



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월23일
(11) 등록번호 10-2546710
(24) 등록일자 2023년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03H 1/26 (2006.01) G03H 1/02 (2006.01)
G03H 1/12 (2006.01) G03H 1/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03H 1/2645 (2013.01)
G03H 1/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0075794
(22) 출원일자 2020년06월22일
심사청구일자 2020년11월12일
(65) 공개번호 10-2021-0001974
(43) 공개일자 2021년01월06일
(30) 우선권주장
1020190076595 2019년06월26일 대한민국(KR)
1020190083427 2019년07월10일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR100555807 B1*
KR1020150033501 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
(72) 발명자
채병규
대전광역시 유성구 상대남로 26 트리폴시티아파트
904동 1202호
(74) 대리인
특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 18 항

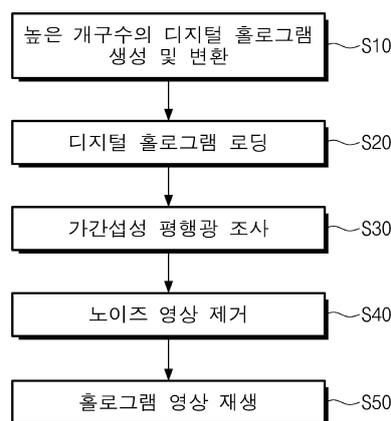
심사관 : 이정호

(54) 발명의 명칭 디지털 홀로그램 표시 장치 및 디지털 홀로그램 영상 재생 방법

(57) 요약

본 발명은 디지털 홀로그램을 생성 및 변환하는 것, 상기 디지털 홀로그램을 공간광변조기에 기록하는 것, 상기 공간광변조기에 가간섭성 평행광을 조사하는 것, 에일리언싱 노이즈 영상을 제거하는 것, 및 상기 공간광변조기에 의해 재생되는 재생 영상을 구현하는 것을 포함하는 디지털 홀로그램 영상 재생 방법 및 디지털 홀로그램 표시 장치를 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G03H 1/22 (2013.01)

G03H 2001/0224 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711065525
과제번호	2017-0-00049
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기술진흥센터(IITP)
연구사업명	ETRI연구개발지원사업
연구과제명	고품질 생체정보 획득 분석을 위한 단층 이미징 및 인식 센서 기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국전자통신연구원(ETRI)
연구기간	2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

디지털 홀로그램을 생성 및 변환하는 것;
 상기 디지털 홀로그램을 공간광변조기에 기록하는 것;
 상기 공간광변조기에 가간섭성 평행광을 조사하는 것;
 노이즈 영상 제거부에서 에일리어싱 노이즈 영상을 제거하는 것; 및
 상기 공간광변조기에 의해 재생되는 재생 영상을 구현하는 것을 포함하고,
 상기 노이즈 영상 제거부는 이진 진폭 마스크(binary amplitude mask)이고,
 상기 이진 진폭 마스크는 랜덤 분포를 가지는 디지털 홀로그램의 표시 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 디지털 홀로그램을 생성 및 변환하는 것은 상기 공간광변조기에 기록되는 상기 디지털 홀로그램을 계산하는 것(calculating)을 포함하고,
 상기 계산(calculating)은 레일리-쑤머펠트 공식의 리만 적분(Riemann integral of Rayleigh-Sommerfeld formula), 푸리에 변환 기반 프레넬 공식(Fresnel formula based on Fourier transformation) 또는 푸리에 홀로그램 생성공식(Fourier hologram synthesis formula)을 이용하는 디지털 홀로그램의 표시 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 계산은 프레넬 공식의 푸리에 변환(Fourier transformation of Fresnel formula)을 이용하고,
 상기 디지털 홀로그램을 생성 및 변환하는 것은 다운샘플링(down-sampling)을 수행하는 것을 더 포함하는 디지털 홀로그램의 표시 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 상기 디지털 홀로그램을 생성 및 변환하는 것은 나이퀴스트-샤논 샘플링 정리(Nyquist-Shannon sampling theorem)를 만족하도록 수행되는 디지털 홀로그램의 표시 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
 상기 디지털 홀로그램을 생성 및 변환하는 것은 상기 나이퀴스트-샤논 샘플링 정리를 만족하면서 객체 샘플링 간격을 줄이는 것을 통해 수행되고,
 상기 객체 샘플링 간격을 줄이는 것을 통해 상기 재생 영상의 크기를 증가시키는 디지털 홀로그램의 표시 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 상기 공간광변조기가 상기 가간섭성 평행광을 복소 진폭 변조(complex-amplitude modulation) 방식, 진폭 변조

(amplitude modulation) 방식 또는 위상 변조(phase modulation) 방식으로 변조하는 것을 더 포함하는 디지털 홀로그래프의 표시 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 공간광변조기 상에 노이즈 영상 제거부가 제공되고,

상기 노이즈 영상 제거부는 상기 에일리어싱 노이즈 영상을 제거하도록 구성되는 서브 픽셀들을 포함하고,

상기 에일리어싱 노이즈 영상을 제거하는 것은 상기 서브 픽셀들을 통해 고차 회절 성분을 제거하는 것을 통해 수행되는 디지털 홀로그래프의 표시 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 공간광변조기는 비주기적 픽셀 구조를 갖고,

상기 에일리어싱 노이즈 영상을 제거하는 것은 상기 공간광변조기에 의해 수행되는 디지털 홀로그래프의 표시 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 재생 영상의 시야각은 10 도 내지 90 도인 디지털 홀로그래프의 표시 방법.

청구항 10

디지털 홀로그래프를 생성 및 변환하도록 구성되는 디지털 홀로그래프 생성/변환부;

가간섭성 평행광을 생성하도록 구성되는 백라이트 유닛;

상기 디지털 홀로그래프를 전기적 신호로 기록하고 재생하도록 구성되는 복수의 픽셀들을 포함하는 공간광변조기;

상기 공간광변조기 상에 제공되며, 에일리어싱 노이즈 영상을 제거하도록 구성되는 서브 픽셀들을 포함하는 노이즈 영상 제거부; 및

상기 공간광변조기에 의해 재생되는 재생 영상(reconstruction image)을 구현하도록 구성되는 출력 광학계를 포함하되,

상기 백라이트 유닛으로부터 생성되는 상기 가간섭성 평행광은 상기 공간광변조기에 조사되고,

상기 노이즈 영상 제거부는 이진 진폭 마스크(binary amplitude mask)이고,

상기 이진 진폭 마스크는 랜덤 분포를 가지는 디지털 홀로그래프 표시 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 백라이트 유닛은 적색, 녹색 및 청색 레이저들 또는 적색, 녹색 및 청색 발광 다이오드들을 포함하는 디지털 홀로그래프 표시 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 디지털 홀로그래프 생성/변환부는 나이퀴스트-샤논 샘플링 정리(Nyquist-Shannon sampling theorem)를 만족하도록 상기 디지털 홀로그래프를 생성 및 변환하는 디지털 홀로그래프 표시 장치.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 디지털 홀로그램은 프레넬 회절 영역(Fresnel diffraction regime) 또는 레일리-쑤머펠트 회절 영역(Rayleigh-Sommerfeld diffraction regime)에서 생성되는 디지털 홀로그램 표시 장치.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 픽셀들 및 상기 서브 픽셀들은 정방형(square) 형상, 장방형(rectangular) 형상, 다각형(polygonal) 형상 및/또는 불규칙한 형상을 갖고,

상기 서브 픽셀들의 제2 피치는 상기 픽셀들의 제1 피치보다 작거나 같은 디지털 홀로그램 표시 장치.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 공간광변조기는 상기 가간섭성 평행광을 복소 진폭 변조(complex-amplitude modulation) 방식, 진폭 변조(amplitude modulation) 방식 또는 위상 변조(phase modulation) 방식으로 변조하도록 구성되는 디지털 홀로그램 표시 장치.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

제 10 항에 있어서,

상기 노이즈 영상 제거부는 이격 거리 없이 상기 공간광변조기에 부착되는 디지털 홀로그램 표시 장치.

청구항 19

제 10 항에 있어서,

상기 노이즈 영상 제거부와 상기 출력 광학계 사이에 제공되는 푸리에 렌즈를 포함하는 디지털 홀로그램 표시 장치.

청구항 20

제 10 항에 있어서,

상기 재생 영상의 시야각은 10 도 내지 90 도인 디지털 홀로그램 표시 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 디지털 홀로그램 표시 장치 및 이를 이용한 디지털 홀로그램 영상 재생 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 개구수가 큰 디지털 홀로그램을 이용하여 시야각을 확대시킨 디지털 홀로그램 표시 장치 및 이를 이용한 디지털 홀로그램 영상 재생 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 홀로그램 표시 장치(또는 홀로그래픽 디스플레이)는 2차원 디지털 홀로그램 정보를 가지고 3차원 입체영상을 공간적으로 재생하는 영상 기기이다. 하지만 현재 기술로는 충분한 크기의 입체영상을 광 시야각(wide viewing-angle)으로 재생하기에는 매우 어렵다. 홀로그램 입체영상을 넓은 시야각으로 재생하기 위해서는 마이크로미터 이하의 픽셀 크기를 가진 공간광변조기(spatial light modulator; SLM)가 필요하다. 현재 홀로그램 표시소자로

사용되고 있는 디스플레이 패널은 약 1~2도 이내의 시야각을 확보할 수 있는 정도에 그치고 있으며, 향후 마이크로미터 이하의 픽셀 크기를 갖는 공간광변조기를 개발하더라도 현실적인 재생 영상 크기를 확보하기 위해서는 방대한 양의 홀로그램 데이터를 처리하여야 하는 한계가 있다. 그러므로, 고 분해능 홀로그램 표시소자를 개발하거나, 기존 공간광변조기를 공간적 또는 시간적으로 다중화하는 기술로는 홀로그래픽 디스플레이를 실현화 하기에는 여전히 어렵다.

[0003] 따라서, 홀로그래픽 디스플레이 상용화를 위해서 현재 데이터 처리 기술로도 홀로그램 영상 데이터를 효율적으로 다룰 수 있으면서, 홀로그램 재생 영상의 시야각을 증대시킬 수 있는 홀로그램 표시 장치의 개발이 연구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 일 기술적 과제는 시야각이 확대된 디지털 홀로그램 표시 장치 및 이를 이용한 디지털 홀로그램 영상 재생 방법을 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 기술적 과제들을 해결하기 위하여 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 영상 재생 방법은 디지털 홀로그램을 생성 및 변환하는 것, 상기 디지털 홀로그램을 공간광변조기에 기록하는 것, 상기 공간광변조기에 가간섭성 평행광을 조사하는 것, 에일리어링 노이즈 영상을 제거하는 것, 및 상기 공간광변조기에 의해 재생되는 재생 영상을 구현하는 것을 포함할 수 있다.

[0007] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치는 디지털 홀로그램을 생성 및 변환하도록 구성되는 디지털 홀로그램 생성/변환부, 가간섭성 평행광을 생성하도록 구성되는 백라이트 유닛, 상기 디지털 홀로그램을 전기적 신호로 기록하고 재생하도록 구성되는 복수의 픽셀들을 포함하는 공간광변조기, 상기 공간광변조기 상에 제공되며, 에일리어링 노이즈 영상을 제거하도록 구성되는 서브 픽셀들을 포함하는 노이즈 영상 제거부, 및 상기 공간광변조기에 의해 재생되는 재생 영상(reconstruction image)을 구현하도록 구성되는 출력 광학계를 포함 하되, 상기 백라이트 유닛으로부터 생성되는 상기 가간섭성 평행광은 상기 공간광변조기에 조사될 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치는 개선된 화질 및 충분한 크기로 시야각이 확대된 디지털 홀로그램을 표시할 수 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 영상 재생 방법은 시야각을 확대하면서 영상의 크기를 줄이지 않고 노이즈 영상을 억제할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 설명하기 위한 블럭도이다.
 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 설명하기 위한 개략도이다.
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용한 디지털 홀로그램 영상 재생 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용하여 생성된 디지털 홀로그램을 설명하기 위한 개념도이다.
 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치에서 재생 거리(reconstruction distance)와 시야각(viewing angle) 사이의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.
 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용하여 생성된 디지털 홀로그램을 설명하기 위한 개념도이다.

도 7a는 수치 해석적으로 재생한 영상을 설명하기 위한 도면이고, 도 7b는 업샘플링을 통해 재생한 영상을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용하여 디지털 홀로그램 영상을 재생하는 것을 설명하기 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명의 구성 및 효과를 충분히 이해하기 위하여, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.
- [0012] 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라, 여러 가지 형태로 구현될 수 있고 다양한 수정 및 변경을 가할 수 있다. 단지, 본 실시예의 설명을 통해 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다. 첨부된 도면에서 구성 요소들은 설명의 편의를 위하여 그 크기가 실제보다 확대하여 도시한 것이며, 각 구성 요소의 비율은 과장되거나 축소될 수 있다.
- [0013] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예를 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 또한 본 명세서에서 사용되는 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 통상적으로 알려진 의미로 해석될 수 있다.
- [0014] 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 ‘포함한다(comprises)’ 및/또는 ‘포함하는(comprising)’은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0015] 본 명세서에서 어떤 층이 다른 층 '상(上)에' 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 층 상면에 직접 형성되거나 그들 사이에 제 3의 층이 개재될 수도 있다.
- [0016] 본 명세서에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 영역, 층 등을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 영역, 층이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 소정 영역 또는 층을 다른 영역 또는 층과 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 따라서, 어느 한 실시예에서 제1 부분으로 언급된 부분이 다른 실시예에서는 제2 부분으로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예는 그것의 상보적인 실시예도 포함한다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [0017] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치 및 이를 이용한 디지털 홀로그램 영상 재생 방법에 대하여 상세히 설명한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 설명하기 위한 블록도이다. 도 2a는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 설명하기 위한 개략도이다.
- [0020] 도 1 및 도 2a를 참조하면, 본 발명에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치는 디지털 홀로그램 생성/변환부(10), 백라이트 유닛(20), 공간광변조기(30), 노이즈 영상 제거부(40), 및 출력 광학계(50)를 포함할 수 있다.
- [0021] 디지털 홀로그램 생성/변환부(10)는 높은 개구수(numerical aperture, NA)의 디지털 홀로그램을 생성 및 변환하도록 구성될 수 있다. 디지털 홀로그램 생성/변환부(10)는 객체(Object)로부터 호이겐스-프레넬 원리(Huygens-Fresnel principle)에 따라 디지털 홀로그램을 생성할 수 있다. 디지털 홀로그램은 프레넬 회절 영역(Fresnel diffraction regime) 또는 레일리-쑤머펠트 회절 영역(Rayleigh-Sommerfeld diffraction regime)에서 생성될 수 있다.
- [0022] 디지털 홀로그램 생성/변환부(10)에 의한 디지털 홀로그램의 생성 및 변환은 공간광변조기(30)에 기록되는 디지털 홀로그램을 계산하는 것을 포함할 수 있다. 디지털 홀로그램 생성/변환부(10)에 의해 생성 및 변환된 홀로그램은 프레넬 홀로그램(Fresnel hologram)으로 명명될 수 있다. 디지털 홀로그램을 계산하는 것은, 일 예로, 객체 면(object plane)과 홀로그램 면(hologram plane)의 픽셀 크기 및 픽셀 수를 임의로 정하여 계산하는 레일리-쑤머펠트 공식의 리만 적분(Riemann integral of Rayleigh-Sommerfeld formula)을 이용할 수 있다. 디지털 홀로그램을 계산하는 것은, 다른 일 예로, 푸리에 변환 기반 프레넬 공식(Fresnel formula based on Fourier transformation)을 이용할 수 있다. 푸리에 변환 기반 프레넬 공식을 이용하는 경우, 다른 방법을 이용하는 경우보다 고속의 계산이 가능할 수 있다. 푸리에 변환 기반 프레넬 공식은 동일한 픽셀 수를 갖는 객체 면과 홀로그램 면에 대하여 계산될 수 있다. 푸리에 변환 기반 프레넬 공식을 이용하는 경우, 계산 이후 다운샘플링

(down-sampling)이 더 수행될 수 있다. 예를 들어, 512×512 크기의 객체로부터 512×512 크기의 디지털 홀로그램을 생성한 후 256×256 크기로 다운샘플링하여 공간광변조기(30)의 크기에 맞는 디지털 홀로그램을 생성할 수 있다.

- [0023] 디지털 홀로그램 생성/변환부(10)는 디지털 영상처리 샘플링을 이용하며, 나이퀴스트-샤논 샘플링 정리(Nyquist-Shannon sampling theorem)를 만족하도록 디지털 홀로그램을 생성 및 변환할 수 있다. 나이퀴스트-샤논 샘플링 정리는 신호의 샘플링 시에 에일리어싱(aliasing)이 발생하지 않도록 신호의 최대 주파수의 2배 이상의 샘플링 레이트로 샘플링이 수행되어야 한다는 정리이다. 에일리어싱이란 신호 등을 이산적으로 얻을 때 생기는 파형 일그러짐 현상을 의미한다.
- [0024] 백라이트 유닛(20)은 복수의 레이저들 중 적어도 하나 또는 복수의 다이오드들 중 적어도 하나를 이용하며, 가간섭성 평행광(coherent parallel light)(CL)을 생성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 백라이트 유닛(20)은 적색, 녹색 및 청색 레이저들을 포함할 수 있다. 다른 예를 들어, 백라이트 유닛(20)은 적색, 녹색 및 청색 발광 다이오드들을 포함할 수 있다. 백라이트 유닛(20)은 생성된 가간섭성 평행광(CL)을 공간광변조기(30)에 조사할 수 있다.
- [0025] 공간광변조기(30)는 디지털 홀로그램을 전기적 신호로 기록하고 재생하도록 구성되는 복수의 픽셀들을 포함하는 2차원 픽셀 어레이 구조를 가질 수 있다. 공간광변조기(30)의 픽셀들은 제1 피치(P30)를 가질 수 있다. 예를 들어, 공간광변조기(30)의 픽셀들 각각은 정방형(square) 형상을 가질 수 있다. 다만, 이는 예시적인 것일 뿐 본 발명은 이에 제한되지 않으며, 공간광변조기(30)의 픽셀들 각각은 장방형(rectangular) 형상, 다각형(polygonal) 형상 및/또는 불규칙한 형상을 가질 수 있다.
- [0026] 예를 들어, 공간광변조기(30)의 픽셀들이 불규칙한 형상 및 불규칙한 피치를 갖는 경우, 공간광변조기(30) 상의 노이즈 영상 제거부(40)가 제공되지 않을 수 있고, 공간광변조기(30)가 노이즈 영상을 제거할 수 있다. 즉, 공간광변조기(30)가 비주기적 픽셀 구조를 갖는 경우, 공간광변조기(30)가 자체적으로 고차 회절항을 억제하여 노이즈 영상 제거를 수행할 수 있다.
- [0027] 예를 들어, 공간광변조기(30)는 LCD(liquid crystal display), LCoS(liquid crystal on silicon) 및/또는 DMD(digital micro-mirror device)를 포함할 수 있다. 공간광변조기(30)는 백라이트 유닛(20)으로부터 조사되는 가간섭성 평행광(CL)을 복소 진폭 변조(complex-amplitude modulation) 방식으로 변조할 수 있다. 다만, 본 발명은 이에 제한되지 않으며 공간광변조기(30)는 가간섭성 평행광(CL)을 진폭 변조(amplitude modulation) 방식 또는 위상 변조(phase modulation) 방식으로 변조할 수 있다. 공간광변조기(30)는 백라이트 유닛(20)과 서로 이격될 수 있다.
- [0028] 공간광변조기(30) 상에 노이즈 영상 제거부(40)가 제공될 수 있다. 노이즈 영상 제거부(40)는 이격 거리 없이 공간광변조기(30)에 부착될 수 있다. 노이즈 영상 제거부(40)는 에일리어싱 제거 필터일 수 있다. 고차 회절항으로부터 발생하는 에일리어싱 노이즈 영상은 2차원 픽셀 어레이 구조를 갖는 공간광변조기(30)의 주기성 및 공간광변조기(30)의 낮은 샘플링 레이트(sampling rate)로부터 발생할 수 있다.
- [0029] 노이즈 영상 제거부(40)는 랜덤 분포를 갖는 이진 진폭 마스크(binary amplitude mask)일 수 있다. 노이즈 영상 제거부(40)는 서브 픽셀들을 포함하는 2차원 픽셀 어레이 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 노이즈 영상 제거부(40)의 서브 픽셀들 각각은 광을 투과시키는 개구 영역 및 개구 영역 주변의 경계 영역을 포함할 수 있다. 경계 영역은 광을 투과시키지 않을 수 있다. 노이즈 영상 제거부(40)의 서브 픽셀들은 제2 피치(P40)를 가질 수 있다. 제2 피치(P40)는 공간광변조기(30)의 픽셀들의 제1 피치(P30)보다 작거나 같을 수 있다. 예를 들어, 노이즈 영상 제거부(40)의 서브 픽셀들 각각은 정방형(square) 형상을 가질 수 있다. 다만, 이는 예시적인 것일 뿐 본 발명은 이에 제한되지 않으며, 노이즈 영상 제거부(40)의 서브 픽셀들 각각은 장방형(rectangular) 형상, 원형(circular) 형상, 다각형(polygonal) 형상 및/또는 불규칙한 형상을 가질 수 있다.
- [0030] 노이즈 영상 제거부(40)는 고차 회절항들(high-order diffraction terms)을 억제하여 에일리어싱 노이즈 영상을 제거하도록 구성될 수 있다.
- [0031] 출력 광학계(50)는 비 회절 영상(non-diffracted image) 및 이중상(twin image)을 제거하고, 적절한 거리에서 재생 영상(reconstructed image)(RI)을 구현하도록 구성될 수 있다. 재생 영상(RI)이 구현되는 거리는 공간광변조기(30)로부터 재생 영상(RI)까지의 거리로 정의될 수 있다.
- [0032] 본 발명에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 통해서 시청자(V)는 넓은 시야각(wide viewing angle)(Ω)으로 충분한 크기의 재생 영상(RI)을 볼 수 있다. 시야각(Ω)은 약 10도 이상, 바람직하게는 약 30도 이상일 수 있다.

시야각(Ω)은, 예를 들어, 약 10도 내지 약 90도일 수 있다. 예를 들어, 재생 영상(RI)의 크기는 공간광변조기(30)의 크기보다 크거나 같을 수 있다.

- [0034] 도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 설명하기 위한 개략도이다.
- [0035] 도 1 및 도 2b를 참조하면, 본 발명에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치는 노이즈 영상 제거부(40)와 출력 광학계(50) 사이에 제공되는 푸리에 렌즈(FL)를 더 포함할 수 있다.
- [0036] 푸리에 렌즈(FL)를 포함하는 디지털 홀로그램 표시 장치에서, 디지털 홀로그램 생성/변환부(10)가 디지털 홀로그램을 계산하는 것은 푸리에 홀로그램 생성 공식(Fourier hologram synthesis formula)을 이용할 수 있다. 디지털 홀로그램 생성/변환부(10)에 의해 생성 및 변환된 홀로그램은 푸리에 홀로그램(Fourier hologram)으로 명명될 수 있다.
- [0038] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용한 디지털 홀로그램 영상 재생 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0039] 도 1, 도 2a 및 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용한 디지털 홀로그램 영상 재생 방법은 디지털 홀로그램 생성/변환부(10)에서 높은 개구수의 디지털 홀로그램을 생성 및/또는 변환하는 단계(S10), 공간광변조기(30)에 디지털 홀로그램을 기록하는 단계(S20), 백라이트 유닛(20)으로부터 공간광변조기(30)로 가간섭성 평행광(CL)을 조사하는 단계(S30), 공간광변조기(30) 상에 제공되는 노이즈 영상 제거부(40)를 통해 에일리어싱 노이즈 영상을 제거하는 단계(S40), 및 출력 광학계(50)를 통해 홀로그램 영상을 재생하는 단계(S50)를 포함할 수 있다. 출력 광학계(50)를 통해 홀로그램 영상을 재생하는 단계(S50)는 공간광변조기(30)에 의해 재생되는 재생 영상을 구현하는 것일 수 있다.
- [0040] 다만, 본 발명은 이에 제한되지 않으며 에일리어싱 노이즈 영상을 제거하는 단계(S40)는 공간광변조기(30)에 의해 수행될 수 있다. 이때, 본 발명에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치는 공간광변조기(30) 상의 노이즈 영상 제거부(40)를 포함하지 않을 수 있다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용하여 생성된 디지털 홀로그램을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0043] 도 4를 참조하여 개구수의 변화에 따른 재생된(reconstructed) 영상의 크기와 시야각의 변화를 설명한다. 재생 영상은, 일 예시로, 2차원의 'HOLO' 글자를 포함한다. 재생 영상의 분해능은 홀로그램 표시 장치의 개구수에 의존한다. 하기 [수학식 1]은 아베 기준(Abbe criterion)을 따르는 영상 분해능(R_{Abbe})과 개구수(NA)의 관계를 설명한다. λ 는 조사되는 가간섭성 평행광의 파장이다.

수학식 1

[0044]
$$NA = \lambda/2R_{Abbe}$$

[0045] 하기 [수학식 2]는 개구수(NA)와 재생 영상의 시야각(Ω_{NA})의 관계를 설명한다. N은 공간광변조기(30)의 u축 방향 픽셀 수이고, p는 픽셀의 크기이고, z는 공간광변조기(30)와 재생 영상 사이의 거리이다.

수학식 2

[0046]
$$\Omega_{NA} = 2 \sin^{-1}(NA) = 2 \sin^{-1}(\lambda/2R_{Abbe}) = 2 \sin^{-1}(Np/2z)$$

[0047] [수학식 2]는 편의상 1차원(u축)에 대해 표현한 것이나, 2차원(u축 및 v축이 이루는 평면)으로 확장할 수 있다. 또한, [수학식 2]는 프레넬 회절 영역에 대한 수식이나, 레일리-쑤머펠트 회절 영역으로 확장할 수 있다.

[0048] [수학식 2]를 참조하면, 개구수(NA)가 클수록 시야각(Ω_{NA})이 클 수 있다. 즉, 재생 거리가 작을수록 큰 시야각(Ω_{NA})으로 영상을 재생할 수 있다. 재생 거리(z)는 공간광변조기(30)와 재생 영상 사이의 거리로 정의된다.

[0049] 도 4의 제1 영상(401), 제2 영상(403) 및 제3 영상(405)은 각각 공간광변조기(30)로부터 제1 거리(d1), 제2 거

리(d2) 및 제3 거리(d3)에 위치할 수 있고, 각각 제1 시야각(Ω_1), 제2 시야각(Ω_2) 및 제3 시야각(Ω_3)으로 재생될 수 있다. 공간광변조기(30)로부터 제1 거리(d1)에 위치하는 제1 영상(401)의 제1 시야각(Ω_1)은 제2 시야각(Ω_2) 및 제3 시야각(Ω_3)보다 클 수 있다.

[0051] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치에서 재생 거리(reconstruction distance)와 시야각(viewing angle) 사이의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.

[0052] 도 5를 참조하면, 재생 거리가 작을수록 재생 영상의 시야각은 로그 스케일로 증가할 수 있다. 재생 거리에 대한 재생 영상의 시야각을 측정된 결과들(G1)은 수치 해석적으로 시뮬레이션한 결과(G2)와 실질적으로 일치한다. 재생 거리에 대한 재생 영상의 시야각을 측정된 결과들(G1)은, 예를 들어, 약 3도 이상의 시야각이 가능함을 보여준다. 재생 거리에 대한 재생 영상의 시야각을 측정된 결과들(G1)은 최대로 약 50도 이상의 시야각이 가능함을 보여준다.

[0054] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용하여 생성된 디지털 홀로그램을 설명하기 위한 개념도이다.

[0055] 도 6을 참조하면, 재생 거리와 재생 영상의 크기의 관계는 하기 [수학식 3]으로 표현되는 나이퀴스트-샤논 샘플링 정리(Nyquist-Shannon sampling theorem)로 설명할 수 있다. u축 및 v축은 디지털 홀로그램이 제공되는 평면을 기술할 수 있고, x축 및 y축은 영상이 재생되는 평면을 기술할 수 있으며, z축은 두 평면 모두와 직교하는 방향일 수 있다.

수학식 3

[0056]
$$\Delta x^{-1} \geq 2 \frac{|x - u|_{\max}}{\lambda \sqrt{(x - u)^2 + z^2}}$$

[0057] 구체적으로, [수학식 3]에서 좌변은 객체 샘플링 간격(Δx)의 역수이고, 우변의 분모는 조사되는 가간섭성 평행광의 파장(λ)과 홀로그램 합성 거리의 곱이며, 우변의 분자는 재생 영상의 최대 크기이다. 우변의 x값은 객체 샘플링 간격(Δx)과 공간광변조기(30, 도 2a 참조)의 u축 방향 픽셀 수(N)의 곱으로 결정된다.

[0058] [수학식 3]에 따라, 좌변이 일정할 때(즉 객체 샘플링 간격(Δx)이 일정할 때) 재생 거리(z)가 작아지면 재생 영상의 최대 크기가 작아질 수 있다. 도 4를 다시 참조하면, 공간광변조기(30)로부터 제1 거리(d1)에 위치하는 제1 영상(401)은 제2 영상(403) 및 제3 영상(405)보다 작은 크기로 재생될 수 있다.

[0059] 이를 해결하기 위해, 홀로그램 합성 거리가 일정할 때 객체 샘플링 간격(Δx)을 줄이면 재생 영상의 최대 크기를 증가시킬 수 있다. 결과적으로, 개구수가 크고 재생 영상의 크기가 큰 디지털 홀로그램을 에일리어싱 없이 생성할 수 있다.

[0060] 도 6을 도 4와 비교하면, 프린지 패턴(601)으로 표현되는 디지털 홀로그램은 z축 방향으로 제1 거리(d1)만큼 이격된 위치에 제4 영상(603)을 재생할 수 있다. 도 6의 제4 영상(603)은 제1 시야각(Ω_1)을 유지할 수 있고, 제4 영상(603)의 크기는 도 4의 제1 영상(401)보다 클 수 있다.

[0061] 'HOL0' 글자 영역(603a)은 제4 영상(603) 내의 일부 영역에 위치할 수 있다. 'HOL0' 글자 영역(603a)은 공간광변조기(30)의 픽셀 크기에 의존하는 회절각(diffraction angle, θ)에 의해 결정되는 영역일 수 있다. 'HOL0' 글자 영역(603a)은 제4 영상(603)의 크기보다 작은 크기를 가질 수 있다.

[0063] 도 7a는 수치 해석적으로 재생한 영상을 설명하기 위한 도면이고, 도 7b는 업샘플링(up-sampling)을 통해 재생한 영상을 설명하기 위한 도면이다.

[0064] 도 7a를 참조하면, 수치 해석적으로 재생한 영상(701)은 고차 회절 성분(701h)을 포함할 수 있다. 수치 해석적으로 재생한 영상(701)의 프로파일에서 고차 회절 성분(701h)은 제1 라인(L1)보다 위에 있는 부분을 의미할 수 있다. 고차 회절 성분(701h)은 재생되는 객체 영상과 중첩될 수 있다. 고차 회절 성분(701h)은 공간광변조기(30, 도 2a 참조)의 픽셀 크기에 의존하는 회절각(θ , 도 6 참조)이 충분히 크지 않아서 발생할 수 있다.

[0065] 반면에, 도 7b를 참조하면, 업샘플링을 통해 재생한 영상(703)은 고차 회절 성분(703h)을 포함할 수 있으나, 도

7a와 비교할 때 고차 회절 성분(703h)이 억제될 수 있다. 업샘플링을 통해 재생한 영상(703)의 프로파일에서 고차 회절 성분(703h)은 제2 라인(L2)보다 위에 있는 부분을 의미할 수 있다. 도 7a와 비교할 때, 고차 회절 성분(703h)이 억제되었음을 프로파일을 통해 확인할 수 있다. 업샘플링은 픽셀 피치가 공간광변조기(30, 도 2a 참조)보다 작은 노이즈 영상 제거부(40, 도 2a 참조)를 통해 수행될 수 있다.

[0066] 다만, 본 발명은 이에 제한되지 않으며 노이즈 영상 제거부(40, 도 2a 참조) 없이 공간광변조기(30, 도 2a 참조)의 변형된 설계 방법으로 고차 회절 성분(701h, 703h)을 억제할 수 있다. 예를 들어, 공간광변조기(30, 도 2a 참조)의 변형된 설계 방법은 비주기적 픽셀 구조를 가질 수 있다.

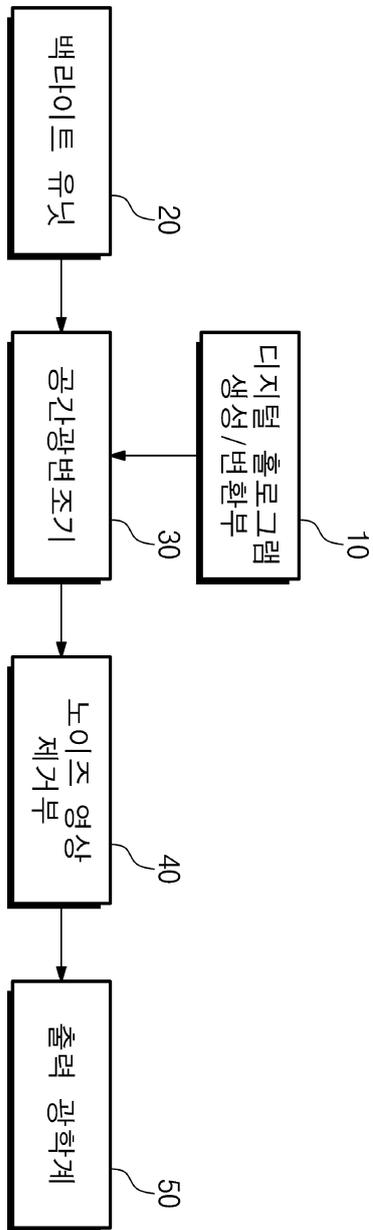
[0068] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 홀로그램 표시 장치를 이용하여 디지털 홀로그램 영상을 재생하는 것을 설명하기 위한 개념도이다.

[0069] 도 8을 참조하면, 디지털 홀로그램(801)은 공간광변조기(30, 도 1 및 도 2a 참조) 및 노이즈 영상 제거부(40, 도 1 및 도 2a 참조)를 통해 재생될 수 있다. 디지털 홀로그램(801)을 통해 재생된 영상(803)은 에일리어싱 없이 개선된 화질을 나타낼 수 있다. 디지털 홀로그램(801)을 통해 재생된 영상(803)은 본 발명을 통해 개선된 화질 및 충분한 크기를 가질 수 있고, 시야각이 확대될 수 있다. 결과적으로, 시청자(V)는 넓은 시야각(Ω)으로 디지털 홀로그램(801)을 통해 충분한 크기의 재생된 영상(803)을 볼 수 있다

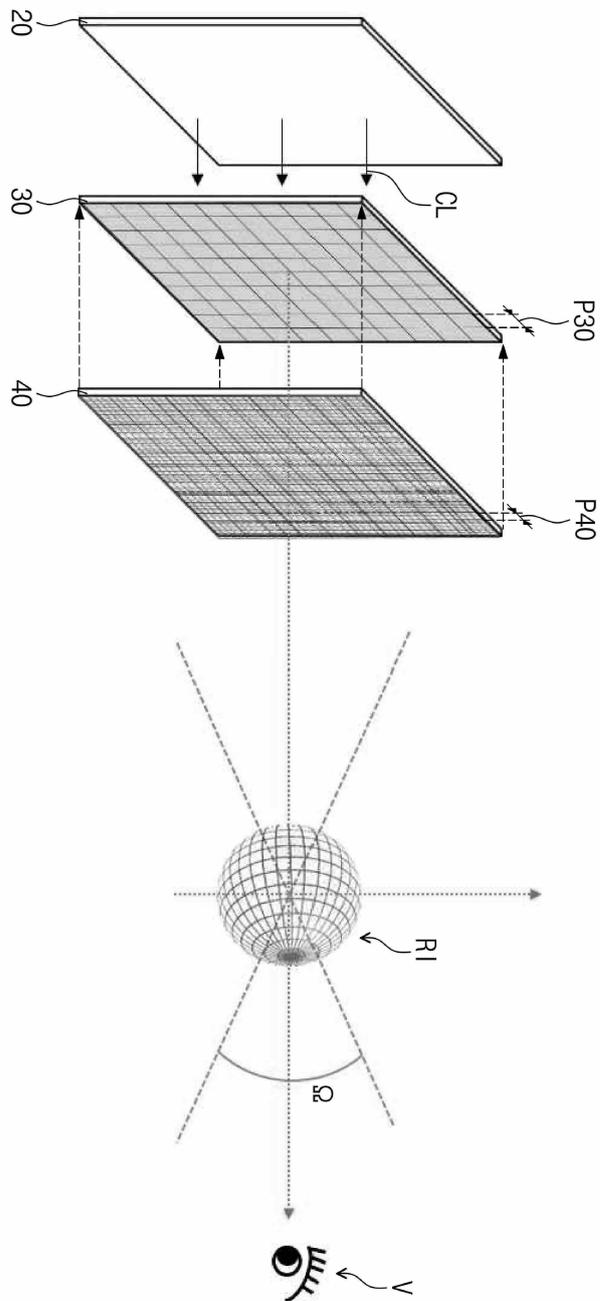
[0071] 이상, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

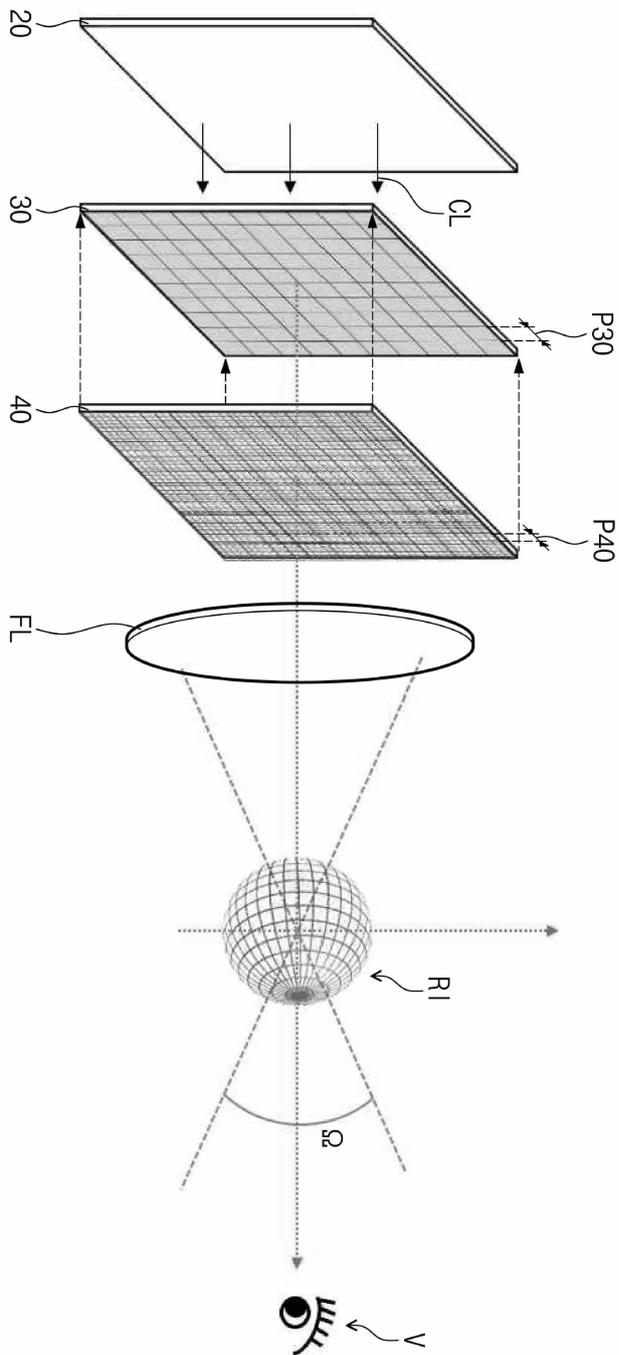
도면1



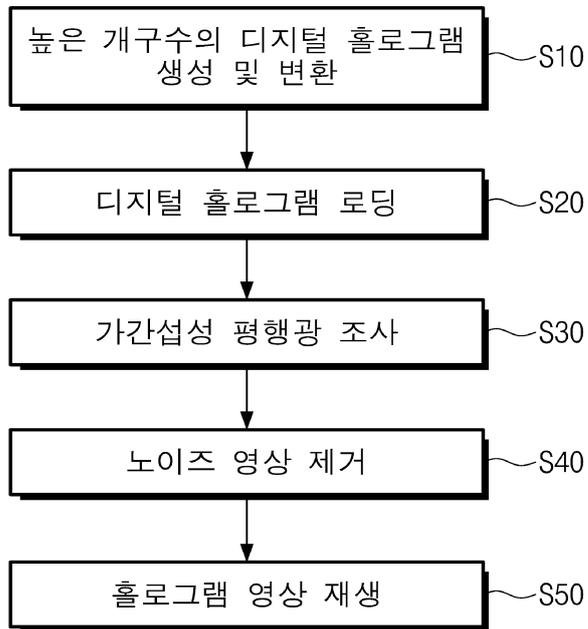
도면2a



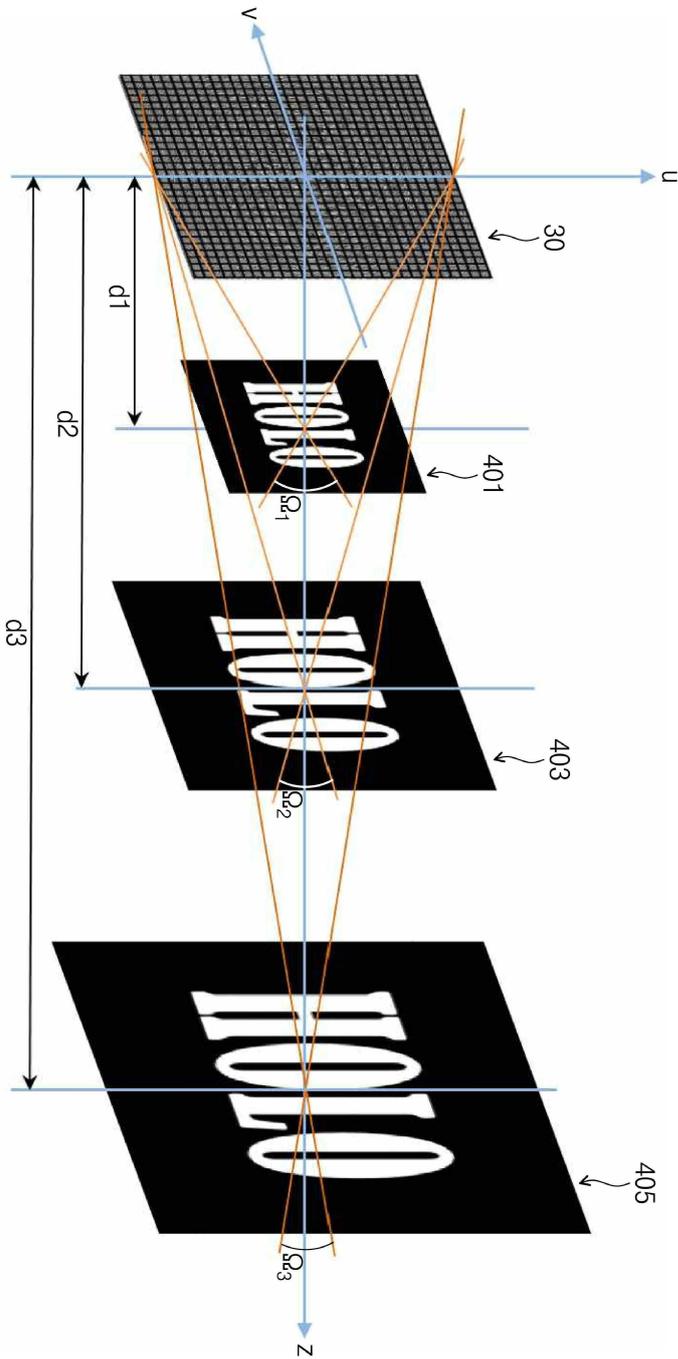
도면2b



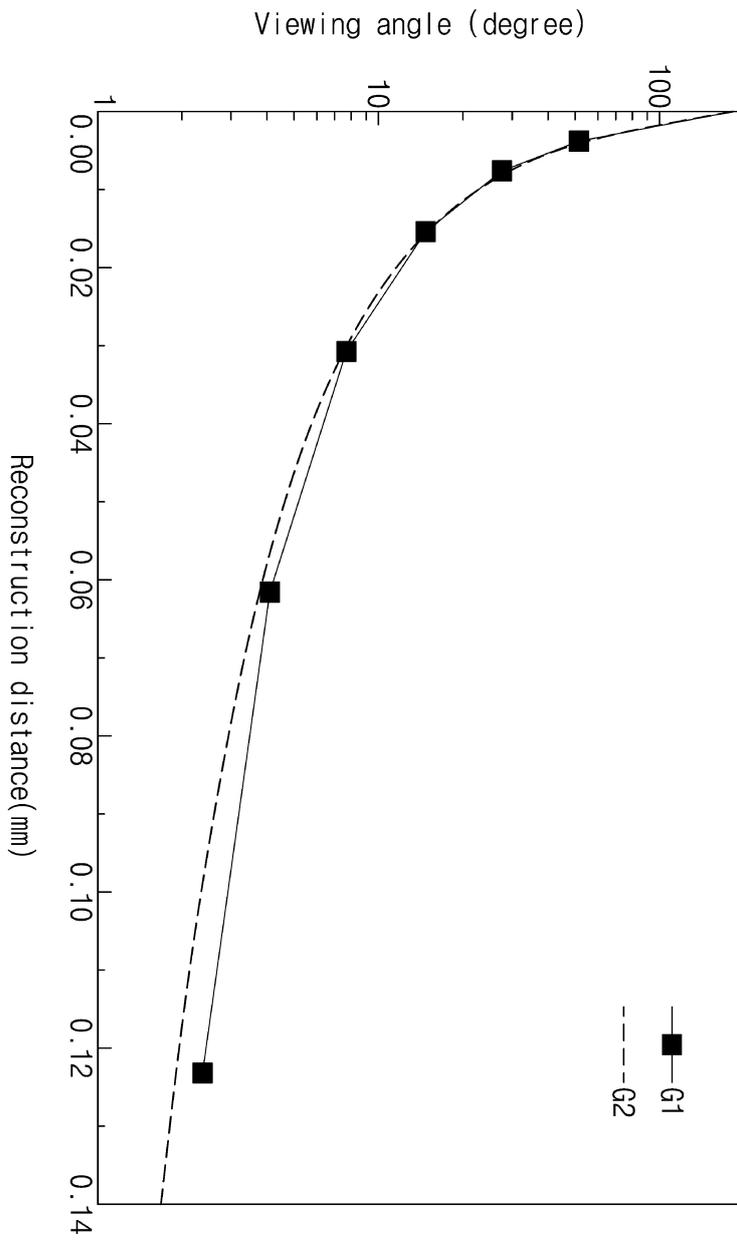
도면3



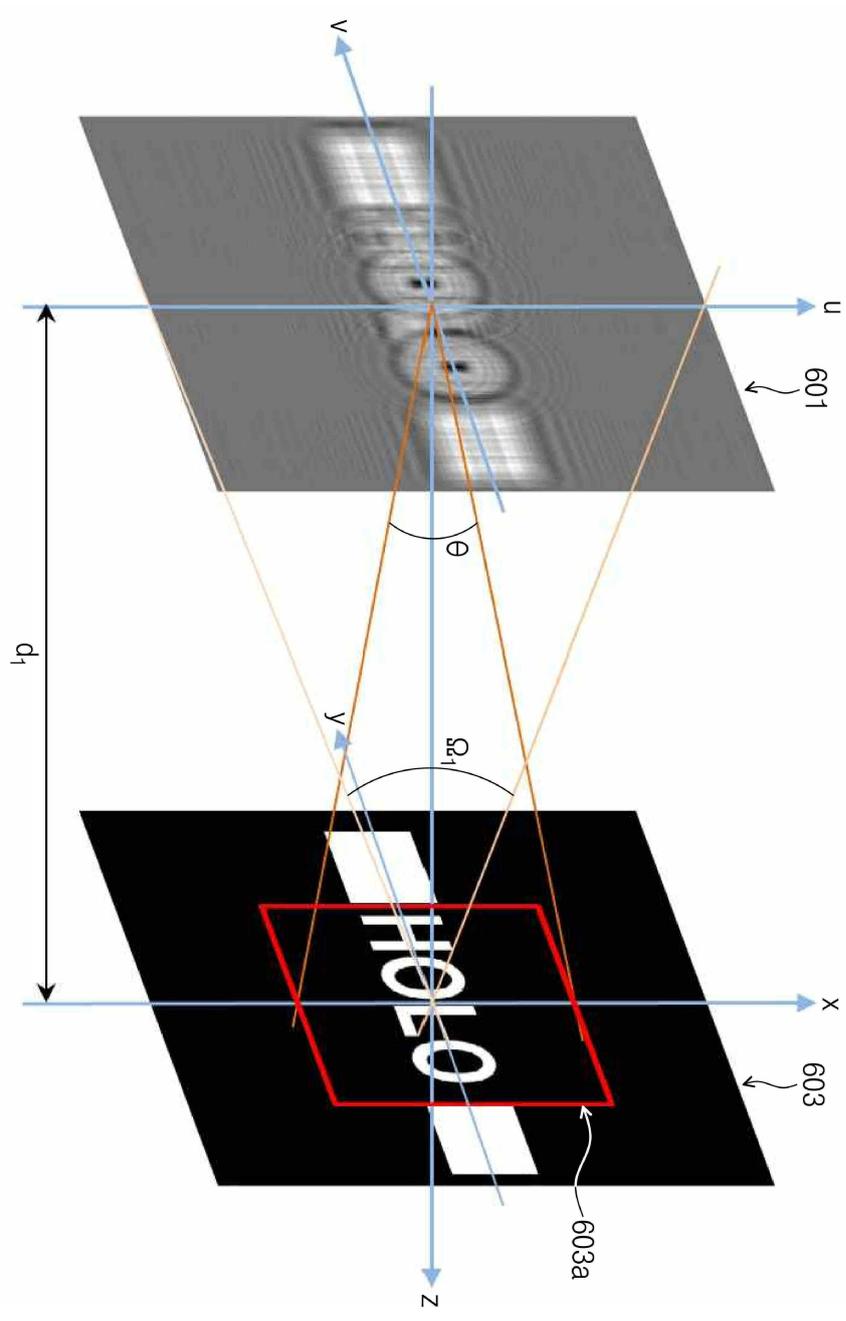
도면4



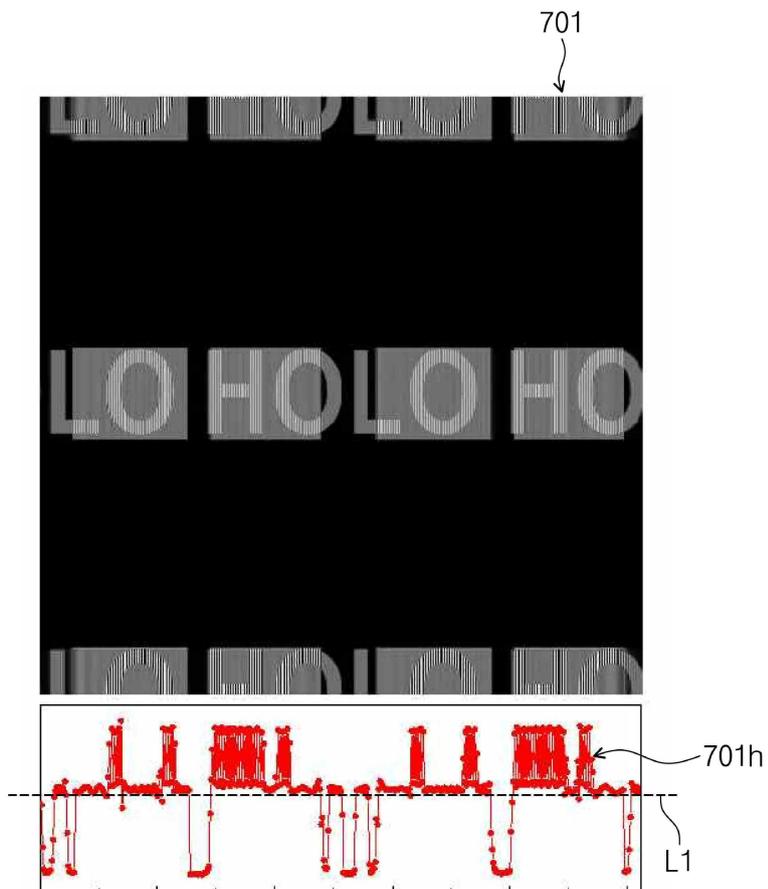
도면5



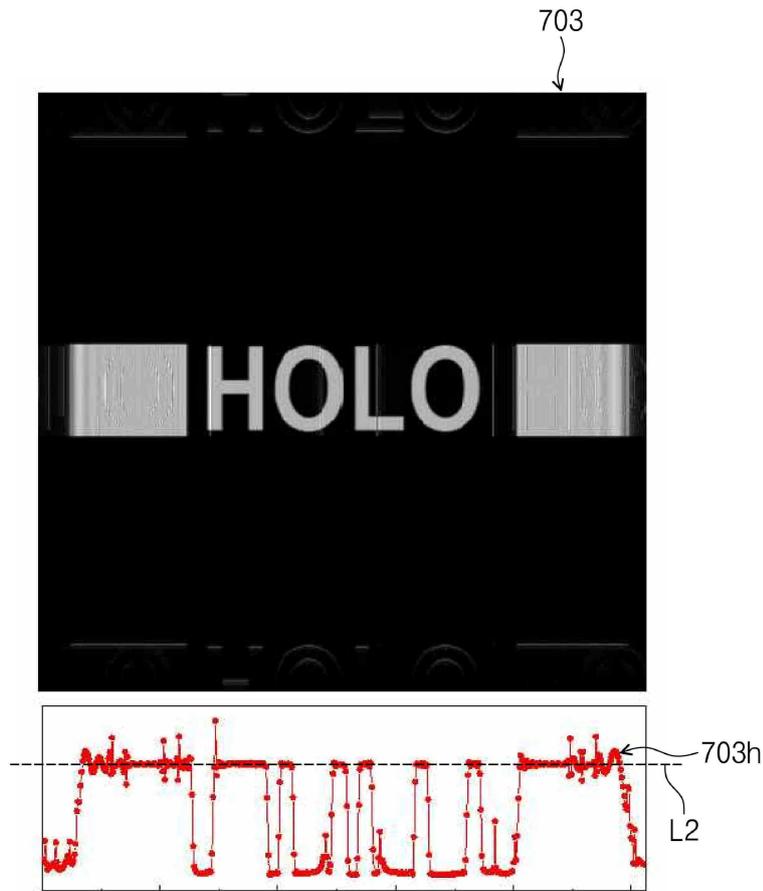
도면6



도면7a



도면7b



도면8

