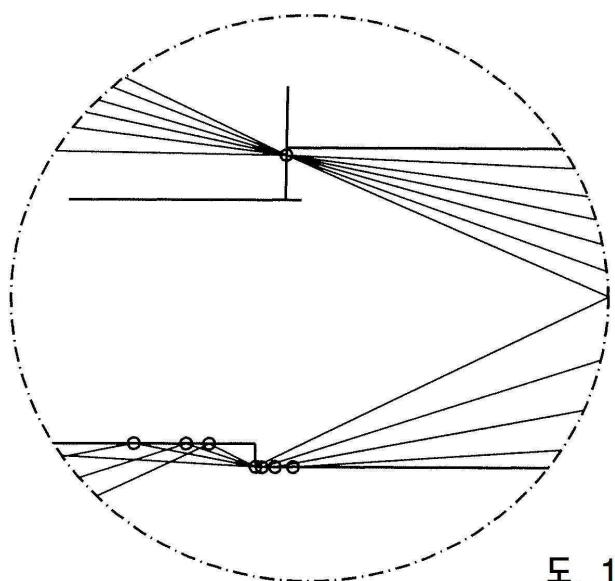


도. 10B

도면11

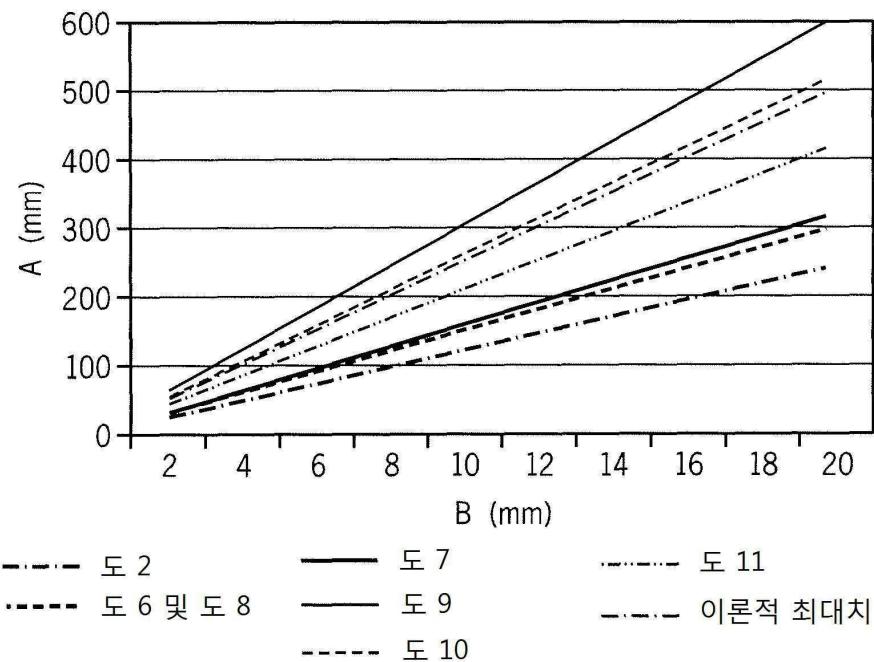


도. 11A

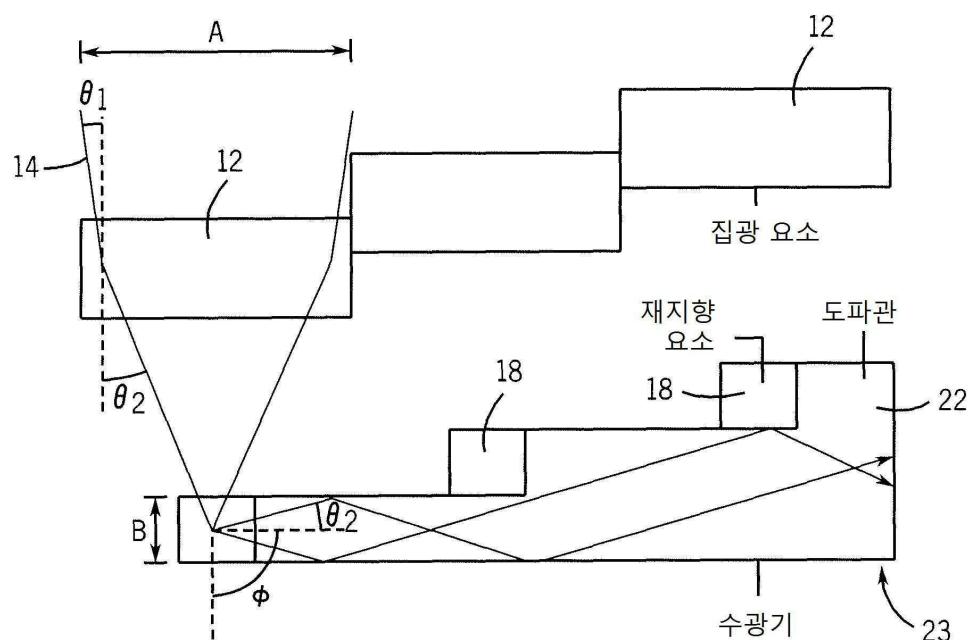


도. 11B

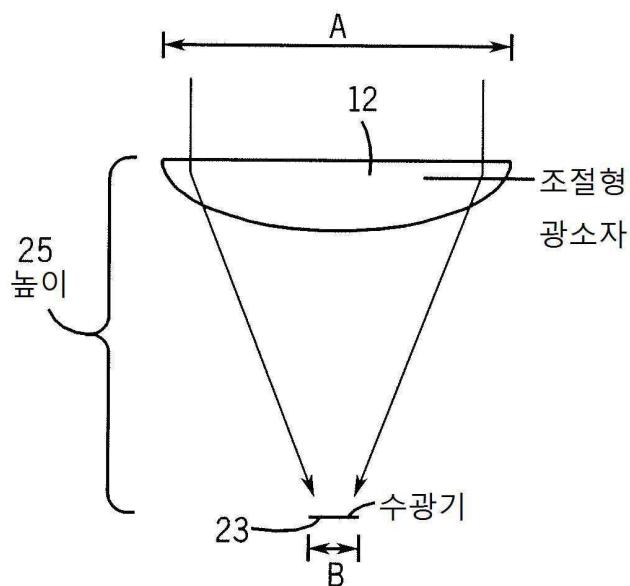
## 도면12



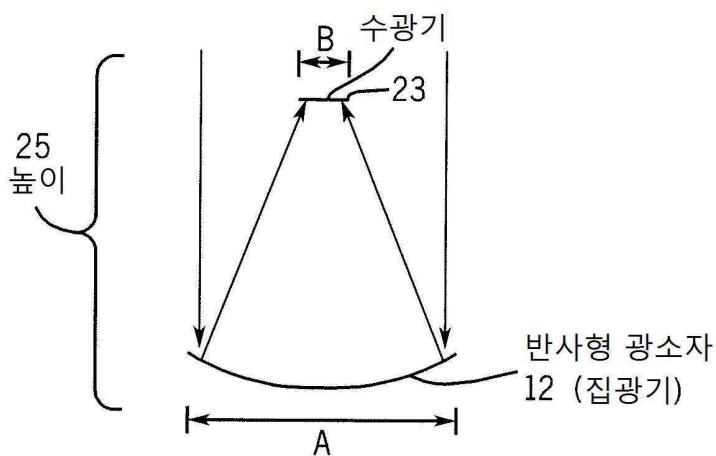
## 도면13



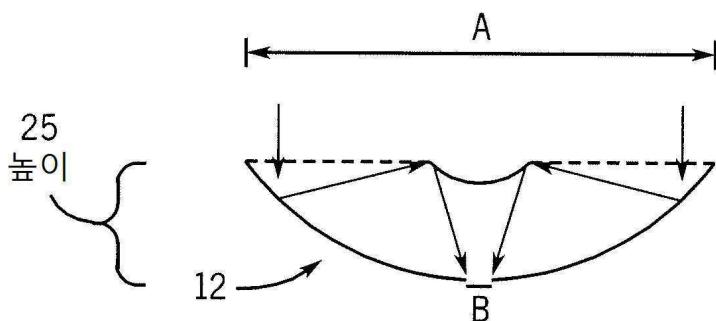
도면14



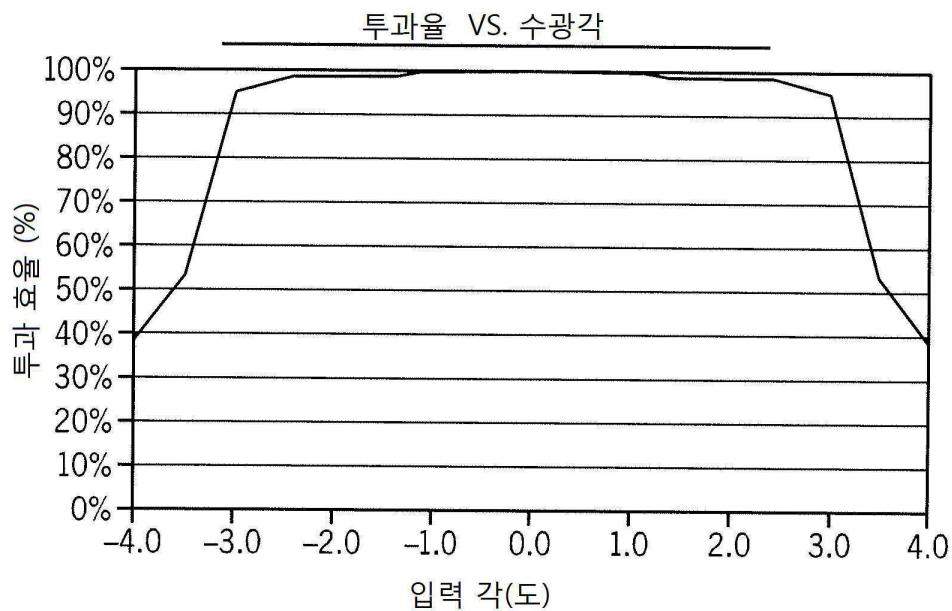
도면15



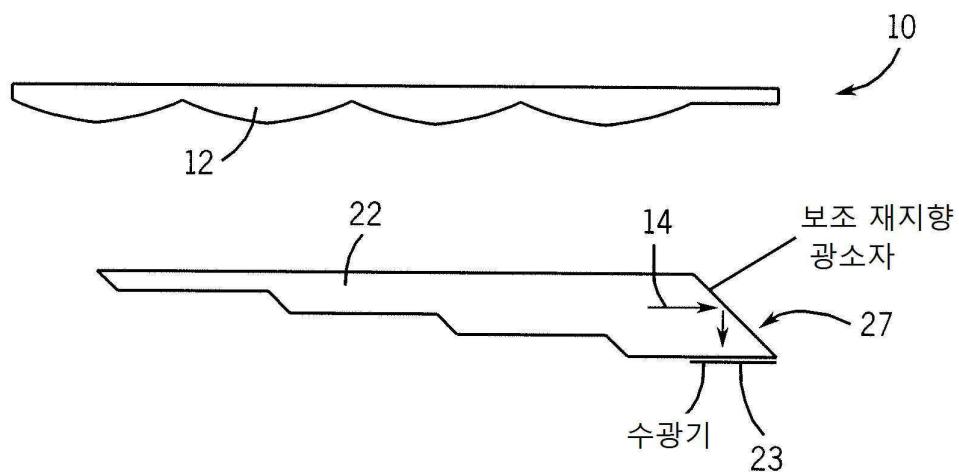
도면16



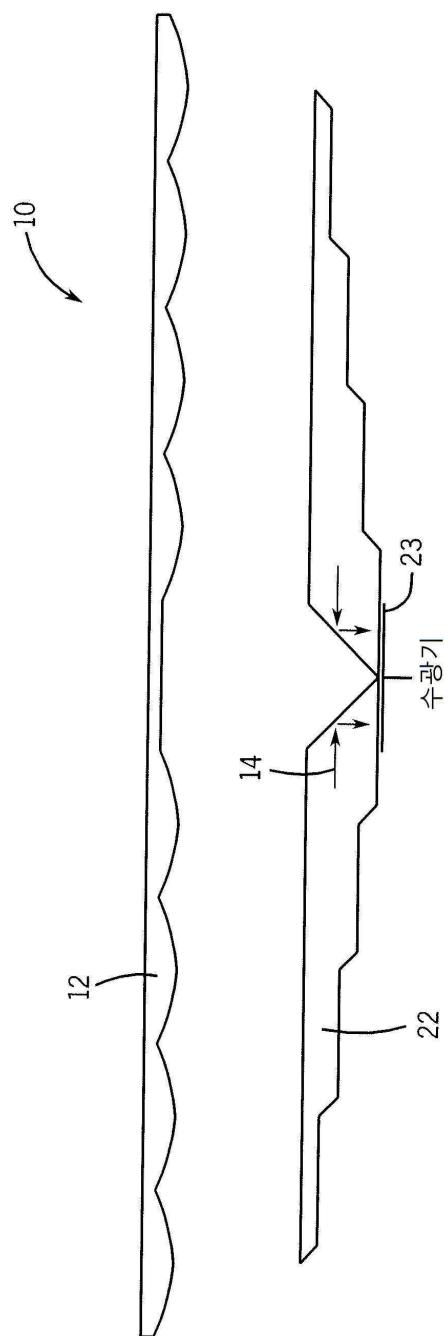
도면17



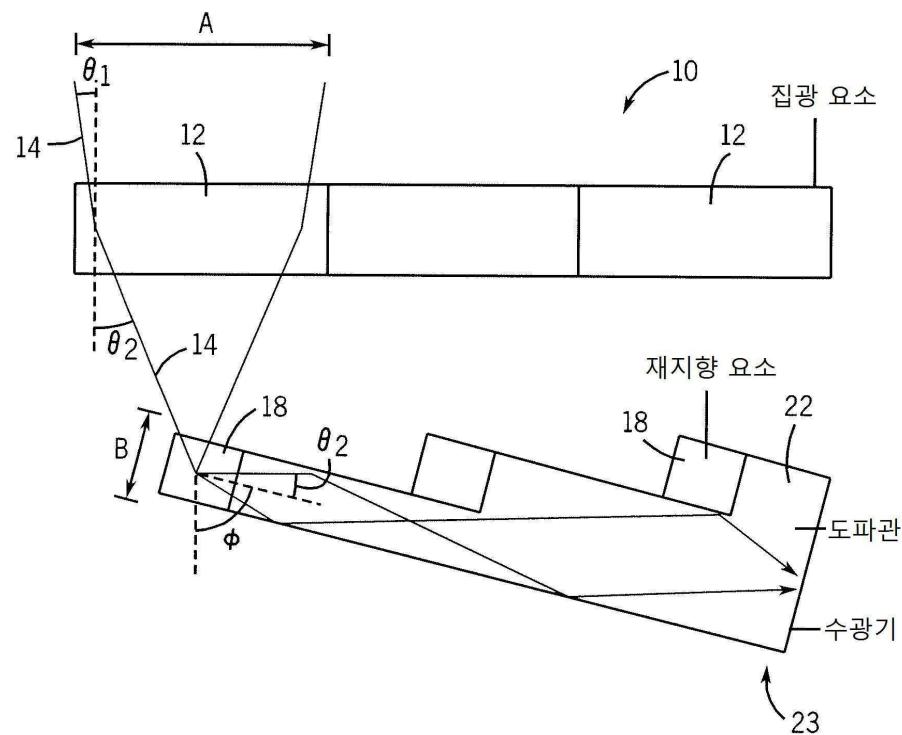
도면18



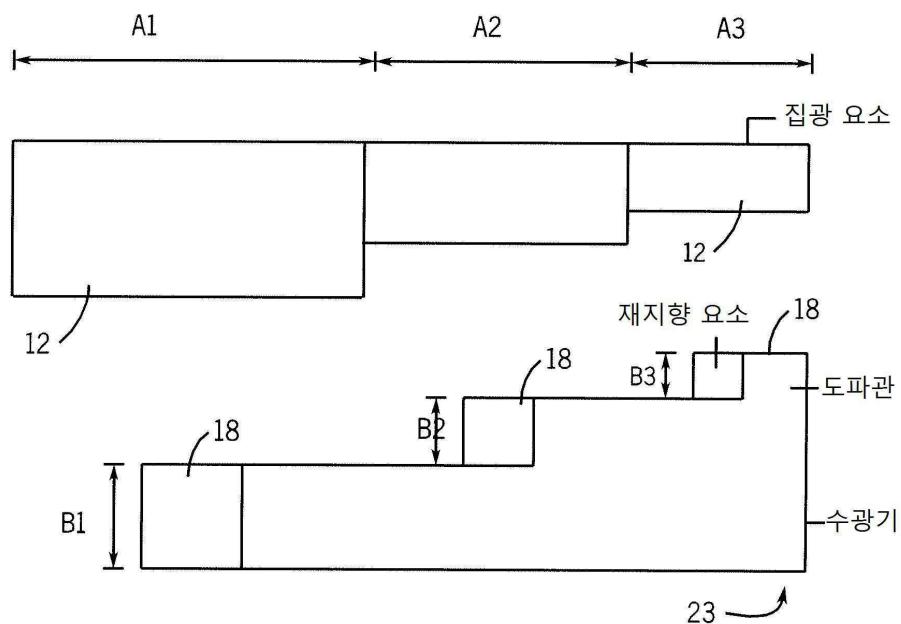
도면19



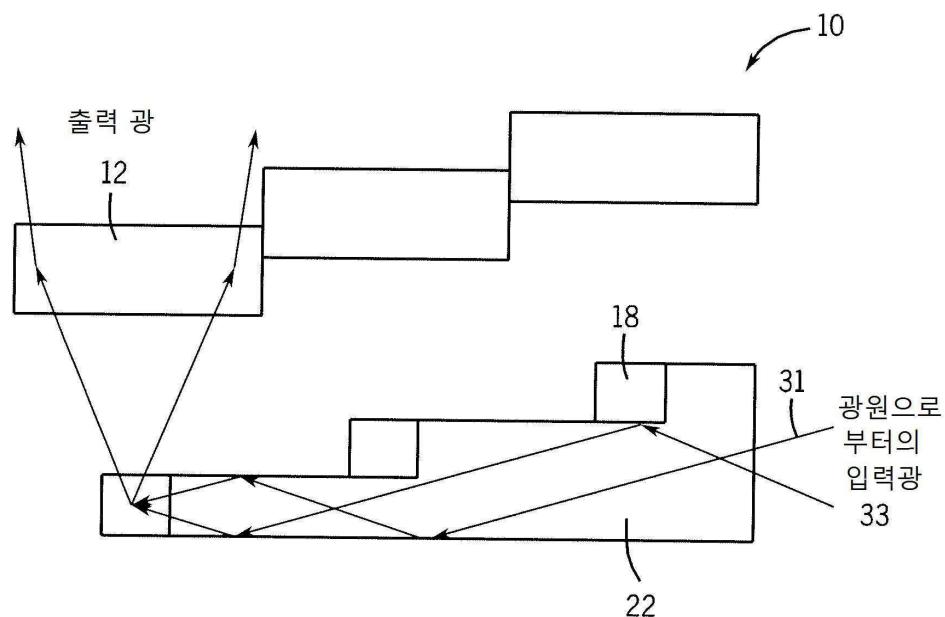
도면20



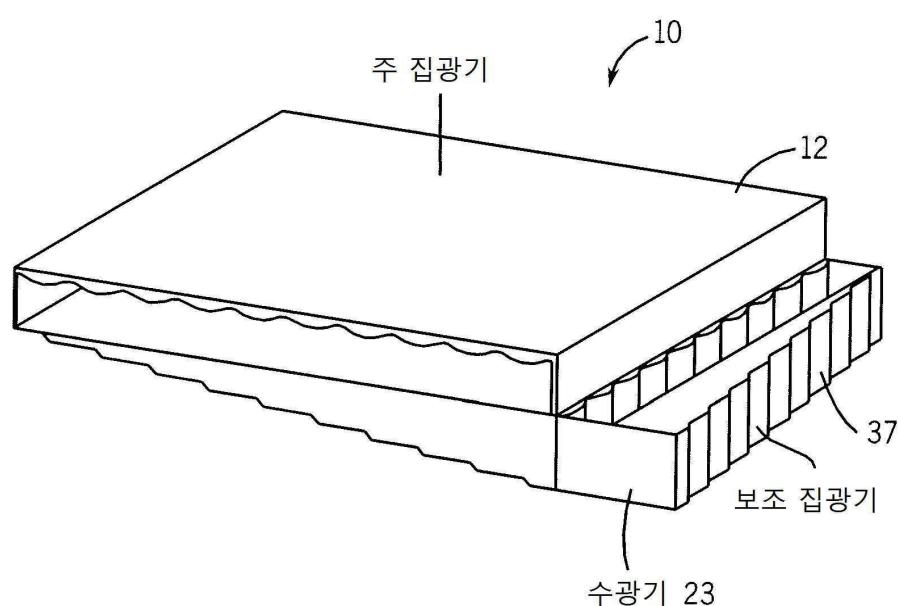
도면21



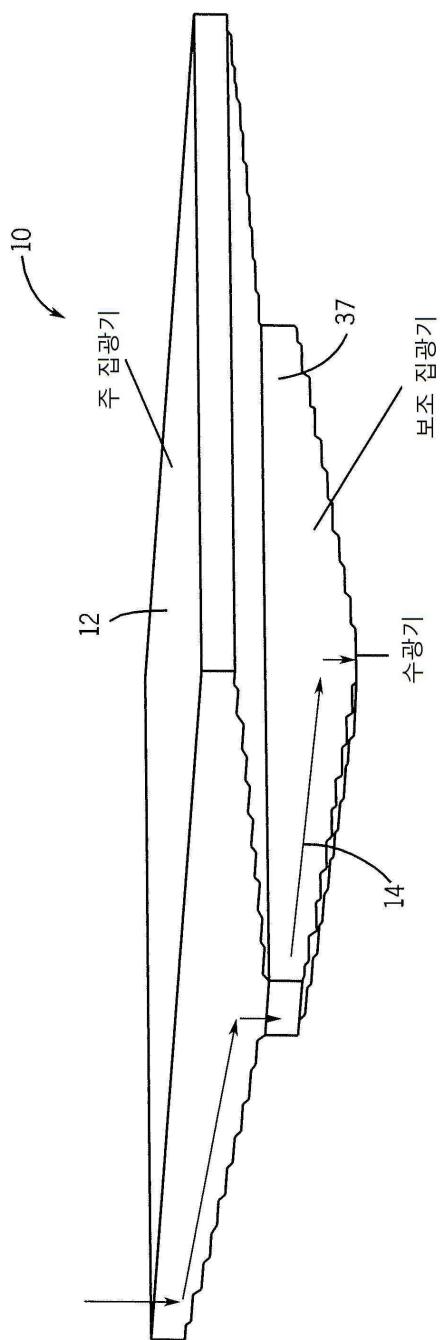
도면22



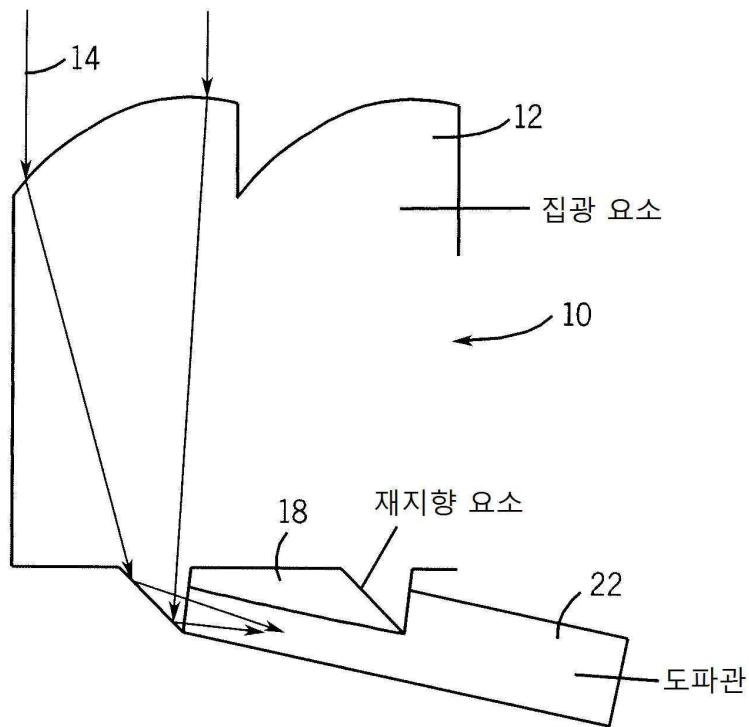
도면23



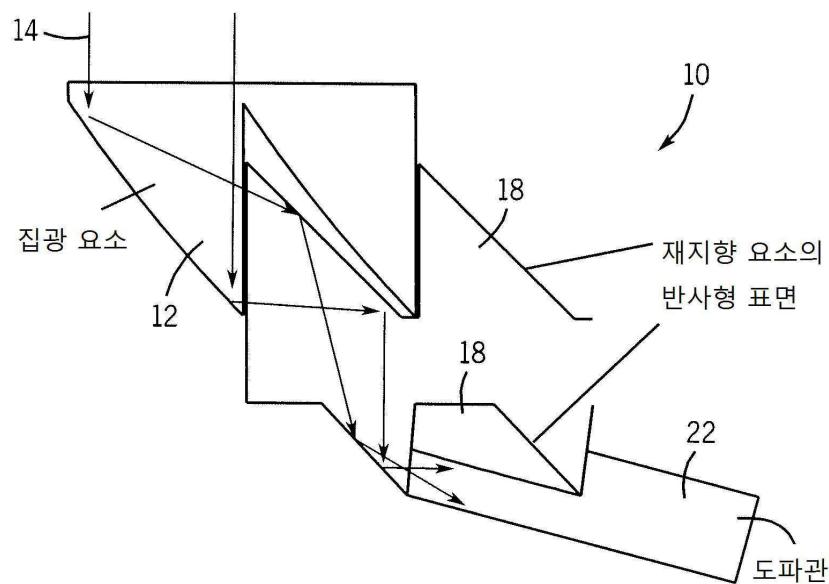
도면24



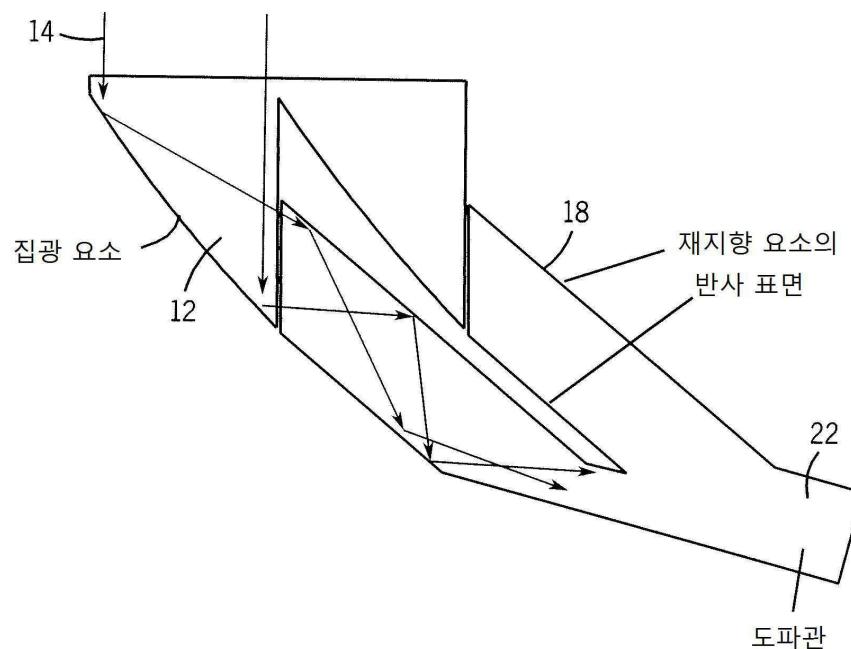
도면25



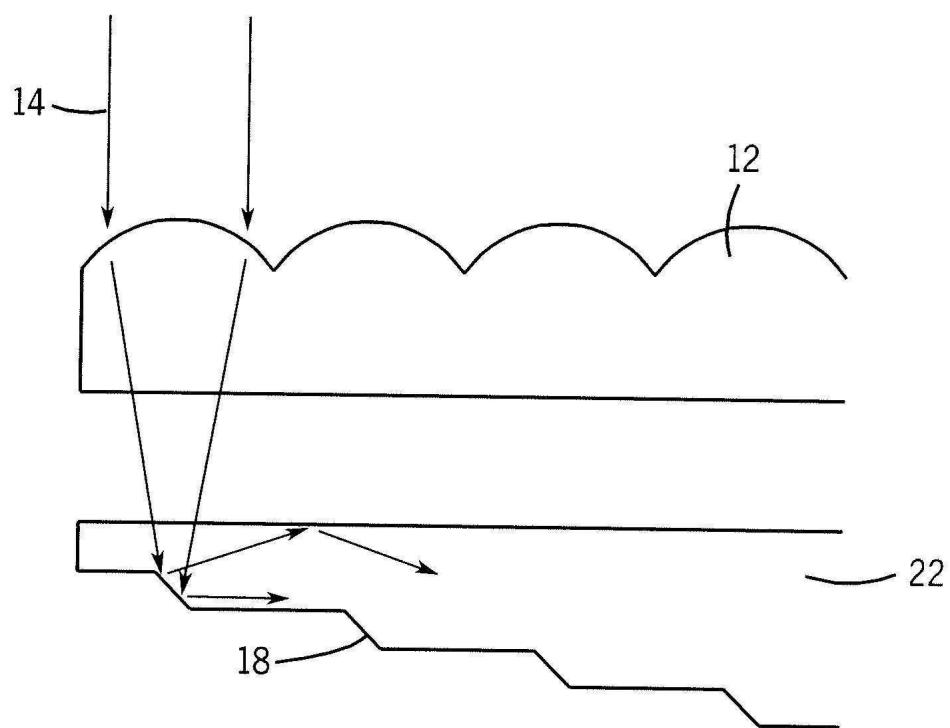
도면26



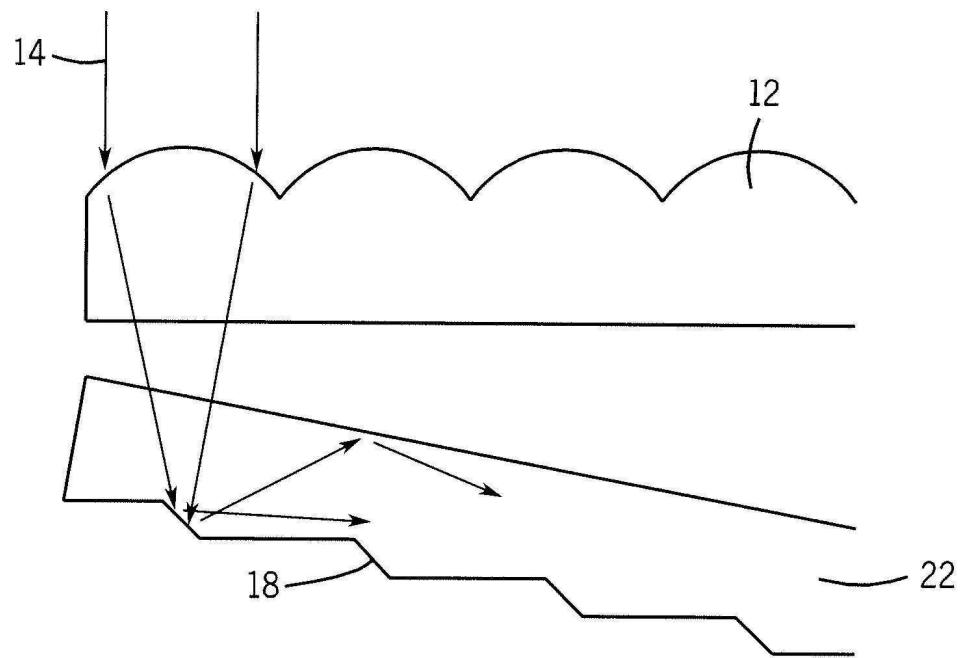
도면27



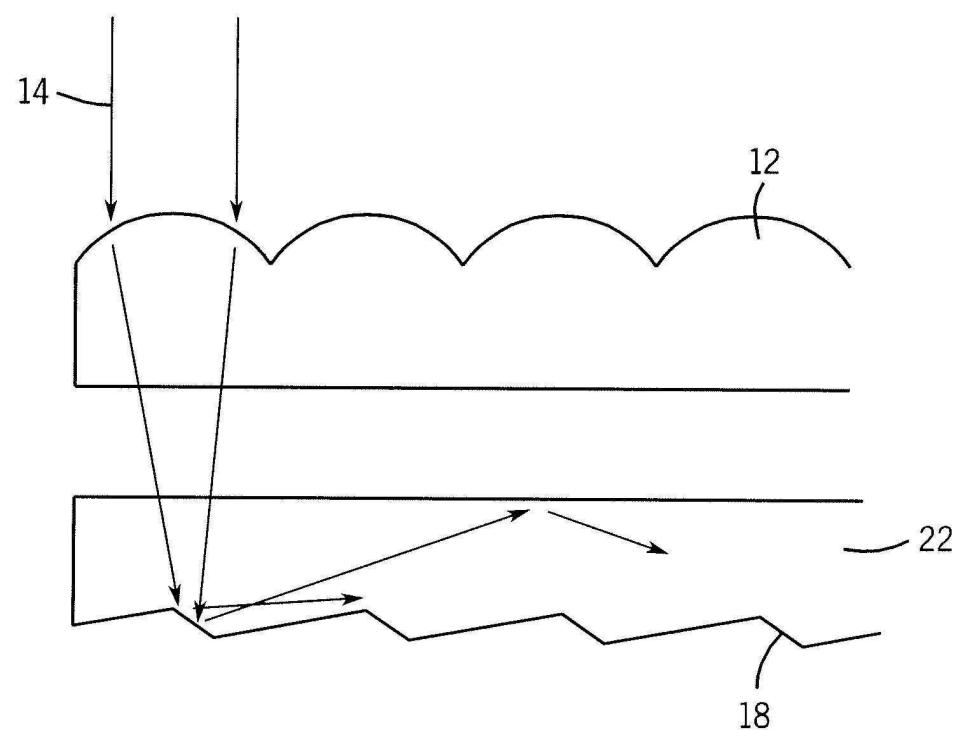
도면28



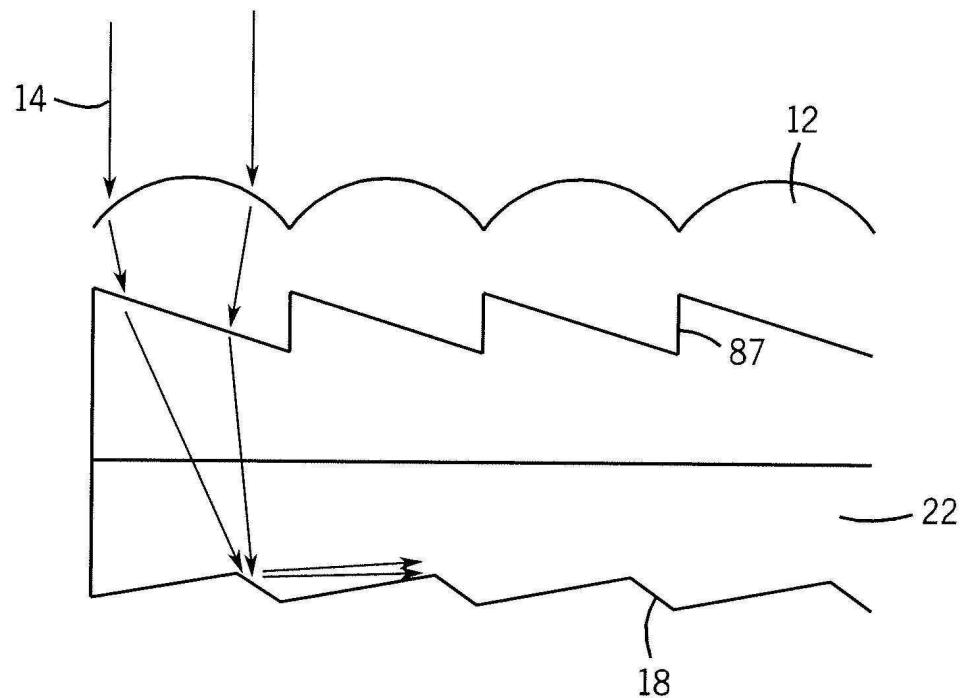
도면29



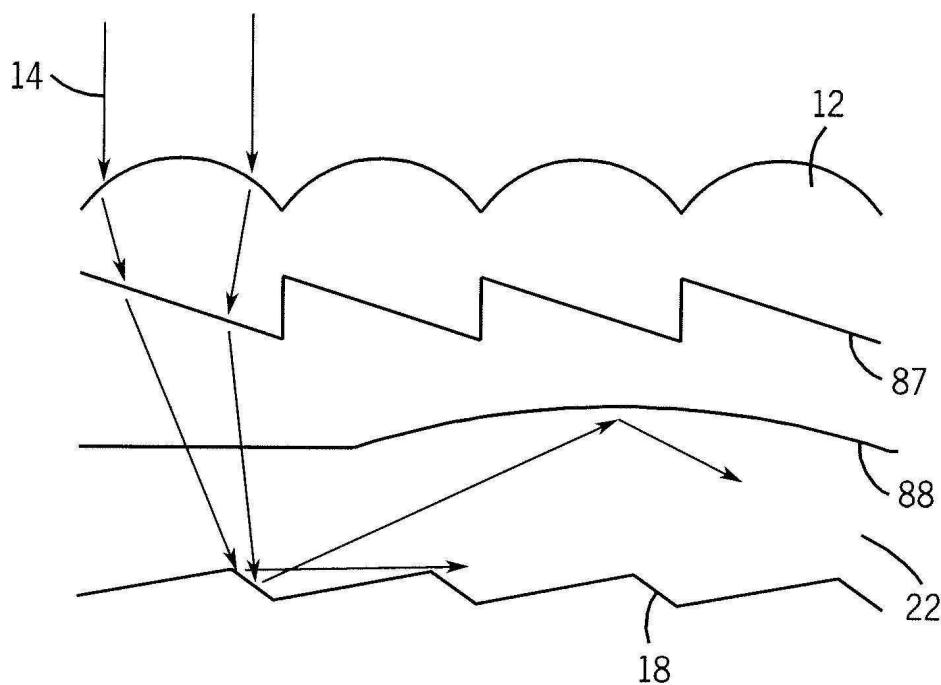
도면30



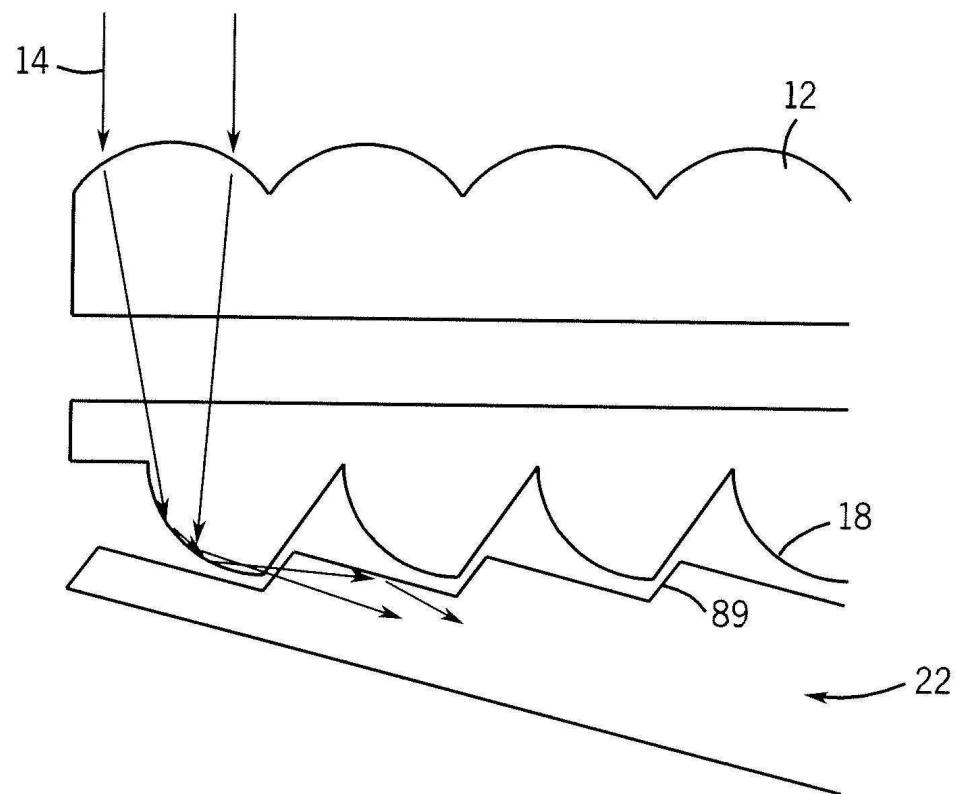
도면31



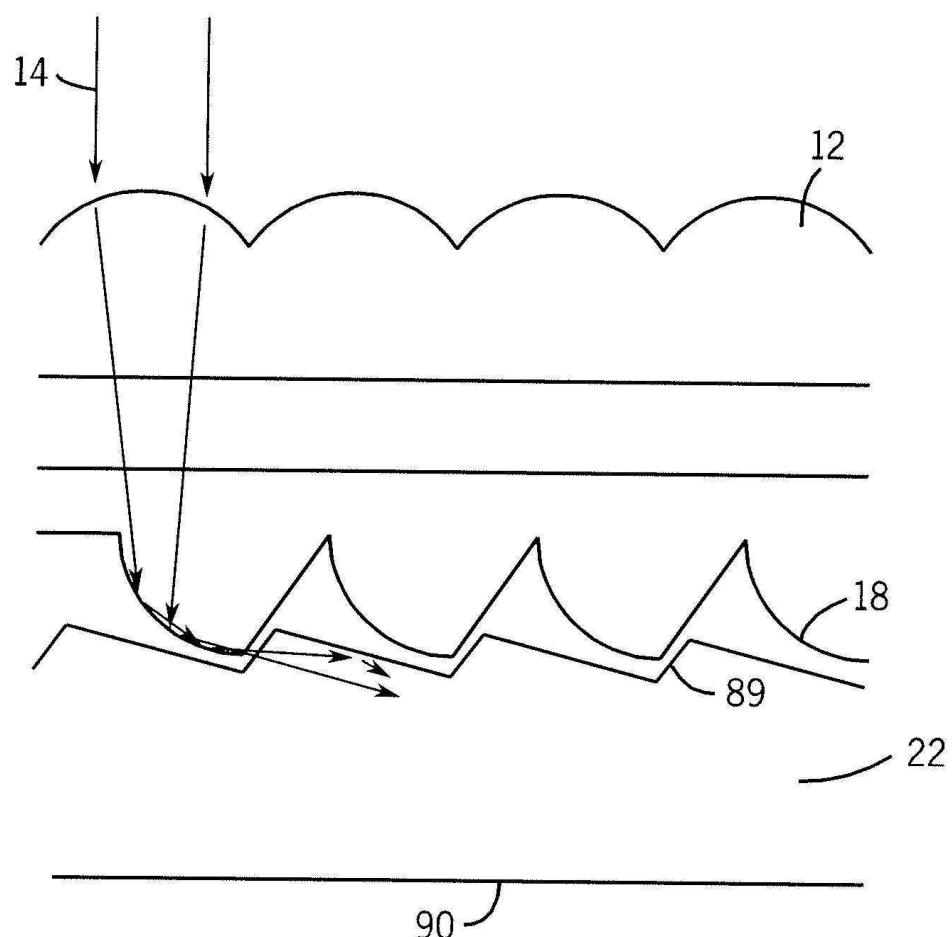
도면32



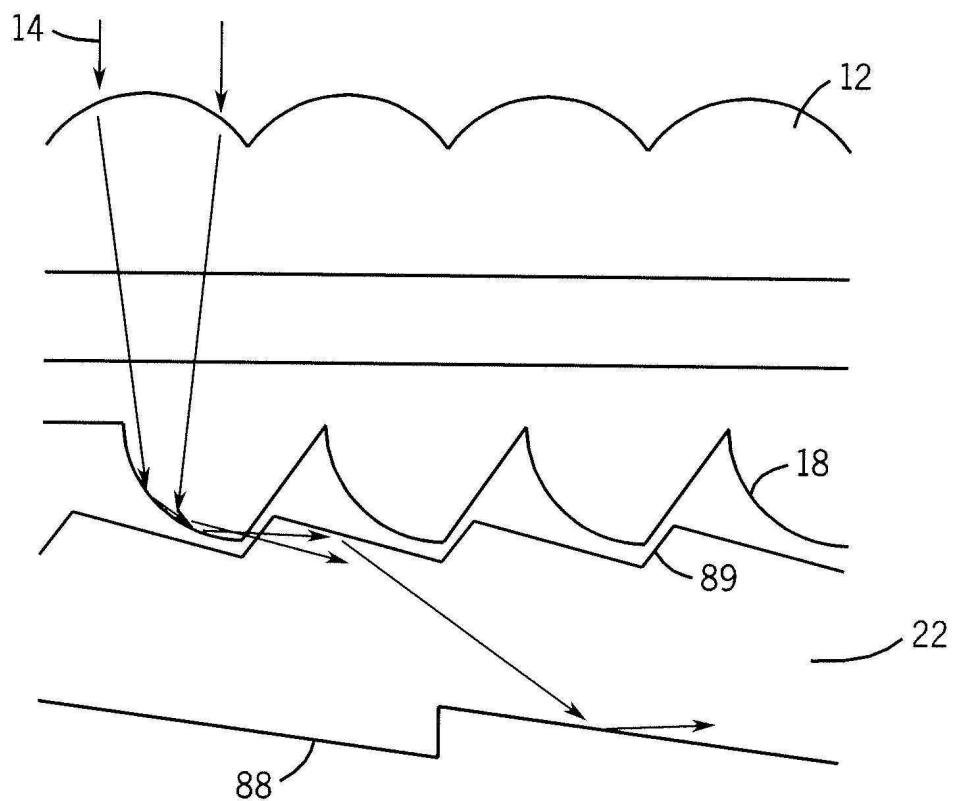
도면33



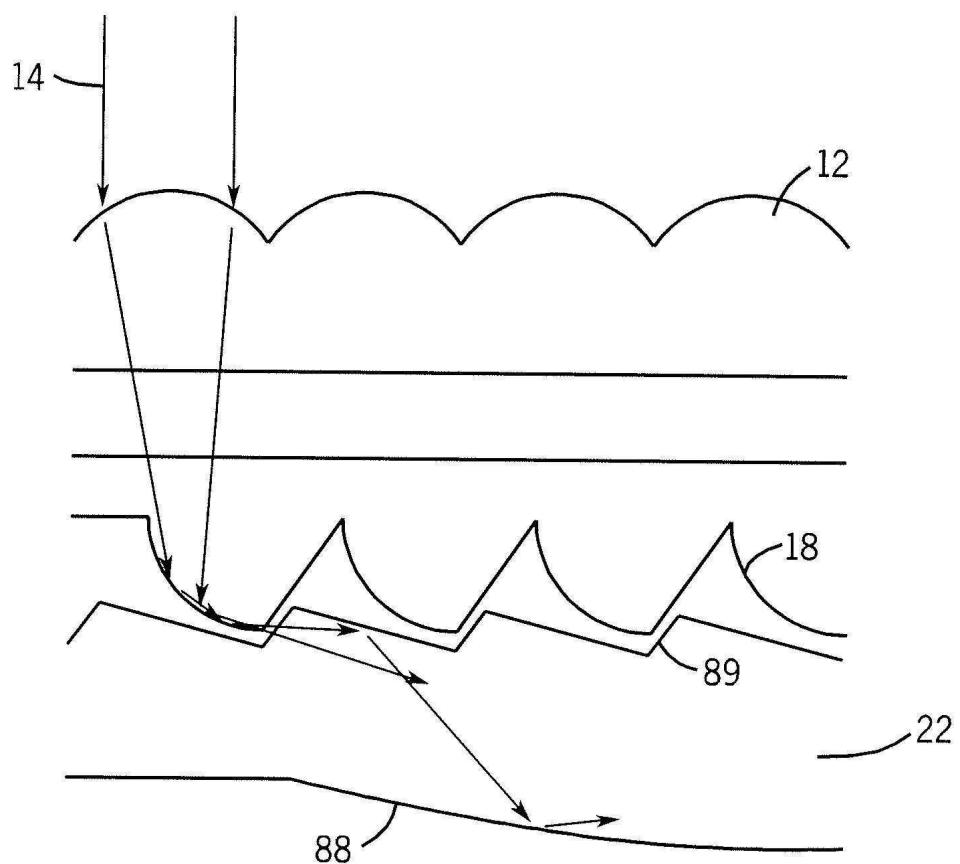
도면34



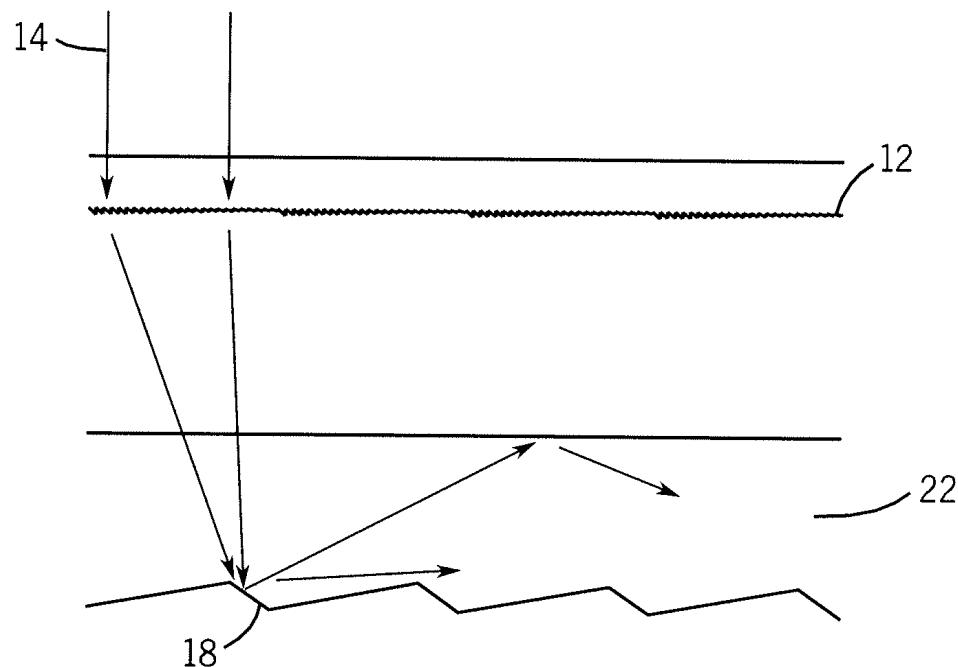
도면35



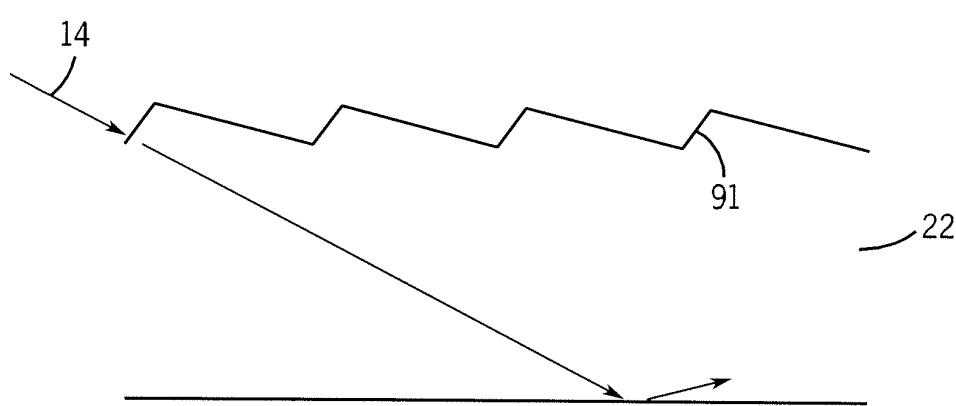
도면36



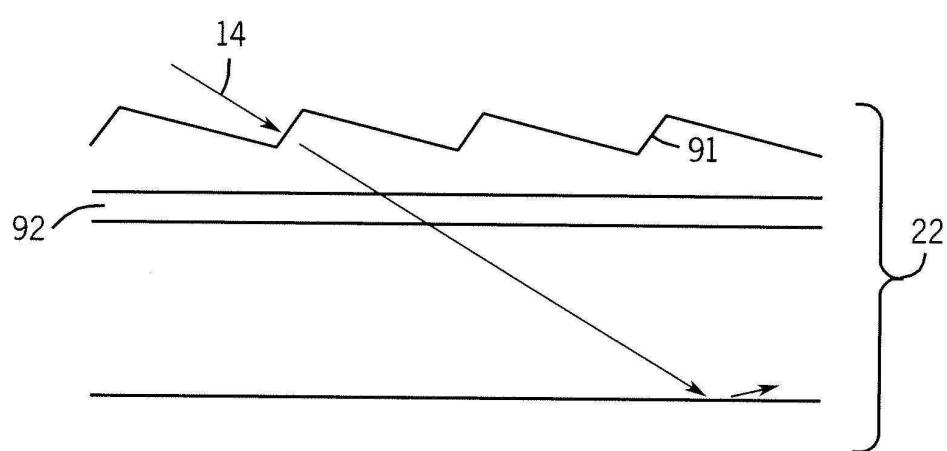
도면37



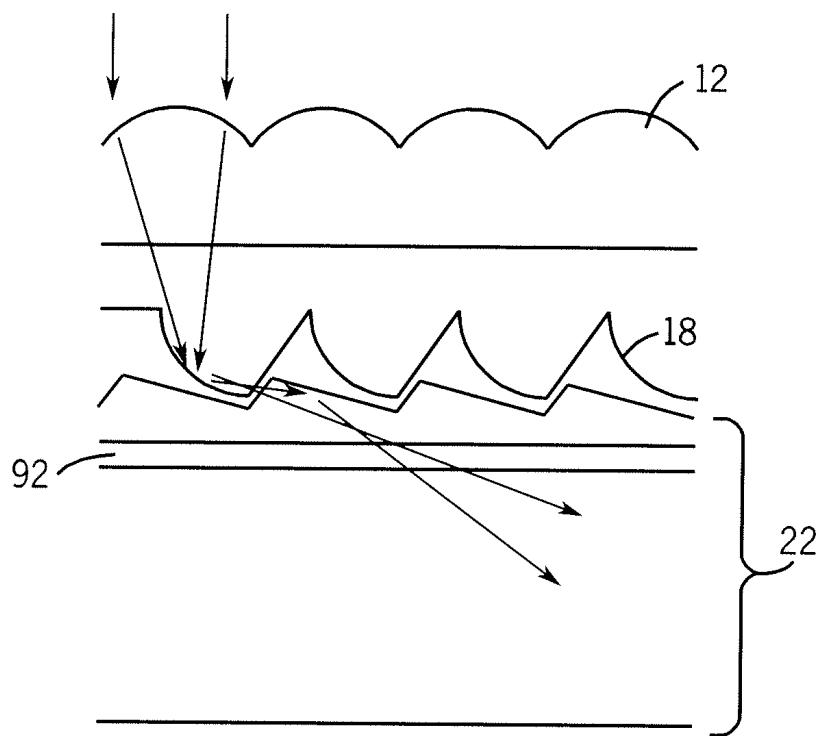
도면38



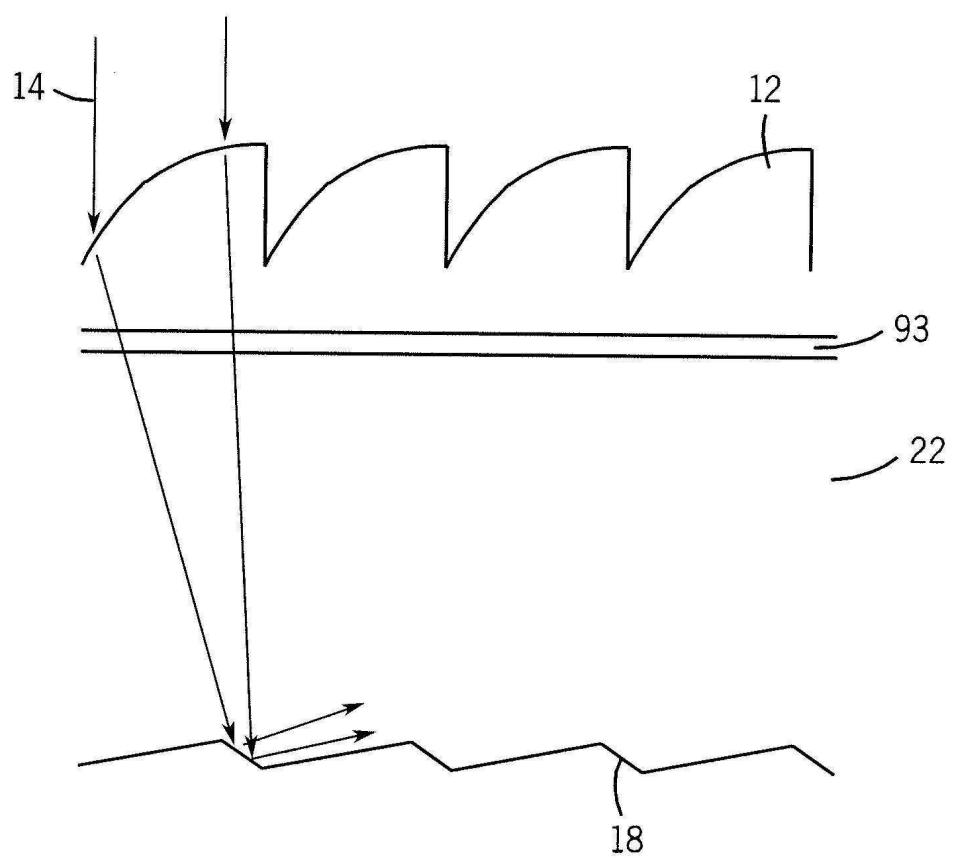
도면39



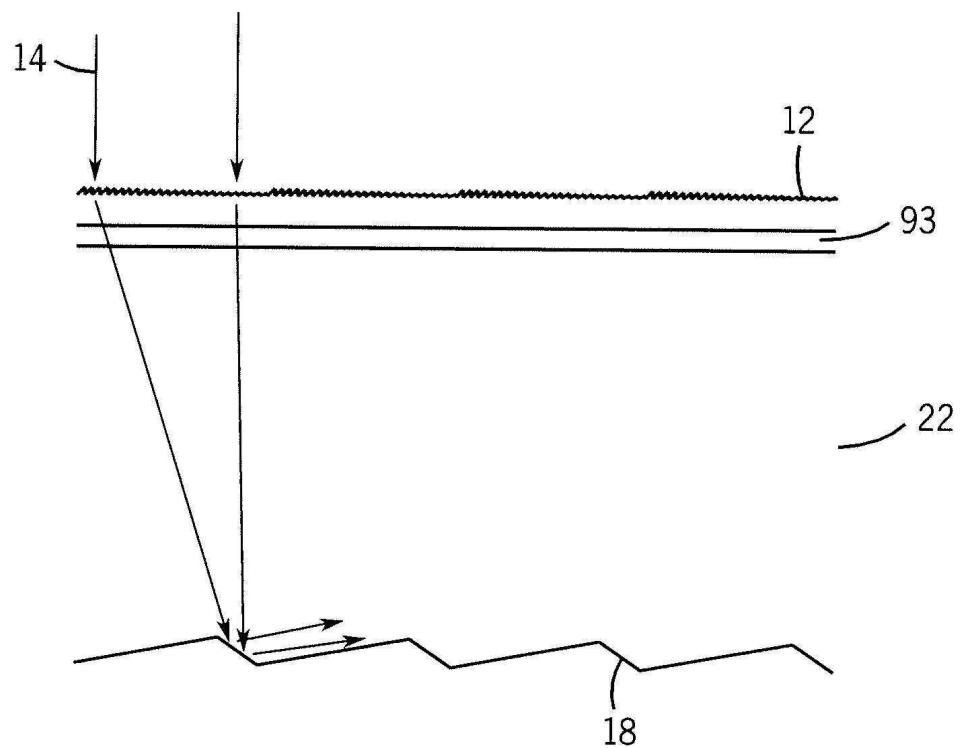
도면40



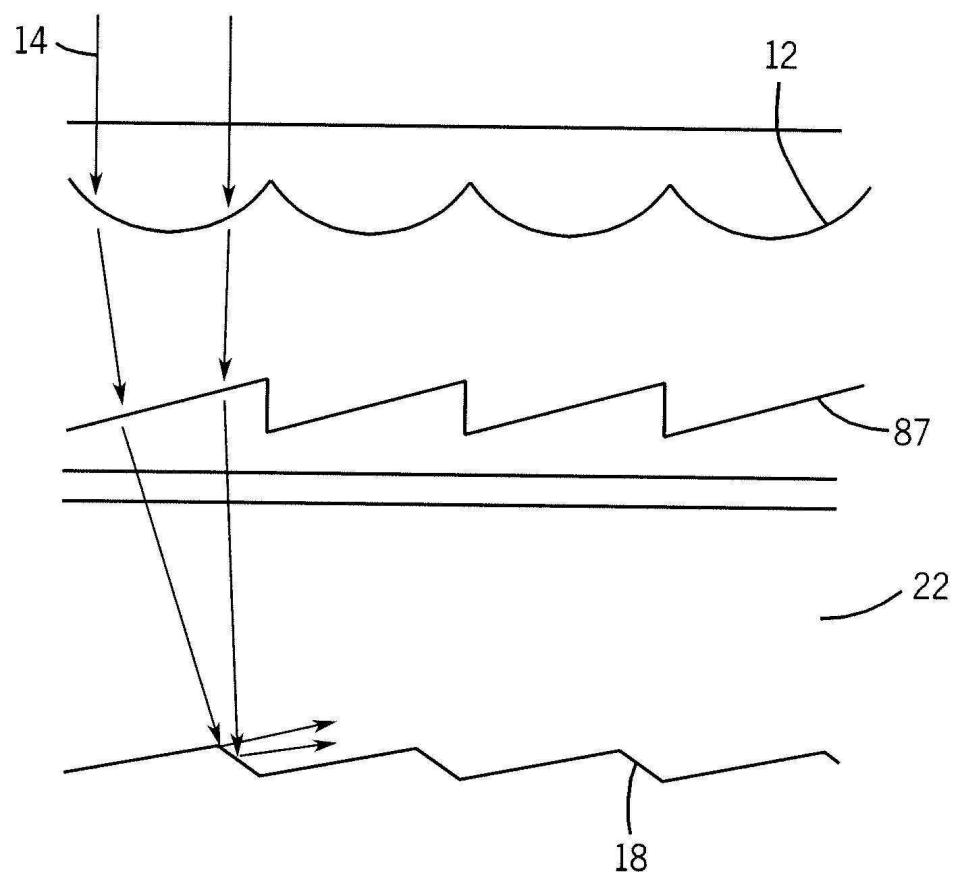
도면41



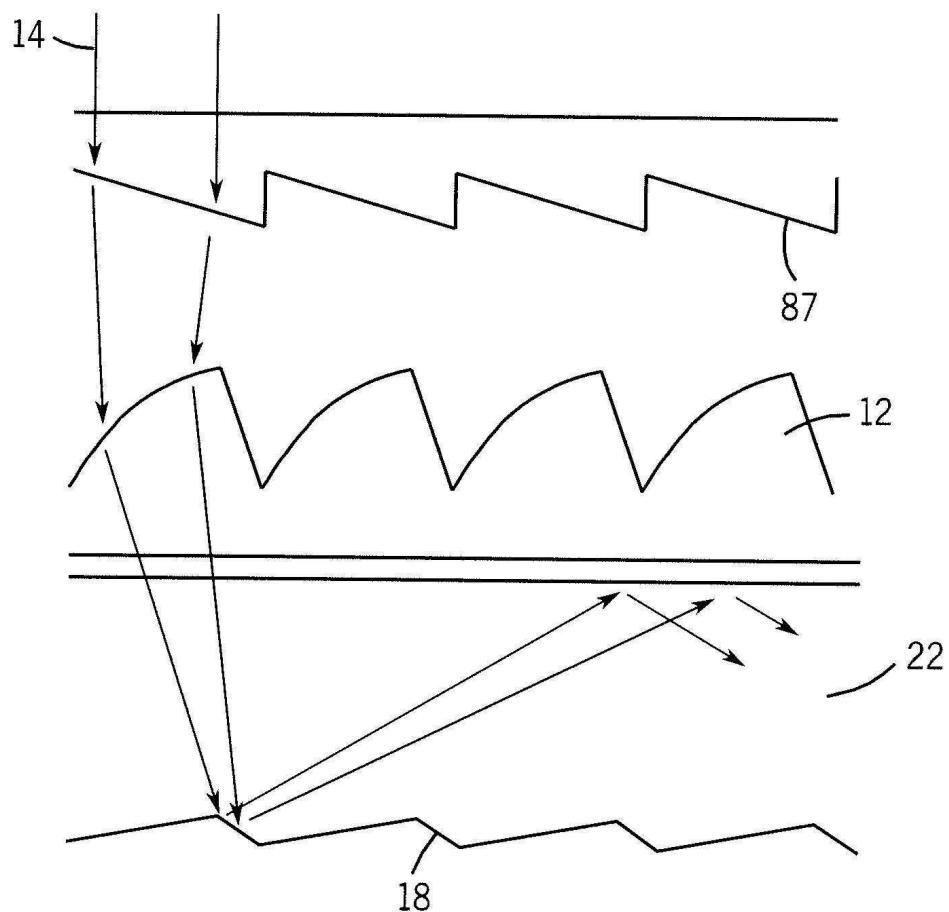
도면42



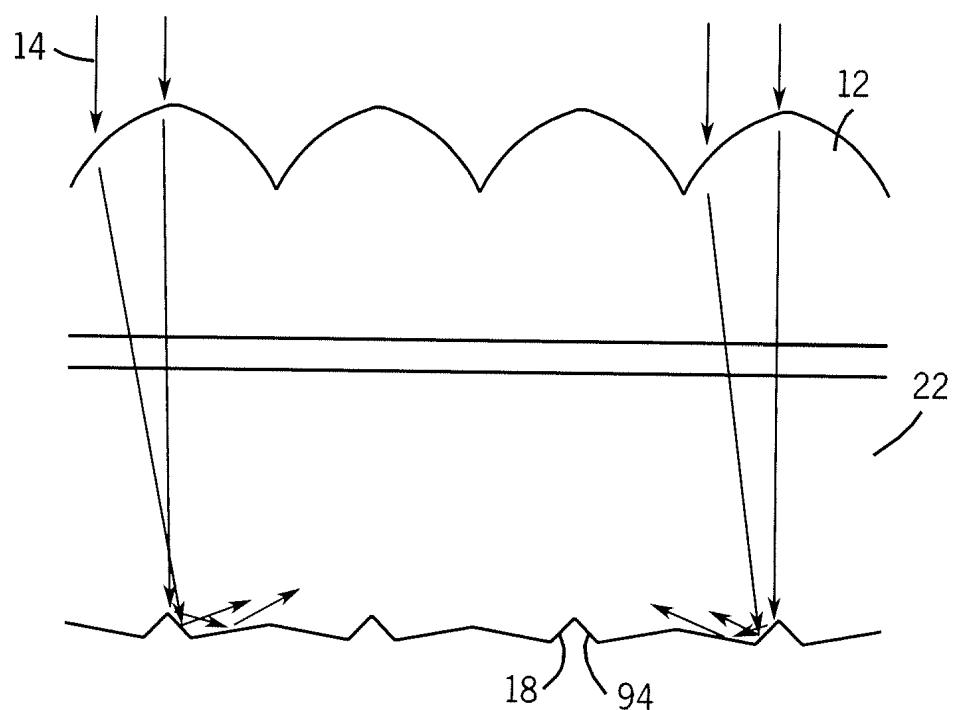
도면43



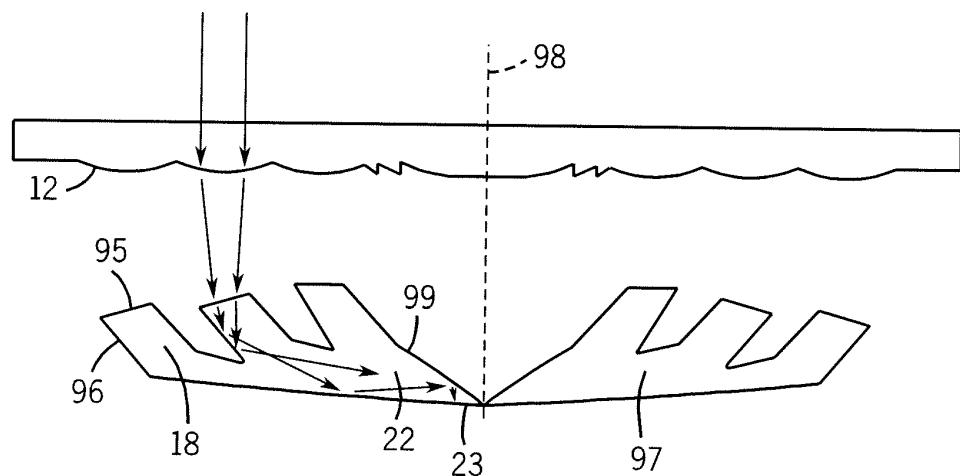
도면44



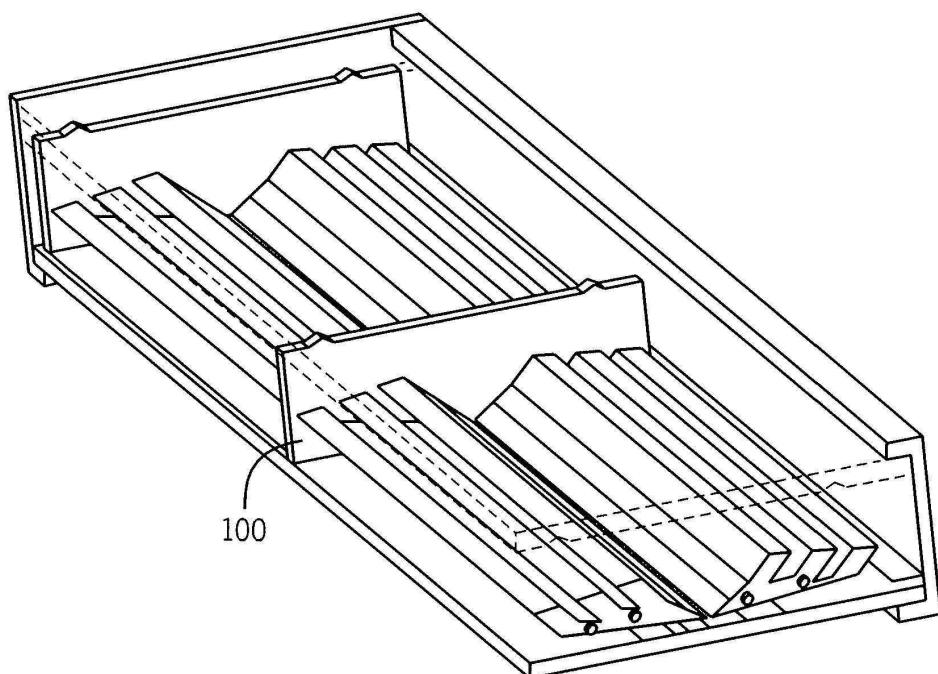
도면45



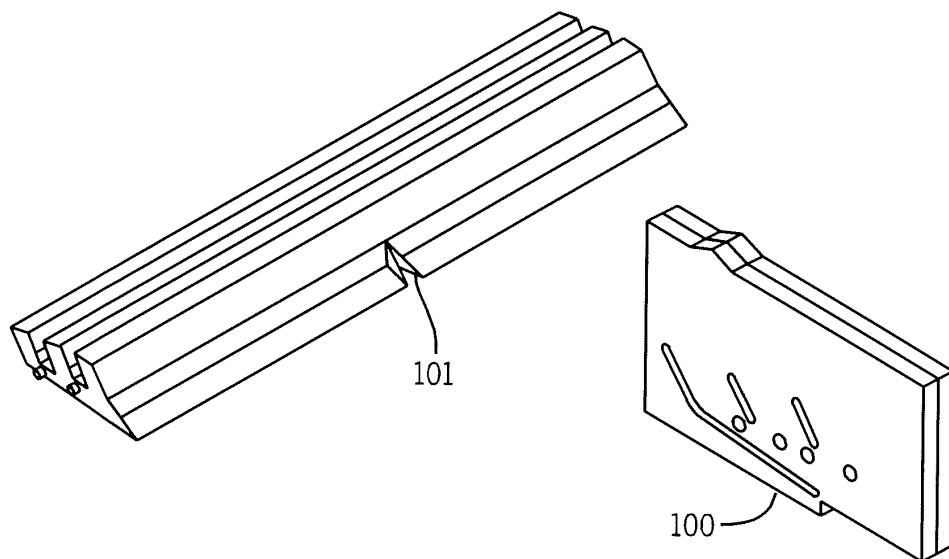
도면46



도면47



도면48



도면49

