



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0024409
(43) 공개일자 2023년02월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G02B 27/01 (2006.01) G02B 25/00 (2022.01)
 G02B 26/02 (2006.01) G02B 27/00 (2020.01)
 G02B 27/28 (2020.01) G02F 1/01 (2006.01)
 G02F 1/1335 (2019.01) G02F 1/13363 (2006.01)
 G02F 1/1347 (2006.01) G02F 1/137 (2019.01)
- (52) CPC특허분류
 G02B 27/0172 (2013.01)
 G02B 26/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7001811
- (22) 출원일자(국제) 2021년06월25일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2023년01월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2021/039211
- (87) 국제공개번호 WO 2021/263183
 국제공개일자 2021년12월30일
- (30) 우선권주장
 63/044,013 2020년06월25일 미국(US)
- (71) 출원인
 매직 립, 인코포레이티드
 미국 플로리다 플랜타타운 웨스트 선라이즈 블러바드 7500 (우: 33322)
- (72) 발명자
 쉐, 후이-추안
 미국 33322 플로리다 플랜타타운 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
- (74) 대리인
 특허법인 남앤남

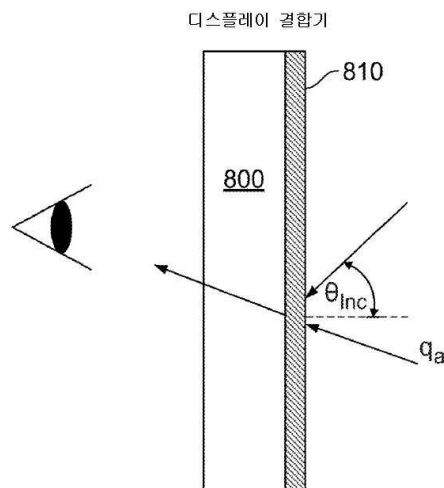
전체 청구항 수 : 총 31 항

(54) 발명의 명칭 웨어러블 디스플레이들에서의 광 투과 아티팩트들의 조정가능한 감쇠

(57) 요약

웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법은 사용자의 시야에서 이미지들을 투사하기 위해 디스플레이로부터의 디스플레이 광을 접안경을 통해 사용자에게 지향시키는 단계, 주변 광원과 접안경 사이의 상대 로케이션을 결정하는 단계, 및 주변 광원과 접안경 사이의 상대 로케이션에 따라 주변 광원으로부터의 주변 광의 감쇠를 접안경을 통해 조정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도8b



(52) CPC특허분류

G02B 27/0093 (2013.01)
G02B 27/28 (2013.01)
G02F 1/0136 (2013.01)
G02F 1/133531 (2021.01)
G02F 1/133541 (2021.01)
G02F 1/133634 (2013.01)
G02F 1/133638 (2021.01)
G02F 1/1347 (2013.01)
G02F 1/137 (2019.01)

(72) 발명자

마투르, 바이바프

미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈
블러바드 7500

해덕, 조슈아 나아만

미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈
블러바드 7500

메서, 케빈

미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈
블러바드 7500

칼라일, 클린턴

미국 33322 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈
블러바드 7500

명세서

청구범위

청구항 1

웨어러블 디스플레이 시스템으로서,

세계 측(world side) 및 상기 세계 측에 대항하는 사용자 측을 갖는 접안경 스택(eyepiece stack) - 사용 동안, 상기 사용자 측 상에 포지셔닝된 사용자는 상기 사용자의 환경의 상기 사용자의 시야를 증강시키는 상기 접안경 스택을 통해 상기 웨어러블 디스플레이 시스템에 의해 전달되는 디스플레이된 이미지들을 봄 -;

상기 접안경 스택의 상기 세계 측 상에 배열된 조정가능한 감쇠기 - 상기 조정가능한 감쇠기는 한 쌍의 선형 편광기들 사이에 배열된 전기-광학 셀(electro-optic cell)을 포함함 -;

상기 세계 측을 향하는 카메라 모듈; 및

상기 조정가능한 감쇠기 및 상기 카메라 모듈과 통신하는 전자 프로세싱 모듈

을 포함하고, 상기 전자 프로세싱 모듈은, 상기 카메라 모듈에 의해 캡처된 이미지들에 기초하여 주변 광원(ambient light source)에 대한 상기 접안경 스택의 상대 로케이션에 관한 정보를 결정하고 그리고 상기 상대 로케이션에 관한 정보에 기초하여 상기 조정가능한 감쇠기의 감쇠를 변경하도록 프로그래밍되는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조정가능한 감쇠기는, 제 1 범위 밖의 입사각들로 상기 조정가능한 감쇠기 상에 입사하는 광의 투과를 현저하게 감소시키지 없이, 입사각들의 제 1 범위에서 상기 조정가능한 감쇠기 상에 입사하는 가시 광의 투과를 감소시키는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 전기-광학 셀은 액정 재료의 층을 포함하며, 상기 조정가능한 감쇠기는 가변 전압을 상기 액정 재료에 인가하도록 배열된 전압 소스를 더 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 액정 재료는 청색상 액정 재료(blue phase liquid crystal) 또는 수직 정렬 액정 재료(vertically-aligned liquid crystal)인, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조정가능한 감쇠기는 상기 액정 재료의 층에 추가하여, 복굴절 재료(birefringent material)의 적어도 하나의 층을 더 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복굴절 재료의 적어도 하나의 층은 한 쌍의 1/4 파장 플레이트들을 포함하며, 상기 1/4 파장 플레이트들은 상기 액정 재료의 층의 대항 측들 상에 배치되는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 한 쌍의 1/4 파장 플레이트들 각각은 원형 편광기를 형성하기 위해 상기 선형 편광기들의 대응하는 하나에 대해 배열되는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 복굴절 재료의 적어도 하나의 층은 C-플레이트를 더 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

2개의 상기 선형 편광기들의 통과 축(pass axis)들은 교차되는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전기-광학 셀은 상기 조정가능한 감쇠기의 상기 세제 측 상에서 상기 한 쌍의 선형 편광기들의 제 1 선형 편광기에 의해 투과된 광의 편광 상태를 회전시키는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 편광 상태의 회전의 양은 상기 전기-광학 셀의 상태 및 상기 한 쌍의 선형 편광기들의 상기 제 1 선형 편광기에 의해 투과되는 광의 입사각에 따라 변하는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

큰 입사각들을 갖는 투과 광은 작은 입사각들을 갖는 투과 광보다 적게 회전되는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조정가능한 감쇠기는 50 mm x 50 mm보다 큰 영역을 갖는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전기-광학 셀은 제 1 전기-광학 셀이며, 상기 조정가능한 감쇠기는 제 2 전기-광학 셀 및 제 3 선형 편광기를 더 포함하며, 상기 제 2 전기-광학 셀은 상기 한 쌍의 선형 편광기들과 상기 제 3 선형 편광기 사이에 배열되는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제 1 전기-광학 셀 및 상기 제 2 전기-광학 셀은 액정 재료의 대응하는 층으로 각각 구성되는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 조정가능한 감쇠기는 상기 액정 재료의 대응하는 층의 대향 측들 상에 배열되는 복굴절 재료들의 하나 이

상의 층들을 더 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조정가능한 감쇠기는 2개 이상의 스테이지들을 포함하며, 각각의 스테이지는 한 쌍의 선형 편광기들 사이에 배열된 전기-광학 셀을 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

인접한 스테이지들은 선형 편광기를 공유하는, 웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 19

웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법으로서,

사용자의 시야에서 이미지들을 투사하기 위해 디스플레이로부터의 디스플레이 광을 접안경을 통해 사용자에게 지향시키는 단계;

주변 광원과 상기 접안경 사이의 상대 로케이션을 결정하는 단계; 및

상기 주변 광원과 상기 접안경 사이의 상대 로케이션에 따라 상기 접안경을 통해 상기 주변 광원으로부터의 주변 광의 감쇠를 조정하는 단계를 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 상대 로케이션을 결정하는 단계는 상기 접안경에 대한 상기 주변 광원으로부터의 주변 광의 입사각을 결정하는 단계를 포함하며, 상기 감쇠는 상기 입사각에 기초하여 조정되는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 감쇠는 더 낮은 입사각들에서의 감쇠와 비교하여 상기 입사각에서 상기 주변 광의 투과를 감소시키도록 조정되는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 22

제19항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 주변 광을 감쇠시키는 것은 편광된 광을 제공하기 위해 상기 주변 광을 편광시키는 것 및 상기 편광된 광의 편광 상태를 상기 주변 광의 입사각의 함수로써 변조시키는 것을 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 감쇠는 상기 편광된 광의 상기 편광 상태의 변조를 변경함으로써 변경되는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 변조는 상기 편광된 광의 경로에서 복굴절 재료의 층에 의해 제공되는 지연(retardation)을 변경함으로써

변경되는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 복굴절 재료는 액정을 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 지연은 상기 액정에 인가되는 전기장을 변경함으로써 변경되는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 액정은 청색상 액정 또는 수직 정렬 액정인, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 28

제23항에 있어서,

상기 주변 광을 감쇠시키는 것은 상기 변조된 편광된 광을 제 2 편광기를 통해 지향시키는 것을 더 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 29

제28항에 있어서,

상기 감쇠는 액정 엘리먼트를 이용하여 변경되는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 30

제19항 내지 제29항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 주변 광원과 상기 접안경 사이의 상대 로케이션을 결정하는 단계는 주변 광 강도를 모니터링하는 단계 및 상기 모니터링된 주변 광 강도의 변화들에 기초하여 상기 상대 로케이션을 결정하는 단계를 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

청구항 31

제30항에 있어서,

상기 주변 광 강도는, 주변 환경의 이미지들을 획득하고 그리고 상기 획득된 이미지들을 분석하여 상기 이미지들에서 상기 주변 광원의 로케이션을 결정함으로써 모니터링되는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 "Tunable Attenuation of Light Transmission Artifacts in Wearable Displays"란 발명의 명칭으로, 2020년 6월 25일자에 출원된, 미국 특허출원 번호 제63/044,013호의 35 U.S.C. § 119(e) 하에서의 이점을 주장하며, 이는 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0002] 본 개시내용은 웨어러블 디스플레이들에서 광 투과 아티팩트(light transmission artifact)들의 조정이

능한 감쇠를 위한 기법들에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] [0003] 웨어러블 디스플레이 시스템들(예를 들어, 웨어러블 디스플레이 헤드셋들)과 같은, 광학 이미징 시스템들은 투사된 이미지들을 사용자에게 제시하는 하나 이상의 접안경(eyepiece)들을 포함할 수 있다. 접안경들은 하나 이상의 고굴절 재료들의 얇은 층들을 이용하여 구성될 수 있다. 예를로서, 접안경들은 고굴절 유리, 실리콘, 금속, 또는 중합체 기관들의 하나 이상의 층들로 구성될 수 있다.
- [0004] [0004] 다중 접안경들이 시물레이션된 3차원 이미지를 투사하기 위해 함께 사용될 수 있다. 예를 들어, 상이한 패턴을 각각 갖는 다중 접안경들은 서로 층상으로 겹쳐질 수 있으며, 각각의 접안경은 체적(volumetric) 이미지의 상이한 심도 층을 투사할 수 있다. 따라서, 접안경들은 3차원에 걸쳐 체적 이미지를 사용자에게 일괄하여 제시할 수 있다. 이는 예를 들어, 사용자에게 "가상 현실(virtual reality)" 환경을 제공하는데 유용할 수 있다.
- [0005] [0005] 웨어러블 디스플레이 시스템의 광학 엘리먼트들은 또한 사용자가 있는 환경으로부터의 광인 주변 광과 상호작용할 수 있다. 예를 들어, 웨어러블 디스플레이 시스템의 회절 구조는 사용자들 시야에 통상적으로 들어가지 않는, 높은 각도로 웨어러블 디스플레이 상에 입사하는 주변 광을 시야로 회절시켜, 사용자의 경험을 감소시키는 시각적 아티팩트를 생성할 수 있다.

발명의 내용

- [0006] [0006] 높은 입사각들로 입사하는 주변 광과 연관된 아티팩트들을 완화하기 위해 각도 선택적 필름(angularly selective film)들을 포함하는 웨어러블 디스플레이 시스템들이 설명된다. 예를 들어, 각도 선택적 필름들은 조정의 양이 광의 입사각에 따라 변하는 편광 조정 엘리먼트들과 함께 편광기들을 이용하여, 특정의 입사각들에 서의 광의 투과를 감소시킬 수 있다. 특정 실시예들에서, 각도 선택적 필름은 특정의 자극들에 응답하여, 예컨대, 전기장에 응답하여, 투과 특성들이 변화될 수 있는 동적 엘리먼트를 포함할 수 있다.
- [0007] [0007] 본 발명의 다양한 양태들은 다음과 같이 요약된다.
- [0008] [0008] 일반적으로, 제 1 양태에서, 본 발명은, 사용자의 시야에서 이미지들을 투사하기 위해 디스플레이로부터의 디스플레이 광을 접안경을 통해 사용자에게 지향시키는 단계; 주변 광원(ambient light source)과 접안경 사이의 상대 로케이션을 결정하는 단계; 및 주변 광원과 접안경 사이의 상대 로케이션에 따라 주변 광원으로부터의 주변 광의 감쇠를 접안경을 통해 조정하는 단계를 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법을 특징으로 한다.
- [0009] [0009] 웨어러블 디스플레이 시스템을 이용하여 이미지를 디스플레이하기 위한 방법의 실시예들은 다음 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상대 로케이션을 결정하는 단계는, 접안경에 대한 주변 광원으로부터의 주변 광의 입사각을 결정하는 단계를 포함하며, 감쇠는 입사각에 기초하여 조정된다. 감쇠는 더 낮은 입사각들에서의 감쇠와 비교하여 입사각에서 주변 광의 투과를 감소시키도록 조정될 수 있다.
- [0010] [0010] 주변 광을 감쇠시키는 것은 편광된 광을 제공하기 위해 주변 광을 편광시키는 것, 및 편광된 광의 편광 상태를 주변 광의 입사각의 함수로써 변조시키는 것을 포함할 수 있다. 감쇠는 편광된 광의 편광 상태의 변조를 변경하여 변경될 수 있다. 변조는 편광된 광의 경로에서 복굴절 재료(birefringent material)의 층에 의해 제공되는 지연(retardation)을 변경함으로써 변경될 수 있다. 복굴절 재료는 액정을 포함할 수 있다. 지연은 액정에 인가되는 전기장을 변경함으로써 변경될 수 있다. 액정은 청색상 액정(blue phase liquid crystal) 또는 수직 정렬 액정(vertically-aligned liquid crystal)일 수 있다.
- [0011] [0011] 주변 광을 감쇠시키는 것은 변조된 편광된 광을 제 2 편광기를 통해 지향시키는 것을 더 포함할 수 있다. 감쇠는 액정 엘리먼트를 이용하여 변경될 수 있다.
- [0012] [0012] 주변 광원과 접안경 사이의 상대 로케이션을 결정하는 것은 주변 광 강도(ambient light intensity)를 모니터링하는 것, 및 모니터링된 주변 광 강도에서의 변화들에 기초하여 상대 로케이션을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 주변 광 강도는, 주변 환경의 이미지들을 획득하고 그리고 획득된 이미지들을 분석하여 이미지들에서 주변 광원의 로케이션을 결정함으로써 모니터링될 수 있다.
- [0013] [0013] 제 2 양태에서, 본 발명은, 세계 측(world side) 및 세계 측에 대항하는 사용자 측을 갖는 접안경 스택 - 사용 동안, 사용자 측 상에 포지셔닝된 사용자가 사용자의 환경의 사용자의 시야를 증강시키는 접안경 스택

을 통해 웨어러블 디스플레이 시스템에 의해 전달되는 디스플레이된 이미지들을 봄 -; 접안경 스택의 세계 측 상에 배열된 조정가능한 감쇠기 - 조정가능한 감쇠기는 한 쌍의 선형 편광기들 사이에 배열된 전기-광학 셀 (electro-optic cell)을 포함함 -; 세계 측을 향하는 카메라 모듈; 및 조정가능한 감쇠기 및 카메라 모듈과 통신하는 전자 프로세싱 모듈 - 전자 프로세싱 모듈은, 카메라 모듈에 의해 캡처된 이미지들에 기초하여 주변 광원에 대한 접안경 스택의 상대 로케이션에 관한 정보를 결정하고 그리고 상대 로케이션에 관한 정보에 기초하여 조정가능한 감쇠기의 감쇠를 변경하도록 프로그래밍됨 -을 포함하는, 웨어러블 디스플레이 시스템을 특징으로 한다.

- [0014] [0014] 웨어러블 디스플레이 시스템의 실시예들은 다음 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 조정가능한 감쇠기는, 제 1 범위 밖의 입사각들로 조정가능한 감쇠기 상에 입사하는 광의 투과를 현저하게 감소시킴이 없이, 입사각들의 제 1 범위에서, 조정가능한 감쇠기에 입사하는 가시 광의 투과를 감소시킬 수 있다.
- [0015] [0015] 전기-광학 셀은 액정 재료의 층을 포함할 수 있으며, 조정가능한 감쇠기는 가변 전압을 액정 재료에 인가하도록 배열된 전압 소스를 더 포함할 수 있다. 액정 재료는 청색상 액정 재료 또는 수직 정렬 액정 재료일 수 있다. 조정가능한 감쇠기는 액정 재료의 층에 추가하여, 복굴절 재료의 적어도 하나의 층을 더 포함할 수 있다.
- [0016] [0016] 복굴절 재료의 적어도 하나의 층은 한 쌍의 1/4 파장 플레이트들을 포함할 수 있으며, 1/4 파장 플레이트들은 액정 재료의 층의 대향 측들 상에 배치된다. 각각의 1/4 파장 플레이트는 원형 편광기를 형성하기 위해 선형 편광기들 중 대응하는 하나에 대해 배열될 수 있다. 복굴절 재료의 적어도 하나의 층은 C-플레이트를 더 포함할 수 있다.
- [0017] [0017] 일부 실시예들에서, 2개의 선형 편광기들의 통과 축(pass axis)들은 교차될 수 있다.
- [0018] [0018] 전기-광학 셀은 조정가능한 감쇠기의 세계 측 상에서 한 쌍의 선형 편광기들의 제 1 선형 편광기에 의해 투과된 광의 편광 상태를 회전할 수 있다. 편광 상태의 회전의 양은 전기-광학 셀의 상태, 및 한 쌍의 선형 편광기들의 제 1 선형 편광기에 의해 투과되는 광의 입사각에 따라 변할 수 있다. 큰 입사각들을 갖는 투과 광은 작은 입사각들을 갖는 투과 광보다 적게 회전될 수 있다.
- [0019] [0019] 조정가능한 감쇠기는 50 mm x 50 mm보다 큰 영역을 가질 수 있다.
- [0020] [0020] 전기-광학 셀은 제 1 전기-광학 셀일 수 있으며, 조정가능한 감쇠기는 제 2 전기-광학 셀 및 제 3 선형 편광기를 더 포함할 수 있으며, 제 2 전기-광학 셀은 한 쌍의 선형 편광기들과 제 3 선형 편광기 사이에 배열된다. 제 1 및 제 2 전기-광학 셀들은 액정 재료의 대응하는 층으로 각각 구성될 수 있다. 조정가능한 감쇠기는 액정 재료의 대응하는 층의 대향 측들 상에 배열된 복굴절 재료들의 하나 이상의 층들을 더 포함할 수 있다.
- [0021] [0021] 조정가능한 감쇠기는 2개 이상의 스테이지들을 포함할 수 있으며, 각각의 스테이지는 한 쌍의 선형 편광기들 사이에 배열된 전기-광학 셀을 포함한다. 인접한 스테이지들은 선형 편광기를 공유할 수 있다.
- [0022] [0022] 다른 이점들 중에서, 본 발명의 구현예들은 디스플레이들의 격자 구조들과 상호작용하는 주변 미광(stray ambient light)과 연관된 특성의 웨어러블 디스플레이들에서의 바람직하지 않은 광학 아티팩트들(예를 들어, 레인보우 효과들)을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 표면 릴리프 격자들을 이용하는 도파관 기반의 웨어러블 디스플레이들(예를 들어, AR/MR 애플리케이션들의 경우)은 주변 미광을 디스플레이의 아이박스(eyebow)로 회절시켜, 사용자의 시야에서 원치않는 아티팩트들을 발생시킴으로써, 사용자의 경험을 감소시킬 수 있다. 본 발명의 구현예들은 사용자의 시야에 현저하게 영향을 미치지 없이, 이러한 아티팩트들을 현저하게 감소시킬 수 있다.
- [0023] [0023] 구현예들은 입사각에 기초하여 주변 광의 투과를 감쇠시킬 수 있다. 예를 들어, 사용자의 시야보다 더 큰 입사각들에 대해 광을 선택적으로 감쇠시키는 필름은 사용자의 세계관의 투과를 희생시킴이 없이, 회절 근안-디스플레이(diffractive near-eye-display)에 의해 발생하는 아티팩트들의 가시성을 완화할 수 있다.
- [0024] [0024] 하나 이상의 실시예들의 세부 사항들이 첨부 도면 및 아래의 상세한 설명에서 개시된다. 다른 특징 및 이점들은 설명 및 도면들로부터, 그리고 청구항들로부터 명백히 알 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0025] [0025] 도 1은 웨어러블 디스플레이 시스템의 일 예를 도시한다.

- [0026] 도 2a는 사용자를 위한 3차원 이미지 데이터를 시뮬레이션하는 종래의 디스플레이 시스템을 도시한다.
- [0027] 도 2b는 다중 심도 평면들을 이용하여 3차원 이미지 데이터를 시뮬레이션하는 접근법의 양태들을 도시한다.
- [0028] 도 3a 내지 도 3c는 곡률 반경과 초점 반경 사이의 관계들을 도시한다.
- [0029] 도 4는 AR 접안경에서 이미지 정보를 사용자에게 출력하는 도파관 스택의 일 예를 도시한다.
- [0030] 도 5 및 도 6은 도파관에 의해 출력되는 출사 빔들의 예들을 도시한다.
- [0031] 도 7a 및 도 7b는 표면 릴리프 격자를 갖는 디스플레이 결합기를 통한 광 경로들을 예시하는 개략도들이다.
- [0032] 도 8a 및 도 8b는 각도 선택적 필름을 갖거나 갖지 않고, 디스플레이 결합기를 통한 광 투과를 구획하는 개략도들이다.
- [0033] 도 9는 디스플레이 결합기를 갖는 접안경 및 조정가능한 감쇠기의 일 예의 개략도이다.
- [0034] 도 10은 조정가능한 감쇠기의 일 예를 통해 입사광 각도의 함수로써 3개의 상이한 파장들의 투과를 도시하는 플롯이다.
- [0035] 도 11a 내지 도 11i는 각각 3개의 상이한 입사각들에서 3개의 상이한 접안경 예들에 대응하는 상이한 시뮬레이션된 레인보우 아티팩트들의 차트이다.
- [0036] 도 12a, 도 12c 및 도 12e는 3개의 상이한 지연 값들에서의 인지된 칼라 시프트(color shift)들을 도시하는 차트들이다.
- [0037] 도 12b, 도 12d 및 도 12f는 3개의 상이한 지연 값들에서 3개의 상이한 파장들에 대한 투과 프로파일들을 도시하는 차트들이다.
- [0038] 도 13은 디스플레이 결합기를 갖는 접안경 및 조정가능한 감쇠기의 다른 예의 개략도이다.
- [0039] 도 14는 3개의 상이한 파장들에 대해 다중 조정가능한 감쇠기들을 통한 입사광 각도의 함수로써 투과를 도시하는 플롯이다.
- [0040] 도 15는 디스플레이 결합기를 갖는 접안경 및 정적 C-플레이트와 결합된 조정가능한 감쇠기의 또 다른 예의 개략도이다.
- [0041] 도 16은 주변 광 감쇠를 위한 예시적인 전압 제어 피드백 메커니즘을 상세히 설명하는 플로우차트이다.
- [0042] 도 17a 및 도 17b는 상이한 입사각들에서 디스플레이 결합기를 통한 광 투과를 비교하는 개략도들이다.
- [0043] 도 18은 시간에 따른 다중 입사각들에서 디스플레이 결합기를 통한 다중 광 투과들을 비교하는 개략도이다.
- [0044] 도 19a 내지 도 19c는 등방성 매질(isotropic medium)을 상이한 청색상 LC 재료들과 비교하는 굴절률 타원체들의 개략도들이다.
- [0045] 도 20은 수직 정렬 네마틱 액정 층을 갖는 예시적인 전기-광학 셀의 개략도이다.
- [0046] 도 21a 내지 도 21c는 수직 정렬 네마틱 액정 층을 이용한 디바이스들에서의 예시적인 표면 정렬 패턴들을 도시하는 플롯들이다.
- [0047] 도 22는 웨어러블 디스플레이 시스템에 유용한 예시적인 컴퓨터 시스템의 다이어그램이다.
- [0048] 도면들에서, 유사한 참조들은 동일한 엘리먼트들을 표시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] [0049] 도 1은 디스플레이 또는 접안경(70), 및 해당 디스플레이(70)의 기능을 지원하는 다양한 기계 및 전자 모듈들 및 시스템들을 포함하는 예시적인 웨어러블 디스플레이 시스템(60)을 예시한다. 디스플레이(70)는 디스플레이 시스템 사용자(90)에 의해 착용 가능하고 디스플레이(70)를 사용자(90)의 눈들의 전면에 포지셔닝시키도록 구성되는 프레임(80)에 하우징된다. 디스플레이(70)는 일부 실시예들에서 안경류로 간주될 수 있다. 세계-

관측(world-viewing) (예를 들어, 사용자의 환경을 향하고 유사한 시야를 갖는) 카메라(81)는 프레임(80)에 장착된다. 일부 실시예들에서, 스피커(100)는 프레임(80)에 커플링되며 사용자(90)의 외이도(ear canal)에 인접하게 포지셔닝된다. 디스플레이 시스템은 또한 사운드를 검출하기 위해 하나 이상의 마이크로폰들(110)을 포함할 수 있다. 마이크로폰(110)은 사용자가 입력들 또는 커맨드들을 시스템(60)에 제공하게 할 수 있고/있거나 (예를 들어, 보이스 메뉴 커맨드들, 자연 언어 질문들, 등의 선택), 다른 사람들과의(예를 들어, 유사한 디스플레이 시스템들의 다른 사용자들과의) 오디오 통신을 하게 할 수 있다. 마이크로폰(110)은 또한 사용자의 환경으로부터의 오디오 데이터(예를 들어, 사용자 및/또는 환경으로부터의 사운드들)를 수집할 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 또한 주변 센서(120a)를 포함할 수 있으며, 이는 프레임(80)으로부터 분리되고 사용자(90)의 신체(예를 들어, 머리, 몸통, 사지, 등)에 부착될 수 있다. 주변 센서(120a)는 일부 실시예들에서 사용자(90)의 생리학적 상태를 특징짓는 데이터를 획득할 수 있다.

[0027] [0050] 디스플레이(70)는 유선 리드(lead) 또는 무선 접속과 같은 통신 링크(130)에 의해, 프레임(80)에 고정적으로 부착되거나, 사용자가 착용한 헬멧 또는 모자에 고정적으로 부착되거나, 헤드폰들에 내장되거나, 또는 사용자(90)에게 (예를 들어, 백팩-스타일 구성으로 또는 벨트-커플링 스타일 구성으로) 착탈식으로 부착되는 것과 같은, 다양한 구성들로 장착될 수 있는 로컬 데이터 프로세싱 모듈(140)에 동작 가능하게 커플링된다. 이와 유사하게, 센서(120a)는 통신 링크(120b)(예를 들어, 유선 리드 또는 무선 접속)에 의해 로컬 프로세서 및 데이터 모듈(140)에 동작 가능하게 커플링될 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 하드웨어 프로세서뿐만 아니라, 비-휘발성 메모리(예를 들어, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 드라이브)와 같은 디지털 메모리를 포함할 수 있으며, 이들 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱, 및 저장을 지원하는데 이용될 수 있다. 데이터는 1) 이미지 캡처 디바이스들(예를 들어, 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴파스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 자이로들, 및/또는 본원에서 개시된 다른 센서들과 같은, (예를 들어, 프레임(80)에 동작 가능하게 커플링되거나 또는 아니면 사용자(90)에게 부착될 수 있는) 센서들로부터 캡처되거나; 및/또는 2) 아마도 이러한 프로세싱 또는 취출 후 디스플레이(70)로의 전달을 위해 (가상 콘텐츠에 관한 데이터를 포함하는) 원격 프로세싱 모듈(150) 및/또는 원격 데이터 저장소(160)를 이용하여 획득 및/또는 프로세싱되는 데이터를 포함할 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 통신 링크들(170, 180)에 의해, 예컨대 유선 또는 무선 통신 링크들을 통해, 원격 프로세싱 모듈(150) 및 원격 데이터 저장소(160)에 동작 가능하게 커플링될 수 있어, 이들 원격 모듈들(150, 160)이 서로 동작 가능하게 커플링되고 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)에 대한 리소스들로서 이용 가능하다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 이미지 캡처 디바이스들, 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴파스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 및/또는 자이로들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 이들 센서들 중 하나 이상은 프레임(80)에 부착될 수 있거나, 또는 유선 또는 무선 통신 경로들에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)과 통신하는 독립형(standalone) 디바이스들일 수 있다.

[0028] [0051] 원격 프로세싱 모듈(150)은 이미지 및 오디오 정보와 같은 데이터를 분석 및 프로세싱하기 위해 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는 "클라우드" 리소스 구성에서 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통해 이용 가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 시설일 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는 정보(예를 들어, 증강 현실 콘텐츠를 발생시키기 위한 정보)를 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(150)에 제공하기 위해 하나 이상의 원격 서버들을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 모든 데이터는 저장되고 모든 계산들은 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 수행되므로, 원격 모듈에서의 완전히 자율적인 사용을 허용한다.

[0029] [0052] 이미지를 "3차원" 또는 "3-D"인 것으로 인식하는 것은 이미지의 약간 상이한 프리젠테이션들을 사용자의 각각의 눈에 제공함으로써 달성될 수 있다. 도 2a는 사용자를 위한 3차원 이미지 데이터를 시뮬레이션하는 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다. 각각의 눈(210, 220)에 대해 하나씩, 2개의 별개의 이미지들(190, 200)이 사용자에게 출력된다. 이미지들(190, 200)은 사용자의 가시선에 평행한 광학 또는 Z-축을 따라 거리(230)만큼 눈들(210, 220)로부터 이격된다. 이미지들(190, 200)은 편평하며, 눈들(210, 220)은 단일 원근조절(accommodated) 상태를 가정함으로써 이미지들 상에 포커싱할 수 있다. 이러한 3-D 디스플레이 시스템들은 이미지들(190, 200)을 결합하여 결합된 이미지에 대한 심도 및/또는 스케일의 지각을 제공하기 위해 인간 시각 시스템에 의존한다.

[0030] [0053] 그러나, 인간 시각 시스템은 복잡하며, 심도의 사실적인 지각을 제공하는 것은 도전적이다. 예를 들어, 종래의 "3-D" 디스플레이 시스템들의 다수의 사용자들은 이러한 시스템들이 불편하거나 또는 심도의 감지를 전혀 인식하지 못할 수 있다고 생각한다. 오브젝트들은 이향(vergence)과 원근조절(accommodation)의 조합으로

인해 "3차원"으로 인지될 수 있다. 서로에 대한 2개의 눈들의 이항 운동들(예를 들어, 동공들이 서로를 향하거나 멀어지게 움직여 눈들의 개개의 가시선들을 수렴하여 오브젝트 상에 고정하도록 하는 눈들의 회전)은 눈들의 수정체의 포커싱(또는, "원근조절")과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들 하에서, 하나의 오브젝트로부터 상이한 거리에 있는 다른 오브젝트로 초점을 변경하기 위해, 눈들의 수정체의 초점을 변경하거나, 또는 눈들을 조절하면, "원근조절-이항 반사"뿐만 아니라, 동공 확장 또는 수축으로서 알려진 관계 하에서, 동일한 거리에 대한 이항의 일치하는 변화를 자동적으로 초래할 것이다. 이와 유사하게, 정상 조건들 하에서, 이항의 변화는 렌즈 형상 및 동공 사이즈의 원근조절에서의 일치하는 변화를 트리거할 것이다. 본원에서 언급된 바와 같이, 다수의 입체 또는 "3-D" 디스플레이 시스템들은 3차원 관점이 인간 시각 시스템에 의해 인지되도록, 각각의 눈에 약간 상이한 프리젠테이션들(따라서, 약간 상이한 이미지들)을 이용하여 장면을 디스플레이한다. 그러나, 이러한 시스템들은, 이들이 단일 원근조절된 상태에서 이미지 정보를 단순히 제공하고 "원근조절-이항 반사"에 불리하게 되기 때문에, 일부 사용자들에게는 불편할 수 있다. 원근조절과 이항 사이에 더 나은 매칭을 제공하는 디스플레이 시스템들은 3차원 이미지 데이터의 보다 현실적이고 편안한 시뮬레이션들을 형성할 수 있다.

[0031] [0054] 도 2b는 다중 심도 평면들을 이용하여 3차원 이미지 데이터를 시뮬레이션하는 접근법의 양태들을 예시한다. 도 2b를 참조하면, 눈들(210, 220)은 Z-축 상에서 다양한 거리들에서 오브젝트들에 포커싱하기 위해 상이한 원근조절된 상태들을 가정한다. 그 결과, 특정의 원근조절된 상태는 눈이 해당 심도 평면에 대해 원근조절된 상태에 있을 때 특정의 심도 평면에서 오브젝트들 또는 오브젝트들의 부분들이 포커싱되도록, 연관된 초점 거리를 갖는, 예시된 심도 평면들(240) 중 특정의 하나와 연관되는 것으로 말할 수 있다. 일부 실시예들에서, 3차원 이미지 데이터는 눈들(210, 220) 각각에 대해 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써, 또한 다중 심도 평면들에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써, 시뮬레이션될 수 있다. 눈들(210, 220)의 개개의 시야들이 예시의 명료성을 위해 분리된 것으로 도시되지만, 이들은 예를 들어, Z-축에 따른 거리가 증가함에 따라 중첩할 수 있다. 게다가, 심도 평면들이 예시의 용이를 위해 편평한 것으로 도시되지만, 심도 평면에서의 모든 피쳐들이 특정한 원근조절된 상태에서 눈으로 포커싱되도록 심도 평면의 윤곽선들이 물리적 공간에서 만곡될 수 있음을 알 수 있을 것이다.

[0032] [0055] 오브젝트와 눈(210 또는 220) 사이의 거리는 또한 해당 눈으로 볼 때, 해당 오브젝트로부터의 광 발산의 양을 변경할 수 있다. 도 3a 내지 도 3c는 거리와 광선(light ray)들의 발산 사이의 관계들을 예시한다. 오브젝트와 눈(210) 사이의 거리는 거리가 감소하는 순서대로, R1, R2, 및 R3로 표현된다. 도 3a 내지 도 3c에 도시된 바와 같이, 광선들은 오브젝트까지의 거리가 감소함에 따라 더 많이 발산된다. 거리가 증가함에 따라, 광선들이 더욱 시준된다. 달리 말하면, 지점(오브젝트 또는 오브젝트의 부분)에 의해 발생하는 명시야가 지점이 사용자의 눈으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지의 함수인, 구형 파면 곡률을 갖는다고 말할 수 있다. 곡률은 오브젝트와 눈(210) 사이의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 그 결과, 상이한 심도 평면들에서, 광선들의 발산의 정도가 또한 상이하며, 발산의 정도는 심도 평면들과 사용자의 눈(210) 사이의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 단지 단일 눈(210)만이 예시의 명료성을 위해 도 3a 내지 도 3c 및 본원의 다른 도면들에 예시되지만, 눈(210)에 관한 설명들이 사용자의 2개의 눈들(210 및 220)에 적용될 수 있음을 알 수 있을 것이다.

[0033] [0056] 인지된 심도의 매우 믿을 수 있는 시뮬레이션이 제한된 개수의 심도 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 눈에 제공함으로써 달성될 수 있다. 상이한 프리젠테이션들은 사용자의 눈에 의해 개별적으로 포커싱될 수 있으므로, 상이한 심도 평면들에 로케이트된 장면에 대한 상이한 이미지 피쳐들에 초점을 맞추는데 필요한 눈의 원근조절의 양에 기초하여, 및/또는 탈초점인 상이한 심도 평면들 상에서 상이한 이미지 피쳐들을 관찰하는 것에 기초하여, 사용자에게 심도 큐들을 제공하는 것을 도울 수 있다.

[0034] [0057] 도 4는 AR 접안경에서 이미지 정보를 사용자에게 출력하는 도파관 스택의 일 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(250)은 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 이용하여 3차원 시각을 눈/두뇌에 제공하는데 이용될 수 있는 도파관들의 스택, 또는 스택된 도파관 어셈블리(260)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 도 1의 시스템(60)이며, 도 4는 그 시스템(60)의 일부 부분들을 더욱더 자세하게 개략적으로 도시한다. 예를 들어, 도파관 어셈블리(260)는 도 1의 디스플레이(70)의 부분일 수 있다. 디스플레이 시스템(250)이 일부 실시예들에서 명시야 디스플레이로 간주될 수 있음을 알 수 있을 것이다.

[0035] [0058] 도파관 어셈블리(260)는 또한 도파관들 사이의 복수의 피쳐들(320, 330, 340, 350)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 피쳐들(320, 330, 340, 350)은 하나 이상의 렌즈들일 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 및/또는 복수의 렌즈들(320, 330, 340, 350)은 다양한 레벨들의 파면 곡률 또는 광선 발산을 갖는 이미지 정보를 눈으로 전송하도록 구성될 수 있다. 각각의 도파관 레벨은 특정의 심도 평면과 연관될 수 있으며, 해당 심도 평면에 대응하는 이미지 정보를 출력하도록 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370,

380, 390, 400)은 도파관들에 대한 광의 소스로서 기능할 수 있으며, 이미지 정보를 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 주입하는데 이용될 수 있으며, 이들 각각은 본원에서 설명된 바와 같이, 눈(210)으로 향하는 출력을 위해, 각각의 개개의 도파관에 걸쳐 입사광을 분배하도록 구성될 수 있다. 광은 각각의 개개의 이미지 주입 디바이스(360, 370, 380, 390, 400)의 출력 표면(410, 420, 430, 440, 450)으로부터 출사하여, 개개의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 대응하는 입력 표면(460, 470, 480, 490, 500)으로 주입된다. 일부 실시예들에서, 입력 표면들(460, 470, 480, 490, 500) 각각은 대응하는 도파관의 예지일 수 있거나, 또는 대응하는 도파관의 주요 표면의 부분(즉, 세계(510) 또는 사용자의 눈(210)에 직접 향하는 도파관 표면들 중 하나)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 광의 빔(예를 들어, 시준된 빔)은 각각의 도파관으로 주입될 수 있으며, 도파관에서 회절에 의해 빔릿(beamlet)들로 샘플링하는 것과 같이 복제될 수 있으며, 이후 해당 특정의 도파관과 연관된 심도 평면에 대응하는 광 전력의 양으로 눈(210)을 향해 지향될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 하나는 복수(예를 들어, 3개)의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)과 연관되어 이들로 광을 주입할 수 있다.

[0036] [0059] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 각각 대응하는 도파관(270, 280, 290, 300, 310)로의 주입을 위해 이미지 정보를 각각 발생하는 별개의 디스플레이들이다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 이미지 정보를 하나 이상의 광학 도파관들(예컨대, 광섬유 케이블들)을 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 각각으로 송신할 수 있는 단일 다중화된 디스플레이의 출력 단부들이다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)에 의해 발생하는 이미지 정보가 상이한 파장들, 또는 칼라들의 광을 포함할 수 있음을 알 수 있을 것이다.

[0037] [0060] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 주입된 광은 광 프로젝터 시스템(520)에 의해 제공되며, 이는 광 모듈(530)을 포함하며, 이는 광원 또는 발광 다이오드(LED)와 같은, 광 이미터를 포함할 수 있다. 광 모듈(530)로부터의 광은 빔스플리터(BS)(550)를 통해, 광 변조기(540)(예를 들어, 공간 광 변조기)로 지향되어 이에 의해 변조될 수 있다. 광 변조기(540)는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 주입된 광의 인지된 강도를 공간적으로 및/또는 시간적으로 변화시킬 수 있다. 공간 광 변조기들의 예들은 실리콘 액정(LCOS) 디스플레이들, 및 디지털 광 프로젝션(DLP) 디스플레이들에 사용되는 것들과 같은, MEMS 마이크로-거울 어레이들을 포함한, 액정 디스플레이(LCD)들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 광 프로젝터 시스템(520)은 마이크로-LED 디스플레이와 같은, 발광 다이오드(LED) 디스플레이를 포함할 수 있다.

[0038] [0061] 일부 실시예들에서, 광 프로젝터 시스템(520), 또는 하나 이상의 이들의 컴포넌트들이 프레임(80)에 부착될 수 있다(도 1). 예를 들어, 광 프로젝터 시스템(520)은 프레임(80)의 일시적 부분(예를 들어, 귀 줄기(82))의 부분이거나 또는 디스플레이(70)의 예지에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 모듈(530)은 BS(550) 및/또는 광 변조기(540)로부터 분리될 수 있다.

[0039] [0062] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 광을 다양한 패턴들(예를 들어, 래스터 스캔, 나선형 스캔, Lissajous 패턴들, 등)로 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로, 궁극적으로는, 사용자의 눈(210)으로 투사하는 하나 이상의 스캐닝 섬유들을 포함하는 스캐닝 섬유 디스플레이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 광을 하나 또는 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 주입하도록 구성된 단일 스캐닝 섬유 또는 스캐닝 섬유들의 번들을 개략적으로 나타낼 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 복수의 스캐닝 섬유들 또는 스캐닝 섬유들의 복수의 번들을 개략적으로 나타낼 수 있으며, 이들 각각은 광을 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 연관된 도파관으로 주입하도록 구성된다. 하나 이상의 광 섬유들은 광 모듈(530)로부터의 광을 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 및 310)로 송신할 수 있다. 게다가, 하나 이상의 개재 광학 구조들이, 예를 들어, 스캐닝 섬유를 출사하는 광을 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 재지향시키기 위해, 스캐닝 섬유, 또는 섬유들, 및 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 사이에 제공될 수 있다.

[0040] [0063] 제어기(560)는 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400), 광원(530), 및 광 변조기(540)의 동작을 포함한, 스택된 도파관 어셈블리(260)의 동작을 제어한다. 일부 실시예들에서, 제어기(560)는 로컬 데이터 프로세싱 모듈(140)의 부분이다. 제어기(560)는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에의 이미지 정보의 타이밍 및 제어를 조절하는 프로그래밍(예를 들어, 비일시성 매체 내 명령들)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 제어기는 단일 통합 디바이스, 또는 유선 또는 무선 통신 채널들에 의해 접속된 분산 시스템일 수 있다. 제어기(560)는 일부 실시예들에서 프로세싱 모듈들(140 또는 150)의 부분일 수 있다(도 1).

- [0041] [0064] 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 내부 전반사(TIR)에 의해 각각의 개개의 도파관 내에서 광을 전파하도록 구성될 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 각각 평면이거나 또는 다른 형상(예를 들어, 만곡형)을 가질 수 있으며, 주요 최상부 및 최하부 표면들 및 에지들은 이들 주요 최상부 표면과 최하부 표면 사이에서 연장된다. 예시된 구성에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 이미지 정보를 눈(210)으로 출력하기 위해, 각각의 개개의 도파관 내에서 전파하는 광을 도파관으로부터 재지향시킴으로써 도파관으로부터 광을 추출하도록 구성되는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 각각 포함할 수 있다. 추출된 광은 또한 아웃-커플링된 광으로 지칭될 수 있으며, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들 광은 또한 광 추출 광학 엘리먼트들로 지칭될 수 있다. 추출된 광의 빔은 도파관에서 전파하는 광이 광 추출 광학 엘리먼트에 충돌하는 로케이션들에서 도파관에 의해 출력될 수 있다. 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 예를 들어, 본원에서 추가로 설명된 바와 같이, 회절 격자들을 포함한, 회절 광학 피쳐들일 수 있다. 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)이 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 최하부 주요 표면들에 배치되는 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서, 이들은 최상부 및/또는 최하부 주요 표면들에 배치될 수 있고/있거나, 본원에서 추가로 설명된 바와 같이 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 체적에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 형성하기 위해 투명 기판에 부착되는 재료의 층에 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 재료의 단일체 조각일 수 있으며, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 해당 재료의 조각의 표면 상에 및/또는 내부에 형성될 수 있다.
- [0042] [0065] 각각의 도파관(270, 280, 290, 300, 310)은 특정의 심도 평면에 대응하는 이미지를 형성하기 위해 광을 출력할 수 있다. 예를 들어, 눈에 가장 가까운 도파관(270)은 시준된 광의 빔들을 눈(210)으로 전달할 수 있다. 시준된 광의 빔들은 광학적 무한대 초점면을 나타낼 수 있다. 다음으로, 도파관(280)은 눈(210)에 도달하기 전에 제 1 렌즈(350)(예를 들어, 음 렌즈)를 통과하는 시준된 광의 빔들을 출력할 수 있다. 제 1 렌즈(350)는 눈/두뇌가 해당 도파관(280)으로부터 나오는 광을, 광학적 무한대로부터 눈(210)을 향하여 내측으로 더 가까운 제 1 초점면으로부터 발생하는 것으로 해석하도록, 약간의 볼록한 파면 곡률을 시준된 빔들에 추가할 수 있다. 이와 유사하게, 제 3 도파관(290)은 그의 출력 광을 눈(210)에 도달하기 전에 제 1 렌즈(350) 및 제 2 렌즈(340) 둘 모두를 통해 통과시킨다. 제 1 렌즈(350)와 제 2 렌즈(340)의 결합된 광 전력은 눈/두뇌가 제 3 도파관(290)으로부터 나오는 광을, 제 2 도파관(280)으로부터의 광보다 광학적 무한대로부터 내측으로 더 가까운 제 2 초점면으로부터 발생하는 것으로 해석하도록, 파면 곡률의 또 다른 증분 양을 추가할 수 있다.
- [0043] [0066] 다른 도파관 층들(300, 310) 및 렌즈들(330, 320)은 유사하게 구성되며, 스택에서 최고 도파관(310)은 사람에게 대해 가장 가까운 초점면을 나타내는 총 초점 전력을 위해 그의 출력력을 이것과 눈 사이의 렌즈들 모두를 통해서 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(260)의 다른 측면 상의 세계(510)로부터 오는 광을 보고/해석할 때 렌즈들(320, 330, 340, 350)의 스택을 보상하기 위해, 보상 렌즈 층(620)은 아래의 렌즈 스택(320, 330, 340, 350)의 총 광 전력을 보상하기 위해 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 이러한 구성은 가용 도파관/렌즈 페어링들이 있는 만큼 다수의 인지된 초점면들로서 제공한다. 도파관들의 아웃-커플링 광학 엘리먼트들 및 렌즈들의 포커싱 양태들 둘 모두는 정적일 수 있다(즉, 동적 또는 전기-활성이 아님). 일부 대안적인 실시예들에서, 둘 중 하나 또는 둘 모두는 전기-활성 피쳐들을 이용하여 동적일 수 있다.
- [0044] [0067] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 2개 이상은 동일한 연관된 심도 평면을 가질 수 있다. 예를 들어, 다중 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 동일한 심도 평면으로 설정된 이미지들을 출력할 수 있거나, 또는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 다중 서브세트들은 동일한 복수의 심도 평면들로 설정된 이미지들을 출력할 수 있으며, 각각의 심도 평면에 대해 하나가 설정된다. 이는 이들 심도 평면들에서 확장된 시야를 제공하기 위해 타일 이미지를 형성하는데 이점들을 제공할 수 있다.
- [0045] [0068] 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 이들의 개개의 도파관들로부터의 광을 재지향시킬 뿐 아니라 이 광을 도파관과 연관된 특정의 심도 평면에 대해 적합한 양의 발산 또는 시준으로 출력하도록 구성될 수 있다. 그 결과, 상이한 연관된 심도 평면들을 갖는 도파관들은 상이한 구성들의 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 가질 수 있으며, 이는 연관된 심도 평면에 따라 상이한 발산의 양으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 체적 또는 표면 피쳐들일 수 있으며, 이는 특정의 각도들에서 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 체적 홀로그래프들, 표면 홀로그래프들, 및/또는 회절 격자들일 수 있다. 일부 실시예들에서, 피쳐들(320, 330, 340, 350)은 렌즈들이 아닐 수 있으며; 오히려, 이들은 단순히 스페이서들(예를 들어, 공기 간극들을 형성하는 클래딩 층들 및/또는 구조들)일 수 있다.

- [0046] [0069] 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 단지 빔의 광 전력의 부분만이 각각의 상호작용으로 눈(210)을 향하여 재지향되고 나머지는 TIR을 통해 도파관을 통해 계속 이동하기에 충분히 낮은 회절 효율을 가진 회절 피쳐들이다. 따라서, 광 모듈(530)의 출사동이 광원(530)으로부터의 이미지 정보를 운반하는 복수의 출력 빔들을 생성하기 위해 도파관을 가로질러 복제되어, 눈(210)이 복제된 광원 출사동을 차단할 수 있는 로케이션들의 개수를 효과적으로 확장한다. 이들 회절 피쳐들은 또한 도파관에 의해 광 출력의 균일성을 향상시키기 위해 이들의 기하학적 구조에 걸쳐 가변 회절 효율을 가질 수 있다.
- [0047] [0070] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 회절 피쳐들은 이들이 능동적으로 회절하는 "온" 상태들과 이들이 현저하게 회절하지 않는 "오프" 상태들 사이에 스위칭 가능할 수 있다. 예를 들어, 스위칭가능 회절 엘리먼트는 마이크로 액적들이 호스트 매질에서 회절 패턴을 형성하는 중합체 분산된 액정의 층을 포함할 수 있으며, 마이크로 액적들의 굴절률은 실질적으로 매칭 호스트 재료의 굴절률과 실질적으로 일치하도록 스위칭되지 않을 수 있거나 (이 경우, 패턴은 입사광을 눈에 띄게 회절시키지 않음) 또는 마이크로 액적은 호스트 매질의 굴절률과 일치하지 않는 굴절률로 스위칭될 수 있다(이 경우, 패턴은 입사광을 능동적으로 회절시킴).
- [0048] [0071] 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)(예를 들어, 가시 광 및 IR 광 카메라들을 포함한, 디지털 카메라)가 눈(210), 눈(210)의 일부, 또는 눈(210)을 둘러싸는 조직의 적어도 일부분의 이미지들을 캡처하여, 예를 들어, 사용자 입력들을 검출하고, 눈으로부터 생체측정 정보를 추출하고, 눈의 시선 방향을 추정 및 트래킹하고, 사용자의 생리학적 상태를 모니터링하는, 등을 하기 위해 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 이미지 캡처 디바이스 및 광(예를 들어, IR 또는 근-IR 광)을 눈에 투사하는 광원을 포함할 수 있으며, 광은 이후 눈에 의해 반사되어 이미지 캡처 디바이스에 의해 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광원은 IR 또는 근-IR에서 방출하는 발광 다이오드들("LED들")을 포함한다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 프레임(80)에 부착될 수 있고(도 1), 카메라 어셈블리(630)로부터의 이미지 정보를 프로세싱하여 예를 들어, 사용자의 생리학적 상태, 착용자의 시선 방향, 홍채 식별, 등에 관한 다양한 결정들을 행할 수 있는, 프로세싱 모듈들(140 또는 150)과 전기 통신할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나의 카메라 어셈블리(630)는 각각의 눈을 별도로 모니터링하기 위해 각각의 눈에 대해 이용될 수 있다.
- [0049] [0072] 도 5는 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 일 예를 예시한다. 하나의 도파관이 (사시도로) 예시되지만, 도파관 어셈블리(260)(도 4)의 다른 도파관들은 유사하게 기능할 수 있다. 광(640)은 도파관(270)의 입력 표면(460)에서 도파관(270)으로 주입되고 TIR에 의해 도파관(270) 내에서 전파한다. 회절 피쳐들과의 상호작용을 통해, 광은 도파관을 출사 빔들(650)로서 출사한다. 출사 빔들(650)은 이미지들을 도파관으로 투사하는 프로젝터 디바이스로부터 출사동을 복제한다. 출사 빔들(650) 중 임의의 하나는 입력 광(640)의 총 에너지의 서브-부분을 포함한다. 그리고, 완벽하게 효율적인 시스템에서, 모든 출사 빔들(650)에서의 에너지의 합은 입력 광(640)의 에너지와 동일할 것이다. 출사 빔들(650)은 도 6에서 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 본원에서 설명된 바와 같이, 광 전력의 일부 양이 도파관(270)과 연관된 심도 평면에 따라 부여될 수 있다. 평행 출사 빔들은 눈(210)으로부터 큰 거리(예를 들어, 광학적 무한대)에서 심도 평면 상에 설정된 것처럼 보이는 이미지들을 형성하기 위해 광을 아웃-커플링하는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 표시할 수 있다. 다른 도파관들 또는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은 도 6에 도시된 바와 같이, 더 발산하는 출사 빔 패턴을 출력할 수 있으며, 이는 망막에 포커싱하기 위해 더 가까운 거리로 눈(210)을 원근조절하도록 요구할 것이며, 두뇌에 의해 광학적 무한대보다 눈(210)에 더 가까운 거리로부터의 광으로 해석될 것이다.
- [0050] [0073] 웨어러블 디스플레이 시스템들(예를 들어, 웨어러블 디스플레이 시스템들에 사용되는 광학 엘리먼트들을 포함함)에 관한 추가 정보는 "EYEPICES FOR AUGMENTED REALITY DISPLAY SYSTEM"란 발명의 명칭으로 2018년 12월 14일자에 출원된 미국 특허 공보 번호 US 2019/0187474 A1호에서 발견될 수 있으며, 이의 내용들은 그 전체가 인용에 의해 포함된다.
- [0051] [0074] 위에서 언급한 바와 같이, 웨어러블 디스플레이 시스템(60)은 웨어러블 디스플레이 시스템의 광학 성능을 향상시키는 하나 이상의 격자 구조들을 갖는 하나 이상의 광학 엘리먼트들을 포함한다. 예를 들어, 도 7a 및 도 7b를 참조하면, 회절 릴리프 구조인, 격자(710)는 웨어러블 디스플레이 시스템의 출사동의 사이즈를 증가시키는 출사동 확장기(EPE)로서 근안 디스플레이 결합기(700)(예를 들어, 위에서 설명한 바와 같은 스택된 도파관 어셈블리)와 함께 사용된다. 도 7a에 예시된 바와 같이, 결합기(700)는 그의 길이를 따라 총-내부-반사(TIR)를 통해 에지-커플링된 광을 안내하는 도파관(720)(예를 들어, 유리 기판)을 포함하지만, 격자(710)는 광의 적어도 일부가 광 가이드(710)로부터 추출되도록 입사하는 안내 광을 디스플레이 시스템의 사용자를 향해 회절시킨다.

- [0052] [0075] 구체적으로 도 7b를 참조하면, 사용자의 환경으로부터의 주변 광은 또한 "세계" 측으로부터 디스플레이 결합기(700) 상에 입사한다. 이 광은 격자(710)와 상호작용하며 이 광 중 적어도 일부는 사용자의 시야로 회절될 수 있다. EPE를 통해 사용자가 볼 때, 세계로부터 회절된 광은 바람직하지 않은 이미지 아티팩트로서 나타날 수 있다. 사용자의 시야에서 아티팩트들을 발생시키는 입사각들은 일반적으로 디스플레이 결합기의 설계에 의존한다. 회절 도파관 기반의 디스플레이 결합기들의 경우, 큰 입사각들은 종종 사용자의 세계 시야의 중심에 가장 가까운 미광 경로들을 초래한다.
- [0053] [0076] 이 효과는 디스플레이 결합기(800)를 도시하는 도 8a에 추가로 예시된다. 주변 광은 디스플레이 결합기(800)의 전면 표면 상에 입사각 θ_{inc} 으로 입사한다. 입사광 중 적어도 일부는 예시된 바와 같은 격자 및 결합기를 통해 투과된다. 그러나, 디스플레이 결합기(800)는 입사광의 적어도 일부를 사용자를 향해 회절시키는 격자(미도시)를 지지한다. 미광으로 라벨링된, 이 광은 각도 θ_{stray} 로 회절한다.
- [0054] [0077] 도 8b를 참조하면, 조정가능한 감쇠기(810)는 주변 광과 연관된 미광 아티팩트들을 가변적으로 감소시키기 위해 디스플레이 결합기(800)에 적용될(예를 들어, 부착될) 수 있다. 일반적으로, 감쇠기(810)를 통한 광의 투과는 필름에 대한 광의 입사각 및 감쇠기의 하나 이상의 조정가능한 층들의 광학 상태 둘 모두에 의존한다. 예시된 바와 같이, 감쇠기(810)는 비교적 높은 입사각 θ_{inc} (예를 들어, 사용자가 실내 환경들의 오버헤드 조명에서 경험할 수 있는 바와 같은, 30° 이상, 35° 이상, 40° 이상, 45° 이상)을 갖는 광의 투과를 감쇠시키지만(예를 들어, 감소시키거나 또는 차단하지만), 더 낮은 입사각 θ_a 을 갖는 광(예를 들어, 디바이스의 핵심 시야에서 착용자가 보는 "세계 광")을 투과한다. 아래에서 좀더 자세히 설명하는 바와 같이, 감쇠기(810)는 예를 들어, 디스플레이에 대한 주변 광원들의 상대 방향을 변경하는 것과 같은, 주변 조명 조건들에서의 변동들에 응답하여, 상이한 입사각들에서 감쇠의 정도를 변경할 수 있다. 감쇠기는 넓은 범위의 파장들에 걸쳐, 예를 들어, 420nm 내지 680 nm와 같은, 디스플레이 시스템의 동작 파장 범위에 걸쳐 이 기능을 수행할 수 있다.
- [0055] [0078] 주어진 광학 상태에서, 입사광에 대한 투과 효율은 일반적으로 비교적 높은 투과 효율(예를 들어, 40% 이상, 45% 이상)에서 비교적 낮은 투과 효율(예를 들어, 1% 미만, 0.5% 미만)까지 입사각의 함수로써 변한다. 투과 효율은 특정의 파장으로 투과된 광의 상대 강도를 지칭한다. 일부 실시예들에서, 25° 와 85° 사이의 입사각으로 각도 선택적 필름에 입사하는 420nm 내지 680 nm 파장 범위의 비편광 광은 0.5% 미만의 투과 효율을 갖는다. 최소 투과 효율의 정확한 각도는 이러한 각도 범위 내에서 조정될 수 있다.
- [0056] [0079] 조정가능한 감쇠기는 또한 필름을 통해 보이는 이미지들의 칼라에 비교적 작은 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, D65 소스에 대해, 조정가능한 감쇠기는 규정된 각도 범위(예를 들어, $\pm 40^\circ$) 내의 입사각을 가진 비편광 광에 대해 (0.33, 0.33) CIE 1931 백색 지점을 (+/- 0.02, +/- 0.02) 미만(예를 들어, (+/- 0.01, +/- 0.01) 이하)으로 시프트할 수 있다.
- [0057] [0080] 조정가능한 감쇠기의 투과는 또한 감쇠를 특징으로 할 수 있으며, 이는 적어도 일부 비교적 높은 입사각들에 대해 높을 수 있다(예를 들어, 10dB 이상, 15 dB 이상, 20 dB 이상, 25 dB 이상, 30 dB 이상). 25° 이하(예를 들어, 20° 이하, 15° 이하, 10° 이하)와 같은, 더 낮은 입사각들의 광은 매우 낮은 레벨들의 감쇠(예를 들어, 2 dB 이하, 1 dB 이하)를 경험할 수 있다.
- [0058] [0081] 일반적으로, 조정가능한 감쇠기(810)는 비교적 얇을 수 있다. 예를 들어, 필름(810)은 500마이크론 내지 5,000 마이크론의 범위인 총 두께를 가질 수 있다. 따라서, 조정가능한 감쇠기를 이용하는 이점들이 상당한 부피를 웨어러블 디스플레이 시스템에 추가함이 없이 달성될 수 있다.
- [0059] [0082] 일부 실시예들에서, 조정가능한 감쇠기(810)는 한 쌍의 편광기 필름들(예를 들어, 선형 편광기들) 사이에 배열된 전기-광학 셀(예를 들어, 액정 전기-광학 셀)을 포함하는 다층 스택으로 구성된다. 편광기 필름들 및 전기-광학 셀은 해당 범위 외부의 입사각들로 조정가능한 감쇠기 상에 입사하는 광의 투과를 현저하게 감소 시킴이 없이, 입사각들의 특정 범위 내에서 조정가능한 감쇠기(810) 상에 입사하는 가시 광의 투과를 현저하게 감소시킨다.
- [0060] [0083] 일반적으로, 2개의 편광기들 및 전기-광학 셀의 구성은 관심 각도 입사 범위(예를 들어, -75° 내지 +75°)에 걸쳐 원하는 레벨의 투과 변동을 제공하도록 변할 수 있다. 일부 실시예들에서, 편광기들은 선형 편광기들이며, 2개의 선형 편광기들의 통과 축들은(예를 들어, 90° 로) 교차될 수 있다.

- [0061] [0084] 일반적으로, 전기-광학 셀은 상이한 광학 상태들 사이에 스위칭하도록 설계된 하나 이상의 가변 복굴절 층들을 포함하며, 여기서, 적어도 하나의 상태에서, 층들은 세계 축으로부터 입사하는 한 쌍의 선형 편광기들 중 첫번째에 의해 투과되는 광의 편광 상태를 회전시킨다. 가변 복굴절 층들은 적어도 하나의 상태에서, 액정 재료의 이상 축이 층의 평면에 평행하도록(예를 들어, 1/4 파(QW) 지연을 제공함) 정렬될 수 있는 액정 재료(예를 들어, 네마틱 상 액정 재료), 및/또는 액정 재료의 이상 축이 층의 평면에 수직인 수직 배열(homeotropic arrangement)을 포함할 수 있다.
- [0062] [0085] 일반적으로, 전기-광학 셀이 편광 상태를 회전시키는 양은 액정 재료의 구성 및 상에 따라서, 그리고 한 쌍의 선형 편광기들 중 첫번째에 의해 투과되는 광의 입사각에 따라서 변한다. 일부 실시예들에서, 큰 입사각들(예를 들어, 35° 이상)을 갖는 투과된 광은 작은 입사각들을 갖는 투과 광보다 적게(예를 들어, 35° 미만)으로 회전된다. 예를 들어, 편광기들이 교차된 선형 편광기들인 경우, 회전의 양이 더 클수록, 최대 90°, 필름의 투과 효율이 더 커진다. 이러한 경우, 더 큰 입사각들에서의 광과 비교하여 축상(on-axis) 광에 대해 더 큰 회전이 바람직하다. 반대로, 일부 실시예들에서, 편광기 층들은 평행하며, 편광 조정 필름은 더 큰 입사각들에서의 광보다 적게 축상 광을 회전시킨다.
- [0063] [0086] 일반적으로, 조정가능한 감쇠기는 웨어러블 디스플레이 시스템의 접안경의 적어도 일부분을 덮도록 적합한 사이즈로 형성된다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 조정가능한 감쇠기는 20 mm x 20 mm 이상의 영역(예를 들어, 가장 짧은 치수가 20 mm인 영역을 가짐)을 가질 수 있다.
- [0064] [0087] 다음으로, 조정가능한 감쇠기들의 구체적인 예들을 참조하고 도 9를 참조하면, 웨어러블 디스플레이 시스템용 접안경(900)은 디스플레이 결합기(800) 및 조정가능한 감쇠기로서 동작하는 스택(910)을 포함한다. 스택(910)은 한 쌍의 선형 편광기들(920a 및 920b)을 포함한다. 선형 편광기들 사이에서, 스택(910)은 조정가능한 복굴절 층(940)(예를 들어, 액정 층)의 양측 상에 한 쌍의 1/4 파장판(QW)들(930a 및 930b)을 포함한다.
- [0065] [0088] 일부 구현예들에서, 파장판들(930a 및 930b)의 빠른 축들은 각각 선형 편광기들(920a 및 920b)의 통과 축들에 대해 대략 45° 로 배향되어, 선형 편광기(920b) 및 QW(930b)의 조합이 세계 축으로부터 입사하는 비편광 광을 실질적으로 원형으로 편광된 광으로 변환한다(즉, 조합은 원형 편광기로서 거동함). QW(930a)와 선형 편광기(920a)의 조합은 유사하게 거동한다. 각각의 원형 편광기의 손잡이(handedness)가 동일하다는 점에 유의한다.
- [0066] [0089] 적어도 하나의 상태에서, 조정가능한 복굴절 층(940)은 수직 입사광에 대해 제로 리타던스(retardance)를 갖지만, 비스듬한 입사광에 대해 비-제로 리타던스를 갖는다. 이론에 구애됨이 없이, 입사각의 함수로서의 조정가능한 복굴절 층의 지연은 $\Gamma = n_o k_o d \sqrt{(1 - \sin^2 \theta / n_e^2) - (1 - \sin^2 \theta / n_o^2)}$ 로 주어질 수 있으며, 여기서, n_o 는 조정가능한 복굴절 층의 정상 굴절률이고, n_e 는 조정가능한 복굴절 층의 이상 굴절률이고, θ 는 조정가능한 복굴절 층 인터페이스의 법선에 대한 입사각이고, $k_o = 2\pi/\lambda$ 는 입사광의 파수이고, λ 는 입사광의 파장이며, d는 조정가능한 복굴절 층의 두께이다. 게다가, 조정가능한 복굴절 층의 유효 굴절률들 n_o 및 n_e 는 비-제로 전압을 조정가능한 복굴절 층에 인가함으로써 수정될 수 있다. 원형으로 편광된 광을 이용함으로써, 모든 입사각들에 대한 조정가능한 복굴절 층에서의 정상 및 이상 모드들의 여기는 대략 동일하다. 이는 입력 원형 편광 상태에서부터 $T = \cos^2(\Gamma/2)$ 의 출력에서 동일한 원형 편광 상태로 투과를 발생시킨다.
- [0067] [0090] 일반적으로, 스택(910)의 투과 특성들은 조정가능한 복굴절 층(940)의 특성들(예를 들어, 층을 형성하는 재료의 두께 및 복굴절) 및 인가된 전압에 따라 변한다. 스택(910)의 예시적인 구현예에 대해 입사각의 함수로서의 투과의 일 예가 도 10에 도시된다. 여기서, 3개의 상이한 파장들에서 $n_o = 1.5236$, $n_e = 1.52$, 및 두께 $d = 153 \mu\text{m}$ 를 가진 C-플레이트로서 구성된 조정가능한 감쇠기에 대해 입사각의 함수로서의 투과가 도시된다. 도 10을 생성하기 위해 시뮬레이션된 조정가능한 감쇠기는 도 9와 동일한 구성, 예를 들어, 2개의 선형 편광기들, 2개의 1/4 파장 플레이트들, 및 조정가능한 복굴절 층의 구성이다. 여기서, 투과는 축상 광에 대해 유니티(unity)로 정규화되고 대략 20° 까지 1 또는 1에 가깝게 유지되며, 그 후에는 파장에 따라 60° 와 80° 사이에서 0으로 단조 감소한다. 더 짧은 파장들(예를 들어, 460 nm 및 525 nm)의 경우, 1010 및 1020에서 좁은 피크 감쇠 윈도우 후에, 입사각들이 90° 까지 증가함에 따라 투과가 증가한다.

- [0068] [0091] 조정가능한 복굴절 층에서, n_o 및 n_e 에 대한 값들은 조정가능한 복굴절 층에 인가되는 전압에 의존한다. 이는 입사각의 함수로써의 투과가 또한 조정가능한 복굴절 층에 인가되는 전압에 의존한다는 것을 의미한다. 추가로, 1010, 1020, 및 1030에서, 다양한 파장들에서의 투과들과 연관된 최소치들은 예를 들어, 세계-측 센서를 이용하여 검출되는, 특정의 광원(예를 들어, 오버머리 램프 또는 태양)의 입사각에 일치하도록 조정될 수 있다.
- [0069] [0092] 조정가능한 감쇠기를 이용하는 효과가 도 11a 내지 도 11i에 도시된 플롯들에 예시된다. 이들 플롯들은 주변 광원으로부터의 광이 3개의 상이한 비-제로 입사각들로 렌즈에 입사할 때, 감쇠기(도 11a, 도 11d, 도 11g)를 갖지 않고, 정적 감쇠기(도 11b, 도 11e, 도 11h)를 갖고, 그리고 조정가능한 감쇠기(도 11c, 도 11f, 도 11i)를 갖는 접안경 격자에 의해 형성된 레인보우 아티팩트들을 비교한다. 레인보우 아티팩트들은 (위에서 설명한 도 7b에 예시된 바와 같이) 비-제로 입사각에서 디스플레이 결합기 내 격자 구조들에 의한 회절로 인해 주변 소스들로부터 백색 광을 구성하는 상이한 파장들의 분산에 의해 발생된다.
- [0070] [0093] 도 11a 내지 도 11i에서, 광학 레인보우 아티팩트가 70° (도 11a 내지 도 11c), 60° (도 11d 내지 도 11f), 및 50° (도 11g 내지 도 11i) 입사각들로 위에서 디바이스 상에 입사하는 5800K 흑체 스펙트럼들을 가진 백색-광원에 대해 도시된다. 390 nm의 피치를 갖는 격자가 아티팩트의 회절 각도들을 계산하는데 사용되었다. 칼럼 1110의 이미지들은 필터가 존재하지 않는 경우 인지된 레인보우 아티팩트를 도시한다. 칼럼 1120의 이미지들은 550nm에서 피크 지연을 갖는 정적 C-플레이트 필터가 사용될 때 레인보우 아티팩트의 강도 감소를 도시한다. 칼럼 1130의 이미지들은 필름 스택에서 조정가능한 복굴절 층의 지연을 제어하는 전압이 광원의 입사각에 대해 선택될 때 칼럼 1110의 이미지들에 걸쳐 아티팩트 강도의 추가적인 감소를 도시한다. 도 11c에서, 투과는 450 nm에서 피크 지연을 갖는 조정가능한 감쇠기에 대해 모델링되며; 도 11f에서, 투과는 660 nm에서 피크 지연을 갖는 조정가능한 감쇠기에 대해 모델링되고; 그리고 도 11i에서, 투과는 900 nm에서의 피크 지연에 대해 모델링된다.
- [0071] [0094] 필름 스택(예를 들어, 스택(910))에서 조정가능한 감쇠기를 사용하는 동안, 접안경(900)을 통해 보이는 사용자의 세계관에서 칼라 시프트와 절충이 있을 수 있다. 주변 광원으로부터의 광의 입사각이 감소됨에 따라, 조정가능한 감쇠기의 피크 지연은 도 11a 내지 도 11i에서 설명되는 바와 같이 사용자가 보는 임의의 아티팩트들을 감쇠하도록 조정되어야 한다.
- [0072] [0095] 그러나, 조정가능한 감쇠기의 피크 지연이 수정됨에 따라, 투과된 광에서 인지된 칼라 시프트가 있을 수 있다. 이 효과는 도 12a 내지 도 12f에 예시되며, 이는 550 nm(도 12a 및 도 12b), 660 nm(도 12c 및 도 12d), 및 900 nm(도 12e 및 도 12f)의 최적의 피크 지연들에서 설정된 조정가능한 감쇠기들의 투과 특성들을 묘사한다. 도 12a, 도 12c 및 도 12e는 수직으로 및 수평으로 (-50° 에서 50° 까지) 100° 시야에 걸친, 이들 3개의 광학 피크 지연들에 대한 시뮬레이션된 애퍼처를 각각 묘사한다. 시뮬레이션된 애퍼처들은 45° 보다 큰 입사각들에 대해 투과를 제로까지 감소시킨다.
- [0073] [0096] 도 12b, 도 12d, 도 12f는 460 nm, 525 nm, 및 630 nm에서의 투과된 광의 투과 곡선들을 입사각의 함수로써 도시한다. 도 12a, 도 12c 및 도 12e에서 45° 입사각으로 도시된 파선은 시뮬레이션된 애퍼처가 투과를 제로까지 감소시키는 위치를 나타내기 위해 존재한다. 도 12b, 도 12d 및 도 12f에서, 0° 와 45° 사이의 입사각들에서, 630 nm(예를 들어, 적색) 광의 투과 곡선들은 460 nm(예를 들어, 청색) 광보다 더 높은 투과를 갖는 것으로 도시되며, 630 nm 파장에서 광의 더 낮은 감쇠를 표시한다. 적색광 대 청색광의 상대 비는 조정가능한 감쇠기들을 통해 인지된 칼라가 입사각에 따라, 적색 색조로 시프트하게 한다. 이 효과는 도 12a, 도 12c 및 도 12e에서 시뮬레이션된 시야들에서 볼 수 있다. 예를 들어, 도 12f에서, 460 nm 광에 대한 투과 곡선은 45° 입사각에서 대략 제로이지만, 630 nm 파장 광에서의 광은 ~0.2의 대략적인 상대 투과 값을 여전히 갖는다. 이는 도 12e에서 시야의 에지 주변의 원주 적색 색조로 입증된다.
- [0074] [0097] 일반적으로, 도 9는 2개의 선형 편광기들(920) 사이에 단일 조정가능한 복굴절 층(940)을 포함하는 조정가능한 감쇠기의 일 예를 도시하지만, 추가적인 층들을 갖는 구현예들이 가능하다. 예를 들어, 도 13은 디스플레이 결합기(800)의 세계 측에 적용된 필름 스택(1310)을 포함하는 접안경(1300)을 도시한다. 필름 스택(1310)은 3개의 선형 편광기들(1320a, 1320b, 및 1320c)을 포함한다. 제 1 편광 조정 스택은 편광기들(1320a 및 1320b) 사이에 배열된다. 이 스택은 조정가능한 복굴절 층(1340a)의 양 측면 상에 한 쌍의 QW들(1330a 및 1330b)을 포함한다. 제 2 편광 조정 스택은 편광기들(1320b 및 1320c) 사이에 배열된다. 이 스택은 조정가능한 복굴절 층(1340b)의 양 측면 상에 QW들(1330c 및 1330d)을 포함한다. 효과적으로, 스택(1310)은 함께 배치된 2

개의 스택들(910)처럼 수행한다.

[0075] [0098] 스택(910)은 "단일 스테이지" 배열로, 스택(1310)은 이중 스테이지로 간주될 수 있다. 일반적으로, 추가적인 스테이지들이 추가될 수 있다. 이론에 구애됨이 없이, 여러 스테이지들이 상이한 투과 응답

$T = \prod_n \cos^2 \left(\frac{\Gamma_n}{2} \right)$ 을 제공하도록 직렬로 사용될 수 있으며, 여기서, Γ_n 는 n번째 스테이지의 지연이며 인가 전압의 함수로써 변한다.

[0076] [0099] 다중 스테이지들의 직렬 사용은 큰 입사각들로부터의 광의 더 강한 감쇠를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 도 14을 참조하면, 스택(1310)과 같은 2-스테이지 조정가능한 감쇠기 배열에 대한 입사각의 함수로써의 3개의 상이한 파장들에 대한 투과가 도시된다. 이 예에서, $n_o = 1.5236$ 이고, 조정가능한 복굴절 층들(1340a 및 1340b)에 대해 $n_e = 1.52$ 이고, 제 1 스테이지(1340b)에서 조정가능한 복굴절 층의 두께는 $d_1 = 111 \mu\text{m}$ 이고, 제 2 스테이지(1340a)에서 조정가능한 복굴절 층의 두께는 $d_2 = 111 \mu\text{m}$ 이다. 도 10에 묘사된 단일 스테이지 필름과 비교하여, 도 14는 모든 3개의 파장들에 대한 투과가 축상 광에 대해 유니티로 정규화되고 대략 20° 까지 1 또는 1에 가깝게 유지되며, 이후 이들이 대략 460 nm 파장들에 대해서는 점근적으로 감소하지만 더 긴 파장들(예를 들어, 525 nm 및 630 nm)에서 90° 의 입사에서는 피크, 비-제로 감쇠 값까지 단조 감소함을 입증한다. 90° 까지의 높은 입사각들에서, 투과는 60° 내지 80° 에서 최소 값으로부터 증가하는 대신, 460 nm 및 525 nm에서 낮게 유지된다. 투과는 도 10에 묘사된 바와 같은 이들 파장들에서의 투과와는 달리, 피크 감쇠 각도 이후 더 이상 증가하지 않는다.

[0077] [00100] 필름 스택에서 다중 스테이지들을 이용할 때, 제 2 층은 조정가능한 복굴절 층이 아닌 층일 수 있다. 즉, 정적 층일 수 있다. 도 15는 정적 C-플레이트(1540)와 함께 조정가능한 복굴절 층(1550)을 사용하는 예시적인 조정가능한 감쇠기(1510)를 도시한다. C-플레이트(1540)는 수직 입사광에 대해 제로 리타던스를 갖지만, 비스듬한 입사광에 대해서는 정적, 비-제로 리타던스를 갖는다. 조정가능한 복굴절 층(1550)이 정적 C-플레이트(1540)와 함께 사용될 때, C-플레이트(1540)는 초기 지연을 제공하며 조정가능한 복굴절 층은 환경에 대한 필요한 총 지연의 양 Γ 을 제공하기 위해 추가적이고 가변적인 양의 지연을 제공한다. 정적 C-플레이트 층(1540)의 추가는 조정가능한 복굴절 층의 구동 전압 및 두께를 감소시키는 것을 도울 수 있다.

[0078] [00101] 일반적으로, 조정가능한 감쇠기를 이용하는 웨어러블 디스플레이 시스템은 광학 아티팩트들(예를 들어, 광학 레인보우들)을 제거하기 위해 주변 광원을 검출 및 감쇠시킬 수 있다. 웨어러블 디스플레이 시스템은 차동 전압을 조정가능한 복굴절 층에 인가함으로써 상이한 입사각들에서 주변 광원들을 감쇠시키도록 조정가능한 감쇠기들을 제어할 수 있다. 주변 광원으로부터의 광의 특성의 감쇠에 대한 예시적인 방법이 도 16에 도시된다. 예를 들어, 프레임-장착 카메라로부터의 이미지 데이터는 주변 광원의 존재를 검출하도록 프로그래밍될 수 있는 로컬 데이터 프로세싱 모듈로 전송될 수 있다(1610). 이미지 데이터에서 높은 명도의 영역들이 일부 구현예들에서 배경 이미지로부터 주변 광원들을 식별하기 위해 로컬 데이터 프로세싱 모듈에 의해 사용될 수 있다.

[0079] [00102] 웨어러블 디스플레이 시스템 사용자의 시야에서 주변 광원의 존재가 검출된 후, 주변 광원의 입사각이 웨어러블 디스플레이 시스템의 로컬 데이터 프로세싱 모듈에 의해 계산될 수 있다(1620). 웨어러블 디스플레이 시스템은 이후 제어 조정가능한 감쇠기의 액정 층에 인가되는 전압을 제어하는 명령들을 디스플레이로 전송할 수 있다(1630). 수정된 전압은 검출된 주변 광원을 감쇠시키는 방식으로 액정 층을 수정할 수 있다. 그 후, 시스템은 사용자들 시야가 변경되는지(예를 들어, 사용자가 이동하고 있는지, 하나 보다 많은 주변 광원들이 있는지)의 결정을 추가로 하기 위해 단계(1610)로 되돌아 갈 수 있다.

[0080] [00103] 도 16에서 설명된 주변 광원들의 검출 및 감쇠를 위한 예시적인 애플리케이션들이 도 17a 및 17b에 묘사된다. 도 17a에서, 주변 광원(1710)은 조정가능한 감쇠기에 제 1 입사각(1730)으로 충돌하는 광(1720)을 방출한다. 전압을 조정가능한 감쇠기(1750)에 인가함으로써, 주변 광이 감쇠될 수 있다(1770). 도 17b에서, 주변 광원(1710)은 조정가능한 감쇠기에 상이한 입사각(1740)로 충돌하는 광(1720)을 방출한다. 상이한 전압을 조정가능한 감쇠기(1750)에 인가함으로써, 주변 광이 그의 특성의 입사각(1740)에 대해 감쇠될 수 있다(1770). 이러한 방법으로, 상이한 파장들의 광(1010, 1020, 및 1030)과 연관된 투과 최소치들이 특성의 주변 광원을 고유한 입사각에서 감쇠시키도록 조정될 수 있다.

[0081] [00104] 추가로, 개개의 입사각들 및 강도들에서 다중 주변 광원들이 사용자의 시야에서 감쇠될 수 있다. 도 18은 조정가능한 감쇠기(1850)에 입사하는, 제 1 강도 S_1 (1810), 제 2 강도 S_2 (1820), 및 제 3 강도 S_3

(1830)의 3개의 주변 광원들을 도시한다. 시간 순차 동작 모드에서 동작하는 이들 주변 광원들은 이들의 개개의 강도 및 입사각에 대해 감쇠될 수 있다. 특정의 조정가능한 복굴절 층들은 새로운 시각 이미지 프레임이 사용자에게 디스플레이되는 빈도 (< 0.03 s)보다 더 빠른 시간 응답 (≤ 1 ms)을 갖는다. 사용자에게 디스플레이되는 프레임들 사이의 총 시간이 t_{total} 로 주어지면, 이는 사용자의 시야에서 n개의 주변 광원들에 따라 세분화될 수 있다. 총 분할은 $t_{total} = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_n$ 로 주어진다. 각각의 주변 광원의 강도가 결정된 후, 특정의 광원이 주로 감쇠될 서브-프레임 시간이 계산된다. 3개의 주변 광원들 S_1 (1810), S_2 (1820), 및 S_3 (1830)의 강도가 $S_2 > S_3 > S_1$ 이 되도록 관련되면, 서브-프레임 시간들이 도 18에 도시된 바와 같이, $\Delta t_2 1880 > \Delta t_3 1890 > \Delta t_1 1870$ 이 되도록 계산될 수 있다. 이 기능을 수행함으로써, 개개의 강도 레벨 n에서 각각의 주변 광원은 개개의 서브-프레임 시간 간격 t_n 내에서 감쇠될 수 있다. 이런 방식으로, 다수의 주변 광원들로부터의 광은 단일 사용자-디스플레이된 프레임 내 이들의 개개의 강도 및 입사각에 기초하여 감쇠될 수 있다.

[0082] [00105] 일반적으로, 다양한 적용가능한 LC 상들 및 모드들이 조정가능한 복굴절 층에 사용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 정색-상 액정(BPLC)이 조정가능한 복굴절 층으로서 사용될 수 있다. BPLC 디스플레이들은 전압이 인가되지 않을 때 광학적으로 등방성이다. 다시 말해서, BPLC 매질의 굴절률들은 복굴절 층의 3개의 주요 방향들(예를 들어, $n_x = n_y = n_z$)에서 동일하다. 전압이 인가될 때, 양의 유전체 이방성을 갖는 액정 분자들의 경우, 액정 분자들은 결과적인 전기장과 정렬하여 층에 복굴절을 유도한다. 적합한 전극 기하학적 구조들의 경우, BPLC 층은 LC 재료의 복굴절에 따라 양의 또는 음의 복굴절을 유도하는 조정가능한 C-플레이트로서 기능할 수 있다. 예를 들어, 양의 유전체 이방성 및 양의 복굴절을 갖는 BPLC 재료에서, 굴절률들의 방위를 기술하는 굴절률 타원체는 $n_o = n_x = n_y, n_z = n_e$ 및 $n_o < n_e$ 이 되며, 여기서, n_e 는 전기장을 따라 정렬된다. 음의 복굴절을 갖는 BPLC 재료에서, 굴절률들의 방위를 기술하는 굴절률 타원체는 $n_o > n_e$ 으로 정의되며, n_o 는 인가 전기장에 직교하게 정렬된다. 이 효과는 도 19a 내지 도 19c에 예시된다. 특히, 도 19a는 등방성 광학 매질의 굴절률 타원체, 즉, BPLC 층의 제로-전압 상태를 도시한다. 도 19b는 충분한 전압이 LC 분자들을 대응하는 전기장 E와 정렬하기 위해 층에 인가될 때 양의 유전체 이방성을 갖는 양의 복굴절 LC 재료의 굴절률 타원체를 도시한다. 도 19c는 충분한 전압이 LC 분자들을 전기장과 정렬하기 위해 층에 인가될 때 양의 유전체 이방성을 갖는 음의 복굴절 LC 재료의 굴절률 타원체를 도시한다.

[0083] [00106] 특정 실시예들에서, 수직 정렬 네마틱 액정(VAN) 재료들이 필름 스택(910)에서 2개의 원형 편광기들 사이에 사용될 수 있다. 수직 정렬된 액정(VALC)의 층은 양의 C-플레이트 보상 필름과 광학적으로 동등하며, 지연이 종래의 액정 디스플레이(LCD)들에서 이루어지는 것과 거의 동일한 방법으로 전압의 인가에 의해 조정될 수 있는 추가 이점이 있다.

[0084] [00107] 전형적인 VALC 디바이스(2000)가 아래 도 20에 도시된다. 전형적인 VALC 디바이스는 2개의 기관들(2010) 사이에 수직 정렬된 LC 재료의 층(2040)을 포함한다. 각각의 기관(2010)은 LC 층(2040)을 향하는 표면상의 투명 전극(2020), 및 투명 전극 상의 정렬 층(2030)을 지지한다.

[0085] [00108] 전압 소스(미도시)는 LC 층(2040) 양단에 전압을 인가하기 위해 각각의 전극(2020)에 접속된다. 정렬 층들(2030)은 LC 층(2040)의 경계들에서 LC 분자들의 정렬을 제어함으로써, LC 층(2040) 내 LC 분자들의 제로-전압 방위를 제어한다. 일반적으로, 정렬 층들(2030)은 인가된 전압이 제거될 때 분자들이 균일하게 배향되도록 보장하는 사전-기울기 각도(2050)(α)를 도입하여 정렬을 제어함으로써, LC 층으로의 회위(disclination)들 또는 다른 방위 결함들의 도입을 감소시킨다. 이 사전-기울기 각도는 전형적으로 기관(2010)의 표면 법선에 대해 1° 와 5° 사이(예를 들어, $2^\circ, 3^\circ, 4^\circ$)이며, 천에 의한 중합체 층의 물리적 문지름에 의해 또는 선형으로 편광된 UV 광에의 노출에 의해 확립될 수 있다(프로세스들은 재료 의존적이며 관련 기술분야에 공지되어 있음).

[0086] [00109] 이러한 디바이스에서, 지연은 단일 전극(2020)이 사용되면 디바이스의 활성 영역에 걸쳐 균일하게 조정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전극(2020)은 지연이 공간적으로 변하는 방식으로 조정될 수 있도록 패터닝될 수 있다. 전극들은 일반적으로 형상이 직사각형일 수 있고, 고정되거나 또는 변하는 폭들을 가진 임의의 지연

프로파일 또는 일련의 동심 원들을 정의하여 회전 대칭 지연 프로파일을 정의하기 위해 데카르트 그리드 (Cartesian grid)(중래의 LCD와 같음)에 구성될 수 있다.

- [0087] [00110] 사전-기울기 각도(2050)가 종종 균일하고 도 21a에 묘사된 바와 같이 기관(2010)의 표면에 걸쳐 단방향이지만, 일부 경우들에서, 공간적으로 변할 수 있다. 균일하거나 또는 패터닝된 전극들이 사용되는지 여부에 관계없이 사전-기울기의 공간 변형이 사용될 수 있다. 이는 패터닝된 전극 구조를 이용하여 달성할 수 없는 지연 프로파일을 구현하는데, 또는 전극을 패터닝할 필요없이 지연 프로파일을 구현하는데 사용될 수 있다. 사전-기울기 각도(2050)의 임의의 적합한 패턴이 실현될 수 있지만, 특정의 실시예들에서, 사전-기울기 각도(2050)는 도 21b에 묘사된 바와 같이 순전히 방사상(예를 들어, 중앙 Z-축으로부터 방사상으로 멀리 향함), 또는 도 21c에 묘사된 바와 같이 순전히 방위각(예를 들어, 중앙 Z-축 주위에서 원형으로 진행함)일 수 있다.
- [0088] [00111] 다양한 적합한 상이한 재료들이 각도 선택적 필름에서 층들의 각각에 대해 사용될 수 있다. 선형 편광기들은, 예를 들어, 발색단(예를 들어, 요오드)으로 염색된 연신 중합체 재료(예를 들어, PVA)로 형성될 수 있다. Sanritz Co. (일본) 또는 Nitto Denko (일본)에서 입수할 수 있는 것들과 같은, 상업적으로 이용가능한 선형 편광기들이 사용될 수 있다. QW들은 예를 들어, 연신 중합체 필름들 또는 액정 중합체 필름들로 제조될 수 있다. C-플레이트들은 예를 들어, 케이스 셀룰로오스 트리아세테이트와 같은, 캐스트 중합체 필름들로 형성될 수 있다. 액정 중합체 C-플레이트들이 또한 가능하다.
- [0089] [00112] 일반적으로, 각각의 층이 동종의 층으로 나타내어 지지만, 복합 층들이 가능하다. 예를 들어, C-플레이트들은 그의 인접한 층들과는 상이한 광학 특성들을 각각 갖는 다중 스택된 층들로 형성될 수 있다. 이와 유사하게, 다중-층 QW들이 사용될 수 있다.
- [0090] [00113] 일반적으로, 필름 스택들은 위에서 설명한 것들 외에 추가적인 층들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 스택들은 광학 기능들보다는, 기계적 기능들을 제공하는 추가적인 층들을 포함할 수 있다. 접촉층들 및/또는 기계 강도 및/또는 환경 보호를 위한 층들이 포함될 수 있다. 이러한 층들은 투과된 광의 편광에 현저하게 영향을 미치지 않도록, 광학적으로 등방성일 수 있다. 일부 실시예들에서, 스택은 최외각 선형 편광기의 세계 측상에 하나 이상의 층들을 포함한다. 예를 들어, 반사방지 필름들 및/또는 하드코트 층들이 포함될 수 있다.
- [0091] [00114] 본 명세서에서 설명되는 일부 구현예들은 디지털 전자 회로부, 컴퓨터 소프트웨어, 펌웨어, 또는 하드웨어의 하나 이상의 그룹들 또는 모듈들로서, 또는 이들 중 하나 이상의 조합들로 구현될 수 있다. 상이한 모듈들이 사용될 수 있지만, 각각의 모듈은 별개일 필요는 없으며, 다수의 모듈들이 동일한 디지털 전자 회로부, 컴퓨터 소프트웨어, 펌웨어, 또는 하드웨어, 또는 이들의 조합 상에 구현될 수 있다.
- [0092] [00115] 본 명세서에서 설명되는 일부 구현예들은 하나 이상의 컴퓨터 프로그램들, 즉, 데이터 프로세싱 장치에 의한 실행을 위해, 또는 데이터 프로세싱 장치의 동작을 제어하기 위해 컴퓨터 저장 매체 상에 인코딩된, 컴퓨터 프로그램 명령들의 하나 이상의 모듈들로서 구현될 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터-판독가능 저장 디바이스, 컴퓨터-판독가능 저장 기관, 무작위 또는 직렬 액세스 메모리 어레이 또는 디바이스, 또는 이들 중 하나 이상의 조합일 수 있거나 또는 이에 포함될 수 있다. 더욱이, 컴퓨터 저장 매체는 전파 신호가 아니지만, 컴퓨터 저장 매체는 인공적으로 발생된 전파 신호로 인코딩된 컴퓨터 프로그램 명령들의 소스 또는 목적지일 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 또한 하나 이상의 별개의 물리적 컴포넌트들 또는 매체들(예를 들어, 다중 CD들, 디스크들, 또는 다른 저장 디바이스들)일 수 있거나 또는 이에 포함될 수 있다.
- [0093] [00116] 용어 "데이터 프로세싱 장치"는 일 예로서 프로그래밍가능 프로세서, 컴퓨터, 시스템 온 칩, 또는 전술한 것들의 여러 가지, 또는 조합들을 포함하여, 데이터를 프로세싱하는 모든 종류의 장치, 디바이스들, 및 머신들을 포함한다. 본 장치는 특수 목적 로직 회로부, 예를 들어, FPGA(field programmable gate array) 또는 ASIC(application specific integrated circuit)를 포함할 수 있다. 본 장치는 또한 하드웨어에 추가하여, 해당 컴퓨터 프로그램에 대한 실행 환경을 생성하는 코드, 예를 들어, 프로세서 펌웨어, 프로토콜 스택, 데이터베이스 관리 시스템, 운영 시스템, 교차-플랫폼 런타임 환경, 가상 머신, 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 구성하는 코드를 포함할 수 있다. 장치 및 실행 환경은 웹 서비스들, 분산 컴퓨팅 및 그리드 컴퓨팅 기반구조들과 같은, 다양한 상이한 컴퓨팅 모델 기반구조들을 실현할 수 있다.
- [0094] [00117] 컴퓨터 프로그램(또한, 프로그램, 소프트웨어, 소프트웨어 애플리케이션, 스크립트, 또는 코드로도 알려져 있음)은 컴파일 또는 해석 언어들, 선언적 또는 절차적 언어들을 포함한, 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기록될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 파일 시스템의 파일에 대응할 수 있지만 반드시 그럴 필요는 없다. 프로그램은 다른 프로그램들 또는 데이터(예를 들어, 마크업 언어 문서에 저장된 하나 이상의 스크립트들)를 보유

하는 파일의 부분에, 해당 프로그램 전용 단일 파일에, 또는 다중 조정(coordinated) 파일들(예를 들어, 하나 이상의 모듈들, 하위 프로그램들, 또는 코드의 부분들을 저장하는 파일들)에 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 컴퓨터 상에서 또는 하나의 사이트에 로케이트되거나 또는 다중 사이트들에 걸쳐 분산되어 통신 네트워크에 의해 상호 접속되는 다중 컴퓨터들 상에서 실행되도록 배포될 수 있다.

[0095] [00118] 본 명세서에서 설명된 프로세스들 및 로직 흐름들의 일부는 입력 데이터에 대해 동작하여 출력을 발생 시킴으로써 액션들을 수행하기 위해 하나 이상의 컴퓨터 프로그램들을 실행하는 하나 이상의 프로그래밍가능 프로세서들에 의해 수행될 수 있다. 프로세스들 및 로직 흐름들은 또한 특수 목적 로직 회로부, 예를 들어, FPGA(field programmable gate array) 또는 ASIC(application specific integrated circuit)에 의해 수행될 수 있으며, 장치는 또한 특수 목적 로직 회로부, 예를 들어, FPGA(field programmable gate array) 또는 ASIC(application specific integrated circuit)로서 구현될 수 있다.

[0096] [00119] 컴퓨터 프로그램의 실행에 적합한 프로세서들은 일 예로서, 일반 및 특수 목적 마이크로프로세서들 둘 모두, 및 임의 종류의 디지털 컴퓨터의 프로세서들을 포함한다. 일반적으로, 프로세서는 판독 전용 메모리 또는 랜덤 액세스 메모리 또는 둘 모두로부터 명령들 및 데이터를 수신할 것이다. 컴퓨터는 명령들에 따라 액션들을 수행하는 프로세서 및 명령들 및 데이터를 저장하는 하나 이상의 메모리 디바이스들을 포함한다. 컴퓨터는 또한 데이터를 저장하는 하나 이상의 대용량 저장 디바이스들, 예를 들어, 자기, 광자기 디스크들, 또는 광 디스크들을 포함하거나, 또는, 이들로부터 데이터를 수신하거나, 또는 이들로 데이터를 전송하거나, 또는 이 둘 모두를 하도록 동작 가능하게 커플링될 수 있다. 그러나, 컴퓨터는 이러한 디바이스들을 가질 필요가 없다. 컴퓨터 프로그램 명령들 및 데이터를 저장하는데 적합한 디바이스들은 일 예로서, 반도체 메모리 디바이스들(예를 들어, EPROM, EEPROM, 플래시 메모리 디바이스들, 및 기타), 자기 디스크들(예를 들어, 내부 하드 디스크들, 착탈식 디스크들, 및 기타), 광자기 디스크들, 및 CD ROM 및 DVD-ROM 디스크들을 포함한, 모든 형태의 비-휘발성 메모리, 매체들 및 메모리 디바이스들을 포함한다. 프로세서 및 메모리는 특수 목적 로직 회로부에 의해 보충되거나 또는 통합될 수 있다.

[0097] [00120] 사용자와의 상호작용을 제공하기 위해, 동작들은 정보를 사용자에게 디스플레이하기 위한 디스플레이 디바이스(예를 들어, 모니터, 또는 다른 유형의 디스플레이 디바이스) 및 사용자가 입력을 컴퓨터에 제공할 수 있는 키보드 및 포인팅 디바이스(예를 들어, 마우스, 트랙볼, 태블릿, 터치 민감한 스크린, 또는 다른 유형의 포인팅 디바이스)를 갖는 컴퓨터 상에서 구현될 수 있다. 다른 종류의 디바이스들이 사용자와의 상호작용도 역시 제공하기 위해 사용될 수 있으며; 예를 들어, 사용자에게 제공되는 피드백은 임의의 형태의 감각의 피드백, 예를 들어, 시각적 피드백, 청각적 피드백, 또는 촉각 피드백일 수 있으며; 사용자로부터의 입력은 음향, 음성, 또는 촉각 입력을 포함한 임의의 형태로 수신될 수 있다. 게다가, 컴퓨터는 사용자에 의해 사용되는 디바이스로 문서들을 전송하고 이들로부터 문서들을 수신함으로써; 예를 들어, 웹 브라우저로부터 수신된 요청들에 응답하여 사용자의 클라이언트 디바이스 상에서 웹 페이지들을 웹 브라우저로 전송함으로써, 사용자와 상호작용할 수 있다.

[0098] [00121] 컴퓨터 시스템은 단일 컴퓨팅 디바이스, 또는 서로 근접하여 또는 일반적으로는 원격으로 동작하고 전형적으로 통신 네트워크를 통해 상호작용하는 다중 컴퓨터들을 포함할 수 있다. 통신 네트워크들의 예들은 근거리 네트워크("LAN") 및 광역 네트워크("WAN"), 인터-네트워크(예를 들어, 인터넷), 위성 링크를 포함하는 네트워크, 및 피어-투-피어 네트워크들(예를 들어, 애드혹 피어-투-피어 네트워크들)을 포함한다. 클라이언트와 서버의 관계는 개개의 컴퓨터들 상에서 실행하고 서로에 대해 클라이언트-서버 관계를 갖는 컴퓨터 프로그램들 덕분에 발생할 수 있다.

[0099] [00122] 도 22는 프로세서(2210), 메모리(2220), 저장 디바이스(2230) 및 입출력 디바이스(2240)를 포함하는 예시적인 컴퓨터 시스템(2200)을 도시한다. 컴포넌트들(2210, 2220, 2230 및 2240) 각각은 예를 들어, 시스템 버스(2250)에 의해 상호 접속될 수 있다. 프로세서(2210)는 시스템(2200) 내에서의 실행을 위해 명령들을 프로세싱 가능하다. 일부 구현예들에서, 프로세서(2210)는 단일-쓰레드 프로세서, 멀티-쓰레드 프로세서, 또는 다른 유형의 프로세서이다. 프로세서(2210)는 메모리(2220)에 또는 저장 디바이스(2230) 상에 저장된 명령들을 프로세싱할 수 있다. 메모리(2220) 및 저장 디바이스(2230)는 시스템(2200) 내 정보를 저장할 수 있다.

[0100] [00123] 입출력 디바이스(2240)는 시스템(2200)에 대한 입력/출력 동작들을 제공한다. 일부 구현예들에서, 입출력 디바이스(2240)는 네트워크 인터페이스 디바이스, 예를 들어, 이더넷 카드, 직렬 통신 디바이스, 예를 들어, RS-232 포트, 및/또는 무선 인터페이스 디바이스, 예를 들어, 802.11 카드, 3G 무선 모듈, 4G 무선 모듈, 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 구현예들에서, 입출력 디바이스는 입력 데이터를 수신하고 출력 데이

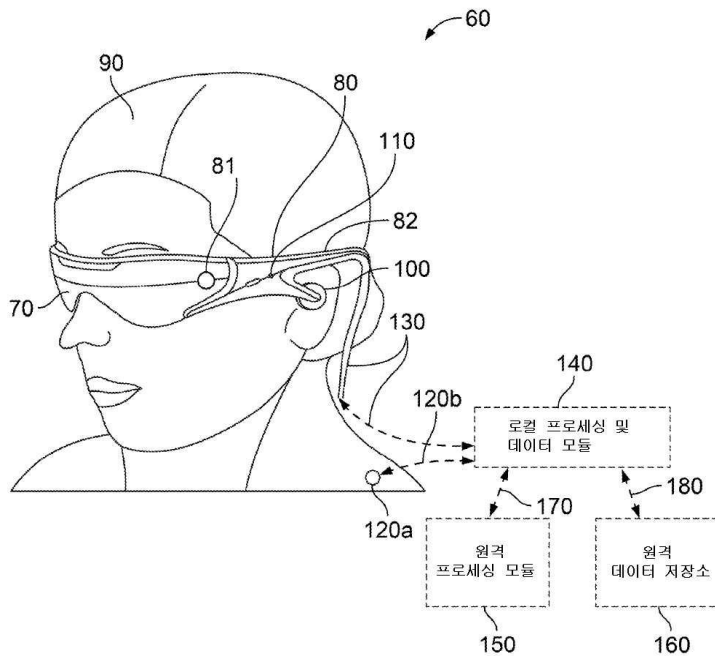
터블 다른 입출력 디바이스들, 예를 들어, 웨어러블 디스플레이 시스템(2260)로 전송하도록 구성된 드라이버 디바이스들을 포함할 수 있다. 일부 구현예들에서, 모바일 컴퓨팅 디바이스들, 모바일 통신 디바이스들, 및 다른 디바이스들이 사용될 수 있다.

[0101] [00124] 본 명세서가 다수의 세부사항들을 포함하지만, 이들은 청구될 수 있는 범위에 대한 제한들이 아닌, 오히려, 특정의 예들에 특정한 특징들의 설명들로서 해석되어야 한다. 별개의 구현들의 상황에서 본 명세서에서 설명되는 특정의 특징들은 또한 결합될 수 있다. 반대로, 단일 구현의 상황에서 설명되는 다양한 특징들은 또한 다수의 실시예들에서 개별적으로 또는 임의의 적합한 하위조합으로 구현될 수 있다.

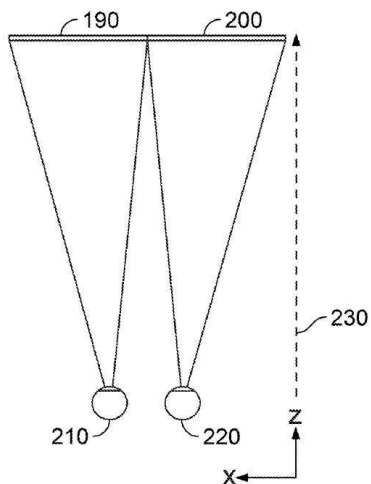
[0102] [00125] 다수의 구현예들이 설명되었다. 그럼에도 불구하고, 다양한 변경들이 본 발명의 사상 및 범위로부터 이탈함이 없이 이루어질 수 있음을 알 수 있을 것이다. 따라서, 다른 구현예들은 다음 청구범위의 범위 내에 있다.

도면

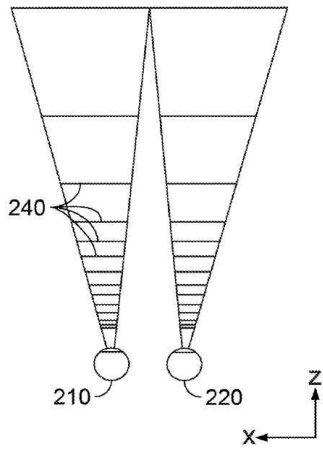
도면1



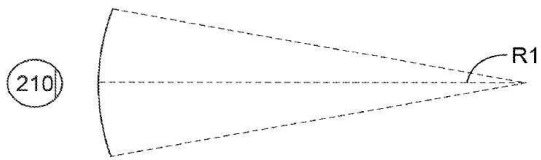
도면2a



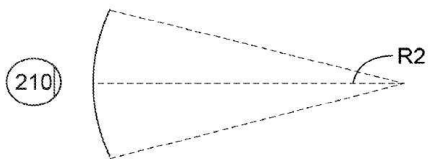
도면2b



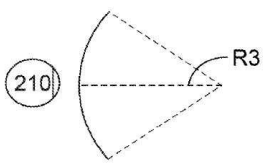
도면3a



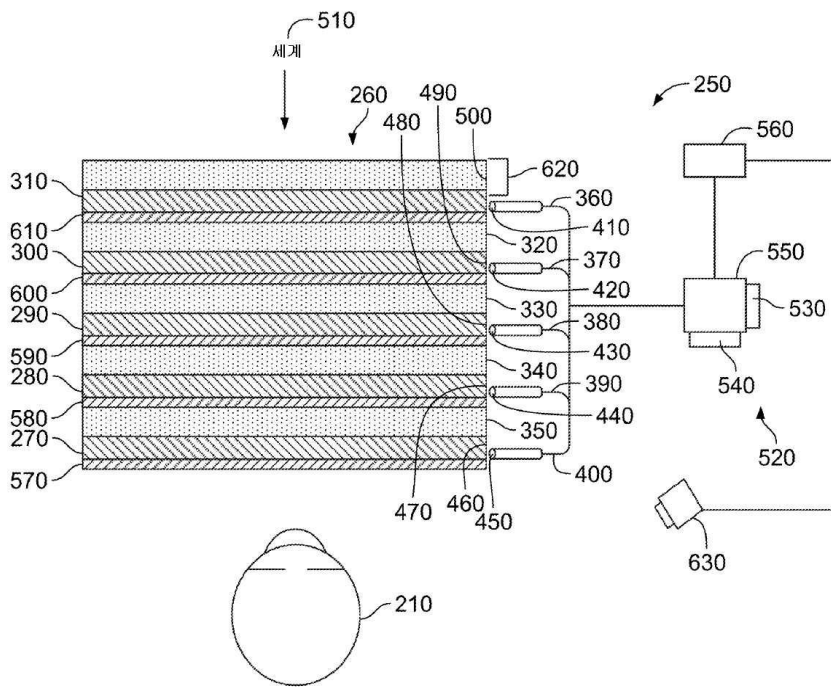
도면3b



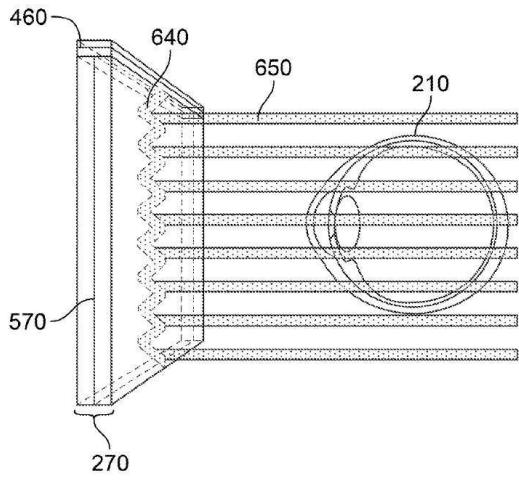
도면3c



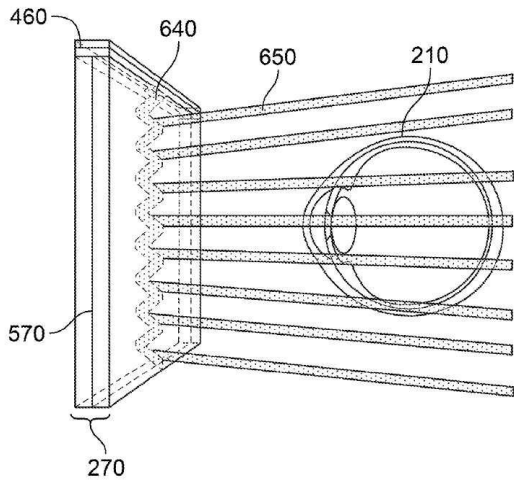
도면4



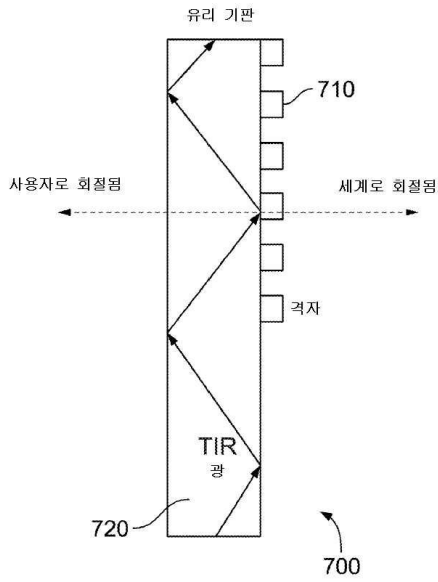
도면5



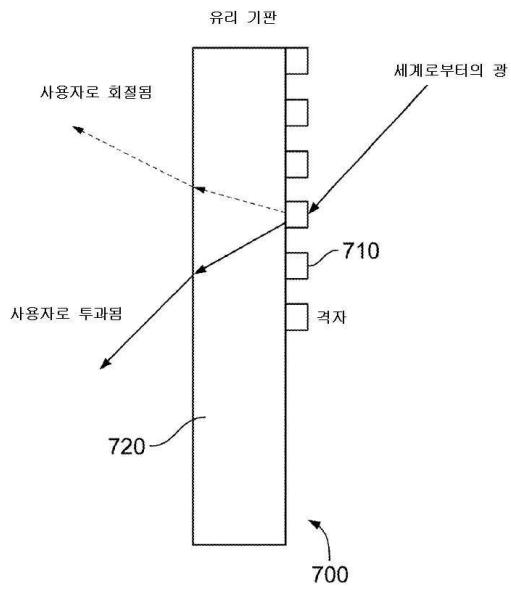
도면6



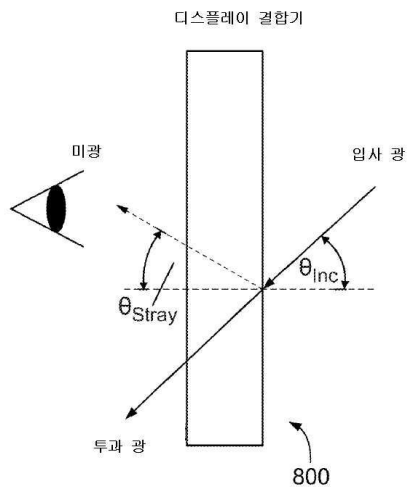
도면7a



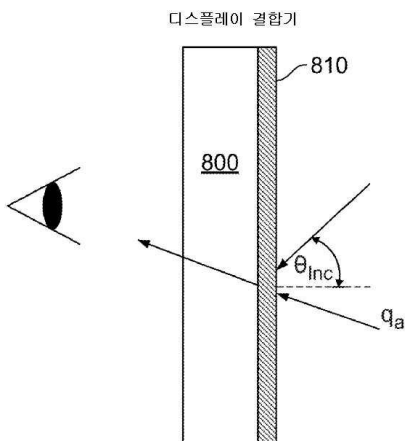
도면 7b



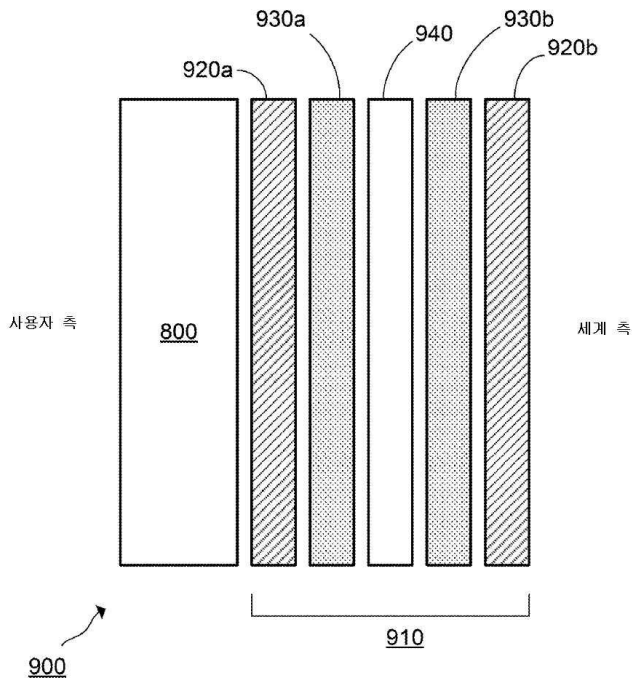
도면 8a



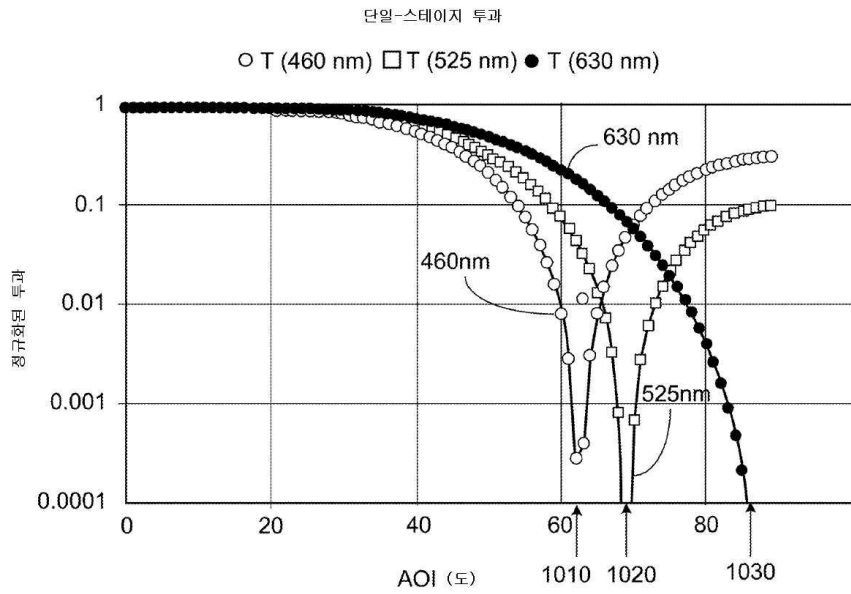
도면 8b



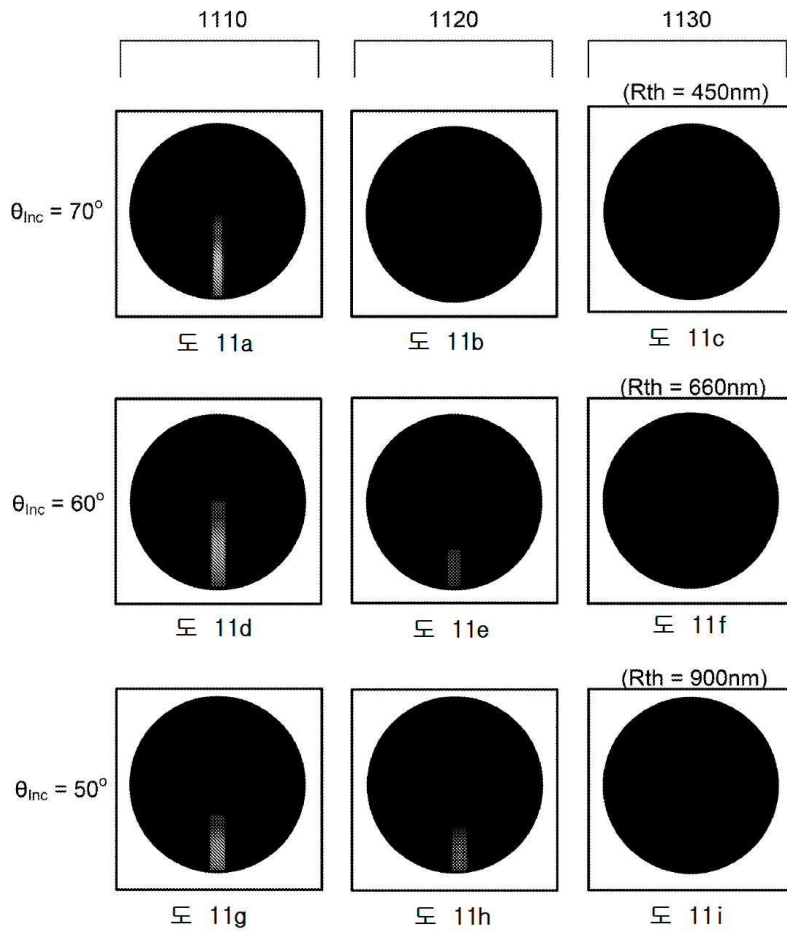
도면9



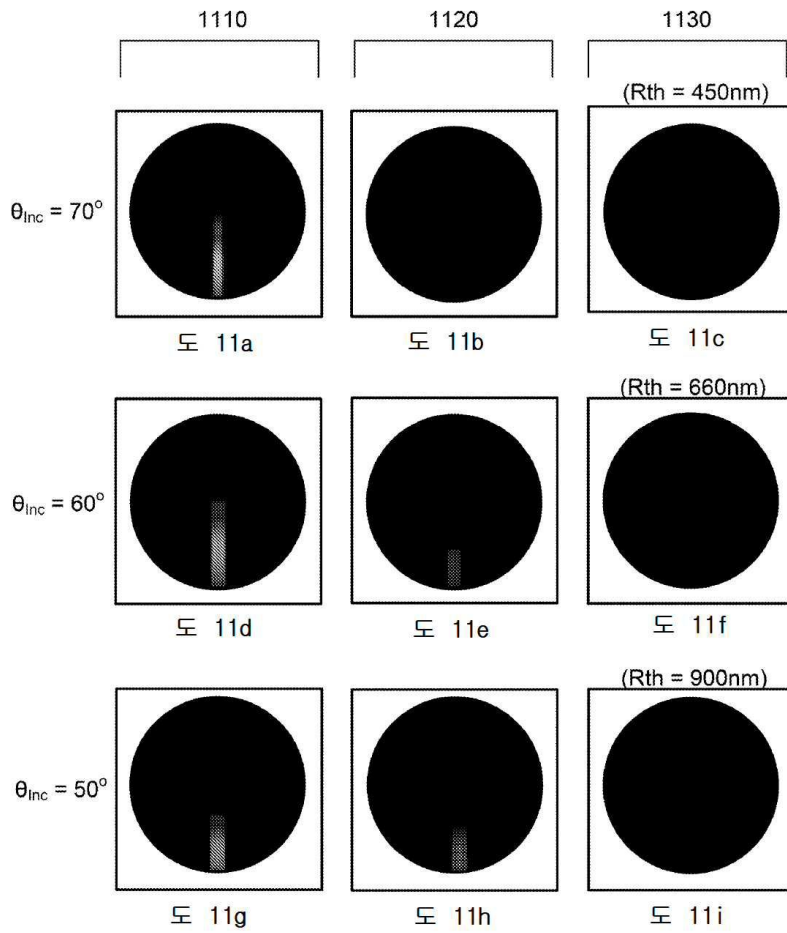
도면10



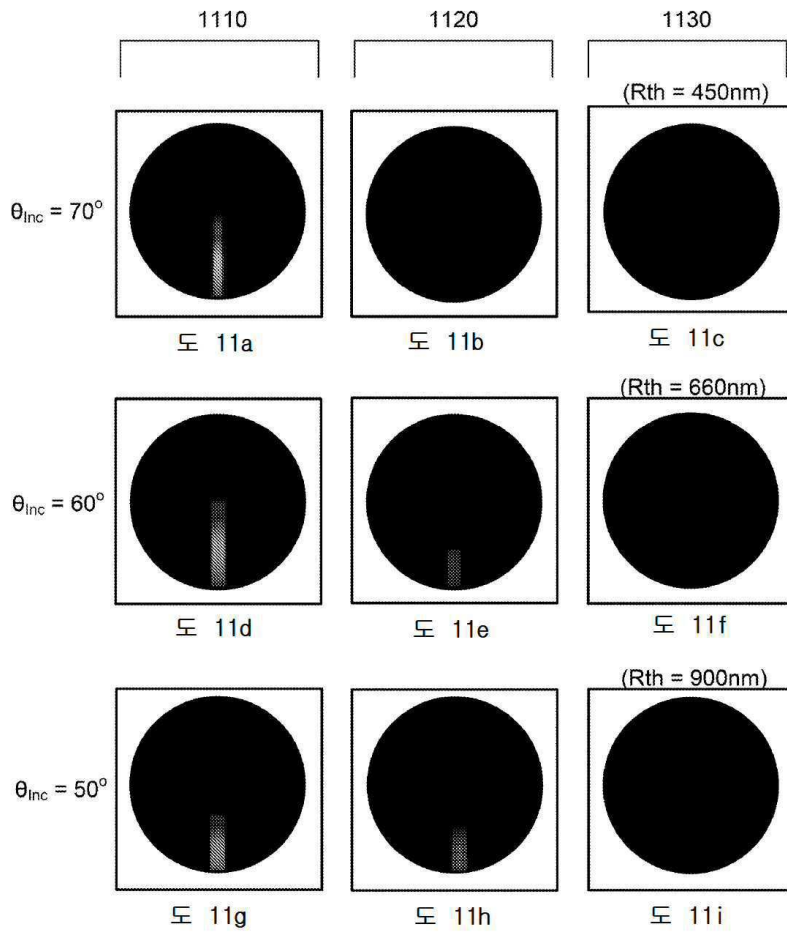
도면11a



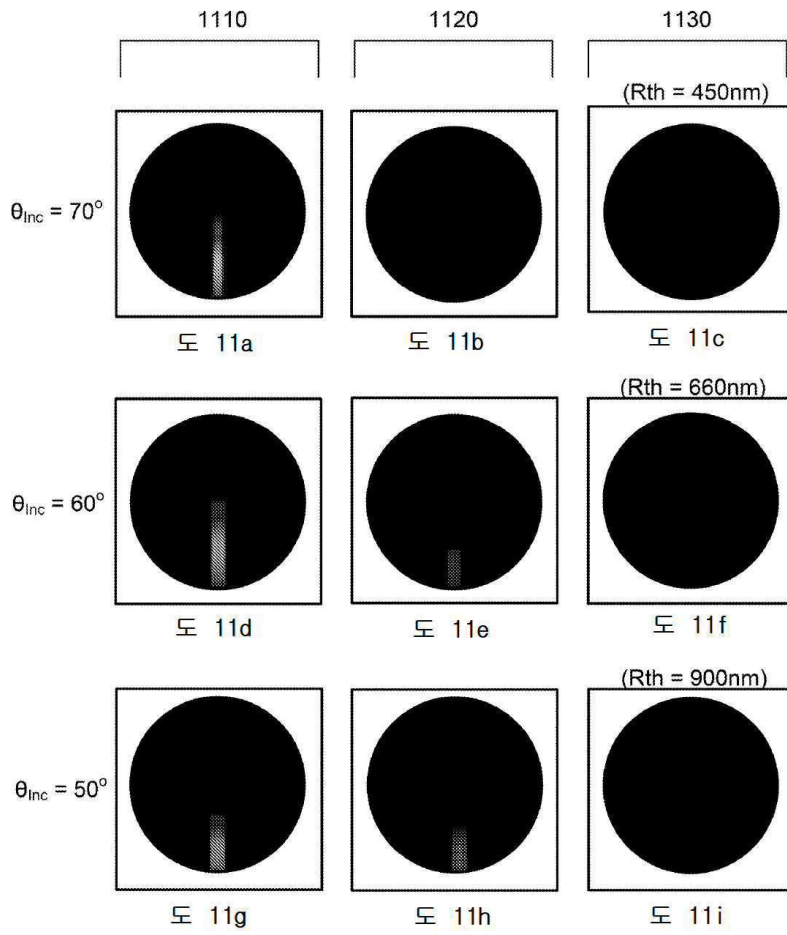
도면11b



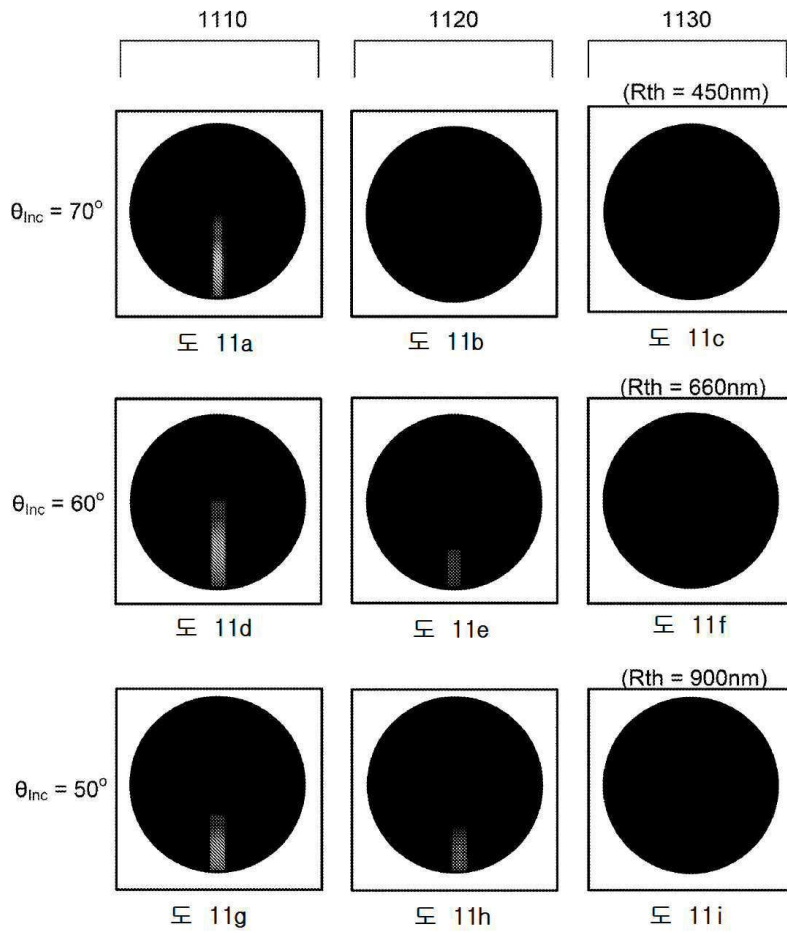
도면11c



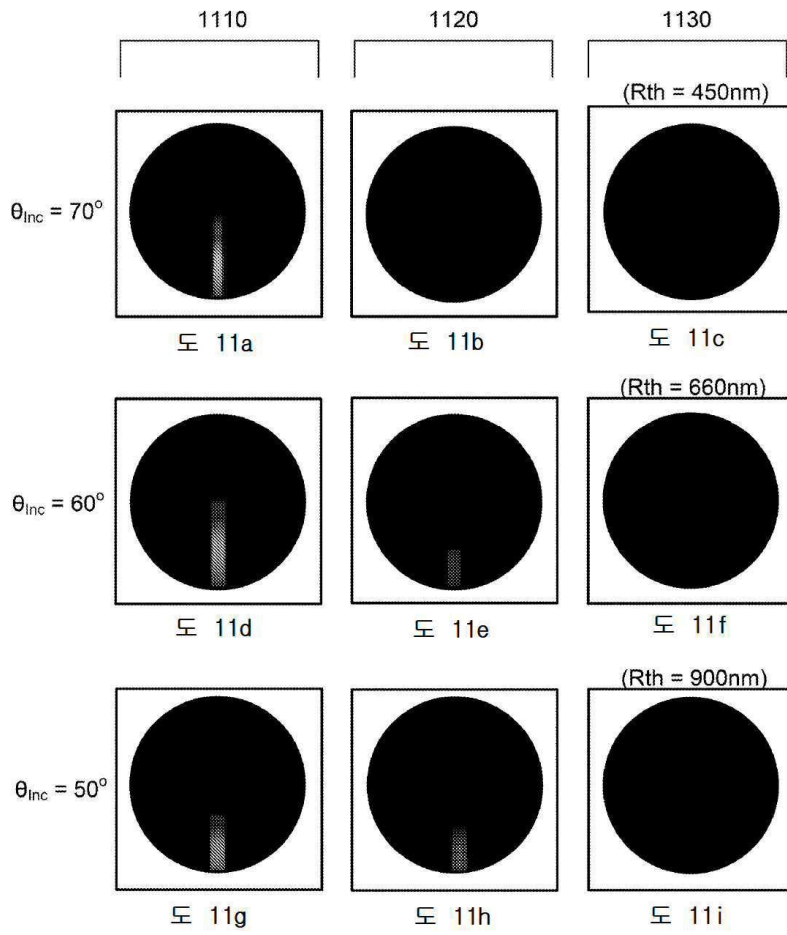
도면11d



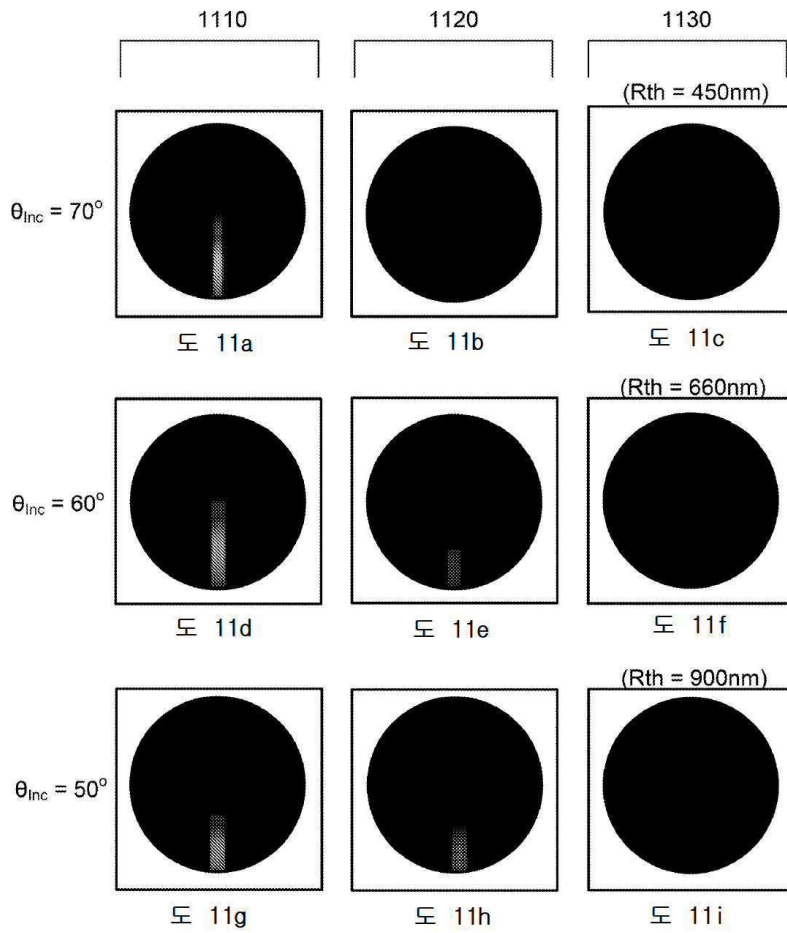
도면11e



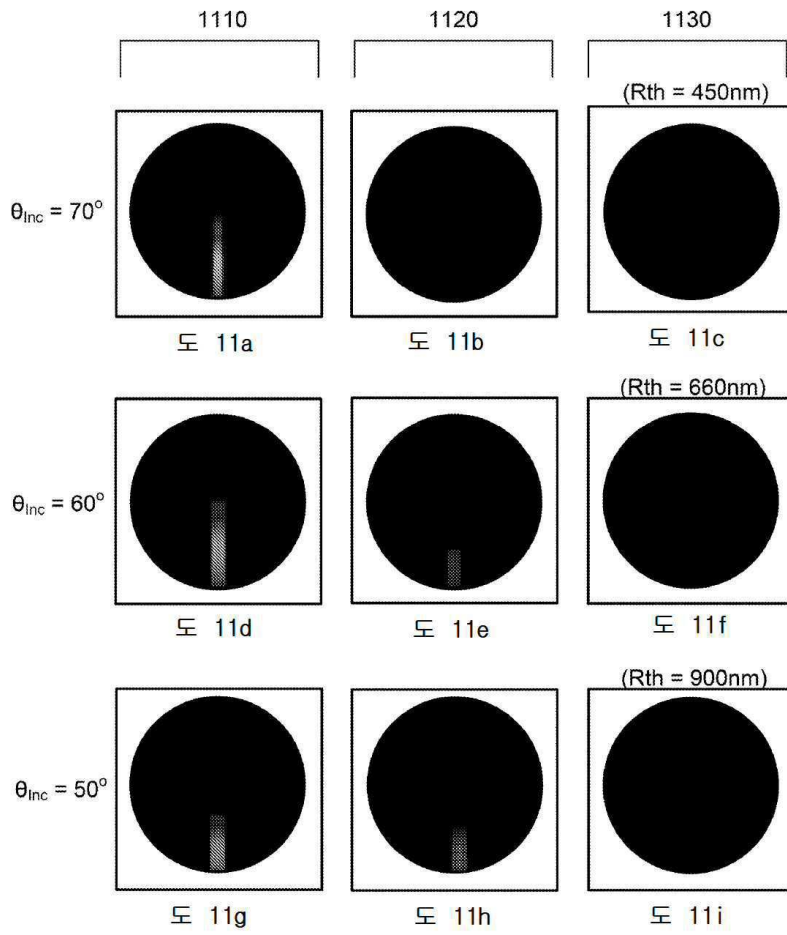
도면11f



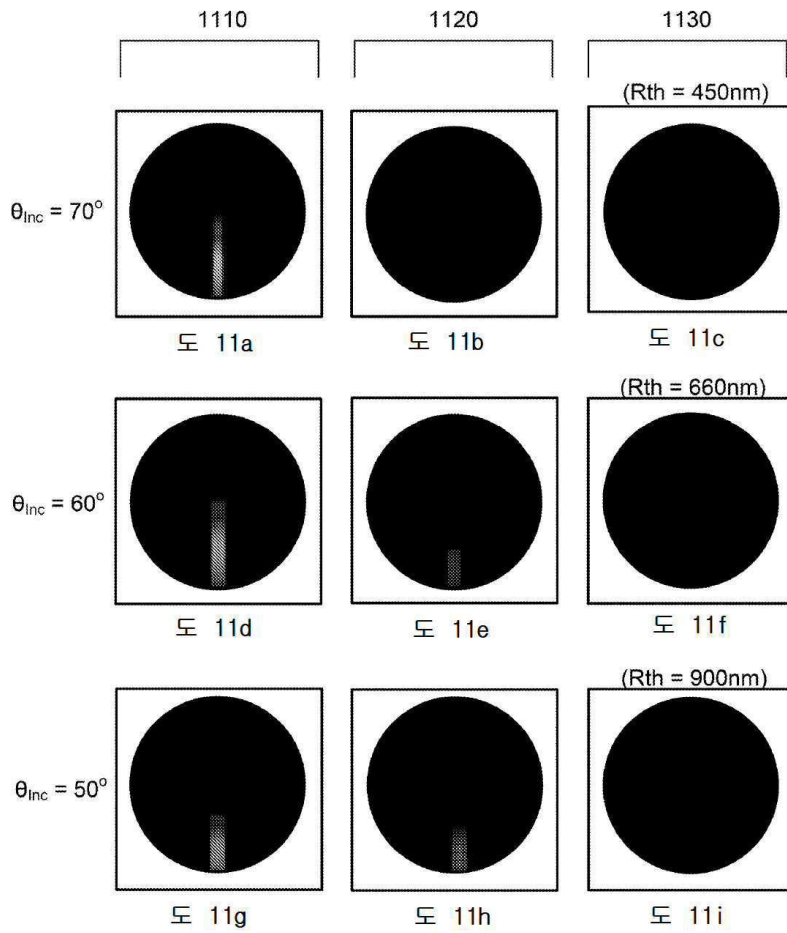
도면11g



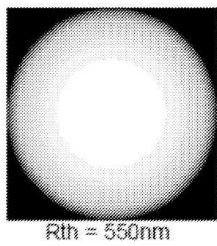
도면11h



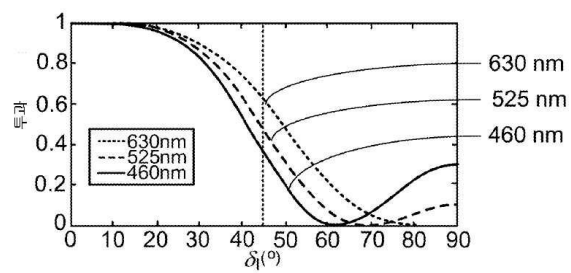
도면11i



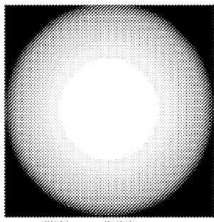
도면12a



도면12b

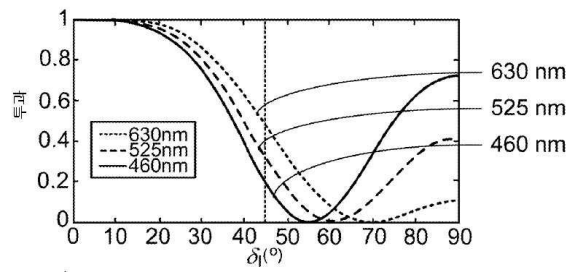


도면12c

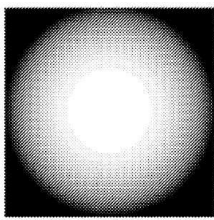


Rth = 660nm

도면12d

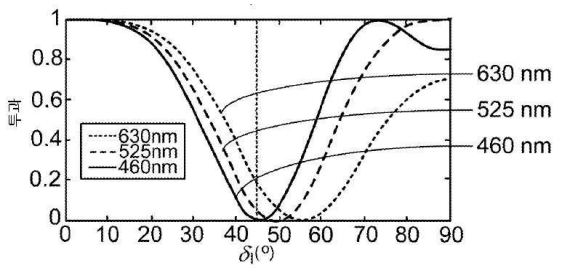


도면12e

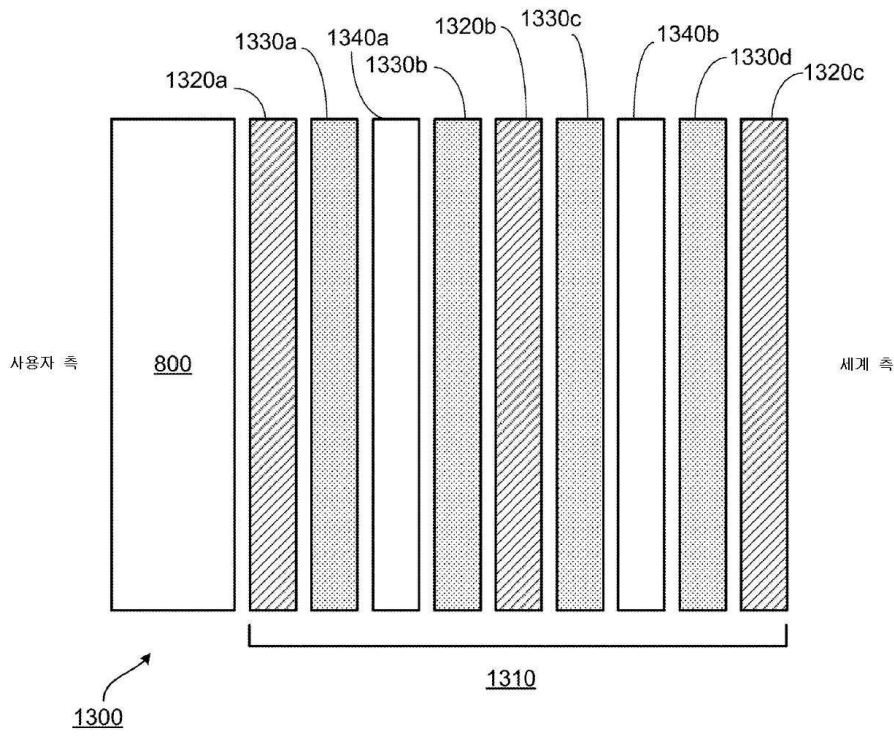


Rth = 900nm

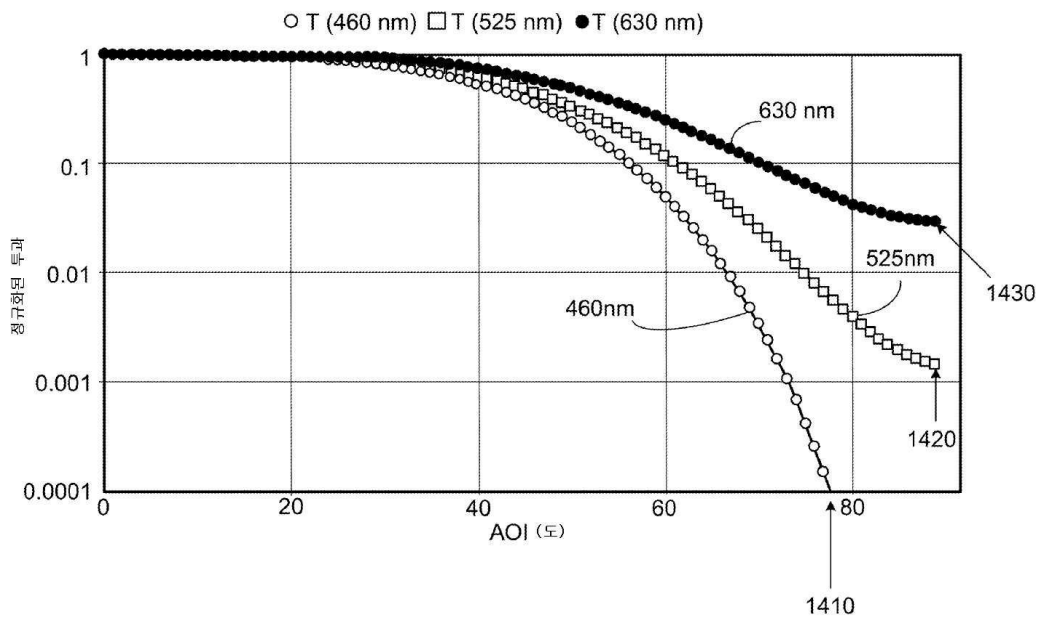
도면12f



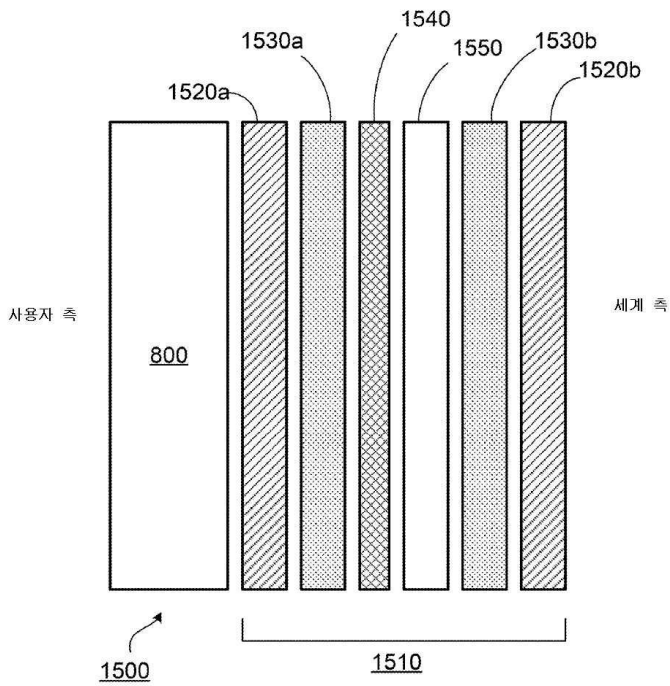
도면13



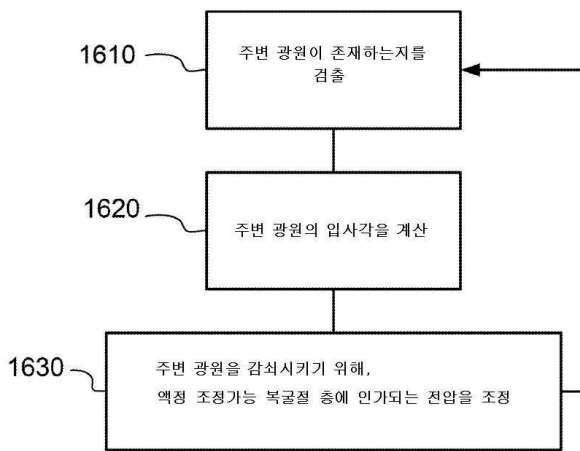
도면14



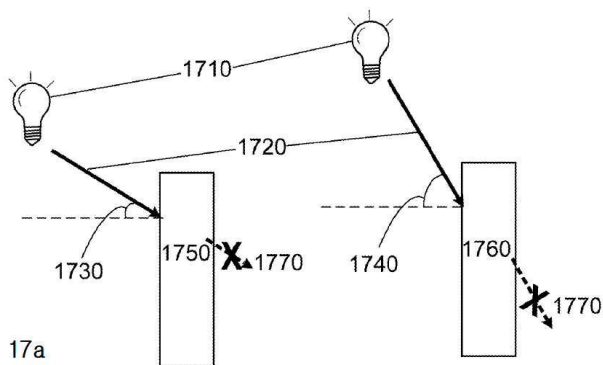
도면15



도면16

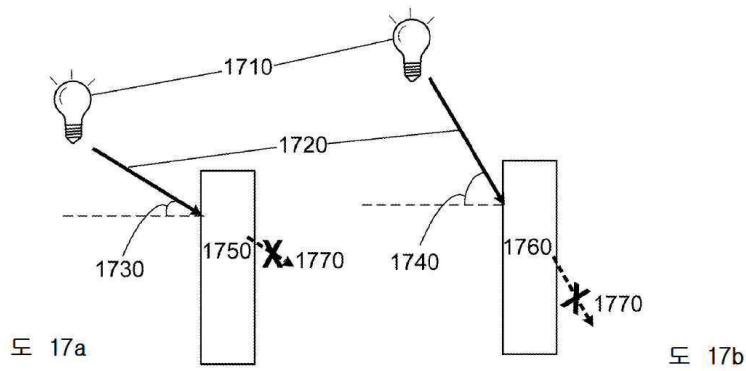


도면17a

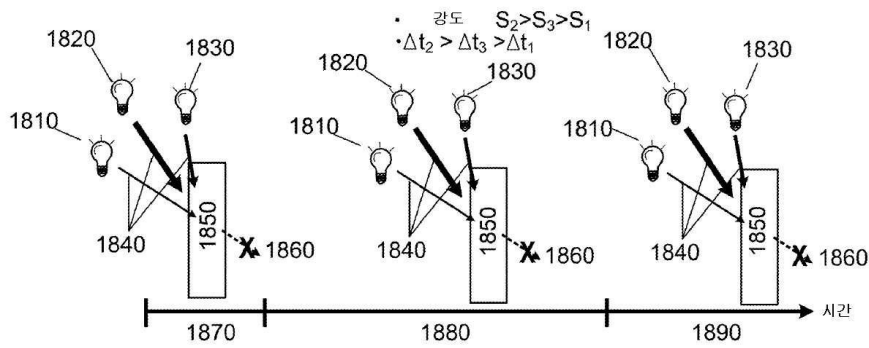


도 17b

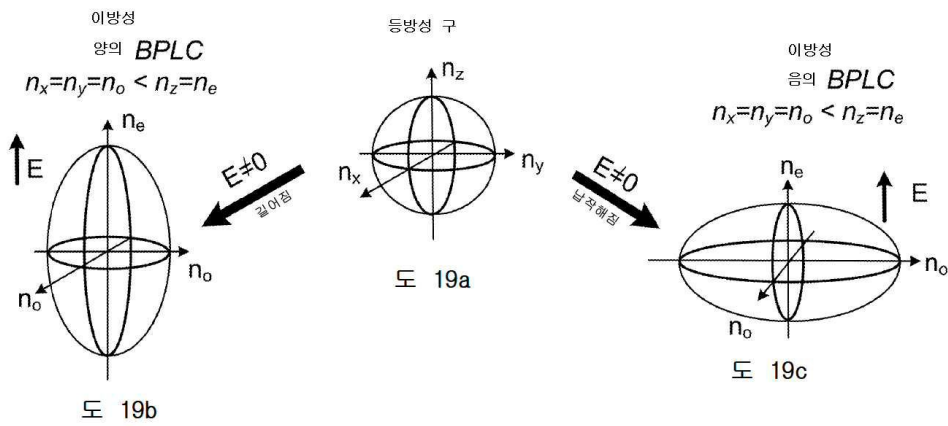
도면17b



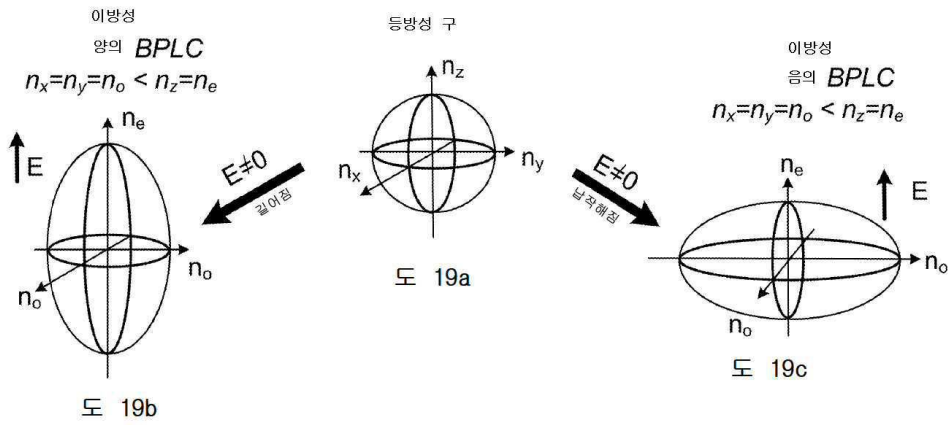
도면18



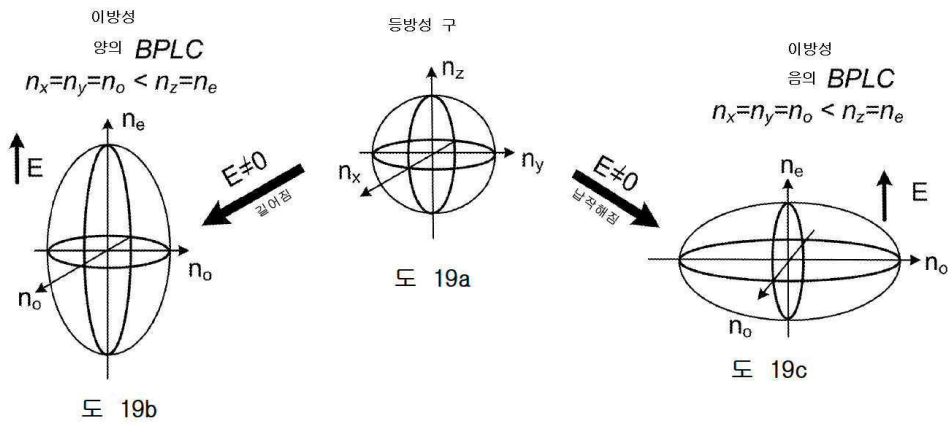
도면19a



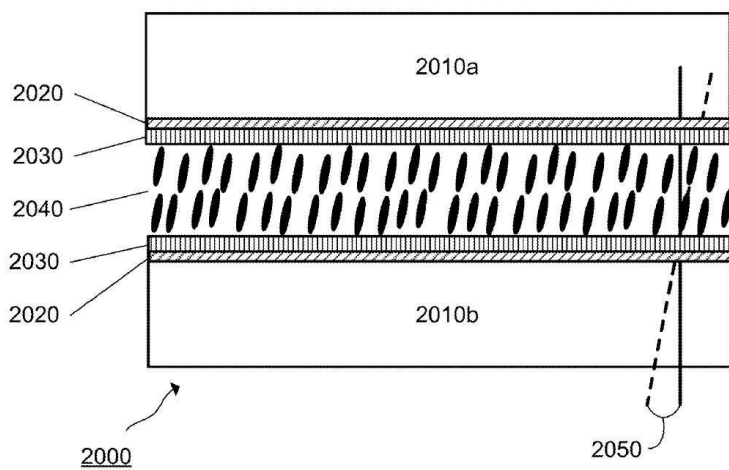
도면19b



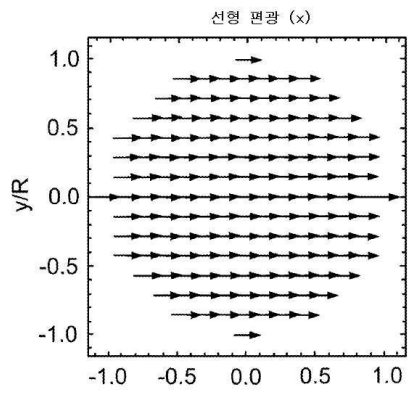
도면19c



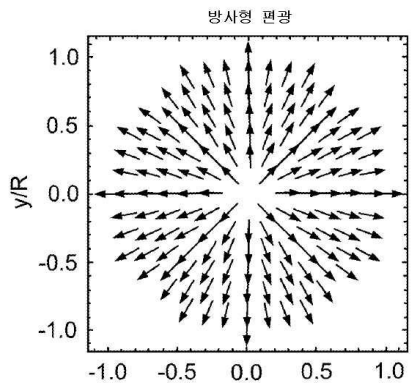
도면20



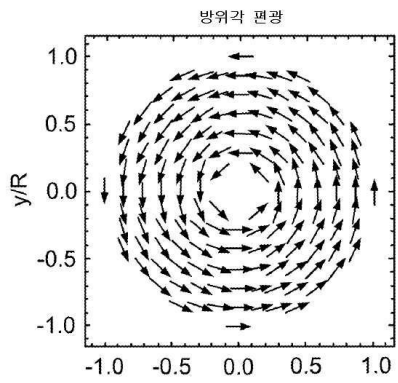
도면21a



도면21b



도면21c



도면22

