



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년01월02일
 (11) 등록번호 10-1934609
 (24) 등록일자 2018년12월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/1335 (2006.01) *G02B 5/30* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7010397
- (22) 출원일자(국제) 2012년10월05일
 심사청구일자 2017년09월11일
- (85) 번역문제출일자 2014년04월18일
- (65) 공개번호 10-2014-0091679
- (43) 공개일자 2014년07월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/058985
- (87) 국제공개번호 WO 2013/052816
 국제공개일자 2013년04월11일
- (30) 우선권주장
 61/544,888 2011년10월07일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2002228840 A*
 JP2003066269 A*
 JP2008209857 A*
 JP2011169948 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 노쓰 캐롤라이나 스테이트 유니버시티
 미국, 노쓰 캐롤라이나 27695-8210, 롤리, 캠퍼스
 박스 8210, 메인 캠퍼스 드라이브 1021
- (72) 발명자
 에스쿠티 마이클 제이.
 미국 27511 노쓰 캐롤라이나주 케리 애저시 코트
 122
 코만두리 라비 케이.
 미국 27606 노쓰 캐롤라이나주 롤리 아파트먼트
 비 아벤트 페리 로드 2509
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 양영준, 안국찬

전체 청구항 수 : 총 28 항

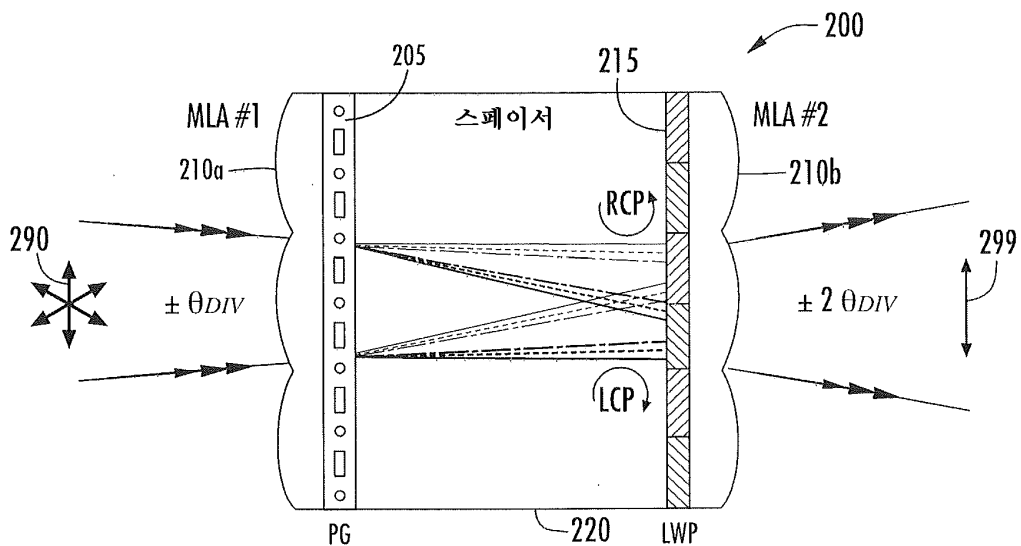
심사관 : 한상일

(54) 발명의 명칭 편광 그레이팅을 가지는 편광 변환 시스템 및 관련 제조 방법

(57) 요약

편광 변환 시스템이 렌즈 요소, 공간적으로-변화되는 국소 광축을 가지는 회절 요소를 포함하는 편광 그레이팅, 및 리타더(retarder) 요소를 포함한다. 상기 편광 그레이팅은 렌즈 요소로부터 출력되는 광을 수용하도록 배치되고, 그리고 상기 리타더 요소는 상기 편광 그레이팅으로부터 출력되는 상이한 편광 상태들의 편광화된 광을 수신하도록 그리고 상이한 편광화된 상태들을 동일한 편광 상태로 변화시키도록 배치된다. 관련된 장치 및 제조 방법이 또한 개시된다.

대표도 - 도2a



(72) 발명자

김 지환

미국 27606 노스 캐롤라이나주 롤리 피치케틀 로드
6211-104

라울러 제이알. 크리스토퍼 에프.

미국 27518 노스 캐롤라이나주 케리 하버스 드라이
브 44303

명세서

청구범위

청구항 1

편광 변환 시스템이며,

렌즈 요소;

표면을 따라 한 방향으로 공간적으로-변화되는 국소 광축을 갖고 그리고 상기 렌즈 요소로부터 출력되는 광을 수용하도록 배치되는 편광 그레이팅; 및

상기 편광 그레이팅으로부터 출력되는 제1 및 제2 상이한 편광 상태들의 편광화된 광을 수용하도록 그리고 제1 및 제2 상이한 편광화된 상태 양자 모두를 동일한 편광 상태로 변화시키도록 배치된 리타더 요소를 포함하는, 편광 변환 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 렌즈 요소가 동일 평면상 배치로 나란히 위치한 적어도 2개의 렌즈렛 요소를 가지는 렌즈 어레이를 포함하고, 그리고 상기 편광 그레이팅이 상기 렌즈 어레이와 상기 렌즈 어레이의 포커스 평면 사이에 위치되는, 편광 변환 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 리타더 요소가 동일 평면상 배치로 나란히 위치한 그리고 상기 렌즈 어레이의 각각의 렌즈렛과 정렬되는 2 세트 이상의 교번적인 리타레이션 영역을 포함하는, 편광 변환 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 리타더 요소가 4분파 플레이트를 포함하고, 상기 교번적인 리타레이션 영역들의 광축들이 90° 이격되는, 편광 변환 시스템.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 편광 그레이팅이 상기 렌즈렛 요소로부터 출력된 각각의 비임을 직교하는 편광 상태들의 제 1 및 제 2 비임으로 회절시켜 상기 렌즈 어레이의 포커스 평면에서 제 1 및 제 2의 공간적으로 오프셋된 포커스 스폿의 어레이를 규정하도록 구성되고; 그리고

상기 리타더 요소가 상기 렌즈 어레이의 포커스 평면에 배치되고, 그리고 각각의 전파 방향을 실질적으로 변경하지 않고 상기 제 1 및 제 2 비임의 직교 편광 상태들을 선형 편광 상태로 변환시키도록 구성되는, 편광 변환 시스템.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 편광 그레이팅은 반대 방향의 직교적인 원형 편광 상태들을 가지는 발산 비임들을 포함하는 편광화된 광을 출력하도록 구성되는, 편광 변환 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 발산 비임이 상기 렌즈 어레이에 입사되는 광의 세기의 90% 보다 큰 광의 세기를 가지는, 편광 변환 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 렌즈 어레이에 입사되는 광이 $\pm 5^\circ$ 이상의 발산 각도를 가지는, 편광 변환 시스템.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 렌즈 어레이에 입사되는 광이 $\pm 10^\circ$ 이상의 발산 각도를 가지는, 편광 변환 시스템.

청구항 10

제 3 항에 있어서,

상기 렌즈 어레이가 제 1 렌즈 어레이를 포함하고,

상기 편광 변환 시스템은,

공통 평면적 배치로 나란히 배치된 적어도 2개의 렌즈렛 요소를 가지는 제 2 렌즈 어레이를 더 포함하고,

상기 제 2 렌즈 어레이가 상기 리타더 요소에 인접하여 배치되어 상기 제 2 렌즈 어레이의 각각의 렌즈렛 요소를 통해서 각 세트의 교번적인 리타레이션 영역으로부터 출력되는 광을 집광하는, 편광 변환 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 어레이가, 80% 이상인 선형 편광을 포함하는 편광 변환 시스템으로부터 출력된 광을 제공하기 위해서 상기 리타더 요소로부터 출력되는 광을 시준하도록 구성되는, 편광 변환 시스템.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 편광 그레이팅과 상기 리타더 요소 사이에, 상기 제 1 렌즈 어레이와 상기 편광 그레이팅 사이에, 그리고/또는 상기 리타더 요소와 상기 제 2 렌즈 어레이 사이에 배치된 투명한 스페이서 요소를 더 포함하는, 편광 변환 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 렌즈 어레이, 상기 편광 그레이팅, 상기 스페이서 요소, 상기 리타더 요소, 및 상기 제 2 렌즈 어레이가 라미네이팅되어 모노리식 광학 요소를 제공하는, 편광 변환 시스템.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 리타더 요소가 적어도 하나의 키랄 액정 층을 포함하는, 편광 변환 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 키랄 액정 층은 각각의 두께에 걸쳐서 상이한 트위스트 각도만큼 회전된 각각의 분자 배향을 가지는 제 1 및 제 2 키랄 액정 층을 포함하고, 상기 트위스트 각도 중 적어도 하나는 0이 아닌, 편광 변환

시스템.

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 시스템이 프로젝터에 포함되고,

상기 프로젝터는,

상기 제 1 렌즈 어레이에 입사되는 적어도 부분적으로 시준된 광을 제공하도록 구성된 광원;

상기 제 2 렌즈 어레이로부터 출력된 광을 수용하도록 배치된 마이크로디스플레이; 및

입사/입력 광으로서 상기 마이크로디스플레이로부터 출력된 광을 수용하도록 배치된 프로젝션 렌즈를 포함하는, 편광 변환 시스템.

청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 시스템이 직시형 디스플레이의 백라이트 유닛 내에 포함되고,

상기 백라이트 유닛은,

상기 제 1 렌즈 어레이에 입사되는 편광화되지 않은 광을 제공하도록 구성된 발광 요소; 및

상기 제 2 렌즈 어레이로부터 출력된 광을 수용하도록 배치된 도파관을 포함하는, 편광 변환 시스템.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 시스템이 원격통신 시스템 내에 포함되고, 상기 원격통신 시스템이:

상기 렌즈 요소에 입사되는 적외선 광을 제공하도록 구성된 적외선 광원; 및

상기 리타더 요소로부터 출력되는 광을 수용하도록 구성된 광학 요소를 포함하는, 편광 변환 시스템.

청구항 19

편광 변환 시스템의 제조 방법이며,

렌즈 요소, 표면을 따라 한 방향으로 공간적으로-변화되는 국소 광축을 갖는 편광 그레이팅, 및 리타더 요소를 제공하는 단계; 및

상기 편광 그레이팅이 상기 렌즈 요소로부터 출력되는 광을 수용하도록, 그리고 상기 리타더 요소가 상기 편광 그레이팅으로부터 출력되는 제1 및 제2 상이한 편광 상태들의 편광화된 광을 수용하고 그리고 제1 및 제2 상이한 편광 상태 양자 모두를 동일한 편광 상태로 변화시키도록, 상기 렌즈 요소, 상기 편광 그레이팅, 및 상기 리타더 요소를 배치하는 단계를 포함하는, 편광 변환 시스템의 제조 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 렌즈 요소는 동일 평면상 배치로 나란히 위치한 적어도 2개의 렌즈렛 요소를 가지는 렌즈 어레이를 포함하고,

상기 편광 그레이팅을 배치하는 단계는 상기 렌즈 어레이와 상기 렌즈 어레이의 포커스 평면 사이에 상기 편광 그레이팅을 배치하는 단계를 포함하는, 편광 변환 시스템의 제조 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 리타더 요소가 동일 평면상 배치로 나란히 위치한 2세트 이상의 교번적인 리타레이션 영역을 포함하고,

상기 리타더 요소를 배치하는 단계는,

상기 리타더 요소를 상기 렌즈 어레이의 포커스 평면에 위치시키는 단계; 및

상기 각 세트의 교번적인 리타레이션 영역을 상기 렌즈 어레이의 각각의 렌즈렛 요소와 정렬시키는 단계를 포함하는, 편광 변환 시스템의 제조 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 리타더 요소가 4분파 플레이트를 포함하고, 상기 교번적인 리타레이션 영역들의 광축들이 90° 이격되는, 편광 변환 시스템의 제조 방법.

청구항 23

제 21 항에 있어서,

상기 렌즈 어레이가 제 1 렌즈 어레이를 포함하고,

상기 편광 변환 시스템의 제조 방법은,

상기 리타더 요소에 인접하게 제 2 렌즈 어레이를 위치시키는 단계를 더 포함하고,

상기 제 2 렌즈 어레이가 공통 평면적인 배치로 나란히 배치된 적어도 2개의 렌즈렛 요소를 가지고, 그에 따라 상기 각 세트의 교번적인 리타레이션 영역으로부터 출력된 광이 상기 제 2 렌즈 어레이의 각각의 렌즈렛 요소를 통해서 집광되는, 편광 변환 시스템의 제조 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 편광 그레이팅과 상기 리타더 요소 사이에, 상기 제 1 렌즈 어레이와 상기 편광 그레이팅 사이에, 그리고/또는 상기 리타더 요소와 상기 제 2 렌즈 어레이 사이에 투명한 스페이서 요소를 제공하는 단계를 더 포함하는, 편광 변환 시스템의 제조 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

모노리식 광학 요소를 제공하기 위해서 상기 제 1 렌즈 어레이, 상기 편광 그레이팅, 상기 스페이서 요소, 상기 리타더 요소, 및 상기 제 2 렌즈 어레이를 라미네이션하는 단계를 더 포함하는, 편광 변환 시스템의 제조 방법.

청구항 26

제 19 항에 있어서,

상기 리타더 요소가 적어도 하나의 키랄 액정 층을 포함하는, 편광 변환 시스템의 제조 방법.

청구항 27

제1항에 있어서,

편광 그레이팅은 그 영역들 사이에 경계가 없는, 편광 변환 시스템.

청구항 28

제1항에 있어서,

편광 그레이팅은 내부에 굴절이 없는 회절 요소를 포함하는, 편광 변환 시스템.

발명의 설명

기술분야

- [0001] 우선권 주장
- [0002] 본원은 35 U.S.C. § 119 하에서, 2011년 10월 7일자로 출원된 "Polarization Conversion Systems With Polarization Gratings And Related Fabrication Methods"라는 명칭의 미국 가특허출원 제 61/544,888 호를 기초로 우선권을 주장하고, 상기 가특허출원의 개시 내용의 전체가 여기에서 참조로서 포함된다.
- [0003] 기술분야
- [0004] 본원 발명은 편광 변환 및 관련 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [0005] 많은 프로젝션 디스플레이 시스템 및 직시형(direct-view) 평판 디스플레이가 비편광화된 광원(예를 들어, 램프, 발광 다이오드(LED), 주변 광, 등)을 이용한다. 그러나, 액정(LC) 온 실리콘(LCOS) 마이크로디스플레이 또는 LC 디스플레이(LCD)를 포함하는 액정(LC) 재료를 채용하는 많은 장치가 이러한 광의 편광화를 필요로 할 수 있을 것이다. 통상적인 편광 요소가 희망하는 편광의 광이 통과할 수 있게 허용함으로써 비편광화된 광으로부터 편광화된 광을 생성할 수 있지만(시트 편광기 또는 여러 가지 복굴절(birefringent) 프리즘을 포함), 그러한 요소는 본질적으로 비효율적일 수 있는데, 이는 그러한 요소가 일반적으로 원치 않는 광을 흡수하거나 원치 않는 방향으로 그러한 광을 재지향시키는 것에 의해서 동작하기 때문이다. 이는, 심지어 광이 광-전자(opto-electronic) 구성요소로 진입하기 전에도, 광학적 효율의 50% 초과 손실을 초래할 수 있다. 그러한 큰 손실은 일반적으로 바람직하지 않고, 특히 고휘도(high brightness) 디스플레이 시스템에서 또는 배터리 수명이 제한되는 휴대용 배터리-전력형 디스플레이 시스템에서 바람직하지 않다.
- [0006] 편광화된 광의 50% 초과가 편광화된 광으로 변환되도록 편광화 요소의 변환 효율을 개선하기 위해서 몇몇 접근 방식이 사용되었다. 그러한 접근 방식의 하나는, 원치 않는 편광을 가지는 광을 광원 자체로 다시 반사시키는 것에 의해서 그러한 광을 재순환시키는 것이고, 이때 그러한 광의 편광이 스크램블링되고(scrambled) 그리고 후속하여 희망하는 편광의 적어도 일부를 가지고 재-방출되는 것으로 예상된다. 그러한 접근 방식은 광원으로부터의 광 출력의 에탕듀(etendue)(또는 확산(spreading)의 정도)를 보전할 수 있을 것이고, 그리고 일반적으로 약 55-70%의 변환 효율을 일반적으로 초래할 수 있을 것이다. 이러한 접근 방식이, 예를 들어, 미국 특허 제 6,025,897 호 및 미국 특허출원 제 12/154,314 호에 개시되어 있다.
- [0007] 편광 변환 시스템(PCS)으로서 지칭되는, 편광 변환에 대한 다른 접근 방식은 원치 않는 편광을 가지는 입사 광을 흡수하거나 출력으로부터 재지향시키는 대신에 희망하는 편광으로 변환시키고, 그리고 이는, 예를 들어, 미국 특허 제 5,995,284 호 및 미국 특허 제 6,621,533 호에 개시되어 있다. 예를 들어, 하나의 세트의 요소(예를 들어, 플라이-아이(fly-eye) 렌즈 및 굴절 편광화 비임 스플리터(PBS))가 입사 광을 2개의 상이한 편광으로 공간적으로 분리하고, 이어서 후속 요소(예를 들어, 루버형 절반-파 플레이트(louvered half-wave plate))가 이러한 편광 중 하나를 다른 편광으로 선택적으로 변환시킨다. 이러한 접근 방식이 편광되지 않은 광을 편광화된 광으로 변환하는 약 60-70%까지의 변환 효율을 유도할 수 있지만, 이러한 접근 방식은 광원의 에탕듀를 배가시킨다.
- [0008] 미국 특허 제 7,692,759 호에 개시된 또 다른 접근 방식은 거울과 조합된, 또는 파장 플레이트 및 마이크로-프리즘 어레이와 조합된 하나 이상의 편광 그레이팅(PG)을 이용하여 편광 변환을 달성한다. 그러나, 거울과의 조합 배치이 비교적 큰 부피를 필요로 하는 한편, 파장 플레이트 및 마이크로-프리즘 어레이와의 조합 접근 방식은 제한된 실현성(practicality)(예를 들어, 극도로 시준된 광을 필요로 한다)을 가질 수 있을 것이다. 또한, PCS는, 플라이-아이 렌즈 이전에 배치된 편광 그레이팅과, 그에 후속하는 루버형 절반파 플레이트를 채용하는 것으로 알려졌다. 그러나, 이러한 구성의 각각이 요소가 독립적이고, 그리고 그 요소가 독립적으로 정렬되고 소정(some) 외부 고정물과 함께 장착되며, 이는 번거롭고, 비용이 소요되고, 그리고 변환 효율을 감소시킬 수 있다.

발명의 내용

- [0009] 여기에서 개시된 일부 실시예에 따라서, 편광 변환 시스템이 렌즈 요소, 공간적으로-변화되는(varying) 국소(local) 광축을 가지는 회절 요소를 포함하는 편광 그레이팅, 및 리타더(retarder) 요소를 포함한다. 상기 편광 그레이팅은 렌즈 요소로부터 출력되는 광을 수용하도록 배치되고, 그리고 상기 리타더 요소는 상기 편광 그

레이팅으로부터 출력되는 상이한 편광 상태들의 편광화된 광을 수신하도록 그리고 상이한 편광화된 상태들의 각 각을 동일한 편광 상태로 변화시키도록 배치된다.

- [0010] 일부 실시예에서, 렌즈 요소가 동일한 평면 또는 동일 평면상 배치로 나란히 위치한 적어도 2개의 렌즈렛(lenslet) 요소를 가지는 렌즈 어레이일 수 있을 것이다.
- [0011] 일부 실시예에서, 편광 그레이팅이 상기 렌즈 어레이와 그 포커스 평면 사이에, 또는 상기 포커스 평면에 또는 그 근처에 배치될 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, 리타더 요소가 동일 평면상 배치로 나란히 위치한 교번적인 리타레이션 영역의 둘 이상의 세트를 포함하는 공간적으로 패터닝된 리타레이션 플레이트일 수 있을 것이다. 리타더 요소의 교번적인 리타레이션 영역이 렌즈 어레이의 각각의 렌즈렛과 정렬될 수 있을 것이다. 예를 들어, 리타더 요소가 렌즈 어레이의 포커스 평면에 배치될 수 있고 그리고 렌즈 어레이의 렌즈렛의 포커스 지점과 정렬될 수 있을 것이다.
- [0012] 일부 실시예에서, 렌즈 어레이의 적어도 2개의 렌즈렛 요소가 입사 광을 각각의 광선(ray) 또는 비임으로 포커싱하도록 구성될 수 있을 것이다. 상기 편광 그레이팅은 상기 렌즈렛 요소로부터의 각각의 비임 출력을 제 1 및 제 2 비임으로 회절시켜 렌즈 어레이의 포커스 평면에서 교차되는(interlace, 交錯) 또는 공간적으로 오프셋되는 포커스 스폿의 제 1 및 제 2 어레이를 규정하도록 구성될 수 있을 것이다. 일부 실시예에서 제 1 및 제 2 어레이가 부분적으로 중첩될 수 있으나, 다른 실시예에서 중첩되지 않을 수 있을 것이다. 상기 편광 그레이팅으로부터 출력된 제 1 및 제 2 비임이 직교하는 편광 상태들을 가질 수 있을 것이다. 리타더 요소가, 각각의 전파 방향을 실질적으로 변경하지 않고, 상기 제 1 및 제 2 비임의 직교 편광 상태들을 선형 편광 상태로 변환시키도록 구성될 수 있을 것이다.
- [0013] 일부 실시예에서, 포커스 스폿의 교차된 제 1 및 제 2 어레이가 직교 원형 편광화된 비임에 의해서 규정될 수 있을 것이다. 예를 들어, 제 1 어레이가 오른쪽 원형 편광을 가지는 제 1 비임에 의해서 규정될 수 있고, 그리고 포커스 스폿의 제 2 어레이가 왼쪽 원형 편광을 가지는 제 2 비임에 의해서 규정될 수 있을 것이다. 리타더 요소가 상기 편광 그레이팅으로부터 출력된 오른쪽 원형 편광을 가지는 제 1 비임 및 왼쪽 원형 편광을 가지는 제 2 비임을 선형 편광을 가지는 광 비임으로 변환할 수 있을 것이다.
- [0014] 일부 실시예에서, 루버형 리타더가 4분파(quarterwave) 플레이트일 수 있을 것이고, 여기에서 상기 교번적인 리타레이션 영역들의 광축들이 약 90° 이격된다. 일부 실시예에서, 상기 리타더 요소는 4분파 리타레이션을 제공하는 제 1 및 제 2 교번적인 스트립 또는 영역을 포함할 수 있고, 각각의 스트립 내의 전기장의 2개의 직교적인 성분 사이에서, 상기 제 1 스트립은 +90° 의 광학적 리타레이션을 제공하고, 그리고 상기 제 2 스트립은 -90° 의 광학적 리타레이션을 제공한다. 교번적인 도메인(domain)의 각각의 세트가 제 2 렌즈 어레이의 행 및/또는 열 내에서 각각의 렌즈렛과 정렬될 수 있을 것이다.
- [0015] 일부 실시예에서, 편광 그레이팅으로부터 출력되는 편광된 광이 반대 방향(handedness)의 직교적인 원형 편광 상태들을 가지는 발산 비임들을 포함한다. 편광 그레이팅으로부터 출력되는 발산 비임이 렌즈 어레이에 입사되는 광의 세기의 약 90% 보다 클 수 있을 것이다. 렌즈 어레이에 입사되는 광이 약 ±5° 보다 큰, 약 ±7° 보다 큰, 약 ±9° 보다 큰, 또는 약 ±11° 보다 큰 발산 각도를 가질 수 있을 것이다.
- [0016] 일부 실시예에서, 편광 변환 시스템이 공통평면적 배치로 나란히 배치되고 그리고 리타더 요소로부터 출력된 광을 수신하도록 배치된 적어도 2개의 렌즈렛 요소를 가지는 제 2 렌즈 어레이를 더 포함할 수 있을 것이다. 제 2 렌즈 어레이가 리타더 요소로부터 출력된 광을 재-시준하도록 구성될 수 있을 것이다. 예를 들어, 제 2 렌즈 어레이가 리타더 요소로부터 출력된 동일한 편광 상태를 가지는 광 비임을 수용하도록 배치될 수 있을 것이고, 그리고 그 어레이의 적어도 2개의 렌즈렛 요소는 동일한 편광 상태를 가지는 광 비임을 시준하여 편광 변환 시스템으로부터 출력된 실질적으로 선형적으로 편광화된 광을 제공하도록 구성될 수 있을 것이다. 교번적인 도메인의 각각의 세트가 제 2 렌즈 어레이의 동일한 렌즈렛을 통해서 광을 집광시키도록, 상기 리타더 요소가 상기 제 2 렌즈 어레이에 대해서 정렬될 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, 실질적으로 선형적으로 편광화된 광 출력이 희망하는 선형적인 편광을 가지는 약 80% 이상(그리고 일부 실시예에서, 87% 이상)의 광을 포함할 수 있을 것이다.
- [0017] 일부 실시예에서, 편광 변환 시스템으로부터 출력된 광이, 제 1 렌즈 어레이에 입사되는 광의 에탕듀의 약 2배 또는 그 미만인 에탕듀를 가질 수 있을 것이다.
- [0018] 일부 실시예에서, 제 1 및 제 2 렌즈 어레이가, 반대 방향으로 대면하는 각각의 렌즈렛 요소와 함께 배치된 유사한 에레이일 수 있을 것이다.

- [0019] 일부 실시예에서, 투명한 스페이스 요소 또는 층이 편광 그레이팅과 리타더 요소 사이에 배치될 수 있을 것이다. 예를 들어, 스페이스 층이 강성의 또는 반-강성의(semi-rigid) 유리 또는 폴리머 층일 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, 스페이스 층들이 또한 제 1 렌즈 어레이와 편광 그레이팅 사이에, 및/또는 리타더 요소와 제 2 렌즈 어레이 사이에 배치될 수 있을 것이다.
- [0020] 일부 실시예에서, 제 1 렌즈 어레이, 편광 그레이팅, 스페이스 요소, 리타더 요소, 및 제 2 렌즈 어레이가 모놀리식(monolithic) 광학 요소를 제공하도록 정렬되고 라미네이트된다.
- [0021] 일부 실시예에서, 리타더 요소가, 미국 특허출원 제 61/544,936 호에 개시된 바와 같이, 적어도 하나의 키랄(chiral) 액정 층을 포함하는 복수-트위스트 리타더일 수 있을 것이며, 상기 특허출원의 개시 내용 전체가 여기에서 참조로서 포함된다. 예를 들어, 리타더 요소가, 각각의 두께에 걸쳐서 상이한 트위스트 각도들만큼 회전된 각각의 분자(molecular) 배향을 가지는 제 1 및 제 2 키랄 액정 층을 포함할 수 있을 것이고, 상기 트위스트 각도 중 적어도 하나가 비-제로이다.
- [0022] 일부 실시예에서, 편광 변환 시스템이 상기 편광 그레이팅과 상기 루버 리타더 사이에 배치된 단일도메인 4분과 리타더를 더 포함할 수 있을 것이다. 단일도메인 4분과 리타더가 편광 그레이팅으로부터 출력된 광을 직교적인 선형 편광 상태들로 변환시키도록 구성될 수 있을 것이다. 루버 리타더가 교번적인 절반과, 및 상기 단일도메인 4분과 리타더로부터 출력된 직교적인 선형 편광 상태들을 수신하고 단일 편광 상태를 출력하도록 배치된 제로 리타레이션 영역을 포함할 수 있을 것이다.
- [0023] 일부 실시예에서, 렌즈 어레이에 입사되는 광이 적어도 부분적으로 시준될 수 있을 것이다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 렌즈 어레이에 입사되는 광이 약 $\pm 20^\circ$ 이내로, 또는 약 $\pm 10^\circ$ 이내로 시준될 수 있을 것이다. 추가적인 실시예에서, 렌즈 어레이에 입사되는 광이 약 $\pm 7^\circ$ 내지 약 $\pm 9^\circ$ 이내로 시준될 수 있을 것이다. 다른 실시예에서, 렌즈 어레이에 입사되는 광이 완벽하게 시준될 수 있을 것이다. 또 다른 실시예에서, 렌즈 어레이에 입사되는 광이 시준되지 않을 수 있을 것이다.
- [0024] 일부 실시예에서, 프로젝터 시스템이, 입사 광으로서 여기에서 개시된 제 1 렌즈 어레이로 제공되는 적어도 부분적으로 시준된 광을 출력하도록 구성된 광원, 여기에서 개시된 제 2 렌즈 어레이로부터 출력된 광을 수용하도록 배치되고 정렬된 마이크로디스플레이, 및 입력 광으로서 상기 마이크로디스플레이로부터 출력된 광을 수용하도록 배치되고 정렬된 프로젝션 렌즈를 포함할 수 있을 것이다.
- [0025] 일부 실시예에서, 백라이트 유닛이 여기에서 개시된 제 1 렌즈 어레이에 대한 입사 광으로서 편광화되지 않은 광을 출력하도록 구성된 발광 요소, 및 제 2 렌즈 어레이로부터 출력된 광을 수용하도록 배치되고 정렬된 도파관을 포함할 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, 상기 백라이트가 직접 관찰 디스플레이 내에 제공될 수 있을 것이다.
- [0026] 일부 실시예에서, 원격통신 시스템이 적외선 광원, 상기 적외선 광원에 의해서 출력된 광을 수용하도록 그리고 여기에서 개시된 렌즈 요소로 시준된 광을 출력하도록 배치되고 정렬된 시준기, 및 여기에서 개시된 리타더 요소로부터 출력된 광을 수용하도록 구성된 광학 요소를 포함할 수 있을 것이다.
- [0027] 여기에서 개시된 추가적인 실시예에 따라서, 편광 변환 시스템을 제조하는 방법이, 렌즈 요소로부터 출력되는 광을 수용하기 위해서 공간적으로-변화되는 단일축 복굴절을 가지는 회절 요소를 포함하는 편광 그레이팅을 배치하는 단계, 및 상기 편광 그레이팅으로부터 출력되는 상이한 편광 상태들의 편광화된 광을 수용하고 그리고 상이한 편광 상태들의 각각을 동일한 편광 상태로 변화시키기 위해서 리타더 요소를 배치하는 단계를 포함한다.
- [0028] 일부 실시예에 따른 다른 장치 및/또는 방법이 이하의 도면 및 구체적인 설명의 검토로부터 당업자에게 자명해질 것이다. 그러한 모든 추가적인 실시예는, 전술한 실시예의 임의의 그리고 모든 조합에 더하여, 이러한 개시 내용에 포함되고, 발명의 범위 내에 포함되고, 그리고 첨부된 청구항에 의해서 보호될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1a는 본원 발명의 실시예에 따른 편광 변환을 도시하는 개략도이다.
- 도 1b는 본원 발명의 실시예에 따른 편광 그레이팅(PG) 거동 및 기하형태를 도시한 개략도이다.
- 도 2a는 본원 발명의 실시예에 따른, 편광 그레이팅, 2개의 렌즈 어레이, 및 리타더 요소를 포함하는 모노리식 편광 변환 시스템을 도시한 개략도이다.

도 2b는 도 2a의 편광 변환 시스템을 도시한 사시도이다.

도 2c는 본원 발명의 실시예에 따라 모노리식 요소를 형성하기 위해서 함께 라미네이팅되기에 앞서서 도 2a 및 2b의 개별적인 요소들을 도시한 분해도이다.

도 2d는 도 2a-c의 편광 변환 요소 내에서 이용될 수 있는 루버형 리타더 요소의 일부의 확대도이다.

도 2e는, 루버형 리타더 요소를 통해서 전달되기 이전의, 본원 발명의 실시예에 따른 PG으로부터 출력되는 광을 도시한다.

도 3은 가지적인 범위 내의 여러 입력 광 발산을 위한 본원 발명의 실시예에 따른 PG의 1차(1st order) 회절 효율을 도시하는 그래프이며, 도 3의 삽입도는, 본원 발명의 실시예에 따른 PG에 의해서 회절됨에 따른, 편광화되지 않은, 백색 LED 광을 도시한 사진이다.

도 4는 원형 편광의 선형 편광으로의 변환과 관련하여 본원 발명의 실시예에 따른 루버형 리타더 요소의 편광 변환 효율을 도시한 그래프로써, 도 4의 삽입도는 루버형 리타더 요소의 2개의 구역 사이의 콘트라스트를 도시한 그림이다.

도 5a 및 5b는, 본원 발명의 실시예에 따른 편광 변환 시스템을 통한 전파에 앞서서, 각각, 입력 광원 및 광 어레이의 출력의 특성을 도시한다.

도 6a는 본원 발명의 일부 실시예에 따른 편광 변환 시스템을 위한 광학적 셋업을 도시한 개략도이다.

도 6b는 본원 발명의 일부 실시예에 따른 편광 변환 시스템의 투과도(transmittance) 특성을 도시한 그래프이다.

도 6c는 스크린 상에서 본원 발명의 일부 실시예에 따른 편광 변환 시스템의 조명(illumination)을 도시한 사진이다.

도 6d는 본원 발명의 일부 실시예에 따른 편광 변환 시스템의 정확한 편광을 가지는 출력 광 프로파일을 도시한다.

도 7은 본원 발명의 일부 실시예에 따른 편광 변환 시스템의 여러 가지 입력 발산 각도에 대한 정확한 편광의 투과도를 나타낸 그래프이다.

도 8a는 본원 발명의 일부 실시예에 따른 편광 변환 시스템의 프로토타입 피코-프로젝터의 레이아웃을 도시한 개략도이다.

도 8b는 도 8a의 피코-프로젝터의 사진이다.

도 8c는 투사된 이미지의 상대적인 밝기(luminance) 값을 나타내는, 도 8a의 피코-프로젝터에 의해서 투사된 이미지의 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하에서, 발명의 실시예가 도시된 첨부 도면을 참조하여 본원 발명을 보다 전체적으로 설명한다. 그러나, 본원 발명이 많은 다른 형태로 구현될 수 있을 것이고 그리고 여기에서 기술된 실시예로 제한되는 것으로 간주되지 않아야 할 것이다. 오히려, 이러한 개시 내용이 철저하고 완전하도록, 그리고 발명의 범위를 당업자에게 전체적으로 전달하도록, 이러한 실시예가 제공된다. 도면에서, 층 및 영역의 크기 및 상대적인 크기가 명료함을 위해서 과장되어 있을 수 있다. 전체적으로, 유사한 번호가 유사한 요소를 나타낸다.

[0031] 비록 제 1, 제 2, 제 3, 등과 같은 용어가 여기에서 여러 가지 요소, 구성 요소, 영역, 층 및/또는 섹션을 설명하기 위해서 사용되어 있을 수 있지만, 이러한 요소, 구성요소, 영역, 층, 및/또는 섹션은 이러한 용어에 의해서 제한되지 않아야 한다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 이러한 용어는 단지 하나의 요소, 구성요소, 영역, 층, 및/또는 섹션을 다른 영역, 층, 또는 섹션으로부터 구분하기 위해서 사용된 것이다. 그에 따라, 본원 발명의 교시 내용으로부터 벗어나지 않고도, 이하에서 설명되는 제 1의 요소, 구성요소, 영역, 층, 또는 섹션이 제 2의 요소, 구성요소, 영역, 층, 또는 섹션으로 지칭될 수 있을 것이다.

[0032] "아래쪽", "아래", "하부", "위", "상부" 등과 같은 공간적으로 상대적인 용어가, 도면에 도시된 바와 같은, 다른 요소(들) 또는 특징부(들)에 대한 하나의 요소 또는 특징부의 관계를 설명하기 위한 용이한 설명을 위해서 여기에서 사용되었을 수 있을 것이다. 공간적인 상대적 용어는 도면에 도시된 배향에 더하여 사용 또는 동작

중에 장치의 상이한 배향을 포함하기 위한 의도를 가질 수 있을 것이다. 예를 들어, 만약 장치가 도면들에서 뒤집혀 있다면, 다른 요소 또는 특징부의 "아래쪽" 또는 "아래" 또는 "하부"로 설명된 요소가 다른 요소 또는 특징부의 "위에" 배향될 수 있을 것이다. 따라서, "아래" 및 "하부"라는 예시적인 용어는 위 및 아래의 배향 모두를 포함할 수 있다. 장치가 달리 배향될 수 있을 것이고(90도 회전된 또는 다른 배향들) 그리고 여기에서 사용된 공간적으로 상대적인 설명들이 그에 따라서 해석될 수 있을 것이다. 또한, 층이 2개의 층들 "사이"에 있는 것으로 언급될 때, 유일한 층이 2개의 층들 사이에 존재할 수 있고, 또는 하나 이상의 개재된 층이 또한 존재할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0033] 본원에서 사용된 용어는 단지 특별한 실시예를 설명하기 위한 목적을 위한 것이고 본원 발명을 제한하기 위한 의도는 없다. 본원에서 사용된 바와 같이, 단수 형태("a", "an", 및 "the")는, 문맥이 명확히 달리 기술하고 있지 않는 한, 복수의 형태를 포함한다. 또한, "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"이라는 용어는, 이러한 명세서에서 사용될 때, 기술된 특징, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 구성요소의 존재를 특정하지만, 하나 이상의 다른 특징, 정수, 단계, 동작, 요소, 구성요소, 및/또는 그 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하지 않는다. 여기에서 사용된 바와 같이, "및/또는"이라는 용어는 연관된 나열 항목 중 하나 이상의 임의의 그리고 모든 조합을 포함한다.

[0034] 요소 또는 층이 다른 요소 또는 층 "상에" 존재하는 것으로, "연결되는 것으로", "커플링되는 것으로", 또는 "인접하는 것으로" 언급될 때, 그 요소 또는 층이 다른 요소 또는 층 상에 직접적으로 존재, 연결, 커플링, 또는 인접할 수 있고, 개재 요소 또는 층이 존재할 수도 있을 것이다. 대조적으로, 요소가 다른 요소 또는 층 "상에 직접적으로" 존재하거나 또는 다른 요소 또는 층 "상에서 직접적으로 존재하거나", "직접적으로 연결되거나", 또는 "직접적으로 커플링되거나, 또는 "바로 인접하는 것"으로 언급될 때, 개재 요소들 또는 층들이 존재하지 않을 것이다.

[0035] 발명의 실시예가 발명의 이상적인 실시예(그리고 중간 구조물)의 개략도인 횡단면도를 참조하여 설명된다. 따라서, 예를 들어, 제조 기술 및/또는 공차의 결과로서의 도면의 형상으로부터의 변경이 예상될 수 있을 것이다. 따라서, 발명의 실시예는 도시된 특별한 영역의 형상으로 제한되지 않아야 할 것이고, 예를 들어, 제조로부터 초래된 형상의 편차를 포함하는 것으로 이해되어야 할 것이다. 따라서, 도면에 도시된 영역은 본질적으로 개략적인 것이고 그리고 그 형상은 장치의 영역의 실제 형상을 도시하는 것으로 의도된 것이 아니고 그리고 발명의 범위를 제한하는 것으로 의도된 것이 아니다.

[0036] 달리 규정된 바가 없다면, 여기에서 사용된 모든 용어(기술적 및 과학적 용어를 포함)는 발명이 속하는 분야의 당업자에 의해서 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 여기에서 명백하게 규정하고 있지 않은 경우에, 일반적으로 이용되는 사전에 규정된 것과 같은 용어가, 관련 분야 및/또는 본원 명세서의 문맥에서의 의미와 일치되는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하고 그리고 이상적인 그리고 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0037] 액정(LC) 재료 및 편광 그레이팅의 제조에서의 그러한 액정 재료의 이용을 참조하여, 본원 발명의 일부 실시예가 여기에서 설명된다. 액정은 분자의 질서있는 배열이 존재하는 액정을 포함할 수 있다. 일반적으로, LC 분자가, 세장형(막대-유사) 또는 편평한(디스크-유사) 형상을 가지는, 비등방성일 수 있을 것이다. 비등방성 분자의 배치(ordering)의 결과로서, 벌크 LC가 종종 그 물리적 성질에서 비등방성을 나타내고, 예를 들어 기계적, 전기적, 자기적 및/또는 광학적 성질에서의 비등방성을 나타낸다. 여기에서 사용된 바와 같이, 액정이 네마틱(nematic) 상, 키랄 네마틱 상, 스멕틱 상, 강유전성 상, 및/또는 다른 상을 가질 수 있다. 막대-유사 또는 디스크-유사 본성의 결과로서, LC 분자의 배향의 분포가 광학적 적용예에서 중요한 역할을 할 수 있을 것이다. 이러한 적용예에서, LC 정렬이 정렬 표면에 의해서 좌우될(dictated) 수 있을 것이다. LC이 예측가능한 그리고 제어가능한 방식으로 표면에 대해서 정렬되도록, 정렬 표면이 처리될 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, 정렬 표면이 LC 층을 통한 단일 도메인을 보장할 수 있을 것이다. 다른 실시예에서, 정렬 표면이 많은 도메인 및/또는 많은 불연속부를 제공할 수 있을 것이다. 많은 수의 러빙된(rubbed) 또는 포토폴리머화가 가능한 폴리머가 여기에서 설명된 편광 그레이팅을 생성하기 위한 정렬 층으로서 이용될 수 있을 것이다. 액정 정렬 방법의 부가적인 예가 또한 Crawford 등의 미국 특허 제 7,196,758 호에서 기술되어 있다. 또한, 여기에서 개시된 일부 구조물이 스핀-코팅 프로세스와 액정 재료의 균형을 통한 정렬 제조를 포함할 수 있을 것이다. 본원 발명의 일부 실시예와 함께 이용하기 위한 부가적인 구조물 및/또는 방법이 Escuti 등의 미국 특허 제 7,692,759 호에 개시되어 있고, 상기 특허의 개시 내용 전체가 여기에서 참조로서 포함된다.

[0038] 여기에서 사용된 바와 같이, "폴리머화가 가능한 액정"이 폴리머화될 수 있는 비교적 저-분자량의 액정 재료를

지칭할 수 있고, 그리고 또한 여기에서 "반응성 메소겐(mesogen)"으로서 설명될 수 있다는 것을 당업자가 이해할 수 있을 것이다. 대조적으로, "비-반응성 액정"은 폴리머화될 수 없는 비교적 저-분자량의 액정 재료를 지칭할 수 있을 것이다.

[0039] 또한, 여기에서 사용된 바와 같이, "제로-오더" 광은 입사 광의 방향과 실질적으로 평행한 방향으로, 즉 실질적으로 유사한 입사 각으로 전파되고, 그리고 여기에서 "온-축(on-axis)" 광으로서 지칭될 수 있을 것이다. 대조적으로, "1차" 광과 같은 "비-제로-오더 광"은 입사 광에 평행하지 않은 방향으로 전파되고, 그리고 여기기에서 "오프-축" 광으로서 지칭된다. 여기에서 사용된 바와 같이, "부분적으로 시준된" 광은 서로에 대해서 실질적으로 평행하게 전파되는 광선 또는 비임을 설명할 수 있을 것이나, 약간의 발산성(예를 들어, 광원으로부터의 거리에 따른 비임 직경의 차이)을 가질 수 있을 것이다. 대조적으로, "완벽하게 시준된" 광은 발산성을 가지지 않는 광선 또는 비임을 설명할 수 있을 것이다.

[0040] 여기에서 사용된 바와 같이, "투과성" 또는 "투명성" 기관은 입사 광의 적어도 일부가 통과하도록 허용할 수 있다는 것을 당업자가 이해할 수 있을 것이다. 다시 말해서, 여기에서 기술된 투과성 또는 투명성 요소가 완전히 투명할 필요는 없고, 그리고 입사 광의 일부를 흡수할 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, 투명한 기관이 유리 기관일 수 있을 것이다. 대조적으로, 여기에서 기술된 "반사" 기관은 입사 광의 적어도 일부를 반사할 수 있을 것이다.

[0041] 본원 발명의 실시예는 통상적인 PCS 접근 방식이 가지는 몇 가지 문제가 편광-분리 요소에 기인할 수 있다는 인식으로부터 기원할 수 있을 것이다. 특히, 몇 가지 접근 방식이 작은 편광화 비임-스플리터(PBS 어레이라고도 지칭된다)의 어레이를 채용할 수 있지만, 그러한 접근 방식은, $\pm 5^\circ$ 에서 시작하여, PBS 어레이의 광축에 대해서 보다 큰 각도로 입사하는 광(또한, 여기에서 "오프-축" 광으로 지칭된다)에 대한 상당한 효율 저하를 경험할 수 있을 것이다. 이러한 효율 저하는 편광 스플리팅 또는 분리 요소(즉, PBS-어레이)에 의해서 대부분 제한된다. 많은 광원이 이러한 각도를 넘어서서 광을 방출할 수 있기 때문에, 이는 실제적인 제한을 제시한다. PBS-어레이는 또한 제조에 있어서 난제를 제시할 수 있고, 그리고 복수의 개별적인 요소가 요구되는 정밀도로 정렬되는데 있어서 어려움을 가질 수 있다.

[0042] 본원 발명의 일부 실시예는, 보다 넓은 각도 범위에서 편광화되지 않은 입사 광(예를 들어, 발산적이고 예측될 수 없는 편광을 가지는 입력 광)을 수용하고, 그리고 이러한 편광화되지 않은 광을 실질적으로 동일한 또는 단일의 희망 편광을 가지는 광으로 약 50% 초과, 그리고 일부 실시예에서, 약 90% 초과,의 변환 효율로 변환하는, 여기에서 편광 변환 시스템(PCS)으로서 또한 지칭되는, 광학 요소의 구성을 제공한다. 본원 발명의 실시예는, 예를 들어, 대부분의 광원이 (기껏해야) 부분적으로-편광화되고 그리고 부분적으로-시준되는, 프로젝션 및 직시형 디스플레이 시스템에서 이용될 수 있다.

[0043] 특히, 본원 발명의 실시예는, 매우 적은 손실로, 편광화되지 않은 입사 광을 거의 전체적으로 편광화되도록 변환하기 위한, 특히 다른 요소 중에서, 편광 그레이팅을 채용하고, 그리고 광학적 시스템으로 용이하게 통합되도록 실현될 수 있다. 입사 광 세기의 대부분(예를 들어, 약 95% 초과)이 2개의 비임 내에 포함되도록, 편광 그레이팅이 온-축 비임을 대략적으로 동일한 세기의 2개의 발산 비임으로 재배향시킨다. 따라서, 편광 그레이팅은, 높은 효율로, 편광 상태를 변경하고 그리고 입사 광의 전파 방향을 변경한다(예를 들어, 그레이팅이 입사 광을 편광화하고 그리고 회절시킨다). 편광 그레이팅이, 주기적이고, 공간적으로 변화되는 국소 광축을 가지는 복굴절 재료일 수 있고, 그리고 홀로그래픽 패터닝 프로세스를 이용하여 형성될 수 있을 것이다.

[0044] 본원 발명의 일부 실시예에 따른 편광 그레이팅(PG)이, 통과하여 이동하는 광의 국소인 편광 상태 및 전파 방향 모두를 주기적으로 변경하는, 투명한, 얇은-필름, 비임-스플리터일 수 있을 것이다. 예를 들어, 상당히 큰 입사 각도 및 넓은 대역폭을 위해서, PG가 편광화되지 않은 광을 2개의 직교적인 원형 편광으로 높은 효율로(약 95% 내지 99%) 스플리팅할 수 있을 것이다. 대조적으로, 통상적인 선형 편광기가 입사 광을 단일 편광 상태로 변환하는 것에 의해서 동작되어, 해당 편광 상태의 광이 통과할 수 있게 허용하나, 다른 편광 상태의 광을 흡수할 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, PG, 리타더 요소, 그들 사이의 요소, 및/또는 여기에서 개시된 인접 요소가 하나 이상의 폴리머화된 복굴절 액정 층을 이용하여 구현될 수 있을 것이다. 다른 실시예에서, PG, 리타더 요소, 그들 사이의 요소, 및/또는 인접한 요소가, 통과하여 이동하는 광의 편광에 실질적으로 영향을 미치지 않는 제 1 상태와, 통과하여 이동하는 광의 편광을 변경하는(예를 들어, 광을 그 반대의 또는 직교적인 편광으로 변환) 제 2 상태 사이에서 전환되도록 구성되는 복굴절 액정 층을 이용하여 구현될 수 있을 것이다.

[0045] 본원 발명의 일부 실시예에 따른 편광 그레이팅이 공간적으로-가변적인 단축 복굴절(예를 들어, $n(x)=[\cos(\pi x/\Lambda), \sin(\pi x/\Lambda), 0]$)을 가지는 회절 광학 요소일 수 있고, 그리고 100%까지의 회절 효율을 제공할 수 있을 것이다.

다. 여기에서 개시된 바와 같은 편광 그레이팅은 선형 상 프로파일을 구현할 수 있을 것이고, 예를 들어 $\Phi(x) = \pi x / \Lambda$ 또는 $\Phi(y) = \pi y / \Lambda$ 일 수 있고, 여기에서 Λ 는 일정한 그레이팅 피리어드(period)이다. 각도(Φ)는 PG 기관의 표면에서의 국소 광축 배향을 규정한다. 여기에서 개시된 바와 같은 편광 그레이팅이, 개시 내용이 여기에서 참조로서 포함되는 미국 특허출원 제 60/912,044 호 및 미국 특허출원 제 60/912,039 호에서 개시된 광대역 그레이팅과 유사할 수 있으나, 전통적인 협대역 PG(예를 들어, Crawford 등의 미국 특허 제 7,196,758 호에서 개시된 바와 같다)가 또한 본원 발명의 실시예에서 채용될 수 있을 것이다.

[0046] 도 1a 및 1b는 본원 발명의 실시예에 따른 편광 그레이팅을 포함하는 편광 변환 시스템을 도시한다. 도 1b에 도시된 바와 같이, PG(105)의 출력 회절 각도가 그레이팅 방정식 $\sin\theta_{\pm 1} = \lambda / \Lambda + \sin\theta_{in}$ 에 의해서 관리되고, 여기에서 λ 는 파장이고 Λ 는 그레이팅 피리어드이고, $\theta_{\pm 1}$ 및 θ_{in} 는 각각 1-차 회절된 각도 및 입사 각도이다. PG(105)를 이용하여 편광화되지 않은 입사 광을 생성하고 직교적인 편광의 2개의 비입으로 분할할 수 있고, 그리고 후속 요소를 이용하여 직교적인 편광의 각각을 동일한 편광 상태로 변환할 수 있다.

[0047] 특히, 도 1a에 도시된 바와 같이, 본원 발명의 실시예는, PG(105) 및 파동 플레이트 또는 리타더 요소(115)를 제 1 렌즈 요소(110) 이후에 배치하는 것에 의해서 높은 편광 변환 효율(일반적으로, 70-95% 범위이다)을 달성하는 PCS 디자인(100)을 제공한다. 편광화되지 않은 입사 광(190)이 렌즈 요소(110)에 의해서 집광되고 그리고 PG(105)에 의해서 2개의 비입으로 회절되고, 상기 2개의 비입은 렌즈 요소(110)의 포커스 평면(f)의 각각의 스폿에서 포커스된다. 상기 포커스 스폿은 PG(105)에 의해서 회절된 1-차 비입(θ_{+1} , θ_{-1})에 상응한다. 2개의 스폿에서 포커스된 비입은, 직교적인 또는 반대의 방향을 가지고, 원형으로 편광화된다. 예를 들어, 도 1a에 도시된 바와 같이, 상부 스폿 상에 포커스된 비입이 오른쪽으로 원형 편광되는(RCP; 실선으로 도시됨) 한편, 하부 스폿 상에 포커스된 비입은 왼쪽으로 원형 편광화된다(LCP; 파선으로 도시됨). 패터닝된 리타더 요소(115)가 2개의 교번적인 리타레이션 영역(또한, 여기에서 '도메인' 또는 '구역'으로 지칭된다)을 포함하고, 그리고 렌즈 요소(110)의 포커스 평면(f)에 배치된다. 리타더 요소(115)는 전반적으로 광대역 4분파 리타레이션을 제공하도록 구성되나, 2개의 구역의 각각에서 상이한 광축(90도 이격된다)을 제공한다. 보다 구체적으로, 도 1a에서, 리타더 요소(115)의 상부 구역은 그 광축이 +45 도인 상태로 배향되어 PG(105)으로부터 출력된 광의 +90도 리타레이션 또는 위상 변위(shift)를 제공하고, 그리고 리타더 요소(115)의 하부 구역은 그 광축이 -45 도인 상태로 배향되어 PG(105)으로부터 출력된 광의 -90도 리타레이션 또는 위상 변위(shift)를 제공한다. 따라서, 리타더 요소(115)가 2개의 직교적인 원형 편광을 동일한 편광(199)(예를 들어, 선형 편광)으로 변환한다. 중심 파장(λ)(예를 들어, 550 nm)에서의 또는 그 부근에서의 시준된 광이 이러한 2개의 구역의 중심에서 회절되도록, PG 피리어드(Λ)가 선택된다. 이러한 기하형태는 회절 각도 $\theta_{\pm 1} = \tan^{-1}(D/4f)$ 를 규정하고, 여기에서 D 는 렌즈 직경이고 그리고 f는 포커스 길이이다. PG 피리어드(Λ)는 그레이팅 방정식 $\Lambda = \lambda / \sin(\tan^{-1}(D/4f))$ 를 이용하여 계산된다.

[0048] 여기에서 개시된 발명의 추가적인 실시예는, 편광화되지 않은 광을 편광화된 광으로 높은 효율로 함께 변환시킬 수 있는, 적어도 하나의 렌즈 어레이(각각 적어도 2개의 렌즈렛 요소를 가진다), 편광 그레이팅, 및 루버형 리타더 요소 또는 파동플레이트를 포함하는 모노리식 배치를 제공한다. 예를 들어, 도 2a(횡단면) 및 도 2b(사시도)의 실시예에서 도시된 바와 같이, 편광 변환 요소(200)는 제 1 또는 전방 복수-렌즈 어레이(210a), 편광 그레이팅(PG)(205), 스페이서 층(220), 리타더 요소(215)(루버형 4분파 플레이트(LWP)로서 도시됨), 및 제 2 또는 후방 복수-렌즈 어레이(210b)를 포함한다. 편광 그레이팅(PG)(205)이 제 1 렌즈 어레이(210a)와 그 포커스 평면 사이에, 또는 포커스 평면이나 그 부근에 배치될 수 있을 것이다. 루버형 리타더 요소(215)가 제 1 렌즈 어레이(210a)의 포커스 평면에 또는 그 부근에 배치될 수 있고 그리고 제 1 렌즈 어레이(210a)의 렌즈렛 요소의 포커스 지점과 정렬될 수 있을 것이다. 편광 그레이팅(205) 및 리타더 요소(215)를 포함하는 편광 변환 요소(200)가 또한 여기에서 PG-기반의 PCS 또는 "PG-PCS" 요소로서 지칭된다.

[0049] 도 2a를 참조하면, 편광화되지 않은 입력 광(290)이 제 1 렌즈 어레이(210a)에 입사되고 수용된다. 제 1 렌즈 어레이(210a)가 렌즈렛 요소의 약 2 내지 약 20 이상의 행 및/또는 열을, 그리고 일부 실시예에서 약 7 내지 약 11 행 및/또는 열을 포함할 수 있을 것이다. 입사 광(290)이 적어도 부분적으로 시준될 수 있고, 완벽하게 시준될 수 있고, 또는 일부 실시예에서 심지어 시준되지 않을 수 있을 것이다. 예를 들어, 입력 광(290)이, 적어도 하나의 차원에서, 약 $\pm 20^\circ$ 이내에서, 그리고 일부 실시예에서, $\pm 10^\circ$ 이내에서 부분적으로 시준될 수 있을 것이다. 특별한 실시예에서, 제 1 렌즈 어레이에 입사되는 입력 광(290)이 약 $\pm 7^\circ$ 내지 약 $\pm 9^\circ$ 이내에서 시준될 수 있을 것이다. 편광 그레이팅(205)이 제 1 또는 렌즈 어레이(210a)로부터 출력된 광을 수용하도록 배치

되고, 그리고 리타더 요소(215)가 편광 그레이팅(205)으로부터 출력된 광을 수용하도록 배치된다. 편광 그레이팅(205) 및 리타더 요소(215)에 의해서 영향을 받은 편광 변화의 조합이, 이하에서 구체적으로 설명되는 바와 같이, 동일한 희망하는 편광 상태(선형 편광으로서 설명됨)를 가지는 출력 광(299)을 제공한다. 제 2 또는 후방 렌즈 어레이(210b)는 리타더 요소(215)로부터의 출력 광을 수용하고 지향시키도록 배치되나; 제 2 또는 후방 렌즈 어레이가 모든 실시예에서 사용되지는 않을 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 도 2a 및 2b에서, 제 1 및 제 2 렌즈 어레이(210a 및 210b)가, 그들의 볼록한 렌즈 표면들이 서로에 대해서 반대되는 또는 외측으로 대면하는 상태로 배치된 유사한 렌즈 어레이이다. 제 1 및/또는 제 2 렌즈 어레이(210a 및/또는 210b)의 렌즈렛의 각각이 일부 실시예에서 약 0.5 밀리미터(mm) 내지 약 2 mm의 치수(예를 들어, 길이, 폭, 또는 직경)을 가질 수 있고, 그리고 평면도에서 정사각형 또는 직사각형일 수 있을 것이다. 스페이서 층(220)이, 편광 그레이팅(205)과 루버형 리타더(215) 사이에 배치된 강성 유리 또는 폴리머 스페이서일 수 있을 것이다. 부가적인 스페이서 층이 또한 렌즈 어레이(210a)와 PG(205) 사이에(예를 들어, 도 2c에 도시된 층(220')), 스페이서 층(220)과 리타더 요소(215) 사이에(예를 들어, 도 2c에 도시된 층(220')), 및/또는 리타더 요소(215)와 렌즈 어레이(210b) 사이에(미도시) 제공될 수 있을 것이다.

[0050]

도 2a 및 2b에 도시된 모노리식 PG-PCS 요소(200)가, 예를 들어, 프로젝션 적용예에서 구현될 수 있을 것이다. 프로젝터 내의 기능적인 PCS 가 콤팩트하여야 하고, 그리고 출력 각도가 재시준을 필요로 할 수 있을 것이다. 따라서, 렌즈 어레이(210a 및 210b)가 각각 입력 및 출력에 배치된 마이크로렌즈 어레이(MLA)로서 구현될 수 있을 것이다. MLA가 2-차원적인(2D) 어레이일 수 있으나, 또한 일부 실시예에서 1차원적(1D)일 수 있을 것이다. 어레이(210a 및/또는 210b)의 각각의 렌즈렛이 도 1a에 도시된 구분된 렌즈 요소(110)와 유사한 방식으로 기능할 수 있을 것이고, 그에 따라 접재된 그러나 공간적으로 이격된(예를 들어, 도 2e에 도시된 바와 같음), 포커스 평면에서의 2개의 직교적으로 편광화된 스폿의 그리드를 초래한다. 그레이팅 피리어드(Λ) 및/또는 포커스 길이(f)는 편광 변환을 개선 및/또는 최적화하도록 선택될 수 있으나, 렌즈렛 치수(예를 들어, 달성가능한 렌즈 곡률, 측방향 크기, 및 기관 두께)의 제한 및 입사 광의 발산에 의해서 구속될 수 있을 것이다. 입력 발산 각도 $\pm \theta_{DIV}$ 가 $\leq \theta_{\pm 1} = \sin^{-1}(\Lambda/\Lambda)$ 일 때 대략적으로 완전한 편광 변환이 발생될 수 있을 것인데, 이는 각각의 포커스 평면 스폿이 그 이웃하는 패터닝된 리타더와 일반적으로 중첩되지 않기 때문이다. 그러나, $\pm \theta_{DIV} > \theta_{\pm 1}$ 인 경우에도, 리타레이션이 최소화될 수 있을 것이다. 상기 방정식이 개산적인 것이고(approximation), 그리고 개선된 또는 최적의 디자인을 결정하기 위해서 광학적 광선-트레이스 모델링 툴(optical ray-trace modeling tool)이 이용될 수 있다는 것을 주목하여야 할 것이다.

[0051]

도 2a 및 2b에 도시된 바와 같이, 전술한 층 또는 요소가 함께 배치, 정렬, 및 라미네이팅되어 모노리식 요소(200)를 제공한다. 모노리식 편광 변환 요소(200)는 층들 사이의 인터페이스의 수 및 정렬 요건을 감소시키고, 이는 변환 효율을 개선할 수 있고 그리고 개선된 기능을 촉진할 수 있다. 특히, 인터페이스의 감소된 수가 인터페이스 반사로 인한 손실을 감소시키고, 그리고 PCS 요소(200)의 광학적 시스템 내로의 정렬을 단순화시킬 수 있을 것이다. 또한, 비-평면형 표면들이 외측으로 대면하는 상태로, 모든 요소가 함께 라미네이팅될 수 있을 것이다. 또한, 모노리식 요소(200)는, 부가적인 고정구 없이, 다른 장치 또는 시스템으로 용이하게 통합될 수 있다. 그에 따라, 변환 효율이 개선될 뿐만 아니라, 전체적인 제조 비용 및 통합 복잡성이 감소된다.

[0052]

도 2c는, 본원 발명의 실시예에 따라서 모노리식 요소(200)를 형성하기 위해서 함께 라미네이팅된 도 2a 및 2b의 개별적인 요소를 도시한 분해도이다. 도 2c의 실시예에서 도시된 바와 같이, 1.0 밀리미터(mm) 및 0.3 mm의 두께를 가지는 층들이 각각 편광 그레이팅(PG)(205) 및 루버형 과동 플레이트(LWP)(215)를 위해서 이용된다. 특히, PG(205) 및 LWP(215)가 1.0 mm 및 0.3 mm 유리 기관으로 각각 라미네이팅되고, 이어서 다이싱 가공된다. 다이싱 후에, PG(205) 및 LWP(215)가 제 1 및 제 2 렌즈 어레이(210a 및 210b) 사이에 조립되고, 이때 PG(205)와 LWP(215) 사이에 0.4 mm 유리 기관 스페이서 층(220)이 존재한다. 부가적인 투명한 스페이서 층(220' 및 220'')이 또한 제 1 렌즈 어레이(210a)와 PG(205) 사이에 그리고 PG(205)와 LWP(215) 사이에 각각 제공될 수 있을 것이다. 제 2 렌즈 어레이(210b)가 LWP(215)에 인접하여 또는 근접하여 배치될 수 있고 그리고 제 1 렌즈 어레이(210a)와 정합(register)되어, 부가적인 광학장치에 의해서 마이크로디스플레이 상으로 릴레이되기에 앞서서 출력을 균질화 및 재-시준한다. 도 2a-2c에서 외측으로 대면하는 것(예를 들어, 서로로부터 멀어지는 쪽으로 대면하는 것)으로 도시되어 있지만, 일부 실시예에서 제 1 렌즈 어레이(210a) 및/또는 제 2 렌즈 어레이(210b)의 볼록한 표면들이 PG(205) 및 LWP(215)를 향해서/내측으로 대면할 수 있을 것이다. 또한, 제 2 렌즈 어레이(210b)가 제 1 렌즈 어레이(210a)와 상이할 수 있을 것이고, 또는 일부 실시예에서 심지어 모두 함께 생략될 수 있을 것이다. 또한, 렌즈 어레이(210a, 210b)가 대칭적일 필요는 없고, 그리고 일부 실시예에서 원형,

타원형 및/또는 다각형 베이스를 가질 수 있다.

[0053] 도 2d는, 도 2a-c의 편광 변환 요소(200)에서 이용될 수 있는 루버형 또는 패터닝된 리타더 요소(215)의 일부의 확대도이다. 패터닝된 리타더 요소(215)가, 각각의 영역을 통해서 상이하게 통과하는 편광 상태 광을 변경하도록 디자인된, 일정하나 주변 영역과 상이한 광축을 각각 가지는, 둘 이상의 패터닝된 영역을 가지는 복굴절 광학 요소이다. 도 2d에 도시된 바와 같이, 패터닝된 리타더 요소(215)가, 공통 평면적인 배치로 나란히 배치된 둘 이상의 교번적인 리타레이션 영역(215a, 215b)(또한, '도메인' 또는 '구역'으로도 지칭된다)을 포함할 수 있을 것이다. 특히, 도 2d는 4분파 리타레이션의 교번적인 스트립을 도시하고, 이때 하나의 스트립(215a)이 +45°의 광축을 가지고 그리고 다른 스트립(215b)이 -45°의 광축을 가진다. 루버형 리타더(215)가 제 2 렌즈 어레이에 대해서 배치될 수 있고, 그에 따라 교번적인 도메인(+45°, -45°)의 각각의 세트가 제 2 렌즈 어레이(210b)의 동일한 렌즈렛을 통해서 광을 집광한다. 다시 말해서, 루버형 파동 플레이트(LWP)로서도 지칭되는 패터닝된 리타더 요소(215)가, 일부 실시예에서, PG 회절 평면에 상응하는 단일 차원 내의 렌즈렛 당(per) 2개의 구역(215a, 215b)을 가진다. 2개의 구역(215a, 215b)은 동일한 무색성(achromatic) 4분파 리타레이션을 제공하나, 직교적인 광축들을 가진다. LWP(215)가 제 1 렌즈 어레이(210a)의 포커스 평면 근처에(예를 들어, 포커스 평면(f)에 또는 그 근처에) 배치된 상태에서, 직교적인 원형 스폿들(도 2e에 도시됨)의 양 그리드가 동일한 선형 편광으로 변환된다.

[0054] 일부 실시예에서, 예를 들어, 개시 내용이 여기에서 참조로서 포함된 미국 특허출원 제 61/544,936 호 (Attorney Docket No. 5051-805PR)에 개시된 바와 같이, 리타더 요소(215)가 상이한 트위스트를 가지는 제 1 및 제 2 리타더 층을 포함하는 복수-층 리타더를 이용하여 구현될 수 있을 것이다. 특히, 리타더 요소(215)가, 반대 방향의 제 1 및 제 2 키랄 액정 층을 포함하는 적층형 구조물일 수 있을 것이다. 여기에서 설명된 루버형 리타더(215)와 같은 리타더가 광학적 회전 또는 복굴절 리타레이션, 또는 그 임의의 조합을 통해서 편광 변화를 달성할 수 있으나, 통과하는 광의 전파 방향에 실질적으로 영향을 미치지 않을 수 있고 또는 변경하지 않을 수 있을 것이다. 대조적으로, 여기에서 개시된 PG(205)과 같은 편광 그레이팅은 통과하는 광의 회절(즉, 전파 방향의 변화)을 제공한다.

[0055] 도 2e는 여기에서 개시된 일부 실시예에 따른 편광 그레이팅(205)으로부터 출력되고 루버형 리타더 요소(215)를 통해서 전달되기 전의 광을 도시한다. 도 2e에 도시된 바와 같이, PG(205)는 제 1 렌즈 어레이(210a)의 렌즈렛 요소로부터 출력된 각각의 비임을 발산적인 제 1 및 제 2 편광화된 비임으로 편광화시키고 그리고 회절시켜, 제 1 렌즈 어레이(210a)의 포커스 평면에서의 포커스 스폿의 제 1 및 제 2 비임 그리드 어레이(250r 및 250l)를 형성한다. 제 1 및 제 2 비임 그리드 어레이(250r 및 250l)는 교차되거나 공간적으로 오프셋될 수 있다. 제 1 및 제 2 비임 그리드 어레이(250r 및 250l)가 일부 실시예에서 부분적으로 중첩될 수 있으나, 다른 실시예에서 중첩되지 않을 수 있을 것이다. 편광 그레이팅(205)으로부터 출력된 제 1 및 제 2 비임이 직교 편광 상태들을 가질 수 있을 것이다. 예를 들어, 제 1 비임 그리드 어레이(250r)가 오른쪽 원형 편광(RCP; 실선)을 가지는 제 1 비임에 의해서 규정될 수 있고, 그리고 포커스 스폿의 제 2 비임 그리드 어레이(250l)가 왼쪽 원형 편광(LCP; 파선)을 가지는 제 2 비임에 의해서 규정될 수 있을 것이다. 리타더 요소(215)(제 1 렌즈 어레이(210a)의 포커스 평면에 또는 그 근처에 배치됨)가 도 2e에 도시된 비임 그리드 어레이(250r 및 250l)의 제 1 및 제 2 비임의 직교 편광 상태들을 동일한 편광 상태로 변환하도록 구성될 수 있을 것이다. 예를 들어, 리타더 요소(215)는, 도 2a에 도시된 바와 같이, 편광 그레이팅으로부터 출력된 오른쪽 원형 편광을 가지는 제 1 비임 및 왼쪽 원형 편광을 가지는 제 2 비임을 선형 편광(299)을 가지는 광 비임으로 변환하는 루버형 4분파 플레이트일 수 있을 것이다.

[0056] 여기에서 개시된 실시예에 따른 예시적인 PCS에서, PG(205) 및 LWP(215)이 상업적인 재료 및 프로세싱을 이용하여 제조될 수 있을 것이고, 그리고 맞춤형(custom) 마이크로-렌즈 어레이(MLA)(210a, 210b)가 통상적인 방법을 이용하여 제조될 수 있을 것이다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 렌즈 어레이(210a, 210b)가 동일한 MLA일 수 있고, 그리고 아크릴계 몰딩 수지(예를 들어, Plexiglas)를 렌즈렛의 5 x 9(5-by-9) 그리드로 사출 몰딩함으로써 형성될 수 있고, 상기 각각의 렌즈렛이 1.4 mm x 0.77 mm 평방 치수 및 1.1 mm의 구체형 곡률 반경을 가진다. 단일-층 반사방지(AR) 코팅이 렌즈렛 외측 표면 상에 도포될 수 있을 것이다. 1 mm 두께의 유리 스페이서가 LWP(215)를 제 1 MLA(210a)의 포커스 평면에 배치하기 위해서 이용될 수 있을 것이다. PG(205), LWP(215), 및 유리 스페이서가 1 인치 평방 기판 상에 제조될 수 있고, 그리고 후속하여 MLA(210a, 210b)의 크기에 합치되도록 다이싱 가공될 수 있을 것이다. 이어서, 예를 들어, MLA(210a, 210b)와 LWP(215)을 정합 또는 정렬시키기 위해서 편광 광학장치 현미경을 이용하여, 요소가 함께 아교 접착될 수 있을 것이다. 결과적인 모노리식 PG-PCS(200)이 약 4 mm 두께가 될 수 있을 것이다.

- [0057] 또한, 일부 실시예에서, PG(205) 및 LWP(215) 중 하나 또는 양자 모두가 포토-정렬 폴리머로서 재료 LIA-C001을 이용하여, 그리고 키랄 LCs CB-15 및 MLC-6247로 도핑된 반응성 LC 프리폴리머(prepolymer) 혼합물 RMS 10-025($\Delta n \sim 0:16$)를 이용하여 형성될 수 있을 것이다. PG(205) 및 LWP(215) 중 하나 또는 양자 모두가, 스핀-코팅을 이용하여, 1 mm 두께의 보로실리케이트 유리 기판 상에 형성될 수 있을 것이다. 모든 요소가 광학적 접촉제 NOA-65를 이용하여 함께 라미네이팅될 수 있을 것이다. 이하에서 설명되는 바와 같은 특별한 예에서, UV-레이저 편광 홀로그래피 및 방법을 이용하여, 약 530 nm에서 약 ± 8.5 도의 1-차 회절 각도를 제공할 수 있는 약 3.6 μm 피리어드를 가지도록 PG가 형성되었다. 예를 들어, 포토-정렬 층이 기판 상에 형성될 수 있고 그리고 UV-레이저 홀로그래피를 이용하여 패터닝되어 주기적인 패턴을 그 내부에 형성할 수 있을 것이고, 그리고 액정 층이 패터닝된 포토-정렬 층 상에 형성될 수 있고, 그에 따라 액정 층의 분자가 정렬 층 내에서 주기적인 패턴으로 정렬된다. 이어서, 액정 층을 폴리머화하여 PG(205)를 형성할 수 있을 것이다.
- [0058] 여기에서 설명된 본원 발명의 실시예에 따라서 제조된 편광 그레이팅을 이용하여, 편광화되지 않은 입력 광에 대한 전체 1-차 ($n_{+1} + n_{-1}$) 회절 효율을 여러 입력 발산 각도에 대해서 측정하였다. 특히, 도 3은 가시적인 범위 내의 입력 광에 대해서 3.6 μm 그레이팅 피리어드를 가지는 PG에 의해서 제공된 1-차 광($n_{+1} + n_{-1}$)에 대한 회절 효율을 도시한다. 도 3의 삽입도는, 본원 발명의 실시예에 따라 PG에 의해서 회절된 바와 같은, 편광화되지 않은 백색 LED 광의 광 출력을 도시한다.
- [0059] 도 3의 그래프에 도시된 바와 같이, PG는 실질적으로 발산 각도($\pm 11^\circ$ 포함)를 가지는 입사 광에 대해서 1-차로 높은 회절 효율(예를 들어, 약 95% 보다 크다)을 제공한다. 특히, 도 3의 삽입 그래프에 의해서 제공된 확대도에서 도시된 바와 같이, 본원 발명의 실시예에 따른 PG는 약 $\pm 3^\circ$, $\pm 5^\circ$, $\pm 7^\circ$, $\pm 9^\circ$, $\pm 11^\circ$, 또는 그 초과 내에서 시준된 입력 광에 대해서 95% 초과 효율을 유지할 수 있다. 따라서, 편광 그레이팅(예를 들어, 여기에서 개시된 PG(105 및 205))이 PBS 어레이 보다 입사/입력 광에 대한 보다 큰 각도 범위 또는 보다 넓은 각도 개구(aperture)에 걸쳐서 높은 회절 효율을 제공할 수 있을 것이다. PG에 의해서 제공된 이러한 더 넓은 각도 개구는, 여기에서 개시된 바와 같은 PG-기반의 PCS 요소가 PBS 어레이-기반의 PCS 보다 더 큰 처리량(throughput)을 제공할 수 있는 이유가 된다.
- [0060] 도 4는 원형 편광을 선형 편광으로 전환하도록 구성된 LWP의 편광 변환 효율을 도시한다. 도 4의 삽입도는 교차되는 편광기들 사이에 배치된 LWP의 도면이고, 여기에서 제 2의 비-루버형 QWP가 LWP와 편광기 사이에 삽입되어 2개의 LWP 리타레이션 영역/구역들(보다 어두운 구역 및 보다 밝은 구역으로 도시됨) 사이의 대비를 보여준다. 도 4에 도시된 편광 변환 효율은, 미국 가특허출원 제 61/544,936 호(Attorney Docket No. 5051-805PR)에서 개시된 방법을 이용하여 제조된, ± 45 도의 광축 배향을 가지는 광대역 4분 파동 플레이트(QWP)와 같이 거동하는 교번적인 도메인 또는 구역을 포함하는 LWP를 이용하여 달성되었다.
- [0061] 예를 들어, 일부 실시예에서, 포토-정렬 재료를 패터닝하기 위해서, 병진이동(translation) 스테이지 상에 장착되는, 0.7 mm 폭을 가지는 교번적인 투명 구역 및 불투명 구역을 가지는 크롬 마스크를 통해서, 포토-정렬 재료를 UV 램프에 노출시키는 것에 의해서 LWP 또는 다른 리타더가 형성될 수 있을 것이다. 이러한 노출은 2 단계 프로세스일 수 있고, 여기에서 상응하는 구역이 노출될 때 노출 방향을 0도 및 90도로 조정하기 위해서 선형 편광기가 이용된다. 패터닝된 정렬 층이 서로의 상단부 상에 순차적으로 적층되는 제 1 및 제 2 LC 폴리머 층으로 코팅되어, 광대역 QWP(또한 여기에서 복수-트위스트-리타더(MTR)로서 지칭된다)를 형성할 수 있을 것이다. 특히, 제 1 LC 폴리머 층의 분자 구조가 인터페이스에서 포토-정렬 층의 패턴에 대해서 정렬되도록 제 1 LC 폴리머 층이 패터닝된 포토-정렬 층 상에 침착될 수 있고, 그리고 이어서 폴리머화될 수 있을 것이다. 제 1 LC 층이, 두께에 걸쳐서 트위스팅된 분자 구조를 가지는 키랄 LC 층일 수 있을 것이다. 도 4의 실시예에서, 제 1 LC 층의 조준장치(director) 배향이 약 -90 도의 트위스트 각도만큼 그 두께에 걸쳐서 트위스팅된다. 제 1 LC 층의 두께가 약 1.36 μm 였다. (제 2 LC 층의 분자 구조가 인터페이스에서 제 1 LC 층의 분자 구조와 정렬되도록) 제 2 LC 층이 제 1 LC 층 상에 유사하게 침착될 수 있고 그리고 폴리머화될 수 있을 것이다. 제 2 LC 층이 제 1 LC 층에 대해서 반대 방향인 키랄 LC 층일 수 있을 것이다. 도 4의 실시예에서, 제 2 LC 층의 조준장치 배향이 약 $+60$ 도의 트위스트 각도만큼 그 두께에 걸쳐서 트위스팅된다. 제 2 LC 층의 두께가 약 0.83 μm 였다.
- [0062] 여전히 도 4를 참조하면, 원형으로 편광화된 입력 광이 LWP의 ± 45 도 구역 중 하나로 전달되었고, 그리고 정확한 또는 희망하는 선형 편광(예를 들어, S-편광)을 가지는 그리고 정확하지 않은 또는 희망하지 않는 선형 편광(예를 들어, P-편광)을 가지는 광 출력의 분율을 측정하였다. 측정된 변환 효율은 ± 45 구역 양자 모두에서 실질적으로 동일하였다. 도 4에 도시된 바와 같이, LWP로부터 출력된 광이 전체 가시적 범위에 걸쳐서 우선적으로 선형적으로 편광화된다(정확한 편광을 가지는 약 97% 초과 및 부정확한 편광을 가지는 약 3% 미만). 상업적

인 측정 틀을 이용하여 유사한 측정치가 얻어졌다.

- [0063] 기술한 바와 같은 발명의 실시예가 상업적인 광선-트레이싱 시뮬레이션 틀 내에서 도 5a 및 5b에 도시된 바와 같이 모델링되었고, 그리고 추후에 조합되고 실험적으로 테스트되었다. 도 5a 및 5b에서, 입력 측부가 왼쪽으로 대면하는 것으로 도시되어 있고, 여기에서 편광화되지 않은 광이 제 1 렌즈 어레이(210a)로 진입하고, 이어서 편광 그레이팅(205), 및 루버형 파동플레이트(215)가 후속되고, 그리고 이러한 실시예에서 오른쪽 측부 상의 출력부에서 제 2 렌즈 어레이(210b)에 의해서 완료된다. 제 1 렌즈 어레이(210a), 편광 그레이팅(205), 스페이서 층(220), 루버형 파동플레이트(215), 및 제 2 렌즈 어레이(210b)는, 그들이 광학적으로 커플링되도록 하는 방식으로, 또는 요소들 사이의 공기 인터페이스가 없이 하나의 피스로 함께 라미네이팅되도록 하는 방식으로 정렬된다. 이는 모노리식 PCS 요소(200)를 제공하고, 그러한 모노리식 요소에서, 일부 통상적인 배치와 대조적으로, 부가적인 임의의 고정구 없이, 모든 요소가 아교 접촉되거나 달리 함께 라미네이팅된다.
- [0064] 또한, 광학적 시뮬레이션 틀을 이용하여 본원 발명의 실시예의 편광 변환을 입증하였다. 특히, 입력 면에서 PCS 요소(200)의 지역을 채우는(filled) $\pm 7^\circ$ 발산 각도를 가지는 편광화되지 않은 광원이 이용되었다. 도 5a에 도시된 그래프는, 여기에서 개시된 PCS 요소를 통한 전파 이전의, 이러한 입력 광원의 특성을 나타낸다.
- [0065] (1.25 mm 곡률의 구체형 반경 및 1 x 0.583 mm 평방 치수를 가지는) 렌즈렛의 7 x 12 그리드 및 단일 층 반사-방지 코팅을 가지는 2개의 동일한 렌즈 어레이가 제 1 및 제 2 렌즈 어레이로서 이용되었다. 이러한 2개의 렌즈 어레이가 정합 정렬에서 약 3 mm 이격되어 배치되고, 그리고 스페이서와 광학적으로 라미네이팅되고 그리고 그 사이에 다른 광학적인 요소를 가지지 않는 경우에, 상기 렌즈 어레이가 플라이-아이-렌즈(FEL)를 형성할 수 있을 것이다. 도 5b는, 여기에서 개시된 편광 그레이팅 및 리타더 요소를 통과하지 않고, 도 5a에서 규정된 광원이 이러한 FEL로 입사될 때, 그러한 FEL의 출력의 예를 도시한다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 출력은 입력과 동일한 편광을 유지하고, 편광 변환은 발생되지 않는다.
- [0066] 그러나, 본원 발명의 실시예에서, 편광 그레이팅(205) 및 루버형 파동 플레이트(215)가, 도 2a-2c의 예에서 도시된 바와 같이, 2개의 렌즈 어레이(210a, 210b) 사이에 배치된다. 제 1 렌즈 어레이(210a)는 통과하는 광을 포커싱하여 그 포커스 평면에서 포커스 스폿의 어레이를 형성하도록 구성된다. 편광 그레이팅(205)이 제 1 렌즈 어레이(210a)와 그 포커스 평면 사이에 위치할 때, 편광 그레이팅(205)은 이러한 광선을, 도 2e의 예에서 도시된 바와 같이, 직교 편광 상태를 각각 가지는, 포커스 스폿(250l 및 250r)의 2개의 교차된 그리드로 스플리팅한다. 루버형 파동 플레이트(215)가 제 1 렌즈 어레이(210a)의 대략적인 포커스 길이(f)에 배치되고, 그리고 편광 그레이팅(205)으로부터 출력된 직교 편광의 각각을 동일한 편광 상태로 변환한다. 제 2 렌즈 어레이(210b)는, 약 90%의 정확한 또는 회망하는 편광 및 약 4% 미만의 부정확한 또는 회망되지 않는 편광을 가지는, 거의 전체적으로 선형으로 편광화된, LWP(215)로부터 출력된 광을 재-시준한다.
- [0067] 도 6a는 본원 발명의 일부 실시예에 따른 PG-기반의 PCS 요소(600)를 포함하는 예시적인 광학적 셋업을 도시한다. PCS 요소(600)가 기술한 PCS 요소(200)와 유사할 수 있을 것이다. 도 6a에 도시된 바와 같이, 제어가 가능한 발산 각도(예를 들어, 개구(660)에 의해서 허용되는 바와 같은 약 3도 내지 약 11도)를 가지는 광대역의 편광화되지 않은 백색 광원(690)은 PCS 요소(600)로 입력 광을 제공한다. PCS 요소(600)로부터 출력된 광은 회전 장착부 내의 선형 편광기(680)에 의해서 분석되고 그리고 섬유-분광계로 연결된 통합 구체(670)로 수집된다. 여기에서 개시된 결과에서, 편광기(680) 자체의 흡수를 정규화하여 제거하였고(normalized out), 그에 따라 완벽한 또는 손실없는 PCS가 100% 효율을 나타낼 것이고, 그리고 빈(empty) 측정(PCS가 전혀 없다)이 50% 효율을 나타낼 것이다.
- [0068] 도 6b에 도시된 바와 같이, 약 $\pm 7^\circ$ 도의 발산 각도를 가지는 입력 광원(690)으로부터의 광의 경우에, PCS 요소(600)로부터 출력된 광은 가시 범위(약 520-650 nm)의 대부분에 대해서 약 90%의 정확한 선형 편광(여기에서, "정확한"이라는 용어는 회망하는 PCS 출력 편광, 예를 들어 수직 선형을 나타낸다) 및 낮은(약 4% 미만) 부정확한 편광(여기에서, "부정확한"이라는 용어는 회망하는 PCS 출력에 대해서 직교적인 편광, 예를 들어, 수평 선형)을 지칭한다)을 포함한다. 일반적으로, 부정확한 편광은, PBS 큐브, 또는 시트 편광기와 한은 클린-업 편광 광학장치로 제거될 수 있을 것이다. 본원 발명의 실시예에 따른 PG-기반의 PCS 요소(600)에 의해서 달성되는 이러한 90% 피크는 PBS-어레이를 가지는 통상적인 PCS 보다 상당히 더 높다.
- [0069] 예시적인 PG-기반의 PCS(600) 및 그로부터의 출력 비임(699)의 사진이 도 6c에 도시되어 있다. 출력 비임(699)은 각각 x- 및 y-방향으로 약 $\pm 7^\circ$ 도 및 $\pm 14^\circ$ 도 발산을 가지고, 그에 따라, 양호한 휘도 및 색채 균일도를 가지고, 입력 광원에 대한 예상되는 에탕듀의 배가를 보장한다. 본원 발명의 실시예에 의해서 제공되는 바와 같은 정확한 편광을 가지는 출력 광 프로파일은 폴라 아이소-칸델라 플롯(polar iso-candela plot)(좌측) 및 직사

각형 칸델라 분포 플롯(우측)으로 도 6d에 도시되어 있다.

[0070] 본원 발명의 실시예는, PCS 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 몇 가지 인자들을 인식하고 해결한다. 예를 들어, 반사, 흡수, 흐릿함(haze), 및 보다 큰 각도로의 편향으로 인해서, MLA의 기준선 투과도가 단지 95%(즉, 유리 스페이서만을 포함하고, PG 또는 LWP를 포함하지 않는, 널(null)-PCS)일 수 있을 것이다. 또한, PG 및 LWP이 비스듬하게 입사하는 광(예를 들어, 약 $\pm 15^\circ$ 도 보다 큰 입사 각도를 가지는 광)에 대해서 비-이상적인 거동을 나타낼 수 있을 것이다. 광이 제로-오더 방향(편광되지 않고 유지됨)으로 누설됨에 따라 및/또는 LWP 리타레이션이 4분-파동으로부터 벗어남에 따라, PG 회절 효율이 감소될 수 있을 것이다. 또한, MLA 아크릴계 재료 자체가 약간의 측정가능한 그러나 사소한 복굴절을 나타낼 수 있고, 이는 출력 편광을 저하시킬 수 있다. 또한, PCS의 요소의 상대적인 위치 및 배향의 오정렬이 손실을 유발할 수 있고; 특히 제 1 MLA과 LWP 사이의 거리가 임계적일 수 있을 것이다. 마지막으로, 보다 큰 발산 각도에서, LWP에서의 1차 포커스 스폿이 그 이웃과 중첩되기 시작할 수 있고, 이는 PG의 회절 효율이 여전히 높은 경우에도 변환 효율을 추가적으로 감소시킬 수 있다. MLA의 AR 코팅 및 LWP의 리타레이션 보상에서의 개선이 변환 효율 및 유효한 수용 각도를 추가적으로 개선하는데 있어서 효과적일 수 있을 것이다.

[0071] 각도 개구에 대한 의존성을 설명하기 위한, 여러 발산 각도(Θ_{DIV})에 대한 PG-기반의 PCS 요소의 성능이 도 7에 도시되어 있다. 정확한 편광의 분율이 또한 도 7에 도시되어 있다. 도 7을 이제 참조하면, 보다 작은 입력 발산 각도(예를 들어, $\pm 3^\circ$ 도 또는 $\pm 5^\circ$ 도)에 대해서, PG-기반의 PCS로부터 출력된 광의 거의 전부(예를 들어, 약 92% 이상)가 정확한 또는 희망하는 편광을 가지고, 그에 따라 널-PCS 곡선(95%)에 접근한다. 이는 개별적인 요소가 잘-정렬되었다는 것을 나타내고, 그리고 그들 2개 사이의 차이가 LWP 부정확 편광 변환(도 4에 도시된 바와 같음) 및 PG(도 3에 도시됨)의 작은 제로-오더 누설의 소정 조합에 의해서 설명될 수 있을 것이다. 큰 발산 각도(예를 들어, $\pm 9^\circ$ 도 또는 $\pm 11^\circ$ 도)의 경우에, 유사하게 PG 및 LWP 상의 보다 큰 비스듬한 입사로 인해서, 일부 저하가 발생된다. 그러나, 도 7은 본원 발명의 실시예에 따른 PCS의 편광 변환이, 약 $\pm 11^\circ$ 도 이상의 입력 발산 각도에서도 여전히 높다는 것(약 80% 내지 약 87%)을 도시한다.

[0072] 전술한 비-제한적인 예에서, 편광 그레이팅으로부터 출력된 비입이 직교적으로 원형으로 편광화되고(예를 들어, RCP 및 LCP), 그리고 예를 들어 도 2d에 도시된 루버형 리타더 요소(215)와 같이, 90° 이격된 인접한 리타레이션 영역들 또는 루버들의 광축들을 가지는 루버형 파동 플레이트(LWP)에 의해서 선형 편광으로 각각 변환된다. 그러나, 일부 실시예에서, 단일도메인 4분파 리타더가 직교적인 선형 편광들로 먼저 변환하기 위해서 편광 그레이팅으로부터 출력된 광을 수용하도록 배치될 수 있고, 그리고 루버형 파동 플레이트가 단일도메인 4분파 리타더로부터 출력된 광을 수용하도록 배치될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러한 루버형 파동 플레이트가 교번적인 영역 또는 루버를 포함할 수 있을 것이고, 그 중 하나가 절반파 리타더이고, 그리고 그 중 다른 것이 임의의 복굴절 요소도 없이 비어진 상태로 남겨진다. 단일도메인파 루버형 파동 플레이트의 다른 배치 및/또는 조합이, 본원 발명의 실시예에 따라서, 스폿의 2개의 개재된 직교적인 편광화된 그리드를 수용하도록 그리고 단일의 또는 거의 단일의 편광 상태를 출력하도록 배치될 수 있다. 보다 일반적으로, 편광화되지 않은 입력 광을 동일한 선형 편광을 가지는 출력 광으로 변환하도록 배치된 요소의 특별한 조합을 참조하여 전술하였지만, 본원 발명의 실시예가 발산 및/또는 예측불가능한 편광을 가지는 입력 광을 임의의 희망하는 편광을 가지는 광으로 변환하는 다른 배치를 포함한다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0073] 여기에서 개시된 본원 발명의 실시예에서, FEL 자체의 내부와 다소 유사하게, PG이 제 1 렌즈 어레이 이후에 그리고 가능한 경우에 제 2 렌즈 어레이 이전에 배치된다. 발명의 이러한 배치는, 통상적인 PCS 배치에 대비하여, 특히 함께 라미네이션되는 층을 가지는 단일 모노리식 요소를 제공하지 않는 것에 대비하여, 성능, 제조성, 및 광학적 시스템으로의 용이한 통합을 개선할 수 있다.

[0074] 일부 실시예에서, 전술한 PCS 요소(200)가 액정(LC) 프로젝터 내에 배치될 수 있다. 특히, LC 프로젝터가, PCS 요소(200)에 대한 입력으로서 편광화되지 않은 광을 제공하도록 배치된, LED 광원 또는 램프를 포함할 수 있을 것이고, 그에 후속하여 시트 편광기 또는 PBS 큐브(예를 들어, MacNeille 또는 기타)와 같은 편광화 요소를 포함하고, 그에 후속하여 광이 상부로 지향되는 반사 또는 투과 LC 마이크로디스플레이를 포함하고, 그에 후속하여 입력 광으로서 상기 마이크로디스플레이로부터 출력된 광을 수용하도록 배치되고 정렬된 프로젝션 렌즈를 포함할 수 있다. 이는 비-제한적인 예이고, 그리고 편광 요소, 마이크로디스플레이, 및 프로젝션 렌즈의 많은 조합이 여기에서 개시된 PCS 요소와 함께 이용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 보다 일반적으로, 반사 또는 투과 프로젝션 디스플레이가, 입력 광으로서 부분적으로 시준된 광을 여기에서 개시된 PCS 요소로 제공하는 광대역 광원, 선택적인 편광화 요소, 마이크로디스플레이, 및 프로젝션 렌즈를 포함할 수 있다.

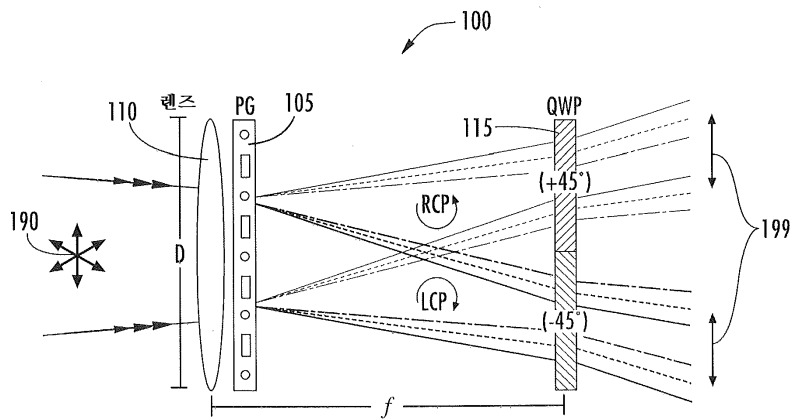
- [0075] 본원 발명의 실시예에 따른 PG-기반의 PCS의 디스플레이 시스템에서의 유효성을 나타내기 위해서, 도 8a 및 8b는 PG-기반의 PCS의 요소(800)(전술한 PG-기반의 PCS(200)와 유사함)를 포함하는 프로토타입 피코-프로젝터(801)의 예를 도시한다. 도 8a에 도시된 바와 같이, 3개의 LED(880r, 880g, 880b)로부터의 광이 각각의 이색성 거울(870r, 870g, 870b)에 의해서 조합되고, PBS 큐브(860)로 텔레이되고, 그리고 WVGA (854x480) LC 온 실리콘(LCoS) 마이크로디스플레이(855) 상으로 지향된다. PG-PCS(800)이 PBS 큐브(860) 이전에 배치되고, 이때 매개변수가 전술한 것과 약간만 상이하다(즉, 짧은 MLA 포커스 길이 및 작은 PG 피리어드). 피코-프로젝터(801)는, 60 Hz 전체 색채 프레임 레이트에서, 200:1 콘트라스트 비율(풀-온-풀-오프(full-on-full-off))와 함께, 12 lm/W의 높은 효율, 0.83 W에서 10 lm 휘도를 나타냈다. 도 8b에 도시된 바와 같이, 전체 프로젝터(801)의 '박스' 부피는 약 6.2 cm^3 일 수 있고, 두께가 약 6.8 mm일 수 있을 것이다.
- [0076] 본원 발명의 실시예는, 투사된 이미지의 양호한 휘도 균일성을 허용할 수 있을 것이다. 도 8c는 피코-프로젝터(801)에 의해서 생성된 이미지의 사진이다. 도 8c에 도시된 바와 같이, 3 x 3 어레이의 수는 이미지 내의 해당 위치에서의 밝기 값을 나타내고, 백색에 대해서 그리고 개별적인 모든 색채에 대해서 약 86%의 균일성 비율(이미지의 최대 밝기에 대한 최소 밝기를 기초로 한다), 및 0.064의 표준 편차를 보여준다.
- [0077] 비교를 위해서, 상업적인 피코-프로젝터(Sony Camcorder HDR-PJ260V)를 유사한 방식으로 측정하였고, 그리고 Watt 당 9 ± 1 루멘(lm/W) 효율, 11 lm 밝기, 250:1 콘트라스트, nHD(640 x 360) 해상도가 제공되었다. 가장 현저하게, 상업적인 피코-프로젝터는 약 57%의 균일성 비율 및 0.29의 표준 편차를 제공하였고, 관찰자에 대해서 상당히 적게 균일한 이미지를 생성하였다. 또한, 본원 발명의 실시예에 따른 피코-프로젝터(801)는, 9 lm/W 효율, 9 lm 밝기, 및 10 cm^3 내에서의 약 70%의 균일성을 제공하는 이전의 PG-기반의 PCS 프로젝터에 대해서 비교된다.
- [0078] PG-PCS 자체의 효율을 격리시키기 위해서, PG-PCS를 널-PCS와 함께 재배치하였고, 이는 약 6.1 lm의 밝기 감소를 초래하였고, 이는 본원 발명의 실시예에 따른 PG-PCS(800)가 약 1.64의 인자 만큼 휘도를 향상시킨다는 것을 보여준다. 이는, 도 7의 방사성 곡선과 유사하게, 포토픽 가중(photoptic weighting)을 포함하여, 82% 편광 변환으로 이러한 특별한 프로젝터 내의 PG-PCS가 실시되었다는 것을 나타낸다.
- [0079] 요약하면, 본원 발명의 일부 실시예에 따른 PG-기반의 편광 변환 시스템은 피코-프로젝터 프로토타입(801)이 극도로 양호하게 실행될 수 있게 하여, 보다 작은 부피 내에서 보다 균일한 이미지를 생성할 수 있게 하고 그리고 일부 통상적인 PCS 보다 상당히 더 큰 효율을 생성할 수 있게 한다. 본원 발명의 실시예에 따른 PG-기반의 PCS는 또한 보다 큰 LC 프로젝터들 내에서 유사한 이점을 가지고 이용될 수 있고, 그리고 편광을 이용하는 임의의 디스플레이에 대해서 백/프론트-라이트 내로 적용될 수 있다.
- [0080] 예를 들어, 일부 실시예에서, 전술한 PG-PCS 요소(200)가 백라이트 유닛(BLU) 내에서 직시형 LCD 텔레비전/모니터 내에 배치될 수 있을 것이다. PG-PCS 요소(200)가 발광 요소(예를 들어, LED 또는 램프)에 인접하여 배치되어, 발광 요소로부터 출력되는 편광화되지 않은 광을 희망 편광을 가지는 광으로 변환할 수 있고 그리고 희망 편광을 가지는 광을 BLU 도파관으로 제공할 수 있을 것이다. 일부 실시예에서, PG-PCS 요소(200)가 엣지-리트(edge-lit) BLU에서 LEDs 및 도파관 내에 배치될 수 있을 것이다.
- [0081] 일부 실시예에서, 발산 및 예측할 수 없는 편광을 가지는 광을 수용하고 그리고 그러한 광을 단일의 희망 편광으로 변환하기 위한 유사한 목적을 달성하기 위해서, 전술한 PG-PCS 요소(200)가 광섬유로부터의 그리고 광섬유로의 광과 조합될 수 있다. 원격통신 시스템에서, 편광 모드 분산(PMD)으로서 정량화될 수 있는, 발산 편광을 가지는 자연적으로 존재하는 광이 손실, 적은(lower) 통신 대역폭, 및/또는 증가된 복잡성 및 비용을 유도할 수 있다. 따라서, 단일-모드 또는 복수-모드 광원(예를 들어, 광섬유)로부터의 적외선 광이 시준기에 의해서 통과 및 확장되도록 지향될 수 있고 이어서 전술한 PG-PCS 요소(200)를 통과하도록 배치된다. PG-PCS 요소(200)가 입사 광을 기지의(known), 균일한, 그리고 고정된 편광으로 변환하기 위해서 이용될 수 있을 것이고, 이는 이어서, 증폭기, 감쇠기, 필터, 또는 제 2 광섬유로의 제 2 시준기를 포함하여, 원격통신에서 이용되는 여러 가지 후속 구성요소 내로 지향될 수 있을 것이다.
- [0082] 따라서, 본원 발명의 실시예는, 편광화되지 않은 것을 선형으로 편광화된 광으로 높은 효율로 변환하는 PG-기반의 PCS를 제공한다. 이는, 입사 광을 직교하는 원형 편광들을 가지는 발산 비임으로 각도적으로 분리하는 대역폭 PG를 기초로 하는 한편, LWP는 각각의 비임을 동일한 선형 편광으로 변환하고, 여기에서 PG 및 LWP 모두가 2개의 MLA들 사이에 배치되고 그리고 라미네이팅된다. 본원 발명의 실시예에 따른 PG-기반의 PCS 요소는 약 ± 7 도의 발산성을 가지는 입력 광에 대해서 약 90% 초과, 그리고 약 ± 11 도의 발산성을 가지는 입력 광에 대해

서 80-87%의 피크 변환 효율을 제공할 수 있다. PG-PCS는, 일부 이전의 접근 방식에 대비하여, 콤팩트하고 그리고 용이하게-정렬되는 모노리식 요소이다. PG-PCS는 피코-프로젝터 내에서 구현되었고, 12 lm/W 밝기 효율, 10 lm 휘도, 앞서가는(class-leading) 이미지 균일성, 및 6.2 cm³ 부피를 초래하였으며, 이는 PG-PCS의 높은 효율 이점을 나타낸다.

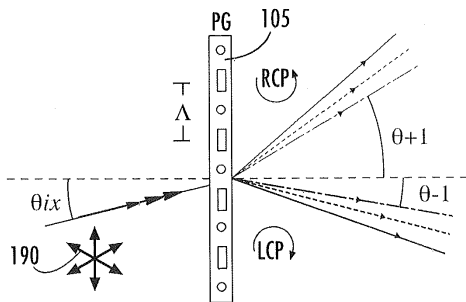
- [0083] 그에 따라, 본원 발명의 실시예에 따른 PG-PCS 요소는, 감소된 두께와 함께, 높은 효율, 적은 구성요소 층, 및 증가된 제조 및 취급 용이성을 제공할 수 있고, 그에 따라 보다 단순하고 저비용의 장치를 가능하게 할 수 있을 것이다. 또한, 여기에서 개시된 PG-PCS 요소는 회절 스플리팅 요소에 의존할 수 있고, 그에 의해서 일부 종래 접근 방식에서 이용될 수 있는 스플리팅 요소의 상이한 영역들 사이의 경계를 회피할 수 있을 것이다.
- [0084] 비록 예로서 제 1 및 제 2 렌즈 어레이를 포함하는 것으로서 여기에서 몇몇 실시예를 설명하였지만, 리타더 요소로부터 출력되는 광을 수용하도록 배치된 제 2 렌즈 어레이가 여기에서 개시된 일부 실시예에 따라서 생략될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 반사-방지 코팅은, 본원 발명의 실시예에 따라 주변 매체(예를 들어, 공기)와 인터페이싱하는 하나 이상의 표면 상으로 도포될 수 있을 것이다.
- [0085] 여기에서 개시된 바와 같이, "리타더 요소", "리타더", 및 "리타레이션 플레이트"라는 용어는, 균질한 파동플레이트를 포함하는, 임의의 복굴절 플레이트를 지칭하기 위해서 상호 교환가능하게 이용될 수 있을 것이다. 그러한 복굴절 플레이트가 또한 단축적, 양축적, 또는 불균질할 수 있을 것이다. 여기에서 개시된 바와 같은 리타더가 광대역(즉, 무색성) 또는 협대역(즉, 유채색성)일 수 있을 것이다. 그에 따라, 여기에서 개시된 바와 같은 리타더가 광학적 회전, 또는 복굴절 리타레이션, 또는 그 임의의 조합을 통해서 편광 변화를 달성할 수 있을 것이나, 통과하는 광의 전파 방향에 실질적으로 영향을 미치지 않거나 변경하지 않을 수 있을 것이다.
- [0086] 또한, 편광화된 입력 광을 참조하여 주로 설명되었지만, 일부 실시예에서, 제 1 렌즈 어레이에 입사하는 광이 타원형으로 편광화되거나 부분적으로 편광화된 광(예를 들어, 일부 레이저 다이오드 및/또는 LED 광원에 의해서 제공되는 것과 같은 광)일 수 있다는 것을 이해하여야 할 것이다.
- [0087] 또한, 전술한 바와 같이, 일부 실시예에서, 전술한 것 이외에, 임의의 희망하는 편광을 수용하기 위해서 또는 그러한 편광에 매칭시키기 위해서, 단일도메인 파동플레이트가 PG 이전에 또는 이후에 선택적으로 배치될 수 있고 그리고 루버형 파동플레이트와 조합되어 채용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0088] 전술한 설명 및 도면과 함께, 많은 상이한 실시예를 여기에서 설명하였다. 이러한 실시예의 모든 조합 및 하위 조합을 문헌적으로 설명하고 묘사하는 것이 과도하게 반복적이고 그리고 혼란스럽게 만드는 것이 될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 도면을 포함하는 본원 명세서는 여기에서 개시된 실시예의 모든 조합 및 하위 조합의, 그리고 그러한 것의 제조 및 이용의 방식 및 프로세스의 완전한 기술적 설명을 구성하는 것으로 이해되어야 할 것이고, 그리고 임의의 그러한 조합 또는 하위 조합에 대한 청구를 지원할 것이다.
- [0089] 도면 및 명세서에서, 개시 내용의 실시예가 개시되었고, 비록 특정 용어가 채용되었지만, 그러한 용어는 단지 일반적이고 설명적인 의미로 사용된 것이고 제한 목적을 위한 것이 아니다. 그에 따라, 전술한 내용이 발명의 설명을 위한 것이고 그리고 개시된 특정 실시예로 제한하는 것으로 간주되지 않아야 하며, 개시된 실시예뿐만 아니라 다른 실시예에 대한 변경이 발명의 범위 내에 포함되도록 의도되었다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

도면

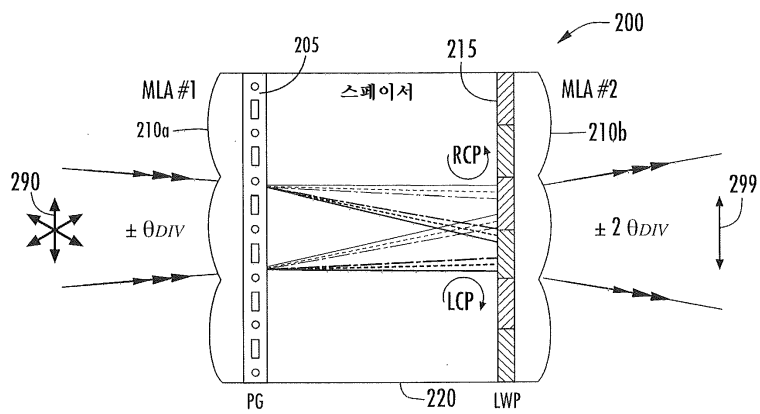
도면1a



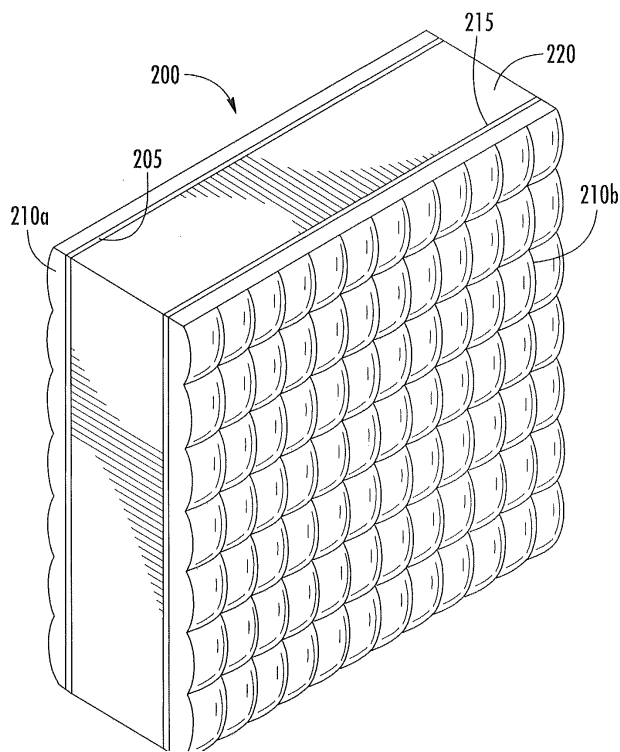
도면1b



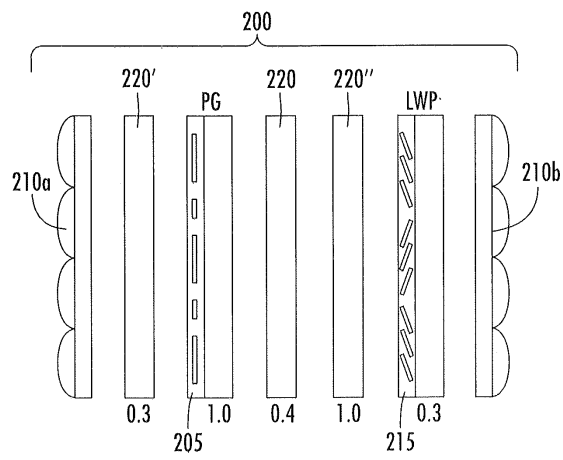
도면2a



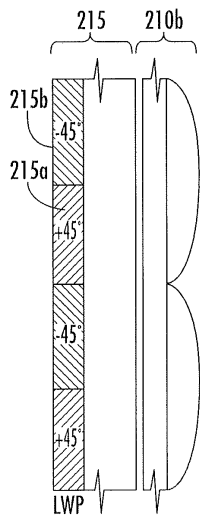
도면2b



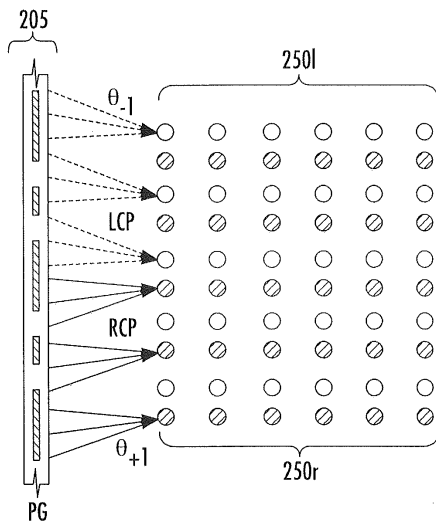
도면2c



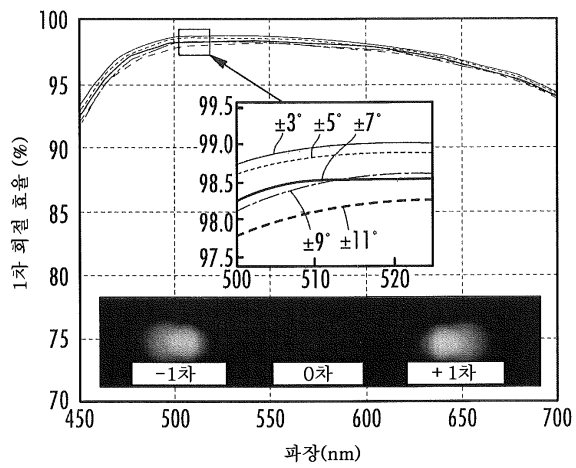
도면2d



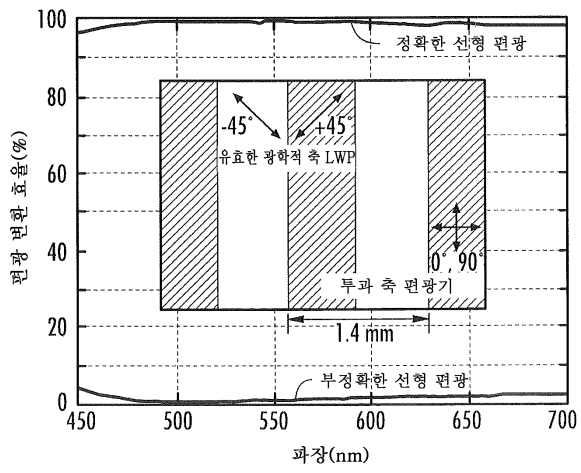
도면2e



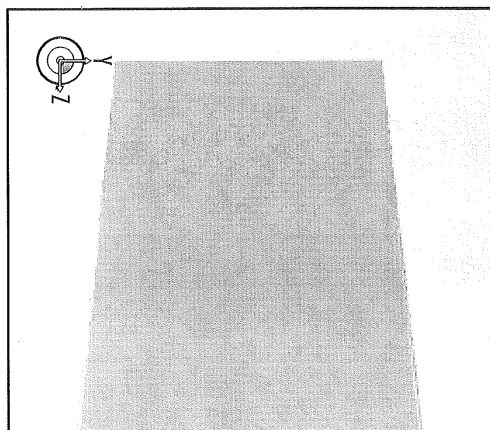
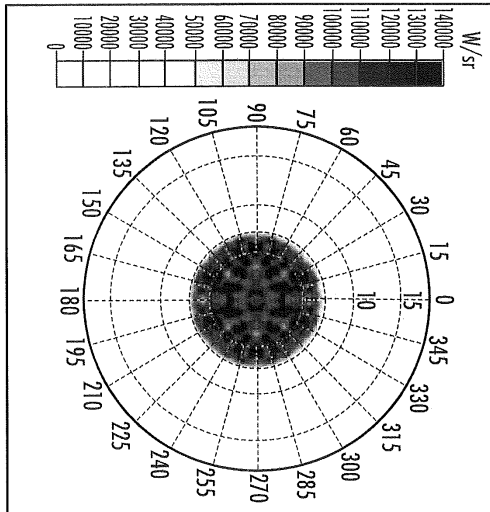
도면3



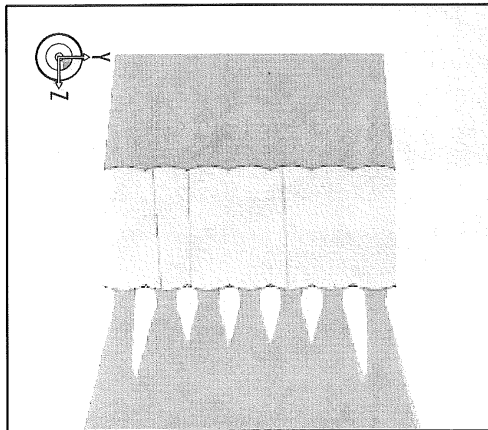
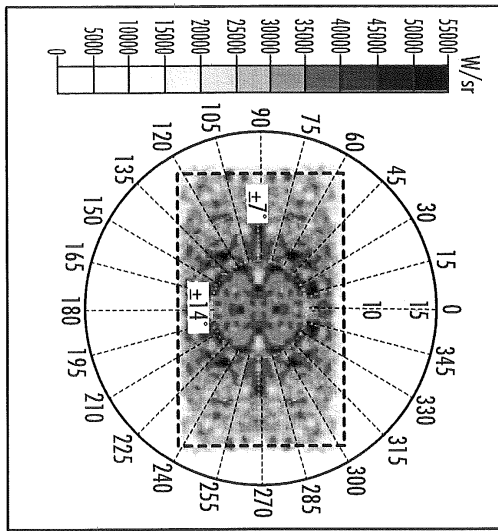
도면4



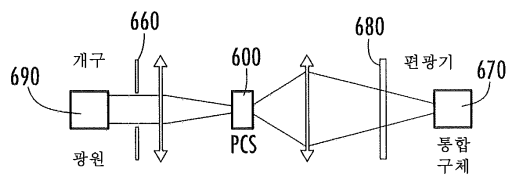
도면5a



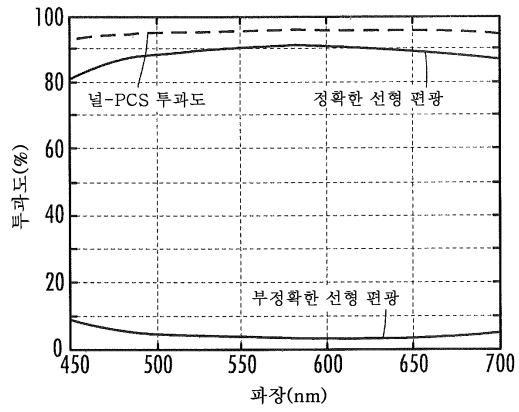
도면5b



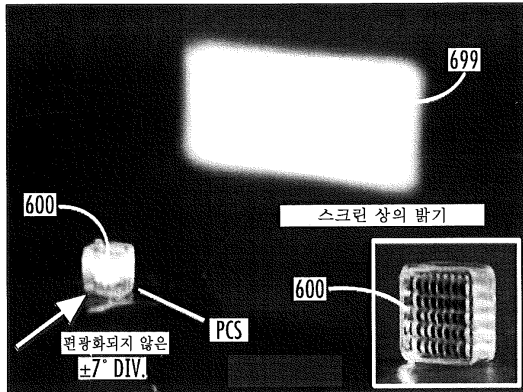
도면6a



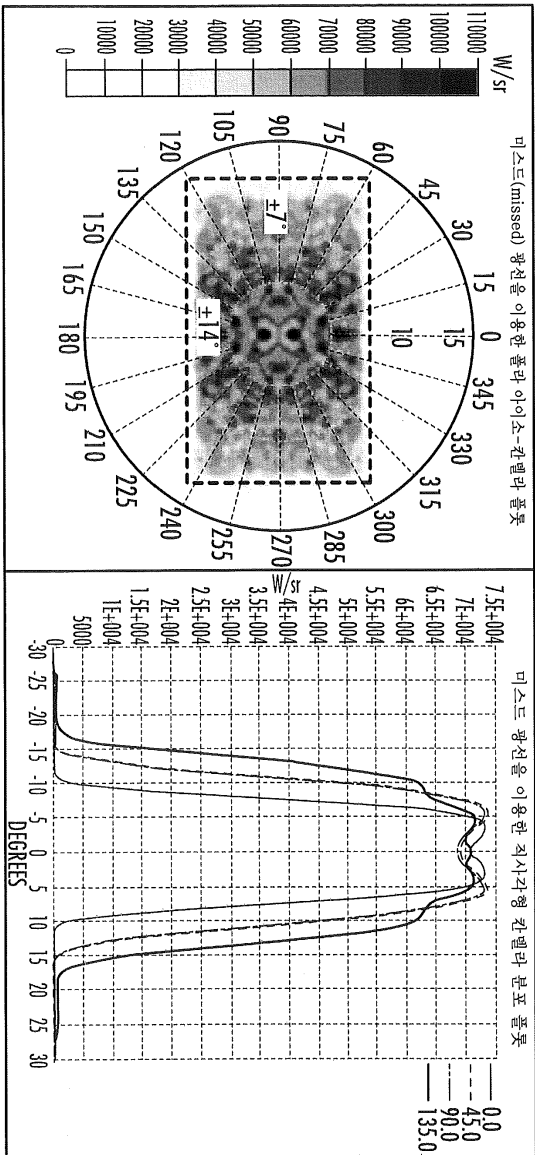
도면6b



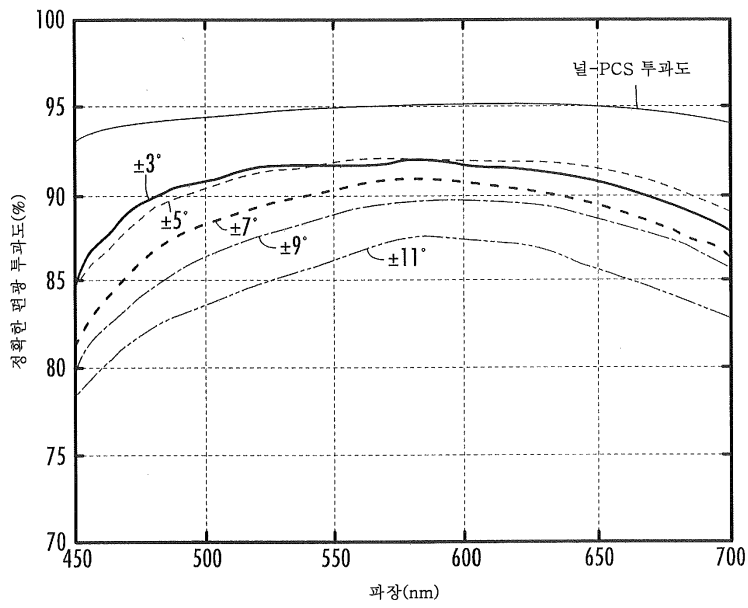
도면6c



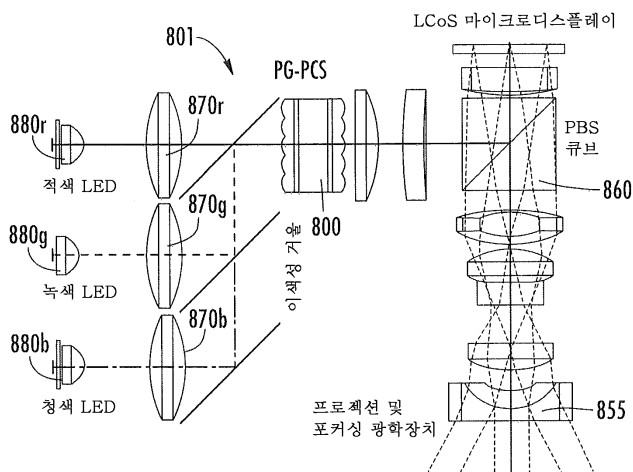
도면6d



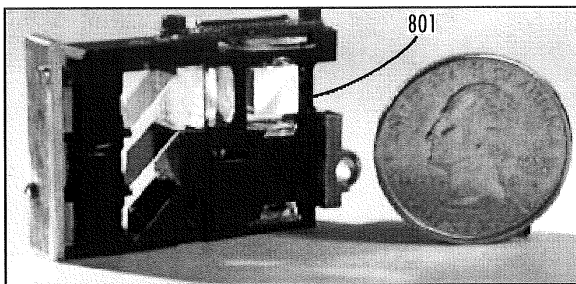
도면7



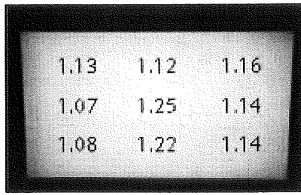
도면8a



도면8b



도면8c



1.13	1.12	1.16
1.07	1.25	1.14
1.08	1.22	1.14