(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0077232
(43) 공개일자 2021년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/32 (2006.01) *G02B 27/01* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 5/32 (2013.01)
G02B 27/0103 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0168638
(22) 출원일자 2019년12월17일
심사청구일자 2019년12월17일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
박재형
경기도 군포시 금산로 91, 108동 1802호(산본동, 래미안 하이어스)
최명호
인천광역시 미추홀구 인주대로 234, 401호(용현동, 건우하이츠빌라)
주연경
인천광역시 미추홀구 인하로47번길 32, 509호(용현동)
(74) 대리인
양성보

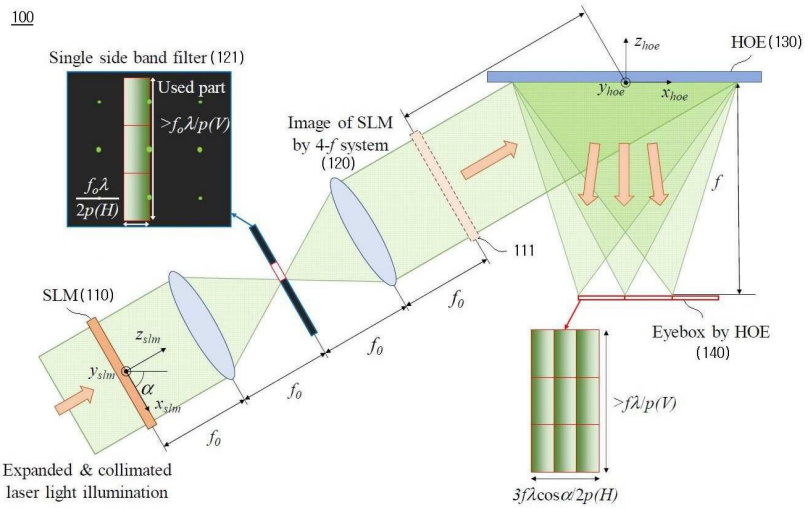
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **각 스펙트럼 랩핑을 이용하여 매끄럽게 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치 및 그 동작 방법**

(57) 요 약

각 스펙트럼 랩핑을 이용하여 매끄럽게 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치 및 그 동작 방법이 제시된다. 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치는, 레이저 빔을 변조시키는 SLM(Spatial Light Modulator); 상기 SLM을 통과한 레이저 빔을 통과시켜 SLM 이미지 평면을 중심으로 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 형성하는 4-f 시스템; 상기 중간 3D 홀로그래픽 이미지을 반사시켜 눈 앞에 가상 3D 이미지를 형성하는 HOE(Holographic Optical Element); 및 상기 HOE의 초점 주위에 상기 가상 3D 이미지가 형성되는 아이박스를 포함하고, 상기 아이박스를 수평과 수직 방향으로 복제 및 스티칭하여 상기 아이박스를 확장할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 2027/0105 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711086890 (세부과제번호 2017R1A2B2011084)
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 하이브리드 홀로그래픽 디스플레이 원천 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 인하대학교 산학협력단
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711093222 (세부과제번호 2015-0-00448-005)
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 정보통신기술인력양성(R&D)
연구과제명 홀로그램 융합기술 연구개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 충북대학교 산학협력단
연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치에 있어서,

레이저 빔을 변조시키는 SLM(Spatial Light Modulator);

상기 SLM을 통과한 레이저 빔을 통과시켜 SLM 이미지 평면을 중심으로 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 형성하는 4-f 시스템;

상기 중간 3D 홀로그래픽 이미지을 반사시켜 눈 앞에 가상 3D 이미지를 형성하는 HOE(Holographic Optical Element); 및

상기 HOE의 초점 주위에 상기 가상 3D 이미지가 형성되는 아이박스

를 포함하고,

상기 아이박스를 수평과 수직 방향으로 복제 및 스티칭하여 상기 아이박스를 확장하는 것

을 특징으로 하는, 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 4-f 시스템의 푸리에(Fourier) 평면에 SLM의 픽셀 피치로 지원되는 각 스펙트럼 범위의 절반만 통과하는 단일 측면 밴드 필터(Single side band filter)가 배치되는 것

을 특징으로 하는, 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 4-f 시스템의 푸리에(Fourier) 평면 필터는 수직 연장 개구부를 포함하고, 수직의 고차 회절이 있는 빛은 상기 수직 연장 개구부를 통과하여 수평으로 복제된 초점들 쪽으로 각각 빛을 수렴시키는 상기 HOE에 의해 반사되며, 상기 수직 방향으로의 복제는 상기 SLM의 고차 회절에 의해 이루어져 수직 스티칭이 이루어지는 것

을 특징으로 하는, 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 아이박스의 복제 후, 눈 위치에 정확한 각 스펙트럼을 제공하기 위해 CGH(Computer-Generated Hologram, CGH)의 각 스펙트럼을 적절히 래핑하는 것

을 특징으로 하는, 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치.

청구항 5

확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치의 동작 방법에 있어서,

레이저 빔이 SLM(Spatial Light Modulator)을 통해 변조하여 4-f 시스템의 SLM 이미지 평면을 중심으로 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 형성하는 단계; 및

상기 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 HOE(Holographic Optical Element)에 의해 반사시켜, 상기 HOE의 초점 주위에 눈 앞의 아이박스에 가상 3D 이미지를 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 아이박스를 수평과 수직 방향으로 복제 및 스티칭하여 상기 아이박스를 확장하는 것

을 특징으로 하는, 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치의 동작 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 아래의 실시예들은 각 스펙트럼 랩핑을 이용하여 매끄럽게 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치 및 그 동작 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 홀로그래픽 헤드 장착 디스플레이(Holographic Head-Mounted Display, HMD)라고도 하는 홀로그래픽 근안 디스플레이(Holographic Near-Eye Display, NED)는 공간 광 변조기(Spatial Light Modulator, SLM) 장치와 컴퓨터 생성 홀로그램(Computer-Generated Hologram, CGH) 콘텐츠를 사용하여 3차원(3D) 이미지를 제공한다. SLM을 비추는 빛은 CGH에 의해 회절된 후 사용자의 눈에 전달되어 눈 앞에서 가상 이미지를 형성한다. 형성된 이미지는 특정 평면에 고정된 2차원(2D) 이미지가 아니라 완전한 단안의 깊이 신호가 있는 3D 이미지이다. 이 기능은 사용자가 자연적으로 눈을 집중시킬 수 있도록 하여 기존 디스플레이(NED)의 수렴-초점 불일치 문제를 완화한다.

[0003] 홀로그래픽 근안 디스플레이(NED)의 문제 중 하나는 그들의 아이박스가 작은 크기로 제한되어 있다는 것이다. 아이박스는 표시된 이미지를 관찰하면서 눈이 위치할 수 있는 영역을 말한다. 홀로그래픽 근안 디스플레이(NED)에서 아이박스 크기와 시야(Field of View, FoV)의 산물은 공간 대역폭 산물(Space Bandwidth Product, SBP)이라고도 불리는 SLM의 픽셀 수에 의해 근본적으로 결정된다. 현재 사용 가능한 SLM의 SBP가 충분히 높지 않기 때문에 아이박스는 일반적으로 합리적인 FoV에서 작은 값으로 제한된다.

[0004] 아이박스 제한을 완화하기 위한 종래의 몇 가지 기술이 있다. M. Kim 등이 보고한 한 연구에서는 고속 디지털 미러 디바이스(Digital Mirror Device, DMD)와 2X2 배열의 액정 셔터를 사용한다(비특허문헌 1). LC 셔터는 DMD의 푸리에(Fourier) 평면에 있다. 작동 중, DMD의 고차 회절 term이 수평 및 수직 방향으로 아이박스 확장에 사용될 수 있도록 LC 셔터를 DMD의 CGH와 동기화하여 순차적으로 개방한다. 그러나 LC 셔터의 개구부는 강한 DC term을 피하기 위해 공간적으로 분리되어야 하므로 아이박스의 연속적인 확장은 불가능하다.

[0005] S.-B.Kim과 J.-H. Park이 보고한 연구에서는 홀로그래픽 광학 소자(Holographic Optical Element, HOE)를 사용한다(비특허문헌 2). HOE는 공간적으로 분리된 초점이 있는 멀티플렉스된 오목 거울로서 작동하도록 기록된다. 아이박스는 각 초점 주위에 형성되어 여러 개의 복제된 아이박스를 생성한다. 초점 사이의 분리를 조정함으로써 복제된 아이박스를 간격 없이 연결할 수도 있다. 그러나, 이 연구에서는 아이박스 확장이 수평 방향에서만 이루어진다. 또한 눈이 복제된 아이박스 사이의 경계에 위치할 때 아이박스의 복제된 특성으로 인해 이미지가 왜곡되거나 두 개로 보이기도 한다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) M. Kim, S. Lim, G. Choi, Y. Kim, H. Kim, and J. Hahn, "Expanded exit-pupil holographic head-mounted display with high-speed digital micromirror device," ETRI J. 40(3), 366-375 (2018).

(비특허문헌 0002) J.-H. Park, and S.-B. Kim, "Optical see-through holographic near-eye-display with eyebox steering and depth of field control," Opt. Express 26(21), 27076-27088 (2018).

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 실시예들은 각 스펙트럼 랩핑을 이용하여 매끄럽게 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레

이 장치 및 그 동작 방법에 관하여 기술하며, 보다 구체적으로 홀로그래픽 근안 디스플레이는 완전한 단안의 깊이 신호를 가진 진정한 3차원 이미지를 제공하는 기술을 제공한다.

[0008] 실시예들은 홀로그래픽 광학 소자와 공간 광 변조기의 고차 분산을 결합하여 수평과 수직으로 확장된 아이박스를 사용함으로써 기본 아이박스를 복제하고 스티치(stitch)하는, 각 스펙트럼 랩핑을 이용하여 매끄럽게 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치 및 그 동작 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치는, 레이저 빔을 변조시키는 SLM(Spatial Light Modulator); 상기 SLM을 통과한 레이저 빔을 통과시켜 SLM 이미지 평면을 중심으로 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 형성하는 4-f 시스템; 상기 중간 3D 홀로그래픽 이미지을 반사시켜 눈 앞에 가상 3D 이미지를 형성하는 HOE(Holographic Optical Element); 및 상기 HOE의 초점 주위에 상기 가상 3D 이미지가 형성되는 아이박스를 포함하고, 상기 아이박스를 수평과 수직 방향으로 복제 및 스티칭하여 상기 아이박스를 확장할 수 있다.

[0010] 상기 4-f 시스템의 푸리에(Fourier) 평면에 SLM의 픽셀 피치로 지원되는 각 스펙트럼 범위의 절반만 통과하는 단일 측면 밴드 필터(Single side band filter)가 배치될 수 있다.

[0011] 상기 4-f 시스템의 푸리에(Fourier) 평면 필터는 수직 연장 개구부를 포함하고, 수직의 고차 회절이 있는 빛은 상기 수직 연장 개구부를 통과하여 수평으로 복제된 초점들 쪽으로 빛을 수렴시키는 상기 HOE에 의해 반사되며, 상기 수직 방향으로의 복제는 상기 SLM의 고차 회절에 의해 이루어져 수직 스티칭이 이루어질 수 있다.

[0012] 상기 아이박스의 복제 후, 눈 위치에 정확한 각 스펙트럼을 제공하기 위해 CGH(Computer-Generated Hologram, CGH)의 각 스펙트럼을 적절히 래핑할 수 있다.

[0013] 다른 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치의 동작 방법은, 확장 및 시준된 레이저 빔이 SLM(Spatial Light Modulator) 에 의해 변조되어 4-f 시스템의 SLM 이미지 평면을 중심으로 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 형성하는 단계; 및 상기 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 HOE(Holographic Optical Element)에 의해 반사시켜, 상기 HOE의 초점 주위에 눈 앞의 아이박스에 가상 3D 이미지를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 아이박스를 수평과 수직 방향으로 복제 및 스티칭하여 상기 아이박스를 확장할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 실시예들에 따르면 홀로그래픽 광학 소자와 공간 광 변조기의 고차 분산을 결합하여 수평과 수직으로 확장된 아이박스를 사용함으로써 기본 아이박스를 복제하고 스티치(stitch)하는, 각 스펙트럼 랩핑을 이용하여 매끄럽게 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치 및 그 동작 방법을 제공할 수 있다. 이에 따라 새로운 각 스펙트럼 래핑 기법 또한 복제된 기본 아이박스 사이의 경계에서 관찰되는 이미지 왜곡을 완화하기 위해 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 기존의 광학적 증강현실(AR) 근안 디스플레이(NED) 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 2는 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치를 나타내는 도면이다.

도 3은 일 실시예에 따른 SLM 푸리에(Fourier) 평면을 나타내는 도면이다.

도 4는 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치의 축 구성을 나타내는 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 축 구성의 다른 평면에서의 각 스펙트럼 관계를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 설명한다. 그러나, 기술되는 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변

형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시예들에 의하여 한정되는 것은 아니다. 또한, 여러 실시예들은 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 도면에서 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.

[0018] 본 실시예에서는 홀로그램 근안 디스플레이(NED)의 아이박스를 확장하는 새로운 기법을 제안한다. 제안된 기법은 홀로그래픽 광학 소자(Holographic Optical Element, HOE)를 사용한 아이박스 복제 접근법에 기초한다. 그러나, 이전과 달리 아이박스 확장은 HOE의 수평 다중 초점 및 SLM의 수직 고차 분산을 결합하여 수평 방향뿐만 아니라 수직 방향에서도 달성된다. 수평 및 수직 방향으로의 아이박스가 복제되는 위치가 HOE와 SLM에서 각각 다르기 때문에 그 위치 차이를 고려한 CGH의 각 스펙트럼 래핑 기법도 제안된다. 제안된 기법을 활용하여 반복적인 DC term 또는 복제된 아이박스 경계에서 공간 간격 및 이미지의 왜곡 없이 아이박스를 수평 및 수직 방향으로 확장할 수 있다.

[0019] 다음 섹션에서는 제안된 시스템의 광학 구성과 제안된 각 스펙트럼 래핑 기법의 원리를 설명한다. 그런 다음, 제안된 기법의 원리와 실현가능성을 검증하기 위해 광학 실험 결과를 제시한다.

[0021] 도 1은 기존의 광학적 증강현실(AR) 근안 디스플레이(NED) 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0022] 도 1을 참조하면, 제안된 아이박스 확장 기법을 적용하기 전의 기존의 광학적 증강현실(AR) 근안 디스플레이(NED) 장치(1)의 구성을 보여준다. 확장되고 평행하게 시준된 레이저 빔은 SLM(10)에 의해 변조되어 relaying 4-f 시스템(20)의 SLM 이미지 평면(11)을 중심으로 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 형성한다. 그런 다음, 중간 3D 홀로그래픽 이미지는 오목거울 기능을 가진 HOE(30)에 의해 반사되어 눈 앞에 가상 3D 이미지를 형성한다.

[0023] 4-f 시스템(20)의 푸리에(Fourier) 평면에 SLM(10)의 픽셀 피치로 지원되는 각 스펙트럼 범위의 절반만 통과하는 단일 측면 밴드 필터(Single side band filter, 21)가 배치된다. SLM(10) 픽셀 피치 p와 4-f 시스템(20)의 렌즈 초점 길이 f_o와 함께, DC, conjugate 및 모든 고차원 term을 차단하기 위해 $f_o\lambda/p(H)$ X $f_o\lambda/p(V)$에 의해 단일 측면 밴드 필터(21)의 개구부 크기가 주어진다.

[0024] 아이박스(40)는 HOE(30)의 초점 주위에 형성된다. HOE(30)의 초점 길이가 f이고 HOE(30) 평면이 도 1과 같이 각도 α로 기울어져 있다고 가정한다. 아이박스의 크기는 4-f 시스템(20)의 단일 측면 밴드 필터(21) 방향에 따라 $f\lambda\cos\alpha/p(H)$ X $f\lambda/2p(V)$ 또는 $f\lambda\cos\alpha/2p(H)$ X $f\lambda/p(V)$에 의해 주어진다.

[0025] SLM(10)에 입력된 정보, 즉 CGH는 HOE(30)의 초점 길이를 고려한 대상 가상 3D 이미지를 표시하기 위해 합성된다. 비스듬한 HOE(30) 구성에 의한 수차는 (비특허문헌 2)에서 설명한 대로 합성 과정에서 사전 보정된다.

[0026] 도 2는 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치를 나타내는 도면이다.

[0027] 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치(100)는 SLM(110), 4-f 시스템(120), HOE(130) 및 아이박스(140)를 포함하여 이루어질 수 있다.

[0028] SLM(110)는 레이저 빔을 변조시킬 수 있고, 4-f 시스템(120)은 SLM(110)을 통과한 레이저 빔을 통과시켜 SLM 이미지 평면(111)을 중심으로 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 형성할 수 있다. 여기서, 4-f 시스템(120)의 푸리에(Fourier) 평면에 SLM(110)의 픽셀 피치로 지원되는 각 스펙트럼 범위의 절반만 통과하는 단일 측면 밴드 필터(Single side band filter, 121)가 배치될 수 있다. 또한, 4-f 시스템(120)의 푸리에(Fourier) 평면 필터는 수직 연장 개구부를 포함하고, 수직의 고차 회절이 있는 빛은 수직 연장 개구부를 통과하여 수평으로 복제된 초점들 쪽으로 각각 빛을 수렴시키는 HOE(130)에 의해 반사되며, 수직 방향으로의 복제는 SLM(110)의 고차 회절에 의해 이루어져 수직 스티칭이 이루어질 수 있다. 아이박스(140)의 복제 후, 눈 위치에 정확한 각 스펙트럼을 제공하기 위해 CGH의 각 스펙트럼을 적절히 래핑할 수 있다.

[0029] 아래에서 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치를 보다 구체적으로 설명한다.

[0030] 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치(100)는 기본 아이박스(140)를 수평과 수직 방향으로 복제 및 스티칭하여 아이박스(140)를 확장한다. 수평 복제 및 스티치는 수평으로 분리된 여러 개의 초점으로 HOE(130)를 기존의 연구(비특허문헌 2)처럼 기록함으로써 달성된다. 수직 복제

는 SLM(110)의 고차 회절을 있는 그대로 사용함으로써 달성된다.

[0031] 수직 고차 회절을 활용하기 위해 4-f 시스템(120)의 푸리에(Fourier) 평면 필터는 수직 연장 개구부가 되도록 수정한다. 개구부 높이는 단일 회절 순서에 해당하는 $f_o\lambda/p(V)$보다 크게 설정된다. 조리개 폭은 DC, conjugate 및 수평 고차 회절을 차단하기 위해 여전히 $f_o\lambda/2p(H)$로 유지된다. 수직 고차 회절이 있는 빛은 개구부를 통과하여 수평으로 복제된 초점들 쪽으로 각각 빛을 수렴시키는 HOE(130)에 의해 반사된다. 그 결과 HOE(130)의 초점 평면에 기본 아이박스(140)의 2D 배열이 형성되어, 눈이 위치할 수 있는 영역이 확대되어 표시되는 이미지를 볼 수 있다.

[0032] 수평으로 복제된 아이박스(140) 사이의 간격은 HOE의 초점 분리에 의해 결정된다. 제안된 기법에서 수평 초점 분리는 4-f 필터 $f_o\lambda/2p(H)$의 개구부 폭에 해당하는 $f\lambda\cos\alpha/2p(H)$로 설정하여 수평 간격 없이 아이박스(140)를 매끄럽게 스티치한다. 수직 복제는 SLM(110) 고차 회절에 의해 이루어지며 따라서 간격이 없는 매끄러운 수직 스티칭이 자연스럽게 달성된다.

[0033] 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치의 동작 방법은, 레이저 빔이 SLM(Spatial Light Modulator)을 통해 변조되어 4-f 시스템의 SLM 이미지 평면을 중심으로 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 형성하는 단계, 및 중간 3D 홀로그래픽 이미지를 HOE(Holographic Optical Element)에 의해 반사시켜, HOE의 초점 주위에 눈 앞의 아이박스에 가상 3D 이미지를 형성하는 단계를 포함하여 이루어질 수 있다. 여기서, 아이박스를 수평과 수직 방향으로 복제 및 스티칭하여 아이박스를 확장할 수 있다. 아이박스의 복제 후, 눈 위치에 정확한 각 스펙트럼을 제공하기 위해 CGH의 각 스펙트럼을 적절히 래핑할 수 있다.

[0034] 도 3은 일 실시예에 따른 SLM 푸리에(Fourier) 평면을 나타내는 도면이다.

[0035] 도 3을 참조하면, 제안된 아이박스 확장 기법을 이전에 보고된 것과 비교하여 SLM 푸리에(Fourier) 평면을 보여준다. SLM의 고차 회절을 사용하는 것이 일반적이지만, 사용하는 방법은 다르다. 도 3(a)와 (b)에 표시된 이전 기법은 선택 후 푸리에(Fourier) 평면에서 위치를 조작하지 않고, SLM의 푸리에(Fourier) 평면에서 다른 부분을 선택적으로 사용한다. 푸리에(Fourier) 평면은 강한 DC term의 정규 2D 배열이 있으므로 선택한 부분은 분리(도 3(a))하거나 DC 배열을 피하기 위해 한 방향으로만 선택하여야 한다(도 3(b)). 이는 아이박스를 분리하거나 1차원 아이박스를 확장하는 결과를 낳는다. 반대로, 제안된 기법은 여러 개의 수직 고차를 커버하기 위해 푸리에(Fourier) 평면에서 수직 스트립을 선택한다.

[0036] 그런 다음, 도 3(c)와 같이 HOE에 의해 수직 스트립이 복제되고 스티치된다. 선택한 수직 스트립에는 DC term이 포함되어 있지 않기 때문에 HOE에 의해 간격 없이 복제 및 스티치되어 아이박스의 원활한 2D 확장을 완료할 수 있다.

[0037] 제안된 기법은 기본 아이박스를 복제하여 아이박스 영역을 확장한다. SLM은 단일 아이박스에 대한 각 스펙트럼만 지원할 수 있으므로 확장된 영역 내의 사용자의 눈 위치를 감지하고 그에 따라 CGH를 계산할 필요가 있다. 특히, 눈이 복제된 기본 아이박스 사이의 경계 주위에 위치할 때, 아이박스 복제 후 눈 위치에 정확한 각 스펙트럼을 제공하기 위해 CGH의 각 스펙트럼을 적절히 래핑해야 한다. 제안된 기법에서 수평 및 수직 아이박스 복제는 서로 다른 물리적 위치에서 발생한다. 따라서, 수평 및 수직 각 스펙트럼 래핑은 다른 광학 필드 평면에서 수행하도록 필요가 있다.

[0038] 도 4는 일 실시예에 따른 확장된 아이박스를 가지는 투과형 홀로그래픽 근안 디스플레이 장치의 축 구성을 나타내는 도면이다.

[0039] 실제 시스템은 반사형 HOE 평면에서 각도 α로 접힌다. 그러나 α=0의 축 전송형 HOE 구성은 단순하게 도 4와 같다. 또한 실제 시스템에서 HOE는 수평으로 분리된 초점이 있는 다중 오목거울의 기능을 하는 단일 물리적 박막이다. 도 4에서 단순하게 HOE는 수평 빔 복제와 축 초점 렌즈에 대한 수직 선형 격자의 조합으로 표시된다. CGH의 각 스펙트럼은 $G_{CGH}(f_x, f_y)$로 표시된다. HOE 직전 및 HOE의 수직 선형 격자 바로 뒤에 있는 4-f 광학 SLM 이미지 평면의 빛의 각도 스펙트럼은 각각 $G_{SLM}(fx, fy)$, $G_{HOE}(f_x, f_y)$, $G'_{HOE}(f_x, f_y)$로 표시된다.

[0040] 도 5는 일 실시예에 따른 축 구성의 다른 평면에서의 각 스펙트럼 관계를 나타내는 도면이다.

[0041] 도 5를 참조하면, 도 4에서 보여진 축 구성의 다른 평면에서의 각 스펙트럼 관계를 보여준다. 도 5(a)의 수평 방향에서, 대역 폭 B_x=1/2p에서의 CGH의 각 스펙트럼은 $G_{CGH}(f_x, f_{yo})$와 함께 4-f 광학 $G_{SLM}(f_x, f_y)$의 SLM 이미지

평면으로 고차 없이 전달된다. 그런 다음 빛은 HOE까지의 거리 d에 의해 전파되며, HOE $G_{HOE}(f_x, f_y)=G_{SLM}(f_x, f_y)P(f_x, f_y)$ 직전에 각 스펙트럼을 제공한다. 여기서 전파 커널 $P(f_x, f_y)$는 다음과 같다.

$$P(f_x, f_y) = \exp\left(j2\pi d\sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - f_x^2 - f_y^2} \right). \quad (1)$$

[0042]

[0043] HOE는 빛을 여러 수평 방향으로 복제하고 초점을 맞춘다. 따라서 수평 복제 직후 각 스펙트럼 $G'_{HOE}(f_x, f_y)$는 도 5(a)와 같이 $G_{HOE}(f_x, f_y)$의 복제본에 의해 주어진다. 래핑 함수 W_x 및 W_y를 다음과 같이 정의한다.

$$W_x(f_x) = f_x - \text{floor}\left(\frac{f_x}{B_x}\right)B_x, \quad W_y(f_y) = f_y - \text{round}\left(\frac{f_y}{B_y}\right)B_y, \quad (2)$$

[0044]

[0045] 이 관계는, 간단히 $G'_{HOE}(f_x, f_{yo})=G_{HOE}(W_x(f_x, f_{yo})$로 나타낼 수 있다.

[0046] 수직 방향은 도 5(b)에 나타나 있다. 대역폭 $B_y=1/p$의 CGH 각도 스펙트럼은 4-f 광학의 SLM 이미지 평면의 SLM 고차 회절에 의해 복제된다. 식 (2)의 래핑 함수 W_y 정의를 사용하여 SLM 이미지 평면의 각 스펙트럼은 $G_{SLM}(f_{xo}, f_y)=G_{CGH}(f_{xo}, W_y(f_y))$로 작성할 수 있다. 이 복제된 각 스펙트럼은 $G_{HOE}(f_x, f_y)=G_{SLM}(f_x, f_y)P(f_x, f_y)$로 전파되며, HOE의 수평 복제 부분 이후에도 $G'_{HOE}(f_{xo}, f_y)$는 변하지 않는다.

[0047] 위에서 설명한 수평 및 수직 각 스펙트럼 관계를 요약하면, HOE의 초점 부분 이전에 각 스펙트럼을 사용하여 CGH의 각 스펙트럼을 나타낼 수 있다.

$$G_{CGH}\left(W_x(f_x), W_y(f_y)\right) = \frac{G'_{HOE}(f_x, f_y)}{P\left(W_x(f_x), f_y\right)}. \quad (3)$$

[0048]

[0049] 복제가 발생하는 위치 차이로 인해 각 스펙트럼 래핑도 다른 단계에서 수행되므로 식 (3) 및 도 5에 표시된 것처럼 전파 커널의 수평으로 래핑하고 수직으로 원래 주파수 대역을 사용하는 결과가 된다.

[0050] 작동 중, 눈 위치가 감지되면, 대역폭 B_x와 눈 위치 주위의 주파수 대역이 도 5의 음영 영역으로 선택된다. 그런 다음 식 (3)의 래핑 관계를 활용하여 CGH를 계산한다.

[0051] 실제 시스템에서 HOE는 도 2와 같이 각도 α에 의해 수평 방향으로 기울어져 있다는 점에 유의한다. 이는 이제 비병렬 평면 간의 전파를 나타내야 하는 전파 커널 $P(f_x, f_y)$에 영향을 미친다. HOE 평면 G_{HOE}와 G'_{HOE}의 각 스펙트럼에 대한 수평 공간 주파수 f_x 격자는 (비특허문헌 2)에 자세히 설명된 대로 스케일링하고 이동해야 한다. 결과적으로, 식 (3)은 다음과 같이 수정된다.

$$G_{CGH}\left(f_{x,SLM}, W_y\left(f_{y,SLM}\right)\right) = \frac{G'_{HOE}(f_x, f_y)}{P\left(f_{x,SLM}, f_{y,SLM}\right)}, \quad (4)$$

[0052]

[0053] 여기서, 공간 주파수($f_{x,SLM}$, $f_{y,SLM}$, $f_{z,SLM}$)는 다음에 의해 주어진다.

$$\begin{bmatrix} f_{x,SLM} \\ f_{y,SLM} \\ f_{z,SLM} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & 0 & -\sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_x(f_x) + \frac{\sin\alpha}{\lambda} \\ f_y \\ \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \left\{W_x(f_x) + \frac{\sin\alpha}{\lambda}\right\}^2 - f_y^2} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

[0054]

[0055] W_x 연산자에 대한 수정된 수평 공간 주파수 래핑 기간 $B_x=(1/2p)\cos\alpha$이다. 식 (4)의 수정된 전파 커널 $P(f_x,$

f_y)는 다음을 통해 제공된다.

$$P(f_x, f_y) = \frac{\sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - f_x^2 - f_y^2}}{\sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - f_x^2 - f_y^2}\cos\alpha - f_x \sin\alpha} \exp\left(j2\pi d \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - f_x^2 - f_y^2} \right). \quad (6)$$

[0056]

[0057] 이상과 같이, 실시예들은 홀로그래픽 근안 디스플레이는 완전한 단안의 깊이 신호를 가진 진정한 3차원 이미지를 제공한다. 본 실시예에서는 홀로그래픽 근안 디스플레이의 아이박스를 확장하는 기법을 제안한다. 홀로그래픽 근안 디스플레이의 기본 아이박스는 공간 광 변조기의 공간 대역폭 산물에 의해 결정된다. 제안된 기법은 홀로그래픽 광학 소자와 공간 광 변조기의 고차 분산을 결합하여 수평과 수직으로 확장된 아이박스를 사용함으로써 기본 아이박스를 복제하고 스티치(stitch)한다. 새로운 각 스펙트럼 래핑 기법 또한 복제된 기본 아이박스 사이의 경계에서 관찰되는 이미지 왜곡을 완화하기 위해 사용된다.

[0059] 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, 컨트롤러, 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 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0060] 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.

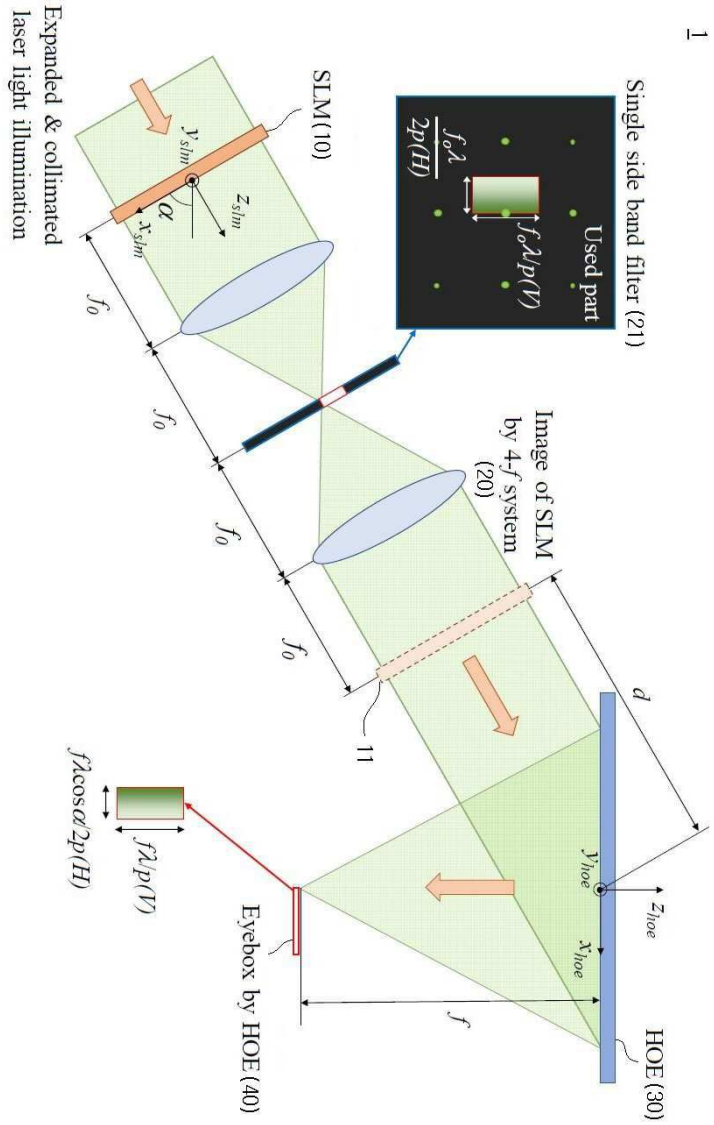
[0061] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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.

[0062] 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.

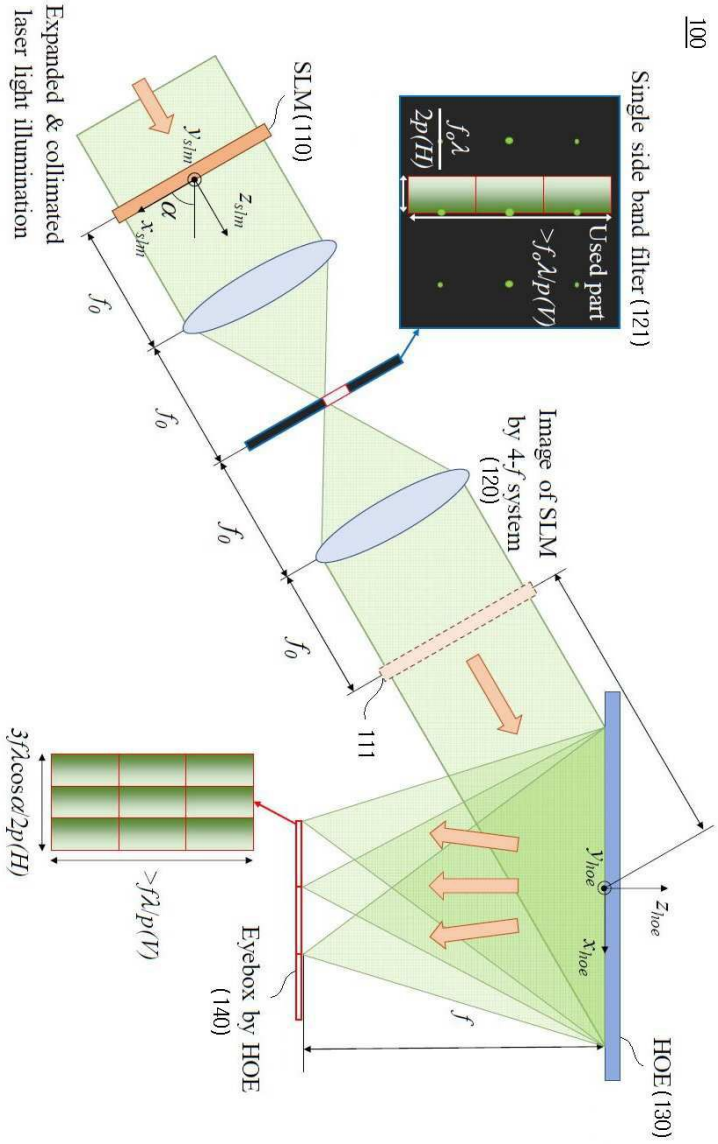
[0063] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

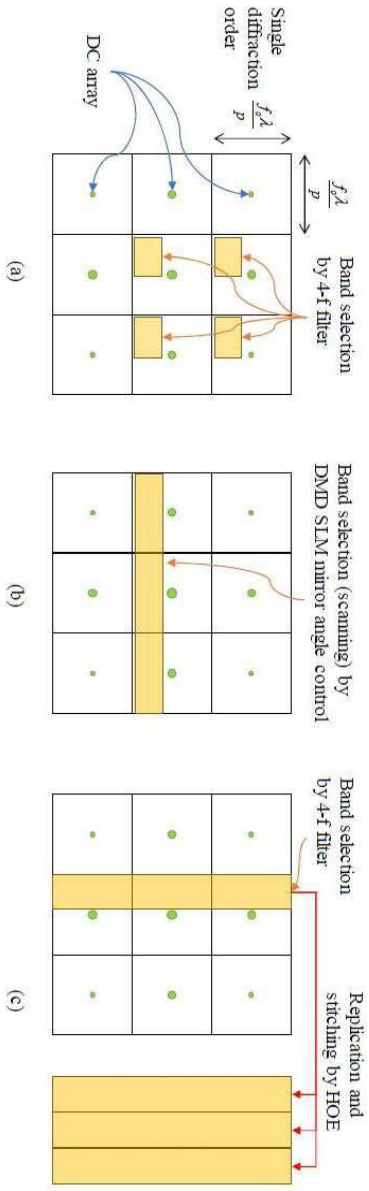
도면1



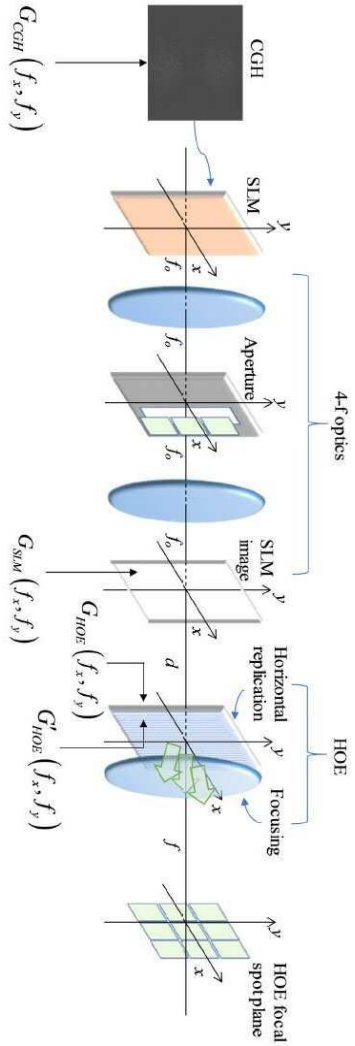
도면2


100
Single side band filter (121)
Used part
$>f_0\lambda/p(V)$
$\frac{f_0\lambda}{2p(H)}$
Image of SLM by 4-f system (120)
SLM (110)
Expanded & collimated laser light illumination
y_{slm}
z_{slm}
x_{slm}
α
f_0
f_0
f_0
f_0
111
y_{hoe}
z_{hoe}
x_{hoe}
f
HOE (130)
Eyebox by HOE (140)
$3f\lambda\cos\alpha/2p(H)$
$>f\lambda/p(V)$

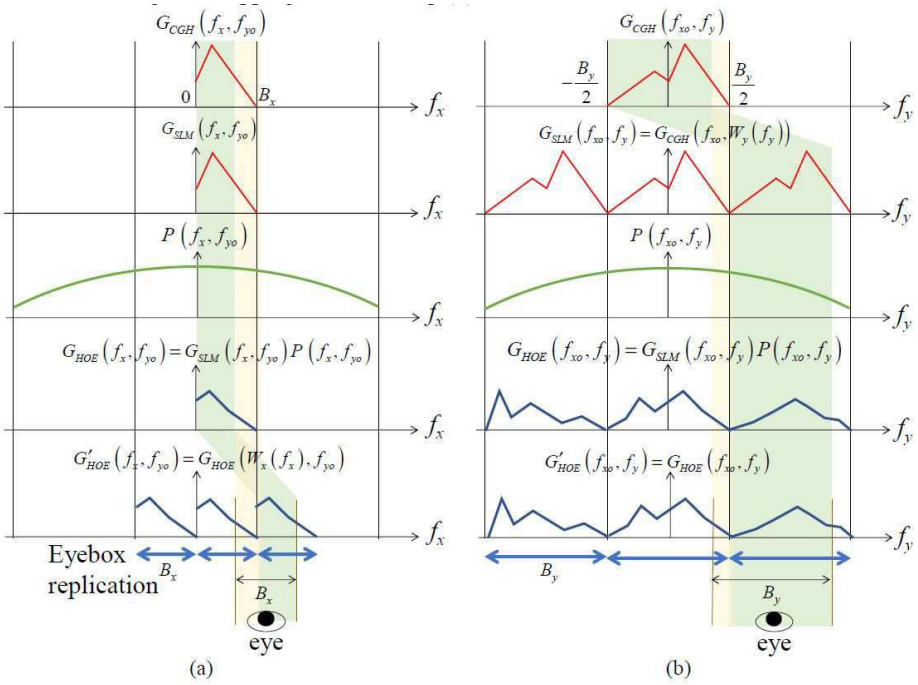
도면3


(a)
DC array
Single diffraction order
$\frac{f_2\lambda}{p}$
$\frac{f_2\lambda}{p}$
Band selection by 4-f filter
(b)
Band selection (scanning) by DMD SLM mirror angle control
(c)
Band selection by 4-f filter
Replication and stitching by HOE

도면4


CGH
SLM
Aperture
4-f optics
SLM image
Horizontal replication
Focusing
HOE
HOE focal spot plane

도면5


$G_{CGH}(f_x, f_{yo})$
0
B_x
f_x
$G_{SLM}(f_x, f_{yo})$
$P(f_x, f_{yo})$
$G_{HOE}(f_x, f_{yo}) = G_{SLM}(f_x, f_{yo}) P(f_x, f_{yo})$
$G'_{HOE}(f_x, f_{yo}) = G_{HOE}(W_x(f_x), f_{yo})$
Eyebox replication
B_x
eye
(a)
$G_{CGH}(f_{xo}, f_y)$
$-\frac{B_y}{2}$
$\frac{B_y}{2}$
f_y
$G_{SLM}(f_{xo}, f_y) = G_{CGH}(f_{xo}, W_y(f_y))$
$P(f_{xo}, f_y)$
$G_{HOE}(f_{xo}, f_y) = G_{SLM}(f_{xo}, f_y) P(f_{xo}, f_y)$
$G'_{HOE}(f_{xo}, f_y) = G_{HOE}(f_{xo}, f_y)$
B_y
eye
(b)