	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 (43) 공개일자	10-2013-0130707 2013년12월02일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>G02B 26/08</i> (2006.01) <i>G02B 6/10</i> (2006.01)	(21) 출원번호 10-2013-7010535 (22) 출원일자(국제) 2011년10월26일 심사청구일자 없음 (85) 번역문제출일자 2013년04월25일 (86) 국제출원번호 PCT/US2011/057876 (87) 국제공개번호 WO 2012/058304 국제공개일자 2012년05월03일 (30) 우선권주장 12/939,348 2010년11월04일 미국(US) 61/407,772 2010년10월28일 미국(US)	(71) 출원인 반얀 에너지, 인크 미국, 캘리포니아 94710, 에스티이. 800 버클리, 길먼 스트리트 950 (72) 발명자 고쉬, 손딕 미국, 캘리포니아 94709, 버클리, 에이퍼티. 2, 아치 스트리트 1850 슐츠, 데이비드 셸든 미국, 캘리포니아 94708, 버클리, 쿤즈 로드 1326 (74) 대리인 강명구	

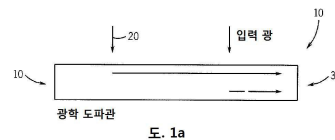
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **집광 및 조명 시스템을 위한 방향전환 광소자**

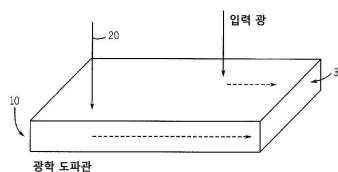
(57) 요약

광을 수집하기 위한 광학 도파관, 광을 수신하기 위한 수광기, 및 광을 광학 도파관에서 수광기로 전달하기 위한 방향전환 광소자를 갖는 광학 시스템. 광학 시스템은, 예를 들어 태양열 적용예에서, 광을 집광하기 위해 사용될 수 있다. 또한 광학 시스템은, 광이 집광 시스템의 역방향으로 흐르도록 수광기를 광원으로 대체함으로써, 조명 적용예에서 광을 확산시키도록 사용될 수 있다.

대표도



도. 1a



도. 1b

특허청구의 범위

청구항 1

광학 집광 시스템으로서,

입력 광을 수집하고 집광시키기 위한 광학 도파관,

집광된 광을 수신하기 위한 수광기,

수광기 위에 위치하는 중앙 방향전환 영역(central redirecting region)

을 포함하며, 광학 도파관의 중앙 방향전환 영역은 광을 광학 도파관에서 수광기 쪽으로 방향전환시키기 위한 방향전환 광소자를 포함하며, 상기 방향전환 광소자는 중앙 축을 중심으로 거울 대칭되며, TIR 누출(TIR leaking)을 가능하게 하는 비스듬한 표면(angled surface)을 갖는, 광학 집광 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 방향전환 광소자는 광학 도파관의 일체형 부분인, 광학 집광 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 방향전환 광소자는 광학 도파관으로부터 분리되어 있는 구성요소인, 광학 집광 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 방향전환 광소자는 광학 도파관에 의해 제공되는 집광도의 수준을 변경하는, 광학 집광 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 방향전환 광소자는 포물선형 표면, 타원형 표면, 쌍곡포물선형 표면, 호(arc), 편평한 반사성 표면, 맞춤 구성된 형태(tailored shape)의 반사성 표면, 내부 전반사성 표면, 복합 포물선형 집광기 광소자, 광 파이프, 및 굴절성 구성요소로 구성된 군 중에서 선택되는, 광학 집광 시스템.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 적어도 2개의 시스템으로부터의 수광기가 조합되어 하나의 연속인 수광기를 형성하도록, 광학 도파관과 방향전환 광소자는 중심 축을 중심으로 거울 대칭되어 적어도 2개의 시스템을 형성하는, 광학 집광 시스템.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 방향전환 광소자에 의해 광학 도파관으로부터의 광 중 일부가 거울 이미지 방향전환 광소자를 향해 굴절되어, 수광기에 의해 수집되도록 거울 이미지 방향전환 광소자를 통과하는, 광학 집광 시스템.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 광학 도파관은, 입력 광을 수광기를 향해 방향전환 광소자를 통과시키기 위해 수광기 위의 영역에서 방향전환 광소자의 외측 면(outer face) 쪽으로 지향시키기 위한 광학 요소를 포함하는, 광학 집광 시스템.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 광학 집광 시스템은 회전 축을 중심으로 축 대칭인, 광학 집광 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 회전 축이 방향전환 광소자의 에지로부터 이격되어 있음으로써, 광학 도파관으로부터의 비-

축 광(off-axis light)이 수광기로 전달됨이 보장되는, 광학 집광 시스템.

청구항 11

청구항 9에 있어서, 방향전환 광소자는 공기, 저울 물질, 또는 반사성 물질의 수직 슬릿(slit)을 포함함으로써, 광학 도파관으로부터의 비-축 광(off-axis light)이 수직 슬릿에서 벗어나 수광기 쪽으로 반사됨이 보장되는, 광학 집광 시스템.

청구항 12

청구항 1에 있어서, 방향전환 광소자와 수광기 사이에 피복(cladding)을 더 포함하는, 광학 집광 시스템.

청구항 13

청구항 1에 있어서, 광학 도파관은 비스듬한 광학 도파관(angled optical waveguide)인, 광학 집광 시스템.

청구항 14

청구항 1에 있어서, 중앙 방향전환 영역에서 지지 광소자를 더 포함하는, 광학 집광 시스템.

청구항 15

광학 시스템으로서,

중앙 축으로부터 축방향으로 뻗어 있는 광학 도파관,

광학 도파관 아래에 위치하고 중앙 축으로부터 뻗어 있는 중앙 수광기

를 포함하되, 광학 도파관은 중앙 축을 중심으로 그리고 중앙 수광기 위에 위치하는 방향전환 영역을 갖고, 상기 방향전환 영역은 광을 중앙 수광기 쪽으로 방향전환시키기 위한 복수의 특징부를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 16

청구항 12에 있어서, 복수의 특징부는 슬릿(slit)인, 광학 시스템.

청구항 17

청구항 12에 있어서, 복수의 특징부는 반사성 도광 벽(guide wall)인, 광학 시스템.

청구항 18

청구항 12에 있어서, 방향전환 영역은 복수의 방향전환 광소자를 더 포함하는, 광학 시스템.

청구항 19

청구항 15에 있어서, 복수의 특징 중 하나는 복수의 방향전환 광소자 각각 사이에 배치되는, 광학 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 출원은 2010년 10월 28일에 출원된 미국 가특허 출원 번호 61/407,772를 기초로 우선권을 주장한다. 이 출원은 또한 2010년 11월 04일에 출원된 미국 가특허 출원 번호 12/939,348를 기초로 우선권을 주장한다. 두 미국 출원 모두의 전체 내용은 본원에 참조로서 포함된다.

[0002] 본 발명은 광 수집 및 전달을 위한 광소자의 분야에 속한다. 적용에는 태양광을 광기전 또는 열 수신기로 집광시키고, 조명 적용을 위해 광을 확산(diffusion)시키는 것을 포함한다.

배경 기술

[0003] 에지 수집기(edge collector) 또는 광학 도파관이 광, 특히, 태양광의 수집과 집광을 위해 사용된다. 에지 수집기 또는 광학 도파관이 이러한 적용예를 위해, 상부 표면으로부터의 광을 수신하고, 집광된 에너지를 장치의 에지로 전달하는 광학 장치로서 형성된다. 도 1a는 광학 도파관(10)의 횡단면의 단순한 개략도를 도시한다. 도 1b

는 동일한 광학 도파관(10)의 3D표현이다.

[0004] 실제로, 이들 유형의 광학 도파관(10)은 일반적으로, 미국 특허 7,664,350 및 7,672,549에 기재된 유형을 가진다. 그 밖의 다른 유형의 광학 도파관은 발광 태양 집광기(luminescent solar concentrator) 또는 염료 발광 태양 집광기(dye luminescent solar concentrator)를 포함한다. 도 1c는 전자 유형의 광학 시스템을 보여준다. 입력 광(20)이 개구부를 가로지르는 복수의 집광 유닛(40) 상에 도달하고, 도파관(10)은 모든 유닛으로부터 집광된 광을 수집하고, 상기 광을 도파관(10)의 에지(30)로 전달한다.

[0005] 그러나 광(20)을 바람직한 방식으로 방향전환(redirect)하기 위해 에지(30)에 위치하는 광소자(50)의 2차 세트를 갖는 것은 많은 이점을 지닌다. 도 2에서, 광(20)은 도파관(10)의 에지(30)로 전달되고, 도파관(10)의 바닥과 평행하게 위치하는 수광기(60) 쪽으로 대략 90도만큼 방향전환(redirect)된다. 본원에 설명된 발명은 이들 2차 방향전환 광소자(50)를 설계하기 위한 다양한 방법을 기재한다. 본 발명은 광학 도파관(10)을 더 유용하게 만든다. 광학 도파관 집광 시스템에 대한 중요한 산업 기준은 압밀성(compactness), 효율, 집광도(level of concentration), 및 제조역량(manufacturability)을 포함한다. 방향전환에 대한 상이한 방법들이 상이한 방식으로 이들 기준에 영향을 미친다.

[0006] 이 광학 도파관(10) 또는 장치에 대한 적용에는 여러 가지이다. 광 에너지가 다양한 수광기로 전달될 수 있다. 도 3a 내지 3d는 집광 또는 확산 광소자, 가령, 렌즈, 복합 포물선형 집광 광소자, 광기전 전지, 또는 열 교환기를 더 포함하는 수광기(60)의 일부 예를 도시하며, 이하에서 더 상세히 기재될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1a는 개략적인 광학 도파관의 횡단면도를 도시한다.

도 1b는 개략적인 광학 도파관의 3차원도를 도시한다.

도 1c는 태양 집광에서 사용되는 광학 도파관을 도시한다.

도 2는 광학 시스템의 하나의 실시예를 도시한다.

도 3은 렌즈 수광기를 갖는 하나의 실시예를 도시하고, 도 3b는 CPC 수광기를 갖는 하나의 실시예를 도시하며, 도 3c는 광기전 전지 수광기를 갖는 하나의 실시예를 도시하고, 도 3d는 열 교환기 수광기를 갖는 하나의 실시예를 도시한다.

도 4a는 광학 시스템의 또 다른 실시예를 도시하고, 도 4b는 광학 시스템의 또 다른 실시예를 도시하며, 도 4c는 방향전환 광소자를 포함하는 서로 인접한 복수의 광학 시스템을 도시하며, 도 4d는 방향전환 광소자가 없는 서로 인접한 복수의 광학 시스템을 도시한다.

도 5a는 방향전환 광소자가 도파관으로 일체 구성되는 실시예를 도시하고, 도 5b는 방향전환 광소자가 도파관으로부터 분리되어 있는 실시예를 도시한다.

도 6a-b는 광학 시스템이 중앙 축을 중심으로 거울 대칭되는 하나의 실시예를 도시한다.

도 7a-c는 방향전환 광소자가 집광도의 수준을 수정하는 실시예를 도시한다.

도 8a는 내부 전반사를 이용하는 방향전환 광소자를 도시하고, 도 8b는 부분 굴절을 이용하는 방향전환 광소자를 도시한다.

도 9는 반사를 이용하는 방향전환 광소자를 도시한다.

도 10a는 포물선형 곡선으로 구성된 방향전환 광소자를 도시하고, 도 10b는 부분 굴절을 이용하는 포물선형 곡선을 포함하는 방향전환 광소자를 도시하며, 도 10c는 부분 반사 물질을 포함하는 포물선형 곡선으로 구성된 방향전환 광소자를 도시하며, 도 10d는 포물선형 곡선과 편평한 면을 포함하는 방향전환 광소자를 도시한다.

도 11a는 TIR 누출을 나타내는 방향전환 광소자의 하나의 실시예를 도시하며, 도 11b는 TIR 누출을 보이는 방향전환 광소자의 또 다른 실시예를 도시하고, 도 11c는 TIR 누출을 보이는 방향전환 광소자의 또 다른 실시예를 도시한다.

도 12a는 방향전환 광소자와 수광기 사이에 공기를 포함하는 방향전환 광소자의 하나의 실시예를 도시하고, 도 12b는 방향전환 광소자와 수광기 사이에 피복 물질을 갖는 방향전환 광소자의 하나의 실시예를 도시한다.

도 13a는 광학 시스템의 하나의 실시예를 도시하며, 도 13b는 비스듬한 도파관을 포함하는 광학 시스템의 하나의 실시예를 도시하고, 도 13c는 반향전환 광소자와 수광기 사이에 피복 물질이 있는 방향전환 광소자의 하나의 실시예를 도시한다.

도 14a-c는 광 파이프 방향전환 광소자의 다양한 실시예를 도시한다.

도 15a는 방향전환 광소자와 수광기 사이에 피복 물질이 있는 방향전환 광소자의 하나의 실시예를 도시하고, 도 15b는 방향전환 광소자와 수광기 사이에 피복 물질과 유리가 있는 방향전환 광소자의 하나의 실시예를 도시한다.

도 16a-e는 광학 시스템의 다양한 실시예를 도시한다.

도 17a는 선형 대칭 광학 시스템을 도시하고, 도 17b는 축 대칭 광학 시스템을 도시하며, 도 17c-f는 축 대칭 광학 시스템 및 이와 연관된 방향전환 광소자의 다양한 실시예를 도시한다.

도 18은 조명 적용예를 위해 구성되는 광학 시스템의 하나의 실시예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 바람직한 실시예에서, 도 4a에 도시된 것처럼, 도파관(10)으로부터의 광이 수집 평면(plane of collection)에 대략 수직인 방향으로 이동한다. 광(20)의 원뿔의 전파의 각도를 변경하기 위해, 방향전환 광소자(50)는 이 광(20)을 수광기(60)로 방향전환시킨다.
- [0009] 바람직한 실시예에서, 도 4b에 도시된 것처럼, 광학 도파관(10)은 도파관(10) 내 자신의 전파 각도에 실질적으로 수직인 방향으로 광(20)을 방향전환시킨다. 이는 도 4c에 나타난 것처럼 수광기(60)가 수집 평면에 평행하게 놓이는 것을 가능하게 한다. 도 4d는 광학 도파관(10)이 자신과 연관된 방향전환 광소자를 갖지 않은 경우, 도 파관(10)과 수광기(60)가 어떻게 서로 간섭을 일으키는지를 나타낸다. "광소자 층(optics layer)"(방향전환 광소자(50)) 및 "수광기 층"(수광기(60))이 쉽게 조립 및 짝결합(mate)될 수 있는 수평 슬래브(slab) 섹션을 형성한다. 2개의 층은 견고하고 내구성 있는 박판 구성을 형성할 수 있다. 수광기(60)들 간의 연결이 더 쉽게 만들어질 수 있는데, 예를 들어, 광기전 전지 수광기들 간의 전기적 상호 연결이 있다. 수광기(60)(가령, 광기전 전지)가 승온됨에 따라, 개별 수광기 층을 갖는 것이 후면 열 싱크(heat sink)로부터의 더 효율적인 열 전달을 가능하게 한다.
- [0010] 이하의 섹션 각각은 방향전환 광소자(50)에 의해 해결되는 특정 문제와 상기 문제를 해결하는 일부 선호되는 방법의 개요를 서술한다.
- [0011] 1. 동일 부분 또는 별개 부분으로서의 방향전환기
- [0012] 도 5a에 도시된 것처럼, 방향전환 광소자(50)는 도파관(10)과 동일한 제조 부분의 특징이도록 구성될 수 있다. 도 5b에 도시된 것처럼, 방향전환 광소자는 또 다른 실시예에서 별개 부분일 수도 있다.
- [0013] 동일 부분으로 만들어지는 것은 도파관(10)에 대해 이점을 갖는데, 즉, 제조 단계가 더 적고, 부분들 간 정렬이 필요 없으며, 계면들 사이에 어떠한 소실도 없기 때문에 효율이 더 클 가능성이 있다.
- [0014] 도파관(10)과 방향전환 광소자(60)의 구성요소에 대해 개별 부분으로 만들어지는 것은 광 집광도의 수준을 보존하거나 향상시키는 데 도움이 될 수 있다. 계면(70)은 내부 전반사(TIR: totally internally reflecting) 표면으로서 기능할 수 있고, 따라서 도파관(10) 내부에 광(20)을 더 잘 유지할 수 있다.
- [0015] 2. 거울 이미지
- [0016] 도 6a는 앞서 언급된 것과 같은 광학 도파관(10)과 방향전환 광소자(50)를 도시하는데, 여기서 입력 광(20)의 수집 영역과 광소자 구성요소의 높이가 나타나 있다.
- [0017] 도 6b에서, 도파관(10) 광소자, 방향전환 광소자(50), 및 수광기(60)의 조합이 중앙 축을 중심으로 거울 대칭된다. 그 후, 수광기(60)는 하나의 연속하는 부분으로서 구성될 수 있다. 따라서 광을 단일 수광기(60)로 전달하는 수집 영역은 두 배가 되고, 총 구성의 높이는 변하지 않는다. 따라서 구성은 수광기(60)의 주어진 면적에 대해 2배 더 압밀(compact)하다.
- [0018] 덧붙여, 전체 거울 대칭되는 도파관 및 방향전환 조합이 하나의 부분으로 제조됨으로써, 제조를 단순화시킬 수 있다.

- [0019] 3. 2차 집광
- [0020] 광학 도파관(10)은 수집 면적 A1을 에지의 영역 A2로 나눈 값으로 정의되는 도 7a의 실시예에서 C1으로 나타나는 바와 같은 특정한 집광도 수준을 전달한다. 방향전환 광소자(50)는 이러한 집광도 수준으로 광(20)을 수신하고, 수광기(60)로 전달된다면 집광도 수준을 변경할 수 있다.
- [0021] 방향전환 광소자(50)에 의해 야기되는 2차 집광(secondary concentration)은 C2로 나타내어지고 A2, 즉, 방향전환 광소자(50)에 대한 입력 면적, 및 A3, 즉 방향전환 광소자(50)에 대한 출력 면적의 비로 정의된다. 최종 집광도 수준은 Cfinal로 나타내어지고, A1/A3으로 정의된다.
- [0022] 도 7a에서, 방향전환 광소자(50)는 광학 도파관(10)으로부터의 집광도의 수준을 증가시킨다. 따라서 Cfinal은 C1보다 크다. 가령, 태양 패널(solar panel)의 비용을 감소시키기 위해 광기전 전지 재료의 면적을 감소시킬 때와 같이, 집광도 팩터(concentration factor)가 핵심 파라미터인 경우, 방향전환 광소자(50)로부터의 2차 집광이 유익할 수 있다.
- [0023] 도 7b의 실시예에서, 방향전환 광소자(50)는 광학 도파관(10)으로부터의 집광도의 수준을 감소시킨다(Cfinal < C1). 도 7b의 특정 실시예에서, 단순한 편평한 면(flat facet)(80)은 광학 도파관(10) 또는 에지 수집기의 수평 바닥에 대해 대략 완만한 각(shallow angle)으로 배치되고, 집광도의 감소를 전달할 수 있다. 도 7c에서, 이 실시예는 추가 예시를 제공한다. 광학 도파관(10)이 주목할만한 집광도 수준을 전달했을지라도, 방향전환 광소자(80)는 최종 집광도 팩터를 약 2x까지로 감소시켰다. 이는, 예를 들어, 전체 광학 시스템은 매우 압밀하게 유지하면서, 태양 전지 물질을 2배만큼 감소시키고, 대면적의 연속 태양 전지를 갖는 것이 바람직할 때, 이로울 수 있다.
- [0024] 4. 내부 전반사의 한계
- [0025] 방향전환되도록 광(20)을 반사시키기 위해 내부 전반사(TIR)가 사용될 수 있다. 반사성 코팅은 자신에게 도달한 에너지의 일부를 흡수할 것인데 반해, 이는 거의 무소실이기 때문에 반사성 코팅보다 뛰어나다. 또한, 반사성 코팅의 추가적인 제조 단계 및 재료 비용을 제거하기 때문에, 더 저렴하다.
- [0026] 그러나 내부 전반사는 광소자 및 이를 둘러싸는 물질의 굴절률에 의해 형성되는 임계각(critical angle)보다 큰 입사각을 제공하는 광선에 대해서만 발생한다.
- [0027] 도 8a의 실시예에서, TIR 한계에서의 편평한 방향전환 광소자(50)가 도시된다. 광선(90)과 계면의 법선 사이에 형성된 각 세타(theta)가 임계각보다 간신히 크다. 도 14a-c는 광선(90)의 각이 임계각보다 작을 때 어떤 일이 발생하는지를 보여준다(광선이 방향전환 광소자(50) 표면을 통해 굴절되고 수광기(60)로 전달되지 않는다). 따라서 TIR을 이용하기 위한 요건이 효율을 보존하면서 추가적인 2차 집광이 발생할 수 있는 횡수에 대해 제약을 둔다.
- [0028] 5. 반사성 코팅
- [0029] 또 다른 실시예에서, TIR 한계가 허용하는 것보다 더 광을 집광시키기 위해 반사성 코팅이 채용될 수 있다. 도 9는 이 실시예를 도시한다. 이 경우, 입사각은, 광(90)이 실질적으로 소실된 도 8b의 것과 유사하다. 여기서, 대신, 광선(90)은 수광기(60) 쪽으로 반사된다. 따라서 반사체(100)에 의해 방향전환 광소자(50)는 광학 도파관(10)에 대해 더 가파른 경사를 제공하는 형태를 가지며, 이는 계면을 통과하는 광선 소실 없이 2차 집광을 향상시킬 수 있다. (그러나 본원의 섹션 4에서 기재된 것처럼, 효율에 대한 트레이드오프(tradeoff)는 반사체가 자신에게 도달하는 에너지의 일부를 흡수한다는 것이다.)
- [0030] 6. 곡선형 방향전환 광소자
- [0031] 곡선형 섹션, 가령, 도 10a의 포물선형 섹션(110)은 2차 집광을 전달할 때 편평한 표면보다 더 효율적일 수 있다. 곡선, 가령, 포물선은 포커싱 광학 표면(focusing optical surface)이고, 따라서 광학 도파관(10)으로부터 광 원뿔을 취하고, 수광기(60)로 전달되는 2차 수준의 집광을 수행할 수 있다.
- [0032] 그러나 도 10b에 도시된 것처럼, 곡선(110)은 내부 전반사를 위해 입사각을 초과하는 광(90)의 입사각을 갖기에 충분히 가팔라질 수 있다. 두 가지 해결책이 가능하다. 첫째, 도 10c에 도시된 것처럼, 반사성 코팅(120)이, 다른 경우라면 광 누출(leaking out)을 보였을 곡선(110)의 섹션에 적용될 수 있다. 둘째, 방향전환 광소자를 따라 TIR이 항상 이뤄지도록, 포물선(110)이 TIR 한계에서 절단될 수 있고, 편평한 면(130)이 곡선의 단부와 동일한 각도로 사용될 수 있다. 이 특징은 도 10d에서 나타난다.

[0033] 7. TIR "누출"

[0034] 또 다른 실시예에서, 광학 도파관(10)과 방향전환 광소자(60)가 거울 대칭될 때, 도 11a에 도시된 것처럼, 방향전환 광소자(50) 표면으로부터의 광(140)의 약간의 누출은, 대향하는 방향전환 표면에 의해 수집되고 수광기(60)로 전달되기 때문에, 허용될 수 있다. 이는, 방향전환 광소자(50) 표면이 가파른 각으로 배치될 수 있고, 따라서 수광기(60)의 필요한 면적을 축소시킬 수 있기 때문에, 얻어질 수 있는 2차 집광을 증가시킬 수 있다.

[0035] 또 다른 실시예에서, 이러한 효과를 이용하기 위해 면(160)들의 연결이 가능하며, 이때, 도 11b에 도시된 것처럼, 면(160)들 중 더 가파른 면일수록 바닥 표면에 더 가까이 위치한다. 각각의 면(160)은, 면에 입사하는 광선의 각의 범위가 주어질 때 집광도와 효율 모두를 최대화하기 위해 적절한 각으로 배치될 수 있다. 또는, 도 11c의 실시예에 도시된 것처럼, 면(160)들의 연결에 가까운 곡선형 표면(170)이 동일한 것을 달성하기 위해 적용될 수 있다. 또한 도 11c에 도시된 것처럼, 방향전환 광소자(50)는 복수의 곡선, 가령, 포물선 섹션(170)과 호(180)로 구성될 수 있다.

[0036] 8. 바닥 상의 피복재

[0037] 또 다른 실시예에서, 광소자(50)의 바닥과 수광기(60)의 상부 사이에 공기(190)가 사용되는 경우, 도 12a에 도시된 것처럼, 방향전환 광소자(50)를 빠져나가는 광(210)이 원뿔각을 증가시키도록 회절할 것이다.

[0038] 도 12b에 도시된 것처럼, 피복 물질(200)이 도파관-방향전환 광소자 구성의 바닥에 도포될 수 있다. 피복(200)은 방향전환 광소자(50)의 매질보다 낮은 굴절률을 가진다. 이로 인해서, 광학 시스템의 바닥으로부터의 굴절이 완화되기 때문에(광선(210)이 광소자에서 또 다른 물질로의 이동할 때보다 광소자에서 가능한 최저 굴절률을 갖는 공기로 이동할 때 더 많이 굴절될 것이기 때문에), 수광기(60)에서의 광(210)의 원뿔이 더 좁아진다. 방향전환 광소자(50)로부터의 원뿔각을 완화시키는 것이 전체 광학 시스템에 의해 얻어지는 집광도의 수준을 보존하는데 도움이 될 수 있다.

[0039] 또한 피복은 효율 이점을 제공할 것이다. 프레넬 반사(Fresnel reflection)가 상이한 굴절률들의 계면에서 발생하고, 여기서 굴절률의 차이가 클수록 더 많이 소실된다. 광소자와 수광기(160) 사이에 공기를 갖는 것이 가장 큰 프레넬 반사 소실을 초래할 것이다.

[0040] 또한 피복은 구조적 이점과 신뢰성 이점을 제공할 수 있다. 피복은 환경 보호가 필요한 민감한 물질, 가령, 광기전 전지를 캡슐화할 수 있다. 또한 피복은, 예를 들어, 온도가 증가하는 환경에서 상이한 팽창 속도로 인한 광소자와 수광기(160) 사이의 응력을 분해할 수 있다.

[0041] 9. 비스듬한 도파관(angled light guide)

[0042] 대안적 실시예에서, 도 13a에 도시된 것처럼, 도파관(10)에서 광 원뿔의 전파 방향은 입력 광에 정확히 수직일 필요는 없다. 일 변형예에서 도 13b에 도시된 것처럼, 도파관(220)은 수평선에 대해 비스듬하게 구성될 수 있다.

[0043] 비스듬한 형태의 도파관(10)은 TIR 한계에서 더 우수한 2차 집광이 유지될 수 있게 하기 때문에 방향전환 광소자(50)에 대해 바람직하다. 이유는 광이 더 작은 필요한 방향전환 각을 갖기 때문이다. 도 13b는 이러한 이점을 나타낸다 - 광선(90)은 도 13a에 나타난 것보다 더 큰 각도에 걸쳐 내부 전반사를 통해 반사될 수 있다.

[0044] 도 13c는 비스듬한 도파관(220)이 바닥 상의 피복(200)과 결합될 때 필요한 면(230)의 각의 변경을 도시한다. 초점 영역(25)으로부터 반사되는 극한 광선(extreme ray)을 다루기 위해, 최종 면(24)("면 2")은 이전 면(23)("면 1")보다 완만한 각으로 있을 필요가 있으며, 그렇지 않은 경우, 초점 영역으로부터 반사되는 광선(235)이 면 2를 통해 굴절하여 위쪽으로 빠져나갈 것이다.

[0045] 10. 방향전환 광 파이프

[0046] 대안적 실시예는 더 우수한 2차 집광을 얻기 위해 종횡비를 증가시키는 것과 관련된다. 도 14a는 광(265)을 방향전환시키기 위한 곡선형 광 파이프(260)의 사용을 도시한다. 광학 도파관(10)-방향전환 광소자(260)의 종횡비는 상당히 더 크게 만들어진다. 도 14b는 방향전환 광소자의 곡선형 표면을 맞춤 구성(tailoring)하거나 파이프 특징부 유형의 방향전환 광소자(260)를 차츰 가늘어지게 함으로써, 2차 집광을 이루는 것을 제외하고 동일한 구성을 도시한다. 도 14c는 곡선형 섹션 대신 방향 전환 광소자(260)에 대한 편평한 면을 가진다는 것을 제외하고 유사한 접근법을 도시한다.

- [0047] 지금까지 설명한 바와 같이, 파이프 특징부(260)는, 광학 도파관(10)에 의해 제공되는 집광도의 수준을 보존하고, 광 원뿔을 수광기(60)를 직접 대면하도록 배향하며, 2차 집광도의 최대 수준을 얻을 수 있기 때문에, 원칙적으로 방향전환 광소자보다 더 우수한 2차 집광을 달성할 수 있다. 이전의 방향전환 광소자는 최대 허용 가능한 수준의 2차 집광도를 얻는 것을 방해하는 내부 전반사 제약에 직면했다.
- [0048] 그러나 이전의 방향전환 광소자(260)는 광학 도파관의 압밀성(compactness)을 유지한다. 따라서 다음의 트레이드오프가 나타난다:
- [0049] • 최고 압밀성과 최고 효율을 달성하지만 최고 집광도는 달성하지 않는 TIR 비-파이프 접근법
- [0050] • 최고 압밀성과 최고 집광도를 달성하지만 최고 효율은 달성하지 않는 반사체 비-파이프 접근법
- [0051] • 최고 집광도와 최고 효율은 달성하지만 최고 압밀성은 달성하지 않는 TIR 파이프 접근법
- [0052] 11. 바닥 유리
- [0053] 또 다른 실시예는 우수한 집광도를 얻기 위해 중형비를 약간 증가시킨다. 도 15a는 이미 설명된 설계를 도시하며, 여기서, 방향전환 광소자(50)가 피복 층(200)을 가진다. 도 15b는 유리(270) 같은 광학 재료의 시트가 도파관-방향전환 광소자 구조의 바닥에 배치되는 방식을 도시한다. 추가 높이에 의해, 광(275)이 더 긴 이동 거리를 갖기 때문에 더 우수한 2차 집광이 가능해지며, 예지 광선의 작은 이동 거리가 길수록 최종 초점 영역을 축소시키도록 정해진다.
- [0054] 또한 바닥 유리(270)는, 광학 구성요소 내 공극(void)을 초래할 수 있는 먼지 및 습기로부터, 그리고 열 및 그 밖의 다른 팽창 및 수축으로 인한 기계적 응력으로부터 수광기(60)(가령, 태양 전지)를 보호하는 기계적 및 환경적 장벽으로서 기능할 수 있다.
- [0055] 12. 중앙 방향전환을 위한 지지 광소자
- [0056] 전체 도파관-방향전환 광소자 구조물이 상부 표면으로부터 광(20)을 효율적으로 수집하도록 설계되기 때문에, 구조물의 (방향전환 광소자 위의) 중앙 영역 상에 도달하는 광(20)도 최적의 효율을 위해 수집되어야 한다.
- [0057] 도 16a는 중앙 방향전환(central redirection)을 위한 지지 광소자를 포함하는 완전한 도파관(10)-방향전환 광소자(50) 조합을 갖는 하나의 실시예를 도시한다. 광학 도파관(10)의 전체 전면 표면에 도달하는 입력 광(20)이 수광기(60)로 전달되도록 설계된다.
- [0058] 도 16b는 중앙 방향전환 영역의 확대도를 나타낸다. 앞서 언급된 바와 같은 수광기(60)로의 경로와 함께, 광학 도파관(10)으로부터의 광선(280)이 도시된다.
- [0059] 문제는 중앙 방향전환(50) 영역으로부터의 광선(20)이 어떻게 수광기(60)로 나아갈 수 있느냐는 것이다. 세 가지 접근법이 가능하며, 조합되는 것이 바람직하다. 첫째, 방향전환 광소자(50) 상에 서로 다른 비스듬한 표면을 수용하도록, 광학 도파관(10)의 섹션의 설계가 수정될 수 있다. 도 16c에서, 수광기(60) 쪽으로의 방향전환 광소자 표면(310)의 기울어짐을 수용하기 위해, 광선(280)이 이동할 때 통과하는 시스템은 더 큰 렌즈(290)와 먼(300) 특징부를 가진다. 따라서 광선(280)은 앞서 설명된 다른 실시예로부터 광학 도파관(10) 시스템 내 광선(20)과 상이한 경로를 통해 이동한다.
- [0060] 둘째, 광(280)을 방향전환 광소자(50) 상의 적절한 위치로 지향시켜, 광이 수광기(60)로 전달되도록, 상부 요소에 특징부들이 배치될 수 있다. 도 16d에서, 광선이 수광기(60) 바로 위의 영역에서 방향전환 광소자 표면(310)과 교차하도록 상부 요소의 바닥 상의 톱니 특징부(320)가 광선(280)을 방향전환시킨다. 이러한 톱니 특징부(320)가 없는 경우, 광선(280)이 수광기(60)에 충돌하지 않아서 효율이 제한되거나, 수광기(60)가 광선(280)을 수용하기에 더 넓어서 집광을 제한할 것이다.
- [0061] 셋째, 광학 구성요소의 시스템의 중심에 충분히 가까이 있는 광선은 방향 변화 없이 통과될 수 있다. 이들 광선은 방향전환 표면 광소자(310)에 충돌할 때 약간의 굴절을 겪지만, 이들은 시스템의 중심에 충분히 가까워서, 수광기(60) 상에 결국 도달함이 보장된다.
- [0062] 앞서의 두 번째 및 세 번째 선택사항은 전체 방향전환 광소자(310)가 반사체 없이 구성될 것을 요구한다 - 즉, 순수 TIR이 사용된다. 방향전환 광소자(310) 상의 반사성 코팅은 중앙 방향전환 영역으로부터의 들어오는 광선을 차단할 것이며, 이는 효율을 제한한다.
- [0063] 도 16a-e는 하나의 바람직한 실시예에서 이전 섹션들에서 언급된 다수의 요소들을 조합한다.

- [0064] · 섹션 1에서 단순화된 제조를 위해 방향전환 광소자(310)는 광학 도파관(10)과 하나의 부분으로서 만들어진다.
- [0065] · 섹션 2에서 광학 도파관(10)-방향전환 광소자(50)는 중앙 축을 중심으로 거울 대칭되어, 전체 장치의 수집 영역 및 압밀성이 증가한다.
- [0066] · 섹션 3에서 $C_{final} > C1$ 이도록 광학 도파관(10)은 2차 집광을 이룸으로써, 수광기(60) 영역이 감소되고, 따라서 수광기 비용이 감소된다.
- [0067] · 섹션 4에서 방향전환 광소자(310)는 효율을 최대화하기 위해 내부 전반사를 이용한다.
- [0068] · 섹션 6에서 2차 집광도를 증가시키기 위해 방향전환 광소자(310)는 포물선형 곡선을 채용하고, 그 후, TIR 한계에 도달할 때 편평한 면으로 곡선을 절단(truncate)한다. (몇 개의 편평한 면에 의해 포물선형 곡선이 근사되어, 비교될만한 결과를 얻을 수 있다)
- [0069] · 섹션 7에서 방향전환 광소자(310)는 "TIR 누출"을 가능하게 한다 - 일부 광선이 임계각을 위반하여, 거울 이미지 표면 너머로 굴절될 수 있지만, 그럼에도, 여기서 광선은 수광기(60)에 의해 수집된다. 이로 인해, 방향전환 표면(310)은 추가적인 2차 집광을 가능하게 하는 더 가파른 각을 가질 수 있다.
- [0070] · 섹션 8에서 방향전환 광소자와 수광기 사이에서 피복(200)이 사용되어, 집광, 효율, 구조적 지지, 및 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0071] · 섹션 9에서 광학 도파관(10)은 비스듬한 도파관(angled waveguide)이다. - 즉, 도파관(10)은 입력 광(20)에 완벽하게 수직이 아니다. 이로 인해, 방향전환 광소자(310)는 더 가파른 각을 가질 수 있고, 이로써 얻어질 수 있는 2차 집광도가 증가한다.
- [0072] · 섹션 12에서, 지지 광소자(290, 300, 320)가 방향전환 광소자(310) 위의 광학 도파관(10)의 중앙 방향전환 영역에서 구성된다. 이들 지지 광소자는 중앙 영역에 입사하는 광이 방향전환 광소자(310)를 통해 수광기(60)로 전달됨을 보장하여, 효율 및 집광도를 최대화한다.
- [0073] 앞서 언급된 바와 같이, 방향전환 광소자(50)는 포물선형 표면, 타원형 표면, 쌍곡포물선형 표면, 호(arc), 편평한 반사성 표면, 맞춤 구성된 형태(tailored shape)의 반사성 표면, 내부 전반사성 표면, 구성 포물선형 집광기 광소자, 광 파이프, 및 굴절성 구성요소의 임의의 조합을 포함할 수 있다.
- [0074] 이전 섹션들은 방향전환 광소자(50)의 다양한 실시예를 설계하기 위한 방법을 기재했다. 이하에서, 방향전환 광소자(50)에 대한 두 가지 대안적 구현예가 기재된다. 이전 요소들에 대한 모든 기재가 이하의 두 구현예에 적용된다.
- [0075] 선형 대칭 광소자 대 축 대칭 광소자
- [0076] 설계도가 횡단면으로 나타나기 때문에 광학 구성요소는 도 17a에 도시된 것처럼 선형 압출물로 렌더링되거나, 도 17b에 도시된 것처럼 회전 압출물로 렌더링될 수 있다. 본원에 기재된 모든 요소들은 어느 압출물에도 적용될 수 있다.
- [0077] 그러나 회전 압출물 내 축 대칭 광소자는 추가로 해결될 과제를 가진다. 도 17c는 익숙한 케이스를 보여준다 - 광학 도파관(320)으로부터의 광선(20)이 중앙 수광기(60)를 향해 하향으로 방향전환된다. 그러나 회전 압출물에서, 광선(20)은 설계된대로 방향전환되도록 방향 전환 광소자(330)에 충돌하기 위해, 디스크의 반지름과 완벽하게 정렬되어야 한다(방향전환 광소자(330)의 팁(tip)이 회전 압출물 내 한 점에 도달한다). 도 17d에서, 중심에서 약간 벗어난 광선(340)은 방향전환 광소자(330)에 빗맞고, 수광기(60)에 도달하지 않는다.
- [0078] 도 17e에서, 회전 축을 방향전환 광소자(330)의 팁으로부터 멀리 이동시킴으로써 이는 개선된다. 따라서 광선(340)은 한 점이 아니라 벽(350)을 대면한다. 효율을 최대화하기 위해 실질적으로 모든 도파관 광(20)이 포착되도록, 광소자(360)의 팁으로부터 회전 축까지의 거리는 조정될 수 있다. 단점은 동일한 횡단면 설계의 선형 압출물에 비해 2차 집광이 약하다는 것이다.
- [0079] 도 17f는 문제를 해결하기 위한 또 다른 방식에서의 하나의 실시예를 도시한다. 방향전환 광소자 팁(360)은 회전 축으로서 취급된다. 그러나 방향전환 영역(50)은 축을 중심으로 주기적인 간격으로 나누는 수직 슬릿(slit)(380)을 가진다. 이들 슬릿(380)은 공기 또는 저열 피복 물질로 충전될 수 있거나, 방향전환 영역(50)의 벽이 반사체에 의해 코팅될 수 있다. 중심에서 벗어난 광선(340)은 벽(380)들 중 하나에 충돌할 것이고, 중심

쪽으로 다시 반사될 것이다. "도광 벽(guide wall)"의 하나 또는 복수의 반사 후, 광선(340)은 방향전환 광소자(370)의 방향전환 표면과 마지막으로 상호작용하고 수광기(60) 쪽으로 방향전환될 것이다. 이 접근법은 동일한 횡단면도의 선형 압출물에서 얻어질 수 있는 2차 집광을 보존할 수 있다. 반사성 코팅이 사용되지 않는 경우, 즉, 내부 전반사가 유일한 수단인 경우, 이 접근법은 효율도 최대화한다.

[0080] 광 확산 또는 조명을 위한 역방향 광학 경로

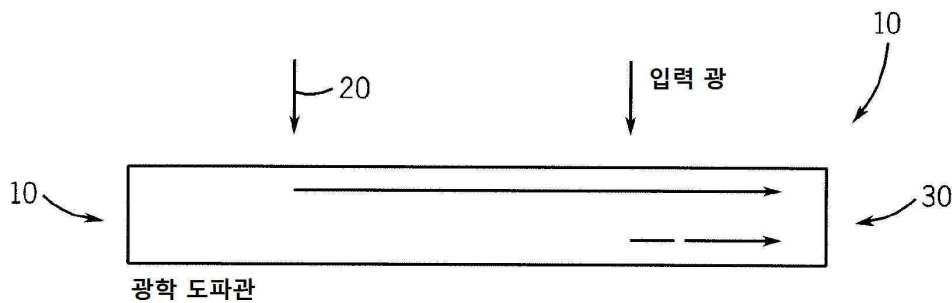
[0081] 또 다른 실시예에서, 지금까지 본원에 기재된 광소자는 광 수집 및 집광을 위한 것이었다. 그러나 역방향의 광학 시스템은 효과적인 광 확산기(diffuser)이다.

[0082] 도 18에서, 광(400)이, 지금까지 수광기(60)(바닥의 중심 영역)였던 광원(290)으로부터 장치로 들어간다. 광(400)은 방향전환 광소자(50)를 통해 광학 도파관(10) 내부로 방향전환되고, 광학 도파관(10)은 실질적으로 수평방향으로 이동하는 광을 취하고, 광을 확산시켜, 도파관(10)의 표면에 실질적으로 수직인 광선(410)을 출력한다. 도파관(10)의 상부 표면은, 임의의 범위의 각으로 광을 발산하기 위해 렌즈 또는 그 밖의 다른 광학 요소에 의해 조정될 수 있다. 따라서 장치는 매우 압밀하고 효율적인 광 확산기이다. 적용예는 LED 광소자, 루미네어(luminaire), 스포트라이트, 및 자동차용 전조등 및 미등을 포함한다.

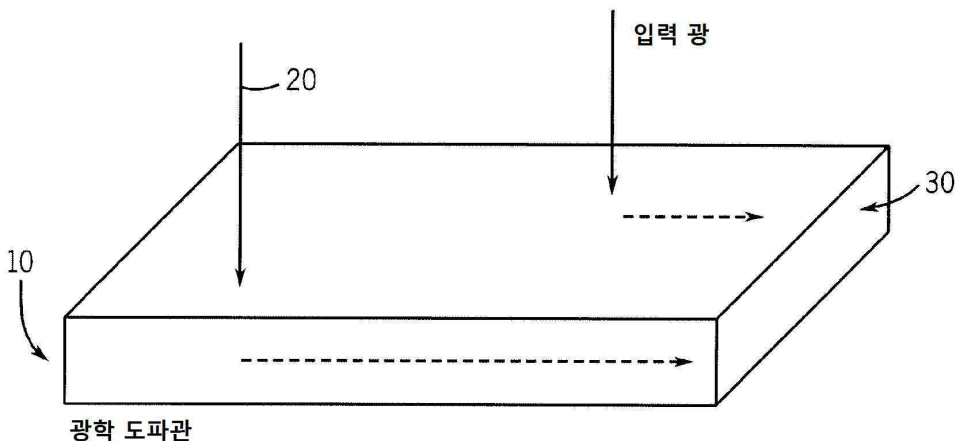
[0083] 본 발명의 실시예에 대한 상기의 기재는 예시와 설명 목적으로 제시되었다. 개시된 정확한 형태로 본 발명을 배제하거나 제한하려는 의도가 아니며, 발명의 범위 내에서 본 발명의 실시를 통해 획득될 수 있는 수정과 변형이 가능하다. 본 발명의 원리 및 실제 적용예를 설명하기 위해 실시예가 선택 및 기재되었고, 특정 용도에 적합한 다양한 실시예 및 다양한 수정예로 해당 분야의 통상의 기술자가 본 발명을 실시할 수 있다.

도면

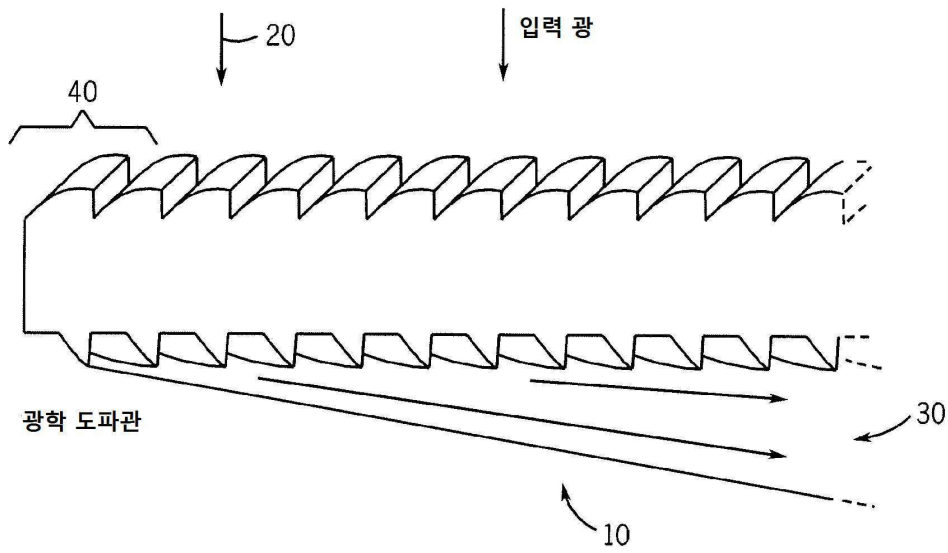
도면1a



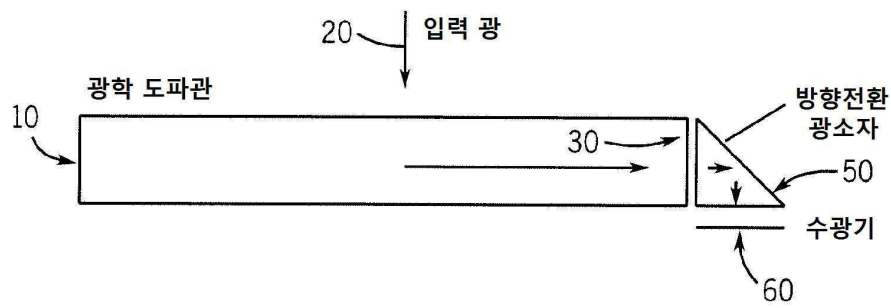
도면1b



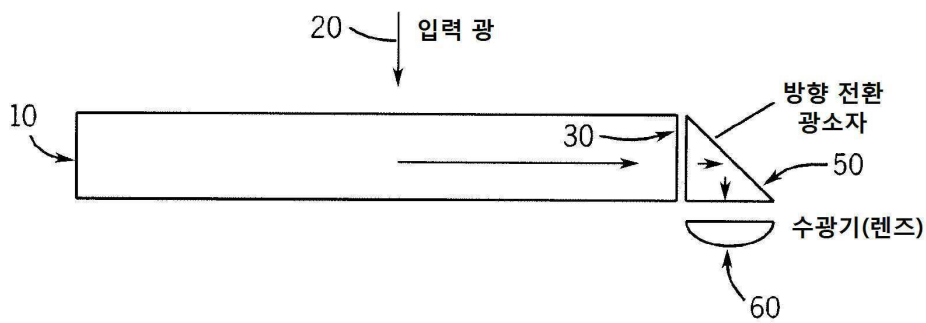
도면1c



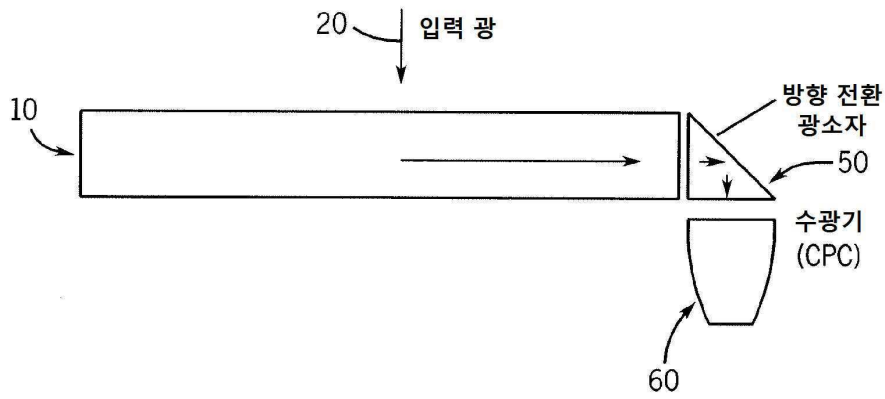
도면2



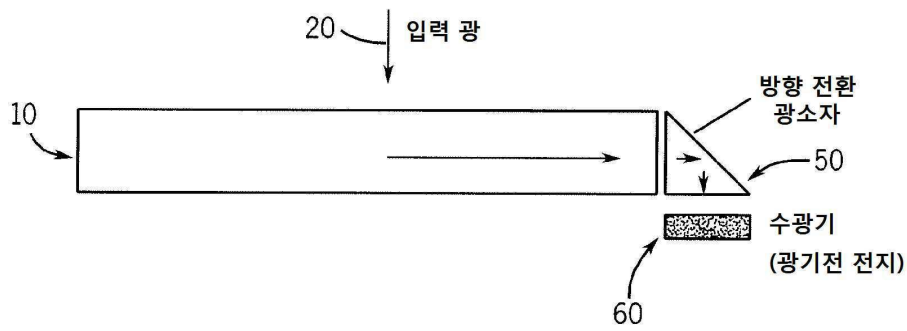
도면3a



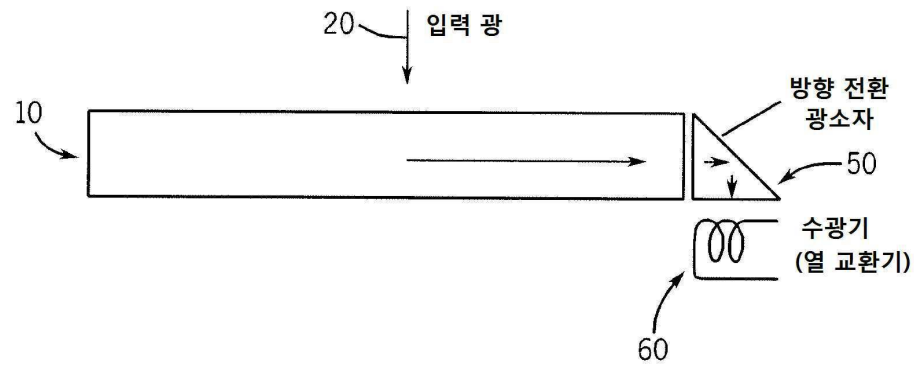
도면3b



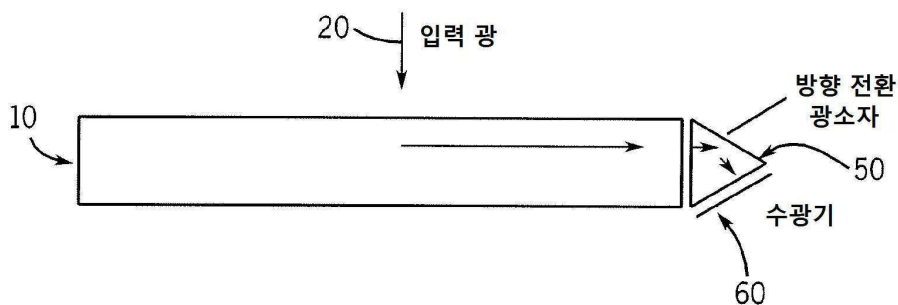
도면3c



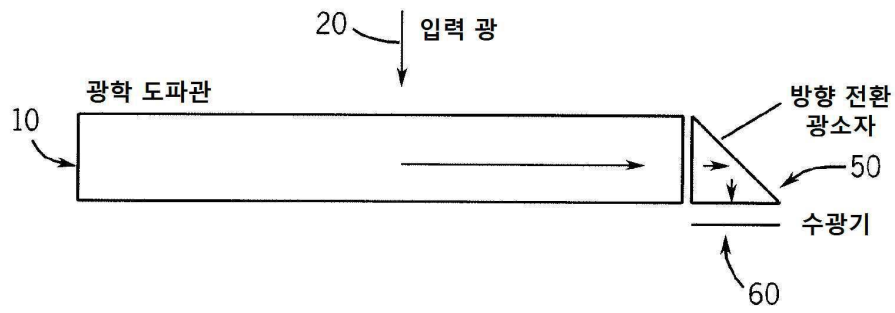
도면3d



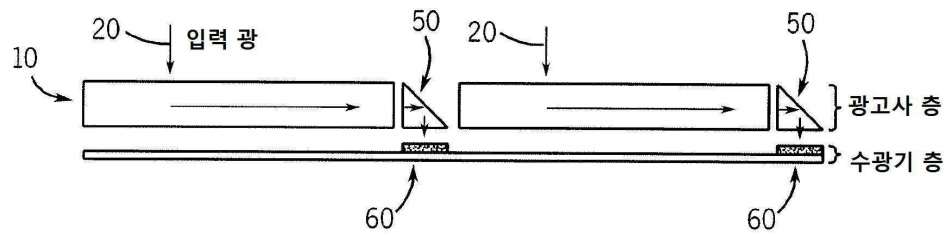
도면4a



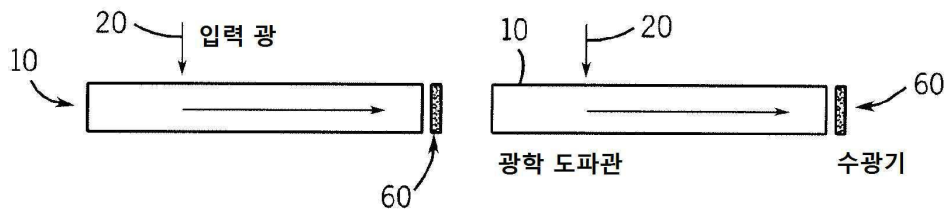
도면4b



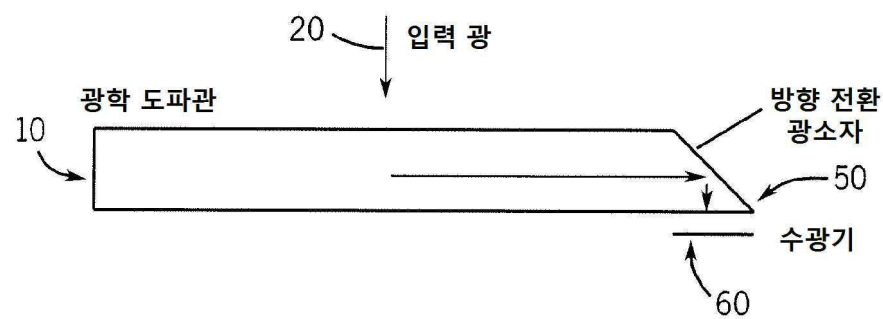
도면4c



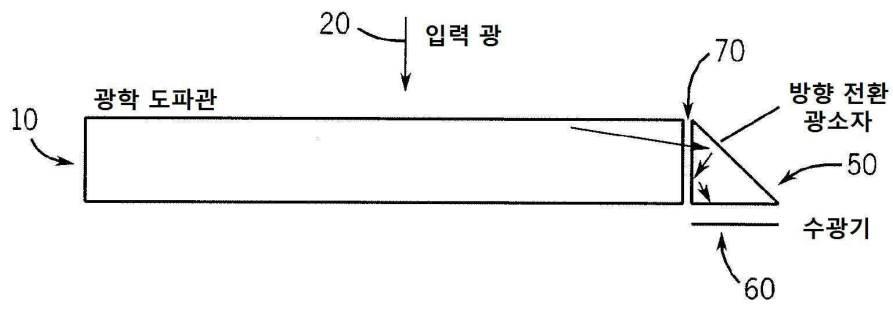
도면4d



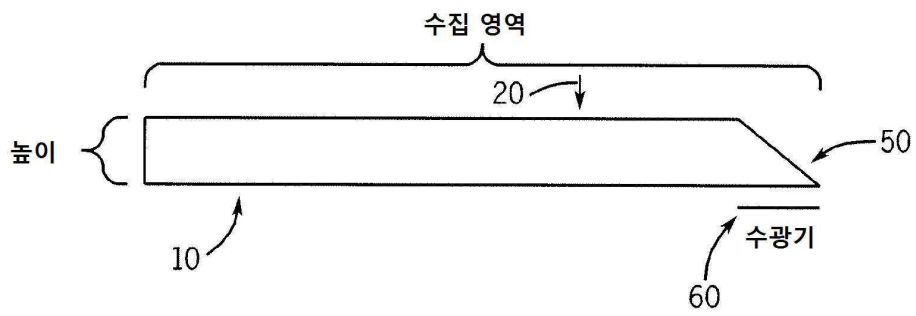
도면5a



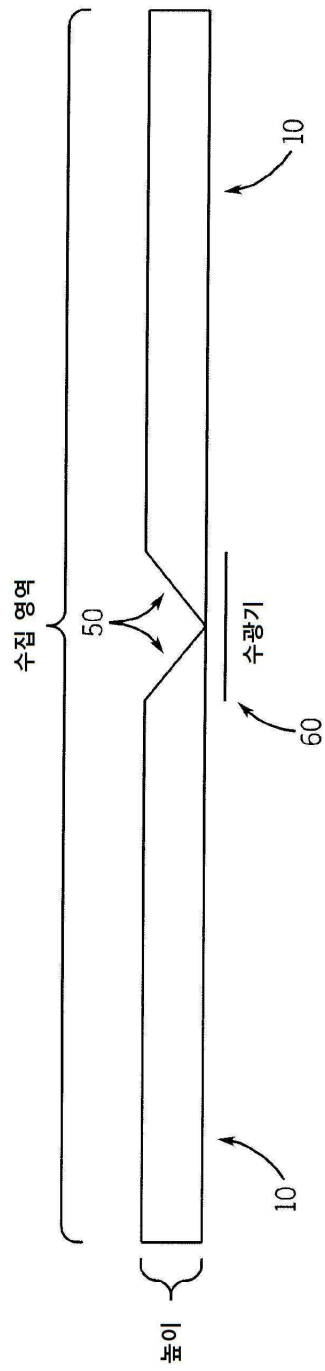
도면5b



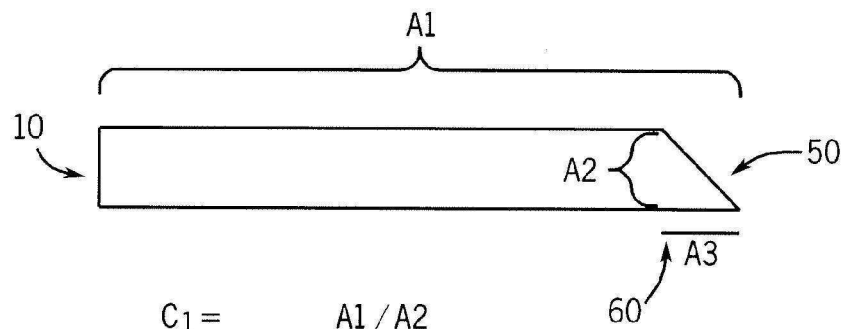
도면6a



도면6b

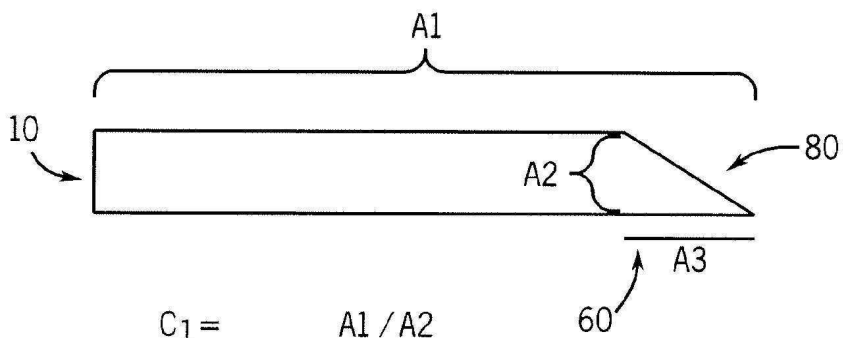


도면7a



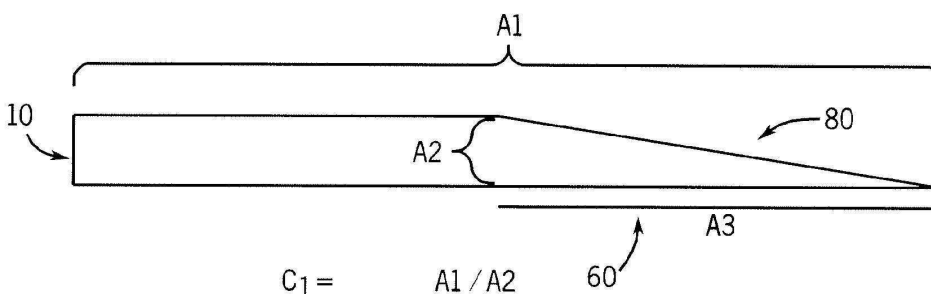
$$\begin{aligned} C_1 &= A_1 / A_2 \\ C_2 &= A_2 / A_3 \\ C_{\text{FINAL}} &= A_1 / A_3 > C_1 \end{aligned}$$

도면7b



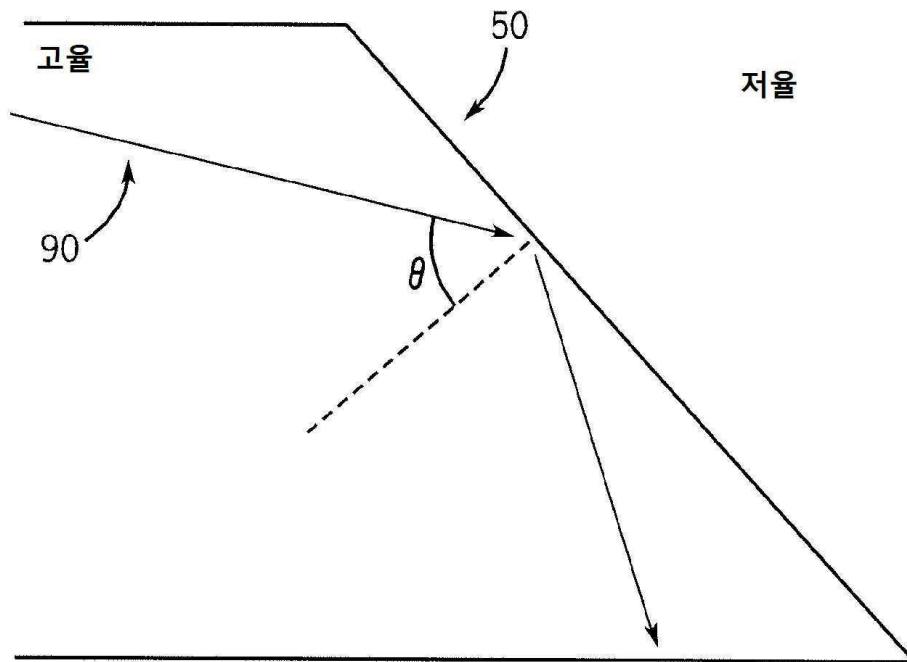
$$\begin{aligned} C_1 &= A_1 / A_2 \\ C_2 &= A_2 / A_3 \\ C_{\text{FINAL}} &= A_1 / A_3 < C_1 \end{aligned}$$

도면7c

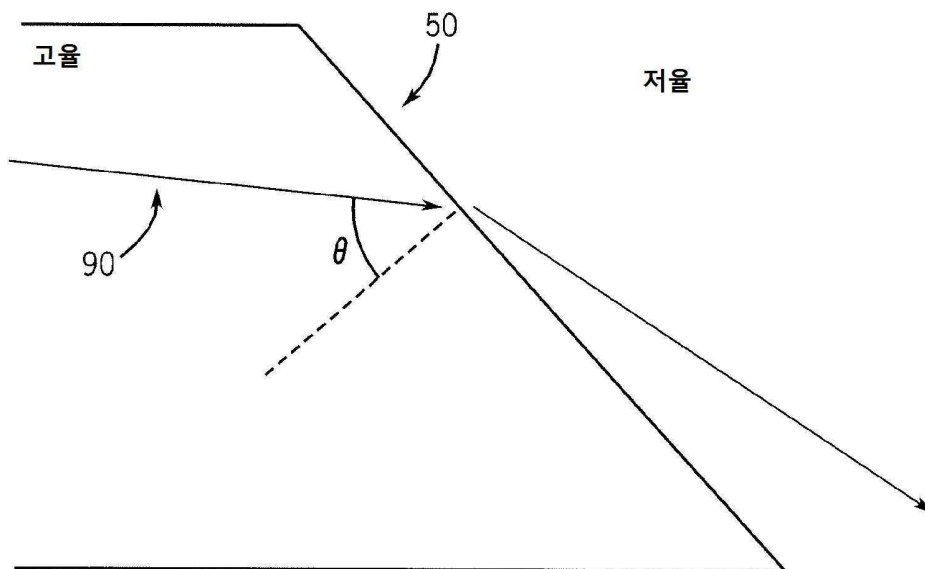


$$\begin{aligned} C_1 &= A_1 / A_2 \\ C_2 &= A_2 / A_3 \\ C_{\text{FINAL}} &= A_1 / A_3 = 2 < C_1 \end{aligned}$$

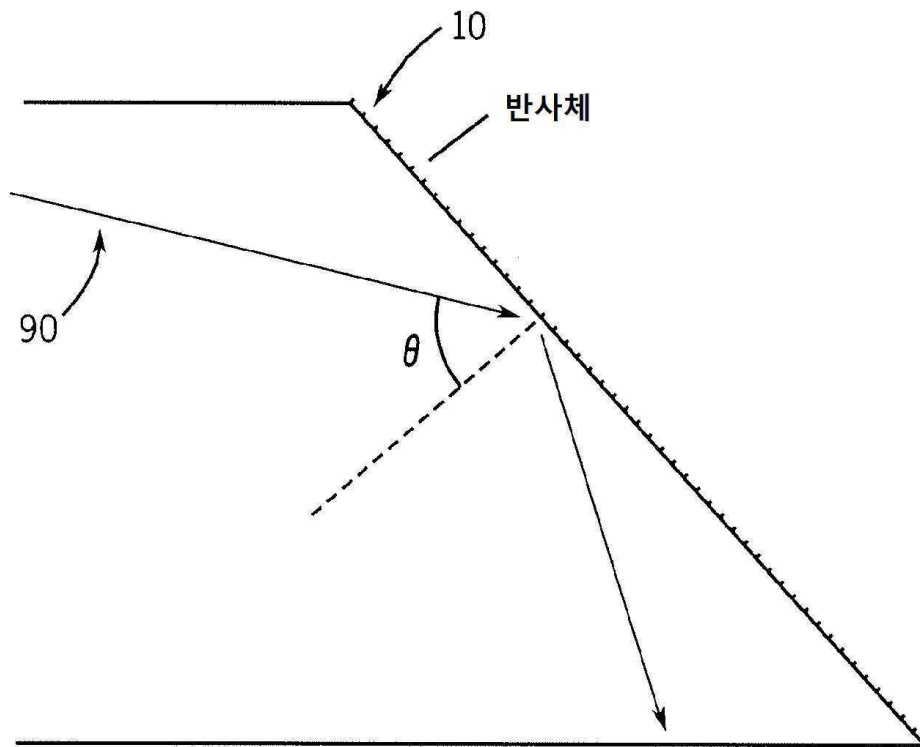
도면8a



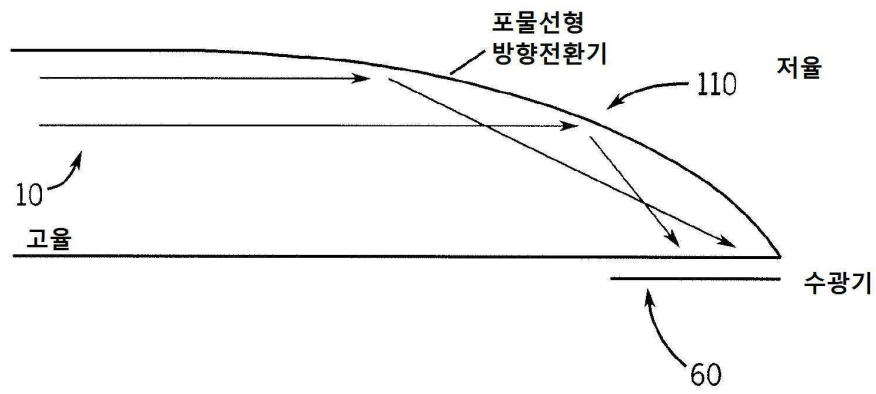
도면8b



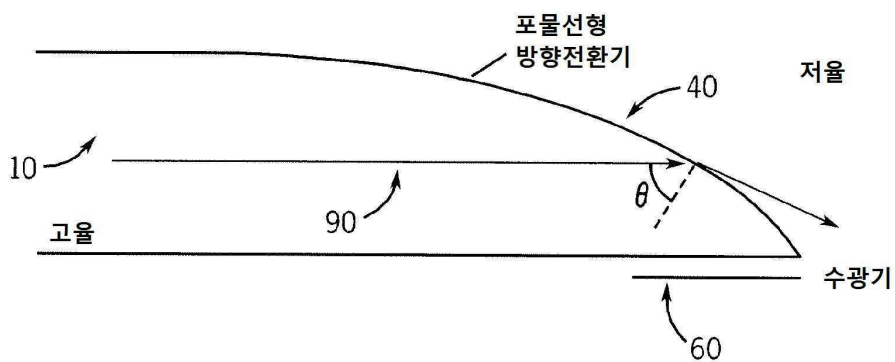
도면9



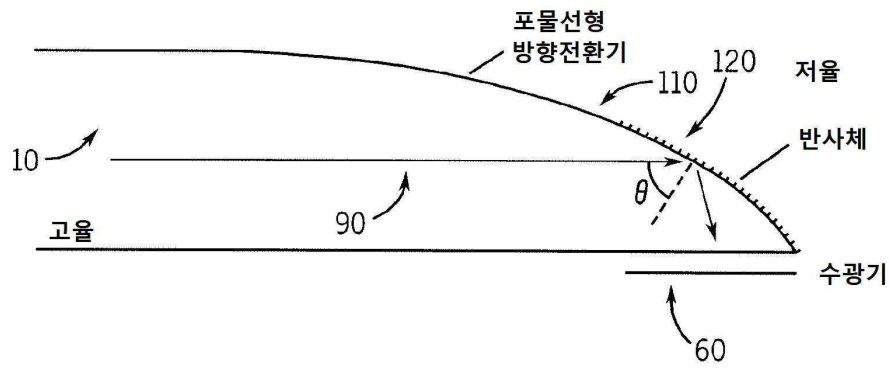
도면10a



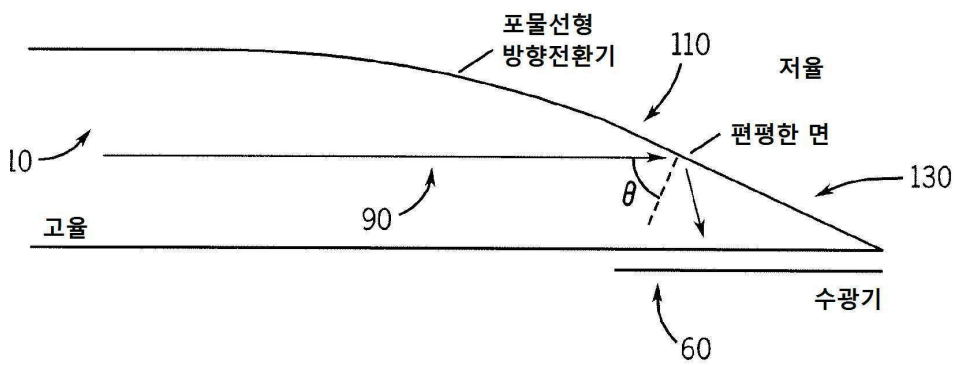
도면10b



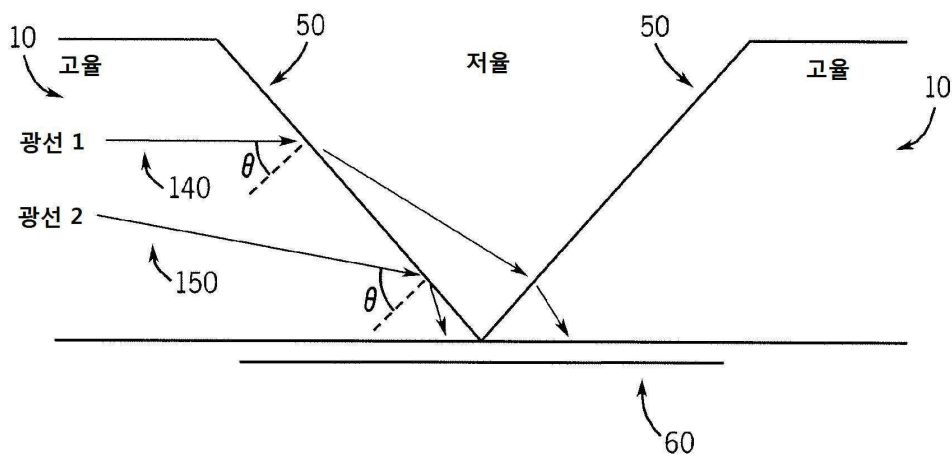
도면10c



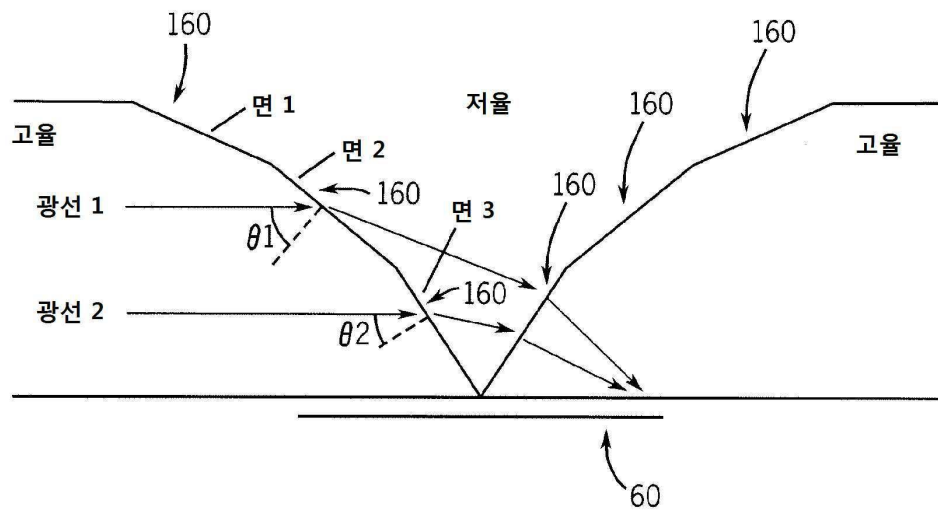
도면10d



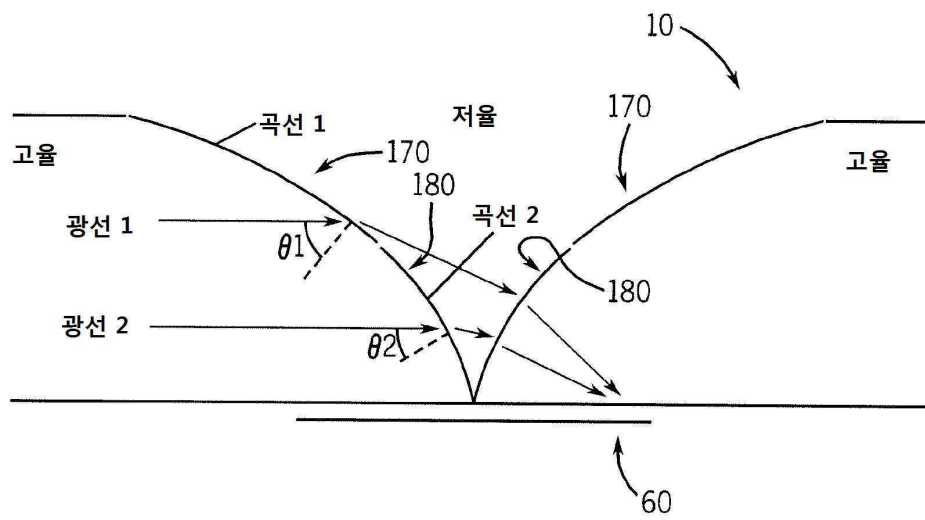
도면11a



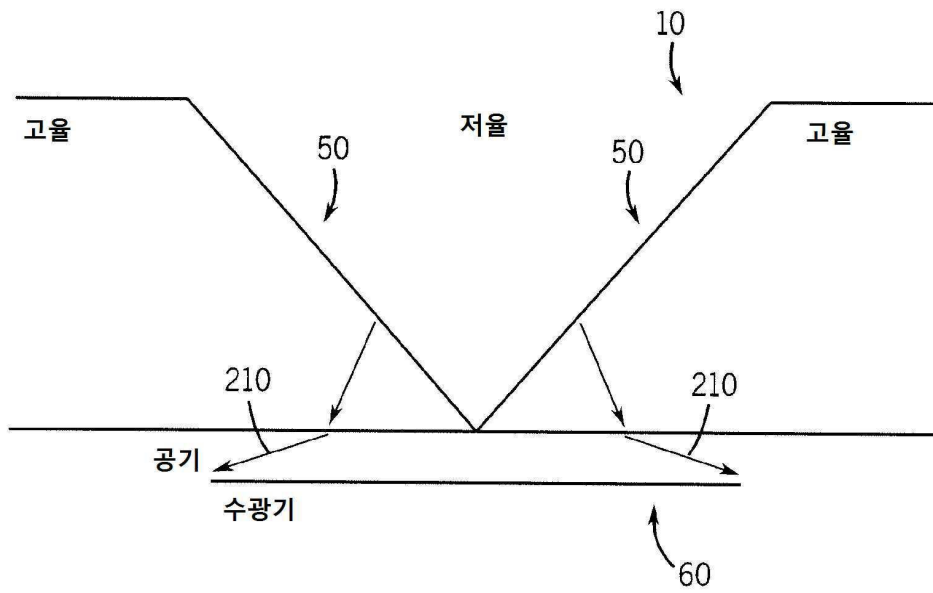
도면11b



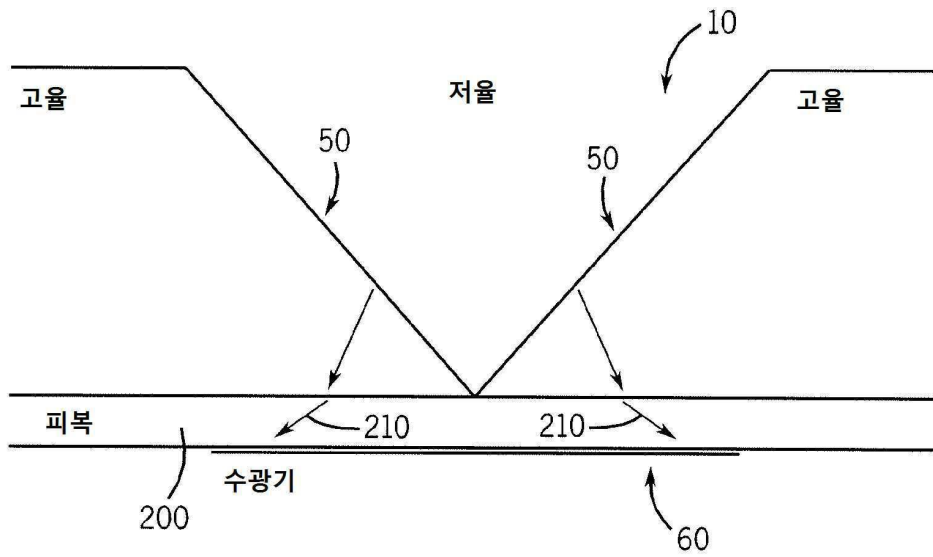
도면11c



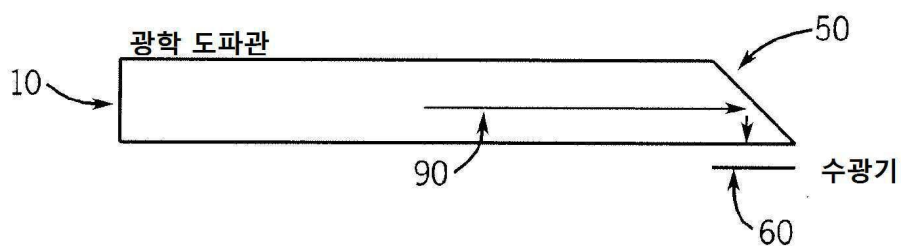
도면12a



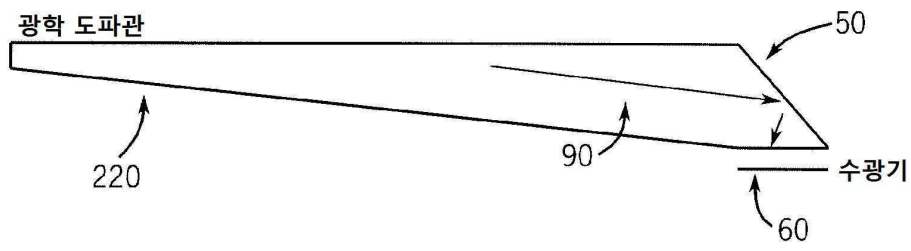
도면12b



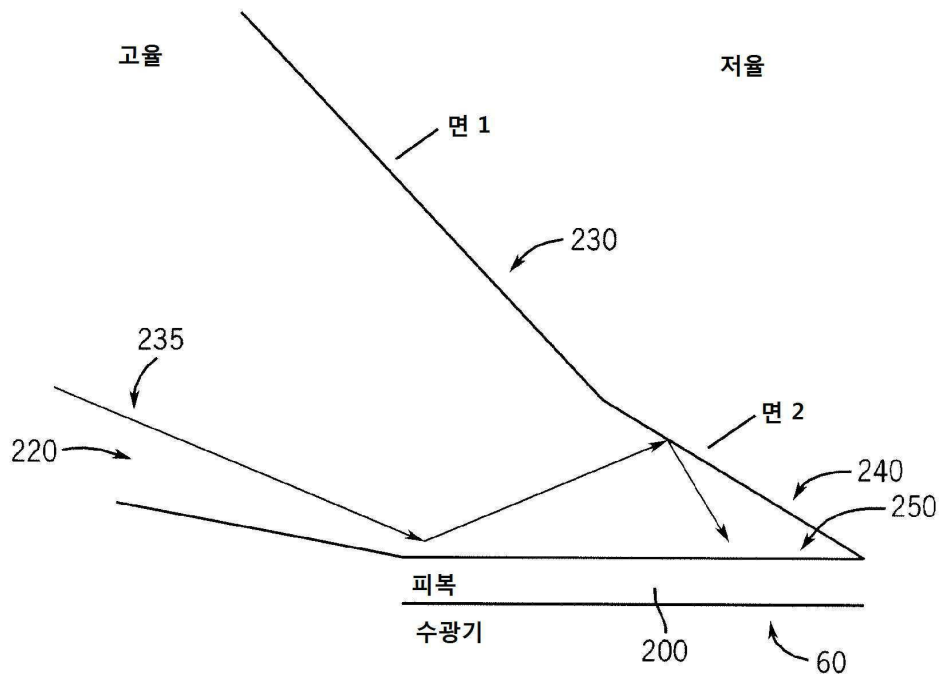
도면13a



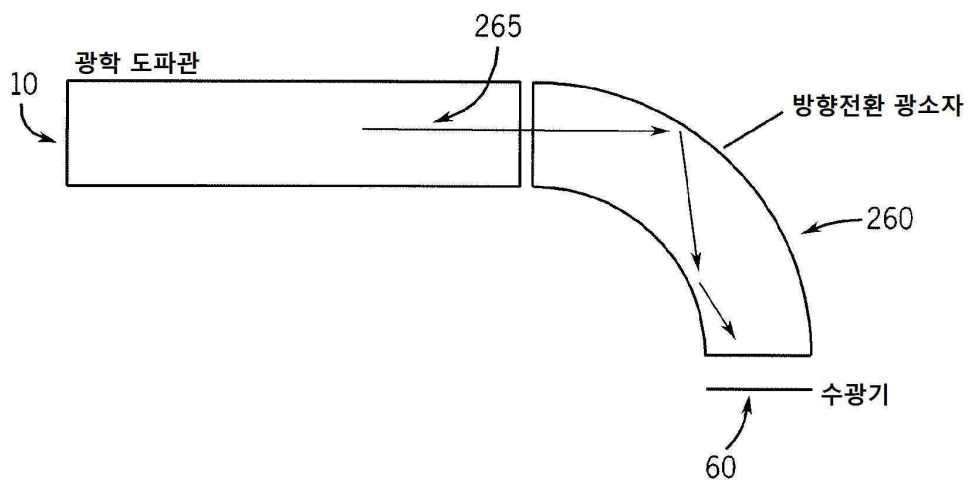
도면13b



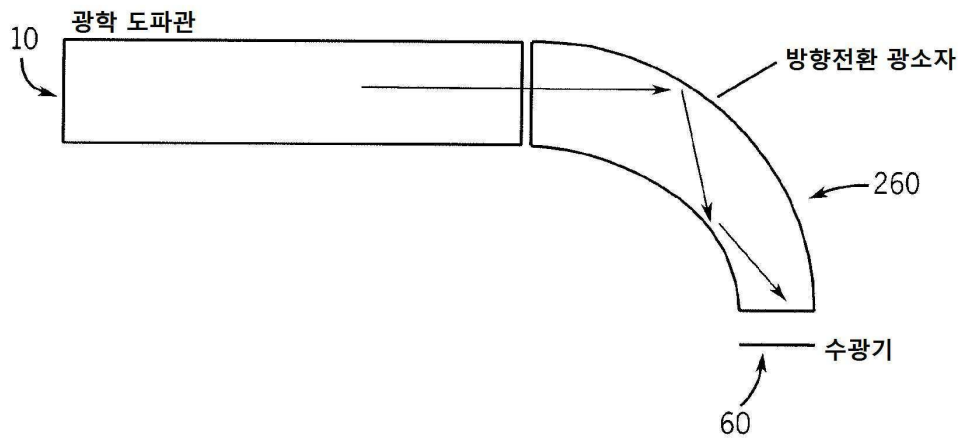
도면13c



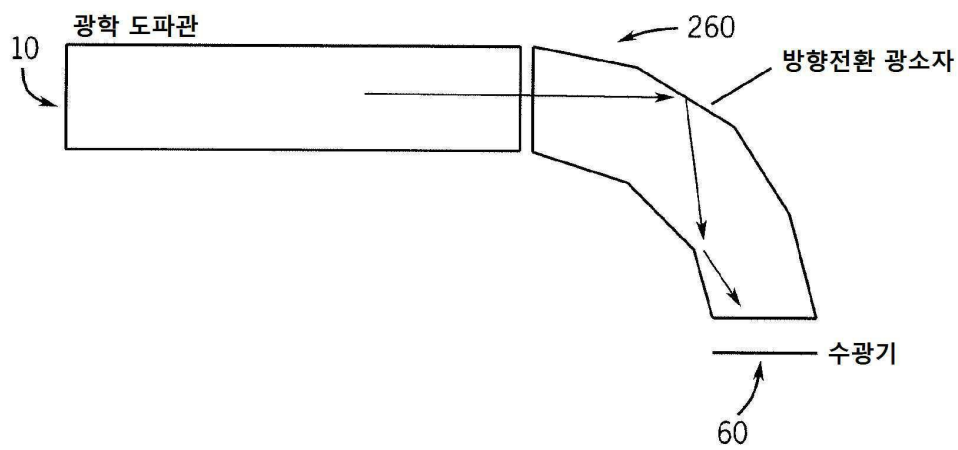
도면14a



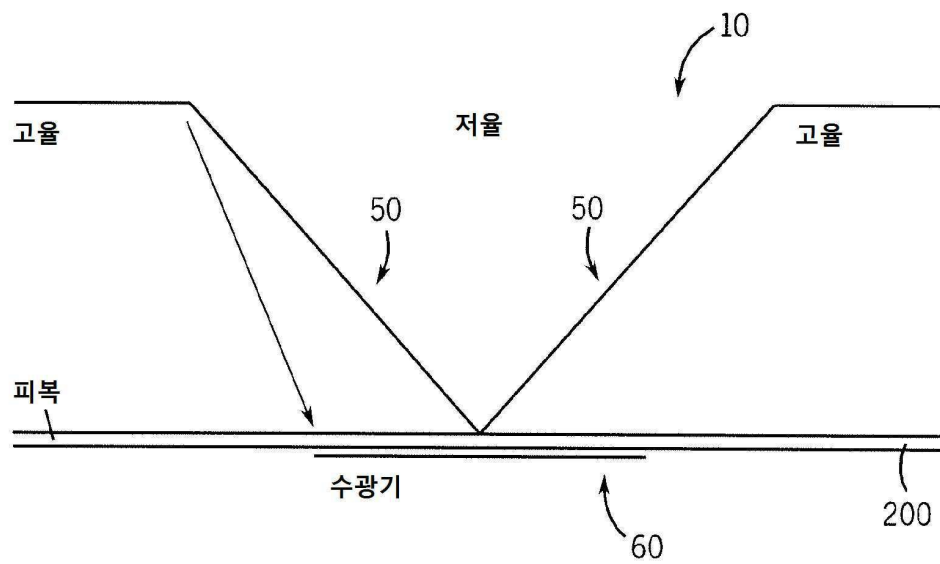
도면14b



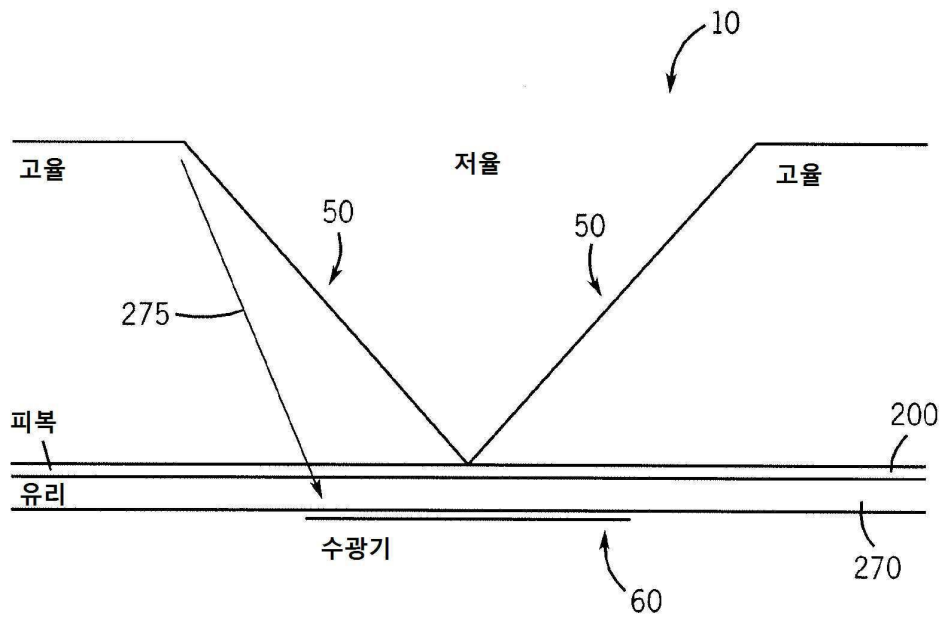
도면14c



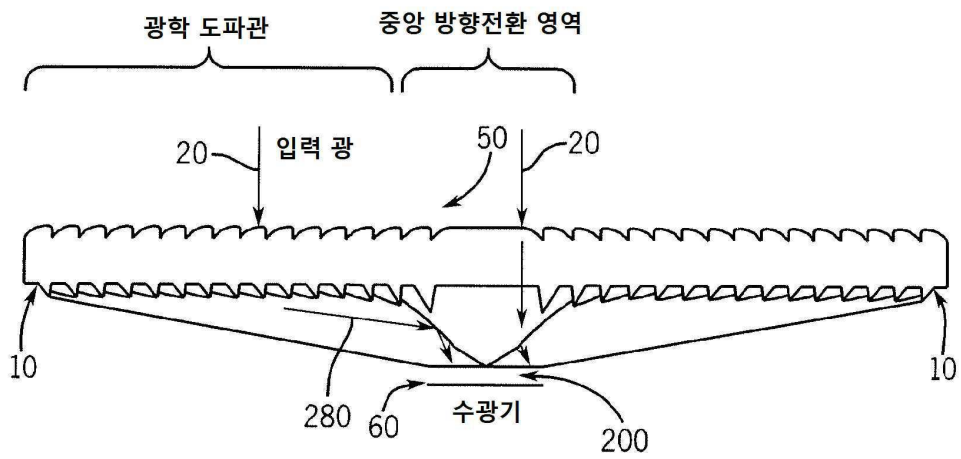
도면15a



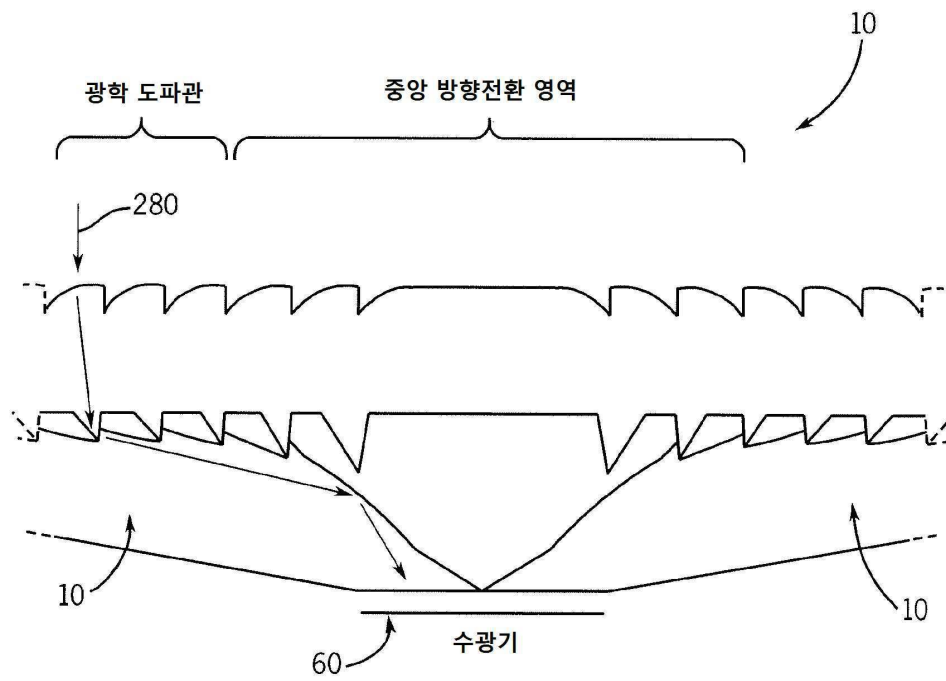
도면15b



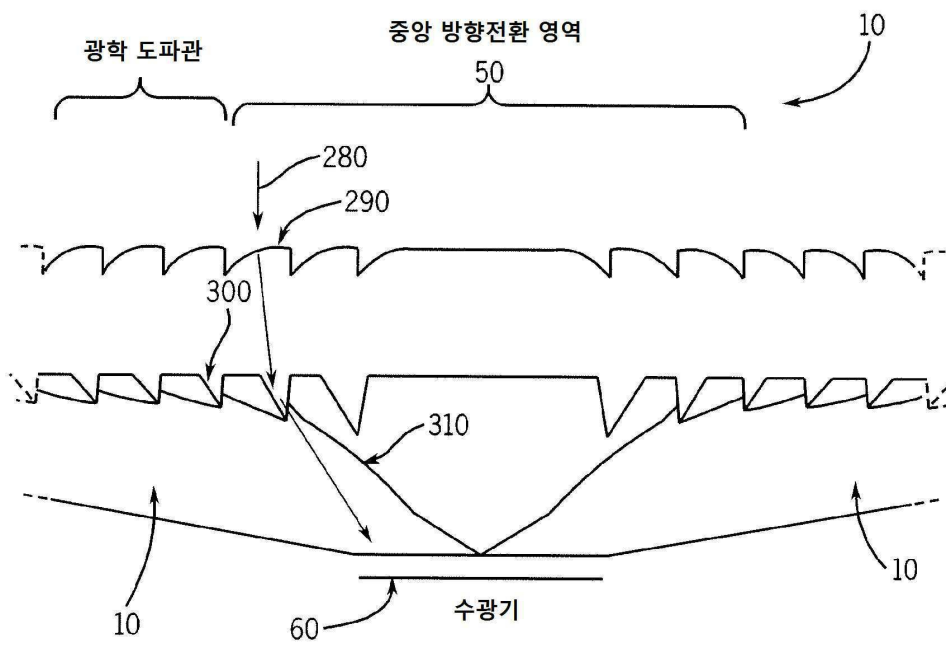
도면16a



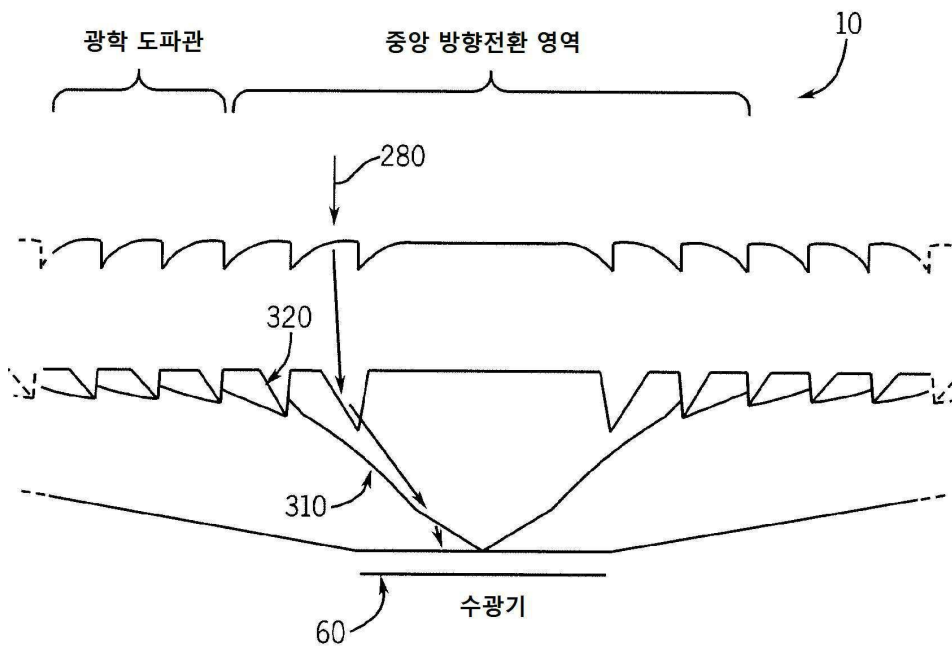
도면16b



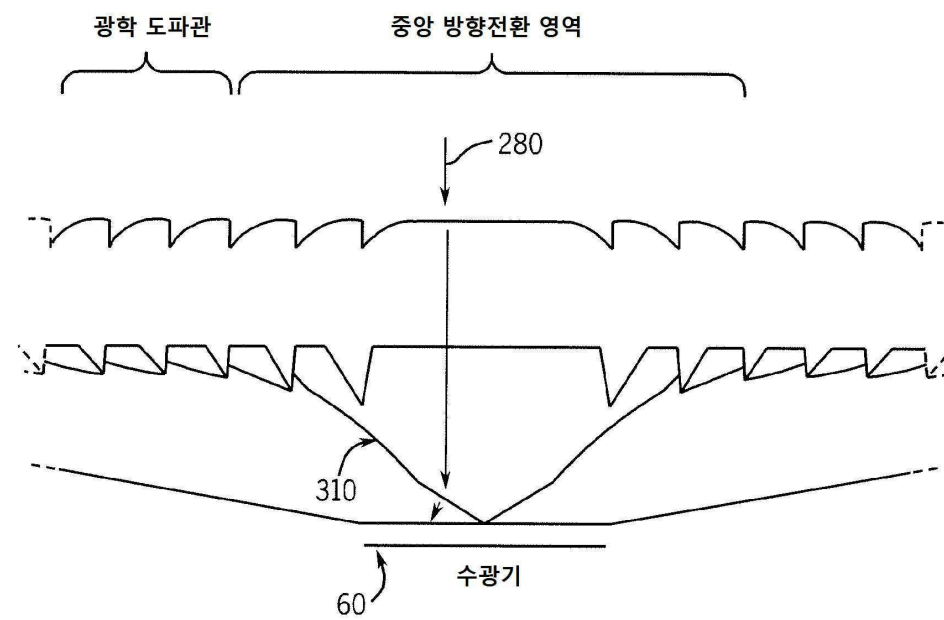
도면16c



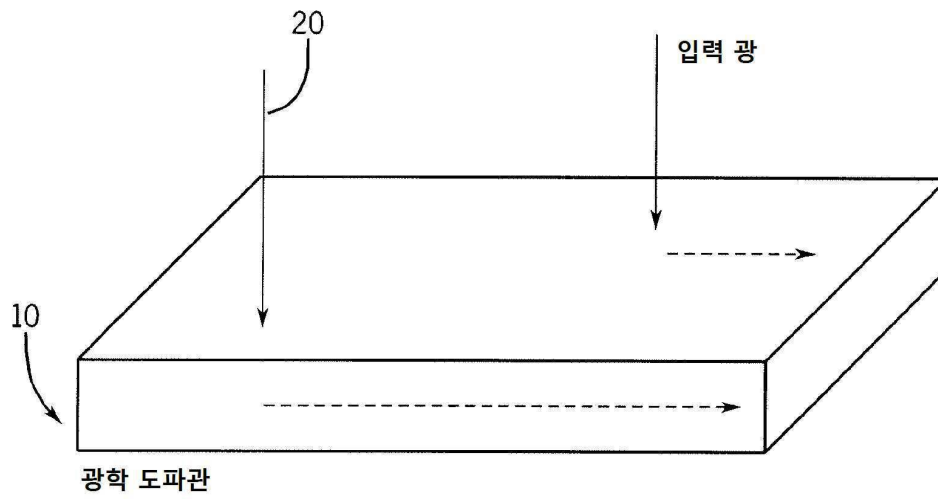
도면16d



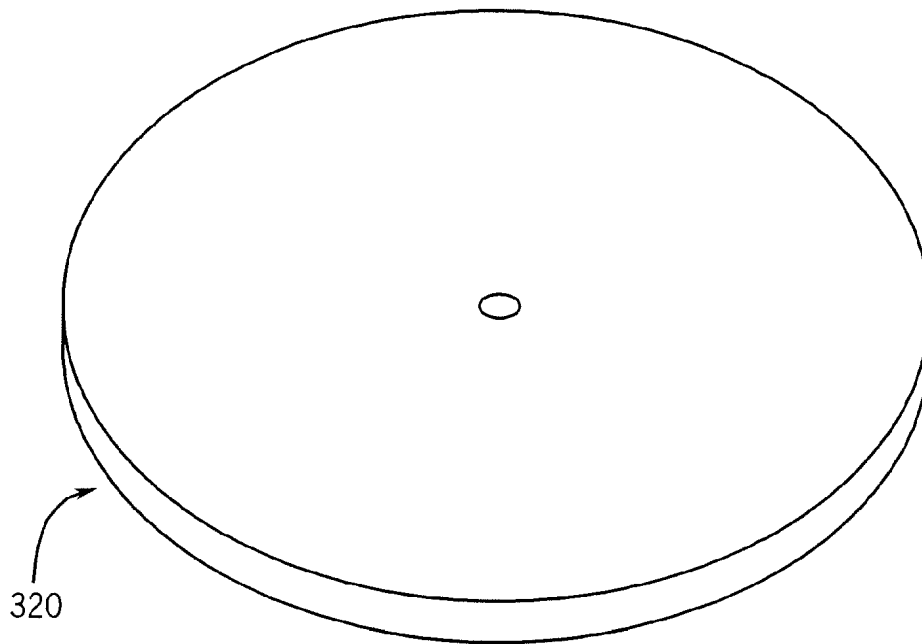
도면16e



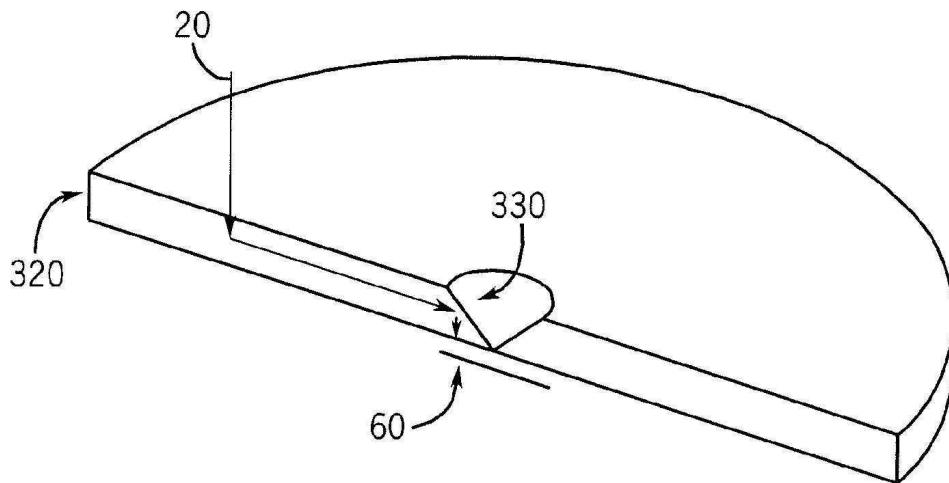
도면17a



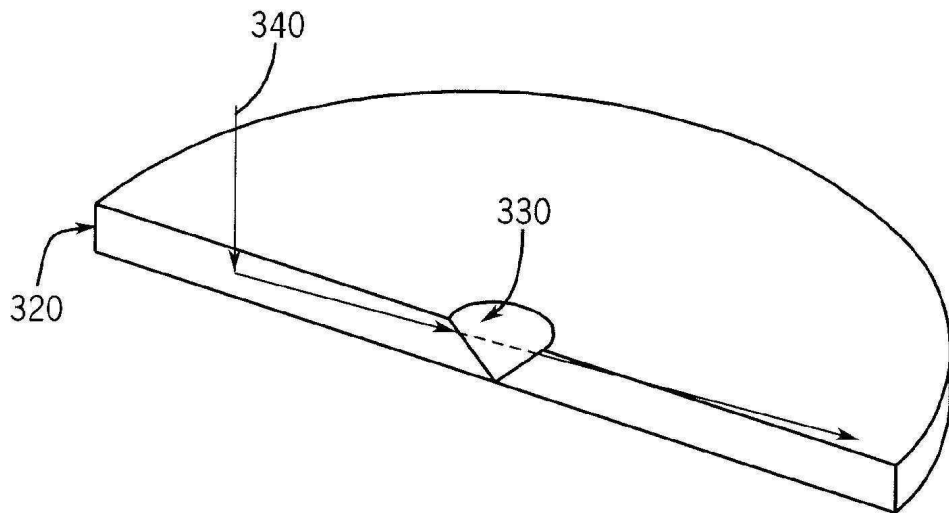
도면17b



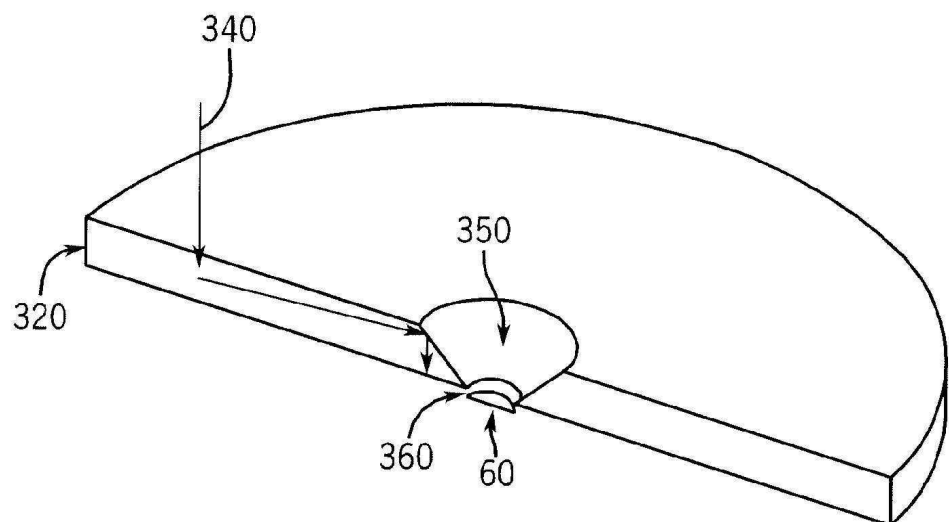
도면17c



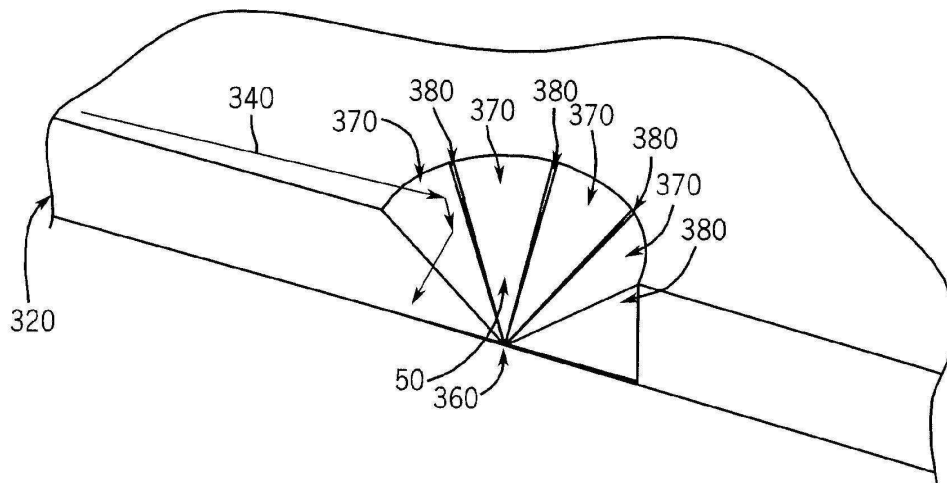
도면17d



도면17e



도면17f



도면18

