



등록특허 10-2161650



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년10월05일  
(11) 등록번호 10-2161650  
(24) 등록일자 2020년09월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*F21V 8/00* (2016.01)  
(52) CPC특허분류  
*G02B 6/0035* (2013.01)  
*G02B 6/0028* (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-7003940  
(22) 출원일자(국제) 2013년08월09일  
심사청구일자 2018년08월09일  
(85) 번역문제출일자 2015년02월13일  
(65) 공개번호 10-2015-0044899  
(43) 공개일자 2015년04월27일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/066686  
(87) 국제공개번호 WO 2014/026917  
국제공개일자 2014년02월20일  
(30) 우선권주장  
12180244.1 2012년08월13일  
유럽특허청(EPO)(EP)

## (56) 선행기술조사문헌

JP11295713 A\*  
(뒷면에 계속)

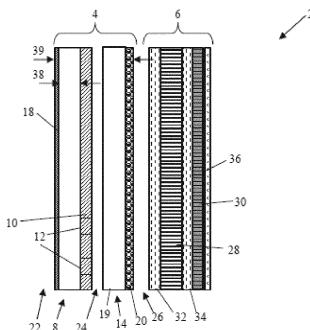
전체 청구항 수 : 총 17 항

심사관 : 송병준

## (54) 발명의 명칭 액정 디스플레이용 조명 디바이스

**(57) 요 약**

본 발명은 액정 디스플레이의 적어도 하나의 광 변조기 시스템(6)을 조명하기 위한 조명 장치(4)에 관한 것으로서, 조명 장치는 도파관 기판(8) 내에 결합될 수 있는 적어도 하나의 타겟 광빔(40)을 안내하기 위한 적어도 하나의 도파관 기판(8)을 포함한다. 도파관 기판(8)은 복수의 결합 해제 영역(12)을 포함하는 적어도 하나의 홀로 그래픽 광학 결합 해제 기판(10)과 적어도 광학적으로 접촉하며, 결합 해제 영역(12)은 적어도 광 변조기 시스템(6)의 방향에서 복수의 서브빔(42, 44)의 형태로 타겟 광빔(40)의 일부를 결합 해제하도록 설계된다. 적어도 하나의 확산기 모듈(14, 58)이 제공되며, 상기 확산기 모듈(14, 58)은 2개의 이웃하는 결합 해제 영역(12)의 적어도 최외측 서브빔(46, 48)이 확산기 모듈(14, 58)로부터 출사하기 전에 적어도 서로 인접하게 하도록 설계된다.

**대 표 도**

(52) CPC특허분류

*G02B 6/0051* (2013.01)

*G02B 6/0061* (2013.01)

(72) 발명자

**하겐, 라이너**

독일 51377 레베르쿠센 운테르 템 첼드헨 18

**발제, 커터**

독일 51377 레베르쿠센 스테판 즈베이그 스트라세 6

**로엘르, 토마스**

독일 51381 레베르쿠센 네우엔캄프 60

**베네스, 호스트**

독일 51373 레베르쿠센 에르프루테르 스트라세 1

**회넬, 데니스**

독일 53909 절피치-비흐테리흐 인 데르 회홀레 20

**바이저, 마르크-스테판**

독일 51377 레베르쿠센 인스텐베르게르 베그 17

**호헤이셀, 베르너**

독일 51061 퀼른 레오플드-지멜린-스트라세 29에이

(56) 선행기술조사문현

JP2011512006 A\*

KR1020060127637 A\*

KR1020070035081 A\*

KR1020100037283 A\*

KR1020120063808 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문현

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

액정 디스플레이의 적어도 하나의 광 변조기 디바이스(6)를 조명하기 위한 조명 장치(4)로서,

적어도 하나의 지향성 광빔(40)을 안내하기 위한 적어도 하나의 광 안내 기판(8) - 상기 적어도 하나의 지향성 광빔은 상기 광 안내 기판(8) 내에 결합될 수 있고, 상기 광 안내 기판(8)은 적어도, 다수의 출력 결합 영역(12)을 포함하는 적어도 하나의 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)과 광학적으로 접촉하고, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 (i) 반사 또는 투과 볼륨 홀로그램, 또는 (ii) 에지 발광 기하 구조(edge-lit geometry)를 이용하여 기록된 반사 또는 투과 볼륨 홀로그램임 -,

상기 광 변조기 디바이스(6)의 방향에서 다수의 서브빔(42, 44)의 형태로 상기 지향성 광빔(40)의 일부를 커플링 아웃(coupling out)하도록 적응되는 출력 결합 영역(12)

을 포함하며,

적어도 하나의 확산기 모듈(14, 58)이 제공되고,

상기 확산기 모듈(14, 58)은 2개의 이웃하는 출력 결합 영역(12)의 적어도 최외측 서브빔들(46, 48)이 상기 확산기 모듈(14, 58)로부터 출사하기 전에 적어도 서로 인접하게 하도록 적응되는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 확산기 모듈(14)은 상기 광 안내 기판(8)과 조명될 상기 광 변조기 사이에 배열되는 개별 확산기 기판(14)이고/이거나,

상기 확산기 모듈(58)은 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10) 내에 통합되는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 개별 확산기 기판(14)은 적어도 하나의 투명층(19) 및 하나의 확산 산란층(20)을 포함하는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

사이 층(interlayer)(24)이 상기 개별 확산기 기판(14)과 상기 광 안내 기판(8) 사이에 배열되고, 상기 사이 층(24)의 굴절률은 적어도 상기 광 안내 기판(8)의 굴절률보다 작거나,

사이 층(24)이 상기 개별 확산기 기판(14)과 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10) 사이에 배열되고, 상기 사이 층(24)의 굴절률은 적어도 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 굴절률보다 작은 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 각도 확장 기능(angle-widening function)을 갖는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

**청구항 6**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 다수의 개별 홀로그램 모듈을 포함하고,

개별 홀로그램 모듈은 특정 주요 컬러를 회절시키도록 적응되는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

**청구항 7**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 (i) 홀로그래픽 은 할로겐 화합물 감광 유체(holographic silver halide emulsions), 2색 젤라틴(dichromatic gelatins), 광 굴절성 재료(photorefractive materials), 광 변색성 재료(photochromic materials) 또는 광 폴리머, (ii) 광 개시제 시스템(photoinitiator system) 및 폴리머화 가능 기록 모노머(polymerizable writing monomers)를 포함하는 광 폴리머, 또는 광 개시제 시스템, 폴리머화 가능 기록 모노머(polymerizable writing monomers) 및 교차 결합된 매트릭스 폴리머를 포함하는 광 폴리머, 또는 (iii) 광 개시제 시스템, 폴리머화 가능 기록 모노머, 교차 결합된 매트릭스 및 적어도 하나의 불소 원자(fluorine atom)로 치환되는 우레탄을 포함하는 광 폴리머로 형성되는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

**청구항 8**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광 안내 기판(8)의 층 두께(38)는, (i) 30  $\mu\text{m}$ 와 10 mm 사이, (ii) 100  $\mu\text{m}$ 와 2 mm 사이, 또는 (iii) 300  $\mu\text{m}$ 와 1 mm 사이에 있는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

**청구항 9**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광 안내 기판(8)의 층 두께(38)는 상기 광 안내 기판(8)의 상기 층 두께(38)가 상기 광 안내 기판(8) 내로 결합되는 지향성 광빔(40)의 빔 폭에 본질적으로 대응하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

**청구항 10**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 (i) 1도와 120도 사이, (ii) 5도와 60도 사이, 또는 (iii) 10도와 45도 사이의 각 발산도(angular divergence)를 갖는 것을 특징으로 하는 조명 장치(4).

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

조명 시스템(2)으로서,

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항의 적어도 하나의 조명 장치(4), 및

적어도 하나의 지향성 광빔(40)을 상기 조명 장치(4)의 상기 광 안내 기판(8) 내로 결합하기 위한 적어도 하나의 광 생성 디바이스(60)

를 포함하는 조명 시스템(2).

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 광 생성 디바이스(60)는, 상기 지향성 광빔(40)이 (i) 상기 광 안내 기판(8)의 표면 법선에 대해 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 85도, (ii) 상기 광 안내 기판(8)의 표면 법선에 대해 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 75도,

(iii) 상기 광 안내 기판(8)의 표면 법선에 대해 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 65도, 또는 (iv) 상기 광 안내 기판(8)의 표면 법선에 대해 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 55도 사이의 입력각을 이루게 하도록 배열되며,  $n_1$ 은 상기 광 안내 기판(8)의 굴절률인 것을 특징으로 하는 조명 시스템(2).

#### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 광 생성 디바이스(60)는 상기 지향성 광빔(40)의 기하학적 빔 폭이 (i) 0.05 mm와 1 cm 사이, (ii) 0.1 mm와 4 mm 사이, 또는 (iii) 0.3 mm와 2 mm 사이에 있게 하도록 적응되는 것을 특징으로 하는 조명 시스템(2).

#### 청구항 15

제12항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 총 두께가 적어도 1  $\mu\text{m}$ 보다 작을 때 또는 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 총 두께가 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 작고, 상기 지향성 광빔(40)과 상기 광 안내 기판(8)의 표면 법선 간의 입력각이 (i) 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 65도 사이, 또는 (ii) 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 55도 사이에 있을 때 단색으로 기록되거나(written monochromatically),

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 총 두께가 적어도 5  $\mu\text{m}$ 보다 크거나, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 총 두께가 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 크고, 상기 지향성 광빔(40)과 상기 표면 법선 간의 상기 입력각이 전반사각 아크사인( $1/n_1$ ) 내지 65도 초과의 각도에 있을 때 적어도 3개의 레이저를 이용하여 기록되는 것을 특징으로 하는 조명 시스템(2).

#### 청구항 16

제12항에 있어서,

적어도 하나의 추가 광 안내 기판(62)이 상기 광 안내 기판(8)의 적어도 하나의 예지(61) 상에 배열되고,

상기 추가 광 안내 기판(62)은 다수의 출력 결합 영역을 포함하는 적어도 하나의 추가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(64)과 광학적으로 접촉하고,

적어도 하나의 광 생성 디바이스(60)가 적어도 하나의 지향성 광빔(66)을 상기 추가 광 안내 기판(62) 내로 결합하도록 제공되고,

출력 결합 영역이 상기 광 안내 기판(8)의 상기 예지(61)의 방향에서 적어도 하나의 지향성 서브빔(40)의 형태로 상기 지향성 광빔(66)의 일부를 커플링 아웃(coupling out)하도록 적응되는 것을 특징으로 하는 조명 시스템(2).

#### 청구항 17

제12항에 있어서,

상기 광 생성 디바이스(60)는 (i) 420 내지 485 nm의 범위에서, (ii) 430 내지 480 nm의 범위에서, 또는 (iii) 440 내지 465 nm의 범위에서 본질적으로 단색으로 광을 방출하도록 적응되고,

상기 조명 장치(4)는 상기 방출되는 광을 광 변조기 디바이스(6)로 편향시키고,

상기 광 변조기 디바이스(6)는 변환 양자 도트들을 갖는 총(30)을 포함하고, 상기 양자 도트들은 청색에서 녹색으로 그리고/또는 청색에서 적색으로 변환되는 양자 도트들인 것을 특징으로 하는 조명 시스템(2).

#### 청구항 18

제12항의 조명 시스템(2)을 포함하는 액정 디스플레이.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 액정 디스플레이의 적어도 하나의 광 변조기 디바이스를 조명하기 위한 조명 장치에 관한 것으로서, 조명 장치는 적어도 하나의 광 안내 기판을 포함하고, 광 안내 기판은 광 안내 기판 내에 결합될 수 있는 적어도 하나의 지향성 광빔을 안내하기 위한 것이고, 광 안내 기판은 적어도, 다수의 출력 결합 영역을 포함하는 적어도 하나의 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판과 광학적으로 접촉하며, 출력 결합 영역은 적어도, 지향성 광빔의 일부를 다수의 서브빔의 형태로 광 변조기 디바이스의 방향으로 외부 결합(coupling out)하도록 적응된다. 본 발명은 또한 조명 시스템 및 액정 디스플레이와 관련된다.

## 배경 기술

[0002] 일반적으로, LC 디스플레이들로도 지칭되는 액정 디스플레이들이 널리 사용되고 있다. 그러한 디스플레이들은 이동 디바이스들, 예를 들어 이동 전화, 게임 컴퓨터, 랩탑, 태블릿 PC 또는 데스크탑 모니터, 텔레비전, 광고 패널 및 빌딩 설비와 같은 다수의 응용들에서 다양한 형태로 발견된다.

[0003] 액정 디스플레이들은 인가 전압의 함수로서 광의 편광을 변경하는, 액정들을 포함하는 적어도 하나의 전기 구동 가능 층을 포함한다. 이 층은 광 변조기로도 지칭된다. 광 변조기는 특히 광 투과성 디지털 공간 광 변조기이다. 편광기 층들과 같은 추가 층들과 함께, 광 변조기는 광 변조기 디바이스를 형성한다.

[0004] 액정 디스플레이는 광을 생성하고 광을 광 변조기 디바이스를 향해 지향시키기 위해 제공되는 백라이트 유닛 (BLU)으로도 지칭되는 후방 조명 장치를 더 포함한다. 종래 기술에서는, 조명 장치에서 광을 생성하기 위해 냉 음극 형광 램프들 및 발광 다이오드들(LED들)이 사용된다. 이러한 광원들의 발광 특성은 그들이 비지향성 광을 방출하게 한다. 이 경우, 직접 조명 외에, 조명 장치의 에지 상에서 비지향성 광을 방출하거나 내부 결합할 가능성이 종래 기술로부터 알려져 있다.

[0005] 직접 조명은 개별 광원들의 적절한 공간 배치에 의해 광 변조기 디바이스의 전체 크기에 걸쳐 광이 매우 균일하게 분산될 수 있는 장점을 가지며, 이는 특히 모든 타입의 LC 디스플레이들에 대한 품질 기준이다. 직접 조명에서의 LED들의 사용은 그들이 디밍되어 디스플레이의 콘트라스트 값을 증가시킬 수 있는 장점을 더 제공한다. 직접 조명의 단점들은 높은 비용 및 에너지 소비인데, 그 이유는 다수의 광원을 갖는 것이 필요하기 때문이다.

[0006] 대안적인 조명 기술에서, 광원들은 광 안내 기판의 에지 상에 설치되며, 광 안내 기판 내로 광을 방출한다. 이러한 측방 위치로부터, 광은 전반사에 의해 디스플레이의 중앙을 향해 안내된다. 광 안내 기판의 배면 측에 설치된 광 출력 요소들에 의해, 광은 광 변조기 디바이스의 방향으로 앞으로 지향된다. 통상적인 광 출력 요소들은 이 경우에 백색 잉크의 인쇄 패턴들, 거친 표면들 또는 웨보싱된 광 굴절 구조들이다. 이러한 구조들의 밀도의 자유롭게 선택될 수 있으며, 디스플레이의 매우 균일한 조명을 가능하게 한다. 그러나, 대응하는 형성된 디스플레이들은 감소된 표시 품질만을 갖는다.

[0007] 그러나, 더 작은 층 두께 및 더 낮은 전력 소비를 갖는 액정 디스플레이들을 생성하기 위한 부단한 요구에 더하여, 본질적인 목적은 개선된 표시 품질을 갖는 액정 디스플레이들을 제공하는 것이다. 표시 품질에 대한 정보를 제공하는 측정량들은 특히 컬러 공간(전영역)의 크기, 조명(광 밀도 분포)의 균일성, 콘트라스트 비율 및 컬러 중립 표시, 즉 LC 셀의 스위칭 상태와 무관하게 스펙트럼이 변하지 않는 표시이다.

[0008] 컬러 정밀 표시를 획득하기 위해 광 변조기에서 더블 수퍼 트위스트 네마티(DSTN) 또는 필름 수퍼 트위스트 (FST) 셀들과 같은 특수 LC 셀들을 사용하는 것이 공지 기술로부터 알려져 있다.

[0009] 더구나, 개별 픽셀의 컬러 충실도는 광원의 스펙트럼 대역폭이 감소할 때 개선될 수 있는데, 그 이유는 그에 따라 컬러 혼합이 더 정밀하게 수행되기 때문이다.

[0010] LC 디스플레이들의 에너지 효율 및 컬러 충실도는 특히 스펙트럼 협대역 방출 광 생성 디바이스들을 사용함으로써 향상될 수 있다. 광 생성 디바이스는 특히 지향성 광빔을 생성하도록 적응된다. 지향성 광빔은 에너지 플럭스가 한 방향으로 발생하고 발산도가 0.052 라디안보다 작은, 바람직하게는 0.026 라디안보다 작은, 특히 바람직하게는 0.017 라디안보다 작은 전자기 복사선으로 구성된다. 예를 들어, 레이저 다이오드와 같은 레이저 디바이스를 지향성 광빔을 위한 생성 디바이스로서 사용하는 것이 종래 기술로부터 알려져 있다.

[0011] 예를 들어, US 5 854 697 A는 지향성 광빔을 안내하기 위한 광 안내 기판을 포함하는 조명 장치를 개시한다. 지향성 광빔은 광 안내 기판의 하나의 에지 상에서 특정 입력 각도로 발광되어 광 안내 기판 내에서 전파된다. 더구나, 광 안내 기판은 다수의 출력 결합 영역을 포함하는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판과 광학적으로 접촉한다. 출력 결합 영역은 특히, 지향성 광빔이 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판에 입사하고 부분적으로 외부 결

합되는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판 내의 영역을 의미하는 것을 의도한다.

[0012] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 이 경우에 도파관을 따라 균일한 출력 강도를 허용하기 위해 광 안내 기판을 따라 다양한 회절 효율들을 가질 수 있다. US 5 854 697 A에서는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판을 위한 기록 재료로서 사진 감광 유제가 사용된다.

[0013] 이러한 종래 기술에 의해 조명 장치의 층 두께가 감소하는 동시에 에너지 소비가 감소할 수 있지만, 종래 기술의 문제는 외부 결합된 광이 지향적이고 광 안내 기판의 표면 법선에 평행한 방향으로 방출된다는 것이다. 이것은 조명 장치가 관찰자의 눈들에 대해 상이한 휘도들을 갖는 문제를 유발한다. 결과적으로, 광 변조기 디바이스, 구체적으로 광 변조기의 개별 픽셀들은 상이한 광 강도들로 발광한다. 이것은 액정 디스플레이가 감소된 표시 품질을 갖게 한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0014] 따라서, 본 발명의 목적은 액정 디스플레이의 적어도 하나의 광 변조기 디바이스를 조명하기 위한 조명 장치를 제공하는 것이며, 이러한 조명 장치는 작은 층 두께 및 낮은 에너지 소비를 갖는 동시에 액정 디스플레이의 향상된 표시 품질을 보증한다.

### 과제의 해결 수단

[0015] 본 발명에 따르면, 상기 목적은 본 특허 청구항 1에서 청구되는 바와 같은 조명 장치에 의해 달성된다. 액정 디스플레이의 적어도 하나의 광 변조기 디바이스를 조명하기 위한 조명 장치는 광 안내 기판 내로 결합될 수 있는 적어도 하나의 지향성 광빔을 안내하기 위한 적어도 하나의 광 안내 기판을 포함한다. 광 안내 기판은 적어도, 다수의 출력 결합 영역을 포함하는 적어도 하나의 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판과 광학적으로 접촉한다. 출력 결합 영역은 적어도 하나의 지향성 광빔의 일부를 다수의 서브빔의 형태로 광 변조기 디바이스의 방향으로 외부 결합하도록 적응된다. 조명 장치는 적어도 하나의 확산기 모듈을 포함한다. 확산기 모듈은 2개의 이웃 출력 결합 영역의 적어도 최외측 서브빔들이 확산기 모듈로부터 출사되기 전에 적어도 서로 인접하게 하도록 적응된다.

[0016] 종래 기술에 비해, 외부 결합된 광빔들의 확산 확장을 위해 본 발명에 따라 적어도 하나의 확산기 모듈을 제공함으로써 달성되는 효과는 외부 결합된 광빔들이 균일한 강도로 그리고 균일한 각 분포로 픽셀 기반 공간 광 변조기에 도달한다는 것이다. 액정 디스플레이에서 측방 광 분포에 있어서의 시각적으로 인식 가능한 불균일성이 방지된다. 특히, 2개의 (바로) 이웃하는 출력 결합 영역의 외부 결합된 최외측 광빔들이 적어도 서로 인접하고, 이러한 광빔들이 바람직하게 오버랩될 수 있게 하도록 적응되는 확산기 모듈에 의해 향상된 표시 품질이 달성된다.

[0017] 조명 장치는 광 안내 기판을 포함한다. 도파관으로도 지칭되는 광 안내 기판은 적어도 하나의 지향성 광빔, 바람직하게는 레이저 빔을 안내하도록 적응된다. 지향성 광빔은 광 안내 기판의 하나의 예지 상에서 내부 결합 또는 발광될 수 있다. 특히, 광빔은 사전 결정 가능한 입력 각도로 내부 발광된다. 지향성 광빔은 광 안내 기판의 또는 광 안내 기판과 광학적으로 접촉하는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 계면들에서의 전반사에 의해 광 안내 기판을 통해 전파될 수 있다. 후술하는 바와 같이, 다수의 지향성 광빔이 예지 상에서 내부 결합될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0018] 더구나, 광 안내 기판과 광학적으로 접촉하는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판이 제공된다. 예를 들어, 광 안내 기판은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판을 포함할 수 있다. 요소들 간의 광학적 접촉은 예를 들어 광 안내 기판 상의 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 직접 적층에 의해 달성될 수 있다. 대안으로서, 광학적 접촉은 예를 들어 액체의 의해 형성될 수 있다. 사용되는 액체는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판 및/또는 광 안내 기판의 굴절률에 대응하는 굴절률을 가질 수 있다. 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 굴절률이 광 안내 기판의 굴절률과 다른 경우, 액체의 굴절률은 이러한 값들 사이에 위치할 수 있다. 유리하게도, 그러한 액체들은 영구 결합을 위해 사용할 수 있도록 충분히 낮은 휘발성을 갖는다. 다른 바람직한 대안에서, 광학적 접촉은 액체로서 도포될 수 있는 광학적으로 투명한 접착제에 의해 형성될 수 있다. 대안으로서, 전사 접착 필름이 사용될 수 있다. 사용되는 접착제의 굴절률은 전술한 액체의 굴절률에 따라 선택될 수 있다.

[0019] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 볼륨 홀로그램을 위한 기록 재료로 형성될 수 있다. 홀로그래픽 광학 출력

결합 기판은 다수의 출력 결합 영역을 포함하고, 출력 결합 영역은 적어도, 지향성 광빔의 일부를 다수의 서브빔의 형태로 광 변조기 디바이스를 향해 지향시키도록 적응된다. 출력 결합 영역은 특히, 지향성 광빔이 부분적으로 외부 결합되거나 땐 데로 회절되는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판 내의 영역이다. 이러한 영역은 특히 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 설계 및 내부 결합되는 지향성 광빔 폭에 의존한다.

[0020] 본 발명에 따르면, 확산기 모듈이 제공되고, 2개의 이웃 출력 결합 영역의 적어도 최외측 서브빔들이 확산기 모듈로부터 출사되기 전에 적어도 서로 인접하게 하도록 적응될 때, 광 변조기 디바이스가 충분히 균일하게 조명될 수 있다는 것이 밝혀졌다. 2개의 이웃 출력 결합 영역은 특히, 사이에 어떠한 다른 출력 결합 영역도 배열되지 않은 바로 이웃하는 출력 결합 영역들을 의미하는 것을 의도한다. 특별한 경우에, 출력 결합 영역들은 서로 바로 인접할 수 있다. 최외측 서브빔들이 확산기 모듈로부터 출사되기 전에 적어도 서로 인접하는, 바람직하게는 오버랩되는 것은 확산기 모듈이 균일한 광 강도를 갖는 평면 광원으로서 형성되는 것을 보증한다. 바람직하게는, 출력 결합 영역의 최외측 서브빔들은 확산기 모듈로부터 출사되기 전에 이 출력 결합 영역에 바로 이웃하는 모든 출력 결합 영역들의 최외측 서브빔들과 서로 인접하며, 따라서 확산기 모듈은 낮은 광 강도의 영역을 갖지 않는다. 특히, 이것은 단일 광원으로 인식된다.

[0021] 예를 들어 광원들인 레이저 다이오드들로부터의 지향성 광빔들의 사용에 의해 높은 컬러 충실도를 가지며, 투명 광 변조기 상에 효율적으로 균일하게 광을 투영하는 전자 픽셀 구동을 이용하는 공간 광 변조기들을 위한 조명 장치를 제공하는 것이 가능하다. 더구나, 본 발명에 따른 조명 장치는 간단하고 편평하고 간결한 설계를 갖는다. 게다가, 본 발명에 따른 조명 장치에서는 광원들의 수가 최소화될 수 있다.

[0022] 본 발명에 따른 조명 장치의 제1 실시예에 따르면, 확산기 모듈은 광 안내 기판과 조명될 광 변조기 사이에 배열되는 개별 확산기 기판일 수 있다. 확산기 기판은 볼륨 산란기일 수 있다. 조명 장치의 바람직한 실시예에서, 개별 확산기 기판은 적어도 하나의 투명 층 및 하나의 확산 산란 층을 포함할 수 있다. 확산 산란 층은 예를 들어 캐리어 층 내에 삽입될 수 있는 유기 또는 무기 산란 입자들을 포함할 수 있다. 산란 입자들 및 캐리어 층, 예를 들어 투명 층은 상이한 굴절률들을 갖는다. 특히 바람직한 실시예에서, 산란 입자들은 광학적으로 비흡수성이며, 의사 구상(quasi-spherical)이다. 개별 확산기 기판에 의해, 바람직한 확산기 효과가 간단한 방식으로 달성될 수 있다.

[0023] 개별 확산기 기판에 대한 대안으로서 또는 추가로, 확산기 모듈은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판 내에 통합될 수 있다. 확산 빔 확장의 광학적 기능은 홀로그래픽 광학 요소(2) 자체 내에 구현될 수 있다. 예를 들어, 출력 결합 영역들은 확산기 기능을 가질 수 있으며, 2개의 이웃 출력 결합 영역의 적어도 최외측 서브빔들이 확산기 모듈, 즉 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판으로부터 출사되기 전에 적어도 서로 인접하는 것을 보증하는 것이 가능하도록 서로에 대해 배열될 수 있다. 대응하는 구조의 장점은 특히 조명 장치의 층 두께의 추가적인 감소이다. 개별 확산기 기판의 사용이 회피될 수 있다.

[0024] 개별 확산기 기판은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판 내에 통합된 확산기 모듈과 결합될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0025] 본 발명의 따른 조명 장치의 다른 실시예에 따르면, 사이 층(interlayer)이 개별 확산기 기판과 광 안내 기판 사이에 배열될 수 있다. 사이 층의 굴절률은 적어도 광 안내 기판의 굴절률보다 작을 수 있다. 광 안내 기판 상에 (직접) 사이 층을 배열함으로써, 광 안내 기판 내에서의 적어도 하나의 지향성 광빔의 전반사가 간단한 방식으로 달성된다. 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판이 광 안내 기판 상에 배열되는 경우, 대안 실시예에서 사이 층이 개별 확산기 기판과 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판 사이에 배열될 수 있으며, 사이 층의 굴절률은 적어도 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 굴절률보다 작을 수 있다.

[0026] 사이 층은 원칙적으로 사이 층의 굴절률이 적어도 광 안내 기판 또는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 굴절률보다 작은 한은 임의의 원하는 방식으로 형성될 수 있다. 예컨대, 사이 층은 가스 층일 수 있다. 가스 층은 광 안내 기판 또는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판과 확산기 기판 간의 에어 캡 형태로 구성될 수 있다. 가스 층에 대한 대안으로서 또는 추가로, (낮은 굴절률의) 접착층, (낮은 굴절률의) 접촉 액체, 확산기 기판의 (낮은 굴절률의) 표면 개조 및/또는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 (낮은 굴절률의) 표면 개조가 제공될 수 있다.

[0027] 더구나, 조명 장치의 다른 실시예에서, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 각도 확장 기능을 가질 수 있다. 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 각도 확장 특성은 다양한 수단들에 의해 생성될 수 있다. 예를 들어, 내부 결합되는 지향성 광빔의 각 발산도(angular divergence)와 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 각 수용도(angular acceptance)는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판에 기록할 때 서로 조절되어, 내부 결합될 수 있는 지향성 광빔

의 각 발산이 딴 데로 회절되는 빔의 각 발산으로서 이미징되게 할 수 있다. 대안으로서 또는 추가로, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 그 자신의 확산기 특성을 가질 수 있다. 예를 들어, 이러한 확산기 특성은 확산기에 의해 생성되는 신호 빔에 의한 홀로그래픽 노출을 통해 생성될 수 있다. 더구나, 대안으로서 또는 추가로, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 다중화된 구조로부터 형성될 수 있으며, 이 구조는 평면파 물체 빔 및 평면파 기준 빔으로부터 형성될 수 있다. 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 대안으로서 또는 추가로 구면파 물체 및 평면파 기준 빔으로 구성되는 선택적으로 다중화된 구조로부터 형성될 수 있다. 더구나, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 대안으로서 또는 추가로 구면파 물체 빔 및 구면파 기준 빔으로 구성되는 선택적으로 다중화된 구조로부터 형성될 수 있다.

[0028] 특히 높은 컬러 충실도를 위해, 본 발명에 따른 조명 장치의 다른 실시예에 따르면, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 다수의 개별 홀로그램 모듈을 포함할 수 있다. 개별 홀로그램으로도 지칭되는 개별 홀로그램 모듈은 특정 주요 컬러를 회절시키도록 적응될 수 있다. 구체적으로, 개별 홀로그램 모듈은 하나의 특정 주요 컬러를 정밀하게 회절시키도록 적응된다. 개별 홀로그램들은 각각 특히 3개의 주요 컬러, 즉 적색, 녹색 및 청색 중 하나의 복사선만을 회절시키도록 형성될 수 있다. 3개보다 많은 주요 컬러가 사용될 수도 있다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 4개의 주요 컬러(예로서, "적색", "녹색", "청색", "황색")가 사용될 수 있다. 유리하게도, 인터리빙된 컬러 포인트들을 갖는 특수 컬러 배열들, 예를 들어 교대하는 적색 및 청색 픽셀들을 갖는 RGBG 레이아웃을 홀로그램 방식으로 표현하는 것이 가능하다. 이러한 방식으로, 사람 눈의 컬러 감도가 수용될 수 있다.

[0029] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 바람직하게 볼륨 홀로그램들을 위한 기록 재료를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 홀로그래픽 은 할로겐 화합물 감광 유제, 2색 젤라틴, 광 굴절성 재료, 광 변색성 재료 또는 광 폴리머로, 바람직하게는 광 개시제 시스템 또는 폴리머화 가능 기록 모노머를 포함하는 광 폴리머로, 특히 바람직하게는 광 개시제 시스템, 폴리머화 가능 기록 모노머 및 교차 결합된 매트릭스 폴리머를 포함하는 광 폴리머로, 특히 더 바람직하게는 광 개시제 시스템, 폴리머화 가능 기록 모노머, 교차 결합된 매트릭스 및 적어도 하나의 불소 원자로 치환되는 우레탄을 포함하는 광 폴리머로 형성될 수 있다.

[0030] 적절한 기록 물질들은 예로서 은 할로겐 화합물 감광 유제, 2색 젤라틴, 광 굴절성 재료, 광 변색성 재료 또는 광 폴리머이다. 은 할로겐 화합물 감광 유제 및 광 폴리머가 본질적으로 바람직하다. 충분한 장기간의 안정성을 보증하도록 수분 민감성 필름들을 보호하기 위해 비용 증가가 필요하지만, 매우 밝고 콘트라스트가 높은 홀로그램들이 은 할로겐 화합물 감광 유제 내에 기록될 수 있다. 광 폴리머들의 경우, 복수의 기본적인 재료 개념이 존재하며, 모든 광 폴리머들의 공통 특징은 광 개시제 시스템 및 폴리머화 가능 기록 모노머이다. 더구나, 이러한 성분들은 캐리어 재료들, 예로서 열 가소성 바인더, 교차 결합되거나 교차 결합되지 않은 바인더, 액정, 졸-겔 또는 나노 기공성 유리 내에 삽입될 수 있다. 게다가, 추가 특성들이 특수 첨가제들에 의해 제어되는 방식으로 신중하게 조정될 수 있다. 특정 실시예에서, 광 폴리머는 또한 가소제, 안정제 및/또는 다른 첨가제를 포함할 수 있다. 이것은 예를 들어 EP2172505A1에 설명된 바와 같은 광 폴리머를 포함하는 교차 결합된 매트릭스 폴리머와 관련하여 특히 유리하다. 본 명세서에서 설명되는 광 폴리머들은 광 개시제로서 필요한 과정으로 모듈 방식으로 조정 가능한 광 개시제 시스템, 화학선으로 폴리머화 가능한 그룹들을 갖는 기록 모노머 및 고도로 교차 결합된 매트릭스 폴리머를 갖는다. WO 2011/054796에 설명된 바와 같은 적절한 첨가제들이 첨가되는 경우, 광학 특성, 생산성 및 처리성과 관련하여 산업적으로 유리한 재료를 제공하는 특히 유리한 재료들을 생성하는 것이 가능하다. 이 방법에 따른 적절한 첨가제들은 특히 우레탄들이며, 이들은 적어도 하나의 불소 원자로 바람직하게 치환된다. 이러한 재료들은 이들의 기계적 특성들과 관련하여 넓은 범위에 걸쳐 조정될 수 있으며, 따라서 비조명 상태 및 조명 상태 양자에서 많은 요구에 적응될 수 있다(WO 2011054749 A1). 설명되는 광 폴리머들은 룰 대 룰 방법들(WO 2010091795)에 의해 또는 인쇄 방법들(EP 2218742)에 의해 생성될 수 있다.

[0031] 다른 실시예에 따르면, 광 안내 기판의 총 두께는 30  $\mu\text{m}$ 와 10 mm 사이, 바람직하게는 100  $\mu\text{m}$ 과 2 mm 사이, 특히 바람직하게는 300  $\mu\text{m}$ 과 1 mm 사이에 있을 수 있다. 특히 1 mm보다 작은 감소된 광 안내 기판 두께를 갖도록 조명 장치의 전체 총 두께를 줄이는 것에 더하여, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판을 통해 내부 결합되는 지향성 광빔의 통과들의 수를 증가시킬 수 있는 것이 유리하다. 이와 동시에, 이들은 서로 더 가까이 위치한다. 즉, 2개의 바로 이웃하는 출력 결합 영역 간의 거리가 감소할 수 있다. 따라서, 확산기 모듈에서 딴 데로 회절되는 광빔들의 개선된 오버랩이 달성될 수 있다.

[0032] 광 변조기 디바이스에 충돌하는 광의 균일성을 훨씬 더 개선하기 위해, 본 발명에 따른 조명 장치의 바람직한 실시예에 따르면, 광 안내 기판의 총 두께가 광 안내 기판 내로 결합되는 지향성 광빔의 빔 폭에 본질적으로 대

응하도록 광 안내 기판의 총 두께가 형성될 수 있는 것이 제안된다.

[0033] 다른 실시예에 따라 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판이 1도와 120도 사이, 바람직하게는 5도와 60도 사이, 특히 바람직하게는 10도와 45도 사이의 각 발산도를 가질 때에도 균일성 개선이 달성될 수 있다. 여기서, 각 발산도는 최대 광 강도의 50%가 방사상으로 측정되는 외측 빔 성분들 간의 확장각으로서 정의된다.

[0034] 조명 장치의 다른 실시예에 따르면, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 반사 또는 투과 볼륨 홀로그램, 바람직하게는 에지 빌광 기하 구조를 이용하여 기록되는 반사 또는 투과 볼륨 홀로그램일 수 있다.

[0035] 본 발명의 다른 양태에 따르면, 상기 목적은 특히 청구항 12에서 청구되는 바와 같은 조명 시스템에 의해 달성된다. 조명 시스템은 전술한 바와 같은 적어도 하나의 조명 장치 및 적어도 하나의 지향성 광빔을 광 안내 기판 내로 결합하기 위한 적어도 하나의 광 생성 디바이스를 포함한다. 적어도 하나의 광 생성 디바이스는 예를 들어 레이저 다이오드와 같은 레이저 빔 생성 디바이스일 수 있다. 광 생성 디바이스는 특히 광 안내 기판의 에지 상에 배열되어, 이 에지 상에서 광 안내 기판 내로 광빔을 방출할 수 있다.

[0036] 본 발명에 따른 조명 시스템은 적은 수의 개별 광 생성 디바이스를 이용하여 레이저 광과 같은 내부 방출되는 지향성 광의 효율적인 사용에 의해 소형 조명 장치에서 이차원적으로 균일한 광을 생성하는데, 이는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판이 특히 적어도 하나의 확산기 모듈과 연계하여 내부 방출되는 적어도 하나의 지향성 광빔을 광 변조기의 방향으로 회절되는 다수의 서브빔으로 분산시키고, 이러한 서브빔들이 균일한 강도로 그리고 균일한 각 분포로 꽂셀 기반 공간 광 변조기에 도달하도록 서브빔들을 배향시키며, 액정 디스플레이에서 측방 광 분포의 시각적으로 인식 가능한 불균일이 발생하지 않기 때문이다.

[0037] 본 발명에 따른 조명 시스템의 제1 실시예에 따르면, 광 생성 디바이스는 지향성 광빔이 광 안내 기판의 표면 법선에 대해 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 85도 사이의, 바람직하게는 75도, 특히 바람직하게는 65도, 특히 더 바람직하게는 55도의 입력각을 만들도록 배열될 수 있으며,  $n_1$ 은 광 안내 기판의 굴절률이다. 이러한 방식으로, 외부 결합되는 광빔들의 더 큰 오버랩핑이 간단한 방식으로 달성될 수 있다.

[0038] 더구나, 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예에서, 광 생성 디바이스는 지향성 광빔의 기하학적 빔 폭이 0.05 mm와 1 cm 사이, 바람직하게는 0.1 mm와 4 mm 사이, 특히 바람직하게는 0.3 mm와 2 mm 사이에 있도록 적응될 수 있다.

[0039] 다른 실시예에 따르면, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 총 두께가 적어도 1  $\mu\text{m}$ 보다 작을 때 또는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 총 두께가 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 작고, 지향성 광빔과 표면 법선 간의 입력각이 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 65도 사이, 바람직하게는 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 55도 사이에 있을 때 단색으로 기록될 수 있다. 대안으로서, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 총 두께 적어도 5  $\mu\text{m}$ 보다 크거나 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 총 두께가 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 크고, 지향성 광빔과 표면 법선 간의 입력각이 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 65도 이상 사이에 있을 때 적어도 3개의 레이저, 바람직하게는 적색, 녹색 및 청색 레이저들을 이용하여 기록될 수 있다.

[0040] 전술한 바와 같이, 특히 편평하게 형성된 광 안내 기판의 에지 상에서 복수의 지향성 광빔을 내부 결합하기 위해 대응하는 수의 광 생성 디바이스, 예를 들어 레이저 다이오드가 제공될 수 있다. 조명 시스템의 에너지 소비를 더 줄이기 위해, 특히 바람직한 실시예에 따르면, 광 안내 기판의 적어도 하나의 에지 상에 추가 광 안내 기판이 배열될 수 있다. 추가 광 안내 기판은 다수의 출력 결합 영역을 포함하는 적어도 하나의 추가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판과 적어도 광학적으로 접촉할 수 있다. 적어도 하나의 광 생성 디바이스는 적어도 하나의 지향성 광빔을 추가 광 안내 기판 내로 결합하도록 제공될 수 있다. 바람직하게는, 하나의 광 생성 디바이스만이 제공될 수 있다. 출력 결합 영역은 광 안내 기판의 에지의 방향으로 적어도 하나의 지향성 서브빔의 형태로 지향성 광빔의 일부를 외부 결합하여, 거기서 방출하도록 적응될 수 있다. 바람직하게는, 추가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 전술한 바와 같은 재료들로 형성될 수 있다.

[0041] 추가 광 안내 기판은 본질적으로 전술한 광 안내 기판에 대응할 수 있다. 추가 광 안내 기판과 광학적으로 접촉하는 추가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 추가 광 안내 기판 밖으로, 특히 다른 광 안내 기판 내로 지향성 광을 결합하도록 적응될 수 있다. 필요한 광 생성 디바이스들의 수가 크게 감소할 수 있다. 특히, 추가 판판 및 추가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판과 더불어, 단일 광 생성 디바이스가 둘 이상의 지향성 광빔을 제1 광 안내 기판 내로 방출하도록 적응될 수 있다. 대응하는 방식으로, 에너지 소비가 감소할 수 있다.

[0042] 조명 시스템의 다른 실시예에 따르면, 광 생성 디바이스는 420 내지 485 nm의 범위에서, 바람직하게는 430 내지

480 nm의 범위에서, 특히 바람직하게는 440 내지 465 nm의 범위에서 본질적으로 단색으로 광을 방출하도록 적응될 수 있다. 조명 장치는 방출된 광을 광 변조기 디바이스로 편향시킬 수 있다. 조명 장치는 변환 양자 도트들을 갖는 층을 포함할 수 있으며, 양자 도트들은 바람직하게는 청색으로부터 녹색으로 그리고/또는 청색으로부터 적색으로 변환되는 양자 도트들일 수 있다.

[0043] 본 발명의 또 다른 양태는 전술한 바와 같은 조명 시스템을 포함하는 액정 디스플레이이다. 본 발명에 따른 액정 디스플레이에는 특히 유리한 컬러 공간을 갖고 간소한, 특히 편평한 설계를 갖는 전자 디스플레이로서 사용될 수 있다. 후방 디스플레이 하우징 내에 배열되는 옵션인 후방 미러링이 생략되는 경우, 이러한 액정 디스플레이에는 또한 판매 시점(point-of-sale) 디스플레이들에서의 다양한 응용들, 윈도 디스플레이들에서의, 공항들, 기차역들 및 다른 공공 장소들 내의 투명 정보 패널들에서의, 자동차 응용들에서의, 예를 들어 루프 라이너에서의 광고 응용들을 갖는 투명 디스플레이로서 그리고 대시보드 및 전방 윈도 내에서의 그리고 그 위에서의, 윈도 유리창들에서의, 투명 도어들을 갖는 상용 냉장고들에서의 정보 디스플레이들로서 그리고 옵션으로서 곡면 디스플레이로서 특히 적합하다. 더구나, 이러한 액정 디스플레이에는 이동 전화들, 스마트폰들 및 태블릿 PC들에서의 사용에 특히 적합하다.

[0044] 장치들 및 시스템들의 특징들은 서로 자유롭게 결합될 수 있다. 특히, 설명 및/또는 종속항들의 특징들은 독립 항들의 특징들의 전부 또는 일부의 부재시에도 개별적으로 또는 서로 자유롭게 결합될 때 독립적으로 발명을 이를 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0045] 이제, 본 발명에 따른 조명 장치, 본 발명에 따른 조명 시스템 및 본 발명에 따른 액정 디스플레이를 구성하고 더 개발하기 위한 다수의 가능성이 존재한다. 이와 관련하여, 한편으로는 독립항들에 종속하는 특허 청구항들을 그리고 다른 한편으로는 도면과 관련된 예시적인 실시예의 설명을 참조한다. 도면에서:

도 1은 본 발명에 따른 조명 시스템의 제1 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 2a는 본 발명에 따른 조명 장치의 제1 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 2b는 본 발명에 따른 조명 장치의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 3은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판을 갖는 광 안내 기판 내에서 지향성 광빔의 회절을 표현하기 위한 개략도를 나타낸다.

도 4는 본 발명에 따른 조명 장치의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 5는 본 발명에 따른 조명 장치의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 6은 본 발명에 따른 조명 장치의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 7은 본 발명에 따른 조명 장치의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 8a는 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 8b는 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 9는 본 발명에 따른 조명 장치의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 10은 광 안내 기판에서의 지향성 광빔의 각 발산도 및 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판의 각 수용도를 표현하기 위한 개략도를 나타낸다.

도 11은 본 발명에 따른 조명 장치의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 12는 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 13은 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 14는 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 15a-c는 5  $\mu\text{m}$ 의 총 두께 및 45도의 입력각은 물론, 0.04의 인덱스 변조에 대한 회절 효율을 갖는 광 안내 기판에 대한 각도  $\Theta$ 에 의한 입력각의 변화의 함수로서의 각 수용도(도 15a), 각도  $\Phi$ 에 의한 각 수용도(도 15b) 및  $\mu\text{m}$ 에서의 파장 수용도(도 15c)를 갖는 코젤닉(Kogelnik) 시뮬레이션 결과의 개략도를 나타낸다.

도 16a-c는 3  $\mu\text{m}$ 의 총 두께 및 45도의 입력각은 물론, 0.04의 인덱스 변조에 대한 회절 효율을 갖는 광 안내 기판에 대한 각도  $\Theta$ 에 의한 입력각의 변화의 함수로서의 각 수용도(도 16a), 각도  $\Phi$ 에 의한 각 수용도(도 16b) 및  $\mu\text{m}$ 에서의 파장 수용도(도 16c)를 갖는 코젤닉 시뮬레이션 결과의 개략도를 나타낸다.

도 17a-c는 3  $\mu\text{m}$ 의 총 두께 및 85도의 입력각은 물론, 0.022의 인덱스 변조에 대한 회절 효율을 갖는 광 안내 기판에 대한 각도  $\Theta$ 에 의한 입력각의 변화의 함수로서의 각 수용도(도 17a), 각도  $\Phi$ 에 의한 각 수용도(도 17b) 및  $\mu\text{m}$ 에서의 파장 수용도(도 17c)를 갖는 코젤닉 시뮬레이션 결과의 개략도를 나타낸다.

도 18a-c는 1  $\mu\text{m}$ 의 총 두께 및 85도의 입력각은 물론, 0.04의 인덱스 변조에 대한 회절 효율을 갖는 광 안내 기판에 대한 각도  $\Theta$ 에 의한 입력각의 변화의 함수로서의 각 수용도(도 18a), 각도  $\Phi$ 에 의한 각 수용도(도 18b) 및  $\mu\text{m}$ 에서의 파장 수용도(도 18c)를 갖는 코젤닉 시뮬레이션 결과의 개략도를 나타낸다.

도 19a-c는 1  $\mu\text{m}$ 의 총 두께 및 85도의 입력각은 물론, 0.065의 인덱스 변조에 대한 회절 효율을 갖는 광 안내 기판에 대한 각도  $\Theta$ 에 의한 입력각의 변화의 함수로서의 각 수용도(도 19a), 각도  $\Phi$ 에 의한 각 수용도(도 19b) 및  $\mu\text{m}$ 에서의 파장 수용도(도 19c)를 갖는 코젤닉 시뮬레이션 결과의 개략도를 나타낸다.

아래의 설명에서는 동일한 요소들에 대해 동일한 참조 부호들이 사용될 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0046] 도 1은 본 발명에 따른 조명 시스템(2)의 제1 실시예의 개략도를 나타낸다. 조명 시스템(2)은 조명 장치(4) 및 광 변조기 디바이스(6)를 포함한다.
- [0047] 본 실시예에서, 광 변조기(28)에 더하여, 광 투과성 공간 광 변조기 디바이스(6)는 제1 및 추가 편광기 기판(32, 34), 컬러 필터 기판(30) 및 전방 플레이트(36)를 포함한다.
- [0048] 전자적으로 구동 가능한 픽셀 구조를 갖는 광 변조기(28)는 액정 모듈과 같은 액정 패널(28)일 수 있다. 도 1에서 알 수 있듯이, 본 예에서 컬러 필터 기판(30)은 편광 필터(34)와 전방 플레이트(36) 사이에 배치된다. 본 발명의 다른 변형들에 따르면, 광 투과성 광 변조기 디바이스(6)의 구조 내의 다른 위치들도 가능하다는 것을 이해해야 한다. 특히, 서로 내의 개별 층들의 추가 통합을 생각할 수 있다.
- [0049] 옵션인 전방 플레이트(36)는 플라스틱 또는 유리로 제조될 수 있다. 전방 플레이트(36)는 평탄하고/하거나 거칠 수 있다. 전방 플레이트(36)는 확산기 모듈을 가질 수 있고/있거나 반사 방지층을 포함할 수 있다.
- [0050] 액정 모듈(28)은 다양한 형태로 구성될 수 있다. 구체적으로, 상이한 빔 기하 구조들 및/또는 스위칭 속도들을 이용하여 특정한, 유리한, 효율적인 광 음영화를 달성할 수 있는 액정 스위칭 시스템들을 사용하는 것이 가능하다. 바람직하게는, 트위스트 네마틱(TN), 수퍼 트위스트 네마틱(STN), 더블 수퍼 트위스트 네마틱(DSTN), 트리플 수퍼 트위스트 네마틱(TSTN, 필름 TN), 수직 정렬(PVA, MVA), 면내 스위칭(IPS), S-IPS(수퍼 IPS), AS-IPS(진보된 수퍼 IPS), A-TW-IPS(진보된 트루 화이트 IPS), H-IPS(수평 IPS), E-IPS(향상된 IPS), AH-IPS(진보된 고성능 IPS) 및 강유전성 픽셀 기반 광 변조기들이 광 변조기(28)로서 사용될 수 있다.
- [0051] 본 실시예에서의 조명 장치(4)는 공간 광 안내 기판(8), 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10) 및 개별 확산기 기판(14)을 포함한다. 광 안내 기판(8)은 광 안내 기판(8) 또는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 계면들에서의 전반사에 의해 지향성 광빔을 안내하도록 적응된다.
- [0052] 광 안내 기판(8) 및 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 서로 광학적으로 접촉한다. 특히, 광 안내 기판(8)은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)을 포함한다.
- [0053] 광 안내 기판(8)과 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 광학적 접촉은 광 안내 기판(8) 상의 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 직접 적층에 의해 달성될 수 있다. 대안으로서, 광학적 접촉은 액체 접착제 또는 전자 접착 필름과 같은 액체 또는 접착제에 의해 형성될 수 있다.
- [0054] 더 양호한 전반사를 위해, 광 변조기(28)로부터 딴 데로 향하는 광 안내 기판(8)의 면은 옵션인 반사층(18) 또는 미러 층(18)을 포함할 수 있다. 반사층(18)은 예를 들어 금속화 방법, 예를 들어 금속 포일의 적층, 금속 진공 증착 방법, 금속을 포함하는 콜로이드들의 분산물의 도포 후의 소결, 또는 금속 이온들을 포함하는 용액의 도포 후의 환원 단계에 의해 생성될 수 있다. 대안으로서 또는 추가로, 특히 더 낮은 굴절률을 갖는 코팅에 의해, 광 안내 기판(8)의 도파 특성들을 개선하는 것이 가능하다. 더구나, 교대하는 굴절률들 및 층 두께들을 갖는 다층 구조들을 사용하는 것이 가능하다. 반사 특성들을 갖는 그러한 다층 구조들은 유기 또는 무기 층들을

포함할 수 있으며, 그들의 총 두께들은 반사될 파장(들)과 동일한 정도의 크기를 갖는다. 도 1에서 알 수 있듯이, 반사층(18)은 광 안내 기판(8)과 광학적으로 접촉한다.

[0055] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 본 예에서 볼륨 홀로그램들을 위한 기록 재료로부터 형성된다. 통상적인 재료들은 홀로그래픽 은 할로겐 화합물 감광 유제들, 2색 젤라틴들 또는 광 폴리머들이다. 광 폴리머들은 적어도 광 개시제 시스템들 및 폴리머화 가능 기록 모노머들을 포함한다. 특수 광 폴리머들은 또한 가소제들, 열가소성 바인더들 및/또는 교차 결합된 매트릭스 폴리머들을 더 포함할 수 있다. 광 폴리머들을 포함하는 교차 결합된 매트릭스 폴리머들이 사용될 수 있다. 본 발명에 따른 조명 장치(4)에서, 광 개시제 시스템, 하나 이상의 기록 모노머, 가소제 및 교차 결합된 매트릭스 폴리머의 광 폴리머들이 특히 바람직하게 사용될 수 있다.

[0056] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 복수의 층을 더 구비할 수 있다. 예를 들어, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 광학적으로 투명한 기판 및 광 폴리머를 포함할 수 있다. 대응하는 설계와 더불어, 광 폴리머가 광 안내 기판(8) 상에 직접 적층되는 것이 특히 바람직하다.

[0057] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 또한 광 폴리머가 2개의 열가소성 필름에 의해 둘러싸이도록 형성될 수 있다. 이 경우, 광 폴리머에 인접하는 2개의 열가소성 필름 중 하나가 광학적으로 투명한 접착 필름에 의해 광 안내 기판(8)에 본딩되는 것이 특히 유리하다.

[0058] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 열가소성 필름 층들은 투명한 플라스틱으로 형성될 수 있다. 비정질 열가소성 물질과 같은 본질적으로 복굴절이 없는 재료들이 바람직하게 사용될 수 있다. 예시적이고 비한정적인 재료들은 폴리메틸 메타크릴레이트, 세틸로스 트리아세테이트, 비정질 폴리아미드, 폴리카보네이트 및 사이클로올레핀(COC)이다. 바람직하게는, 열가소성 필름 층들은 광학적으로 투명한 비산란성 열가소성 물질들일 수 있다. 특히, 복굴절이 없는 비산란성 열가소성 필름들이 사용될 수 있다.

[0059] 예를 들어, 본 실시예에서는 2개의 바로 이웃하는 출력 결합 영역(12)이 표시된다. 다수의 출력 결합 영역(12)이 제공될 수 있으며, 이들은 특히 내부 결합되는 지향성 광빔에 의존할 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0060] 광 안내 기판(8)은 총 두께(38)를 갖는다. 본 예에서 총 두께는 30  $\mu\text{m}$ 와 10 mm 사이, 바람직하게는 100  $\mu\text{m}$ 와 2 mm 사이, 특히 바람직하게는 300  $\mu\text{m}$ 와 1 mm 사이에 있다. 더구나, 조명 장치(4)는 개별 확산기 기판(14) 및 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)으로 인해 총 두께(38)보다 큰 총 두께(39)를 갖는다.

[0061] 확산기 기판(14)은 본 예에서 투명 기판(19) 및 확산 산란층(20)으로부터 형성될 수 있다. 확산 산란층(20)은 볼륨 산란기일 수 있다. 확산 산란층(20)은 예를 들어 캐리어 층에 삽입될 수 있는 유기 또는 무기 산란 입자들을 포함할 수 있다. 산란 입자들 및 캐리어 층은 상이한 굴절률들을 갖는다. 바람직한 실시예에서, 산란 입자들은 광학적으로 비흡수성이며, 의사 구상이다.

[0062] 본 예에서, 사이 층(24), 구체적으로 에어 캡(24)이 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)과 확산기 기판(14) 사이에 배열된다. 사이 층(24)의 굴절률은 적어도 인접 층의 굴절률보다 작다. 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)과 확산기 기판(14) 사이에 배열된 본 발명의 다른 변형에 따르면, 낮은 굴절률의 접착층, 낮은 굴절률의 접촉 액체, 확산기 기판(14)의 낮은 굴절률의 표면 개조 또는 광 안내 기판(8) 또는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 낮은 굴절률의 표면 개조도 존재할 수 있다. 다양한 층들이 서로 결합될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0063] 게다가, 추가 층들(22, 26)이 제공된다. 이들은 사이 층(24)에 대응하는 방식으로 형성될 수 있다. 특히, 사이 층(22, 26)의 굴절률은 적어도 각각의 인접 층/층들의 굴절률보다 작을 수 있다. 본 예에서, 에어 캡(22, 26)이 각각 제공된다. 본 발명에 따른 본 실시예는 외부 결합된 광이 후술하는 바와 같이 충분한 균일성을 갖고서 광 변조기(28)에 입사하는 것을 보증한다.

[0064] 도 2a는 본 발명에 따른 조명 장치(4)의 제1 실시예의 개략도를 나타낸다. 특히, 도 2a는 도 1의 조명 시스템(2)의 상세를 도시한다.

[0065] 레이저 광원과 같은 광 생성 디바이스(미도시)에 의해 내부 방출된 지향성 광빔(40)은 전반사를 따르며, 광 안내 기판(8) 내에서 전파된다. 광 안내 기판(8)과 에어 캡(24) 또는 반사층(18) 간의 계면은 전반사 계면으로 사용된다. 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)이 추가 열가소성 층들을 포함하도록 의도되는 경우, 전반사는 에어 캡(24)과 직접 접촉하는 층 상에서 발생한다.

[0066] 지향성 광빔(40)이 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)을 통과할 때, 광 강도는 각각의 출력 결합 영역(12) 내

에서 부분적으로 딴 데로 회절된다. 광빔(40)의 일부는 광 투과성 픽셀 기반 광 변조기(28)의 방향으로 딴 데로 회절된다. 본 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 광빔(40)의 일부를 확장하도록 더 적응된다.

[0067] 딴 데로 회절되는 광빔들(42, 44)은 개별 확산기 기판(14) 상에 배치된 산란층(20)에 입사한다. 확산 산란층(20)에서, 광빔들(42, 44)은 확산하여 확장된다. 2개의 이웃 출력 결합 영역의 외측 광빔들(46, 48)은 서로 인접하며, 따라서 전체 확산기 기판(14)의 방출되는 광 강도는 이미 균일하다는 것을 알 수 있다. 도 2a의 조명 장치(4)는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)을 통한 광빔(40)의 개별 광빔 통과들 중 발산하는 광빔들(42, 44)이 확산기 기판(14)으로부터 광 변조기(28)로 출사하기 전에 확산기 기판(14) 내에서 서로 교차한다는 점에서 구별된다. 더 양호한 개관을 위해, 포인트(50)로부터 소수의 광빔(52)만이 표시된다. 도 2a에 따른 실시예에서는 균일한 광 강도가 생성된다는 것을 이해해야 한다.

[0068] 더구나, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 다양한 수단들에 의해 생성될 수 있는 각도 확장 특성을 갖는다. 예를 들어, 레이저 빔(40)의 각 발산도와 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 각 수용도는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)에 기록할 때 서로 조정되어, 레이저 빔(40)의 각 발산이 빔들(42, 44)의 각 발산으로서 이미징되게 할 수 있다. 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 또한 그 자신의 확산기 특성을 갖거나, 평면과 물체 빔 및 평면과 기준 빔으로 구성되는 다중화된 구조로부터 형성될 수 있다. 더구나, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 구면과 물체 빔 및 평면과 기준 빔으로 구성되는 선택적으로 다중화된 구조로부터 또는 구면과 물체 빔 및 구면과 기준 빔으로 구성되는 선택적으로 다중화된 구조로부터 형성될 수 있다. 전술한 수단들은 서로 결합될 수도 있다는 것을 이해해야 한다.

[0069] 도 2b에 표시된 바와 같은 본 발명에 따른 조명 장치(4)의 실시예는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)이 광 안내 기판(8)의 다른 표면 측에 배열된다는 점에서 도 2a에 표시된 실시예와 다르다. 구체적으로, 이 실시예에서는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)이 옵션인 반사층(18)에 인접한다.

[0070] 도 3은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)을 갖는 광 안내 기판(8a, 8b) 내에서의 지향성 광빔의 회절을 표현하기 위한 개략도를 나타낸다. 구체적으로, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10) 및 광 안내 기판(8a, 8b)의 기하학적 의존성들이 도 3을 이용하여 도시된다.

[0071] 본 예에서 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 광 안내 기판(8)을 구성하는 2개의 열가소성 층(8a, 8b)에 의해 보호된다. 예를 들어, 도 3의 투명층(8a)은 도 1의 광 안내 기판(8)에 대응할 수 있다. 2개의 층(8a, 8b) 중 하나를 생략하고, 광 안내 기판(8) 상에 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)만을 배치하는 것도 가능하다.

[0072] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)을 통한 광빔의 경로 길이는 아래의 식에 의해 주어진다.

$$P_2 = 2 \cdot n \cdot a_2 = 2 \cdot n \cdot d_2 / \sin \beta, \quad (a)$$

[0073] 여기서,  $n$ 은 광 안내 기판(8)과 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 결합으로부터의 광빔의 정의된 출력 결합 영역들의 수이고,  $d_2$ 는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께이고,  $a_2$ 는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 요소  $n$ 을 통한 경로 길이이고,  $\alpha$ 는 광 안내 기판 예지의 표면 법선에 대한 매체 내의 레이저의 입사 또는 입력 각도이다.

[0074] 따라서, 각도  $\beta$ 는 아래의 관계식에 의해 직접 주어진다.

$$\beta = \alpha - 90^\circ \quad (b)$$

[0075] 더구나, 열가소성 층들(8a, 8b)을 통한 광빔의 경로 길이는 아래의 식에 의해 주어진다.

$$P_{1+3} = 2 \cdot n \cdot (d_1 + d_3) / \sin \beta, \quad (c)$$

[0076] 여기서,  $d_1 + d_3$ 은 열가소성 층들(8a, 8b)의 층 두께이고,  $\alpha$ 는 광 안내 기판 예지의 표면 법선에 대한 매체 내의 레이저의 입사 또는 입력 각도이다. 각도  $\beta$ 는 관계식 (b)에 의해 주어진다.

[0077] 따라서, 광 안내 기판의 총 길이  $L$ 은 아래와 같이 주어진다.

$$L = 2n(d_1 + d_2 + d_3) / \tan \beta. \quad (d)$$

[0082] 더구나, 이론적인 기하학적 빔 폭  $S$ 는 아래의 식에 의해 결정될 수 있다.

$$S = \cos(90^\circ - 2\beta) (d_1 + d_2 + d_3) / \sin \beta. \quad (e)$$

[0084] 그러나, 실제로는 레이저와 같은 광 생성 디바이스의 빔 폭을 정확하게  $S$ 로 조정하는 것은 실용적이지 못하고 비용 효율적이지 못한 것으로 밝혀졌다. 오히려, 임의의 다른 빔 폭이 또한 적절하다. 본 발명에 따른 다양한 실시예들은 유효 레이저 개구가 0.1 S로부터 5.0 S로 조정될 수 있도록 형성된다.

[0085] 레이저 개구는 광 안내 기판(8) 내로 유효하게 방출되는 광빔의 직경을 나타낸다. 레이저 빔의 빔 강도는 레이저 개구의 함수로서 변할 수 있다. 바람직하게는, 가우스 강도 프로파일이 사용될 수 있다. 예를 들어 레이저의 다른 횡 모드들을 이용하는 다른 프로파일들도 구상 가능하다는 것을 이해해야 한다.

[0086] 유효 레이저 개구는 바람직하게는 최대 광 강도의 적어도 50%를 제공하는 레이저 빔의 2개의 영역 사이의 가장 넓은 간격을 나타낸다. 순수 가우스 광빔 프로파일의 경우, 이것은 "반치폭"(FWHM)에 대응한다.

[0087] 원칙적으로, 광 전파 방향과 직교하도록 정의되는 2개의 차원에서 2개의 유효 레이저 개구가 존재한다. 그러나, 아래에서는 2개의 레이저 개구의 크기가 거의 동일한 것으로 가정하지만, 특정 응용에서는 그렇지 않을 수도 있다.

[0088] 더구나, 레이저 개구는  $S$ 보다 크게 조정될 수 있으며, 따라서 외측의 가우스 강도 프로파일의 오버랩은 유효 강도가 최대 강도의 적어도 30%가 되도록 오버랩된다. 더구나, 특히 쉬운 설치를 허용하기 위해  $S$ 의 배수를 이용하여 레이저 빔의 레이저 개구를 조정하는 것이 가능하다. 모든 분할 광빔들의 특히 정밀하고 일정한 강도 분포를 허용하기 위해 레이저 개구를  $S$ 보다 작도록 선택하는 것도 유리할 수 있다. 전술한 바와 같이, 유효 레이저 개구가 0.1 S로부터 5.0 S로 조정되도록 빔 폭이 조정되는 것이 바람직하다.

[0089] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)에 의한 외부 결합에 의해 생성되는 광원들의 수는 출력 결합 영역들의 수 ( $n$ )에 대응한다. 이 수는 조명 장치(4)의 전체 길이, 광 안내 기판(8) 내로의 광빔(40)의 입사각( $\alpha$ ) 및 전체 레이저 두께( $d_1+d_2+d_3$ )에 의해 결정된다. 따라서, 대응하는 수( $n$ )의 출력 결합 영역 또는 회절된 광 중심들( $n$ )을 갖는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)을 통과하는 광 안내 기판 길이 미터당 수십 내지 수천 번의 빔 통과가 존재할 것이다.

[0090] 실제로 사용되는 공간 광 안내 기판에서는 공간성으로 인해 복수의 광원이 생성된다는 것을 이해해야 한다.

[0091] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 회절 효율은 각각의 서브세그먼트에서 동일한 광 강도( $I$ )를 외부 결합하기 위해 아래와 같이 광 안내 기판을 따라 입력 포인트에서 시작하여 동일 길이( $L_i$ )의 출력 결합 영역마다 (이상적으로) 증가할 수 있다.

$$I = DE_1 \cdot I_0, \quad (f)$$

[0093] 여기서,  $I$ 는 제1 출력 결합 영역에서 외부 결합되는 회절 광의 강도이고,  $I_0$ 은 초기 강도이며,  $DE_1$ 은 제1 출력 결합 영역의 회절 효율이다.

$$I = DE_2 \cdot (I_0 - I) = DE_2 \cdot (I_0 - DE_1 \cdot I_0) = I_0 \cdot DE_2 \cdot (1 - DE_1) \quad (g)$$

$$DE_2 = DE_1 / (1 - 1 \cdot DE_1), \quad (h)$$

[0095] 여기서,  $DE_2$ 는 제2 출력 결합 영역의 회절 효율이다.

$$I = DE_3 \cdot (I_0 - 2 \cdot I) = DE_3 \cdot (I_0 - 2 \cdot DE_1 \cdot I_0) = I_0 \cdot DE_3 \cdot (1 - 2 \cdot DE_1) \quad (i)$$

$$DE_3 = DE_1 / (1 - 2 \cdot DE_1), \quad (j)$$

[0097] 여기서,  $DE_3$ 은 제3 출력 결합 영역의 회절 효율이다. 아래의 일반 관계식이 그로부터 도출될 수 있다.

$$DE_n = DE_1 / (1 - (n-1) \cdot DE_1). \quad (k)$$

[0099]  $DE_n$ 은 기껏해야 1이므로,  $DE_1$ 은 기껏해야  $1/n$ 으로 주어진다.

[0100] 출력 결합 영역에 의한 흡수 및/또는 산란에 의해 강도가 더 손실되는 경우, 예를 들어 I 대신에 분율  $\varepsilon \cdot I (\varepsilon \geq 1)$ 의 경우, 유사하게 i 번째 출력 결합 영역에 대해 다음과 같다.

$$DE_i = DE_1 / (1 - (i-1) \cdot \varepsilon \cdot DE_1) \quad (l)$$

$$DE_n = DE_1 / (1 - (n-1) \cdot \varepsilon \cdot DE_1) \quad (m)$$

$$DE_1 \leq 1 / (\varepsilon \cdot n). \quad (n)$$

[0104] 하나의 부품으로 형성되는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)에 대한 대안으로서, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판은 서로 접속되는 다수의 개별 홀로그램으로 형성될 수 있다. 개별 홀로그램들은 특히 그들의 회절 효율 ( $DE_i$ )에서 2-빔 간섭 및 적합한 노출에 의해 기록된 볼륨 홀로그램들일 수 있다. 예를 들어, 회절 효율은 1회 노출량을 변경함으로써, 예를 들어 음영화에 의해, 빔 강도 비율(빔 비율)을 변경함으로써 또는 기록 재료의 동적 영역을 줄이기 위한 적합한 비응집성 사전 노출에 의해 변경될 수 있다.

[0105] 더구나, 개별 홀로그램은 3개의 주요 컬러, 즉 적색, 녹색 및 청색 중 하나의 컬러의 복사만을 회절시킬 수 있도록 형성될 수 있다. 4개의 주요 컬러, 예를 들어 "적색", "녹색", "청색" 및 "황색"과 같은 3개보다 많은 주요 컬러를 사용하는 것도 가능하다는 것을 이해해야 한다. 더구나, 특히 사람 눈의 컬러 감도를 수용하는 인터리빙된 컬러 포인트들을 갖는 특수 컬러 배열들, 예를 들어 교대하는 적색 및 청색 꽈셀들을 갖는 RGBG 레이아웃을 홀로그램 방식으로 표현하는 것이 가능하다.

[0106] 특정한 선택된 레이저 광장들만을 회절시키는 복수의 개별 홀로그램의 사용은 구체적으로 5  $\mu\text{m}$ 보다 큰 광 폴리머 층 두께를 이용하여 달성될 수 있다. 예를 들어, 서로의 위에 각자 5  $\mu\text{m}$ 보다 큰 3개의 광 폴리머 광 두께를 적층하고, 이들 각각에 미리 기록하는 것이 가능하다. 적어도 3개의 컬러 선택성 홀로그램 모두가 동시에 또는 연속적으로 또는 시간상 부분적으로 오버랩되게 5  $\mu\text{m}$ 보다 큰 하나의 광 폴리머 층 내에 기록되는 경우에는, 이러한 하나의 광 폴리머 층만을 사용하는 것도 가능하다. 전술한 옵션들에 대한 대안으로서, 5  $\mu\text{m}$ 보다 작은, 바람직하게는 3  $\mu\text{m}$ 보다 작은, 특히 바람직하게는 3  $\mu\text{m}$ 보다 작고 0.5  $\mu\text{m}$ 보다 큰 광 폴리머 층들을 사용하는 것도 가능하다. 이 경우, 하나의 개별 홀로그램만이 바람직하게는 가시 전자기 스펙트럼 영역의 스펙트럼 중앙에 가까운 또는 지향성 레이저 광을 갖는 조명 시스템의 최장 광장 레이저 및 최단 광장 레이저의 2개의 광장의 기하평균에 가까운 광장을 이용하여 기록된다.

[0107] 위에서 제공된 광 폴리머 층 두께들의 경우, 광 안내 기판의 표면 법선에 대한 매체 내의 기록 레이저 빔의 입사각은 전반사각 아크사인( $1/n_1$ ), 예를 들어, 광 안내 기판 굴절률  $n_1=1.5$ 에 대한 41.8도와 85도 사이에서 적절히 조절될 수 있다. 경제적이고 충분히 강한 레이저 디바이스가 이용 가능하다는 것도 고려된다. 532 nm의 주파수 배가 Nd:YVO<sub>4</sub> 크리스탈 레이저들 및 514 nm의 아르곤 가스 레이저들이 바람직하다.

[0108] 볼륨 홀로그램들의 생성은 예를 들어 2-빔 간섭에 의해 수행될 수 있다. 반사-볼륨 홀로그램들의 대량 복사를 위한 다른 방법에서는, 감광 재료가 마스터 홀로그램 상에 배치되고, 이어서 응집성 광에 의해 복사된다. 홀로그램들의 생성은 롤 복사(roll replication)에 의해 수행될 수 있다.

[0109] 구체적으로, 특수 노출 기하 구조들을 필요로 하는 에지 발광 홀로그램들의 생성도 참조된다. 그러한 방법에서는 특수 광학 어댑터 블록에 기초하여 기록이 수행된다.

[0110] 지향성 레이저 광을 이용하여 본 발명에 따른 조명 장치(4)에서 생성될 수 있는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 바람직하게는 에지 발광 홀로그램일 수 있다. 그 이유는 에지 발광 홀로그램이 광파 안내 플레이트/에지 발광 홀로그램 조합에서 전반사를 이용하여 전파되는 광 안내 기판 내의 가파른 입사광을 이용하여 동작할 수 있다는 것이다.

[0111] 도 4는 본 발명에 따른 조명 장치(4)의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다. 본 실시예의 조명 장치(4)는 특히 광 안내 기판(8)의 층 두께(38)가 감소한다는 점에서 전술한 실시예와 다르다. 구체적으로, 층 두께(38)는 100  $\mu\text{m}$ 과 2 mm 사이, 특히 바람직하게는 300  $\mu\text{m}$ 과 1 mm 사이에 있다. 따라서, 작은 층 두께(38)로 인해, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)을 통하는 광빔(40)의 통과들의 수가 증가할 수 있다. 따라서, 출력 결합 영역들

(12)의 수(n)가 증가한다. 그 효과는 이미 딴 데로 회절된 광빔들(46)이 확산기 기판(14)의 확산 작용 층에서 오버랩된다는 것이다. 조명 장치(4)의 층 두께가 훨씬 더 감소할 수 있다.

[0112] 도 5는 본 발명에 따른 조명 장치(4)의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다. 도 5에 따른 실시예는 특히 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)이 특정 각 발산도를 갖는다는 점에서 전술한 실시예들과 다르다. 본 예에서 최대 광 강도의 50%가 방사상으로 측정되는 외측 빔 성분들 간의 확장 각도로서 정의되는 각 발산도는 바람직하게는 5도와 60도 사이, 특히 바람직하게는 10도와 45도 사이에 있다. 이것은 딴 데로 회절되는 광빔들(46)의 상당한 확장을 수반한다. 그 효과는 이미 딴 데로 회절된 광빔들(46)이 확산기 기판(14)의 확산 작용 층에서 오버랩된다는 것이다. 조명 장치(4)의 층 두께가 훨씬 더 감소할 수 있다.

[0113] 도 6은 본 발명에 따른 조명 장치(4)의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다. 도 6에 따른 실시예는 특히 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)이 더 큰 각 발산도를 갖고, 지향성 광빔(10)의 입사각(a)이 더 가파르게 설정된다는 점에서 전술한 실시예들과 다르다. 본 예에서 광 안내 기판(8)의 표면 법선에 대한 레이저 빔(40)의 입사각은 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )(예를 들어, 광 안내 기판 굽절률  $n_1=1.5$ 에 대해 41.8도)과 75도 사이에 있으며, 특히 바람직하게는 60도이다. 그 효과는 이미 딴 데로 회절된 광빔들(46)이 확산기 기판(14)의 확산 작용 층에서 오버랩된다는 것이다. 조명 장치(4)의 층 두께가 훨씬 더 감소할 수 있다.

[0114] 도 7은 본 발명에 따른 실시예의 다른 개략도를 나타낸다. 이 실시예에서, 지향성 광빔(40), 특히 레이저 빔(40)의 빔 폭(56)은 전술한 실시예들과 달리 광 안내 기판(8)의 층 두께의 크기 정도이다. 내부 방출되는 레이저 빔(40)의 기하학적 빔 폭(S)은 예를 들어 0.1 mm와 4 mm 사이, 특히 바람직하게는 0.3 mm와 2 mm 사이에 있다. 그 효과는 이미 딴 데로 회절된 광빔들(46)이 확산기 기판(14)의 확산 작용 층에서 오버랩되고, 홀로그래픽 광학 요소(10)를 통한 빔 통과들의 수(n)가 적게 유지될 수 있다는 것이다. 조명 장치(4)의 층 두께가 훨씬 더 감소할 수 있다.

[0115] 전술한 실시예들로부터, 조명 장치(4)를, 예를 들어 그의 층 두께와 관련하여 최적화하기 위해 다양한 조치들이 수행될 수 있고, 이들은 서로 결합될 수 있다는 것이 명백하다. 특히, 본 발명에 따른 조명 장치(4)에서, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)으로부터 확산기 기판(14)의 산란층(20)까지의 거리(도 2 참조), 광 안내 기판(8)의 층 두께(38)(도 4 참조), 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 회절의 각 발산도(도 5 참조), 지향성 광빔(11)의 입사각(도 4 및 도 6 참조) 및 광빔의 기하 빔 폭(56)(도 7 참조)의 기하학적 고려 사항들은 특히 작은 층 두께를 갖는 조명 장치(4)가 생성될 수 있도록 최적화될 수 있으며, 이는 동시에 이미 딴 데로 회절된 광빔들(46)이 확산기 기판(14)의 확산 작용 층(20)에서 서로 인접하거나 심지어 오버랩되는 것을 보증한다.

[0116] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)과 확산기 기판(14), 특히 멀게는 확산기 기판(14)의 산란층(20) 간의 거리는 20  $\mu\text{m}$ 와 1 cm 사이, 바람직하게는 50  $\mu\text{m}$ 와 4 mm 사이, 특히 바람직하게는 100  $\mu\text{m}$ 와 500  $\mu\text{m}$  사이에 있을 수 있다.

[0117] 도 8a 및 8b는 각각 본 발명에 따른 조명 시스템(2)의 다른 실시예의 다른 개략도를 나타낸다.

[0118] 도 8a 또는 8b에 표시된 실시예는 조명 장치(4) 및 광 변조기 디바이스(6)를 포함한다. 표시된 광 변조기 디바이스(6)는 도 1의 광 변조기 디바이스(6)에 본질적으로 대응하며, 따라서 반복을 피하기 위해 대응하는 텍스트가 참조된다.

[0119] 도 8a의 조명 장치(4)는 특히 확산기 모듈(58)이 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10) 내에 통합된다는 점에서 전술한 실시예들과 다르다. 개별 확산기 기판이 필요하지 않다. 이에 의해, 특히, 조명 장치(4)의 층 두께(39)가 더 감소할 수 있다. 구체적으로, 층 두께(39)는 본질적으로 광 안내 기판(8)의 층 두께(38)와 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께의 합에 의해 결정된다.

[0120] 전술한 바와 같이, 확산 빔 확장의 광학적 기능은 본 예에서 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10) 자체에 의해 구현된다. 본 사이 층(25)은 전술한 사이 층들(24, 26)에 따라 형성될 수 있다. 이 예에서도, 이미 딴 데로 회절된 빔들이 확산기 모듈(58)로부터 출사되기 전에 오버랩된다.

[0121] 도 8b에 표시된 바와 같은 본 발명에 따른 조명 장치(4)의 실시예는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)이 광 안내 기판(8)의 다른 표면 층 상에 배열된다는 점에서 도 8a에 도시된 실시예와 다르다. 특히, 이 실시예에서는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)이 옵션인 반사층(18)에 인접한다.

[0122] 도 9에 따른 실시예에서는 충분히 큰 기하 빔 폭(S)이 사용되며, 이는 확산기 모듈(58)과 더불어 확산기 모듈(58)을 포함하는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)에서의 균일한 강도 분포를 가능하게 한다. 홀로그래픽

광학 출력 결합 기판(10)은 레이저 빔(40)을 더 확산 산란시키도록 광 변조기 디바이스(6) 방향으로 회절시킨다.

[0123] 도 8 및 9에 표시된 바와 같은 조명 장치(4)의 실시예들은 특히 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)에서 확산 회절이 발생한다는 점에 구별된다. 더구나, 이것은 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 (거의) 완전한 조명이 발생할 때 유리하다. 후자는 지향성 광빔(40)의 적합한 입사각을 갖는 광빔(40) 및 그의 유효 개구는 물론, 광 안내 기판(8)의 총 두께(38)가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 완전한 조명이 달성되도록 선택됨에 따라 달성될 수 있다.

[0124] 도 10은 광 안내 기판(8)에서의 지향성 광빔의 각 발산도 및 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 각 수용도를 표현하기 위한 개략도를 나타낸다. 도 10에서 알 수 있는 바와 같이, 표시된 3개의 광빔(40, 41) 중 중앙 광빔(41)만이 출력 결합 영역에서 판 데로 회절된다. 광빔(41)과 (약간) 다른 입사각을 갖는 광빔들(40)은 회절되지 않는다. 이러한 효과는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)이 복수의 주파수 선택성 개별 또는 부분 홀로그램으로부터 형성될 때 이용될 수 있다. 예를 들어, 상이한 서브 홀로그램들이 적색, 녹색 및 청색 레이저 광에 대해 형성될 수 있다. 총 두께는 5  $\mu\text{m}$ 보다 크도록 선택될 수 있다. 각도 선택은 각도 선택이 1도와 6도 사이에 있도록 조정될 수 있다. 본 발명에 따른 이 실시예에서는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)에 의해 광빔을 효과적으로 회절시키기 위해 레이저 빔 발산도도 이 범위 내에 있다. 본질적인 장점은 색수차를 방지하기 위한 적응 및 각각의 컬러에 대한 회절 효율의 개별 적응에 의한 일반 컬러 적응의 가능성이다. 구체적으로, 개별 컬러 레이저들 각각을 개별 각도 선택 범위에 선택적으로 할당하거나, 모든 컬러 레이저들을 동일 각도 선택 범위에 할당하는 것이 가능하다.

[0125] 하나의 주요 컬러에 대해 각각 구성되는 적어도 3개의 상이한 개별 홀로그래픽 광학 홀로그램들이 또한 동일 층 내로 또는 복수의 층 내로 노출될 수 있다. 복수의 층이 사용되는 경우, 이들은 서로의 위에 직접 적층되거나 접착 층들에 의해 본딩될 수 있다.

[0126] 바람직하게는, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 총 두께가 0.5  $\mu\text{m}$ 과 5  $\mu\text{m}$  사이의 범위 내에서 생성될 수 있다. 이러한 방식으로, 약 5도 내지 30도의 각도 선택이 이루어진다. 이 경우, 빔 발산은 광원 설치의 정밀도에 관해 낮은 요구를 가지며, 모든 컬러의 광을 편향시키는 하나의 개별 홀로그램만의 노출을 필요로 하는 장점을 갖는다. 효율적인 광 사용을 위해, 레이저 광의 빔 발산도가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 각도 선택 범위보다 작은 것이 더 바람직하다.

[0127] 조명 장치(4)의 본 발명에 따른 다른 실시예가 도 11에 도시된다. 이 실시예에서, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 지향성 광빔(40)을 공간 광 변조기(도시되지 않음) 상으로 비스듬하게 지향시키도록 적응된다. 그 효과는 LC 디스플레이에 대해 비스듬하게 서 있는 관찰자만이 볼 수 있다는 것이다. 이것은 특정 응용을 위한 디스플레이 설치가 다른 방식으로는 가능하지 않지만, 관찰자가 중앙이 아닌 위치로부터 디스플레이를 보아야 할 때 유리할 수 있다. 자동차 섹터가 이것의 일례로서 설명될 수 있다.

[0128] 도 12는 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다. 구체적으로, 사시도가 도시된다. 도 12로부터 알 수 있듯이, 다수의 광 생성 디바이스(60)가 조명 장치(4), 특히 광 안내 기판(8)의 에지(61) 상에 배열된다. 광 생성 디바이스들(60)은 레이저 광원들(60)일 수 있다.

[0129] 도 12에 도시된 구조는 각각의 레이저 광원(60)에 대해 개별적으로 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)에 의한 빔 분할을 가능하게 한다. 이것은 양호한 열 관리가 가능한 장점을 갖는데, 그 이유는 이러한 방식에서는 레이저 광원들(60)에 의해 더 적은 열이 국지적으로 생성되고, 따라서 방열이 더 양호하게 달성되기 때문이다.

[0130] 도 13은 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다. 구체적으로, 사시도가 다시 도시된다. 본 실시예에서는, 전술한 실시예와 달리, 레이저 광원(60)과 같은 하나의 광 생성 디바이스(60)만이 필요하다. 예를 들어, RGB 레이저(60)가 사용될 수 있다.

[0131] 하나의 광 생성 디바이스(60)에 더하여, 본 조명 시스템은 추가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(64)을 갖는 추가 광 안내 기판(62)을 포함한다. 추가 광 안내 기판(62)은 제1 광 안내 기판(8) 상에 옆으로 배치된다. 추가 광 안내 기판(62)은 특히 추가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(64)과 광학적으로 접촉한다.

[0132] 광 생성 디바이스(60)에 의해 추가 광 안내 기판(62) 내로 결합되는 지향성 광빔(66), 특히 레이저 빔(66)은 먼저 전술한 방식으로 추가 광 안내 기판(62)을 따라 다수의 지향성 광빔(40), 특히 레이저 빔들(40)로 분할된 후에 광 안내 기판(8) 내로 방출된다.

- [0133] 제1 광 안내 기판(8)에서, 전술한 바와 같이, 다수의 광빔이 출력 결합 영역들(12)에서 외부 결합된다. 이러한 구조의 장점은 하나의 레이저 빔 광원(60)으로부터  $n*m$ 개의 레이저 빔(40)이 생성될 수 있다는 것이다. 복수의 레이저 광원(60)이 사용될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 이들은 모두, 예를 들어 방열을 개선하고/하거나 균일한 더 밝은 디스플레이를 생성하기 위해 추가 광 안내 기판(62) 내에 결합될 수 있다. 광 안내 기판(8) 또는 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 배면 또는 전면 상의 배치도 가능하다.
- [0134] 광 안내 기판(8) 내로의 원하는 입사각( $\alpha$ )은 요소들(60, 62)을 약간 경사지게 함으로써 조정될 수 있다. 대안으로서, 추가 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(64)이 각도  $\alpha$ 를 갖는 동시에 8 상에 직교 배열을 갖게 방출하도록 노출될 수 있다.
- [0135] 도 14는 본 발명에 따른 조명 시스템의 다른 실시예의 개략도를 나타낸다. 이 실시예에서는, 지향성 광빔, 특히 레이저 다이오드(60)의 레이저 빔이 광 안내 기판(8) 내로 결합되기 전에 광 안내 기판(8)의 평면에서 단일 축 방향으로 각도  $\beta$ (70)만큼 확장될 수 있는 것으로 도시된다. 즉, 광 안내 기판(8)에 수직인 방향에서의 레이저 다이오드 발광기(60)의 중립 발산이 이용될 수 있다. 광 폴리머 층 두께 및 노출 기하 구조의 적절한 선택에 의해, 도 14에서 앞으로(광빔(74)) 또는 뒤로(광빔(72)) 이동하는 광빔들에 대한 회절 효율이 넓은 각도 범위에서 거의 직선 광빔(40)의 회절 효율만큼 크게 유지될 수 있다. 대응하는 배열의 장점은 균일한 조명을 위해 필요한, 사용되는 레이저 다이오드들의 수가 크게 감소할 수 있다는 것이다. 이 예에서 참조 번호 68은 입사각  $\alpha$ 를 나타낸다.
- [0136] 도 15 내지 19는 다양한 광 안내 기판들에 대한 각도  $\theta$ 에 의한 입사각( $\alpha$ )의 변화의 함수로서의 각 수용도, 각도  $\phi$ 에 의한 측방 입사각( $\beta$ )(70)의 변화의 함수로서의 각 수용도 및  $\mu\text{m}$ 에서의 파장 수용도를 갖는 코젤닉 시뮬레이션 결과의 개략도들을 나타낸다. 특히, 코젤닉 이론에 따른 입사각( $\alpha$ )(도 14, 참조 번호 68 참조) 및 광파 플레이트(도 14, 참조 번호 70 참조)의 평면 내에서의 입사 발산도의 함수인 회절 효율들의 다양한 조합들이 특정된다.
- [0137] 도 15a-c는 5  $\mu\text{m}$ 의 층 두께, 45도의 입력각( $\alpha$ ) 및 0.04의 인덱스 변조를 가정한 결과들을 나타낸다.
- [0138] 도 16a-c는 3  $\mu\text{m}$ 의 층 두께, 45도의 입력각( $\alpha$ ) 및 0.04의 인덱스 변조를 가정한 결과들을 나타낸다.
- [0139] 도 17a-c는 3  $\mu\text{m}$ 의 층 두께, 85도의 입력각( $\alpha$ ) 및 0.022의 인덱스 변조를 가정한 결과들을 나타낸다.
- [0140] 도 18a-c는 1  $\mu\text{m}$ 의 층 두께, 85도의 입력각( $\alpha$ ) 및 0.04의 인덱스 변조를 가정한 결과들을 나타낸다.
- [0141] 도 19a-c는 1  $\mu\text{m}$ 의 층 두께, 85도의 입력각( $\alpha$ ) 및 0.065의 인덱스 변조를 가정한 결과들을 나타낸다.
- [0142] 이러한 광 입력의 예에 대해, 더 바람직한 범위들이 발생하는데, 즉 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 1  $\mu\text{m}$ 보다 작을 때, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은 500-600 nm 녹색 레이저에 의해 바람직하게 기록된 단색 홀로그램에 의해 형성될 수 있다. 또한, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께는 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 작을 수 있으며, 이와 동시에 입사각( $\alpha$ )은 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 65도 사이, 바람직하게는 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 55도 사이에 있을 수 있다.
- [0143] 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 5  $\mu\text{m}$ 보다 크거나, 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 3  $\mu\text{m}$ 보다 크고, 각도( $\alpha$ )가 65도보다 큰 경우, 3개의 주요 컬러, 즉 적색, 녹색 및 청색 각각에 대한 3 개의 개별 홀로그래픽 광학 요소가 필요하다. 이들은 각각의 층 두께의 3개의 개별 층 내에 기록될 수 있거나, 3개 모두가 단일 층 내에 생성될 수 있다.
- [0144] 도 15 내지 19의 시뮬레이션들에서 예시적으로 지시되는 바와 같은 필요한 굴절률 변조( $\Delta n$ )는 이 예에서 회절 효율(DE)에 의해 결정되며, 따라서 변한다. 이 예에서, 회절 효율 = 층 두께  $\times$  굴절률 변조이다. 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 회절 효율은 설명된 바와 같이 변하므로, 굴절률 변조는 필요한 회절 효율의 최대 값으로 바람직하게 조절될 수 있다. 3개의 개별 볼륨-홀로그래픽 요소가 층 내에 노출될 때, 가능한 굴절률 변조는 이러한 3개의 요소 사이에 합으로서 분할된다.
- [0145] 2  $\mu\text{m}$  및 3  $\mu\text{m}$ 의 층 두께와 더불어 단색 노출에 의해 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)을 제공하고, 적어도 45도 및 65도 미만의 입사각( $\alpha$ )을 사용하는 것이 특히 바람직하다.
- [0146] 본 발명에 따른 조명 시스템(2)을 위해 청색 방출 레이저 광원들만을 사용하는 것도 가능하다. 컬러 필터(30)에서, 컬러 변환은 이 예에서 Q 도트들(양자 도트들, 단파로부터 고주파 선택성을 갖는 장파 광으로의 광 변환을 허용하는 크기를 갖는 반도체 입자들)을 이용하여 적색 및 녹색 이미지 포인트들에 대해 수행되며, 따라서

적색 또는 녹색으로 변환된다. 이 실시예의 장점은 높은 광 효율인데, 그 이유는 컬러 필터가 광을 흡수하는 것이 아니라 변환할 뿐이거나, 청색 광에 대해 어떠한 영향도 갖지 않기 때문이다. 더구나, 조명 장치(4)의 구성은 단지 단색(청색)으로 최적화된 출력 결합 기판(10)을 이용하여 더 간단하게 구성될 수 있다. 이 경우에 출력 결합 기판(10)의 총 두께는 제한될 필요가 없는데, 그 이유는 필요한 주파수 대역폭이 단지 매우 좁으면 되기 때문이다.

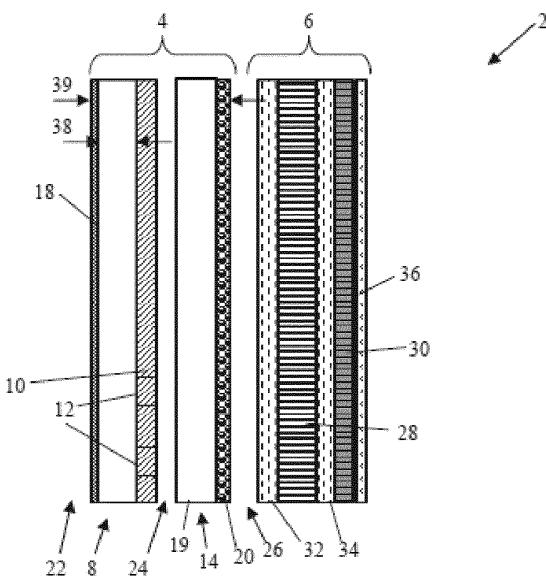
[0147] 대안으로서, 컬러 필터(30) 대신에, Q 도트들은 또한 사이 층(24 및/또는 26)에서 그리고/또는 확산기 기판(14)에서 그리고/또는 투명 기판(19)에서 그리고/또는 확산 산란층(20)에서 적색 및 녹색으로 변환되는 Q 도트들의 혼합과 함께 사용될 수 있다. 이 경우, 전통적인 컬러 필터(30)가 다시 필요하다. 그러한 실시예의 장점은 Q 도트들이 컬러 필터(30) 내에 꽉 채워져 삽입될 필요가 없으며, 더구나 조명 장치(4)가 단색으로 최적화되는 것만이 필요하다는 것이다.

[0148] 지향성 광빔을 갖는 본 발명에 따른 조명 시스템은 구체적으로 액정 디스플레이에서 사용될 수 있다. 구체적으로, 그러한 조명 시스템은 간소한 얇은 설계에서 특히 유리한 컬러 공간을 갖는 전자 디스플레이들에서 사용될 수 있다. 전통적인 후방 디스플레이 하우징이 생략되고, 후방 미러링 층(18)이 사용되지 않는 경우, 이러한 조명 시스템들은 다양한 응용들을 갖는 투명 디스플레이들에 대해서도 특히 적합하다. 응용들의 예는 판매 시점 디스플레이들, 윈도 디스플레이들에서의, 공항들, 기차역들 및 다른 공공 장소들 내의 투명 정보 패널들에서의 광고 응용들, 루프 라이너 내의 자동차 응용들, 및 대시보드 및 전방 윈도 내에서의 그리고 그 위에서의, 윈도 유리창들에서의, 투명 도어들을 갖는 상용 냉장고들에서의, 옵션으로서 곡면 디스플레이로도 구성되는 정보 디스플레이들이다.

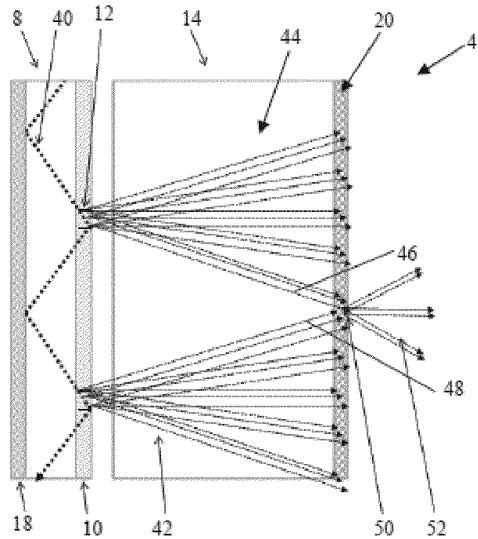
[0149] 더구나, 이러한 조명 시스템들은 대응하는 디바이스들을 특히 간소한 유닛들로서 생성하기 위해 이동 전화, 스마트폰 및 태블릿 PC에서 사용하기에 적합하다.

## 도면

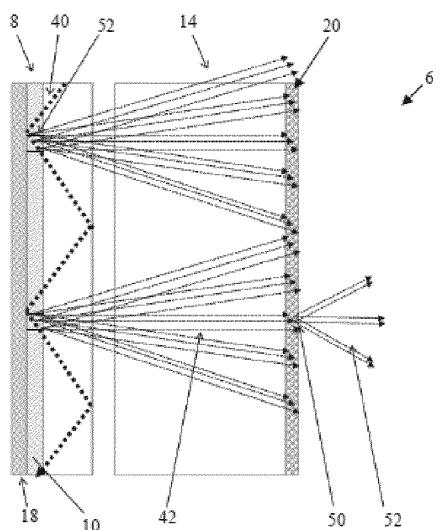
### 도면1



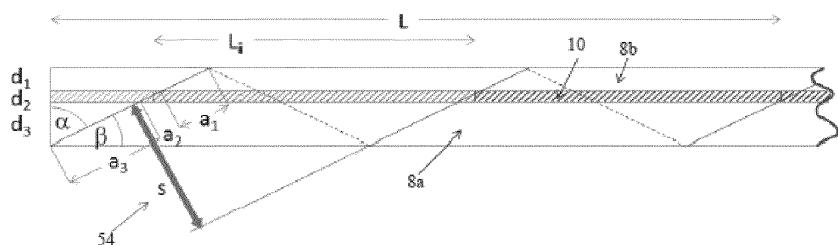
## 도면2a



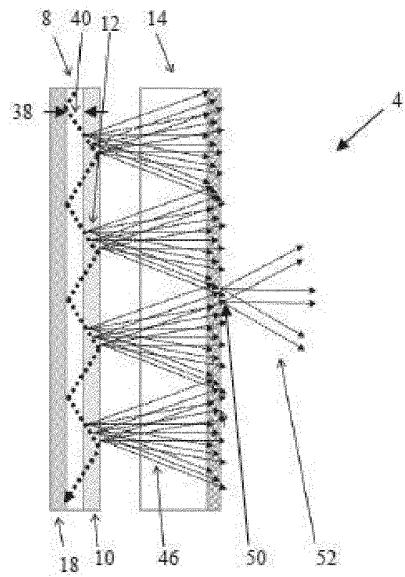
## 도면2b



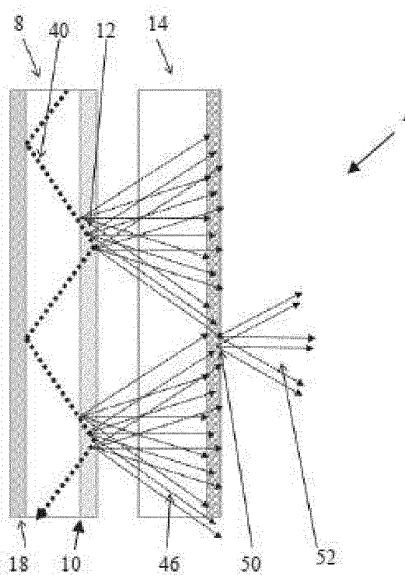
## 도면3



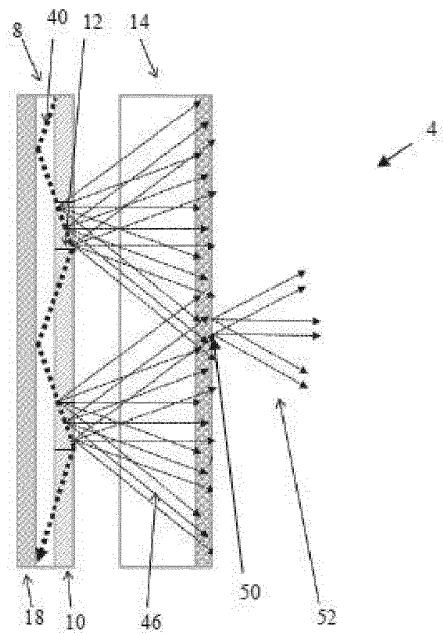
도면4



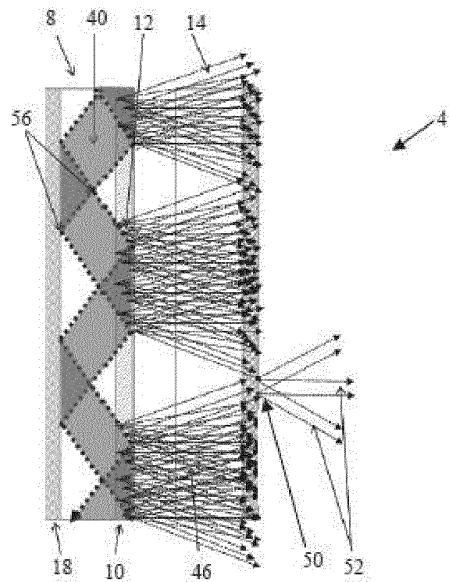
도면5



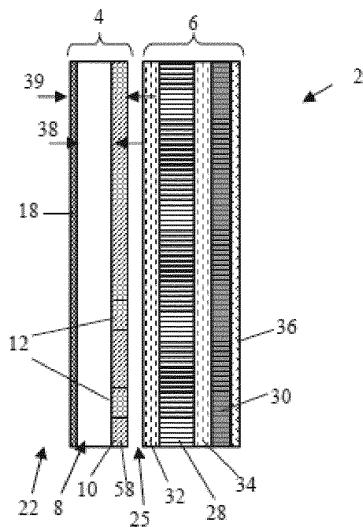
도면6



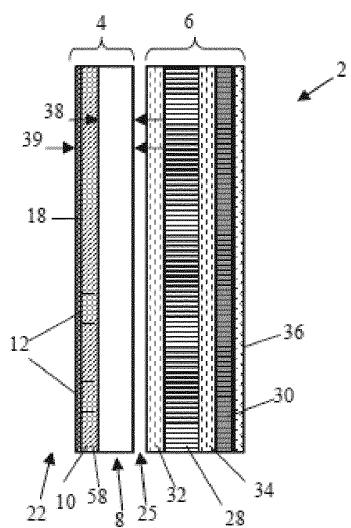
도면7



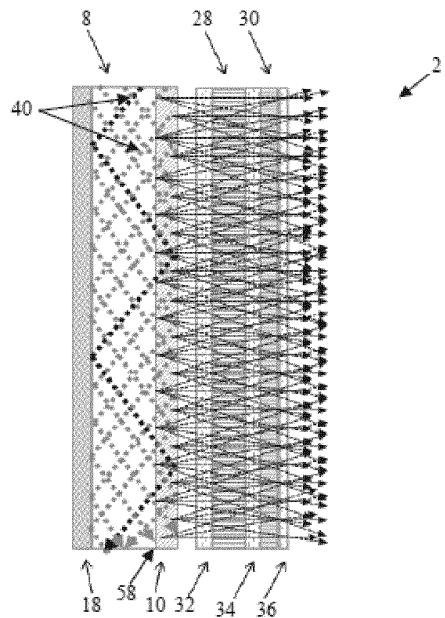
도면8a



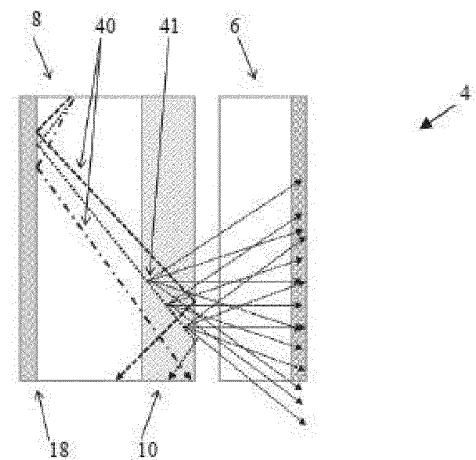
도면8b



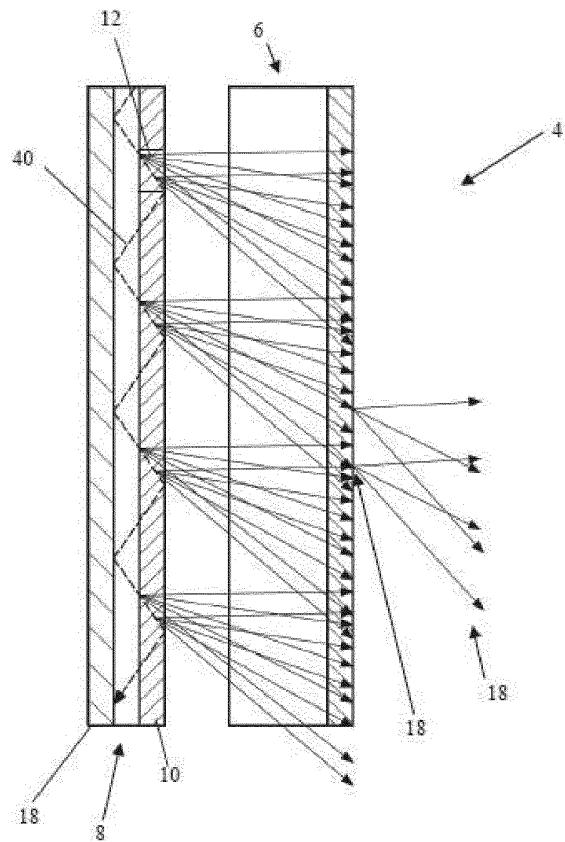
도면9



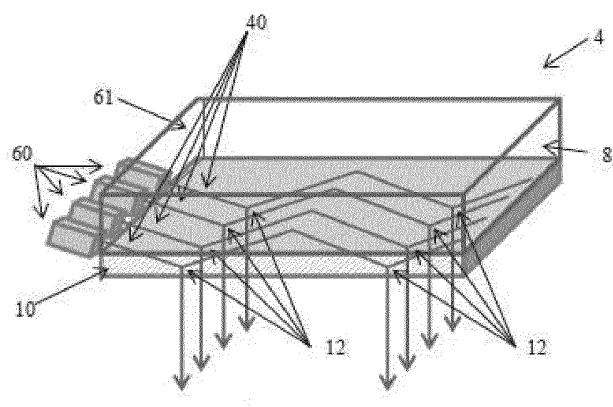
도면10



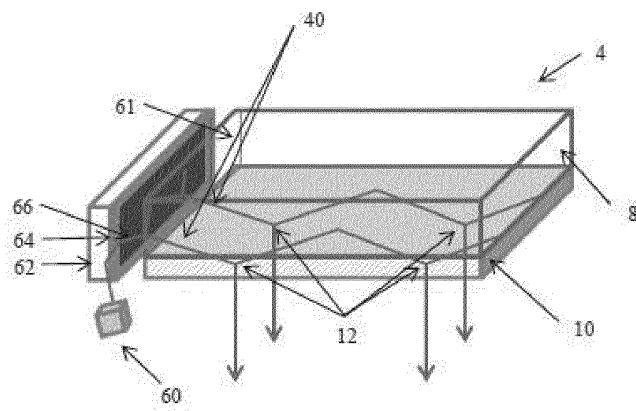
도면11



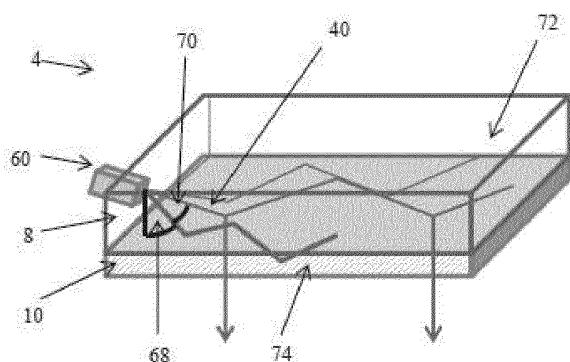
도면12



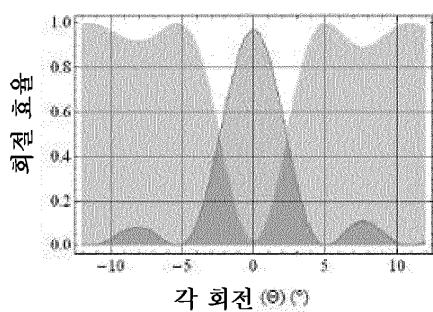
도면13



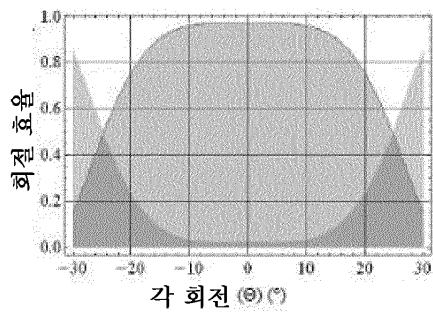
도면14



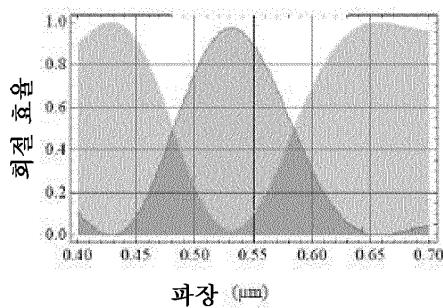
도면15a



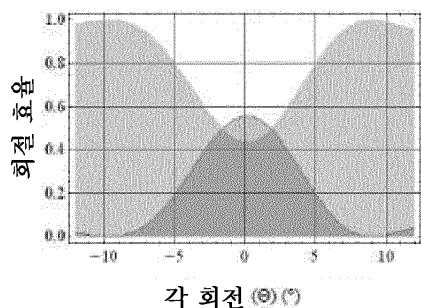
도면15b



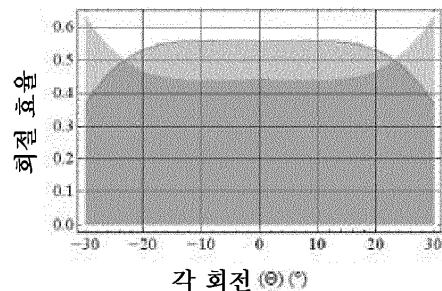
도면 15c



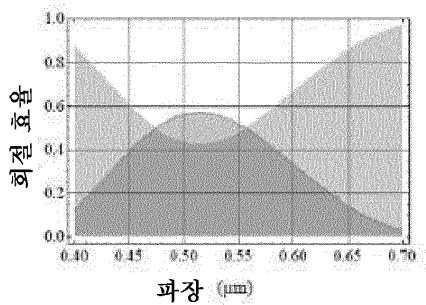
도면 16a



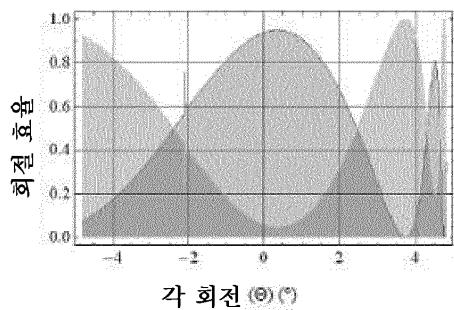
도면 16b



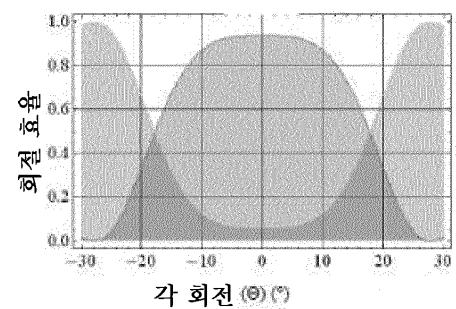
도면 16c



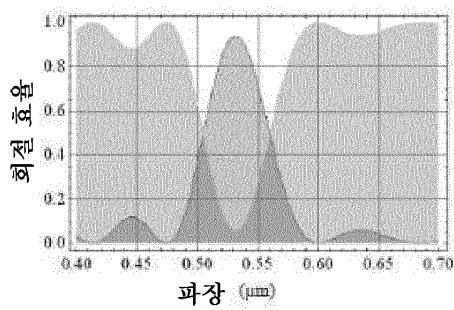
도면17a



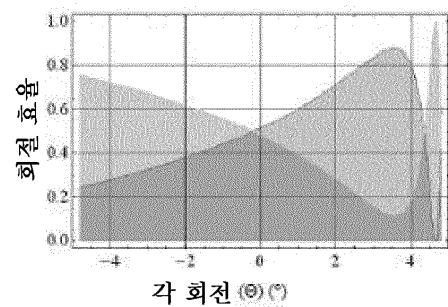
도면17b



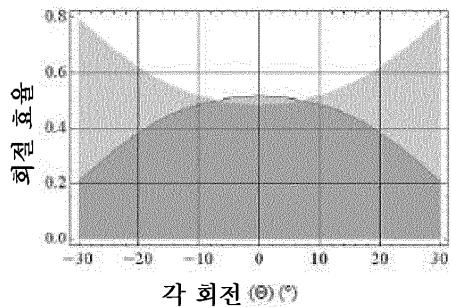
도면17c



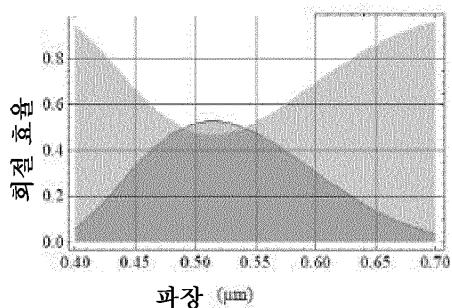
도면18a



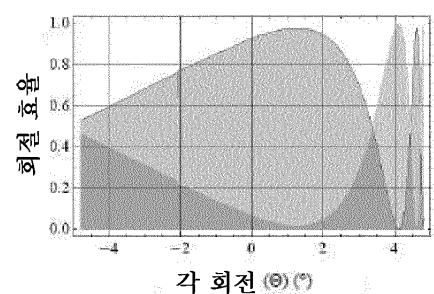
도면 18b



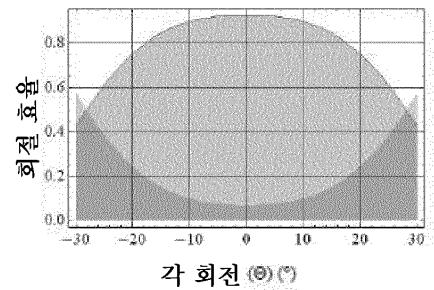
도면 18c



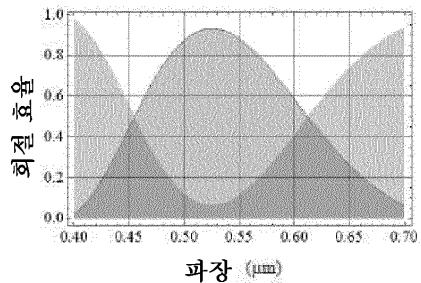
도면 19a



도면 19b



### 도면 19c



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15

【변경전】

제12항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 1  $\mu\text{m}$ 보다 작을 때 또는 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 작고, 상기 지향성 광빔(60)과 상기 광 안내 기판(8)의 표면 범선 간의 입력각이 (i) 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 65도 사이, 또는 (ii) 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 55도 사이에 있을 때 단색으로 기록되거나(written monochromatically),

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 5  $\mu\text{m}$ 보다 크거나, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 크고, 상기 지향성 광빔(60)과 상기 표면 범선 간의 상기 입력각이 전반사각 아크사인( $1/n_1$ ) 내지 65도 초과의 각도에 있을 때 적어도 3개의 레이저를 이용하여 기록되는 것을 특징으로 하는 조명 시스템(2).

【변경후】

제12항에 있어서,

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 1  $\mu\text{m}$ 보다 작을 때 또는 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 작고, 상기 지향성 광빔(40)과 상기 광 안내 기판(8)의 표면 범선 간의 입력각이 (i) 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 65도 사이, 또는 (ii) 전반사각 아크사인( $1/n_1$ )과 55도 사이에 있을 때 단색으로 기록되거나(written monochromatically),

상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)은, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 5  $\mu\text{m}$ 보다 크거나, 상기 홀로그래픽 광학 출력 결합 기판(10)의 층 두께가 적어도 3  $\mu\text{m}$ 보다 크고, 상기 지향성 광빔(40)과 상기 표면 범선 간의 상기 입력각이 전반사각 아크사인( $1/n_1$ ) 내지 65도 초과의 각도에 있을 때 적어도 3개의 레이저를 이용하여 기록되는 것을 특징으로 하는 조명 시스템(2).