



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2009-0015884  
(43) 공개일자 2009년02월12일

- |   |  |
|---|--|
| <p>(51) Int. Cl.<br/>G02B 6/00 (2006.01) F21V 8/00 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2008-7021752</p> <p>(22) 출원일자 2008년09월05일<br/>심사청구일자 없음<br/>번역문제출일자 2008년09월05일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2007/003360<br/>국제출원일자 2007년02월08일</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2007/095049<br/>국제공개일자 2007년08월23일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>11/351,699 2006년02월10일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인<br/>알피씨 포토닉스, 인코포레이티드<br/>미국 뉴욕 14623 로체스터 클레이 로드 330</p> <p>(72) 발명자<br/>차크마크지안 스테판 에이치<br/>미국 뉴욕 14472 하니오예 폴스 올드 블록 트레일 13<br/>셔틀러 도날드 제이<br/>미국 뉴욕 14624 로체스터 소테리 플레이스 27<br/>(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>황광현</p> |
|---|--|

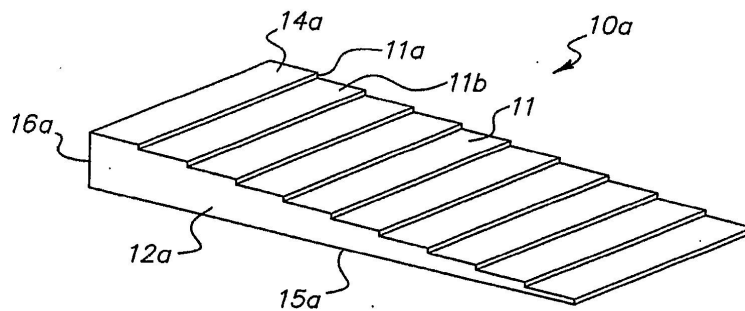
전체 청구항 수 : 총 57 항

**(54) 조명광 도광용 광학장치**

**(57) 요약**

조명광의 도광을 위한 광학장치(10a, 10b, 10c, 10d)가 계단형 구조부(11) 또는 예각경사구조부(18, 20, 22)를 갖는 동체(12a, 12b, 12c, 12d)를 가지고 이들 구조부는 이러한 구조부(11, 18, 20, 22)의 출사전면(11a, 18b, 20b, 22b)으로부터 장치의 일측단부(16a, 16b, 16c, 16d)로부터 입력되는 광선을 분배하기 위하여 그 전면 또는 상부면(14a, 14b, 14c, 14d)에 형성되어 있으며, 광선이 분배될 때까지 광선의 적어도 일부가 동체내에서 전반사된다. 광학장치(10e, 10f)는 또한 교대로 배치된 예각경사구조부(32)와 하강구조부(36)가 형성된 저면(34)을 갖는 동체(30)를 가지고, 단부(38)로부터의 광선이 상부면(33)으로부터 출사되도록 경사구조부에 의하여 반사되거나 또는 장치로 되돌아가도록 경사구조부(32)를 통하여 인접한 하강구조부(36)로 전달될 때까지 장치내에서 전반사된다. 예각경사구조부(50, 51)가 상부면(53a)을 따라 광선을 분배하기 위하여 광학장치(10g)의 상부 및 저면(53a, 53b)에 형성된다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**살레스 타소**

미국 뉴욕 14623 로체스터 웨스트 스카이어 드라이브 #8 153

**모리스 마이클 지**

미국 뉴욕 14564 빅터 에스씨알 라인 8

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

조명광 도광용 광학장치에 있어서, 상기 광학장치가 하나의 계단형 구조부 또는 다수의 출사전면을 제공하기 위한 다수의 예각경사구조부가 형성된 표면을 갖는 동체로 구성되고, 상기 광학장치의 일측단부에 입사될 때 광선이 상기 출사전면에 의하여 분배되며 상기 광선의 적어도 일부가 상기 각 경사구조부의 출사전면으로부터 분배될 때까지 상기 동체내에서 내부적으로 반사됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 2**

조명광 도광용 광학장치에 있어서, 상기 광학장치가 다수의 예각경사구조부가 형성된 표면을 갖는 동체로 구성되고, 각 상기 경사구조부가 상기 광선을 분배하기 위한 출사전면을 가지며, 상기 광학장치의 일측단부에 입사될 때 광선이 상기 각 경사구조부의 출사전면으로부터 분배될 때까지 상기 동체내에서 내부적으로 반사됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 3**

제2항에 있어서, 상기 출사전면의 단부가 상기 표면을 따라 다음 경사구조부의 시작부분에 접촉함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 4**

제2항에 있어서, 상기 표면이 제1면이고, 상기 동체가 제2면을 가지며, 상기 제1 및 제2면이 각각 상기 광학장치의 상부면과 저면이고, 상기 제2면이 실질적으로 평면임을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 각 인접한 쌍의 상기 경사구조부가 상기 제2면에 실질적으로 평행하고 이를 향하는 평면에 의하여 분리됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 6**

제4항에 있어서, 상기 동체가 광선의 입사를 위한 상기 일측단부를 나타내는 제1단부와 제2단부를 가지고, 상기 각 경사구조부가 상기 제1면을 따라 크기가 동일하며, 상기 제1 및 제2단부 사이에서 상기 제2면을 향해 연속하여 테이퍼형으로 경사진 상기 경사구조부가 장치의 두께를 점진적으로 감소시킴을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 제2단부에서 두께가 실질적으로 제로이고, 상기 동체에 입사되는 상기 모든 광선이 상기 경사구조부의 상기 출사전면으로부터 분배됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 8**

제2항에 있어서, 동체가 광선의 입사를 위한 상기 일측단부를 나타내는 제1단부와 제2단부를 가지고, 상기 경사구조부가 상기 제1 및 제2단부 사이에서 장치의 축선을 따라 연장되며, 상기 경사구조부가 상기 축선에 대하여 예각을 이루는 경사면을 가지고, 상기 경사구조부의 출사전면이 상기 축선의 법선에 대하여 예각을 이루는 면을 형성함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 9**

제8항에 있어서,  $\theta_R$  이 상기 축선에 대한 경사면의 각도를 나타내고,  $\theta_{EF}$  이 상기 축선의 법선에 대하여 상기 각 구조부의 상기 출사전면의 각도를 나타내며, 상기 동체가 굴절률(NA)을 갖는 물질이고,  $R_n$  이 상기 동체를 둘러싸고 있는 매질의 굴절률에 대한 상기 동체의 물질의 굴절률의 비율이며, 상기  $\theta_R$  과  $\theta_{EF}$  이 적어도 다음 등식에 따라서 선택됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

$$\Theta_{EF} \leq \arcsin\left[\frac{1}{R_n}\right] - \arcsin\left[\frac{1}{R_n} NA\right]$$

$$\arcsin[R_n \sin(\Theta_{EF})] - \Theta_{EF} \geq \Theta_R$$

**청구항 10**

제2항에 있어서, 상기 각 경사구조부의 출사전면으로부터 분배된 상기 광선이 상기 동체로부터 일정한 각도범위 상에 분배됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 11**

제2항에 있어서, 상기 각 경사구조부의 하강면으로부터 분배된 상기 광선이 상기 동체로부터 넓은 각도상에 분배됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 12**

제2항에 있어서, 상기 각 경사구조부의 상기 출사전면이 만곡됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 13**

제2항에 있어서, 상기 각 경사구조부의 상기 출사전면이 평면임을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 14**

제2항에 있어서, 동체가 광선의 입사를 위한 상기 일측단부를 나타내는 제1단부와 제2단부를 가지고, 상기 각 경사구조부가 상기 제1단부와 제2단부 사이의 범위를 따라 연장되며, 상기 동체가 상기 제1단부와 제2단부 사이의 상기 범위를 따라 만곡됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 15**

제2항에 있어서, 동체가 광선의 입력을 위한 상기 일측단부를 나타내는 제1단부와 제2단부를 가지고, 상기 각 경사구조부가 장치의 길이를 나타내는 상기 제1단부와 제2단부 사이의 범위를 따라 연장되며, 상기 동체가 상기 장치의 폭을 따라 만곡됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 16**

제2항에 있어서, 상기 동체가 상기 경사구조부의 상기 제1 경사구조부와 광선의 입력을 위한 상기 일측단부 사이의 입력부분을 가짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 입력부분이 상기 일측단부로부터 상기 경사구조부를 갖는 상기 동체로 광선의 전달이 용이하도록 구성됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 18**

제16항에 있어서, 동체가 광선의 입력을 위한 상기 일측단부를 나타내는 제1단부와 제2단부를 가지고, 상기 각 경사구조부가 장치의 축선을 나타내는 상기 제1단부와 제2단부 사이의 범위를 따라 연장되며, 상기 입력부분이 상기 경사구조부의 상기 제1 경사구조부의 방향으로 상기 적어도 하나의 축선 또는 상기 축선에 수직인 범위를 따라상기 제1단부로 테이퍼형으로 경사짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 19**

제2항에 있어서, 상기 동체가 원통형임을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 20**

제1항에 있어서, 상기 면이 상부면이고, 상기 경사구조부가 제1경사구조부를 나타내며, 상기 동체가 제1부분과

제2부분을 가지고, 상기 제1경사구조부가 상기 제1부분의 상기 상부면을 따라 제공되며, 상기 장치가 상기 저면을 따라서 교대로 배열되는 제2경사구조부와 하강구조부로 구성되고, 광선이 상기 동체의 상기 제1부분으로부터 입사될 때 상기 상부면으로부터 출사되도록 상기 각 제2경사구조부의 경사면으로부터 반사에 의하여 분배되거나 상기 경사면으로부터 다음의 인접한 하강구조부로 되돌아 전달될 때까지 상기 동체의 상기 제2부분내에서 전반사됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 21**

제20항에 있어서, 상기 각 경사구조부가 상기 축선에 대하여 예각인 상승면으로 구성되고, 상기 각 하강구조부가 상기 축선의 법선에 대하여 예각을 이루는 하강면과 상기 상부면에 실질적으로 평행한 표면으로 구성됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 22**

제21항에 있어서, 상기 각 하강구조부의 상기 하강면이 각주면을 나타냄을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 23**

제21항에 있어서, 제1평면이 상기 일측단부로부터 상기 제1의 경사구조부까지 연장된 배면 보다 낮으며, 제1평면 후측의 각 하강구조부의 평면이 광학장치의 길이를 따라서 선행 평면보다 높은 레벨을 가짐으로서 광학장치의 두께를 감소시킴을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 24**

제23항에 있어서, 상기 각 제2경사구조부와 상기 하강구조부가 상기 저면을 따라 두께가 감소하는 것에 반비례하여 크기가 증가함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 25**

제21항에 있어서, 각 제2경사구조부의 상승면이 상기 축선에 대하여 점진적으로 가파른 예각의 다중면으로 분할됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 26**

제21항에 있어서, 각 경사구조부의 상승면이 연속적으로 변화하는 경사면을 가짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 27**

제21항에 있어서, 적어도 상기 제2경사구조부와 하강 구조부를 따른 저면이 반사물질층을 가짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 28**

제8항에 있어서, 장치의 상기 상부면으로부터 광선분배가 상기 각 경사구조부의 경사면의 하나 이상의 높이, 상기 각 경사구조부의 경사면의 각도, 상기 각 경사구조부의 출사전면의 각도와, 인접한 상기 경사구조부 사이의 간격에 따라서 이루어짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 29**

제8항에 있어서, 경사면의 높이, 경사면의 각도와, 출사전면의 각도가 상기 상부면을 따라서 상기 각 경사구조부에 대하여 동일하고, 인접한 상기 경사구조부 사이의 간격이 상기 상부면을 따라서 동일함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 30**

제8항에 있어서, 경사면의 높이, 경사면의 각도와, 출사전면의 각도가 상기 상부면을 따라서 상기 하나 이상의 경사구조부에 대하여 변화함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 31**

제30항에 있어서, 인접한 상기 경사구조부 사이의 간격이 상기 상부면을 따라서 상기 하나 이상의 경사구조부에 대하여 변화함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 32**

제2항에 있어서, 상기 장치의 상기 일측단부에 입사되는 광선의 광원을 포함함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 33**

제32항에 있어서, 상기 광원이 램프, 단일 LED, LED 어레이, 또는 광섬유 광원임을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 34**

제32항에 있어서, 상기 광원과 상기 장치가 하우징내에 배치됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 35**

제34항에 있어서, 상기 하우징이 표면에 부착가능함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 36**

제32항에 있어서, 상기 장치가 하우징내에 배치되고, 상기 광원이 상기 하우징의 외부에 위치하는 조명광의 입사를 위한 입력단부와 상기 장치로 광선을 분배하기 위하여 상기 하우징 내로 연장된 출력단부를 갖는 광섬유로 구성됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 37**

조명광의 도광을 위한 장치에 있어서, 상기 장치가 일련의 구조부를 갖는 상부면과 저면을 갖는 동체로 구성되고, 상기 일련의 구조부가 장치의 축선을 따라 장치의 일측단부로부터 연장되며, 상기 각 구조부가 교대로 배치되는 상승면과 하강면으로 구성되고, 상기 상승면과 상기 하강면은 광선이 상기 구조부의 상기 각 하강면으로부터 상기 일측단부에서 상기 동체에 입사될 때 광선의 분배가 이루어지고 상기 구조부의 상승면과 상기 저면을 따라 전반사가 이루어질 수 있도록 상기 축선에 대하여 경사짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 38**

조명광의 도광을 위한 장치에 있어서, 상기 장치가 다수의 구조부를 갖는 상부면과 저면을 갖는 동체로 구성되고, 상기 경사구조부와 하강구조부가 상기 저면을 따라 서로 교대로 배치되며, 상기 경사구조부와 하강구조부가 상기 상부면에 평행한 장치의 축선을 따라 연장되고, 광선이 상기 동체의 일측단부로부터 입사될 때 상기 상부면으로부터 출사되도록 상기 경사구조부의 하나로부터 반사에 의하여 분배되거나 상기 인접한 하강구조부를 통하여 상기 경사구조부의 하나를 통해 다시 상기 동체로 전달될 때까지 상기 동체내에서 전반사됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 39**

제38항에 있어서, 상기 각 경사구조부가 상기 축선에 대하여 예각을 이루는 상승면을 포함하고, 상기 각 하강구조부는 상기 축선의 법선에 대하여 예각을 이루는 하강면과, 상기 상부면에 평행한 표면을 포함함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 40**

제39항에 있어서, 상기 각 하강구조부의 상기 하강면이 각주형 면을 가짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 41**

제39항에 있어서, 제1평면이 상기 일측단부로부터 상기 제1의 경사구조부까지 연장된 배면 보다 낮으며, 제1평

면 후측의 각 하강구조부의 평면이 광학장치의 길이를 따라서 선행 평면보다 높은 레벨을 가짐으로서 광학장치의 두께를 감소시킴을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 42**

제38항에 있어서, 상기 각 경사구조부와 상기 하강구조부가 상기 저면을 따라 두께가 감소하는 것에 반비례하여 크기가 증가함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 43**

제39항에 있어서, 각 경사구조부의 상승면이 상기 축선에 대하여 점진적으로 가파른 예각의 다중면으로 분할됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 44**

제39항에 있어서, 각 경사구조부의 상승면이 연속적으로 변화하는 경사면을 가짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 45**

제38항에 있어서, 상기 저면이 반사물질을 가짐을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 46**

제38항에 있어서, 상기 장치의 상기 일측단로 입사되는 광선을 위한 광원을 포함함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 47**

제46항에 있어서, 상기 광원이 램프, 단일 LED, LED 어레이, 또는 광섬유 광원임을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 48**

제46항에 있어서, 상기 광원과 상기 장치가 하우징내에 배치됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 49**

제48항에 있어서, 상기 하우징이 표면에 부착가능함을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 50**

제38항에 있어서, 상기 장치가 하우징내에 배치되고, 상기 광원이 상기 하우징의 외부에 위치하는 조명광의 입사를 위한 입력단부와 상기 장치로 광선을 분배하기 위하여 상기 하우징 내로 연장된 출력단부를 갖는 광섬유로 구성됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 51**

조명광의 도광을 위한 장치에 있어서, 상기 장치가 상부면과 저면을 가지고 장치의 길이를 따라 광선의 입사를 위한 입력단부로부터 다수의 연속부분을 갖는 동체로 구성되고, 적어도 하나의 상기 부분의 상부면은 상기 상부면을 따라 상기 출사전면으로부터 분배를 위하여 광선이 상기 부분중 상기 하나의 부분내에서 반사될 수 있는 출사전면을 갖는 다수의 제1경사구조부를 가지며, 상기 부분중 적어도 다른 하나의 부분의 저면은 다수의 제2경사구조부를 가지고 광선이 상기 상부면으로부터 출사되도록 상기 제2경사구조부의 하나로부터 반사에 의한 분배를 위하여 상기 부분의 상기 다른 하나의 부분내에서 반사됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 52**

제51항에 있어서, 상기 제1경사구조부와 상기 제2경사구조부로부터 상기 광학장치에서 출사되는 광선이 어떠한 광선분포를 이루도록 조합됨을 특징으로 하는 조명광 도광용 광학장치.

**청구항 53**

조명장치에 있어서, 이 조명장치가 상부면과 저면을 가지고 상기 상부면과 저면의 적어도 하나가 상기 상부면을 따라 조명이 이루어지도록 하는 예각경사구조부의 패턴을 포함하며 상기 경사구조부가 상기 저면을 따라 형성되어 있을 때 상기 상부면으로부터 광선이 향하고 상기 경사구조부가 상기 상부면을 따라 형성되어 있을 때 상기 경사구조부의 예각 출사면으로부터 광선이 향하도록 하는 도광장치와, 상기 도광장치로 광선을 입사시키기 위한 광원으로 구성됨을 특징으로 하는 조명장치.

**청구항 54**

제53항에 있어서, 적어도 상기 도광장치를 갖는 하우징을 포함함을 특징으로 하는 조명장치.

**청구항 55**

제54항에 있어서, 상기 하우징이 상기 광원을 가짐을 특징으로 하는 조명장치.

**청구항 56**

제54항에 있어서, 상기 하우징이 표면에 부착가능함을 특징으로 하는 조명장치.

**청구항 57**

제53항에 있어서, 상기 광원이 램프, 단일 LED, LED 어레이, 또는 광섬유 광원임을 특징으로 하는 조명장치.

**명세서**

**기술분야**

<1> 본 발명은 도광체(導光體)와 같은 조명광 도광용 광학장치에 관한 것으로, 특히 상부면을 따라 형성된 계단형 또는 예각경사구조부, 또는 하부면을 따라 형성된 예각경사구조부를 가지고, 광선이 이러한 구조에 의하여 외부로 분배될 때까지 내부에서 전반사되는 조명도광용 광학장치에 관한 것이다. 본 발명의 광학장치는 사전에 한정된 공간 및 각도 분배로 효과적인 도광이 이루어질 수 있도록 전반사의 과정을 통하여 광선을 도광한다. 본 발명의 광학장치는 건축조명, 디스플레이, 역광조명, 반도체조명(solid-state lighting), 사이니지(signage), 또는 소비자조명제품과 같은 다양한 조명분야에 유용하다. 또한 본 발명은 루미네어(luminaries)로 불리는 이러한 광학장치를 이용하는 조명장치에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 대다수의 조명분야에서는 광원으로부터 특정 타겟 또는 공간영역으로 조명광을 안내하기 위한 광학적인 도광체를 이용한다. 예를 들어, 도광체는 백라이트 디스플레이 시스템, 일반조명(예를 들어, 루미네어)와, 내시경과 같은 의료장치에 이용된다. 예를 들어, 미국특허 제6,775,460호, 제5,949,933호, 제6,474,827호, 제6,002,829호, 제6,948,832호, 제5,136,480호, 제5,613,751호 및 제6,910,783호를 참조바란다. 이들 특허문헌에 기술된 도광체 또는 도광 광학소자는 광선을 추출하기 위하여 삼각형 또는 사다리꼴 형상면체, 마이크로프리즘 또는 마이크로렌즈 어레이, 파동리본형 구조체, 세모기둥형 요입면 구조체, 또는 원형 요입면 구조체 등을 이용한다. 비록 특정분야에 이들의 각 광원이 유용하기는 하나, 이들 도광 광학소자는 본 발명의 구조로부터 실현되는 것과 같이 광선을 도광하기 위하여 전반사를 효율적으로 이용할 수 없다.

**발명의 상세한 설명**

<3> 따라서, 본 발명의 특징은 조명광의 도광을 위한 광학장치를 제공하는 것으로, 이 광학장치가 상부면 및/또는 하부면에 이러한 광학장치로 입사된 모든 광선을 추출하기 위한 구조를 가지므로써 광학장치로부터 추출된 광선이 요구된 면을 통하여 출사되고 규정된 방향으로 전파되는 조명광 도광용 광학장치를 제공한다.

<4> 본 발명의 다른 특징은 상부면 및/또는 하부면에 다양한 조명장치 및 조명분야의 광원과 함께 사용될 수 있는 구조를 갖는 조명광 도광용 광학장치를 제공하는데 있다.

<5> 요약컨데, 본 발명을 구현하는 광학장치는 광입력단을 갖는 광학물질의 동체와, 각각 출사광선의 분배를 위한 출사전면을 을 갖는 다수의 계단형 또는 예각경사구조부를 갖는 상부면을 갖는다. 입사광의 전부 또는 적어도



일부분은 출사전면으로부터 분배될 때까지 그 전부가 동체내에서 내부적으로 반사된다.

- <6> 이러한 구조는 장치의 길이방향으로 연장된 축선에 평행한 방향으로 상부면을 따라 연장된다. 장치의 하부면은 실질적으로 이러한 축선에 평행하다. 이러한 광학장치가 예각경사구조부를 가질 때, 경사구조부는 각각 이러한 축선에 대하여 예각을 이루는 경사(상승)면을 가지며, 각 경사구조부의 출사전면은 이러한 축선의 법선에 대하여 예각을 이루는 면을 갖는다. 각 경사구조부의 출사전면은 인접한 다음의 경사구조부의 경사면 시작부분에 접촉하거나, 각 쌍의 인접한 경사구조부가 실질적으로 축선에 평행한 면에 의하여 분리된다. 경사구조부는 각각 광입력단으로부터 하부면으로 연속하여 경사지며, 이로써 장치의 점진적인 두께감소가 이루어진다. 광입력단에 대향된 장치의 타측단부의 두께는 실질적으로 제로가 되어 동체내에 입사된 모든 광선은 경사구조부의 출사전면으로부터 분배될 수 있도록 한다.
- <7> 광학장치의 동체는 광입력단과 제1구조부 사이에 입력부를 가지고, 이는 개구수(numeric aperture)를 감소시키도록 형상화되거나 또는 장치의 폭을 따라서 동체내에서 크기가 맞추어진다.
- <8> 상기 언급된 조명광 도광용 광학장치는 상부면구조화 장치이다. 또한 본 발명은 저면을 따라서 교대로 배치된 경사구조부와 하강구조부를 갖는 하부면구조화 장치인 조명광 도광용 광학장치를 구현한다. 이러한 경사구조부와 하강구조부는 장치의 축선에 평행하게 연장된다. 장치의 동체의 상부면은 이러한 축선에 실질적으로 평행하다. 장치 동체의 일측단부로부터 입사된 광선은 경사구조부의 일측으로부터 반사에 의하여 분배될 때까지 또는 하강구조부의 인접한 하나를 통해 다시 동체측으로 경사구조부의 하나를 통하여 전달될 때까지 동체내에서 전반사된다.
- <9> 하부면구조화 장치의 각 경사구조부는 장치의 축선에 대하여 예각을 이루는 상승면을 갖는다. 각 하강구조부는 장치 축선의 법선에 대하여 예각을 이루는 하강면과, 상부면에 실질적으로 평행한 면을 갖는다. 각 하강구조부의 하강면은 경사구조부로부터 편향된 광선을 다시 광학장치측으로 되돌려 보내는데 도움이 될 수 있도록 하는 각주면(prismatic surface)이다. 하강구조부의 제1 평면은 장치의 광입력단으로부터 상기 경사구조부의 제1부분으로 연장된 배면 보다 낮으며, 제1 평면 이후의 각 하강구조부의 평면은 장치의 길이방향으로 앞의 평면 보다 레벨이 높아 장치의 두께가 감소한다. 선택적으로, 경사구조부와 하강구조부는 하부면을 따른 이러한 두께의 감소에 따라서 크기가 증가한다. 더욱이, 각 경사구조부의 상승면은 점진적으로 가파른 각도를 갖는 다수의 면으로 나누어지거나, 또는 단일의 평면이 연속적으로 변화하는 경사면을 가질 수 있다.
- <10> 하부면구조화 형태의 조명광 도광용 광학장치는 별도의 광학장치이거나, 또는 상기 언급된 바와 같이 상부면구조화 면 및 하부면구조화 면 모두를 갖는 조명광 도광용 광학장치를 제공하도록 상부면구조화 조명광 도광용 광학장치와 동일한 동체의 일부일 수 있다. 이러한 조합형의 광학장치는 연속부를 갖는 동체를 가지며, 각 연속부에는 앞선 연속부로부터 광선이 입사된다. 이러한 연속부의 적어도 하나는 상부면구조화 조명광 도광용 광학장치를 구성하고, 이러한 연속부의 적어도 다른 하나는 하부면구조화 조명광 도광용 광학장치를 구성한다. 연속부의 하나의 구조부에 의하여 분배되지 않은 광선은 장치 동체의 다음 연속부 측으로 입사된다. 이러한 과정이 연속된다. 동체의 구조화 부분으로부터 분배된 광선은 광학장치의 상부면으로부터 조합된 조명광을 제공할 수 있다.
- <11> 본 발명은 루미네어(luminaire)로 불리는 조명장치, 즉, 또한 하나의 광원과, 상부면과 하부면의 어느 하나 또는 이들 상부면과 하부면 모두에 배치되는 상기 언급된 광학장치를 갖는 조명장치를 구현한다. 예를 들어, 광원은 램프, 단일 발광다이오드(LED), LED 어레이, 또는 광섬유광원일 수 있다. 이러한 루미네어는 특별한 조명조건에 따라서 고정면에 부착할 수 있는 하우징내에 제공될 수 있다. 이러한 고정면은 실내 또는 운반수단(예를 들어, 승용차 또는 항공기)의 벽, 계단, 마루, 선반, 천정, 또는 기타 조명이 요구되는 부분이다. 또한 루미네어는 하우징을 구비하거나 구비하지 않을 수 있고, 공구, 기구 또는 손목과 같은 신체의 일부분, 모자와 같은 복장물 내에 착설될 수 있으며, LCD 디스플레이와 같은 다른 장치의 하우징내에 수용될 수 있다. 하우징과 이러한 하우징에 수용되는 구성요소는 특정 조명조건에 따라서 그 크기가 정하여지거나 형상화될 수 있다.
- <12> 본 발명을 첨부도면에 의거하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

**실시예**

- <84> 본 발명은 광선의 제어된 분산이 이루어질 수 있도록 하는 다양한 구조화 면을 갖는 조명 광학장치(10a)(10b)(10c)(10d)(10e)(10f)(10g)에 관한 것이다. 비록 이들 각 광학장치(10a-f)가 이후 본 발명의 여러 실시형태로서 설명될 것이나, 단일의 광학장치가 동일한 면을 따라 하나 이상의 광학장치(10a-f)의 구조부, 또는 예를 들어 광학장치(10g)의 경우와 같이 다른 면을 따라 형성된 구조부를 가질 수 있다. 광학장치(10a-g)는

이러한 장치내에서 전반사를 통하여 광선의 도광이 이루어질 수 있도록 하기 위하여, 주위의 매질, 예를 들어 공기와 같은 기체의 물질 보다 높은 굴절률을 갖는 플라스틱, 유리, 폴리카보네이트, 또는 실리콘과 같은 광학 물질로 구성된다. 이후 상세히 설명되는 바와 같이, 광학장치(10a-g)의 동체의 표면은 장치로부터 방출되는 조명광의 분배를 제어하는 것과 조합하여 효율적인 광선의 추출이 이루어질 수 있도록 하는 표면양각구조부이다.

<85> 광학장치(10a-g)의 이러한 구조부는 통상적인 밀링가공, 선반가공 또는 다이아몬드 터닝 머신에 의한 가공에 의하여 이러한 장치의 동체에 제공된 광학물질의 표면에 구성될 수 있다. 이러한 기술은 이러한 장치의 사출성형 또는 압출, 또는 비평탄형 구조를 얻기 위한 사출성형 및 슬럼프(slumping)가공 또는 열간성형, 또는 이러한 장치의 넓은 평면상 시이트를 얻기 위한 압출을 위한 몰드를 제공하는데 이용될 수도 있다.

<86> 광학장치(10a-g)는 대부분 거의 투명한 유전체 물질로 된 평행형상의 구조부를 갖는다. 광학장치(10a-g)의 크기와 이들의 각 구조는 광선의 파장에 비하여 크므로 회절효과는 거의 무시되어 광선의 모형화(modeling)가 가능하다. 광학장치(10a-g)는 인접한 면으로부터 광선의 아웃 커플링(out coupling)이 이루어지는 구조부의 한 면으로 입사되는 광선을 안내하는 도관으로서 작용한다. 이는 대부분의 경우 광선이 일측 단부로 입사되거나 타측 단부로 출사되는 광섬유와는 대조적인 것이다.

<87> 광학장치(10a-g)의 표면은 장치내에 남는 광선의 개구수를 유지하거나 줄이는 동안에 장치로부터의 모든 광선이 아웃 커플링되거나 광선의 일부가 아웃 커플링될 수 있도록 광선을 조절하기 위하여 반사와 굴절 모두를 이용한다. 광학장치는 개구수가 도광체의 두께가 감소하는 것에 반비례하여 증가되는 테이퍼형 도광체와는 다르게 불연속적인 단턱을 통하여 광학장치의 크기를 줄이는 것만으로 이들의 장치내에서 광선의 개구수를 유지할 수 있다는 원리로 작용한다. 이는 장치내를 지나는 광선의 개구수를 증가시키지 않고 광학장치의 크기를 줄일 수 있으면서 아웃 커플링이 이루어지도록 한다.

<88> 도 1 - 도 45에서 보인 광학장치(10a-e)의 작용원리를 이해하기 위하여, 먼저, 도광체의 크기와 내부에서 전파하는 광선의 개구수를 곱하여 나타내는 광학불변식을 고려한다.

<89> (1) 
$$L \equiv X * NA_x$$

<90> 여기에서 X는 도광체의 크기이고 NA<sub>x</sub>는 x방향에서 광선의 개구수이며 이는 다음과 같이 주어진다.

<91> (2) 
$$NA_x \equiv n \sin(\Theta_{Ray-max})$$

<92> 여기에서, 장치의 광학물질의 굴절률은 n 이고 장치 축선에 대한 광전파의 최대각도는  $\Theta_{Ray-max}$  이다. 등식(1)과 (2)는 장치의 크기가 감소되는 경우, 광학장치내에서 광선의 각도가 이에 반비례하여 증가함을 나타낸다. 이러한 원리는 광선의 아웃 커플링시에 단열테이퍼구조에 관련된 개구수 증가를 방지하기 위하여 광학장치의 크기를 줄임으로서 피할 수 있다. 이는 광선의 각도를 증가시키지 않고 광학장치의 구조의 두께를 감소시킬 수 있도록 한다. 이렇게 하는 것은 측면으로 광선이 출사되거나 실질적으로 다시 광원측으로 광선이 반사되는 부위에서 광학장치의 크기를 줄임으로서 가능하기 때문에 중요한 것이다.

<93> 광학장치(10a-e)에 대한 광학설계의 규정은 계획된 면(프레넬반사는 제외)에서 이루어지는 아웃 커플링 효율이 100% 이하이다. 잘 알려진 바와 같이, 실질적으로 장치의 표면으로 입사되는 광선은 요구된 면을 통하여 아웃 커플링(출사)될 수 있으며 장치내에서 광선의 개구수가 그대로 유지되거나 감소되는 가운데 광선의 아웃 커플링이 이루어질 것이다. 더욱이, 광학장치로부터 나오는 추출된 광선의 출력각도분배를 제어할 수 있다.

<94> 광학장치의 여러 특징은 다음과 같다.

- <95> 1) 거시적 도광체 >> 파장
- <96> 2) 두께에 비하여 길이가 길다(전형적으로 두께의 >10배).
- <97> 3) 도광체내에서 광선의 개구수가 유지되거나 감소된다.
- <98> 4) 개구수의 유지를 위하여 아웃 커플링에 의한 도광체 크기의 감소.
- <99> 5) 광선의 각도를 유지하기 위한 굴절 및 전반사의 이용.
- <100> 6) 전면 및 배면 설계의 규정.

<101> 7) 100% 결합효율을 위하여 개방된 설계규정.

<102> 8) 출력광 각도분배의 최대제어.

<103> 이제, 도 1에서, 제1실시형태의 광학장치(10a)는 상부면(14a)을 따라서 계단형 구조부(11)를 제공하기 위한 일련의 단턱이 형성된 광학물질의 동체(12a)를 갖는 것으로 도시되어 있다. 각 단턱은 등간격을 두고 형성된 것으로 도시되어 있다. 이후 이론적인 설명으로 밝히는 바와 같이, 광학장치(10a)는 전면 아웃 커플링이 이루어질 수 있도록 함으로서 광선이 장치(10a)의 일측 단부(16a)로 입사될 때 광선이 각 단턱의 출사전면(11a)으로 분배되고 광선의 대부분이 이러한 출사전면으로 분배될 때까지 동체(12a)내에서 내부반사된다.

<104> 광학장치(10a)는 본 발명의 개념을 설명하기 위하여 제공된 것이며, 광학장치(10b-e)에 추가된 특징들이 전면으로 입사된 모든 광선의 아웃 커플링이 이루어질 수 있는 한편 광학장치로부터 출사되지 않은 광선의 개구수는 증가되지 않는 실시형태중의 하나인 것으로 고려된다. 이러한 아웃 커플링은 광학장치의 크기를 감소시키는 한편 광선이 장치로부터 예정된 방향으로 아웃 커플링될 수 있도록 한다. 광학장치로부터 아웃 커플링되는 광선은 장치내에서 전파되는 광선 보다 작거나 같은 개구수를 가질 수 있다. 이는 광학불변식(등식 1)에 영향을 주지 않고 광선이 광학장치에 입사되는 영역(단부면 16a) 보다 넓은 영역(광학장치의 전면)을 통하여 방출됨으로서 달성된다.

<105> 광학장치(10a)의 전면(14a)은 광선의 아웃 커플링이 이루어지고 장치내에서 전파되는 광선의 개구수를 증가시키는 급격한 경사면을 이용함이 없이 동체(16)의 두께를 줄이기 위하여 전면단부면(11a)과 평행면(11b)을 제공하는 불연속 단턱을 갖는다. 광학장치(10a)의 단면이 도 2에 도시되어 있다. 이 실시형태는 광선의 아웃 커플링이 이루어지면서 장치의 두께가 체로 감소될 때 단열테이퍼구조의 경우와 같이 광학장치내에서 전파되는 광선의 개구수가 증가하지 않도록 장치의 크기를 불연속적으로 감소시킨다. 이 실시형태의 목적은 전면(14a)에 형성된 구조부의 출사전면(11a)으로부터 광선의 아웃 커플링이 이루어질 수 있도록 하는 것이다. 그러나, 이러한 구조부는 일부의 광선이 배면(15a)으로 아웃 커플링되도록 한다.

<106> 도 2는 광선이 입력단부면(16a)을 통하여 장치내로 입사되는 광선의 경로를 보인 광선도이다. 내부의 광선은 4개의 광선 Ray a, Ray b, Ray c 및 Ray d 로 표시하였다. 광선 Ray a 는 도면에서 광학장치(10a)의 표면을 향하여 상측으로 전파된다. 이 광선은 단턱면에서 입사되고 단턱면을 통하여 법선으로부터 멀어지는 방향으로 굴절되어 장치로부터 출사되는 것으로 도시되어 있다. 광선 Ray b 는 광축(17a)을 따라 평행하게 진행한다. 이 광선은 출사면(11a)의 하나에 입사되고 매질-공기 경계면을 통하여 전파되고 광축(17a)에 평행하게 장치로부터 출사된다. 극단적인 예로 보인 광선 Ray c 는 장치의 상부면으로부터 반사되어 출사면(11a)의 하나에 도달되는 것으로 도시되어 있다. 이 광선은 스넬의 법칙에 따라서 출사면의 법선으로부터 멀어지는 방향으로 굴절되고, 다시 장치에 입사되어 법선을 향하여 굴절된다. 이 광선 Ray c 는 장치에 다시 입사될 때 장치에 의하여 유지되는 각도로 전파되고 바람직하지 않은 방향으로 배면(15a)으로부터 출사될 것이다. 이와 같이, 광학장치(10a)의 이러한 구조화는 요구된 방향으로 광선의 아웃 커플링이 이루어지지 않도록 한다. 광선 Ray d 는 배면(15a)으로부터 전반사가 이루어져 하측으로 진행되는 극단적인 예의 광선을 보인 것이다. 광선 Ray d 의 이러한 조건은 주위 매질의 굴절률에 대한 광학장치 물질의 굴절률의 비율이 입사광선의 개구수를 유지하는데 적합하는 한 발생한다.

<107> 도 2에서 광선 Ray d 와 같은 최대각도 광선의 전반사를 유지하기 위한 배면(15a)과 평행한 전면(11b)(또는 장치 축선에 평행한 다른 면)으로부터의 반사에 대한 유효조건이 다음과 같이 설명된다.

<108> 표면의 임계각은 다음과 같이 정의 된다.

<109> (3) 
$$\Theta_{critical} = \arcsin\left[\frac{1}{R_n}\right]$$

<110> 여기에서 굴절률 비율은 다음과 같다.

<111> (4) 
$$R_n \equiv \frac{n_{1g}}{n_m}$$

<112> 여기에서 변수  $n_{1g}$  및  $n_m$  은 각각 광학장치(10a)의 물질과 매질의 굴절률이다.

<113> 광학장치내에서 광선에 대한 최대각도는 다음과 같다.

<114> (5) 
$$\Theta_{Ray-max} \geq \arcsin \left[ \frac{1}{R_n} * NA \right]$$

<115> 여기에서 NA는 입사광선(공기에 입사)의 개구수의 사인이다. 가우시안 분포 광선의 개구수는 분포의  $1/e^2$  강도값에서 각도의 사인이다. 가우시안 광선에 대하여,  $1/e^2$  한계밖의 파라메타를 갖는 에너지전파가 거의 없으며, 이는 극단적인 예의 광선으로서 이용된다. 출사전면(11a)에서 이 광선의 입사각도는 다음 식으로 나타낸다.

<116> (6) 
$$\Theta_{in} = \pm (90 - \Theta_{Ray-max})$$

<117> 이러한 광선의 전반사가 이루어지도록 하는 광학장치(10a)의 경우, 다음 조건이 부합되어야 한다.

<118> (7) 
$$\Theta_{in} \leq \Theta_{critical}$$

<119> 입사광선의 개구수를 유지하는데 요구된 굴절률  $R_n$  이 도 3에 도시되어 있다. 굴절률  $R_n > 1.41$  은 광학장치(10a)에 입사된 1.0과 동일한 값의 개구수를 유지할 것이다. 굴절률  $R_n$  이 도 3에서 보인 한계값 보다 큰 조건은 도광되는 광선의 내부전반사를 유지하기 위하여 모든 광학장치(10a)에 대하여 필요하다.

<120> 도 4는 본 발명 제2실시형태의 광학장치(10b)를 보인 것이다. 이 광학장치(10b)는 전면(14b)을 따라서 일련의 반복적(또는 주기적)인 예각경사구조부(18)를 갖는 광학물질의 동체(12B)를 갖는다. 각 경사구조부(18)는 예각 상승(또는 경사)면(18A)과 예각의 출사전면(18b)을 갖는다. 출사전면(18b)은 광선이 단부(16b)측으로 입사될 때 광선을 분배하고, 이러한 광선은 경사구조부(18)의 출사전면(18b)에 의하여 분배될 때까지 동체(12b)내에서 전반사에 의하여 장치내에서 도광된다. 광학장치(10b)는 전면(14b)으로 입사된 모든 광선을 실질적으로 추출하며(프레넬손실을 제외하고) 각 경사구조부(18)가 출사전면(18b)의 직전에 후측으로 경사진 상승면(18a)을 갖는다. 도 5는 3개의 경사구조부(18)에 대한 전면구조의 단면을 보인 것이다. 상승면(18a)과 출사면(18b)은 이 실시형태에서 유효한 예각을 형성한다. 이러한 예각은 상기 언급된 제1실시형태의 광학장치(10a)의 단점을 피하는데 필요하다.

<121> 광학장치(10b)의 축선(17b)에 대한 상승면(18a)의 각도는  $\Theta_R$  로 표시하였다. 축선(17b)의 법선에 대한 출사면(18b)의 각도는  $\Theta_{EF}$  로 표시하였다. 각 경사구조부(18)와 저면(15b) 사이에서 동체(12b)의 두께는 광학장치(10b)의 길이를 따라 동일하다. 저면(15b)은 실질적으로 평면상이고 광축(17b)에 대하여 평행하며, 등식(7)의 관계에 의하여 제공되는 바와 같이 광학장치(10b)로 입사되는 모든 광선의 전반사가 이루어질 수 있도록 한다. 출사전면(18b)에서 모든 입사광은 광학장치(10a)의 Ray c(도 2)의 경우와 같이 광선이 광학장치(10b)로 재입사됨이 없이 아웃 커플링될 수 있다. 이는 주어진 개구수 NA와, 굴절률  $R_n$  에서, 파라메타  $\Theta_R$  과  $\Theta_{EF}$  를 적절히 제어함으로써 경사구조부(18)에 의하여 수행된다. 모든 광선이 추출되지 않는 경우, 광학장치(10b)로 다시 반사되는 광선이 감소된 각도를 가짐으로써 잔류 광선의 유효개구수를 줄여 장치를 최적화할 수 있다. 광선은 출사면(18b)을 통행 굴절에 의하여 광학장치(10b)로부터 직접 출사될 수 있거나, 광선이 상승면(18a)의 상부로부터 반사되고 출사면(18b)을 통하여 굴절될 수 있다. 이들의 경우에 있어서, 광선은 출사면(18b)을 통하여 광학장치(10b)로부터 출사(아웃 커플링)된다. 수평으로 전파되고 하측으로 전파되는 광선은 결코 출사면(18b)에 상호작용하지 않으므로 경사구조부(18)의 출사면(18b)을 향하여 상측으로 전파되는 광선만이 아웃 커플링될 것이다. 이는 광선의 반이 경사구조부(18)로 아웃 커플링되고 출사되는 광선의 개구수가 본래 광학장치(10b)에 입사되었던 광선의 개구수 보다 작을 수 있음을 의미한다. 광선이 광학장치(10b)의 입사면(16b) 보다 넓은 영역으로 방출되므로 광학불변식(등식 1과 2)이 유지된다.

<122> 광학장치(10b)를 설계하기 위한 자유상수(free parameter)는 상승각도  $\Theta_R$ , 상승길이  $L_R$  과 출사면의 컷백각도(cutback angle)  $\Theta_{EF}$  이다. 상승면(18a)의 길이는 사람의 눈으로 거의 식별할 수 없는 점으로 감소되어 방출된 광선의 사전에 한정된 각도스펙트럼을 갖는 확대된 광원을 제공할 수 있다. 상승높이 H 는 다음의 관계식에 의하여 주어지는 종속변수이다.

<123> (8) 
$$H = L_R \tan(\Theta_R)$$

<124> 전면(18a)과의 상호작용의 목적은 다음과 같다.

<125> a) 장치로부터 광선의 아웃 커플링; 또는

<126> b) 반사광선을 그 본래의 값과 같거나 작은 각도 크기에서 장치로 다시 재순환시키는 것. 이러한 중요한 특징은 장치내에서 전파되는 광선의 개구수를 감소시킨다.

<127> 이를 수행하기 위하여, 도 6과 도 7에서 극단적인 예로서 보인 4개의 광선을 고려하는 것이 필요하다. 도 6에서는 극단적인 예로 보인 2개의 광선이 구조부(18)의 출사면(18b)으로 직접 입사되는 것을 보이고 있다. Ray 1 은 등식(5)에 의하여 정의되는 바와 같이  $\Theta_{Ray-max}$  에서 전파되는 최대각도의 광선이다. Ray 2 는 상승면(18a)으로부터 반사됨이 없이 출사면(18b)으로 직접 입사되는 최하측이동 광선이다. 이들 도면에서, Ray 2 는 축선(17b)에 평행한 각도 제로의 광선이고 출사면(18b)의 저면에서 입사된다. 조건들이 출사면(18b)의 각도  $\Theta_{EF}$  에 부과되어 광학장치(10b)를 출사될 때 연속하는 상승면(18a)을 통하여 광학장치로 재입사되는 광선은 없을 것이다.

<128> 도 7는 출사면(18b)에 부딪지기 전에 구조부(18)의 상승면(18a)으로부터 전반사가 이루어지는 두 경우의 광선을 보이고 있다. 이들은 도 7에서 Ray 3 과 Ray 4 이다. Ray 3 은 개구수와 상승면 각도  $\Theta_R$  이 반사광선이 음의 각도를 가지고 도시된 바와 같이 출사면(18b)의 저면에 부딪칠 수 있는 경우를 보이고 있다. 일반적으로, 출사면(18b)의 저면에 부딪치는 광선은 상승면(18a)의 하부와 상부 사이의 상승부분의 한 위치로부터 반사될 것이다. Ray 4 는 개구수와 상승면(18a)의 각도가 상승면(18a)의 저면으로부터 반사되는 광선이 상측으로 이동하고 비제로 높이  $H_{Ray}$  에서 출사면(18b)에 부딪치는 경우를 보이고 있다. Ray 3 과 Ray 4 에 대한 반사각도가 제로에 접근하므로, 이들 두 경우는 상승부의 저면에서 입사된 광선과 이들이 반사되어 출사면(18b)의 저면에서 입사되는 광선이 퇴화된다.

<129> 도 8에서, 광학장치(10b)의 설계상 제1의 제약은 광선의 각도를 증가시키거나 이를 다시 광원측으로 반사시킬 수도 있는 각도에서 전반사가 일어나는 것을 방지하기 위한 출사면 각도에 있다. 이러한 조건은 최대상향각도  $\Theta_{Ray-max}$  에서 전파되는 광선이 광학장치(10b)의 광학물질의 임계각도 보다 작은 각도에서 출사면(18b)에 입사할 것이라는 것이다. 첫째로, 도 8의 명칭을 이용하여, 표면법선에 대한 광선의 입사각도는 다음과 같이 정의된다.

<130> (9) 
$$\Theta_{in} = \Theta_{Ray-max} + \Theta_{EF}$$

<131> 입사각도는 광학장치(10b)의 광학물질의 임계각도 보다 작은 것이 요구된다.

<132> (10) 
$$\Theta_{EF} + \Theta_{Ray-max} \leq \Theta_{critical}$$

<133> 여기에서, 광학장치(10b)의 임계각도는 등식(3)과 등식(4)의 공식에 의하여 주어진다.

<134> 이 점에서, 이들 극한적으로 상향하는 광선은 출사면(18b)에서 전반사가 일어나지 않는다. 이러한 조건은 출사면 각도에서 극한으로서 표현될 수 있다.

<135> (11) 
$$\Theta_{EF} \leq \Theta_{critical} - \Theta_{Ray-max}$$

<136> 광선의 임계 및 최대각도에 대한 정의를 이용하여 이러한 부등식을 다시 쓰면 다음과 같다.

<137> (12) 
$$\Theta_{EF} \leq \arcsin\left[\frac{1}{R_n}\right] - \arcsin\left[\frac{1}{R_n} NA\right]$$

<138> 이러한 제약을 시각화하기 위하여, 이러한 극한조건의 좌표가 여러 값의 굴절률  $R_n$  에 대하여 도 9에서 보이고 있다. 만약 출사면 각도  $\Theta_{EF}$  가 주어진 개구수와 굴절률  $R_n$  에 대하여 작성된 값 보다 작은 경우, 최대각도의 광선 Ray 1 은 출사면(18b)에서 전반사가 이루어지지 않을 것이다. 이는 느슨한 제약이고 출사면 컷백각도의 선택에 있어서 어느 정도 설계상 허용이 이루어질 수 있도록 한다. 반대로, 만약 출사면(18b)의 각도가 이러한 출사면에 입사되는 광선의 일부 또는 전부가 전반사되도록 하는 각도로 증가되는 경우, 광선들은 상승면(18a)을 향하게 될 것이고 광원을 향하는 각도로 도광체로부터 출사될 것이다. 이러한 조건은 전면 구조부(18)가 광역조명이 이루어지는데 사용될 수 있도록 한다. 따라서 광학장치는 실질적으로 넓은 각도의 범위를 조명할 수 있다.

<139> 광학장치(10b)에 대한 다음의 설계규정은 Ray 2 가 연속 상승면(18a)의 상부를 통하여 광학장치로 다시 입사되지 않는 각도  $\Theta_{EF}$  와  $\Theta_R$  사이의 관계와 같은 Ray 2 의 성향을 고려하여 유도된다. 광선각도의 용어는 도 10에서 정의된다. 극한의 광선이 장치 축선(17b)에 평행하므로, 광선각도  $\Theta_{Ray} = 0$  이다. 등식(9)에서 입사광선각도는 다음과 같은 식이 된다.

<140> (13) 
$$\Theta_{in} = \Theta_{EF}$$

<141> 상승면(18a)을 통하여 통하여 굴절되는 광선의 출사각도  $\Theta_{exit}$  는 스넬의 법칙을 이용하여 다음과 같이 계산된다.

<142> (14) 
$$\Theta_{exit} = \arcsin[ R_n * \sin(\Theta_{in}) ]$$

<143> 등식(14)은 표면법선에 대한 출사광선의 각도를 보이고 있다. 축선(17b)에 대한 새로운 전파각도는 다음과 같다.

<144> (15) 
$$\Theta_{Ray-out} = \Theta_{exit} - \Theta_{EF}$$

<145> 이러한 새로운 전파각도는 상승각도 보다 커야하거나 또는 광선이 광학장치(10b)로 재입사하고 그 본래의 전파각도 보다 큰 각도로 굴절될 것이다. 이러한 조건을 피하기 위하여, 새로운 전파각도는 상승각도 보다 커야 한다.

<146> (16) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \Theta_R$$

<147> 정의내용을 치환하면, 상승각도와 출사면 컷백각도 사이의 관계는 다음과 같다.

<148> (17) 
$$\arcsin[ R_n * \sin(\Theta_{EF}) ] - \Theta_{EF} \geq \Theta_R$$

<149> 이러한 조건이 만족될 때, 도 10에서 보인 극단적 예의 광선 Ray 2 는 출사면(18b)을 통하여 출사되고 광학장치(10b)로 재입사하지 않을 것이다. 상승각도와 출사면 각도 사이의 이러한 관계를 설명하기 위하여, 출사면 각도에 대한 상승각도의 좌표가 주위매질의 굴절률에 대한 광학장치(10b)의 굴절률의 여러 비율에 대하여 보인 도 11에 도시되어 있다. 이 좌표는 출사면 각도가 주어진 상승각도에서 최대값 보다 크거나 반대로 상승각도가 주어진 출사면 각도에서 최대값 보다 작아야 함을 보이고 있다. 이들 커브는 이들 전면의 출사면(18b)을 통한 매우 효율적인 아웃 커플링을 위한 해결공간에 대한 한계를 제공한다. 해결공간은 커브의 하측과 우측에 놓여 있으므로 굴절률  $R_n$  이 증가하면 해결공간도 증가한다.

<150> 도 7에서 Ray 3 과 Ray 4 에 대하여 보인 것과 같이 상승면(18a)으로부터 반사되고 출사면(18b)를 통하여 출사되는 광선의 경우를 고려하기로 한다. 이를 위하여 이 경우의 상세한 도면이 도 12에 도시되어 있고, 이에 보다 일반적인 Ray 4 의 상호작용이 도시되어 있다. 광선의 제1상호작용은 상승면(18a)에서의 반사이다. 광선은 다음과 같이 주어지는 새로운 방향을 향하게 된다.

<151> (18) 
$$\Theta'_{Ray} = 2 \Theta_R - \Theta_{Ray-max}$$

<152> 만약 광선이 출사면(18b)으로 입사되는 경우 이는 광학장치(10b)로부터 아웃 커플링될 것이며  $\Theta_{Ray-out}$  으로 보인 각도로 굴절할 것이다. 이러한 각도를 결정하기 위하여, 다음과 같이 출사면(18b)에서의 입사각도를 출사면의 법선에 대하여 나타낼 수 있다.

<153> (19) 
$$\Theta_{in} = \Theta'_{Ray} + \Theta_{EF}$$

<154> 그리고, 스넬의 법칙을 이용하여 출사면 법선에 대하여 출사면을 통해 전달되는 광선의 각도가 다음과 같이 주어진다.

<155> (20) 
$$\Theta_{exit} = \arcsin[ R_n \sin(\Theta_{in}) ]$$

<156> 축선(17b)에 대한 출사광선의 각도는 다음과 같이 표현될 수 있다.

<157> (21) 
$$\Theta_{Ray-out} = \Theta_{exit} - \Theta_{EF}$$

<158> 출사광선의 각도에 대한 표현에서, 광학장치(10b)로 광선이 재입사되는 것을 방지하기 위한 조건이 정의될 수 있다. 만약 반사광선의 각도가 충분히 작아서 상승면(18a)의 일부로부터 반사된 광선이  $\Theta'_{Ray} < 0$  에서 출사면(18b)의 저면에 부딪힐 수 있다면, 극단적인 각도를 갖는 광선은 도 7의 Ray 3의 경우와 같이 출사면(18b)의 저면으로 입사될 것이다. 출사면(18b)을 통하여 굴절된 후에, 굴절된 광선은 광학장치(10b)로 재입사되는 것을 방지하기 위하여 상승각도 보다 큰 각도를 가져야 한다. 이러한 조건은 다음과 같이 주어진다.

<159> (22) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \Theta_R$$

<160> 등식(14)-(18)의 관계를 조합하고 등식(5)의 광선각도에 대한 한계값을 이용하여 광학장치(10b)를 위한 다른 설계파라메타를 정의하는데 필요한 관계식을 얻는다.

<161> (23) 
$$\Theta_{Ray-out} = \arcsin[ R_n * \sin(2 * \Theta_R - \Theta_{Ray-max} + \Theta_{EF}) ] - \Theta_{EF} \geq \Theta_R$$

<162> 등식(23)은 상승면(18a)에서 반사되고 출사면(18b)의 저면에서 출사면(18b)을 통하여 굴절되는 광선에 대한 식이다. 만약, 다른 한편으로, 상승각도가 상승면(18a)의 저면으로부터 반사되는 극단각도의 광선( $\Theta_{Ray-max}$ )이 양의 각도( $\Theta'_{Ray} > 0$ )를 갖도록 충분히 큰 경우, 광선이 상승면(18a)에 입사되는 점은  $H_{Ray} > 0$  (도 5 및 도 10에서 Ray 4에 대하여)이다. 출사면(18b)에서 강선의 높이는 다음과 같이 주어진다.

<163> (24) 
$$H_{Ray} = L_R * \tan(\Theta'_{Ray})$$

<164> 여기에서 광선은 실질적으로 출사면(18b)까지 전체 길이  $L_R$  을 이동하므로 근사값이 상승한다. 광선은 이러한 거리 보다 약간작은 거리를 이동할 것이나, 근사값은 현저히 작은 출사면과 상승각도에 대하여 상당히 정확하다. 출사광선이 광학장치(10b)측으로 재입사되는 것을 방지하기 위하여 연속의 상승면(18a)의 상부를 만나지 못하는 조건은 다음과 같은 식으로 나타낸다.

<165> (25) 
$$L_R * \tan(\Theta_{Ray-out}) \geq H - H_{Ray}$$

<166> H 와  $H_{Ray}$  에 대한 정의를 이용하여, 상기 등식은 다음과 같이 재작성할 수 있다.

<167> (26) 
$$\tan(\Theta_{Ray-out}) \geq \tan(\Theta_R) - \tan(\Theta'_{Ray})$$

<168> 여기에서,  $\Theta'_{Ray}$  와  $\Theta_{Ray-out}$  에 대한 등식(18)(23)에서의 정의가 적용된다. 등식(23)과 등식(26)은 상승면(18a)의 각도와 출사면(18b)의 컷백각도 사이의 관계에서 하계(lower bound)를 부과한다. 고효율의 아웃 컷플링을 위하여 필요한 이러한 최종설계조건을 시각화하기 위하여,  $R_n$  과 NA 의 여러 파라메타에 대하여 경계조건이 도 13 과 도 14에 좌표로 도시되어 있다. 도 13은 굴절률이 고정된 개구수에 대하여 감소될 때, 최소각도제약이 증가하여 해결공간의 크기가 감소함을 보이고 있다. 도 14는 입력 조명광의 개구수가 고정된 굴절률에 대하여 감소될 때, 최소각도제약이 감소하여 해결공간의 크기가 증가하는 것을 보이고 있다. 이러한 설계상 제약의 해석은 출사면(18b)과 상승면(18a)의 각도 모두가 이들 커브에 의하여 정의된 점의 자취 보다 커야한다는 것이다.

<169> 등식(12)(17)(23) 및 등식(26)에서 표현된 3개의 설계규칙이 함께 조립되어 광학장치(10b)를 위하여 요구된 파라메타를 선택할 수 있도록 한다. 도 15와 도 16은 굴절률  $R_n$  이 각각 1.59와 1.4인 경우에 대하여 광학장치(10b)의 3개 경계설계규칙에 의하여 지시된 이러한 파라메타의 선택을 위한 해결공간을 보이고 있다. 해결공간은 그 상부의 경계는 등식(17)에 의하여 결정된다. 해결공간의 우측부분은 그 경계가 등식(12)에 의하여 표현된 임계각도한계에 의하여 결정된다. 또한 해결공간의 하측부는 그 경계가 등식(23)(26)으로 표현된 반사-굴절의

상호작용에서 한계광선에 의하여 결정된다. 개구수가 0.1, 0.3 및 0.5 인 경우의 해결공간은 이들 도면에서 라벨을 붙이고 음영선으로 표시한 부분이다.

- <170> 예를 들어, 광학장치(10b)는 도 15에서 보인 바와 같이 굴절률이 1.59(공기중에서 폴리카보네이트)이고, 출사면(18b)의 각도가 18도이며 상승면(18a)의 각도가 약 10도인 것이다. 다른 예에서, 광학장치(10b)는 도 16에서 보인 바와 같이 굴절률이 1.4(공기중에서 실리콘)이고 출사면(18b)의 각도가 ~24도이며 상승면(18a)의 각도가 약 10도인 것이다. 이들 각도에 의하여 결정되는 경사구조부(18)는 도 4에서 보인 바와 같은 광학장치를 제공하기 위하여 장치의 상부면(14b)을 따라서 반복된다.
- <171> 출사면(18b)과 상승면(18a)의 크기는 전형적으로 광학장치(10b)의 전체 두께에 비하여 작다. 이들은 통상적으로 광학장치(10b)의 두께의 1/10~1/100 의 범위이다. 예를 들어 장치(10b)의 두께가 5 mm 인 경우, 출사면(18b)의 높이 H 는 0.005~0.5 mm 이다. 상승면(18a)의 길이는 그 각도와 상승면 높이 H 에 의하여 결정된다. 이러한 예에서 이는 구조부(18)의 길이 L 이 0.01~1 mm 의 범위임을 의미한다. 이들은 근사범위이고 이들 범위 밖에서의 작동도 가능하다. 예를 들어, 규모가 큰 구조부(18)는 거칠고 부드럽지 않은 조명이 이루어지는 반면에, 규모가 작은 구조부(18)는 광학장치의 표면(14b)에 가까운 부드럽고 보다 균일한 조명이 이루어질 수 있을 것이다. 구조부(18)의 높이가 0.05 mm 이하로 감소되는 경우, 제조상 허용공차는 보다 엄격하게 될 것이다.
- <172> 이들의 예는 굴절률이 감소됨에 따라서 좁아지는 해결공간을 보이고 있다. 증가된 굴절률과 감소된 입력개구수에서 조명은 광학장치(10b)에 대한 파라메타의 크기를 증가시킨다. 이들 예에서, 광학장치로부터 출사되는 광선의 각도는 이들 두 각도를 현저한 각도범위를 중심으로 하여 회전시킴으로서 조절될 수 있다. 도 16에서 보인 바와 같이 예를 들어 각도범위는  $NA = 0.1$  이고 굴절률  $n = 1.4$  인 경우에 5~40 도 사이의 출사면각도가 선택될 수 있다. 이러한 효과가 이후 도 35A 와 도 35B 에서 설명되며, 이는 출사면각도로서 조절된 광선분배가 20도로부터 40도까지 변화된다.
- <173> 광선이 요구된 방향으로 광학장치(10b)로부터 효율적으로 아웃 커플링되는 반면에, 장치의 두께를 제로로 줄이지 않고 또는 장치의 단부(19b)(도 4)에서 최종출사면(18b)을 갖는 모든 광선의 아웃 커플링이 이루어질 수 없다. 단부(19b)에서 출사면(18b)은 이러한 영역으로부터 방출된 광선의 동일한 각도스펙트럼을 제공하기 위하여 앞서의 출사면각도와 거의 동일하다. 출사면(18b)의 단부는 또한 이러한 출사면으로부터 광선의 각도스펙트럼을 수정할 수 있도록 구조화될 수 있다. 도 17에서 광학장치(10c)에 대하여 설명되는 바와 같이, 단부(16b)로부터 단부(19b)까지 광학장치의 두께가 감소되는 것은 광학장치의 단부로부터 잔류광선의 아웃 커플링이 이루어지도록 하는 다른 수단으로서 이용될 수 있다.
- <174> 도 15에서 보인 바와 같이 광학장치(10b)의 다른 예에서,  $NA = 0.5$  이고  $n = 1.59$  에 대한 해결공간의 중심이 상승면각도  $\theta_R = 10$ 도 이고 출사면각도  $\theta_{EF} = 18$ 도인 위치에 놓인다. 만약 광선방출각도가 광학장치의 축선에 대한 법선에 대하여 선택될 수 있으며 모든 광선은 출사면각도와 상승면각도의 여각 사이, 즉, 광학장치의 축선에 대한 법선으로부터 18~80도 사이에서 방출될 것이다. 이들 각도는 입사광선의 이러한 전파방향을 따라서 거의 전방으로 향하는 조명이 이루어질 수 있도록 한다.
- <175> 다른 예에서, 도 16의  $NA = 0.3$  및  $n = 1.40$  에서, 상승면각도  $\theta_R = 10$ 도 이고 출사면각도  $\theta_{EF} = 30$ 도를 선택할 수 있다. 이와 같은 경우, 상승면각도는 최대광선 보다 커서 상승면으로부터 광선의 반사는 없으며 도광체를 나오는 모든 광선은 직접 출사면으로 입사된다. 모든 광선은 출사면과 상승면각도의 여각 사이, 즉 광학장치의 축선에 대한 법선으로부터 30도와 80도 사이에서 방출될 것이다. 다시 광선은 입사광선의 전파방향에 의하여 정의되는 바와 같이 거의 전방방향으로 방출된다.
- <176> 도 17은 본 발명의 제3실시형태의 광학장치(10c)를 보인 것이다. 광학장치(10c)는 상부면(14b)을 따라 상승(경사)면(20a)과 출사면(20b)을 갖는 경사구조부(20)를 갖는다. 경사구조부(20)는 광학장치(10b)의 경사구조부(18)와 유사하나, 광학장치(18b)와는 다르게, 광학장치의 동체(12c)의 두께가 감소되고, 광선이 광학장치로부터 아웃 커플링되는 비율이 제어된다. 이는 또한 제2실시형태의 광학장치(10b)에서 일어날 수 있는 것과 같은 장치 단부로부터 잔류광선의 아웃 커플링 문제를 경감시킨다. 광학장치(10c)의 두께를 단부(19c)에서 제로로 감소시킴으로서, 실질적으로 단부(16c)로부터 입사된 모든 광선이 경사구조부(20)의 출사면(20b)으로부터 추출될 수 있다. 도 18은 광학장치(18c)의 전면구조부의 단면을 보인 것이다. 출사면의 높이  $H_{EF}$  는 등식(8)의 관계에 의하여 상승각도  $\theta_R$  에 더 이상 직접 관련되지 않는다. 대신에, 출사면(18c)이 출사면각도  $\theta_{EF}$  에서 다음과 같이 표현되는 출사면 높이  $H_{EF}$  에 대하여 연속적으로 하측방향과 배면방향으로 경사진다.



<177> (27) 
$$H_{EF} \equiv \alpha * H$$

<178> 여기에서, 무한스케일링 파라메타 알파(α)가 도입되고 이는 다음과 같이 한정된다.

<179> (28) 
$$\alpha \geq 1$$

<180> 이러한 두께감소에 부가하여, 광학장치(10c)의 두께가 감소되는 비율은 다음과 같이 표현될 수 있다.

<181> (29) 
$$\text{Effective-taper-angle} = \arctan[(1-\alpha)*\tan(\Theta_R)]$$

<182> 상승면각도  $\Theta_R$ 의 탄젠트에 의하여 크기가 정하여지는 양(1-α)은 광학장치(10c)의 축선(17c)에 대한 유효한 기울기를 도입하도록 작용한다. 도 6에서 보인 Ray 1의 상호작용은 이 장치에 대하여 동일하고, Ray 1의 상호작용에 대하여 유도된 등식(12)에 의한 출사면각도  $\Theta_{EF}$  상에 배치된 제약이 계속 적용된다. 광선 Ray 2', Ray 3' 및 Ray 4'에 대하여 정의된 제약은 도 19 내지 도 22에 관련하여 이후 상세히 설명될 것이다.

<183> 도 19는 광학장치(10c)에서의 Ray 2' 상호작용을 보인 것이다. 극단적인 예로서 하측으로 굴절하는 광선이 다음과 같이  $\Theta_{Ray}$ 로 나타낼 수 있다.

<184> (30) 
$$\Theta_{Ray} = \arctan\left[\frac{H - H_{EF}}{L_R}\right]$$

<185> 여기에서, 높이 H는 등식(1)에 의하여 정의된 바와 같다. H와  $H_{EF}$ 에 대한 정의를 이용하여 등식(22)을 다시 정리하면 다음과 같다.

<186> (31) 
$$\Theta_{Ray} = \arctan[(1-\alpha)*\tan(\Theta_R)]$$

<187> 이는 등식(29)에 의하여 주어진 유효테이퍼각도와 동일하다. Ray 2'가 하측으로 이동하므로 광선의 입사각도는 다음과 같다.

<188> (32) 
$$\Theta_{in} = \Theta_{EF} + \Theta_{Ray}$$

<189> 스넬의 법칙과 이미 언급된 정의를 이용하여, 장치(10c)를 통하여 출사되는 광선의 각도에 대한 식은 다음과 같다.

<190> (33) 
$$\Theta_{Ray-out} = \arcsin\{R_n * \sin[\Theta_{EF} + \arctan[(1-\alpha)*\tan(\Theta_R)]]\} - \Theta_{EF}$$

<191> 이러한 출사광선은 광학장치(10c)로 재입사되지 않아야 하므로 그 각도는 상승면각도보다 커야 한다.

<192> (34) 
$$\arcsin\{R_n * \sin[\Theta_{EF} + \arctan((1-\alpha)*\tan(\Theta_R))]\} - \Theta_{EF} \geq \Theta_R$$

<193> 등식(34)은 광학장치(10c)를 통하여 출사하고 연속하는 상승면(20a)을 통하여 재입사하지 않는 Ray 2'의 기준이다. 만약 α=1이면 등식(34)은 제2실시형태의 광학장치(10b)에 대한 등식(17)의 식으로 복귀한다. 이러한 관계에 대한 해결공간이 도 20에서 좌표로 나타나 있다. 파라메타 α가 증가되면 상측각도한계가 하향하여 해결공간이 좁아진다. 예를 들어 α=1.3인 경우, 상승각도는 20도인 출사면각도에 대하여 8도 이하이어야 한다. 예를 들어, α=1.3에 대하여 8도의 상승각도는 등식(29)에서 설명되는 바와 같이 약 2.4도의 유효두께감소를 보인다.

<194> 광학장치(10c)에서 전면(20b)에서의 극단적인 반사-굴절 광선의 상호작용에 의하여 부과되는 설계상 제약을 설명하면 다음과 같다. 이를 위하여 도 21이 Ray 4'의 상호작용을 보이고 있다. 출사면(20b)에서 광선  $H_{Ray}$ 의 높이는 다음 식으로 나타낸다.

<195> (35) 
$$H_{Ray} \equiv (H_{EF} - H) + L_R * \tan(\Theta'_{Ray})$$

<196> 여기에서 다시 이는 근사관계이다. 출사광선이 광학장치(10c)로 다시 입사되지 않아야 한다는 제약은 광선이 연

속하는 상승면(20a)의 상부높이에 도달하여야 한다는 것으로 고쳐 말할 수 있다.

<197> (36) 
$$L_R * \tan(\Theta_{Ray-out}) \geq H - H_{Ray}$$

<198> H 와 H<sub>Ray</sub> 의 정의를 치환하여 이 조건을 다음과 같이 다시 정리할 수 있다.

<199> (37) 
$$\tan(\Theta_{Ray-out}) \geq (2-\alpha) * \tan(\Theta_R) - \tan(\Theta'_{Ray})$$

<200> 이 등식은 α=1 또는 두께감소가 없는 등식(26)으로 복귀한다. 이러한 조건은 출사면(20a)에서 광선의 위치가 조건을 만족시킬 때 적용한다.

<201> (38) 
$$H_{Ray} \geq 0$$

<202> 이는 이것이 Ray 4'의 상호작용임을 의미한다. 이 조건은 반사광선각도 Θ<sub>Ray</sub>의 조건으로 표현될 수 있다.

<203> (39) 
$$\tan(\Theta'_{Ray}) \geq (1-\alpha) * \tan(\Theta_R)$$

<204> Ray 3'의 상호작용에 대하여, 광선의 각도는 이것이 이러한 관계를 만족시키지 않아 출력광선각도 Θ<sub>Ray-out</sub>가 조건을 만족시킬 필요가 있을 것이다.

<205> (40) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \Theta_R$$

<206> 출력광선각도 Θ<sub>Ray-out</sub>은 다시 다음과 같이 정의된다.

<207> (41) 
$$\Theta_{Ray-out} = \arcsin[ R_n * \sin(2 * \Theta_R - \Theta_{Ray-max} + \Theta_{EF}) ] - \Theta_{EF} \geq \Theta_R$$

<208> 등식(41)의 조건은 등식(23)과 동일하다. 등식(37)과 등식(41)은 함께 광학장치(10c)에 대한 파라메타를 선택하기 위한 해결공간의 하계조건을 구성한다. 이러한 경계조건은 도 22에서 굴절률 R<sub>n</sub> = 1.59, 개구수 0.5 및 여러 α의 값에 대하여 좌표로 도시되어 있다. 파라메타 α는 이러한 경계조건에 크게 영향을 주지 않는다.

<209> 도 23 및 도 24에서, 광학장치(10a)에 대한 3개의 설계상 제약이 파라메타 α의 여러 값에 대한 해결공간을 보이기 위하여 좌표로 도시되어 있다. 해결공간은 동일한 굴절률에 대하여 도 13 및 도 14로부터의 해결공간과 비교될 수 있다. 해결공간은 두께감소로 좁아졌다. 예를 들어, 도 24에서 좁은 해결공간은 선택된 파라메타에 대하여 굴절률이 1.4 이고 개구수가 0.5 인 출사면에서의 100% 아웃 커플링을 위한 것이다.

<210> 예를 들어, 광학장치(10c)는 상승각도값이 8인 것에 중심이 맞추어진 굴절률 R<sub>n</sub> 이 1.59 이고 개구수가 0.5 이고 도시된 α= 1.3 의 경우에 대하여 출사면각도가 20도 인 도 23으로부터의 파라메타를 갖도록 선택될 수 있다. 이러한 파라메타의 셋트에 대하여 개구수가 0.3 및 0.1 인 것은 아직도 너무 크다. 이러한 예에서 등식(29)에 의하여 주어진 바와 같은 유효테이퍼각도(두께감소를 정의한다)는 약 2.4도이다. 만약 파라메타가 광학장치(10c)의 전길이에 걸쳐 변하지 않는다면, 두께는 입력면에 대하여 제1경사구조부(20)의 입력단부면(16c) 또는 시작위치에서 광학장치의 두께의 약 24배의 길이에 걸쳐 제로로 감소될 수 있다. 이러한 예에서, 광선은 단부(16c)로부터 입사광선의 전파방향을 따라 전면방향으로 광학장치(10c)의 축선(17c)(도 18)에 대한 법선으로부터 20도~80도 각도 사이에서 방출될 것이다.

<211> 다른 예에서, 광학장치(10c)는 상승각도값이 8인 것에 중심이 맞추어진 굴절률 R<sub>n</sub> 이 1.4 이고 개구수가 0.5 이고 도시된 α= 1.2 의 경우에 대하여 출사면각도가 24도 인 도 24로부터의 파라메타를 갖도록 선택될 수 있다. 이러한 파라메타의 셋트에 대하여 개구수가 0.3 및 0.1 인 것은 아직도 너무 크다. 이러한 예에서 등식(29)에 의하여 주어진 바와 같은 유효테이퍼각도는 약 1.6도이다. 만약 파라메타가 광학장치(10c)의 전길이에 걸쳐 변하지 않는다면, 두께는 입력면에 대하여 제1경사구조부(20)의 입력단부면(16c) 또는 시작위치에서 광학장치의 두께의 약 36배의 길이에 걸쳐 제로로 감소될 수 있다. 이러한 예에서, 모든 광선은 단부(16c)로부터 입사광선의 전파방향을 따라 전면방향으로 축선(17c)에 대한 법선으로부터 24도~82도 각도 사이에서 방출될 것이다.

<212> 도 25는 본 발명의 제4 실시형태의 광학장치(10d)를 보인 것이다. 광학장치(10d)는 광학장치(10c)와 유사하게 그 전면(14d)에 경사구조부(22)를 가지고 단부(16d)로부터 단부(19d)까지 그 길이를 따라서 불연속적으로 또는

점진적으로 감소되는 두께를 갖는 동체(12d)를 갖는다. 각 경사구조부(22)는 각 광학장치(10b)(10c)의 경사구조부(18)(20)과 유사한 상승(경사)면(22a)과 출사전면(22b)을 갖는다. 인접한 쌍의 경사구조부(22)는 장치의 광학축선(17d)과 평행하게 전면(14d)에 형성된 평면부(24)에 의하여 분리되어 있다. 이러한 평면부(24)를 부가함으로써 광학장치(10c)에 관련하여 언급된 모든 파라메타에 대한 해결공간을 넓힌다. 제3실시형태의 광학장치(10d)의 단면이 도 26에 도시되어 있다.

<213> 출사면각도  $\Theta_{EF}$ , 상승면각도  $\Theta_R$  및 출사면 높이  $H_{EF}$ 의 설계상 변수에 부가하여 각 평면부(24)의 길이를 나타내는 파라메타 S가 부가된다. 이러한 평면부의 목적은 광학장치(10d)로부터 광선의 아웃 커플링의 비율을 조절하여 파라메타의 해결공간을 넓히는 반면에 광학장치로부터 출사되지 않은 광선의 개구수를 유지하기 위한 것이다. 파라메타 S는 다음의 정의를 통하여 상승면 길이  $L_R$ 에 연결된다.

<214> (42) 
$$S \equiv \beta * L_R$$

<215> 여기에서  $\beta$ 는 다음 식으로 제약되는 무한스케일링 파라메타이다.

<216> (43) 
$$\beta \geq 0$$

<217> 평면부(24)의 부가로 광학장치(10d)의 유효테이퍼각도에 대한 식은 다음과 같다.

<218> (44) 
$$Effective-taper-angle = \arctan \left[ \frac{(1-\alpha) * \tan(\Theta_R)}{(1+\beta)} \right]$$

<219> 다시, 등식(12)에 주어진 임계각도조건이 여전히 유효하다. 최소 및 최대 각도제약이 결정될 수 있다. 평면부(24)의 부가는 주어진 파라메타, 즉  $R_n$ 과 NA에 대하여 상승면 및 출사면 각도를 조절하는 보다 넓은 설계상 범위를 허용한다.

<220> 도 27에서, 출사면(22b)의 높이는 여전히 등식(27)(28)에서 주어진다. 극단적인 예를 들어 하측으로 이동하는 광선(Ray 2")이 출사면(22b)에 입사된다. 출사면(22b)을 통하여 굴절후에 그 전파각도는 등식(33)의 식으로 정확히 설명된다. 이때에 극한출사각도는 광선이 연속상승면(22a)에 만나는 부가거리를 이동할 필요가 있으므로  $\Theta_R$  이하이다. 출사광선각도의 한계각도는 다음과 같이 제한된다.

<221> (45) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \arctan \left[ \frac{H}{L_R + S} \right]$$

<222> H,  $L_R$  및 S에 대한 식으로 치환하면, 등식(45)은 다음과 같이 다시 정리될 수 있다.

<223> (46) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \arctan \left[ \frac{\tan(\Theta_R)}{(1+\beta)} \right]$$

<224> 등식(33)에서 보인  $\Theta_{Ray-out}$ 을 위한 식을 이용하여 광학장치(10d)의 상한각도의 설계상 제약은 다음과 같다.

<225> (47) 
$$\arcsin \{ R_n * \sin [ \Theta_{EF} - \arctan((\alpha-1) * \tan(\Theta_R)) ] \} - \Theta_{EF} \geq \arctan \left[ \frac{\tan(\Theta_R)}{(1+\beta)} \right]$$

<226> 이 등식은 조건  $\beta=0$ 에 대하여 등식(34)의 식으로 복귀한다. 이러한 설계상 제약이 여러 파라메타에 대하여 도 28에 좌표로 도시되어 있다. 도면은 두께감소파라메타  $\alpha$ 가 증가할 때, 최대각도제약이 감소하여 설계공간이 좁아진다. 그러나, 평면부(24)는  $\beta$ 가 0으로부터 2로 증가할 때  $\alpha=1.5$ 의 값에 대하여 각도제약을 현저히 완화시킨다.

<227> 도 29에서, 광학장치(10d)에서 반사 및 굴절이 이루어지는 극단적인 예의 광선에 부과되는 제약이 설명될 것이다. 먼저, Ray 4" 상호작용에 대하여 등식(37)의 식을 만족시키는 반사광선각도의 경우를 고려한다. 연속하는 상승면(22a)의 상부를 통하여 광학장치(10d)에 재입사하는 것을 방지하기 위하여 출사광선의 각도는 다음식으로 제한된다.

<228> (48) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \arctan \left[ \frac{H - H_{Ray}}{L_R + S} \right]$$

<229> 이후 여러 파라메타에 대한 값을 치환하면 다음과 같다.

<230> (49) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \arctan \left[ \frac{(2-\alpha) \cdot \tan(\Theta_R) - \tan(2\Theta_R - \Theta_{Ray-max})}{1+\beta} \right]$$

<231> 반대로, 광선각도가 등식(36)에서 정의된 한계 보다 작은 경우 광선의 상호작용은 도 5에서 보인 Ray 3 상호작용과 유사하며 경계조건은 다음과 같다.

<232> (50) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \arctan \left[ \frac{H}{L_R + S} \right]$$

<233> 이를 다시 정리하면 다음과 같다.

<234> (51) 
$$\Theta_{Ray-out} \geq \arctan \left[ \frac{\tan(\Theta_R)}{1+\beta} \right]$$

<235> 등식(49)(50)은 두께감쇠 이루어지고 평면부의 특징이 나타나는 광학장치(10d)를 위한 해결공간의 하한각도를 나타낸다. 이러한 하한각도가 도 30 좌표로 도시되어 있다. 최소각도는 파라메타 β를 증가시키는 것과 같은 평면부(24)의 크기를 증가시킴으로서 실질적으로 감소될 수 있다.

<236> 도 31은 파라메타값 α = 1.5, β = 1.0, R<sub>n</sub> = 1.59 이고 개구수가 0.5, 0.3 및 0.1 인 광학장치(10d)에 대한 모든 3개의 설계상 제약의 좌표를 보인 것이다. 예를 들어, 광학장치(10d)의 파라메타는 굴절률 R<sub>n</sub> = 1.59 에 대하여 약 8도의 상승각도와 약 18도의 출사면각도에 놓이는 것이 선택될 수 있다. 등식(44)에서, 이러한 예의 유효테이퍼각도는 약 2도 이다. 만약 파라메타가 광학장치(10d)의 길이를 통하여 변화하지 않는다면 광학장치의 길이는 두께를 제로로 줄이기 위하여 초기두께의 약 29배가 될 것이다. 이러한 예에서, 단부면(16d)으로 입사되는 모든 광선은 입사광선의 전파방향에 대하여 전방방향으로 장치의 축선(17d)(도 26)의 법선에 대하여 전면(14d)로부터 18도와 82도의 각도 사이에서 방출된다.

<237> 도 32는 파라메타값 α = 1.5, β = 1.0, R<sub>n</sub> = 1.40 이고 개구수가 0.5, 0.3 및 0.1 인 광학장치(10d)에 대한 모든 3개의 설계상 제약의 다른 좌표를 보인 것이다. 다른 예에서, 광학장치(10d)의 파라메타는 NA 가 0.5 인 것에 대하여 약 8도의 상승각도와 약 24도의 출사면각도에 놓이는 것이 선택될 수 있다. 이러한 예에서 유효테이퍼각도는 약 2도 이다. 이러한 예에서 광선분배는 축선(17d)의 법선에 대하여 24도와 82도의 각도 사이에서 이루어질 것이다.

<238> 이제 광학장치(10b)(10c)(10d)의 전면 예각경사구조부로부터의 광선분배가 설명될 것이다. 3개의 모든 장치(10b)(10c)(10d)는 두 극단적 경우의 광선분배로 설명될 것이다. 제1의 경우는 출사면과 상승면의 법선을 포함하는 평면을 따라출사면과 상승평면에 의하여 한정되는 각도 사이에 분배되는 광각조명을 만들어낼 수 있다. 제2의 경우는 출사면 각도를 조절함으로써 방향이 정하여질 수 있는 협각조명을 만들어낼 수 있다. 제1의 경우는 개구수가 0.3 이상인 것에 해당한다. 제2의 경우는 전형적으로 0.3 이하의 낮은 개구수에 대하여 유효하다. 양자의 경우, 광학장치의 폭이 광원의 평행시준이 이루어질 수 있도록 함으로서 도 41 내지 도 45에 관련하여 이후 상세히 설명되는 바와 같이 수정되지 않는 한, 광선이 본래의 광원분포와 동일한 방식으로 광학장치(10b)(10c)(10d)의 폭을 따라서 분배된다.

<239> 광각분배의 경우에 있어서, 성공적인 이러한 제1 광선분배의 예에 대한 조건은 각 광학장치(10b)(10c)(10d)의 경사구조부(18)(20)(22)의 각도가 상승면각도가 최대광선각도 Θ<sub>Ray-max</sub> 의 약 반이고 출사면각도 Θ<sub>EF</sub> 가 광선의 적당한 개구수에 대하여 임계각도한계에 의하여 한정되는 것과 같은 최대각도 또는 이에 가까운 값이 되도록 선택된다. 예를 들어, 도 25의 광학장치(10d)의 경우에 있어서, 조건에 부합하는 파라메타는 약 8도의 상승각도값과 약 18도의 출사면각도에 가깝다. 이러한 예에 대한 광선분배가 도 34A에 도시되고 도 34B에 좌표로 보이고

있다. 수평축선은 광학장치 축선의 법선에 대한 광선의 방향을 나타낸다. 이로써 제로각도의 조명각도가 광학장치 표면에 수직이 되며, 90도의 조명각도가 광학장치 축선에 직접 평행하게 된다. 도 34B의 좌표는 광선이 출사면각도(18도)와 상승면각도의 여각(82도) 사이의 각도범위에 분배된다. 대부분의 광선은 표면법선으로부터 60~80도 사이에 분배된다. 유사한 예가 여러 값의 개구수와 굴절률  $R_n$  에 대하여 다른 예각 광학장치(10b)(10c)에 존재한다.

<240> 광선의 개구수가 작아 광학장치 동체의 내부 각도의 분포가 작을 때에, 도광체로부터 출사되는 광선의 분배를 제어하기 위하여 상승면 및 출사면의 각도를 조절하는 것이 가능하다. 도 35A 와 도 35B에는 작은 개구수  $NA = 0.1$ , 굴절률  $R_n = 1.4$ , 그리고 상승면각도가 2도인 경우에 광선분배를 좌표로 보인 것이다. 상승면과  $NA$  의 이러한 값에 대하여, 광선은 상승면에서의 반사와 출사면에서의 출사와 함께 출사면에서의 직접적인 출사가 이루어진다. 도 35A에서, 출사면각도는 20도이고 대부분의 광선이 광학장치 법선에 대하여 약 80도 각도의 부근에서 분배된다. 도 35B에서, 출사면은 40도이고 조명은 그 중심이 광학장치 법선에 대하여 약 65도 각도에 맞추어져 있다. 이러한  $NA$  와 굴절률  $R_n$  을 이용하는 다른 예각 광학장치(10c)(10d)도 35A 및 도 35B의 이러한 광선분배를 가질 것이다.

<241> 협각분배의 경우, 광학장치(10b)(10c)(10d)에 입사된 광선의 개구수는 도 33에서 커브에 의하여 정의되는 바와 같이 상승면각도가 도광체에서 광선의 최대각도  $\theta_{Ray-max}$  를 초과할 수 있을 정도로 충분히 작다. 상승각도는 극단적인 예의 광선각도  $\theta_{Ray-max}$  보다 큰 각도로 선택된다. 이는 상승면에서 반사되는 광선이 없으나 대신에 광선이 출사면으로 직접 입사됨을 의미한다. 이와 같은 경우, 광선분배는 출사면과 상승면 사이의 각도 보다 작을 것이며, 분배가 출사면과 상승면 모두에 법선인 표면을 포함하는 평면을 따라서 방향이 정하여질 수 있다. 이러한 방향의 결정은 도 33의 커브상에 놓인 각도에 의하여 경계를 이루는 값과 주어진 실시형태에 대한 최대각도 제약 사이로 출사면각도  $\theta_{EF}$  를 조절함으로써 수행된다. 예를 들어, 도 10의 광학장치(10b)의 경우에 있어서,  $NA=1$  에서 최대광선각도  $\theta_{Ray-max}$  는 굴절률  $R_n=1.4$  에 대하여 도 33에서 보인 바와 같이 약 4도이다. 따라서 상승각도  $\theta_R$  은 적어도 4도이어야 한다. 도 16에서, 출사면각도는 10도와 41도 사이이어야 한다. 여러 값의 출사면각도  $\theta_{EF}$  에 대한 광선분배의 좌표가 도 36에 도시되어 있다. 이 좌표는 여러 파라메타에 대하여 이 예의 광학장치(10b)로부터 방출된 광선의 정규화회도분포를 보이고 있다. 이러한 해결방식은 4도의 상승면각도의 여각에 의하여 경계를 이루는 각도에서 또는 86도의 조명각도에서 광선의 출사를 허용할 뿐임을 상기하기 바란다. 또한 도 36은 출사면각도가 증가할 때 광선분배가 광학장치 축선의 법선, 즉 90도를 향하여 조향되는 반면에, 나머지는 상대적으로 좁다. 유사한 예가 여러 값의 개구수와 굴절률에 대하여 다른 예각 광학장치(10c)(10d)에 존재한다.

<242> 선택적으로, 광학장치(10a)(10b)(10c)(10d)의 출사전면(11a)(18b)(20b)(22b)은 이들의 각 상부면(14a)(14b)(14c)(14d)를 따른 이들의 아치형 경사상승면을 따라서 단면에서 면이 만곡된다. 예를 들어 도 37은 출사전면(18b)이 도 5에서 보인 바와 같이 직선이 아니고 요입만곡형인 광학장치(10b)의 부분단면을 보이고 있다. 출사전면의 곡률은 도 6, 도 8 및 도 10의 출사면(18b)에 직접 입사될 때 이들에 대응하는 광선 Ray1 및 Ray 2와 비교하여, 도 37의 만곡형 출사면(18b)에 입사되는 광선 Ray 1" 및 Ray 2"로 보인 바와 같이 장치의 두께를 따라 방출된 광선의 각도에 영향을 준다. 경사구조부(18b)는 반사를 방지하기 위하여 충분히 큰 상승면(18a)의 각도를 갖는다. 방향이 결정되어 있으며 개구수가 감소된 조명을 제공하기 위하여 만곡형 출사전면(18b)은 장치(10b)의 상부면(14b)으로부터의 광선분배를 변화시킨다. 각 광학장치(10a)(10b)(10c)(10d)의 출사전면(11a)(18b)(20b)(22b)은 유사하게 만곡된 면이거나 또는 출사전면(11a)(18b)(20b)(22b)이 이들의 각 광학장치(10a)(10b)(10c)(10d)를 위한 요구된 광선분배가 이루어질 수 있도록 하는 다른 형상을 갖는다.

<243> 선택적으로, 광학장치(10a)(10b)(10c)(10d)의 출사전면(11a)(18b)(20b)(22b)는 장치의 폭을 따라 아치형 진로를 이루어 이들의 각 상부면(14a)(14b)(14c)(14d)으로부터의 분배에 영향을 준다. 도 38은 각 상승(경사)면(18a)의 선단변부와 각 출사면(18b)이 도 4에서는 직선으로 되어 있으나 장치의 폭을 따라 만곡되어 있는 것을 보이고 있다. 각 광학장치(10a)(10c)(10d)의 출사전면(11a)(20b)(22b)는 유사한 만곡면으로 되어 있거나, 또는 출사전면(11a)(18b)(20b)(22b)이 이들의 각 광학장치(10a)(10b)(10c)(10d)를 위한 요구된 광선분배를 제공하기 위하여 장치의 폭을 따라 다른 형상을 가질 수 있다. 또한 출사전면(11a)(18b)(20b)(22b)은 장치의 폭을 따라 형성되고(예를 들어 도 38) 이들의 각 상부면을 따라서 이들의 예각경사상승면을 따른 단면의 형상을 가질 수 있다(예를 들어 도 37).

- <244> 비록 상기 언급된 광학장치(10b)(10c)(10d)가 이들의 광축이 이들의 각 배면과 평행한 평면에 정렬되어 있음을 보이고 있으나, 광학장치의 동체는 도 39에서 보인 바와 같이 장치의 축선에 수직인 축선을 중심으로 하여 만곡되거나, 또는 도 40에서 보인 바와 같이 장치의 축선에 평행한 축선을 중심으로 하여 만곡되거나, 또는 도 41에서 보인 바와 같이 원통형의 형태를 이루도록 장치의 축선에 평행한 축선을 중심으로 하여 완전히 원을 이루어 만곡될 수 있다. 비록 도 39 - 도 41이 광학장치(10b)에 대하여 도시되어 있으나, 광학장치(10c)(10d)도 유사한 형상을 가질 수 있다. 더욱이, 광학장치(10b)(10c)(10d)는 특정 조명목적을 위하여 도시된 것에 한정되지 않고 다른 형상 또는 이들의 조합으로 구성될 수 있다.
- <245> 각 광학장치(10b)(10c)(10d)에 대한 도 15, 도 16, 도 23, 도 24, 도 31 및 도 32의 좌표는 효율적인 아웃 커플링을 위하여 개구수가 0.5의 값을 크게 넘어 증가할 때 파라메타의 선택이 굴절률  $R_n$  의 작은 값에 대하여 작게 되거나 전혀 나타나지 않게 된다. 이는 가끔 공기중 폴리카보네이트의 굴절률 1.59 보다 큰 굴절률  $R_n$  를 갖거나 또는 광학설계의 어느 정도 융통성을 허용하기 위하여 소오스 개구수를 수정하는 것이 바람직할 때가 있다.
- <246> 도 42 - 도 45에서, 광학장치(10b)(10c)(10d)의 동체는 효율적인 아웃 커플링이 이루어질 수 있도록 하거나 또는 주어진 소오스 개구수를 위하여 선택될 수 있는 광학장치 파라메타를 넓히기 위한 목적으로 광학장치에서 광선의 개구수를 감소시키기 위하여, 광선의 입사를 위한 이들의 단부면과 이들의 제1 예각경사구조부 사이에 형상화된 입력부(28a-c)를 가질 수 있다. 이는 등식(1)의 식으로부터 명백하게 되는 바와 같이 광학장치의 크기를 증가시키는 것이 광학장치에서 광선의 개구수를 감소시키기 때문이다. 예를 들어, 광선은 도 3에서 보인 바와 같이 굴절률  $R_n$  이 적어도 1.4인 광학장치로 개구수를  $NA=1$  까지 유지하면서 입사될 수 있다. 높은 NA의 광선이 광학장치로 입사될 때 광학장치는 도광되는 광선의 개구수를 감소시킬 수 있도록 구성될 수 있다. 광선의 개구수감소는 광학장치의 전면과 배면에 수직인 방향에서 이루어진다.
- <247> 예를 들어, 도 42와 도 43은 입력부(28a)의 두께가 광학장치의 입구면을 따라 제1 경사구조부(22)의 단부(16d)로부터 시작부분측으로 증가하는 광학장치(10d)를 보인 것이다. 도 42는 LED의 선형어레이와 같이 선형소오스로부터 광선의 입사를 위한 기다란 입구단부면(16d)을 보이고 있다. 광학장치의 두께는 광선의 신속한 시준이 이루어지도록 포물선 궤도에서 증가하는 것을 보이고 있다. 도 43은 고휘광원으로부터 광선의 입사가 이루어지는 보다 콤팩트한 단부면(16d)을 보인 것으로, 여기에서 두께는 광학장치에서 광선의 시준이 이루어지도록 다시 증가된다. 장치의 두께가 적당히 증가되었을 때, 경사구조부(22)는 광학장치로부터 광선을 효과적으로 아웃 커플링한다. 광학장치(10d)의 두께를 거의 제로로 감소시킴으로서 요구된 바와 같이 모든 광선의 효율적인 분배가 이루어진다. 입력부(28a)에서 광학장치의 두께는 요구된 개구수를 얻을 때까지 증가하여야 한다. 비록 도 42와 도 43이 광학장치(10d)를 보이고 있으나, 다른 광학장치(10b)(10c)가 요구된 시준이 이루어지도록 유사하게 형상화된 입력부를 가질 수 있다.
- <248> 도 44 및 도 45에서, 각 입력부(28b)(28c)는 감소된 개구수의 광선이 폭방향으로 방출될 수 있도록 폭방향으로 광학장치(10b)의 개구수를 감소시키도록 구성된다. 도 44는 포물선형 테이퍼를 갖는 입력부(28b)를 보이고 있으며, 도 45는 광학장치의 폭을 증가시키고 광학장치내에서 광선의 NA를 감소시켜 이러한 폭방향으로 광학장치로부터 방출될 수 있도록 하기 위하여 폭방향에서 단부(16b)와 제1경사구조부(18)사이에서 선형 테이퍼를 갖는 입력부(28c)를 보이고 있다. 이는 조명의 분배를 조절하거나 광학장치의 면에서 세기를 줄이도록 넓은 영역으로부터 보다 시준된 광선을 분배하기 위한 목적으로 단일의 소형 광원으로부터 폭넓은 루미네어를 생성하도록 하는데 이용될 수 있다. 비록 도 44와 도 45가 광학장치(10b)를 보이고 있으나, 다른 광학장치(10c)(10d)가 요구된 시준이 이루어지도록 유사하게 형상화된 입력부를 가질 수 있다. 또한, 비록 도 42 - 도 45에서 보인 광학장치의 동체가 이들의 각 입력부(28a-c)를 제공하도록 구성되어 있으나, 선택적으로 광학소자는 이러한 입력부를 제공하거나 대신에 광학장치에 대한 조명의 크기를 조절하기 위한 입력부를 제공하거나 조합하여 제공될 수 있다.
- <249> 도 46A에서, 본 발명의 제5 실시형태의 광학장치(10e)가 그 상부로부터 광선이 방출되는 구조화된 배면을 갖는 것으로 도시되어 있다. 광학장치(10e)는 장치의 저면(34)을 따라 경사구조부(32)와 하강구조부(36)가 상호 교대로 배열되는 광학물질의 동체(30)를 갖는다. 경사구조부(32)와 하강구조부(36)는 도 48에서 가장 잘 보인 바와 같이 장치의 상부면(33)에 실질적으로 평행한 장치의 축선(37)을 따라 연장되어 있다. 각 경사구조부(32)는 축선(37)에 대하여 예각을 이루는 상승면(32a)을 갖는다. 각 하강구조부는 축선(37)의 법선(37a)에 대하여 예각을 이루는 하강면과, 상부면에 실질적으로 평행한 면(36b)을 갖는다. 장치의 동체는 경사구조부(32)가 하강구조부(36)와 교대로 배치되고 단부(38)로부터 단부(39)로 장치를 따라 연장되면서 두께가 점진적으로 감소한다. 이후 이론적인 설명에 의하여 알 수 있는 바와 같이, 단부(38)로부터 입사될 때 광선은 장치의 상부면으로부터 방출

되도록 경사구조부의 하나로부터 반사에 의하여 분배되거나 또는 인접한 하나의 하강구조부를 통하여 경사구조부의 하나를 통하여 동체측으로 전달될 때까지 동체(30)내에서 전반사된다.

<250> 설명을 위하여, 도 46B의 두 평면(41a)(41b)을 갖는 일반적인 광학소자(41)를 고려기로 한다. 광선이 단부(41c)에서 입사되고, 광선이 축선(40)에 대하여 이후 정의되는 각공간(angular space)으로 방출되며 다음 식으로 정의되는 광학소자(41)의 광학물질의 개구수(NA)에 의하여 특징지어진다.

<251> (52) 
$$NA = n \sin \theta_{\max}$$

<252> 여기에서  $n$  은 광선이 전파하는 주위 매질의 굴절률이고,  $\theta_{\max}$  는 임의의 축선, 이 경우에 있어서는 축선(40)에 대한 광선의 최대각도이다. 광선은 광원으로부터 입사되고, 만약 각도  $\theta_{\max}$  가 충분히 작은 경우 광선은 광학장치 물질의 임계각도를 초과하지 않을 것이며 광선이 그 전파각도를 변경시키는 구조에 부딪치고 도광체로부터 방출될 때까지 전반사를 통하여 광학장치내에 갇혀있게 될 것이다. 광원으로부터의 광선(화살표 42로 보임)은 표면법선과 축선(40)에 대하여 공기중에서 각도  $\theta'$  에서 광학소자(40)의 입구면(41c)에 부딪친다. 광선은 스넬의 법칙,  $n \sin \theta = \sin \theta'$  에 따라 면(41c)에서 굴절되고 각도  $\theta$  에서 광학소자(14)내에 전파된다. 결국 광선은 부분법선에 대하여 각도  $\beta$  로 상부면(41a)에 부딪친다. 만약  $\beta$  가 다음으로 정의되는 임계각도 보다 크면, 광선은 전반사(TIR)하며 표면을 통하여 전달되는 광선은 없다.

<253> (53) 
$$\beta_c = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)$$

<254> 이는 도광체의 기본원리이다. TIR에 대한  $\theta$  및  $\theta'$  의 조건은 다음과 같다.

<255> (54) 
$$|\theta| \leq 90^\circ - \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)$$

<256> 
$$|\theta'| \leq \arcsin\left\{n \sin\left[90^\circ - \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)\right]\right\}$$

<257> 여기에서  $n$  이  $\sqrt{2}$  보다 큰 경우  $90^\circ$  까지의 각도에서 모든 광선은 광학소자(41)로 입사될 것이며 전반사될 것이다.

<258> 도 46A의 광학장치(10e)에서, 경사구조부(32)는 광선의 전파각도를 변경시켜 광선이 전면(33)으로부터 한정된 각공간으로 방출될 수 있도록 한다. 도 47은 광원(44)으로부터의 광선이 단부(38)로부터 광학장치(10e)로 입사되고 상부면(33)으로부터 광선(화살표 46)이 방출되는 광학장치(10e)의 예를 보인 것이다. 배면(34)을 따라 형성된 경사구조부(32)는 광선이 상부면(33)으로부터 방출될 수 있도록 광선이 광학장치(10e)의 내부로 다시 향한다. 비록 장치(10e)가 평면상 기관의 형태인 것으로 도시되어 있으나, 장치는 광학장치(10b-e)에 대하여 이미 언급된 것과 유사하게 만족될 수 있다.

<259> 도 48은 도 46A의 구조화된 배면(34)을 보다 상세히 보이기 위한 부분단면도이다. 이미 언급된 바와 같이, 경사구조부(32)와 이에 따르는 하가우조부(36)가 반복되는 구조로 구성된다. 하강구조부(36)는 각주구조 또는 구조화된 면을 보이는 하강면(또는 하강단턱의 경사)(36a)과 평면(36b)을 갖는다. 경사구조부와 하강구조부의 반복 구성은 광학장치(10e)의 크기와 광선이 방출되는 영역의 크기에 의하여 결정된다.

<260> 도 48에서 보인 각도에 있어서, 먼저 단일상승면(32a)에 부딪치는 광선(47a)을 고려한다. 광선은 축선(37)에 대하여 각도  $\theta$  로 전파된다. 도면에서 모든 각도는  $\theta$  를 제외하고는 양의 각도이다. 광선은 상승면 법선에 대하여 각도  $\beta$  로 상승면(32a)에 부딪친다. 만약  $\beta$  가 임계각 보다 크면 광선은 전반사(TIR)되고 장치의 상부면(33)을 향하여 상측으로 반사된다. 광선은 상부면(33)으로부터 각도  $\theta_{\text{out}}$  로 방출된다. 이들 각도와 상승면각도  $\theta_r$  사이의 관계는 다음과 같다.

<261> 
$$\beta = 90^\circ - \theta_r + \theta$$

<262> (55) 
$$\theta'_{\text{out}} = \beta - \theta_r = 90^\circ - 2\theta_r + \theta$$

<263> 
$$\sin(\theta_{out})=n\sin(\theta'_{out})=n\sin(90^\circ - 2\theta_r + \theta)$$

<264>  $\theta_{out}$  에 대한 양의 값은 표면법선에 대한 시계방향 각도를 나타낸다.

<265> 예를 들어, 광학장치(10e)의 광학물질이 굴절률  $n=1.5$  를 가지고 광원이 공기중에서의 개구수가 0.5 또는  $30^\circ$  를 갖는 것으로 가정한다. 장치에서 최대확산각도는 장치의 축선에 대하여  $\theta_{max} = 19.47^\circ$  가 될 것이다. 등식 (55)을 좌표화함으로서 상승면각도의 함수로서 출력각도의 범위는 특정  $\theta$  값, 즉  $\theta_{max}$ , 0, 및  $-\theta_{max}$  에 대하여 결정될 수 있다. 도 49에서, 좌표는 이러한 예의 결과를 보인 것이다. 어느 주어진 상승면각도에서, 출력각도의 범위는  $\theta = \theta_{max}$  및  $-\theta_{max}$  에 대하여 커브 사이의 수직간격에 의하여 결정된다. 예를 들어, 상승면각도가  $40^\circ$  인 경우, 출력각도는 수직점선으로 보인 바와 같이  $-\theta_{max}$  에 대하여  $-14.3^\circ$  로부터  $\theta_{max}$  에 대하여  $47.6^\circ$  까지의 범위를 갖는다. 굴절률의 증가는 이들  $\theta$  커브가 보다 수직에 가깝도록 하고 이들이 서로 근접하게 하며 출력각도범위를 증가시킨다. 도 49에서, 예를 들어,  $40^\circ$  의 상승면각도는  $-14 \sim 48$ 도의 출력각도를 제공한다.

<266> 만약 상승면각도가  $45^\circ$  이면  $\theta = 0$  의 광선은 직상부로 반사되고 표면에 수직인 출력면으로부터 방출되며 반사광선의 다른 출력각도는  $0^\circ$  를 중심으로 하여 대칭이고 입사광선과 동일한 NA로 방출된다.

<267> 만약 경사각도가 얇게 선택되어 출력각도  $\theta'_{out}$  가 상부면에서 임계각도 보다 크면,  $\theta = \theta_{max}$  커브에서 시작하여 광선의 일부가 상부면에서 전반사(TIR)되고  $\theta_{max}$  보다 큰 각도에서 광학장치의 하측으로 연속하여 전파되며, 이로써 광학장치내에서 광선의 개구수가 증가한다. 이는 광학장치의 배면측으로 상당한 손실이 일어나므로 바람직한 상황은 아니다. 도 49의 예에서, 최소상승면각도는  $33.8^\circ$  이고, 커브  $\theta = \theta_{max}$  에서 출력각도가  $90^\circ$  인 지점이다. 따라서, 상승면각도는 이러한 상승면으로부터 반사되는 모든 광선이 전면으로 출사될 수 있도록 충분히 크게 선택되는 것이 바람직하다.

<268> 대부분의 경우 모든 광선이 상승면에 부딪칠 때 전반사(TIR)되지는 않을 것이다. 만약 도 48에서  $\beta$  가 등식 (53)에서 주어진 임계각도 보다 작은 경우, 광선은 반사광선과 전달광선으로 분할된다. 반사광선은 상기 언급된 성향을 가지며 상부면으로부터 방출된다. 전달광선은 상승면(32a)으로부터 굴절되고 배면(34)으로부터 연속하여 전파된다. 상승면각도와 광선각도 모두는 이러한 조건이 나타나는 때를 결정하며 도 49의 예에서 점선의 커브 아래의 영역으로 보이고 있다. 이는 배면(34)이 대칭인 경우 각도에 관계없이 모든 광선이 출력면(33)을 향하여 반사될 것이다. 배면이 대칭이 되도록 하는 것이 모든 경우에 적합치 않으나, 특히 전달광선이 대부분의 에너지를 이송하므로 이러한 광선을 포착하고 이를 출력면(33)으로 향하도록 설계기준을 고려하는 것이 유리하다.

<269> 상승면(32a)을 통하여 전달되는 광선에 대한 극한조건이  $\theta = -\theta_{max}$  에서 광선이 상승면의 기부에 부딪칠 때 나타난다. 이는 도 50에 도시되어 있다. 굴절광선(47b)은 하강구조부(32)의 각주면(36a)을 차단하기 위하여 축선(37)에 대하여 각도  $\theta_{trans}$  에서 방출된다. 광선이 하강면(36a)에 부딪치는 높이  $h$  와 위치  $\Delta x$  는 장치의 점진적인 두께감소가 이루어지도록 하는 광학장치(10e)의 경사율을 결정한다. 이들 파라메타는 다음 식에 의하여 설명된다.

<270> 
$$\tan(\theta_{trans}) = \frac{h}{\Delta x} \tag{56}$$

<271> 만약  $\theta_{trans}$  가 극한 광선각도  $\theta = -\theta_{max}$  에 대하여 양의 값이면, 테이퍼링(tapering) 높이  $h$  는 양의 값이고 광학장치(10e)의 두께는 광학장치의 길이를 따라 제1 경사구조부(2)와 하강구조부(36)를 간단히 이중으로 하여 방출영역의 길이를 따라서 감소될 수 있다. 만약  $\theta_{trans}$  가 음의 값이면, 하강면(36a)의 프리즘구조는 강선을 포착하기 위하여 배면의 평면을 지나 연장되어야 한다. 테이퍼링은 제2의 연속한 경사구조부(32)의 길이를 증가시켜 이루어질 수 있다. 이러한 예가 도 58에 관련하여 이후 상세히 설명될 것이다. 도 50으로부터 어느 주어진 각도  $\theta$  에서 상승면 입사각도  $\beta$  는 다음과 같이 주어진다.

<272> 
$$\beta = 90^\circ - \theta_r + \theta \tag{57}$$

<273> 전달각도  $\theta_{trans}$  는 다음과 같다.



<274> (58) 
$$\theta_{trans} = \beta' - (\beta - \theta)$$

<275> 여기에서  $\beta'$  는 스넬의 법칙에 의하여  $\beta$  에 관련된다:  $\sin\beta' = n\sin\beta$ . 이와 같이 굴절광선과 상승면 및 입사광선각도 사이의 관계는 다음과 같다.

<276> (59) 
$$\theta_{trans} = \arcsin[ n\sin(90^\circ - \theta_r + \theta )]-90^\circ + \theta_r$$

<277> 이 식은  $\theta$  의 동일한 3개의 값, 즉,  $\theta_{max}$ , 0 및  $-\theta_{max}$  에 관하여 도 51에 이전의 예로써 좌표에 도시되었다.  $\theta_{trans}$  의 최대값은 도면에서 점선으로 보인 바와 같이 상승면(32a)의 임계각도에서 나타나는 상승면각도  $\theta_r$  이다. 28.7° 이하인 상승면각도에 대한 이러한 예에서, 모든 광선은 상승면에서 전반사(TIR)가 일어날 것이나, 도 49에서 보인 바와 같이 이러한 상승면각도는 상부면에서 이들 반사광선의 일부에 대하여 전반사(TIR)가 이루어질 것인 바, 이는 광학장치(10e)내에서 광선의 NA 를 유지하기 위해 방지하고자 하는 상황이다. 절충이 이루어지고 일부 광선이 상승면(32a)을 통과할 수 있도록 허용되어야 한다. 상승면각도는 상승면(32a)으로부터 전반사(TIR) 광선에 적당한 반사각도를 부여하도록 선택되어 이들 광선이 상부면(33)으로 출사되는 반면에 다른 광선은 전달각도로 굴절하여 이들이 하강면(36a)의 각주구조부에 의하여 포착되고 광학장치(10e)측으로 재순환되어야 한다.

<278> 다시 경사구조부(32)에 인접한 하강(하향경사)구조부(36)의 각주구조로 돌아가서, 이 목적은 상승면(32a)을 통과하는 광선을 포착하고 이들을  $\pm \theta_{amx}$  사이의 각도에서 광학장치(10e)측으로 후퇴시키기 위한 것이다. 이는 광선이 부딪치는 광선의 각공간과 포착되어 후퇴된 광선을 전파하기 위하여 요구된 각공간에 따라서 양의 방향 또는 음의 방향으로 경사진 면일 수 있다. 이들 광선이 광학장치로 재입사되는 각도  $\theta_{ref}$  는 하강면(36a)의 각주구조를 보다 상세히 보인 도 52의 도움을 통하여 결정된다. 하강면(32a)의 입구면은 수직선에 대하여 각도  $a$  를 이루고, 전달광선(47c)은 표면법선에 대하여 각도  $\beta$  를 이룬다. 이러한 광선은 장치축선(37)에 대하여 각도  $\theta_{ref}$  를 이루어 광학장치(10e)에 재입사될 때 법선에 대하여 각도  $\beta'$  로 굴절한다. 이들 각도 사이의 관계는 다음과 같다.

<279> 
$$\sin(\beta)=n\sin(\beta')$$

<280> (60) 
$$\beta = a + \theta_{trans}$$

<281> 
$$\beta = a + \theta_{ref}$$

<282> 도면에서 모든 각도는 양의 방향을 갖는 것으로 도시되어 있다.  $a$  과  $\theta_{trans}$  의 항에서  $\theta_{ref}$  를 풀면 다음과 같다.

<283> (61) 
$$\theta_{ref} = \arcsin\left[ \frac{1}{n} \sin(\theta_{trans} + \alpha) \right] - \alpha$$

<284> 도 53에서, 이 등식의 결과는  $a$  가 제로, 제로 보다 크거나, 제로 보다 작은 경우와,  $n=1.5$  에 대하여 좌표로 작성되었다.

<285> 상승면의 상승거리 L, 상승면길이  $\Delta x$ , 그리고 상승면(32a)의 수는 상부면(33)으로부터의 방출영역의 길이를 결정한다. 도 54A-C에서, L에 대한 3개의 가능성이 제1상승면(32a)에 미치지 못한 하나의 극단적인 예의 광선  $\theta = -\theta_{max}$  이 도광체의 다음 표면에 부딪치는 위치에 기초하여 도시되어 있다. 도 54A에서, 이러한 극단적인 예의 광선(47d)은 상승면 기부로부터 상부위치에서 제2상승면(32a)에 부딪친다. 연속하여 전달되는 전달광선은 제1상승면(32a) 보다 높은 위치  $h_2$  에서 다음의 각주형 하강면(36a)에 부딪칠 것이다. 또한, 만약  $h$  가 동일하게 유지되는 경우, 길이  $\Delta x_2$  는 짧아진다. 이러한 경우 L 은 제로가 되고, 각 상승면(32a)은 앞의 각주형 하강면(36a)의 기부에서 시작한다.

<286> 도 54B에서, 제1상승면(32a)에 미치지 못하는 극단적인 예의 광선(47e)이 제2상승면(32a)에 부딪치는 특별한 경우가 도시되어 있다. 광학장치에서 광선의 NA, 상승면각도, 프리즘각도, 상승면길이  $\Delta x$  및 테이퍼 높이  $h$  는 모두 L 의 값을 결정한다.

<287> 도 54C는 L 이 도 54B의 경우 보다 큰 값을 갖는 경우를 보인 것이다. 이 경우에서 극단적인 예로 보인 일부의

광선(47f)은 축선(37)에 평행한 평면(36b)에 부딪힌다. 이들 광선(47f)과 이 평면(36b)에 부딪치는 모든 광선은 전반사(TIR)되고 광학장치의 하측으로 전파된다. 이와 같이 함으로서 상부면(33)으로부터 방출영역의 길이가 연장될 수 있다. 이는 상승면(32a)의 각 점이 광선의 전체 내부 NA에 의하여 조명되는 잇점을 갖는다. 만약 길이 L 이 광학장치(10e)의 다른 파라메타에 대하여 커진다면, 상부면(33)에서 방출되는 광선의 공간분포는 균일하지 않고 밴딩효과(banding effects)를 보일 것이다. 이는 사용자가 출력면(33)을 직접 바라보게 되는 디스플레이와 같은 경우 문제가 될 것이다. 그러나, 범용의 조명인 경우, 문제가 되지 않을 것이며 방출영역의 길이를 연장하기 위하여 바람직할 수 있다.

<288> 전달광선  $\theta_{trans}$  이 음의 값인 일부의 경우에 있어서, 광학장치를 테이퍼형으로 구성할 수 있는 가능성은 도 54A-C에서 보인 광학장치(10e)로 제한될 것이다.

<289> 도 55A에서, 이는 본 발명의 제6실시형태의 광학장치(10f)를 보인 것으로, 교대로 하강구조부가 형성된 것을 제외하고는 장치(10e)와 유사한 바, 이들 장치(10e)(10f)에서는 동일한 부분에 대하여 동일한 부호를 붙였다. 장치(10f)에서, 각 하강구조부(36)는 하강면(36a)과 평면(36b) 사이에 상승면(36c)을 갖는다. 상승면(36c)은 축선(37)에 대하여 각도  $\gamma$  를 이룬다. 이 상승면(36c)은 전달광선의 일부를 그 광선의 본래 NA 를 유지한 상태에서 다른 방향으로 향하도록 하고 상승면(32a)의 최고점에 미치지 못하는 극단적인 예의 제1 광선(47g)을 차단하는 지점에 평면(36b)이 놓일 수 있도록 하여 광학장치(10f)의 두께를 줄이는 수단을 제공한다. 광학장치(10f)의 배면측 본래의 평면에 대한 이러한 평면(36b)의 높이는 변화될 수 있다. 이는 광학장치(10f)의 길이를 따라 상승면(32a)과 하강면(36a) 사이의 길이 L 을 변화시킬 수 있는 매우 큰 다양성을 주는 것이다.

<290> 도 55B에서, 극단의 광선(47h)가  $\theta = -\theta_{max}$  에서 추적된다. 이는 각도  $\theta_{ref}$  에서 광학장치에 재입사되는 지점에서 광선이 각주형 하강면(36a)에 부딪칠 때까지 각도  $\theta_{trans}$  에서 제1상승면(32a)을 통과한다. 광선은 상승면(36c)으로 전파되고 여기에서 각도  $\theta_{ref}$  로 전반사되어 광학장치의 하측으로 연속하여 전파된다. 상승면(36c)의 굴절각도  $\theta_{ref}$  와 상승각도  $\gamma$  에 의하여 반사각도가 다음과 같이 주어진다.

<291> (63) 
$$\theta_{refl} = 2\gamma - \theta_{ref}$$

<292> 이 각도는 광학장치(10f)에서 광선의 최대각도, 즉  $\theta_{max}$  보다 작은 것이 요구된다.  $\gamma$  가 고정되었을 때 상승면(36b)의 테이퍼 높이 h 와 길이  $\delta$  의 최대값은 도시된 바와 같이 극단의 광선을 상승면(36c)으로 차단함으로써 결정된다.

<293> 상승면(36c)에 반사되는 모든 광선이 광학장치(10f)의 상부면(33)에 부딪치기 전에 다음의 상승면(32a)의 표면에 부딪치는 경우  $\theta_{refl}$  가  $\theta_{max}$  보다 작아야 하는 조건은 완화될 수 있다. 상부면(33)에서, 이들은 임계각도 보다 작아서 이들이 출사될 수 있으나 전반사가 이루어지지 않는다.

<294> 도 46A의 광학장치(10e)의 한 예가 설명될 것이며, 경사구조부(32)와 하강구조부(36)는 도 54A에 도시되어 있고, 여기에서 각주형 하강면(36a)은 상승면(32a)을 통하여 전달된 광선을 포착할 수 있을 정도로 충분히 크며, 평면(36b)이 각 쌍의 상승부분 사이에 존재한다. 이러한 예에서, 광학장치에 입사되는 광선은 공기중의 개구수가 0.5 이고 굴절률이 1.5 인 물질로 되어 있다. 광학장치내에서, 광선의 각도는 광학장치의 길이에 대하여  $-19.74^\circ \sim +19.74^\circ$  의 범위이다. 상부면(33)으로부터의 출력은 도 47 및 도 48에서 보인 바와 같이 이러한 예에서는 표면법선에 대하여 대칭인 것이 바람직하다. 요구된 출력광선분포는 대칭이므로  $45^\circ$  의 상승면각도가 선택되어 상부면(33)으로부터 출사되는 광선의 출력각도범위가  $\pm 30^\circ$  가 되도록 한다. 이러한 상승면각도는 도 51의 그래프에서 보인 바와 같이 광선이 음의 각도, 즉, 축선(37) 아래의 각도에서 상승면(32a)을 통하여 전달될 수 있도록 한다.

<295> 각주형 하강면(36a)에서 광선은 포착되어 광학장치로 다시 보내지는 것에 요구된다. 도 56A에서, 이러한 예에 따른 광학장치(10c)가 도시되어 있고, 도 56B는 3개의 제1 경사구조부(32)와 이에교대로 배치되는 하강구조부(36)의 상세한 단면을 보인 것이다. 구조부(32)(36)에 의한 광선의 효과는 예시된 광선에 의하여 보이고 있다. 제1 상승면(32a)에서 두 전달광선(48a)(48b)가 고려된다. 하나의 광선(48a)은 극단의 광선  $\theta = -\theta_{max}$  으로부터 시작하고 다른 광선(48b)은 임계각도 바로 아래에서 상승면(32a)에 부딪쳐 상승면각도  $\theta_r$  에서 전달광선을 발생한다. 이들은 각주형 하강면(36a)을 위한 각도범위를 결정할 것이다. 극단의 광선은  $-4.7^\circ$  의 각도로  $45^\circ$  상승면을 통하여 전달된다. 이러한 광선(48b)을 포착하기 위하여, 각주형 하강면(36a)은 배면(34a)을 제공하도록 연장되고 이러한 배면은 본래의 배면(34)의 레벨 아래에 놓인다.  $\alpha = -9.3^\circ$  의 프리즘각도는 이러한 광선(38b)을

광학장치내에서  $\theta = 0^\circ$  으로 후퇴시킨다. 그러나, 제2 광선(48a)이 고려되어야 한다.  $\theta_{trans} = \theta_r$  과  $\theta_{ref} = \theta_{max}$  일 때 각주형 하강면 각도  $\alpha$ 에 대한 등식(61)의 해석으로 각도  $\alpha = 16.3^\circ$  를 얻는다. 이러한 각도에서, 본래  $\theta = -\theta_{max}$  광선(48b)은 광선의 본래 NA내에서  $-8.6^\circ$  의 각도로 프리즘구조에 재입사된다. 이러한 예에서, 상승면각도  $\theta_r$  와 각주형 하강면 각도  $\alpha$ 는 광학장치의 전길이에 걸쳐 일정하다. 광학장치(10e)의 다른 예에서, 상승면과 프리즘하강면의 각도는 특정의 조명을 위하여 요구된 바에 따라 변화될 수 있다.

<296> 다음 상승면(32a)에 대한 거리 L은 여러 요인으로 결정된다. 테이퍼 구조를 얻기 위하여 다음 하강구조부(36)의 기부는 배면(34) 보다 높아야 한다. 이는 최하측 극단의 광선(48c)이 도 56B에서 변수 h 로 보인 바와 같이 상승면(32a)의 기부의 상부 위치에서 제2상승부(32a)에 부딪치는 것을 요구한다. 거리 L 이 작으면 작을 수록 충돌위치는 높아질 것이다. 만약 연속하는 제2의 상승면(32a)의 높이 H 가 높이 h 와 동일한 경우 모든 상승면과 간격은 동일할 것이다. 만약 H 가 h 보다 크면 거리 L 은 광학장치(10e)의 길이를 따라서 증가할 것이다. 상승면(32a)은 도 58에서 보인 광학장치(10e)의 예에서 보인 바와 같이 크기가 증가하오 사이의 간격이 커질 것이다.

<297> 도 56의 예에서 출력광선분포가 도 57에 도시되어 있으며 이는 H = h 인 경우이고 상승면(32a) 사이의 간격이 도광체의 전길이를 따라 균일하다. 도 57의 그래프는 출력상부면(33)에 인접한 평면에서 광학장치의 축선을 따른 상대광선분포를 보이고 있다. 위치  $x = 0$  은 배면 구조부(32)(36)의 시작을 나타낸다. 광선분포는 이 위치에서 최대이고 광학장치의 길이를 따라 하측으로 갈수록 점진적으로 감소한다. 광선분포의 균일성은 장치의 하측으로 이동할 때 상승면의 거리 L 를 감소시켜 단위길이당 상승면의 수를 증가시킴으로서 보다 많은 광선의 추출이 이루어지도록 하거나, 또는 H 를 h 보다 높게 함으로서 도 58에서 보인 바와 같이 도광체의 하측으로 이동할 때 상승면의 표면적을 증가시킴으로서 개선될 수 있다.

<298> 도 55A - 도 55B 의 부가적인 상승면(36c)을 이용하는 광학장치(10f)의 예가 상세히 설명될 것이다. 도 59A는 이러한 예에 따른 광학장치(10f)를 보이고 있고, 도 59B는 3개의 제1 경사구조부(32)와 이들 사이에 교대로 배치되는 하강구조부(36)의 상세한 단면을 보인 것이다. 모든 경사구조부와 하강구조부는 동일하고 이들 사이의 간격이 일정하다. 이러한 예의 출력광선분포가 도 60에 도시되어 있다. 그래프는 출력상부면(33)상에서 광학장치의 길이를 따른 광선분포를 보이고 있다. 이 예는 앞서의 예 보다 더 나은 균일성을 보이며 상승면(32a)의 거리 L 의 변화에 의하여 개선될 수 있다. 도 61의 그래프는 거리 L 이 선형으로 제1상승면(32a)에서의 최대값으로부터 최종 상승면(32a)의 제로값까지감소되는 광선분포의 결과를 보이고 있다. 이러한 예의 다른 파라메타, 즉 상승면각도, 상승면 길이 및 2차 상승면각도는 동일하다. 상승면(32a) 사이에서 거리의 이러한 감소는 광선 분포균일성을 현저히 개선한다. 도 34A, 도 34B, 도 35A, 도 35B, 도 57 및 도 60과 함께, 도 61에서 보인 출력 분포가 미국 아리조나 투싼에 소재하는 Breault Research Inc 에서 판매하고 있는 ASAP 와 같은 광학모델링 컴퓨터 소프트웨어를 이용하여 시뮬레이션되었다.

<299> 대부분의 경우, 통상적으로는 특정 광원으로부터 유용한 범위를 벗어나는 범위로 단일의 상승면각도를 이용하여 출력광선의 각도확산을 증가시키는 것이 바람직하다. 도 49는 주어진 광원의 개구수와 도광체 굴절률에서 출력 각도의 범위가 등식(55)의 식에 의하여 주어진 상승면각도에 의하여 제한됨을 보이고 있다. 하나의 상승면의 각도를 인접한 것에 대하여 변화시키거나 또는 각 상승면을 분할하여 각 분할부분이 약간씩 다른 각도를 갖도록 함으로서 다중의 상승면각도를 결합하여 출력각도범위를 증가시킬 수 있다.

<300> 각 상승면(32a)의 이러한 분할이 도 62에 도시되어 있으며, 여기에서, 상승면(32a)은 점진적으로 가파른 불연속 각도를 갖는 3개의 분할부분(49a)(49b)(49c)으로 나누어진다. 상승면각도, 출력각도, 프리즘면각도 및 2차상승면각도 사이의 관계를 설정하는 설계기준이 각 상승면의 각 분할부분에도 적용된다. 상승면의 제1분할부분(49a)은 가장 작은 각도를 가짐으로서 이러한 분할부분으로부터 방출되는 전달광선은 최대 양의 경사각도를 가질 것이며 각주형 하강면(36a)에 의하여 용이하게 포착될 것이다. 따라서, 이러한 면(36a)은 도 58의 예의 제1하강구조부(36)의 경우와 같이 배면측 평면 아래로 연장되어서는 안 된다.

<301> 출력각도를 넓히는 것은 도 63에서 보인 바와 같이 상승면 경사의 연속변화에 의하여 이루어질 수 있다. 불연속 경사면을 갖는 분할형 상승면을 대신하여, 상승면(32a)은 연속커브(49d)를 이룰 것이며, 경사범위는 아웃 커플링된 광선의 출력각도의 요구된 범위에 의하여 결정된다.

<302> 선택적으로, 광학장치(10e 또는 10f)의 저면(34)(구조부 32와 36을 포함한다)은 유전체 또는 금속과 같은 반사물질의 층 또는 코팅을 가질 수 있다. 예를 들어, 반사물질은 거울 또는 반도체의 제조에 이용되는 것과 같은 통상적인 금속화공정을 이용하여 도층될 수 있다. 이러한 반사물질의 이용으로 저면(34)을 따른 전반사는 모든

광선이 반사되므로 더 이상 설계상 제약을 보이는 것은 아니며 하강구조부의 각도는 광학장치의 설계에 있어서 한계가 아니다.

<303> 도 64A-C는 본 발명의 제7실시형태에 따른 광학장치(10g)의 예를 보인 것으로, 이는 광학장치(10b-d)의 상면측 구조부(50)와, 광학장치(10e-f)의 저면측 구조부(51)를 갖는 광학물질의 단일동체를 갖는다. 장치(10g)의 동체(52)는 상부면(53a)을 따라 상면측 구조부(50)를 갖는 제1동체부(52a)와, 저면(53b)을 따라 저면측 구조부(51)를 갖는 제2동체부(52b)를 갖는다. 단부(54)를 따라 입사될 때 제1동체부(52a)의 구조부(50)에 의하여 분배되지 않는 광선은 제2동체부(52b)로 보내어진 다음 구조부(51)에 의하여 분배된다. 제1동체부(52a)로부터 분배된 광선(54)과 제2동체부(52b)로부터 분배된 광선은 장치(10g)의 상부면(53a)으로부터 이루어지는 조합된 조명(56)을 제공한다. 비록 단 2개의 동체부(52a)(52b)가 도시되었으나, 장치(10g)는 장치의 길이를 따라광선의 입사가 이루어질 수 있도록 입력단부로부터 다수의 연속부분을 가질 수 있으며, 여기에서 적어도 하나의 상기 부분은 다수의 구조부(51)를 가지고, 적어도 하나의 다른 부분은 다수의 구조부(52)를 갖는다. 앞의 실시형태인 광학장치(10b-10f)의 경우와 같이, 광학장치(10g)는 장치의 광학물질의 굴절률에 따라서 사전에 한정된 광선분포를 따라 제공될 수 있으며, 이러한 파라메타는 장치(10b-10f)에 대한 이러한 광선분포의 선택을 위하여 이미 언급되었다.

<304> 광학장치(10b-e)를 설명하는 도면은 이들의 각 상부면(14b-e)을 따라 일정한 주기를 갖는 반복주기패턴을 갖는 구조를 보이고 있다. 이는 이들 장치로부터 균일한 광선분포를 얻는데 바람직한 것이다. 그러나, 일부의 경우에 있어서, 불균일한 분포가 바람직할 때가 있는데, 이 경우 구조부의 주기 및/또는 높이가 모든 장치 또는 일부의 장치에서 상이할 수 있다. 예를 들어, 도 65는 장치의 여러 영역으로부터 광선분포를 제어하고 변조하기 위하여 경사구조부(22)의 높이와, 평면(24)을 갖는 경사구조부(22)의 주기가 상부면(14d)을 따라서 변화하는 도 25의 광학장치(10d)를 보이고 있다. 비록 이러한 예가 입력단부(16d)로부터 장치의 길이를 따라 비례하여 증가하는 주기와 높이를 보이고 있으나, 주기 및/또는 높이의 불균일한 변화가 특별한 경우에 요구되는 바와 같이 장치로부터 출사되는 광선의 세기와 분포를 제어하기 위하여 유사하게 이용될 수 있다. 또한, 비록 이러한 예가 광학장치(10d)를 이용하는 것으로 설명되고 있으나, 다른 광학장치(10b,c,e)도 이들의 각 전면구조에서 주기와 높이가 변화될 수 있다. 더욱이, 비록 도 58의 광학장치(10e)의 예가 단부(38)로부터 단부(39)까지 입력단부(16d)로부터 비례하여 증가하는 주기와 높이를 갖는 구조부(32)(36)를 보이고 있으나, 광학장치(10f) 역시 주기와 높이에서 유사하게 증가하는 구조부(32)(36)를 가질 수 있거나, 또는 광학장치(10e 또는 10f)가 특별한 경우에 요구될 때 장치로부터 출사되는 광선의 세기와 분포를 제어하기 위하여 주기 및/또는 높이를 변화시키는 하나 이상의 구조부(32)(36)를 가질 수 있다.

<305> 적용에 있어서, 광선은 광섬유케이블, 광섬유번들(fiber bundle), 발광다이오드(LED), 또는 다른 유사한 광원과 같은 다양한 광원의 하나로부터 광학장치(10a-g)에 그 단부로부터 입사된다. 확장형 광원을 갖는 루미네어(58)가 예를 들어 도 66에 도시되어 있다. 도 66에서, 루미네어(58)는 광학장치(62)와 이러한 광학장치(62)의 폭을 따라 조명이 이루어지도록 하는 확장형 광원(60)을 갖는 하우징(59)을 가지며, 이러한 조명은 장치(62)를 따라 방출영역(63)(점선으로 보임)으로부터의 출력을 위하여 분배된다. 예를 들어 확장형 광원(60)은 광학장치(62)의 입력면(62a)의 방향으로 광선을 분배하도록 차폐된 형광튜브를 나타낸다. 광학장치(62)는 방출영역이 광학장치의 상부면을 따라 형성된 광학장치(10b-g)의 하나 또는 이들의 조합일 수 있다.

<306> 발광다이오드(LED) 광원(70)을 갖는 루미네어(64)가 예를 들어 도 67에 도시되어 있다. 도 67에서, 루미네어(64)는 광학장치(68)와 이러한 장치(68)를 따라서 방출영역(69)(점선으로 보임)으로부터의 출력을 위한 조명이 이루어지도록 하는 LED 광원(70)을 갖는 하우징(66)을 갖는다. 광학장치(68)는 테이퍼형 입력단부(68a)를 가지며, 이는 소형의 단일 LED 광원(70)으로부터의 조명이 광학장치의 넓은 폭을 걸쳐 균일하게 확산될 수 있도록 한다. 이는 디스플레이를 위한 조명과 같은 범용의 조명에 유용하다. 입력단부(68a)는 도 45의 입력단부(28c)와 유사하다. 광학장치(68)는 방출영역이 이러한 장치의 상부면을 따라 형성된 광학장치(10b-g)의 하나 또는 이들의 조합일 수 있다.

<307> 광원 어레이를 갖는 루미네어(72)가 예를 들어 도 68에 도시되어 있다. 도 68에서, 루미네어(72)는 광학장치(76)와 이러한 장치(76)를 따라서 방출영역(77)(점선으로 보임)으로부터의 출력을 위한 조명이 이루어지도록 하는 LED 광원의 어레이(78)를 갖는 하우징(74)을 갖는다. 광학장치(76)는 그 입력면(76a)으로부터 장치의 길이를 따라 경사져 있어 점진적인 두께감소가 이러한 방향으로 개구수를 감소시킨다. LED 어레이(78)는 효율적인 건축 및 디스플레이 분야의 유색혼합형 백색광 조명이 이루어질 수 있도록 동일한 색깔, 또는 적색(R), 녹색(G), 청색(B)과 같은 다색형일 수 있다. 혼합형 RGB LED 광원이 백색광 LED 보다 효율적이다. 또한 어레이(78)는 1차 또는 2차원 LED 어레이, 또는 다중열의 LED 어레이일 수 있으며, 다중열인 경우 각 열은 요구된 유색발광효과를

제공하기 위하여 적색(R), 녹색(G) 또는 청색(B), 또는 이들의 조합과 같은 여러 컬러 채널(color channel)의 조명을 제공한다. 입력면(76a)으로부터 그 길이를 따라 두께가 테이퍼형으로 형성된 이러한 예의 루미네어(72)는 이러한 방향으로 협각의 조명을 제공할 수 있고, 이로써 루미네어는 전파방향이 수직투시방향과 정렬되는 LCD 디스플레이의 백라이트 유니트를 구성할 수 있어 감소된 개구수가 대부분의 디스플레이 장치에서 수직방향으로 요구된 감소된 투시각도와 정렬된다.

<308> 광섬유 광원을 갖는 루미네어(80)가 예를 들어 도 69에 도시되어 있다. 도 69에서, 루미네어(80)는 하우징(82)을 가지며 이 하우징은 광원(램프)(85)을 구성하는 광섬유 광원(84)의 단부로부터 광선이 전달되는 광학장치(83)와 입력단부(86a)와 하우징(82)측으로 연장된 출력단부(86b)를 갖는 광섬유(86)를 갖는다. 따라서 광원(85)으로부터의 광선은 외부의 원격지로부터 하우징(82)으로 보내어진다. 이러한 예의 루미네어(80)는 태양, 레이저 또는 단일 램프광원(84b)으로부터 원격한 광원의 조명에 유용하다. 단일의 원격광원이 범용의 조명을 위한 하나 이상의 루미네어(80)에 광선을 제공한다. 광학장치(83)는 방출영역(81)(점선으로 보임)이 이러한 장치의 상부면을 따라 형성된 광학장치(10b-g)의 하나 또는 이들의 조합일 수 있다.

<309> 도 66 - 도 69의 하우징(59)(66)(74)(82)과 이에 수용되어 있는 구성요소들은 요구된 조명이 이루어질 수 있도록 하는 크기와 형상을 갖는 것으로, 도면에 도시된 것에 한정되는 것은 아니다. 하우징(59)(66)(74)의 경우, 광원(60)(70)(78)은 각각 케이블 또는 코넥터(59a)(66a)(74a)를 통한 전기적인 연결을 통하여 전원이 인가된다. 이러한 전원은 하우징내에 내장되는 배터리일 수 있다. 또한, 이러한 루미네어(58)(64)(72)(80)은 하우징 없이 사용되거나 대형 하우징의 일부일 수 있으며 LCD 디스플레이와 같은 다른 전기적인 구성요소 또는 광학적인 구성요소와 조립될 수 있다.

<310> 도 66 - 도 69에서 보인 바와 같이, 광원은 광학장치(10a-g)의 광선입력단부로부터 광선의 입사가 이루어질 수 있도록 하는데 사용될 수 있고, 이러한 광학장치와 같이 루미네어로 불리는 조명장치의 일부로서 광원이 결합될 수 있으며, 여기에서 광선은 광학장치의 전면 및 배면에 수직인 방향에서 시준되거나 시준됨이 없이 광학장치에 입사될 수 있다. 예를 들어 이러한 조명장치는 사전에 한정된 방향으로 광선을 전파하기 위한 루미네어, 하나 이상의 형광광원을 이용하는 형광조명장치, 솔리드 스테이트 LED 광원을 이용하는 LED 조명장치, 레이저광원으로부터의 광선을 이용하는 레이저조명장치, 백열광원을 이용하는 백열조명장치, 채광창 또는 채광원도우의 일부와 같은 태양광장치, 태양광원 과 솔리드 스테이트 LED 광원 조명장치, 또는 원격지로부터 다른 도광체 또는 광섬유를 통하여 광선이 분배되는 원격광원, 형광, 백열광 LED, 또는 태양광원과 같은 하이브리드 광원의 조명장치일 수 있다.

<311> 예를 들어, 건축조명분야에서, 광학장치(10a-g)는 벽부착형 또는 천천부착형 조명을 위한 평면상 루미네어, 천정부착형 형광등기구의 대체용으로서 탁상용의 입체형 조명과 같은 사무실조명을 위한 루미네어의 일부일 수 있다. 다른 조명분야로서는 비상등과 같은 직접조명을 위한 조명장치, 극장, 미술관 또는 특별진시실과 같은 어두운 공공장소의 통로, 선반, 광선이 층계뒷판을 향하는 계단, 벽장조명을 위한 옷걸이봉 등의 조명장치일 수 있다.

<312> 또한 광학장치(10a-g)는 액정디스플레이의 백라이트조명, 이러한 기술을 이용하는 백라이트 간판, 또는 도광기술을 이용하는 채널-레터(channel-letter) 간판용으로 이용될 수 있다.

<313> 또한 광학장치(10a-g)는 의료, 치과 및 수의용 장치와 기구의 조명, 외과의용 손목착용 조명광원, 또는 의료종사자용 두부부착형 조명을 위하여 사용될 수 있다. 다른 분야로서는 광역동치료용 조사, 모발성장 및 피부관리와 같은 다른 형태의 광선요법을 위한 환자신체에 대한 조사, LED 광원으로부터의 정밀조명, 또는 컬러 믹싱이 이루어지도록 조사를 통한 서캐디안리듬(circadian rhythm)을 위한 정밀색온도조사를 포함한다.

<314> 또한 광학장치(10a-g)는 운반수단조명분야(예를 들어, 배니티 라이트 및 돔 라이트와 같은 평판조명, 항공기용 간접조명, 항공기 및 승용차용 직접독서등, 항공기의 비상구 직접조명), 개인조명분야(예를 들어, 광원과 광원장치를 모자체에 결합한 조명, 두부부착형 광원, 작업자가 손목이나 머리에 착용할 수 있는 광원), 공구조명분야(예를 들어, 공구핸들에 광학장치와 광원을 결합시킨 수동공구, 헬멧과 장갑, 조명형 자, 레벨, 동력공구 핸들 및 보호물과 같은 안전기구에 도광체를 결합함으로써 개인사용을 위한 안전조명), 스포츠조명분야(예를 들어, 농구백보드와 같은 야구배트, 하키 스틱, 라크로스 스틱과, 테니스 라켓과 같은 조명형 스포츠장비, 또는 하키, 풋볼 및 축구와 같은 골대 및 그물의 구조적인 조명형 튜브), 주방조명분야(예를 들어, 바베큐 기구의 핸들에 도광체를 결합시킨 바베큐기구의 조명 또는 전기주방기구핸들의 조명)에 이용될 수 있다.

<315> 이상의 설명으로부터, 본 발명은 조명광 도광용 광학장치와 이러한 장치를 이용하는 루미네어를 제공함을 알 수

있다. 이상의 본 발명에 따른 조명광 도광용 광학장치와 루미네어의 변경 및 수정은 전문가에게 의심없이 제안 될 수 있다. 따라서, 이상의 내용은 설명을 위한 것으로 어떠한 제한을 두고자 하는 것은 아니다.

**도면의 간단한 설명**

- <13> 도 1은 전면수직계단 구조부를 갖는 본 발명의 조명광 도광용 광학장치의 제1실시형태를 보인 사시도.
- <14> 도 2는 광선도(light ray diagram)를 보인 도 1의 장치의 부분확대단면도.
- <15> 도 3은 도 1의 장치에서 전면, 배면 및 측면의 구조화되지 않은 평행한 영역에서 전반사를 유지하는데 필요한 입사광의 개구수에 대한 굴절률을 보인 좌표.
- <16> 도 4는 장치의 상부면을 따라서 예각경사구조부를 갖는 본 발명의 조명과 도광용 광학장치의 제2실시형태를 보인 사시도.
- <17> 도 5는 광선도를 보인 도 4의 장치의 부분확대단면도.
- <18> 도 6은 장치의 전면에서 극단적인 예를 든 두 굴절광 Ray 1 및 Ray 2의 상호작용을 설명하기 위한 광선도를 보인 도 4의 장치의 다른 부분확대단면도.
- <19> 도 7은 장치의 전면에서 극단적인 예를 든 다른 두 굴절광 Ray 3 및 Ray 4의 상호작용을 설명하기 위한 광선도를 보인 도 4의 장치의 다른 부분확대단면도.
- <20> 도 8은 장치의 출사면의 하나를 통하여 굴절하는 제1굴절광 Ray 1을 보다 상세히 설명하기 위한 광선도를 보인 도 4의 장치의 다른 부분확대단면도.
- <21> 도 9는 도 4에서 보인 장치의 출사면의 하나를 통하여 굴절하는 제1굴절광 Ray 1에 대하여 유도된 최대출사면각도를 보인 좌표.
- <22> 도 10은 장치의 출사면의 하나를 통하여 굴절하는 제2굴절광 Ray 2를 보다 상세히 설명하기 위한 광선도를 보인 도 4의 장치의 다른 부분확대단면도.
- <23> 도 11은 도 4에서 보인 장치의 출사면의 하나를 통하여 굴절하는 제2굴절광 Ray 2에 대하여 유도된 최소출사면각도한계에 대한 최대상승(경사)각도를 보이고, 굴절률  $n_0$ 의 상이한 3개의 값을 보인 좌표.
- <24> 도 12는 상승(경사)면의 하나에 반사하고 이어서 장치의 출사면의 하나를 통하여 굴절하는 제4 광선 Ray 4를 보다 상세히 설명하기 위한 광선도를 보인 도 4의 장치의 다른 부분확대단면도.
- <25> 도 13은 여러 굴절률  $n_0$ 에서 0.5의 개구수 NA를 갖는 장치로 광선이 입사되는 도 4의 장치에서 상승(경사)면의 하나에서 반사한 후 출사면의 하나를 통하여 굴절하는 제3 및 제4 광선 Ray 3 및 Ray 4에 대하여 유도된 최소출사면과 상승(경사)각도를 보인 좌표.
- <26> 도 14는 굴절률  $n_0$ 이 1.4이고 장치에 입사되는 광선의 여러 개구수 NA를 갖는 도 4의 장치에서 상승(경사)면의 하나에서 반사한 후 출사면의 하나를 통하여 굴절하는 제3 및 제4 광선 Ray 3 및 Ray 4에 대하여 유도된 최소출사면과 상승(경사)각도를 보인 좌표.
- <27> 도 15는 장치에 입사되는 굴절률  $n_0$ 이 1.59 이고 개구수 NA가 0.1, 0.3 및 0.5 인 광선의 경우, 도 4의 장치에서 출사면을 통한 효율적인 광선추출을 위한 해결공간(solution space)을 설명하는 3개의 모든 설계상 제약성을 보인 좌표.
- <28> 도 16은 장치에 입사되는 굴절률  $n_0$ 이 1.4 이고 개구수 NA가 0.1, 0.3 및 0.5 인 광선의 경우, 도 4의 장치에서 출사면을 통한 효율적인 광선추출을 위한 해결공간을 설명하는 3개의 모든 설계상 제약성을 보인 좌표.
- <29> 도 17은 도 4의 장치와 유사하고 장치의 길이를 따라서 점진적으로 또는 불연속적으로 두께가 감소되는 예각경사구조부를 갖는 본 발명 조명광 도광용 광학장치의 제3실시형태를 보인 사시도.
- <30> 도 18은 광선도를 보인 도 17의 장치의 부분확대단면도.
- <31> 도 19는 경사구조부의 하나의 출사면을 통하여 상호작용하는 극단적인 예의 굴절광선 Ray 2'를 보다 상세히 설명하는 광선도를 보인 도 17의 장치의 다른 부분단면도.

- <32> 도 20은 굴절률  $R_n$  이 1.59 이고 여러 값의 두께감소(비율) 파라메타 알파  $\alpha$  를 갖는 도 17에서 보인 장치에서 경사구조부의 출사면의 하나를 통하여 굴절하는 제2굴절광 Ray 2'에 대하여 유도된 최소출사면 각도한계에 대한 최대상승(경사)각도를 보인 좌표.
- <33> 도 21은 상승(경사)면의 하나에서 반사된 후에 경사구조부의 하나의 출사면을 통하여 굴절하는 굴절광선 Ray 4'를 보다 상세히 설명하는 광선도를 보인 도 17의 장치의 다른 부분단면도.
- <34> 도 22는 굴절률  $R_n$  이 1.59 이고 여러 값의 두께감소(비율) 파라메타 알파  $\alpha$  를 갖는 도 17에서 보인 장치에서 경사구조부의 하나의 상승(경사)면에서 반사하고 출사면을 통하여 굴절하는 제3 및 제4 광선에 대하여 유도된 최소출사면과 상승(경사)각도를 보인 좌표.
- <35> 도 23은 굴절률  $R_n$  이 1.59 이고 두께감소율이  $\alpha=1.2$  이며 입사광의 개구수 NA가 0.1, 0.3 및 0.5 인 경우, 도 17의 장치에서 효율적인 광선추출을 위한 해결공간을 설명하는 3개의 모든 설계상 제약성을 보인 좌표.
- <36> 도 24는 굴절률  $R_n$  이 1.4 이고 두께감소율이  $\alpha=1.2$  이며 입사광의 개구수 NA가 0.1, 0.3 및 0.5 인 경우, 도 17의 장치에서 효율적인 광선추출을 위한 해결공간을 설명하는 3개의 모든 설계상 제약성을 보인 좌표.
- <37> 도 25는 도 17의 장치와 유사하고 인접한 쌍의 경사구조부 사이에 평면부를 가지며 예각경사구조부와 점진적인 두께감소율을 갖는 본 발명 조명광 도광용 광학장치의 제4실시형태를 보인 사시도.
- <38> 도 26은 두개의 경사구조부와 이들 경사구조부 사이에 배치된 평면부에 대한 광선도를 보인 도 25 장치의 부분 확대단면도.
- <39> 도 27은 경사구조부의 하나의 출사면을 통하여 상호작용하는 극단적인 예의 제2 굴절광선 Ray 2"를 설명하는 광선도를 보인 도 25의 장치의 부분확대단면도.
- <40> 도 28은 굴절률  $R_n$  이 1.59 이고 여러 값의 파라메타 알파  $\alpha$  와 베타  $\beta$  를 갖는 도 25의 장치에서 경사구조부의 하나의 출사면을 통하여 상호작용하는 제2 광선 Ray 2"에 대하여 유도된 최소출사면각도에 대한 최대상승(경사)각도를 보인 좌표.
- <41> 도 29는 상승(경사)면의 하나에서 반사된 후에 경사구조부의 하나의 출사전면을 통하여 굴절하는 제4 굴절광선 Ray 4"를 설명하는 광선도를 보인 도 25의 장치의 부분단면도.
- <42> 도 30은 도 25에서 보인 장치에서 경사구조부의 하나의 상승(경사)면에서 반사하고 출사면을 통하여 굴절하는 제3 및 제4 광선에 대하여 유도된 최소출사면과 상승(경사)각도를 보인 좌표.
- <43> 도 31은 굴절률  $R_n$  이 1.59 이고 두께감소율이  $\alpha=1.2$  이며 평면파라메타가  $\beta=1.0$  이고 입사광의 개구수 NA가 0.1, 0.3 및 0.5 인 경우, 도 25의 장치에서 효율적인 광선추출을 위한 해결공간을 설명하는 3개의 모든 설계상 제약성을 보인 좌표.
- <44> 도 32는 굴절률  $R_n$  이 1.4 이고 두께감소율이  $\alpha=1.5$  이며 평면파라메타가  $\beta=1.0$  이고 입사광의 개구수 NA가 0.1, 0.3 및 0.5 인 경우, 도 25의 장치에서 효율적인 광선추출을 위한 해결공간을 설명하는 3개의 모든 설계상 제약성을 보인 좌표.
- <45> 도 33은 여러 값의 굴절률  $R_n$  에서 입사광 개구수 NA 에 대한 도 4의 장치에서 광선의 최대전파각도  $\Theta_{Ray-max}$  를 보인 좌표.
- <46> 도 34A는  $18^\circ$  의  $\Theta_{EF}$  와  $8^\circ$  의  $\Theta_R$  를 가지고 입사광 개구수 NA가 0.5 인 경사구조부를 갖는 도 4, 도 17 및 도 25의 장치로부터의 광선분배의 예를 보인 설명도.
- <47> 도 34B는 도 34A의 예에서 광선분배의 조명광 세기를 보인 좌표.
- <48> 도 35A와 도 35B는 도 4, 도 17 및 도 25의 장치의 상이한 두 예에 대한 광선분배의 조명광 세기를 보인 좌표를 보인 것으로, 도 35A는  $20^\circ$  의  $\Theta_{EF}$  와  $2^\circ$  의  $\Theta_R$  를 가지고 입사광 개구수 NA가 0.1 인 경사구조부를 이용하는 이들 장치의 이러한 광선분배를 보이고 있으며, 도 35B는  $40^\circ$  의  $\Theta_{EF}$  와  $2^\circ$  의  $\Theta_R$  를 가지고 입사광 개구수 NA가 0.1 인 경사구조부를 이용하는 이들 장치의 이러한 광선분배를 보인 좌표.
- <49> 도 36은 출사면각도  $\Theta_{EF}$  가  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$  및  $40^\circ$  인 경우, 상승각도  $\Theta_R$  가  $4^\circ$  이고 입사광 개구수 NA가 0.1

이며 굴절률  $R_n$  이 1.4 인 도 17의 장치의 예에서 광선분배를 보인 좌표.

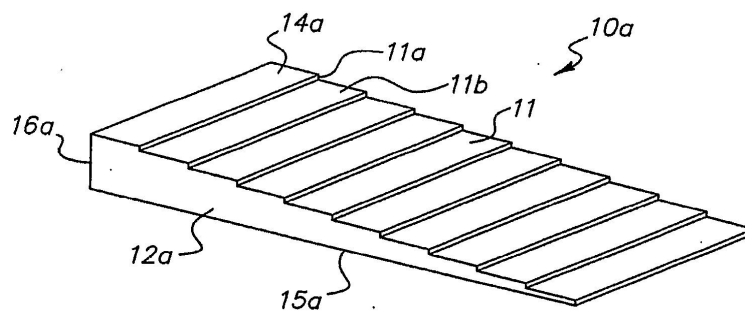
- <50> 도 37은 도 6과 유사하나 볼록형상의 만곡형 출사전면을 갖는 도 4의 장치의 부분확대단면도.
- <51> 도 38은 도 17과 유사하나 장치의 폭을 따라 광선의 각도에 영향을 주는 아치형 출사전면을 갖는 도 17의 장치의 사시도.
- <52> 도 39는 장치의 동체가 장치의 축선에 대하여 수직인 축선을 중심으로 하여 만곡되어 있는 도 17에 유사한 장치의 사시도.
- <53> 도 40은 장치의 동체가 장치의 축선에 평행한 축선을 중심으로 하여 만곡되어 있는 도 17에 유사한 장치의 사시도.
- <54> 도 41은 장치의 동체가 원통형 셸(cylindrical shell)의 형태를 이루도록 장치의 축선에 평행한 축선을 중심으로 하여 완전히 원형의 단면을 이루는 도 17에 유사한 장치의 사시도.
- <55> 도 42는 두께방향으로 장치내에서 광선의 개구수를 줄이기 위하여 장치의 동체의 시작입력부가 두꺼운 부분으로 경사진 도 25와 유사한 장치의 사시도.
- <56> 도 43은 두께방향으로 장치내에서 광선의 개구수를 줄이기 위하여 동체의 시작입력부가 두꺼운 부분으로 경사진 도 25와 유사한 장치의 사시도.
- <57> 도 44는 장치의 폭을 따라 장치내에서 광선의 개구수를 줄이기 위하여 동체의 시작입력부가 경사진 도 4와 유사한 장치의 사시도.
- <58> 도 45는 장치의 폭을 따라 장치내에서 광선의 개구수를 줄이기 위하여 동체의 시작입력부의 폭이 경사진 도 4와 유사한 장치의 사시도.
- <59> 도 46A는 전면을 통한 광선의 반사를 위하여 장치의 배면을 따라 경사구조부를 가지고 이러한 경사구조부가 이를 통하여 전달되는 광선을 포착하도록 배면의 하강구조부와 교대로 배치되어 있는 본 발명의 조명광 도광용 광학장치의 제5실시형태를 보인 사시도.
- <60> 도 46B는 상부면과 하부면을 갖는 이론적인 광학소자에서 이들 면에 의한 전반사를 설명하기 위하여 광학소자로 입사된 광선의 경로를 보인 광선도.
- <61> 도 47은 하나의 광원을 가지고 광선이 상부면으로부터 방사되는 도 46A의 광학장치의 한 적용예를 보인 설명도.
- <62> 도 48은 장치의 한 경사구조부의 상승면으로부터 장치의 전면으로 반사되는 것을 설명하는 광선도를 보인 도 46A의 장치의 부분단면도.
- <63> 도 49는 장치내에서 광선의 개구수  $NA$ 에 의하여 한정되는 공간에서 상승각도  $\theta_r$  에 대한 도 46A의 장치의 상부면으로부터의 출력각도  $\theta_{out}$  의 좌표를 보인 것으로, 점선의 커브는 상승면에서 TIR 에 대한 경계로서 이러한 광선을 나타내며 이러한 커브의 상부의 상승각도들이 TIR 을 이루는 것을 보인 좌표.
- <64> 도 50은 한 경사구조부의 상승면으로부터의 전달광의 각도  $\theta_{trans}$  를 설명하는 광선도를 보인 도 46A의 장치의 부분단면도.
- <65> 도 51은 도 50의 광선도에서 양 극단의 광선의 각도  $-\theta_{max} \sim \theta_{min}$  에 대하여 상승각도  $\theta_r$  에 대한 전달광 각도  $\theta_{trans}$  의 좌표.
- <66> 도 52는 상승면으로부터의 전달광이 프리즘각도를 따라 장치의 인접한 하강구조부의 하강각주면으로 입사되는 것을 보인 것으로, 도 46A의 장치의 경사구조부의 상승면중 하나에 대한 광선도.
- <67> 도 53은 도 52의 광선도에서 하나의 경사구조부에 대하여 상승면을 통과하는 광선의 전달광 각도에 대한 하강각주면에 의한 굴절광의 좌표.
- <68> 도 54A, 도 54B 및 도 54C는 인접한 경사구조부의 상승면 사이의 3가지 공간조건을 설명하는 도 46A의 광학장치의 부분단면을 통한 광선도.
- <69> 도 55A는 도 46A와 유사하나 2차 상승(또는 경사)면이 형성된 하강구조부를 갖는 본 발명 조명광 도광용 광학장치의 제5실시형태의 부분단면도.



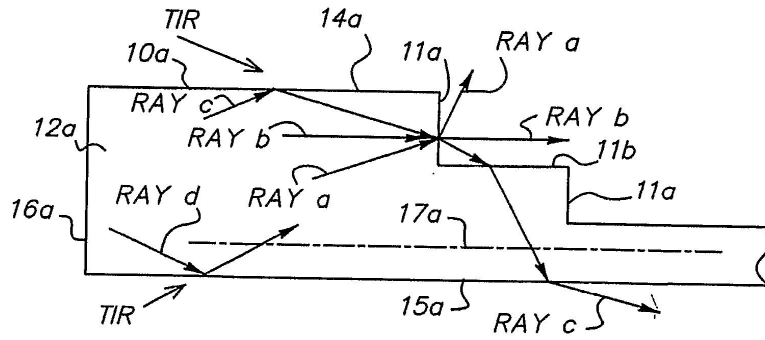
- <70> 도 55B는 도 55A와 유사한 다른 부분단면도.
- <71> 도 56A는 도 46A의 장치의 예의 단면도.
- <72> 도 56B는 도 56A에서 점선원으로 보인 부분의 단면에서 광선도를 보인 설명도.
- <73> 도 57은 도 56A의 예에서 장치의 상부면으로부터의 광출력분배를 보인 좌표.
- <74> 도 58은 경사구조부와 장치의 길이를 따라서 점진적으로 증가하는 하강구조부의 크기를 보인 도 46A의 광학장치의 설명도.
- <75> 도 59A는 도 55A의 장치의 다른 예를 보인 단면도.
- <76> 도 59B는 도 59A의 단면을 보다 상세히 보인 부분확대단면도.
- <77> 도 60은 도 59A의 예에서 장치의 상부면으로부터 광출력분배를 보인 좌표.
- <78> 도 61은 도 59A의 예에서 장치의 상부면으로부터 광출력분배를 보인 것으로, 경사구조부의 거리 L가 제1경사구조부에서 최대값으로부터 최종경사구조부에서 제로값으로 선형 감소되는 것을 보인 좌표.
- <79> 도 62는 도 46A의 장치의 단면을 보인 것으로, 각 경사구조부가 점진적으로 가파른 각도의 다수의 면으로 나누어진 상승면을 갖는 것으로 보인 단면도.
- <80> 도 63은 도 46A의 장치의 단면을 보인 것으로, 각 경사구조부가 연속적으로 변화하는 기울기의 상승면을 갖는 것으로 보인 단면도.
- <81> 도 64A, 도 64B 및 도 64C는 상부면으로부터 조명광을 분산시키기 위하여 상부면과 하부면에 경사구조부를 갖는 본 발명에 따른 조명광 도광용 광학장치의 제7실시형태를 보인 것으로, 상부를 보인 사시도, 저면을 보인 사시도와, 측면도.
- <82> 도 65는 도 25의 광학장치의 예를 보인 것으로, 경사구조부와 평면부의 주기와 깊이가 장치의 길이를 따라서 달라지는 것을 보인 사시도.
- <83> 도 66 - 도 69는 도 4, 도 17, 도 25, 도 46A, 도 55A, 또는 도 64A-C의 광학장치에 사용되는 여러 가지 형태의 광원을 갖는 루미네어를 보인 설명도.

**도면**

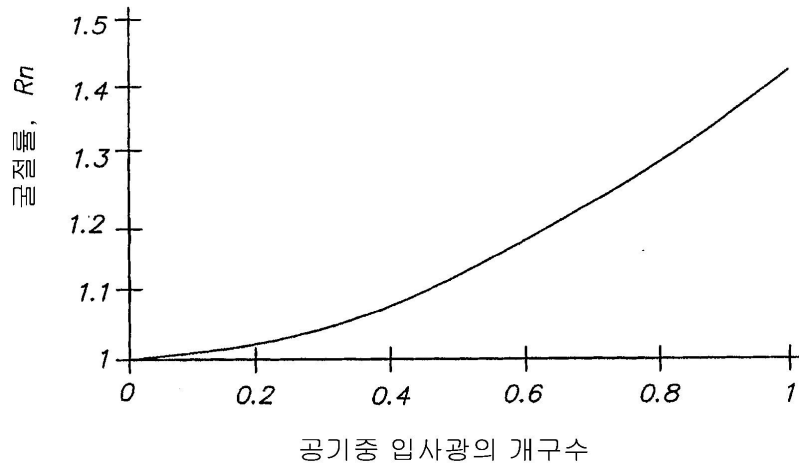
**도면1**



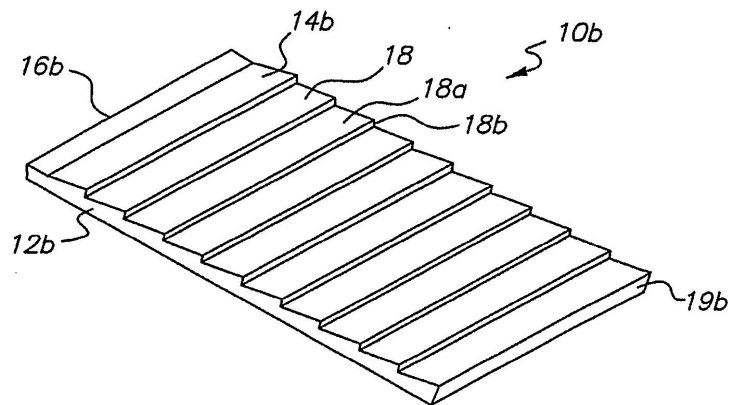
도면2



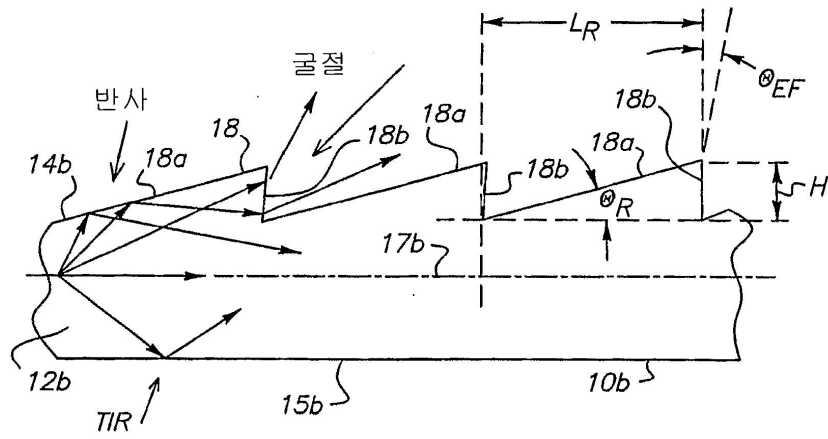
도면3



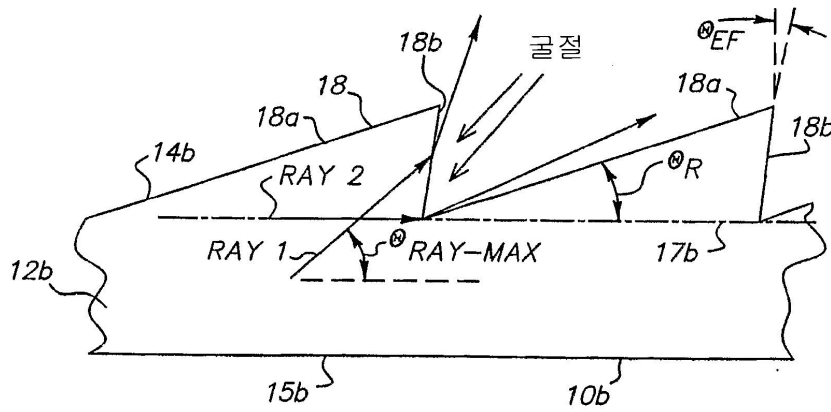
도면4



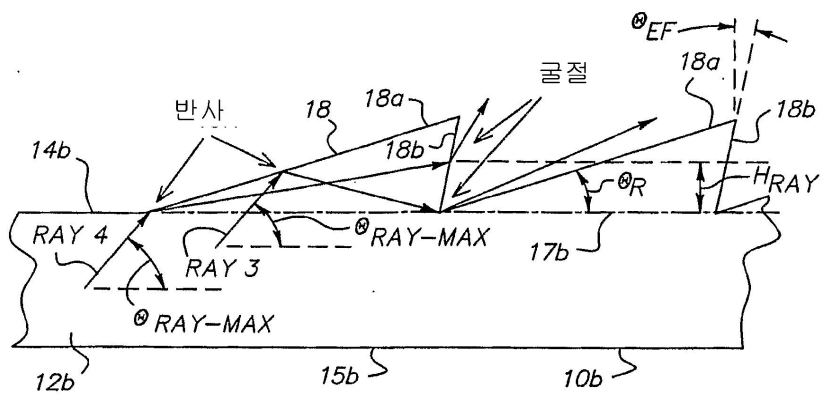
도면5



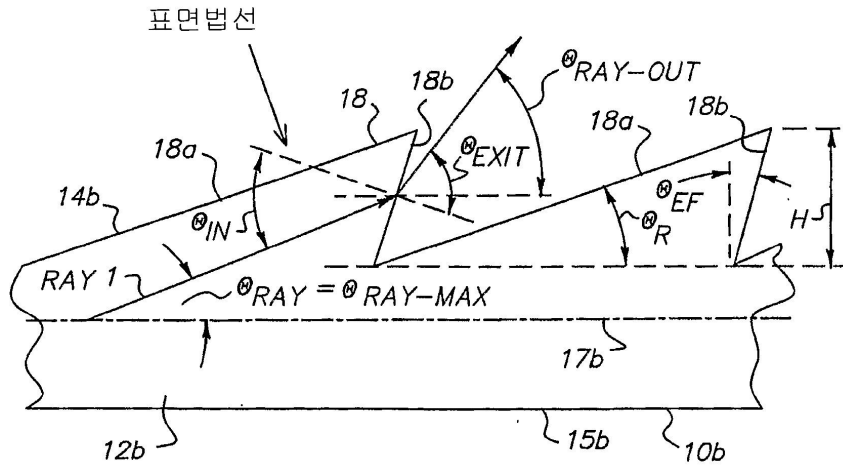
도면6



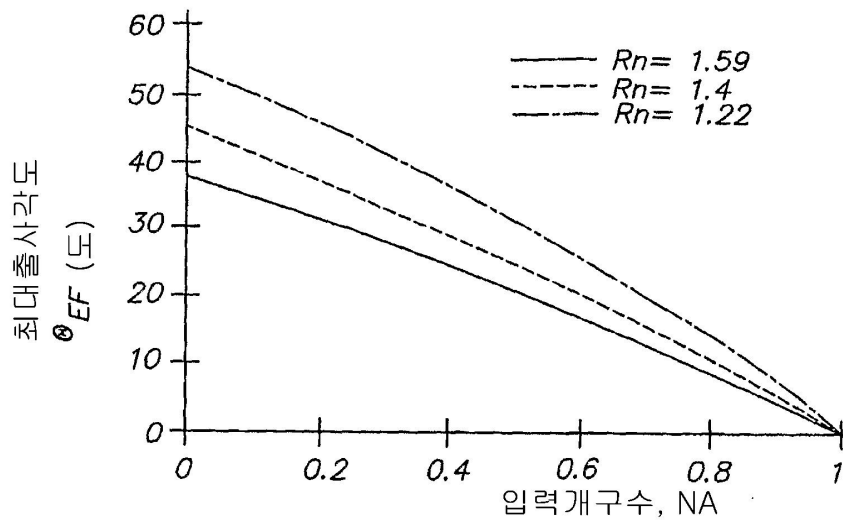
도면7



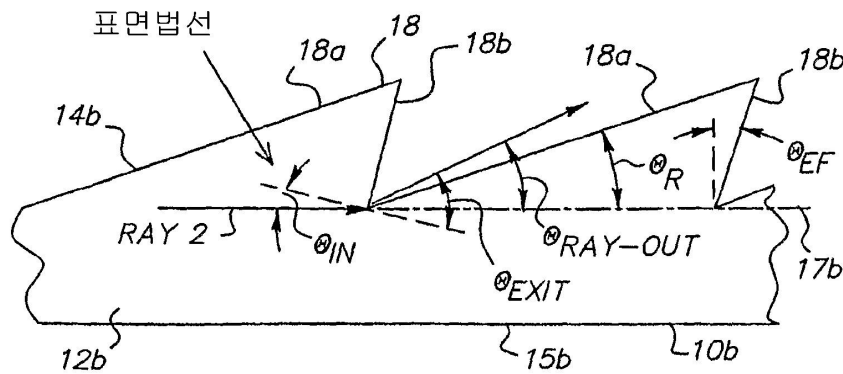
도면8



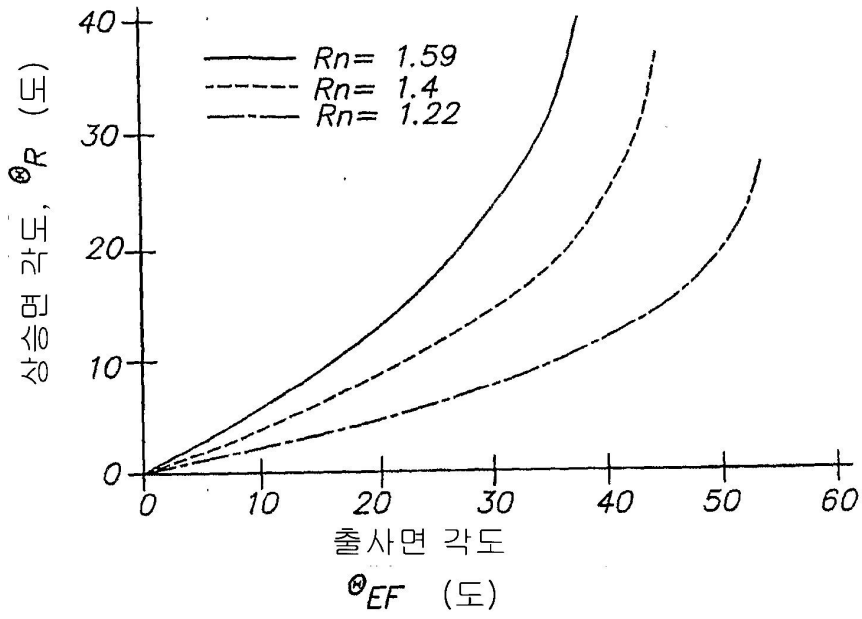
도면9



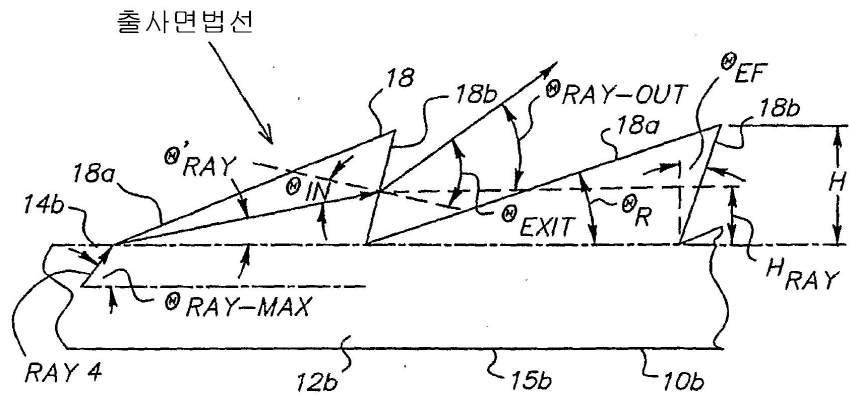
도면10



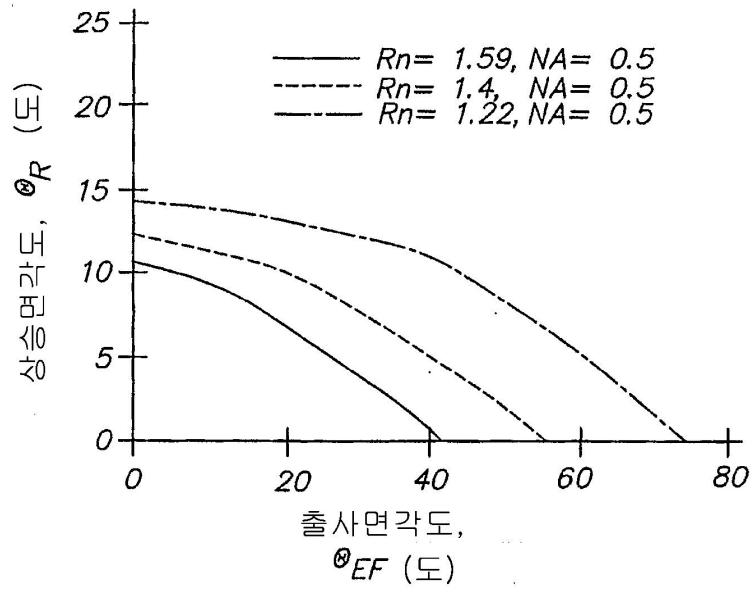
도면11



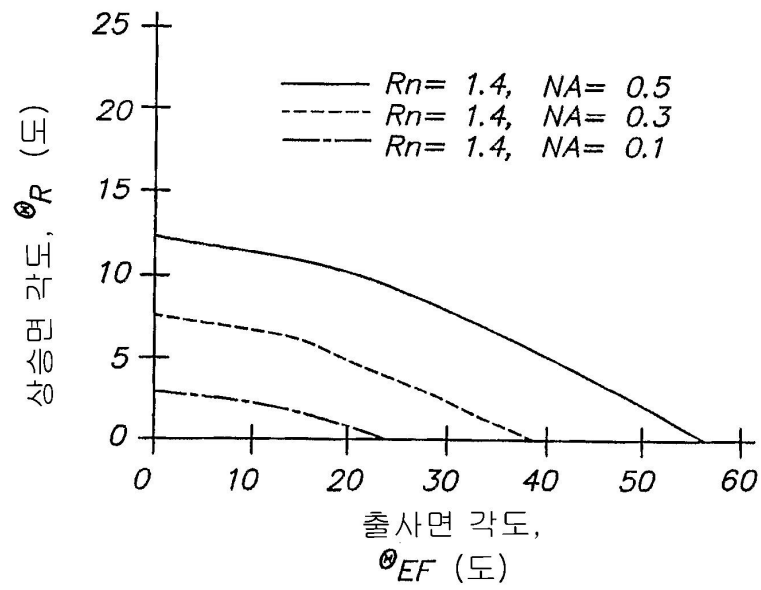
도면12



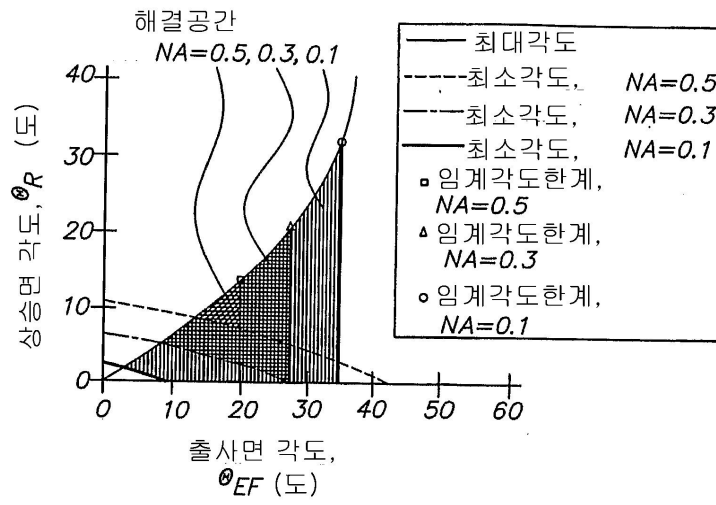
도면13



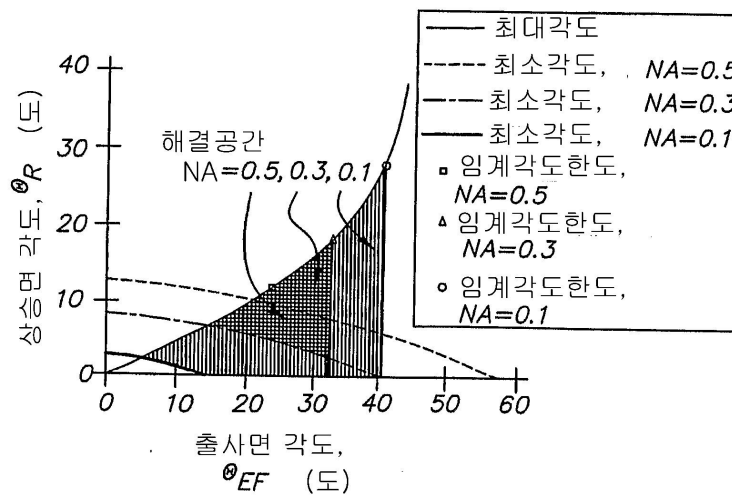
도면14



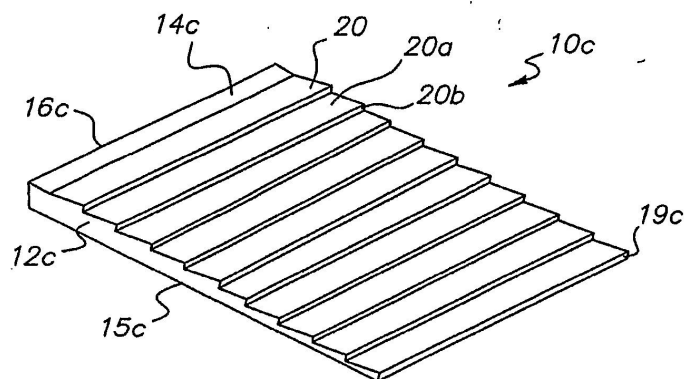
도면15



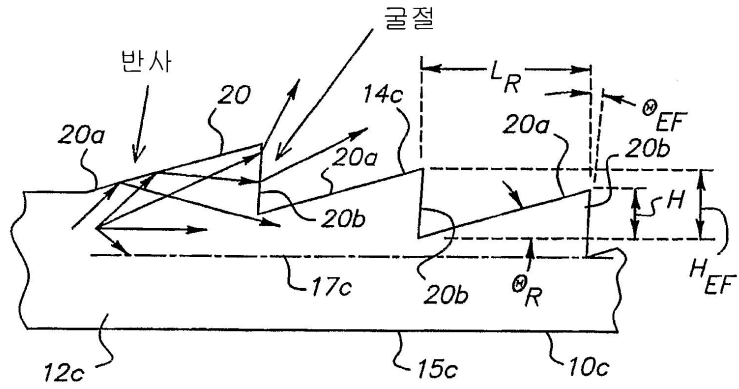
도면16



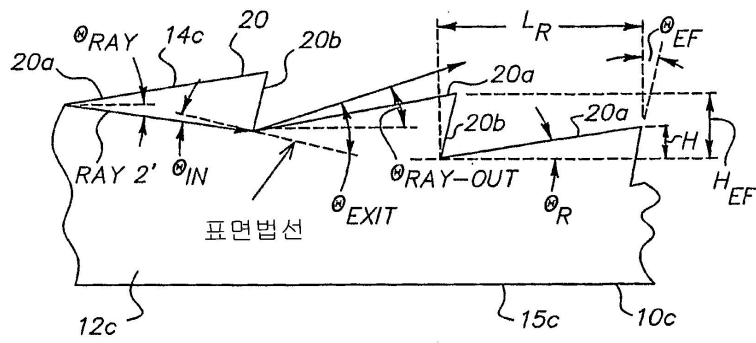
도면17



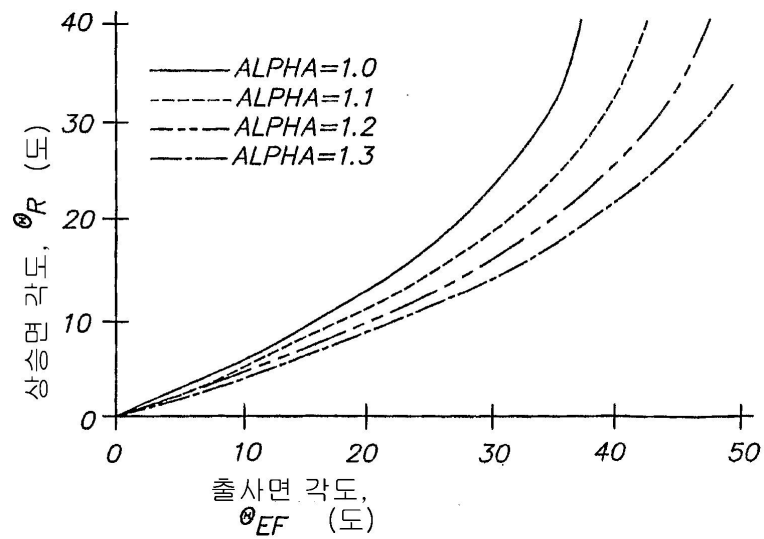
도면18



도면19

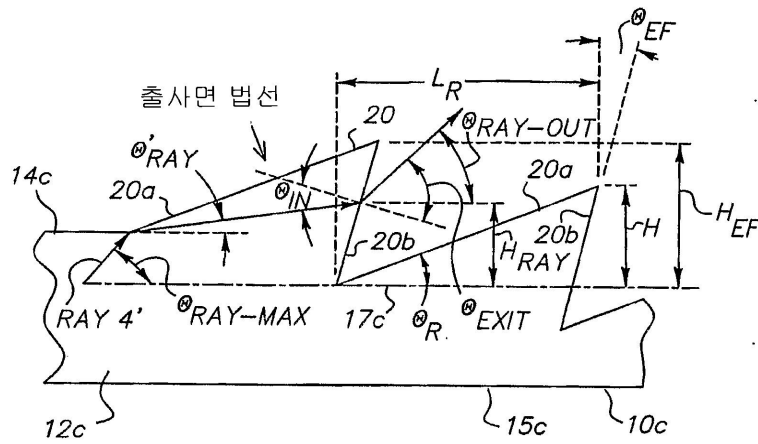


도면20

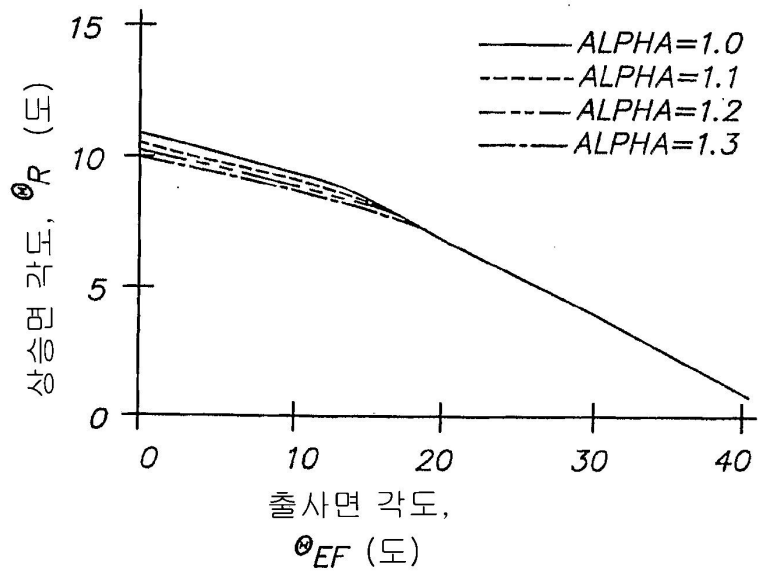




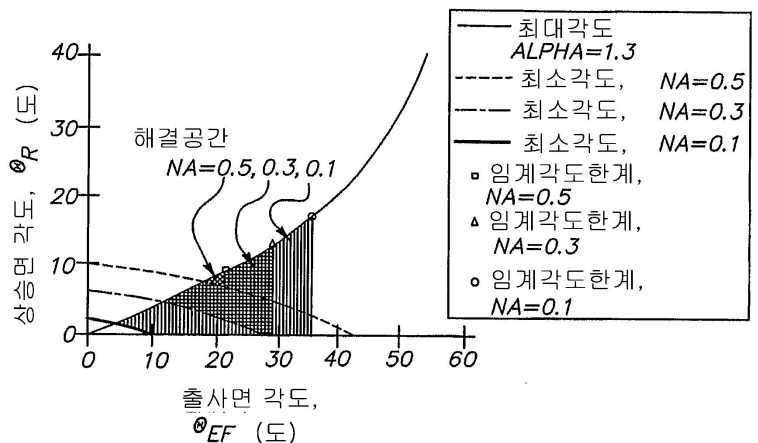
도면21



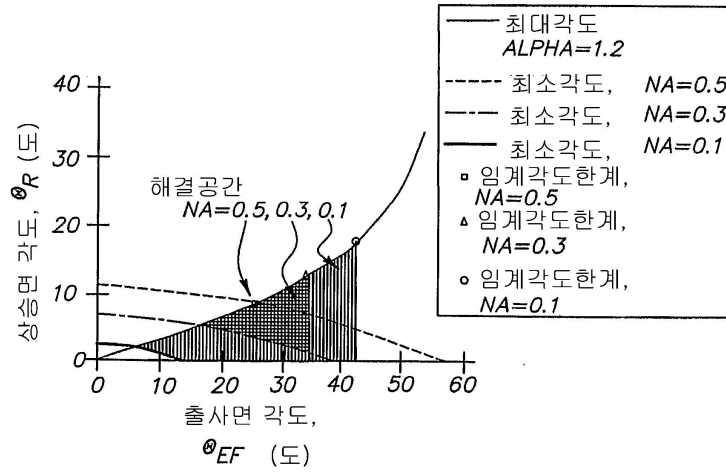
도면22



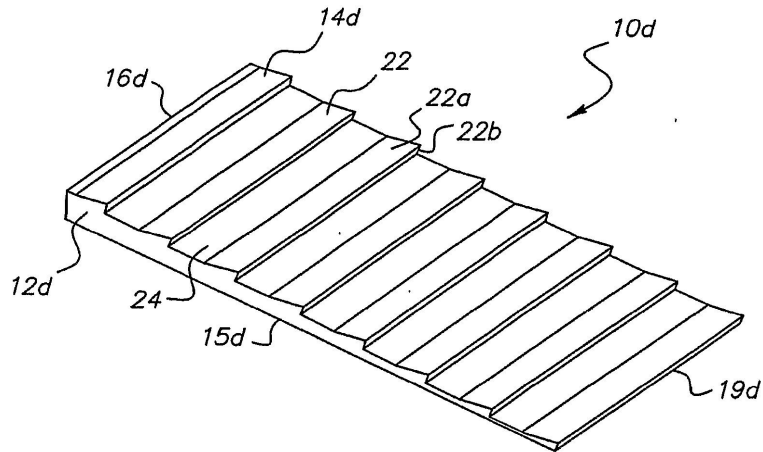
도면23



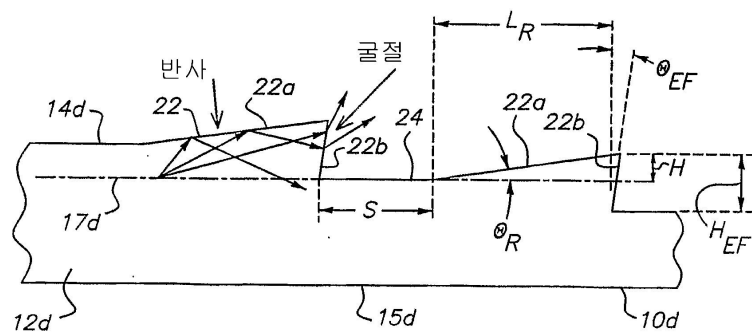
도면24



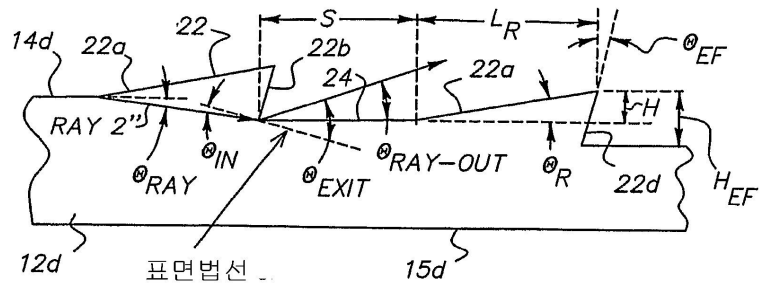
도면25



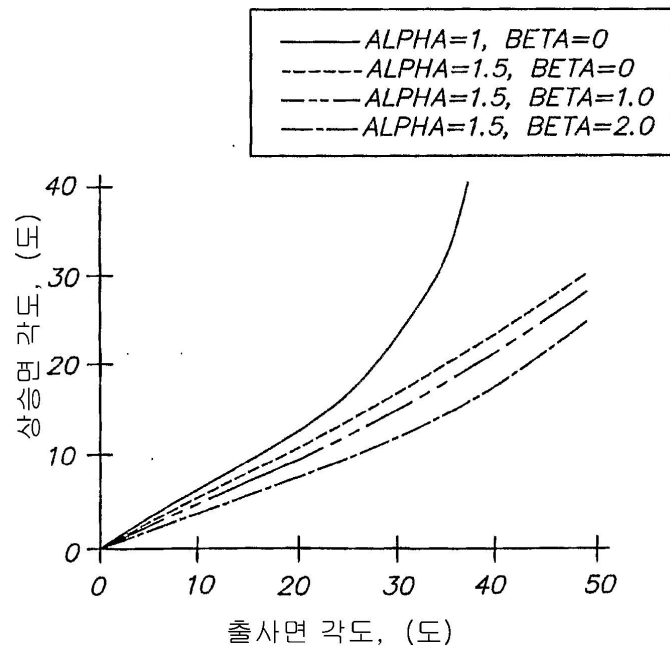
도면26



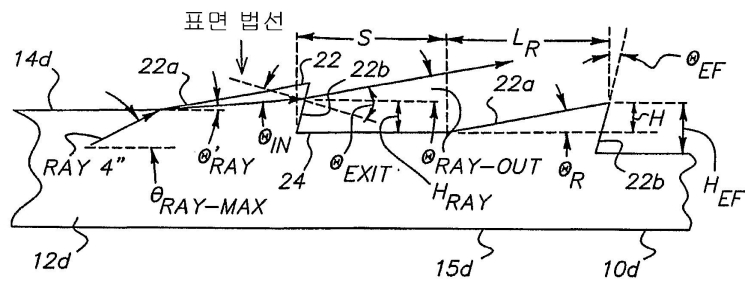
도면27



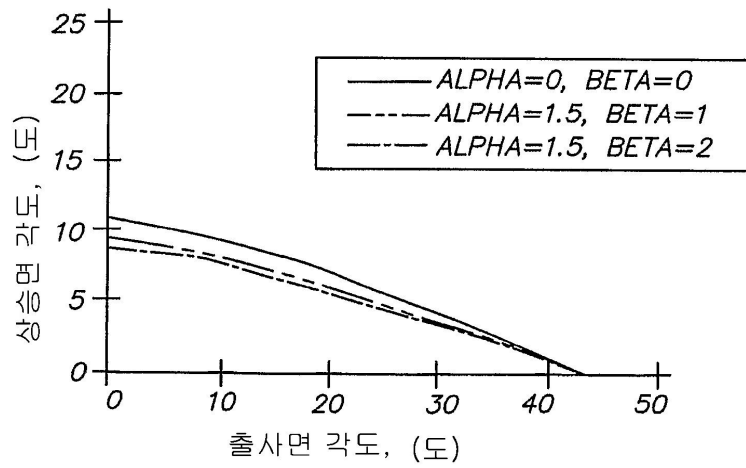
도면28



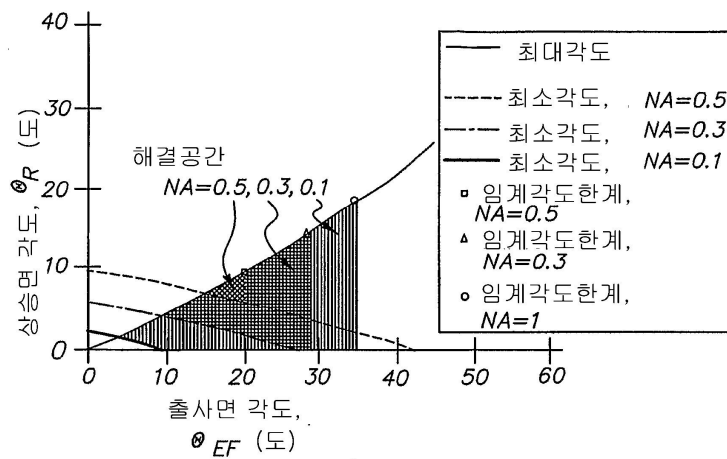
도면29



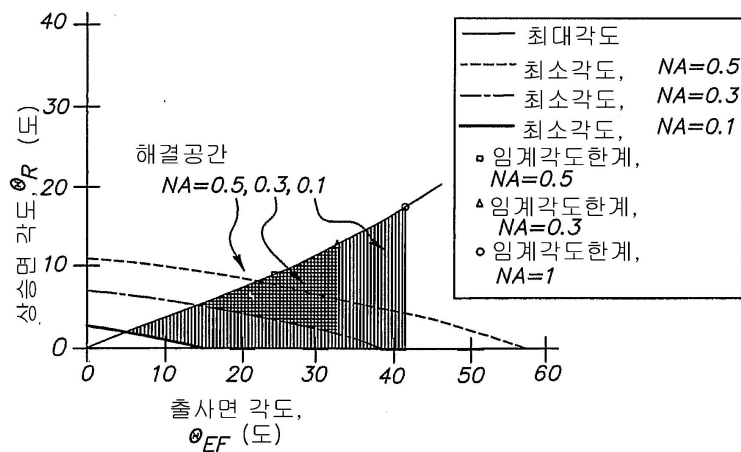
도면30



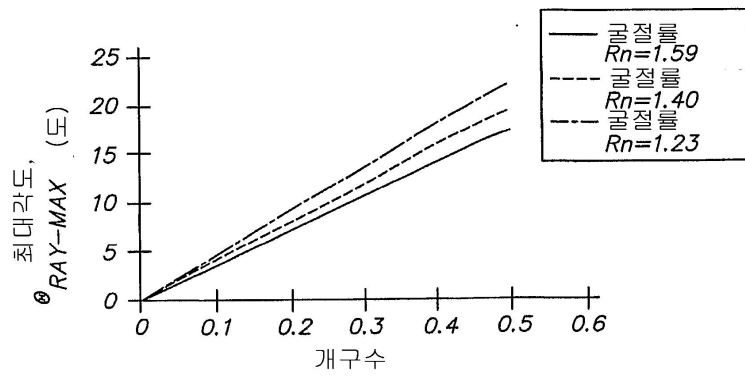
도면31



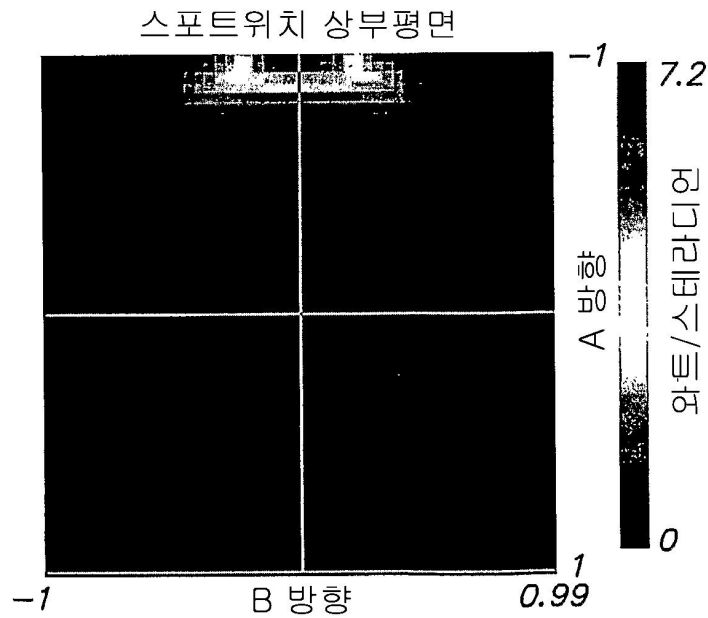
도면32



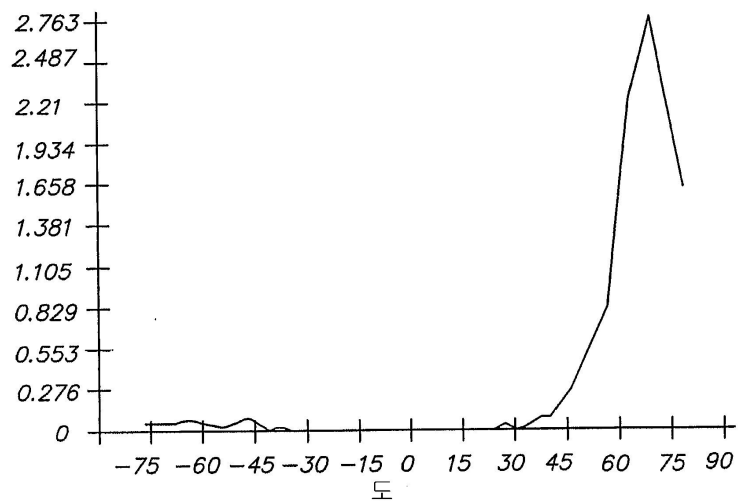
도면33



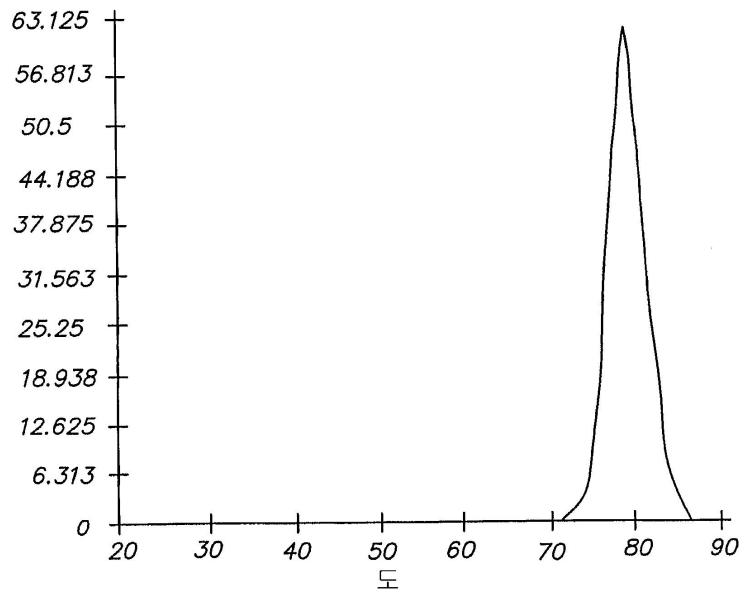
도면34A



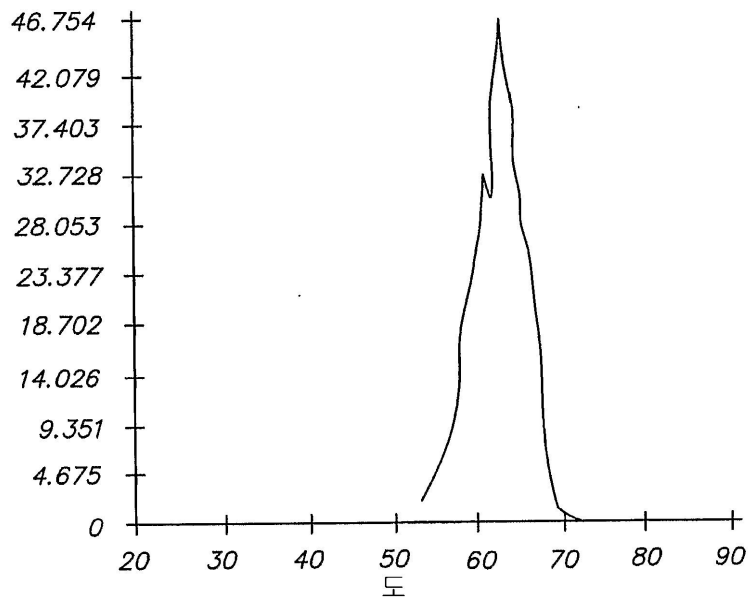
도면34B



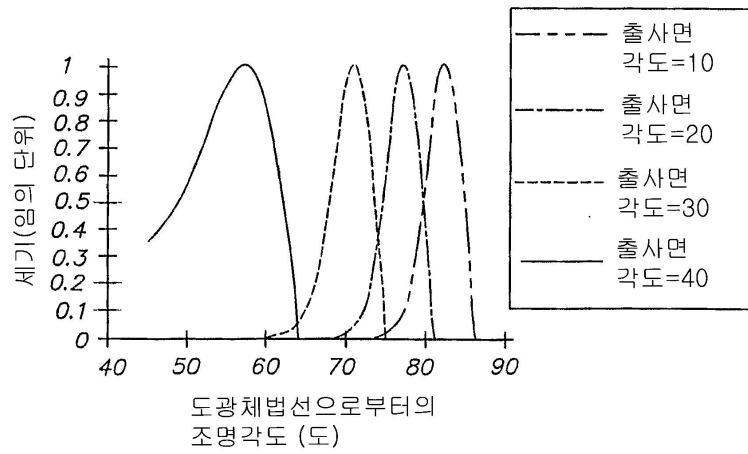
도면35A



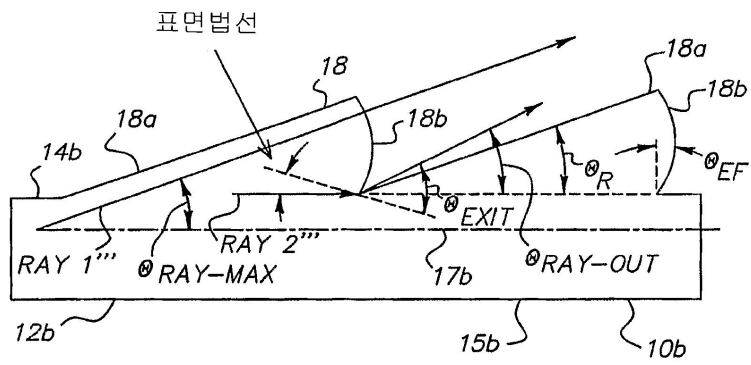
도면35B



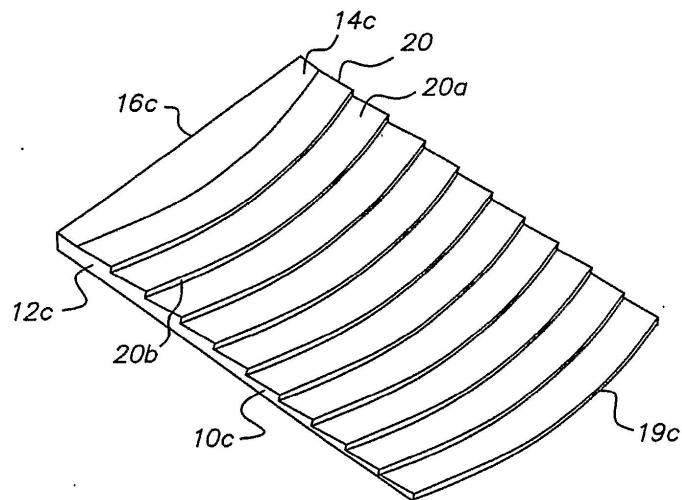
도면36



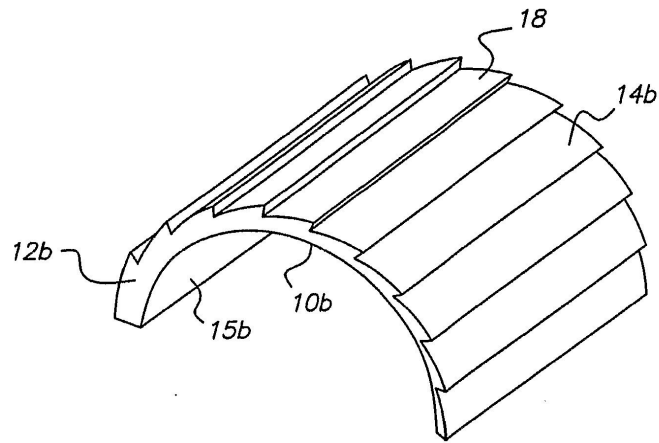
도면37



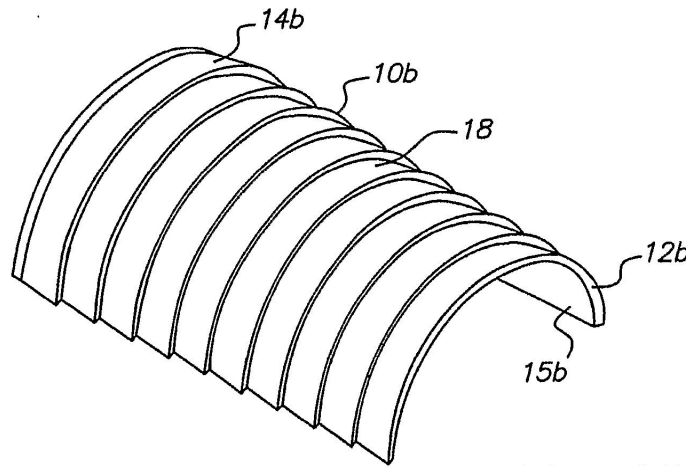
도면38



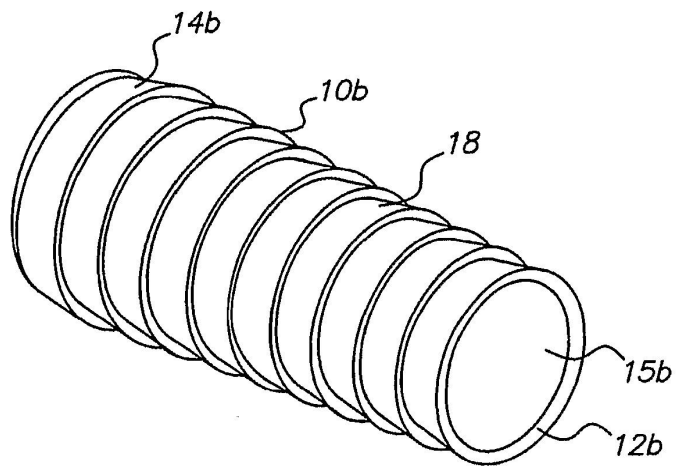
도면39



도면40

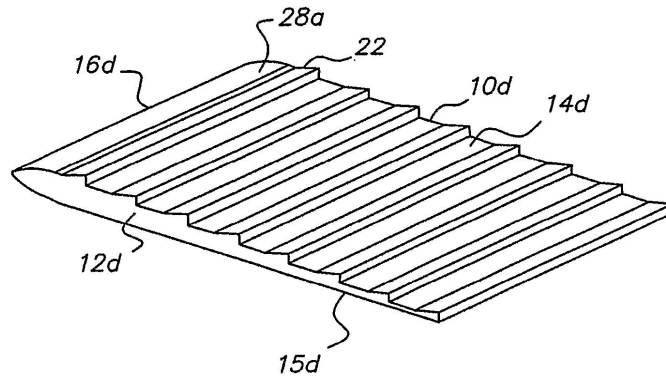


도면41

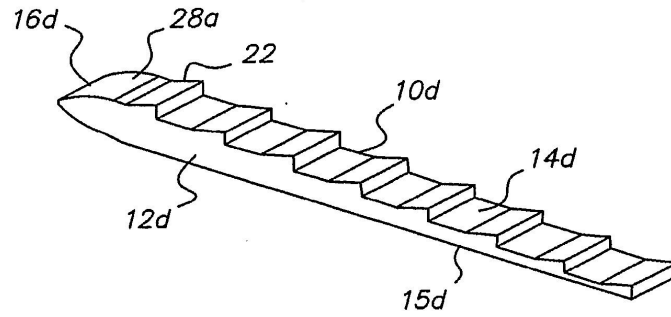




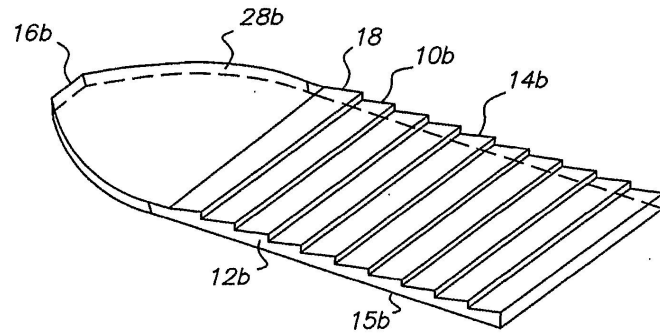
도면42



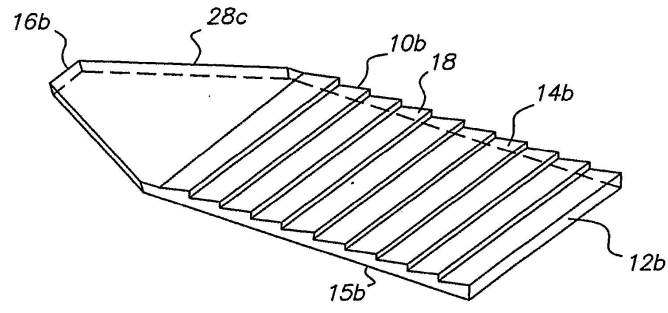
도면43



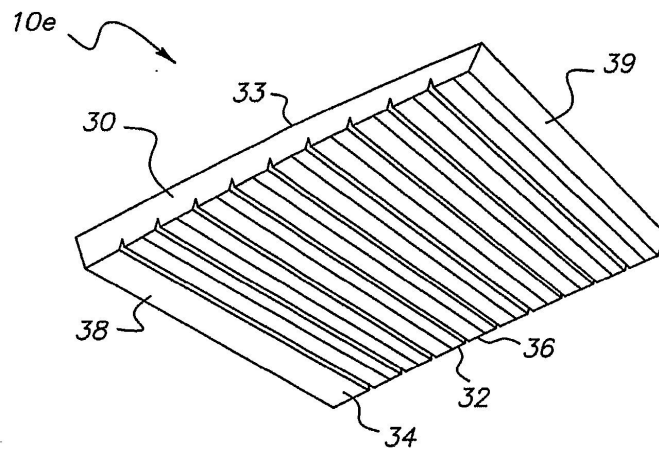
도면44



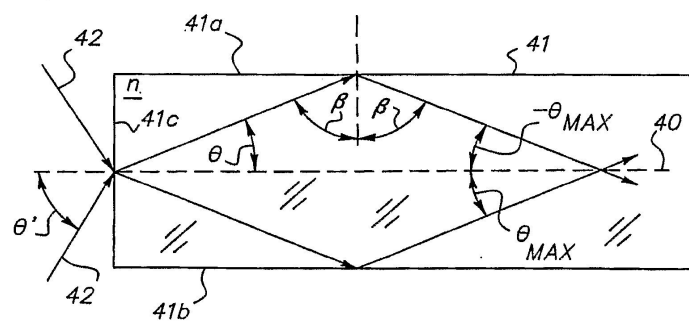
도면45



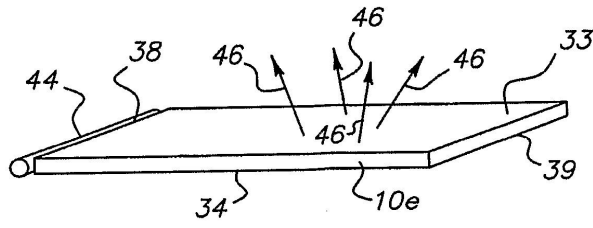
도면46A



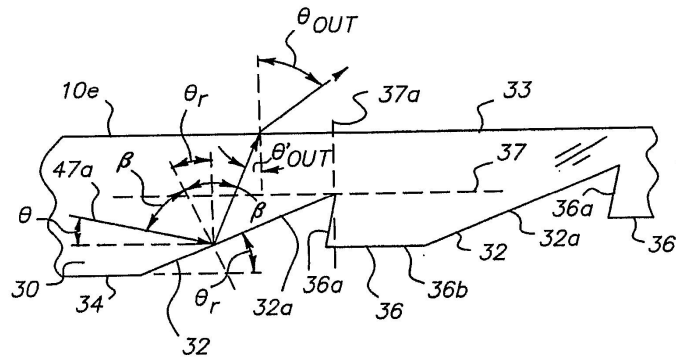
도면46B



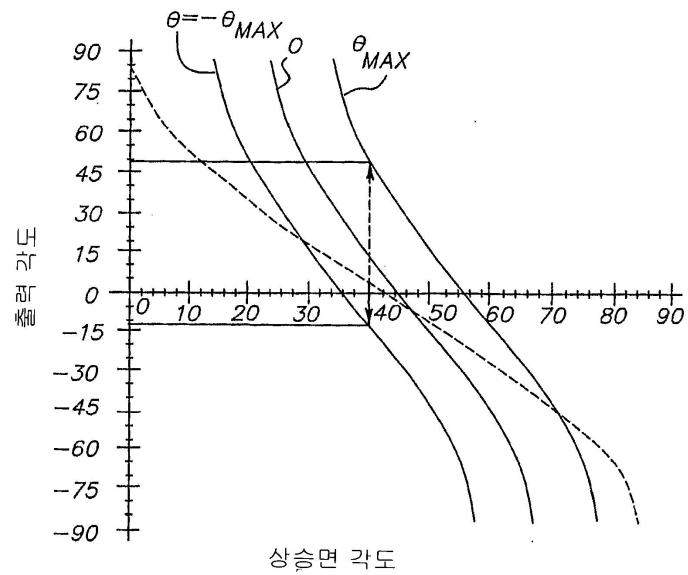
도면47



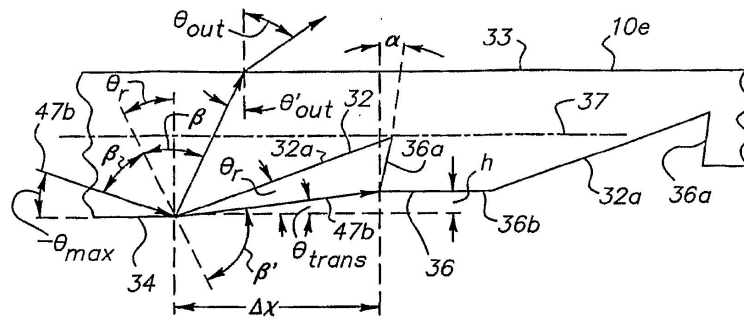
도면48



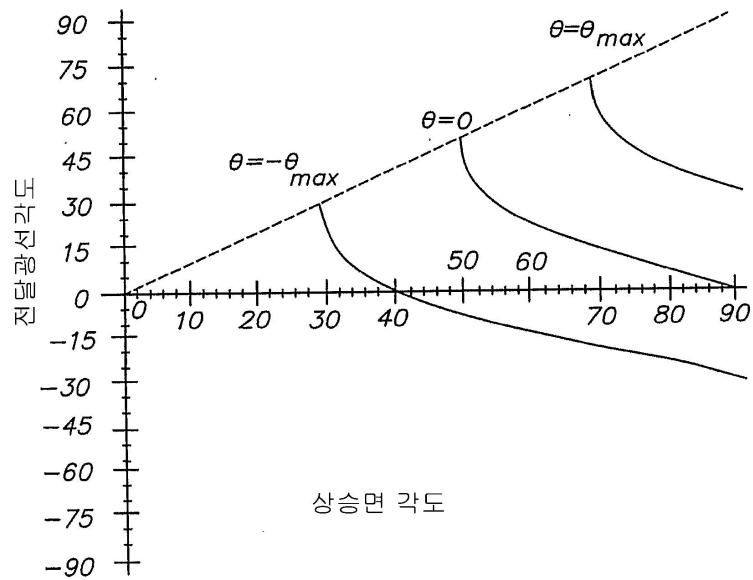
도면49



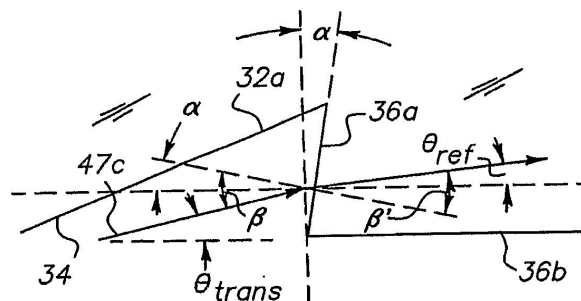
도면50



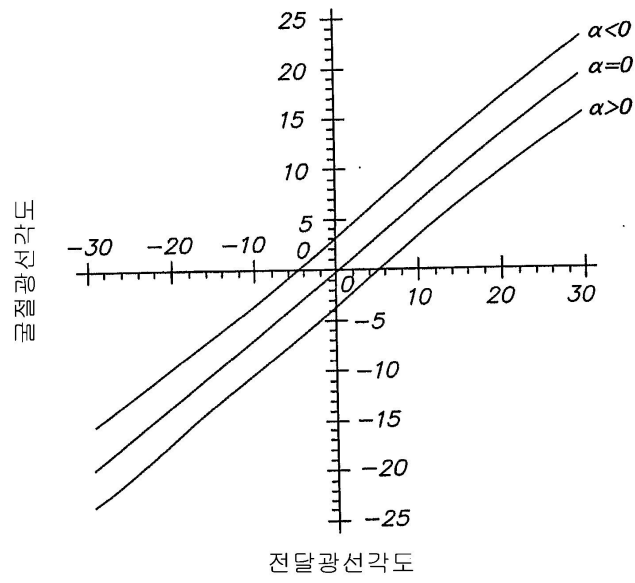
도면51



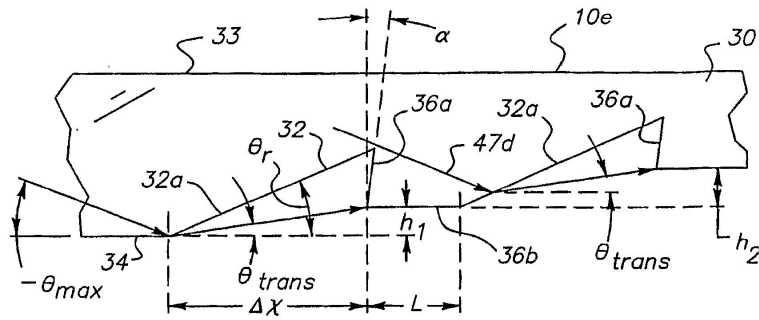
도면52



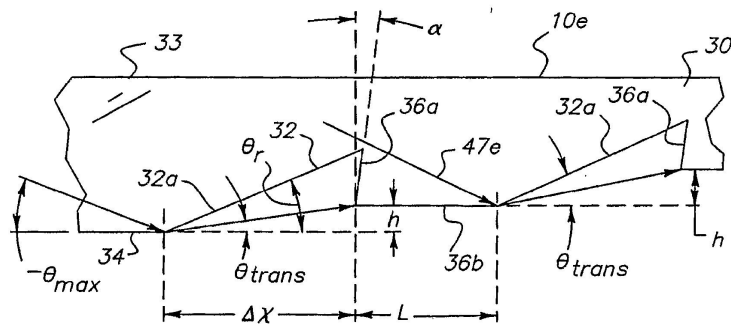
도면53



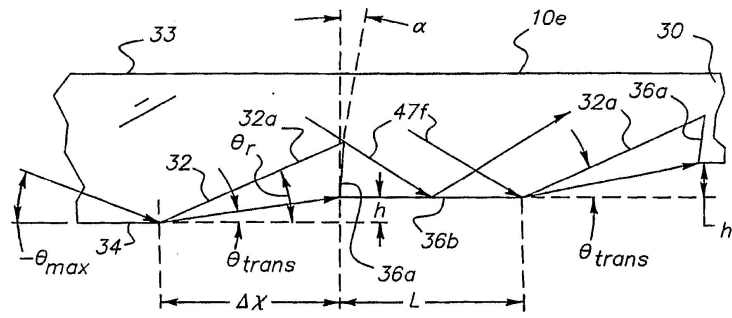
도면54A



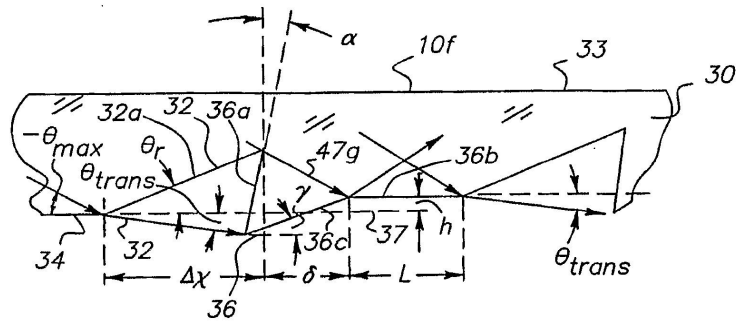
도면54B



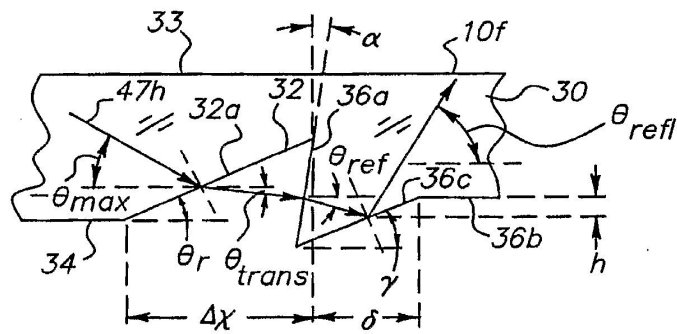
도면54C



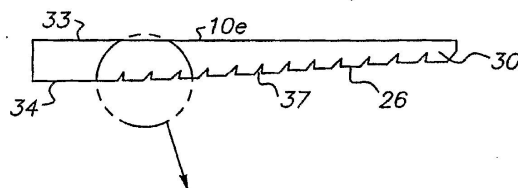
도면55A



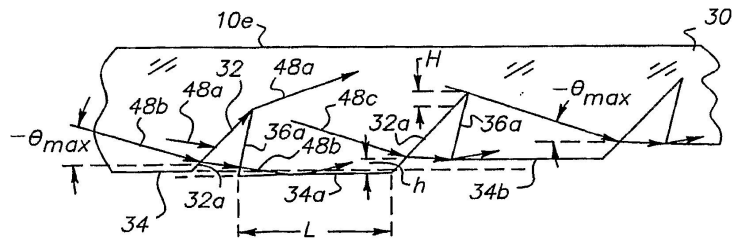
도면55B



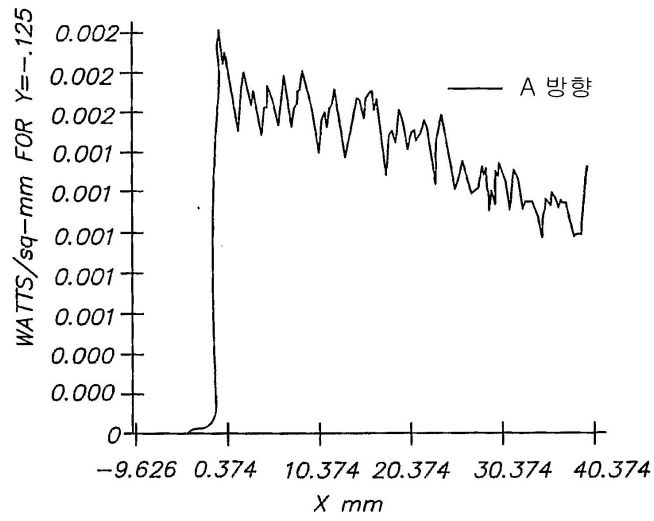
도면56A



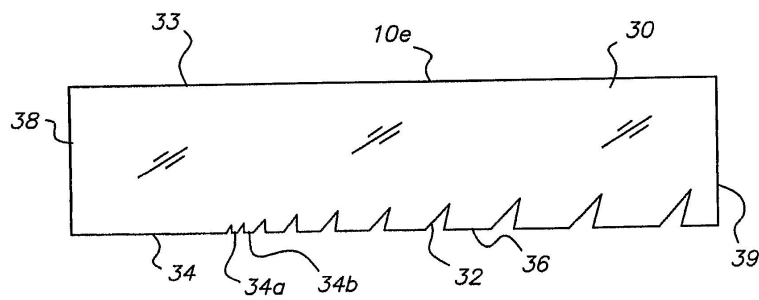
도면56B



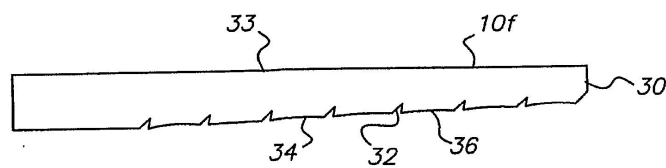
도면57



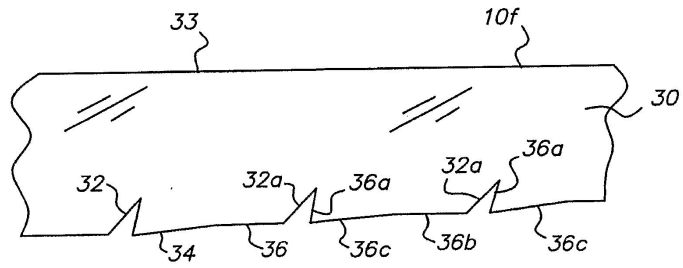
도면58



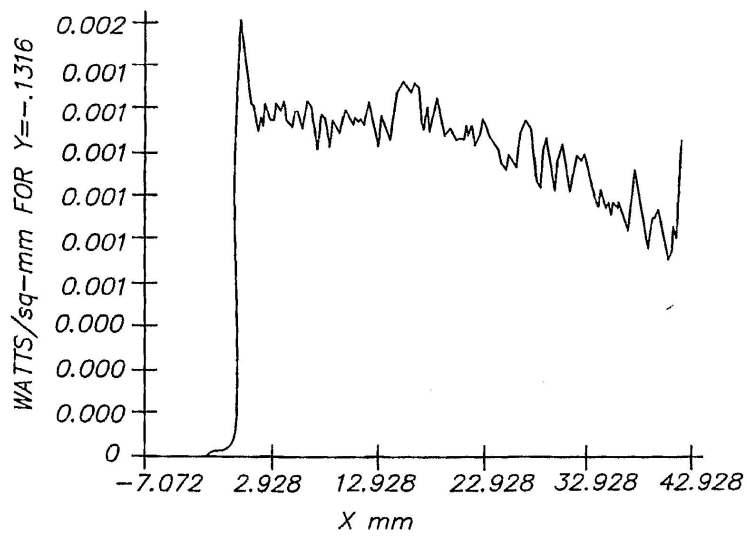
도면59A



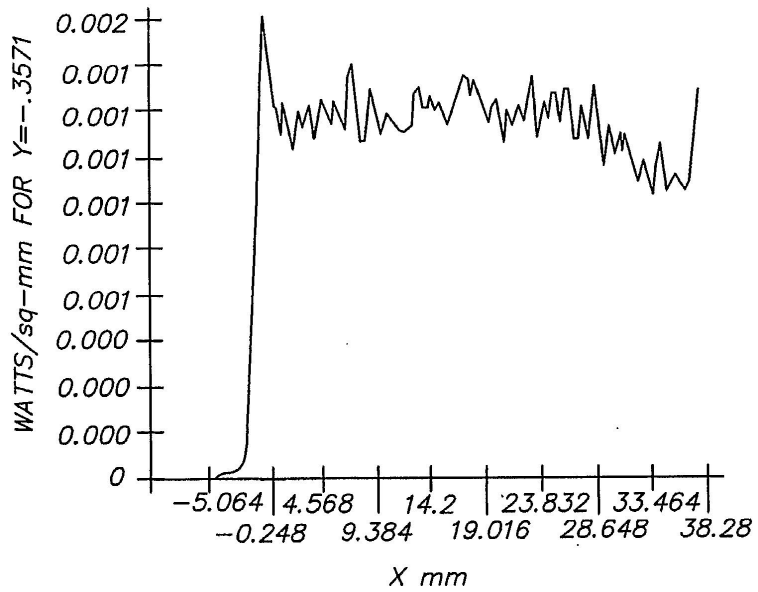
도면59B



도면60

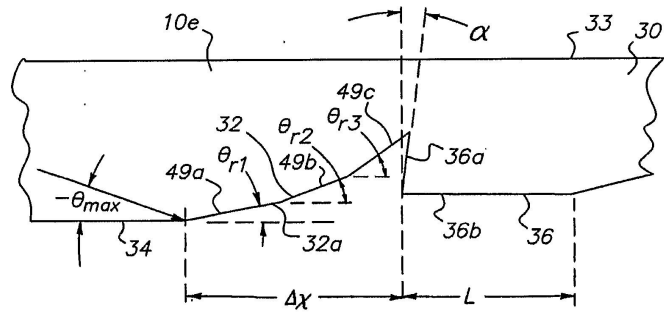


도면61

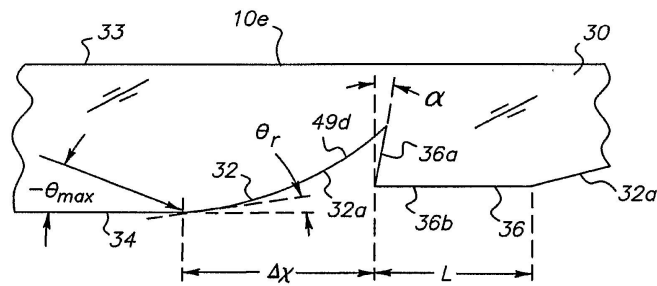




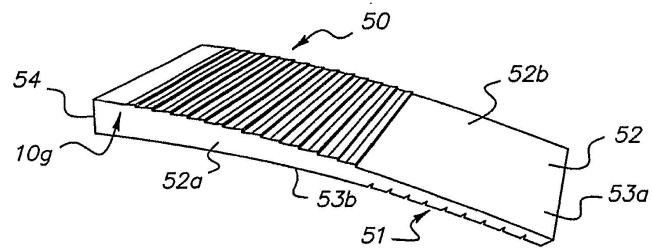
도면62



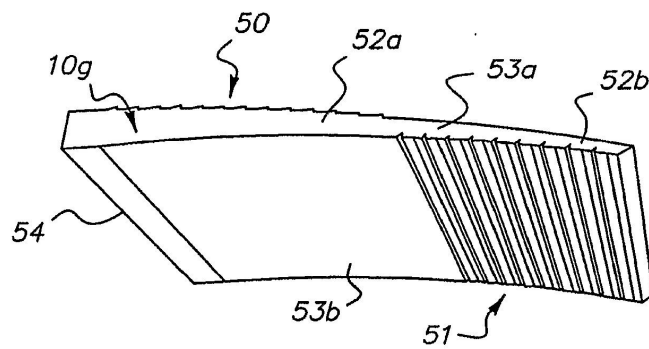
도면63



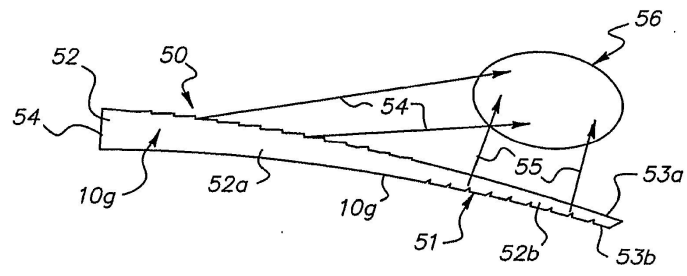
도면64A



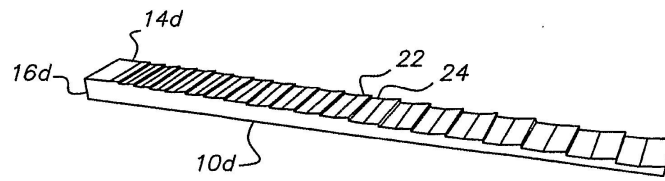
도면64B



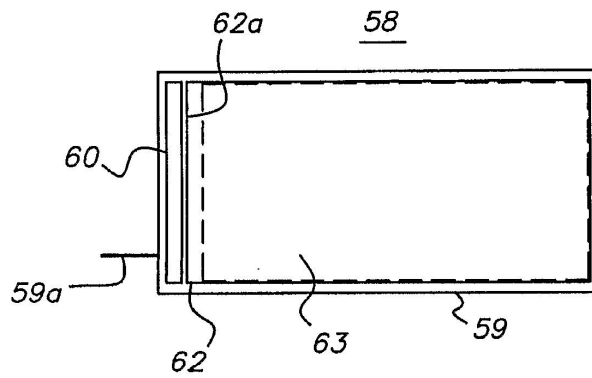
도면64C



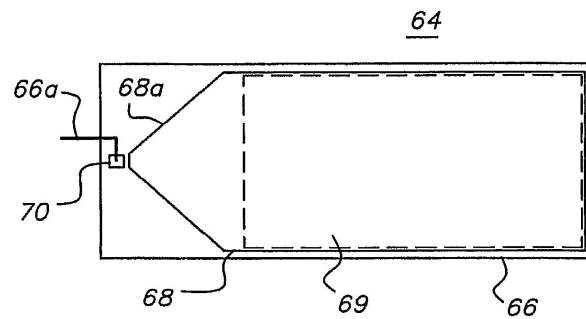
도면65



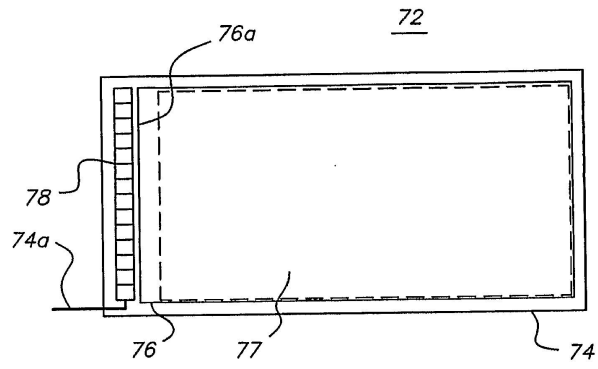
도면66



도면67



도면68



도면69

