



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0085628
(43) 공개일자 2022년06월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 30/56 (2020.01) G02B 27/10 (2006.01)
G02B 3/00 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G02B 30/56 (2020.01)
G02B 27/106 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0175848
(22) 출원일자 2020년12월15일
심사청구일자 2020년12월15일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
박재형
경기도 군포시 금산로 91, 108동 1802호(산본동, 래미안 하이어스)
민다빈
인천광역시 연수구 원인재로 124, 101동 2302호(동춘동, 한양1차아파트)
(74) 대리인
양성보

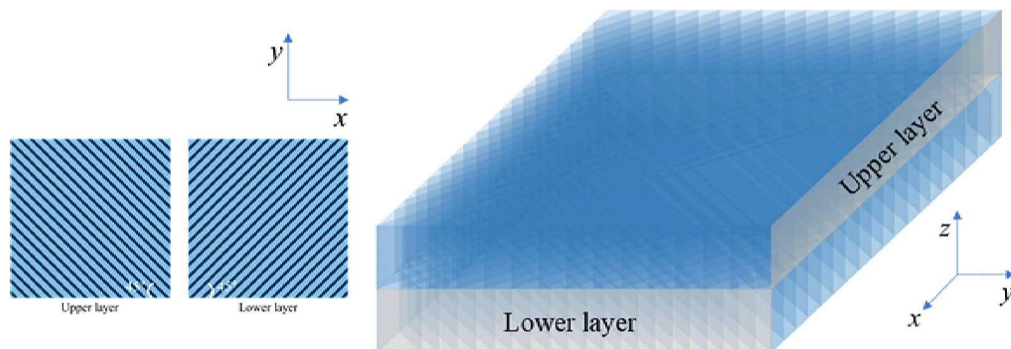
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 2면 배열 코너 반사체를 이용한 콤팩트형 플로팅 디스플레이 시스템

(57) 요약

2면 배열 코너 반사체를 이용한 콤팩트형 플로팅 디스플레이 시스템이 제시된다. 본 발명에서 제안하는 2면 배열 코너 반사체를 이용한 콤팩트형 플로팅 디스플레이 시스템은 시스템 볼륨을 감소시키고 원하는 플로팅 이미지에 고스트 이미지와 DC(Dihedral Corner) 이미지를 분리하기 위한 제1 비공축 렌즈 및 제2 비공축 렌즈를 포함하는 비공축 렌즈 쌍을 포함하고, 비공축 렌즈 쌍은 DCRA(Dihedral Corner Reflector Array)의 입력 및 출력 측면에 대하여 대칭이고, 시스템 축을 중심으로 플로팅 이미지가 형성되는 동안 원하는 플로팅 이미지에서 고스트 이미지와 DC 이미지가 분리하기 위해 광선의 입사각을 DCRA로 기울어 지도록 하며, 겹치지 않은 디스플레이 및 DCRA와 평행을 유지한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G02B 3/0087 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711114904
과제번호	2017R1A2B2011084
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	하이브리드 홀로그래픽 디스플레이 원천 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

시스템 볼륨을 감소시키고 원하는 플로팅 이미지에서 고스트 이미지와 DC(Dihedral Corner) 이미지를 분리하기 위한 제1 비공축 렌즈 및 제2 비공축 렌즈를 포함하는 비공축 렌즈 쌍

을 포함하고,

비공축 렌즈 쌍은,

DCRA(Dihedral Corner Reflector Array)의 입력 및 출력 측면에 대하여 대칭이고,

시스템 축을 중심으로 플로팅 이미지가 형성되는 동안 원하는 플로팅 이미지에서 고스트 이미지와 DC 이미지가 분리하기 위해 광선의 입사각을 DCRA로 기울어 지도록 하며, 접하지 않은 디스플레이 및 DCRA과 평행을 유지하는

컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

제1 비공축 렌즈 및 제2 비공축 렌즈는 동일한 초점 길이를 갖고,

디스플레이는 제1 비공축 렌즈로부터 초점 거리보다 가까이 위치하며,

디스플레이의 포인트 소스로부터 방출되는 광선은 가상 이미지를 형성하기 위해 제1 비공축 렌즈에 의해 굴절되는

컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

제1 비공축 렌즈에 의해 굴절된 광선은 DCRA를 통과하여 4개의 반사 케이스(reflection cases)를 경험하는

컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

홀수-홀수 반사 케이스는 DCRA를 통과하는 광선은 거울 대칭 위치로 수렴하고, 이후 제2 비공축 렌즈가 수렴된 광선을 굴절시켜 실제 이미지를 형성하는

컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,

짝수-짝수 반사 케이스는 DCRA를 통과하는 광선은 가상 이미지 지점에서 벗어나 원래 방향을 유지하고, 상기 광선은 제2 비공축 렌즈에 의해 굴절되어 실제 또는 가상의 이미지를 형성하는

컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템.

청구항 6

제3항에 있어서,

짝수-홀수 반사 케이스 또는 홀수-짝수 반사 케이스는 광선이 하나의 거울 배열 측에서 가상 이미지의 위치로 전환되거나 또는 하나의 거울 배열 측으로부터 수렴되는 동안 다른 거울 배열 측에서 실제 이미지 방향으로 수렴하고, 상기 거울 배열 측은 DCRA 평면에서 45° 회전하는

컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 2면 배열 코너 반사체를 이용한 컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 플로팅 디스플레이는 공중에 떠 있는 것처럼 보이는 이미지를 나타낸다. 디스플레이 패널과 빔 스플리터를 이용한 간단한 광학 구성이 주로 사용되어왔다. 그러나 이 이미지는 빔 스플리터 뒤에 가상으로 형성되어 사용자가 이미지[1]와 직접 상호 작용하는 것을 방해한다. 최근에는 2면 배열 코너 반사체(Dihedral Corner Reflector Array; DCRA)를 사용한 플로팅 디스플레이가 보고되었다[2-7]. DCRA는 두 개의 가로축을 따라 역반사를 수행하는 투과형 장치이다. DCRA의 한 쪽의 포인트 소스(point source)로부터 발산되는 빛은 다른 쪽의 거울 대칭 위치에서 수렴되는 빛으로 변환되어 실제 이미지를 형성한다. 이미지가 실재하기 때문에 기존의 빔 스플리터 기반 시스템과 달리 사용자는 이미지에 도달하고 상호 작용할 수 있다.

[0003] DCRA의 한 가지 문제점은 원하는 플로팅 이미지뿐만 아니라 DCRA 구조 내부의 비필수 반사에 의해 생성되는 고스트 이미지도 형성한다는 것이다. 원하는 플로팅 이미지에서 고스트 이미지를 분리하기 위해 DCRA 기반 시스템은 일반적으로 디스플레이 패널에 대해 DCRA가 기울어지는 접힌 구성을 가지고 있다. 그러나 이렇게 접힌 구성은 전체 시스템을 부피가 커 적용이 제한된다[2-5]. 이 문제를 피하기 위해 몇 가지 기술이 공지되었다. Y. Yoshimitsu 외 연구진은 넓은 시야각[6]을 위해 방사형으로 배열된 DCRA를 개시했다. 반사경의 반경 배치는 DCRA 판 위에 동일한 입사각을 유지하여 고스트 이미지를 피한다. S. Choi 등은 일체형 플로팅 디스플레이[7]가 있는 오프셋 렌즈를 사용하여 고스트가 없는 플로팅 3차원(3D) 디스플레이를 개시했다. 오프 축 일체형 이미징 구성은 DCRA에 대한 유효 입사각을 증가시켜 전체 시스템 볼륨 감소에 기여한다. 그러나 이러한 이전의 연구들은 여전히 얇고 컴팩트한 폼팩터(form factor)에서는 구현하기 어려운 접힌 구성을 유지하고 있다.

[0004] 따라서, 접힌 구성을 가지고 있어 시스템 부피가 큰 기존의 2면 배열 코너 반사체를 사용하는 플로팅 디스플레이의 단점을 해소하기 위한 방안을 필요로 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 기존의 2면 배열 코너 반사체(Dihedral Corner Reflector Array; DCRA)를 사용하는 플로팅(floating) 디스플레이가 보통 접힌 구성을 가지고 있어 시스템 부피가 크다는 단점을 해소하기 위해 2면 배열 코너 반사체를 사용하는 컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템을 제공하는데 있다. 제안된 시스템은 한 쌍의 비공축(decentered) 렌즈를 사용하여 컴팩트한 인라인 구성을 달성한다. 비공축 렌즈는 디스플레이 패널과 2면 배열 코너 반사체를 병렬로 유지하면서 2면 배열 코너 반사체에 대한 효과적인 입사각을 기울이도록 한다. 고스트(ghost) 이미지는 또한 원하는 플로팅 이미지와 분리되도록 비공축 렌즈에 의해 주로 굴절된다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 2면 배열 코너 반사체를 이용한 컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템은 시스템 볼륨을 감소시키고 원하는 플로팅 이미지에서 고스트 이미지와 DC(Dihedral Corner) 이미지를 분리하기 위한 제1 비공축 렌즈 및 제2 비공축 렌즈를 포함하는 비공축 렌즈 쌍을 포함하고, 비공축 렌즈 쌍은 DCRA(Dihedral Corner Reflector Array)의 입력 및 출력 측면에 대하여 대칭이고, 시스템 축을 중심으로 플로팅 이미지가 형성되는 동안 원하는 플로팅 이미지에서 고스트 이미지와 DC 이미지가 분리하기 위해 광선의 입사각을 DCRA로 기울여 지도록 하며, 접히지 않은 상태에서 디스플레이가 DCRA와 평행을 유지한다.

[0007] 제1 비공축 렌즈 및 제2 비공축 렌즈는 동일한 초점 길이를 갖고, 디스플레이는 제1 비공축 렌즈로부터 초점 거

리보다 가까이 위치하며, 디스플레이의 포인트 소스로부터 방출되는 광선은 가상 이미지를 형성하기 위해 제1 비공축 렌즈에 의해 굴절된다.

[0008] 제1 비공축 렌즈에 의해 굴절된 광선은 DCRA를 통과하여 4개의 반사 케이스(reflection cases)를 경험한다.

[0009] 홀수-홀수 반사 케이스는 DCRA를 통과하는 광선은 거울 대칭 위치로 수렴하고, 이후 제2 비공축 렌즈가 수렴된 광선을 굴절시켜 실제 이미지를 형성한다.

[0010] 짝수-짝수 반사 케이스는 DCRA를 통과하는 광선은 가상 이미지 지점에서 벗어나 원래 방향을 유지하고, 상기 광선은 제2 비공축 렌즈에 의해 굴절되어 실제 또는 가상의 이미지를 형성한다.

[0011] 짝수-홀수 반사 케이스 또는 홀수-짝수 반사 케이스는 광선이 하나의 거울 배열 축에서 가상 이미지의 위치로 전환되거나 또는 하나의 거울 배열 축으로부터 수렴되는 동안 다른 거울 배열 축에서 실제 이미지 방향으로 수렴하고, 상기 거울 배열 축은 DCRA 평면에서 45° 회전한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 실시예들에 따른 2면 배열 코너 반사체(Dihedral Corner Reflector Array; DCRA)를 사용하는 컴팩트형 플로팅 디스플레이 시스템을 통해 기존의 2면 배열 코너 반사체를 사용하는 플로팅(floating) 디스플레이가 보통 접힌 구성을 가지고 있어 시스템 부피가 크다는 단점을 해소할 수 있다. 제안된 시스템은 한 쌍의 비공축(decentered) 렌즈를 사용하여 컴팩트한 인라인 구성을 달성한다. 비공축 렌즈는 디스플레이 패널과 2면 배열 코너 반사체를 병렬로 유지하면서 2면 배열 코너 반사체에 대한 효과적인 입사각을 기울이도록 한다. 고스트(ghost) 이미지는 또한 원하는 플로팅 이미지와 분리되도록 비공축 렌즈에 의해 주로 굴절된다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 분석과 실험에 사용된 DCRA의 구조를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 포인트 소스에 대한 광선 추적 결과를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 DCRA 접힌 구성의 플로팅 이미지를 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 2면 배열 코너 반사체를 이용한 콤팩트형 플로팅 디스플레이 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 2 플로팅 이미지, DC 이미지 및 고스트 이미지의 위치를 계산하기 위한 기하학을 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 디스플레이 중앙에 있는 단일 포인트의 광선 추적 결과를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 다양한 관찰 방향에서 플로팅 디스플레이의 시뮬레이션된 뷰를 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 실험 설정을 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 정면 방향에서 캡처되는 실험 결과를 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 디스플레이 거리 b 와 비공축 c 가 다른 플로팅 이미지를 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 인라인 구성에 의해 지정된 거리에서 원하는 플로팅 이미지의 형성을 나타내는 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 인라인 구성에 의해 지정된 거리에 따른 다양한 관찰 방향에서 원하는 플로팅 이미지의 형성을 나타내는 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 확장을 플로팅 3D 이미지에 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명에서는 디스플레이 패널과 DCRA가 병렬로 정렬되는 새로운 소형 인라인 플로팅 디스플레이 시스템을 제

안한다. 비공축 렌즈 한 쌍은 인라인 컴팩트 구성을 유지하면서 DCRA에 대한 효과적인 입사각을 기울이게 한다. 비공축 렌즈는 또한 고스트 이미지를 시야의 바깥쪽으로 굴절시켜 효과적인 플로팅 이미지 면적을 증가시킨다. 따라서 제안된 시스템은 기존 구성보다 작은 볼륨을 갖는 시스템 정상 방향을 중심으로 고스트가 없는 플로팅 이미지를 표시할 수 있다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 분석과 실험에 사용된 DCRA의 구조를 나타내는 도면이다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 DCRA는 코너 반사경의 배열이다. 이것은 평행 평면 스트립 거울 배열을 가진 두 개의 층으로 구성된다. 두 층의 거울 방향은 직교하여 도 1과 같이 xy 평면에서 양의 x축으로 $\pm 45^\circ$ 를 만든다. 입사 광선은 각 층에서 홀수 또는 짝수 반사를 겪으며 4개의 서로 다른 반사를 초래한다.

[0019] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 포인트 소스에 대한 광선 추적 결과를 나타내는 도면이다.

[0020] 도 2를 참조하면, 홀수(하층)-홀수(상층)(odd (lower layer)-odd (upper layer)) 반사 케이스에서, 광선은 도 2(a)와 같이 두 거울 배열 축을 따라 역반사되어 포인트 소스의 거울 대칭 위치에서 수렴한다. 이 반사 케이스는 원하는 플로팅 이미지의 형성에 기여한다. 그러나 홀수-짝수(odd-even) 또는 짝수-홀수(even-odd) 반사 케이스에서 광선은 하층-레이어(lower-layer) 또는 상층-레이어(upper-layer) 거울 축 중 하나만 따라 역반사를 거친다. 따라서 반사된 광선은 도 2(b)와 2(c)에 나타난 것과 같이 다른 거울 축의 원래 포인트 소스 위치에서 벗어나면서 해당 거울 축에서만 거울 대칭 위치 쪽으로 수렴된다. 이 두 개의 반사 케이스는 강한 난시 일탈을 가진 두 개의 해당 고스트 이미지를 만들어낸다. 마지막으로, 짝수 반사의 경우, 광선은 역반사 없이 원래 방향을 유지한다. 이것들은 도 2(d)와 같이 원래 포인트 소스 위치에서 벗어나고 DCRA를 통해 디스플레이 패널이 직접 보이기 때문에 DC 이미지라고 한다.

[0022] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 DCRA 접힌 구성의 플로팅 이미지를 나타내는 도면이다.

[0023] DCRA를 사용하는 기존의 플로팅 디스플레이는 일반적으로 고스트와 DC 이미지를 플로팅 이미지에서 분리하기 위해 접힌 구성을 가지고 있다. 도 3(a)에 표시된 간단한 인라인 구성에서 플로팅 이미지는 짝수 반사에서 DC 이미지와 중복된다. 두 고스트 이미지에서 나오는 광선도 눈에 들어와 도 3(b)와 같이 눈에 보인다. 원하는 플로팅 이미지에 DC와 고스트 이미지가 중복되어 인라인 구성을 사용할 수 없게 된다. 도 3(c)와 도 3(d)에 표시된 접힌 구성에서 DC와 고스트 이미지는 관찰 방향으로 잘 분리되어 있다. 그러나 접힌 구성은 주어진 이미지 크기에 큰 시스템 볼륨을 요구하기 때문에 컴팩트한 폼 팩터로 구현하기 어렵다.

[0025] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 2면 배열 코너 반사체를 이용한 콤팩트형 플로팅 디스플레이 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

[0026] 제안된 시스템은 기존에 비해 시스템 볼륨을 감소시키고 고스트 이미지와 DC 이미지가 잘 분리된 접히지 않은 인라인 구성을 가지고 있다. 도 4에 나타난 것과 같이, 제안된 시스템은 DCRA(140)의 입력 및 출력 측면에 대칭적인 한 쌍의 비공축 볼록렌즈(110, 120)를 사용한다. 제1 비공축 렌즈(110) 및 제2 비공축 렌즈(120)를 포함하는 비공축 렌즈 쌍은 시스템 축(160)을 중심으로 플로팅 이미지(150)가 여전히 정상적으로 형성되는 동안 빔 각도를 DCRA로 기울이게 한다. DCRA 주위의 기울어진 빔 각도는 원하는 플로팅 이미지에서 고스트 이미지와 DC 이미지가 분리되도록 한다. 접히지 않은 디스플레이 패널(130)과 DCRA(140)과 병렬을 유지하면서, DCRA(140)에 대하여 고스트 이미지와 DC 이미지를 플로팅 이미지에서 분리하기 위한 광선의 입사각을 비공축 렌즈 쌍을 통해 기울이게 한다.

[0028] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 2플로팅 이미지, DC 이미지 및 고스트 이미지의 위치를 계산하기 위한 기하학을 나타내는 도면이다.

[0029] 도 5에서 정의한 (z, y) 좌표계의 ($\pm a$, -c)에 중심을 두고 DCRA로부터 축 분리 a와 시스템 축으로부터 비공축 c를 가진 동일한 초점 길이의 볼록렌즈 두 개, 다시 말해 제1 비공축 렌즈 및 제2 비공축 렌즈가 DCRA 주위에

배치된다고 가정하자. 또한 디스플레이 패널이 제1 비공축 렌즈로부터 거리 $b(<f)$ 에 있다고 가정한다. 디스플레이 패널의 $(z_1, y_1)=(-(a+b), y_1)$ 포인트 소스로부터 방출되는 광선은 (z_2, y_2) 에서 가상 이미지를 형성하기 위해 제1 비공축 렌즈에 의해 굴절된다.

$$\frac{1}{(-a)-z_1} + \frac{1}{z_2 - (-a)} = \frac{1}{f} \quad \text{or} \quad z_2 = -a + \frac{(z_1 + a)f}{(z_1 + a) + f}, \quad (1)$$

$$y_2 - (-c) = \{y_1 - (-c)\} \left\{ -\frac{z_2 - (-a)}{(-a) - z_1} \right\} \quad \text{or} \quad y_2 = \frac{fy_1 - (z_1 + a)c}{f + z_1 + a}. \quad (2)$$

그리고 나서 굴절된 광선은 DCRA를 통과하여 4개의 반사 케이스(reflection cases)를 경험한다.

홀수-홀수 반사 케이스는 DCRA를 빠져나가는 광선은 거울 대칭 위치 $(z_3, y_3)=(-z_2, y_2)$ 로 수렴한다. 그런 다음 제2 비공축 렌즈가 이 광선을 굴절시켜 (z_{oo}, y_{oo}) 에서 실제 이미지를 형성한다. 렌즈 방정식과 식 (1)-(2)로부터 홀수-홀수 반사 실제 이미지 위치 (z_{oo}, y_{oo}) 를 다음과 같이 쉽게 얻을 수 있다.

$$z_{oo} = a + b = -z_1, \quad (3)$$

$$y_{oo} = y_1. \quad (4)$$

따라서 제안된 구성에서 홀수-홀수 반사는 비공축 렌즈 쌍에 관계 없이 DCRA에 대한 거울 대칭 위치에서 디스플레이 패널의 플로팅 이미지를 생성한다.

짝수-짝수 반사 케이스에서 DCRA를 빠져나가는 광선은 (z_2, y_2) 의 가상 이미지 지점에서 벗어나 원래 방향을 유지한다. 이 광선들은 마침내 제2 비공축 렌즈에 의해 굴절되어 실제 또는 가상의 이미지를 형성한다. 렌즈 방정식과 식 (1)-(2)에서 실제 또는 가상 이미지의 위치 (z_{ee}, y_{ee}) 는 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{1}{a - z_2} + \frac{1}{z_{ee} - a} = \frac{1}{f} \quad \text{or} \quad z_{ee} = \frac{(f^2 - 2a^2)z_1 - 2a^2(f + a)}{2(f - a)z_1 + (f^2 - 2a^2)}, \quad (5)$$

$$y_{ee} - (-c) = \{y_2 - (-c)\} \left\{ -\frac{z_{ee} - a}{a - z_2} \right\} \quad \text{or} \quad y_{ee} = \frac{-2c(f - a)z_1 + (y_1 f^2 + 2a^2 c)}{2(f - a)z_1 + (f^2 - 2a^2)}. \quad (6)$$

짝수-홀수 또는 홀수-짝수 반사 케이스에서, 광선은 하나의 거울 배열 축에서 (z_{ee}, y_{ee}) 로 전환되거나 다른 거울 배열 축으로부터 수렴되는 동안 다른 거울 배열 축에서 (z_{oo}, y_{oo}) 방향으로 수렴한다. 거울 배열 축은 도 2(a)와 같이 DCRA 평면, 즉 $z=0$ 평면에서 45° 회전한다는 점에 유의한다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 디스플레이 중앙에 있는 단일 포인트의 광선 추적 결과를 나타내는 도면이다.

도 6을 참조하면, $(x_1, y_1, z_1)=(0, 0, -(a+b))$ 에 위치한다. 도 6(a) 내지 도 6(c)의 각 부분에는 홀수-홀수와 짝수-짝수 반사 광선의 z - y 면에 있는 광선 추적이 표시되며, 플로팅 이미지 평면의 모든 홀수-홀수 반사 광선, 짝수-짝수 반사 광선, 홀수-짝수 반사 광선 및 짝수-홀수 반사 광선(즉 $z=z_{oo}$)의 풋프린트(footprint)가 오른쪽에 표시된다. 비공축 렌즈의 초점 길이는 $f=177.8\text{mm}$ 로 가정한다. 도 6(a)는 비공축 c 가 변할 때의 효과를 나타낸다.

홀수-홀수 반사로 형성된 플로팅 이미지 포인트는 DC 이미지와 고스트 이미지가 겹쳐 분리되지 않는다. 비공축 c 가 증가하면 DC 이미지와 두 개의 고스트 이미지가 c 와 상관없이 동일한 위치에 있는 플로팅 이미지 포인트에서 멀어지게 된다. 따라서 충분한 분리가 이루어지기 위해서는 큰 비공축 c 가 바람직하다. 도 6(b)는 제1 비공축 렌즈로부터의 디스플레이 거리 b 의 영향을 보여준다. 도 6(b)의 왼쪽 부분에 나타난 표시 거리 b 에 관계없이 원하는 홀수-홀수 플로팅 이미지에서 짝수-짝수 반사 DC 이미지의 각도 분리는 고정되어 있다. 홀수-짝수 및 짝수-홀수 반사 DC 이미지의 각도 분리는 고정되어 있다.

수-홀수 고스트 이미지는 $b=90\text{mm} \approx f/2$ 가 되면 플로팅 이미지와 중첩되며 b 가 f 로 증가하면 플로팅 이미지에서 멀어진다. 이는 디스플레이 거리 b 가 비공축 렌즈의 초점 길이의 절반보다 충분히 커야 함을 시사한다. 마지막으로 도 6(c)는 비공축 렌즈와 DCRA 사이의 간격 a 의 효과를 나타낸다. 도 6(c)에서 a 는 고스트 이미지와 DC 이미지 분리에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되어, 실험 검증에서 a 를 0으로 설정하여 시스템 볼륨을 최소화한다.

[0046] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 다양한 관찰 방향에서 플로팅 디스플레이의 시뮬레이션된 뷰를 나타내는 도면이다.

[0047] 디스플레이는 현재 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 크기(예를 들어, $z = -(a+b)$ 에서 $|x| \leq 25\text{mm}$ 및 $|y| \leq 25\text{mm}$)로 확장된 소스로서 간주되고 있다. 비공축 렌즈와 DCRA 사이의 간격 a 는 0으로 설정된다. 즉, $a=0$, 비공축 렌즈의 크기는 $c=60\text{mm}$, 비공축 렌즈의 초점 길이는 $f=177.8\text{mm}$ 이다.

[0048] 시뮬레이션의 경우, 플로팅 디스플레이 영역을 통과하는 평행 광선 즉, 특별한 각 θ_x 및 θ_y 에서 $z=z_0=a+b$ 에서 $|x| \leq 25\text{mm}$, $|y| \leq 25\text{mm}$ 를 충족하는지 다른 DCRA 반사 케이스에서 유효한 디스플레이 영역을 충족하는지 보기 위해 디스플레이 평면을 추적한다. 즉, 도 7(a) 및 도 7(b)에 나타내듯이 $z = -(a+b)$ 에서 $|x| \leq 25\text{mm}$ 및 $|y| \leq 25\text{mm}$ 이다. 이 프로세스는 서로 다른 관찰 각도 θ_x 와 θ_y 에 대해 반복되며 결과는 도 7(c)에서 도 7(e)까지 함께 타일링되어 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 표시 영역이 고스트 이미지의 침입 없이 관찰되는 각도 범위를 쉽게 식별할 수 있다.

[0049] 도 7(c) 내지 도 7(e)는 다른 디스플레이 패널 거리 b 에 대한 결과를 보여준다. 도 7(c)에 $b=90\text{mm}$ 가 표시되면 주황색과 노란색으로 표시된 두 개의 고스트 이미지가 θ_y 가 음수일 때 파란색으로 표시된 플로팅 이미지를 침범한다. 이것은 플로팅 이미지의 보기 각도를 제한적인 양의 y 범위로만 제한한다. 도 7(e)에 표시된 $b=170\text{mm}$ 의 경우, 음의 θ_y 각도에 있는 플로팅 이미지에 대한 고스트 이미지 침입은 관찰되지 않는다. 그러나 대체로 음의 θ_y 에서 광선은 높은 $y=(a+b)\tan(-\theta_y)$ 에서 비공축 렌즈를 만난다. 즉, $y=-c$ 에서 렌즈 중심에서 큰 높이가 되며, 시뮬레이션에서 상동 블록 두꺼운 렌즈(equiconvex thick lens)로 모델링된 렌즈 내부의 총체적인 반사에 의해 손실된다. 이 시뮬레이션에서 고려되지 않는 다른 유형의 렌즈 케이스에서도, 렌즈 중심에서 큰 높이는 일반적으로 수차(aberrations)와 저효율을 도입하는데, 이는 바람직하지 않다. 또한 도 7(e)는 고스트 이미지의 침입이 큰 양의 θ_y 각도에서 관찰된다는 것을 보여준다. 따라서 $b=170\text{mm}$ 는 시뮬레이션에서 최적의 것으로 발견되지 않는다. $b=135\text{mm} \approx 3/4f$ 가 가장 좋은 결과를 얻을 수 있다. 도 7(d)에 나타난 것처럼, $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 디스플레이 영역은 $|\theta_x|, |\theta_y| \leq 23^\circ$ 의 대부분의 각도 범위에서 고스트 이미지나 빛 손실 없이 잘 관찰된다.

[0051] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 실험 설정을 나타내는 도면이다.

[0052] 제안된 구성은 실험적으로 검증된다. $200 \times 200 \times 5.6 \text{ mm}$ 크기의 유리 ASKA3D 플레이트를 DCRA[8]로 사용한다. 1440×2560 해상도와 $47.6 \mu\text{m}$ 픽셀 피치의 디스플레이는 제1 비공축 렌즈와 다른 거리 $b(b=90\text{mm}, 135\text{mm}, 170\text{mm})$ 에 위치한다. 전체 1440×2560 해상도 디스플레이 화면에서 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 에 해당하는 중앙 1050×1050 픽셀 면적을 사용하여 이미지를 디스플레이한다. 제1 비공축 렌즈 및 제2 비공축 렌즈의 경우 비공축 렌즈 세그먼트를 얻기 위해 렌즈를 제작하는 대신 전체 렌즈를 사용하고 불필요한 부분을 마스크하여 효과적인 비공축 렌즈 세그먼트를 남겼다. 이 렌즈는 $279.4 \times 279.4\text{mm}$ 크기 및 초점 길이 177.8mm 의 프레넬(Fresnel) 렌즈다. 그것들은 틸트 없이 DCRA의 입력과 출력 측에 부착되고 60mm 비공축(예를 들어, $c=60\text{mm}$)를 주기 위해 아래로 이동한다. 도 8은 구현된 실험 설정을 보여주고 표 1은 그 사양을 나열한다.

<표 1>

Component	Parameters	Value
Lens	Dimension	279.4×279.4 (mm)
	EFL	177.8 (mm)
	Groove density	1.97 (grooves/mm)
DCRA	Dimension	200×200×5.6 (mm)
Lens array	Pitch	1 (mm)
	EFL	3.3 (mm)
Display	Pixel pitch	47.6 (μm)
	Resolution	1440×2560

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 정면 방향에서 캡처되는 실험 결과를 나타내는 도면이다.

도 9는 정상적인 방향, 즉 $\theta_x = \theta_y = 0^\circ$ 에서 캡처되는 실험 결과의 예를 보여주고 있다. 도 9(a)와 같이 마스크를 사용하지 않을 경우 전체 렌즈의 불필요한 부분으로부터 원하는 플로팅 이미지뿐만 아니라 두 개의 고스트 이미지와 DC 이미지가 관찰된다. 비공축 렌즈 세그먼트를 효과적으로 정의하는 마스크를 추가하면 이러한 원치 않는 영상이 차단되어 도 9(b)와 같이 원하는 플로팅 이미지만 정상 관찰 방향으로 남는다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 디스플레이 거리 b와 비공축 c가 다른 플로팅 이미지를 나타내는 도면이다.

도 10(a)에 나타난 실험 결과는 정상 관측 방향, 즉 $\theta_x = \theta_y = 0^\circ$ 에서 캡처되었으며, 도 10(b)에 나타난 시뮬레이션 결과도 동일한 조건, 즉 플로팅 이미지 영역에서 디스플레이 패널까지 $\theta_x = \theta_y = 0^\circ$ 정상 평행 광선을 추적하여 얻었다. 도 10에서 사진을 캡처할 때, 고스트 이미지와 플로팅 이미지 사이의 위치 관계를 보다 명확하게 드러내기 위해 마스크를 의도적으로 제거했다. 도 10(a)의 실험 결과는 플로팅 이미지가 작은 비공축 $c=30\text{mm}$ 의 고스트 이미지와 심각하게 겹친다는 것을 보여준다. 그러나 이러한 중첩은 비공축 c를 증가시킴으로써 제거되며, 플로팅 이미지는 도 10(a)와 같이 모든 디스플레이 거리에서 큰 비공축 $c=60\text{mm}$ 의 고스트 이미지에서 잘 분리된다. 이러한 실험 결과는 또한 도 10(b)의 시뮬레이션과 잘 일치한다. 도 10(b)에서는 플로팅 이미지가 과란색으로 표시되고 두 개의 고스트 이미지가 주황색과 노란색으로 표시된다. 따라서 제안된 인라인 구성에 의한 고스트 이미지 침입이 없는 플로팅 이미지의 형성이 확인된다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 인라인 구성에 의해 지정된 거리에서 원하는 플로팅 이미지의 형성을 나타내는 도면이다.

도 11(a)에서 디스플레이는 두 번째 비공축 렌즈로부터 90mm 거리에 플로팅 이미지가 형성되도록 제1 비공축 렌즈로부터 90mm 거리에 위치한다. 도 11(a)의 세 그림은 카메라 포커스가 두 번째 비공축 렌즈에서 90mm, 135mm, 170mm에 위치하여 캡처되었다. 도 11(a)에서 관찰된 플로팅 이미지는 카메라 포커스가 90mm일 때 초점이 맞춰져 있다는 것을 관찰할 수 있으며, 이는 플로팅 이미지가 예상대로 그 거리에 형성되었음을 확인할 수 있다. 도 11(b)와 도 11(c)는 디스플레이가 각각 $b=135\text{mm}$ 와 $b=170\text{mm}$ 에 위치했을 때의 결과물이다. 또한 각각 $b=135\text{mm}$ 와 $b=170\text{mm}$ 와 같은 해당 거리에서 플로팅 이미지가 형성된다는 것을 보여준다. 따라서 제안된 인라인 구성에 의한 플로팅 이미지의 형성은 실험적으로 확인된다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 인라인 구성에 의해 지정된 거리에 따른 다양한 관찰 방향에서 원하는 플로팅 이미지의 형성을 나타내는 도면이다.

도 12는 세 가지 표시 거리 케이스 즉, $b=90\text{mm}$, 135mm , 170mm 에 대해 서로 다른 방향에서 관측된 플로팅 이미지를 보여준다. 정상 관측 방향 $\theta_x = \theta_y = 0^\circ$ 에서는 세가지 디스플레이 거리 b 케이스 모두 유효의 플로팅 이미지와의 분리가 뚜렷하게 나타난다. 그러나 큰 관측 방향 $|\theta_x|=23^\circ$ 및/또는 $|\theta_y|=10^\circ$ 에서, $b=90\text{mm}$ 와 170mm 케

이스의 플로팅 이미지는 고스트 이미지에 의해 침범되어 시야각을 제한한다. 따라서 $b=135\text{mm} \approx 3/4f$ 는 실험에서 수평으로 $\pm 23^\circ$, 수직으로 $\pm 10^\circ$ 이상의 가장 큰 시야각을 제공하는 것으로 밝혀졌으며 이는 도 7과 도 12의 오른쪽 부분의 시뮬레이션 결과와도 잘 일치한다.

[0068] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 확장을 플로팅 3D 이미지에 나타난 도면이다.

[0069] 3D 디스플레이의 경우 2D 디스플레이 패널 대신 일체형 이미지 3D 디스플레이 시스템이 사용된다[9-10]. 일체형 이미지 시스템은 렌즈 피치 1mm, 초점 3.3mm의 렌즈 배열을 디스플레이 패널에 추가함으로써 구현된다. $d=+40\text{mm}$, $d=-40\text{mm}$ 깊이의 'apple'과 'banana' 두 개의 이미지가 디스플레이 패널 주위에 표시되며, 디스플레이 패널은 제1 비공축 렌즈로부터 거리 $b=135\text{mm}$ 이다. 이 두 이미지는 제안된 인라인 구성에 의해 중계되어 두 번째 비공축 렌즈로부터 $135\text{mm} \pm 40\text{mm}$ 거리에서 3D 플로팅 이미지를 형성한다. 도 13은 'apple'과 'banana' 이미지 사이의 선명한 모션 시차를 보여주면서 플로팅 3D 이미지가 성공적으로 형성되었음을 보여준다.

[0071] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0072] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0073] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0074] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

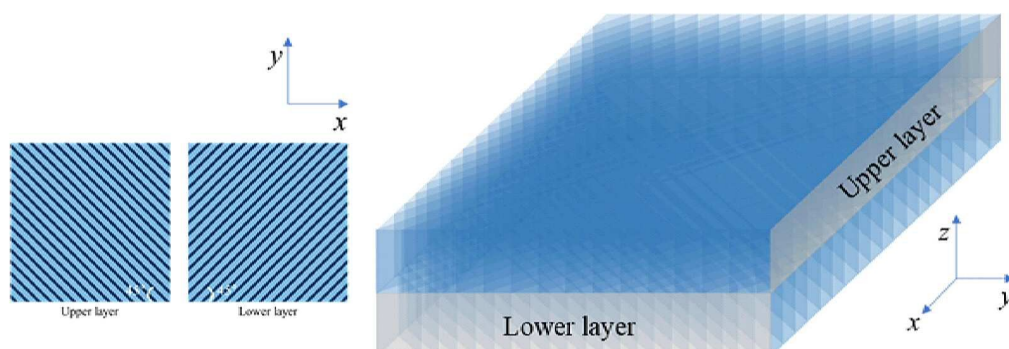
[0075] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한

다.

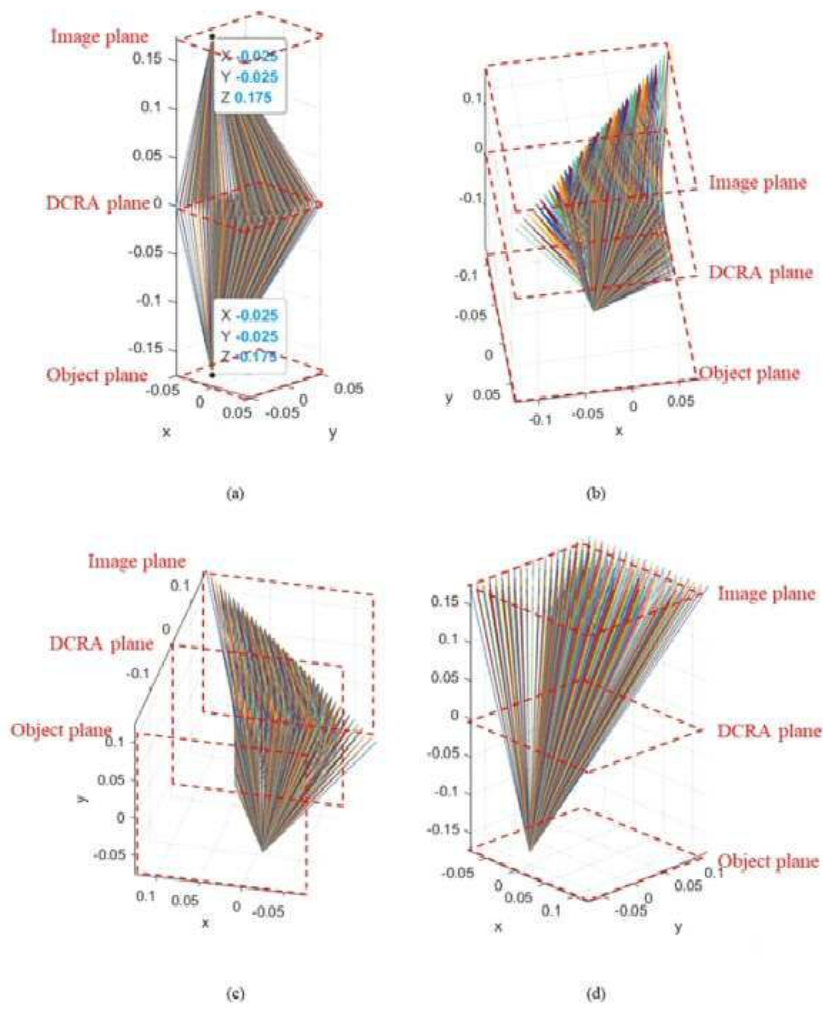
- [0078] <참고문헌>
- [0079] 1. D. Zhao, B. Su, G. Chen and H. Liao, "360 degree viewable floating autostereoscopic display using integral photography and multiple semitransparent mirrors," Opt. Express 23(8), 9812-9823 (2015).
- [0080] 2. S. Maekawa, K. Nitta, and O. Matoba, "Transmissive optical imaging device with micromirror array," Proc. SPIE 6392, 63920E (2006).
- [0081] 3. D. Miyazaki, N. Hirano, Y. Maeda, S. Yamamoto, T. Mukai, and S. Maekawa, "Floating volumetric image formation using a dihedral corner reflector array device," Appl. Opt. 52(1), A281-A289 (2013).
- [0082] 4. R. Kujime, S. Suyama, and H. Yamamoto, "Different aerial image formation into two directions by crossed-mirror array," Opt. Rev. 22(5), 862-867 (2015).
- [0083] 5. Y. Yahagi, S. Fukushima, S. Sakaguchi, and T. Naemura, "Suppression of floating image degradation using a mechanical vibration of a dihedral corner reflector array," Opt. Express 28(22), 33145-33156 (2020).
- [0084] 6. Y. Yoshimizu and E. Iwase, "Radially arranged dihedral corner reflector array for wide viewing angle of floating image without virtual image," Opt. Express 27(2), 918-927 (2019).
- [0085] 7. S. Choi, S. Park and S.-W. Min, "Design of ghost-free floating 3D display with narrow thickness using offset lens and dihedral corner reflector arrays," Opt. Express 28(10), 15691-15705 (2020).
- [0086] 8. M. Otsubo, "Optical Imaging Apparatus and Optical Imaging Method Using the Same," U.S. Patent 8,702,252 B2, (April 22, 2014).
- [0087] 9. B. Javidi, A. Carnicer, J. Arai, T. Fujii, H. Hua, H. Liao, M. Martinez-Corral, F. Pla, A. Stern, L. Waller, Q. Wang, G. Wetzstein, M. Yamaguchi, and H. Yamamoto, "Roadmap on 3D integral imaging: sensing, processing, and display," Opt. Express 28(22), 32266-32293 (2020).
- [0088] 10. J.-H. Park, K. Hong, and B. Lee, "Recent progress in three-dimensional information processing based on integral imaging," Appl. Opt. 48(34), H77-H94 (2009).

도면

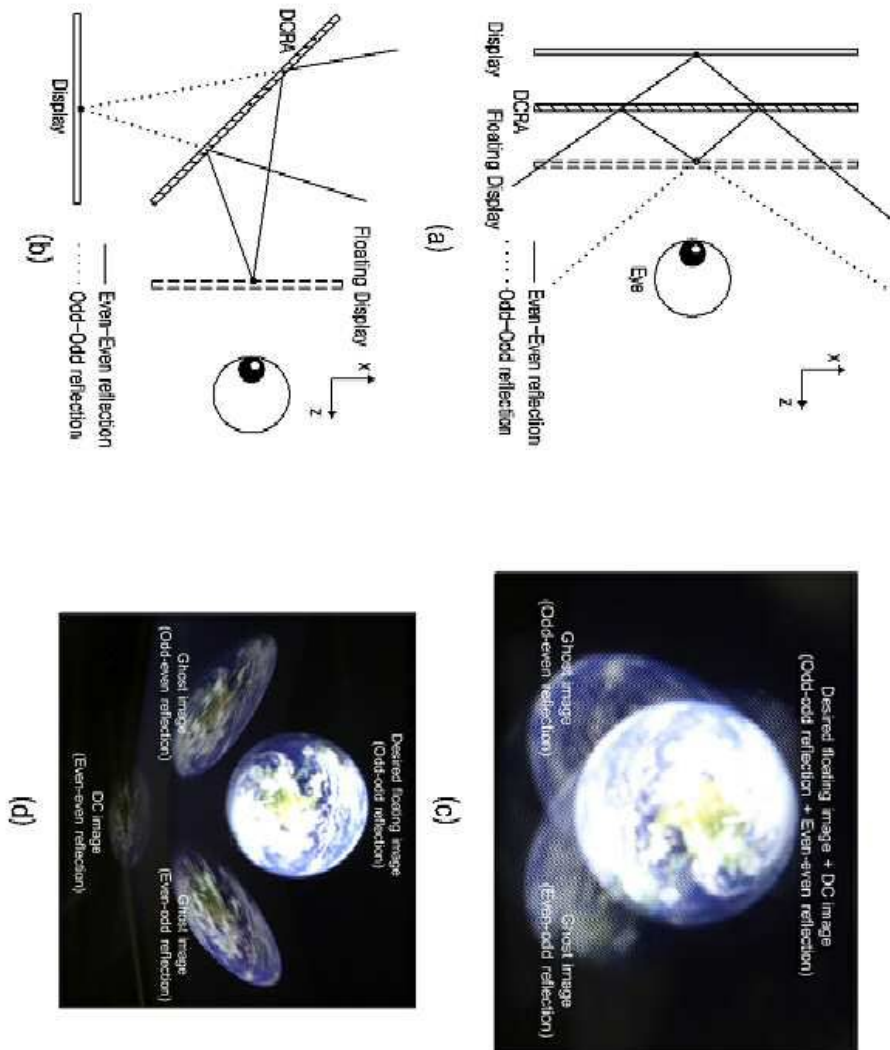
도면1



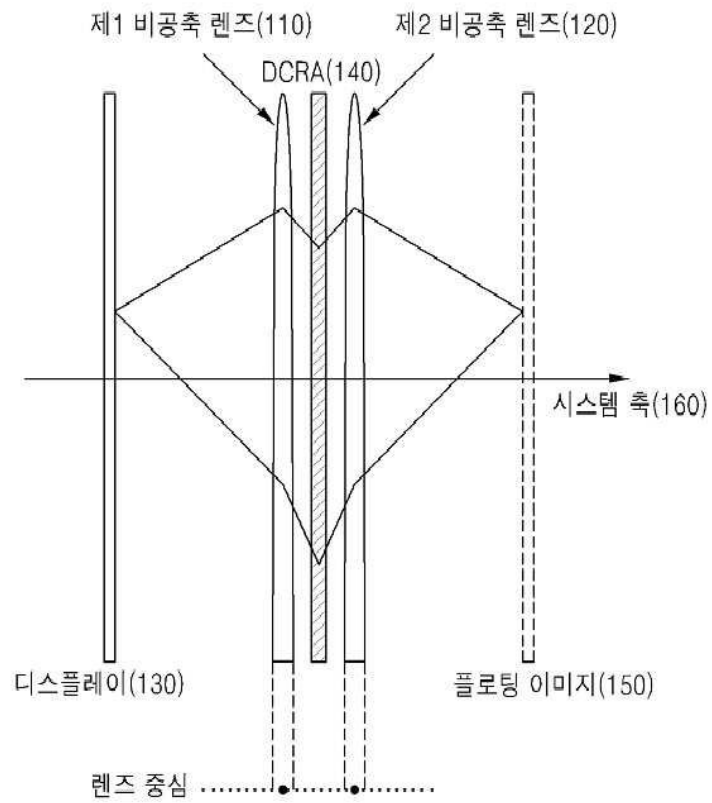
도면2



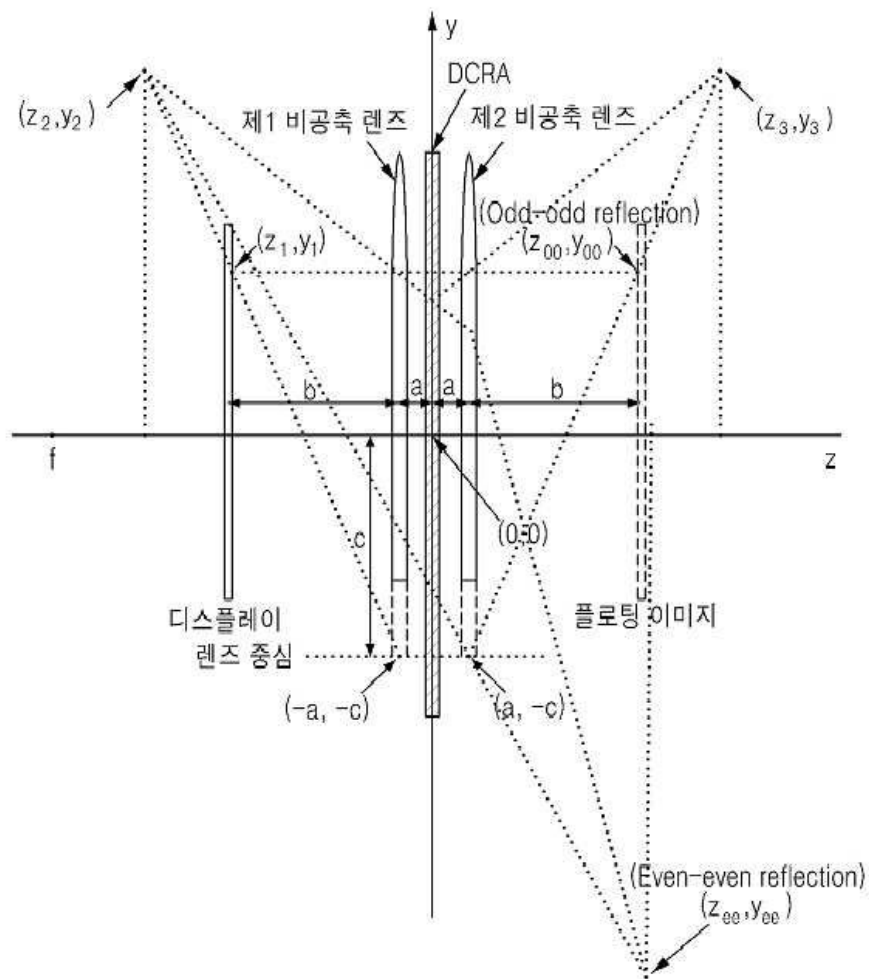
도면3



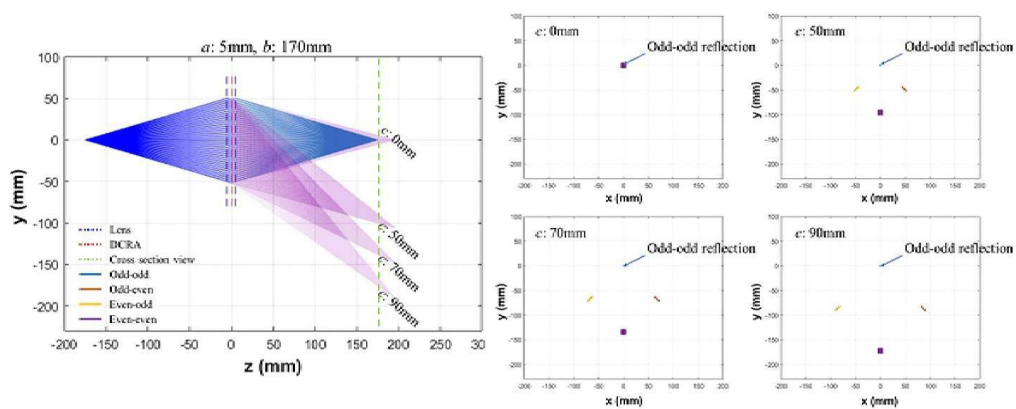
도면4



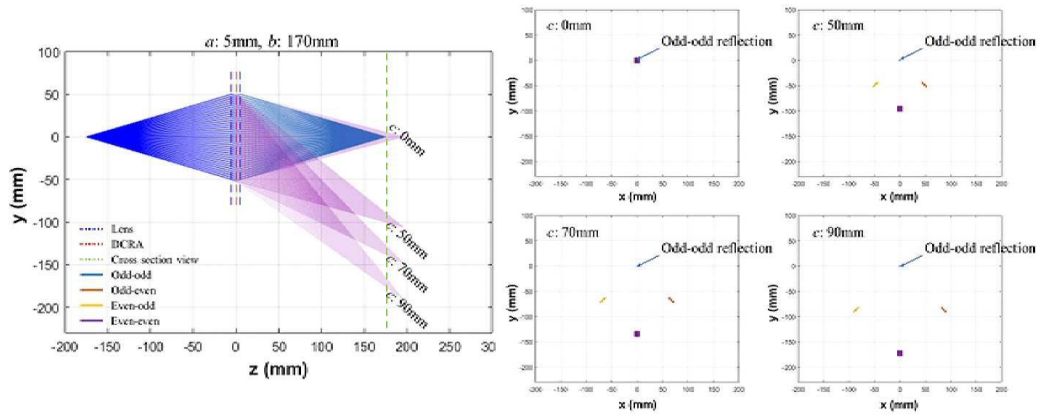
도면5



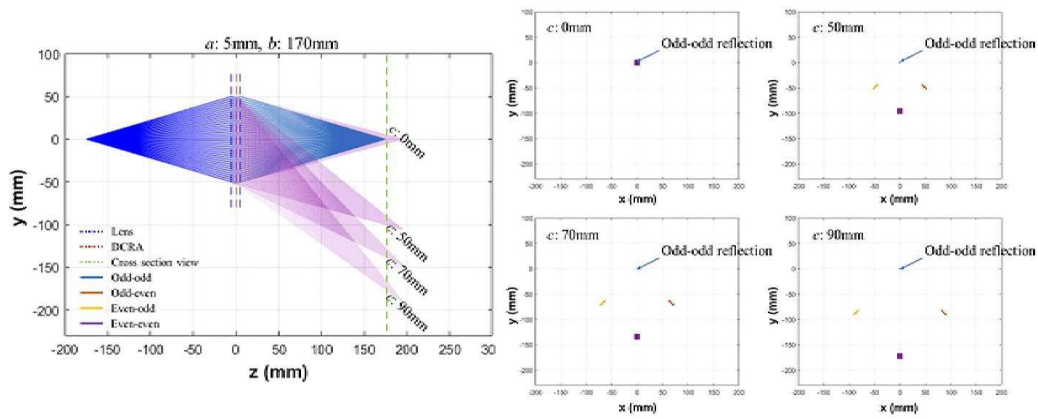
도면6a



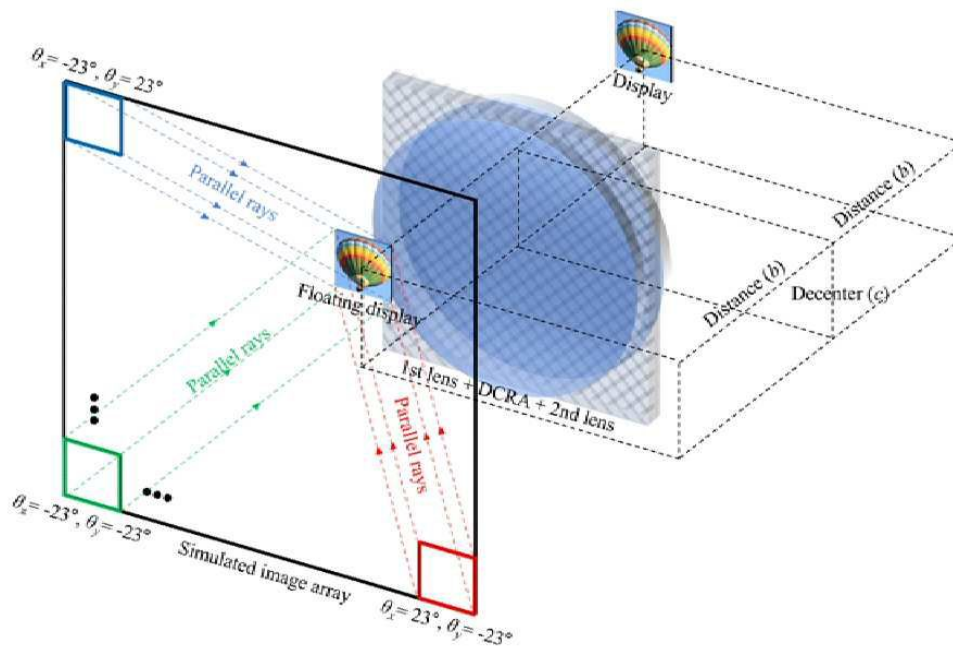
도면6b



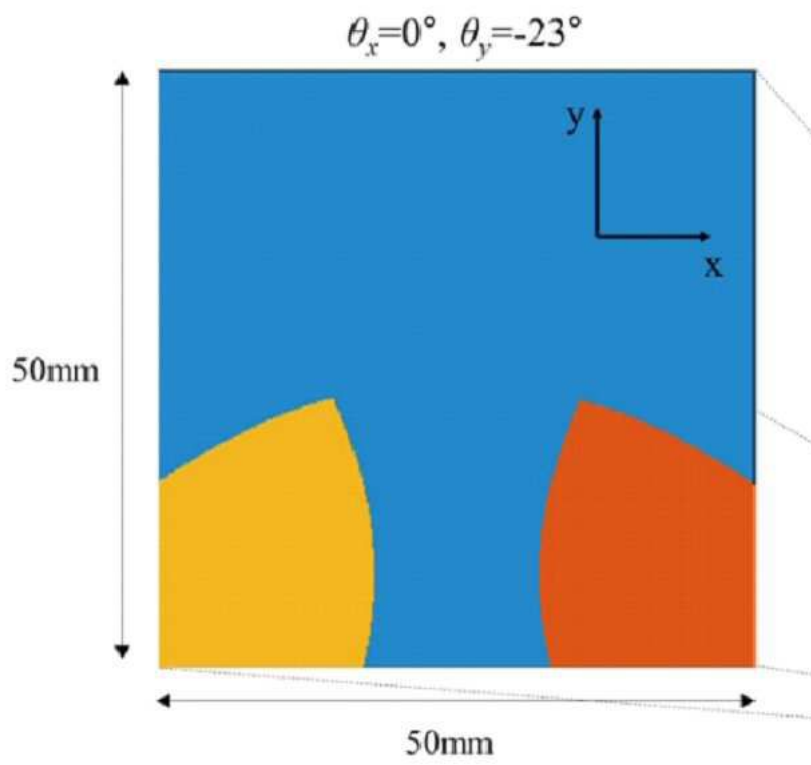
도면6c



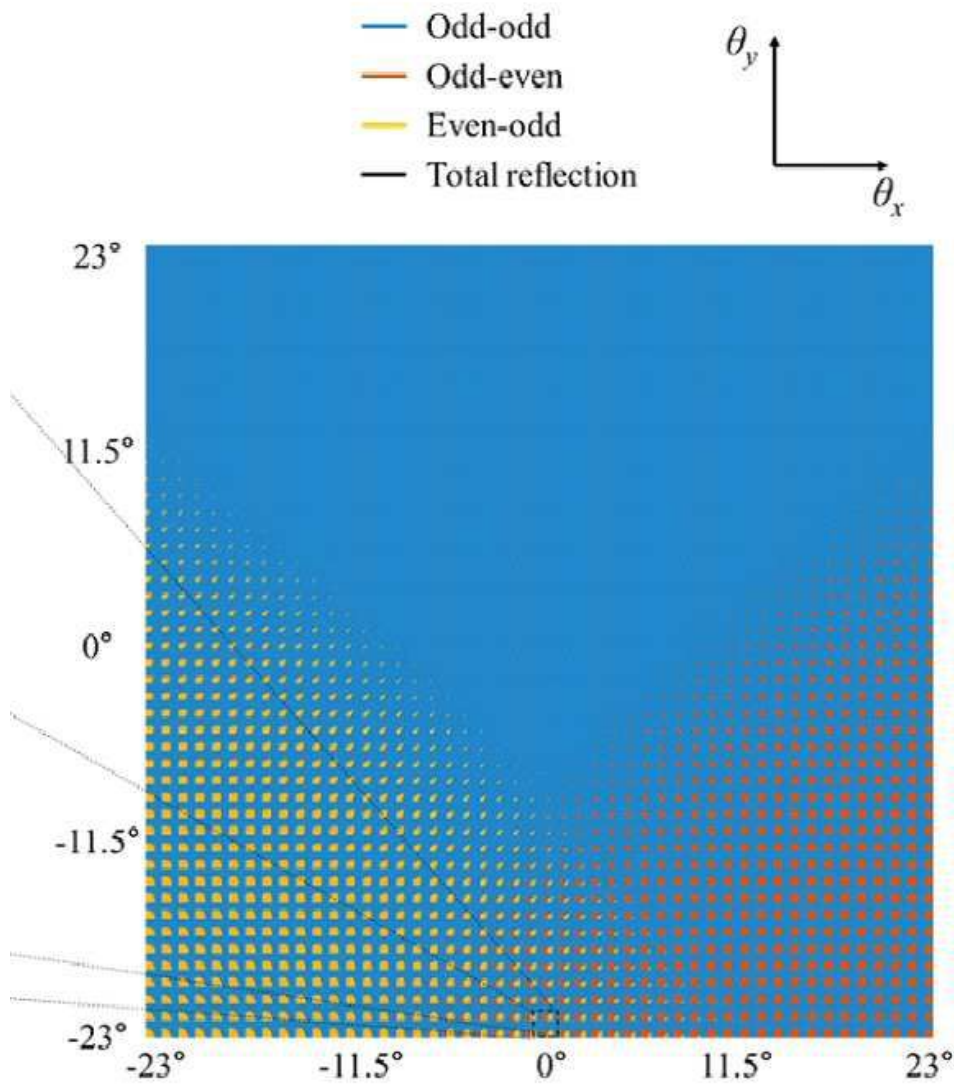
도면7a



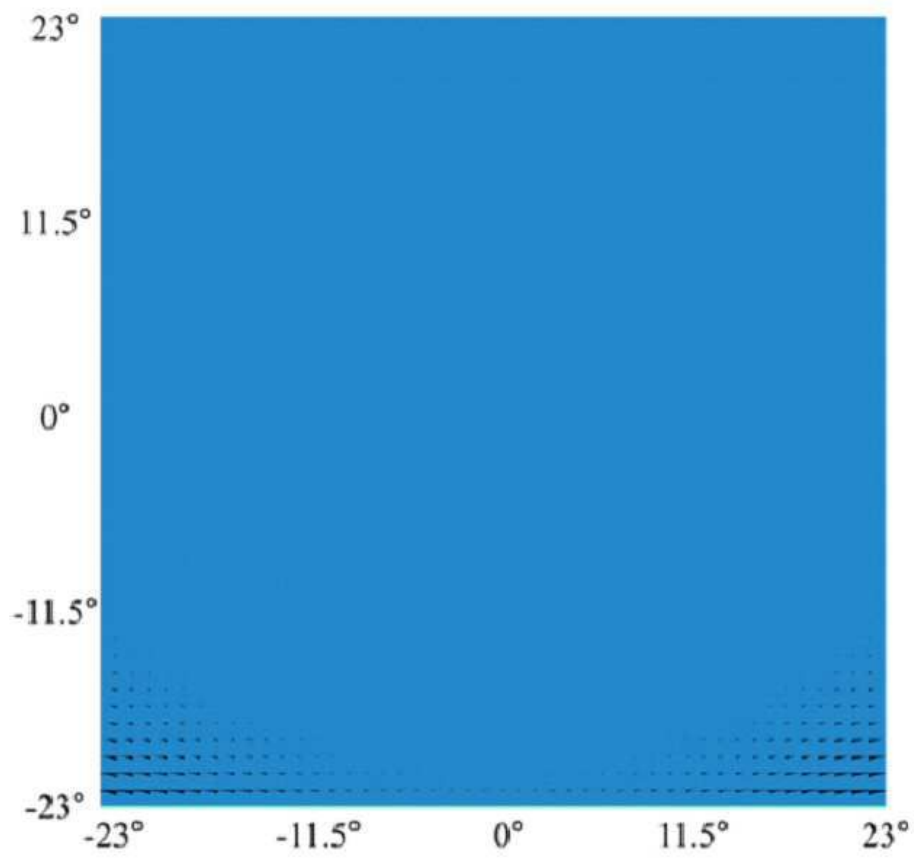
도면7b



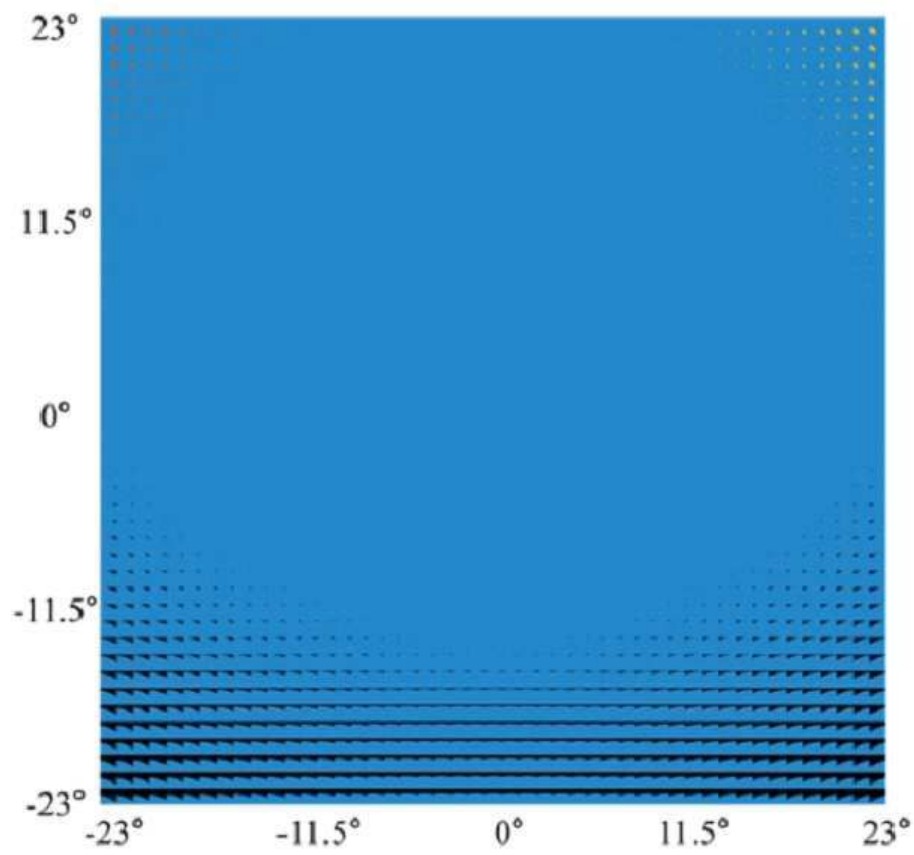
도면7c



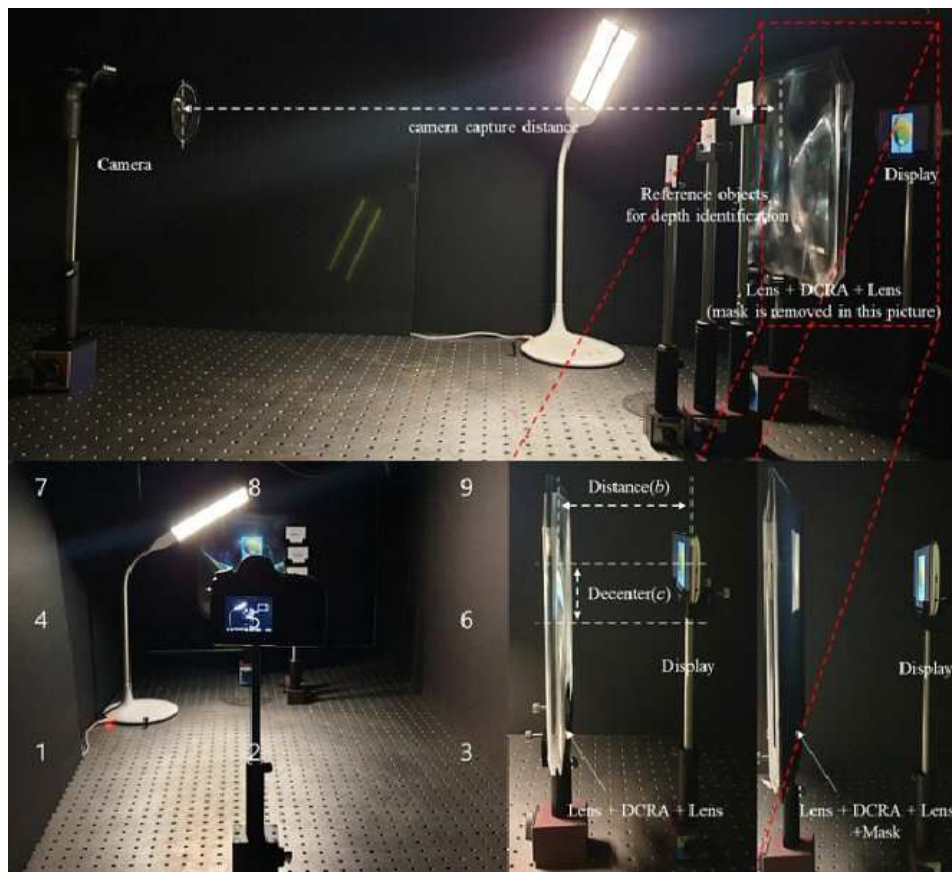
도면7d



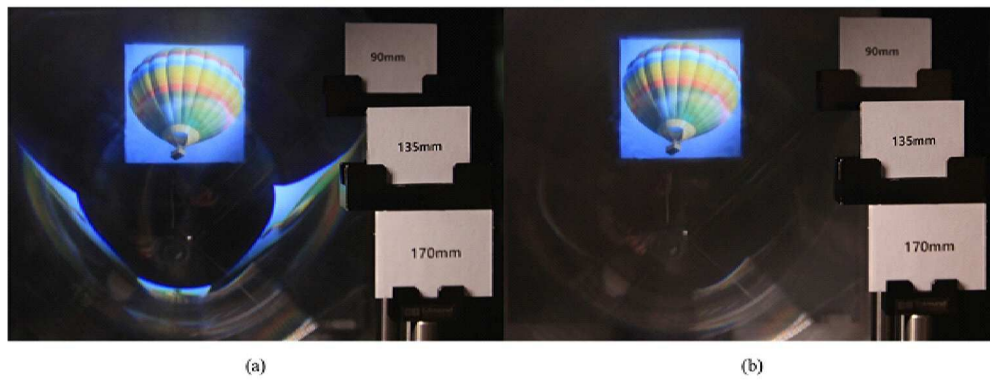
도면7e



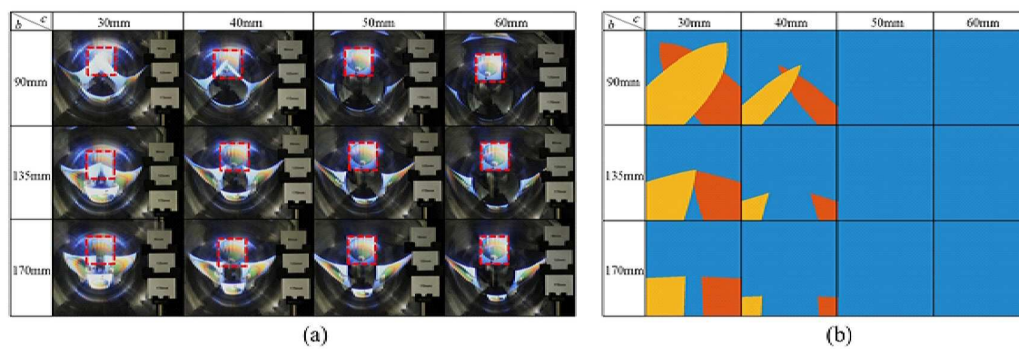
도면8



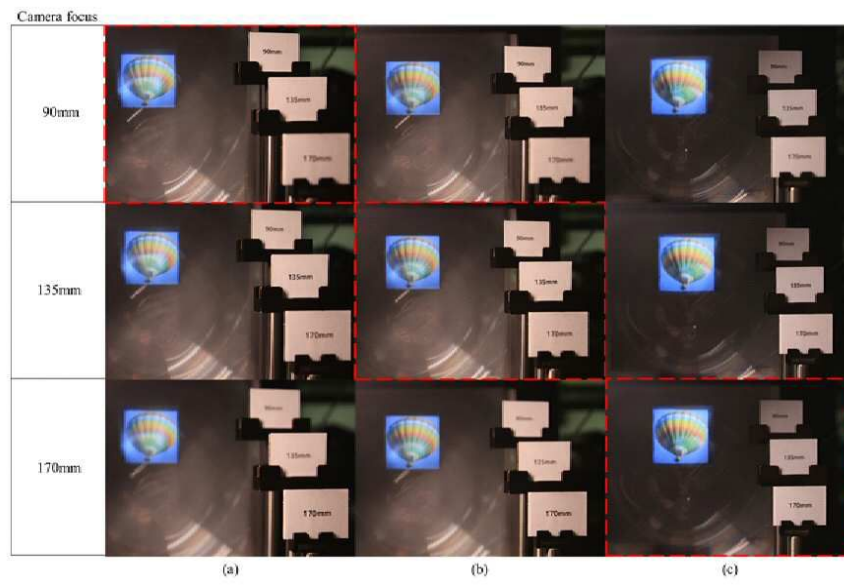
도면9



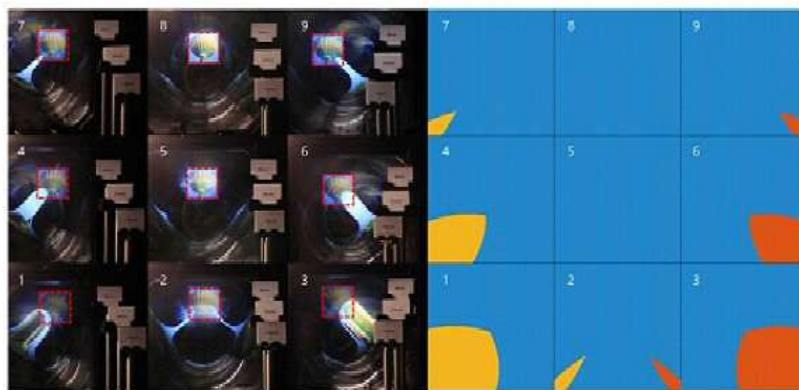
도면10



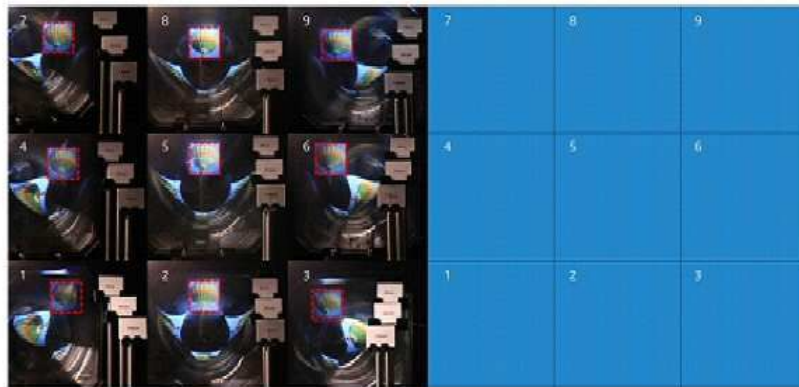
도면11



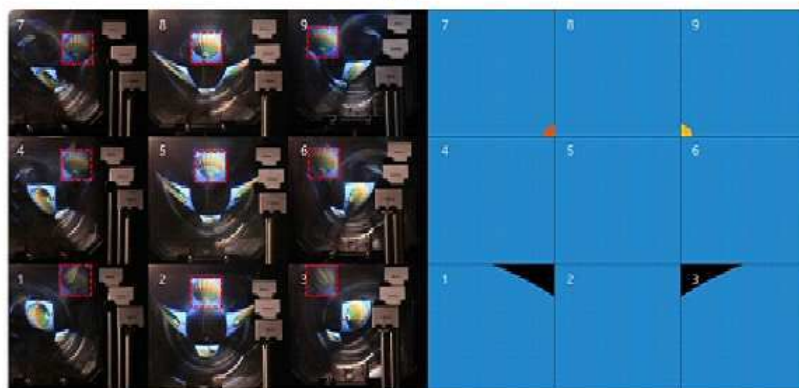
도면12



(a)

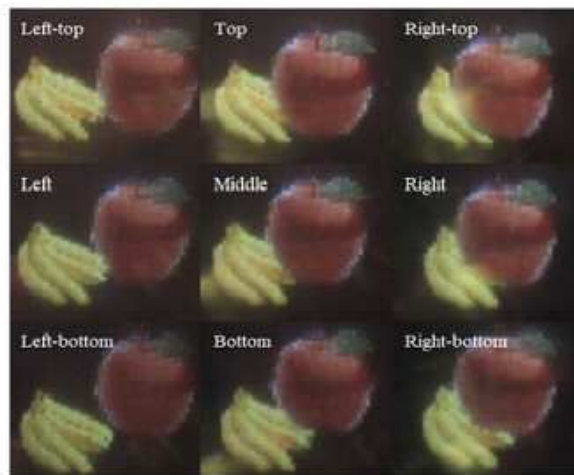
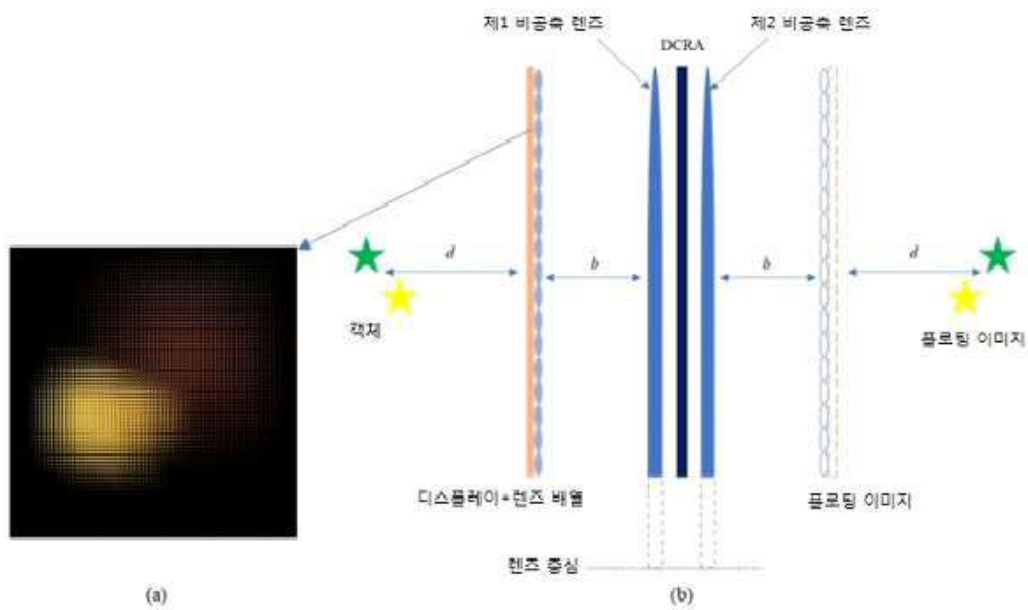


(b)



(c)

도면13



(c)