



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0073783
(43) 공개일자 2024년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03H 1/04 (2006.01) G03F 7/00 (2006.01)
G03H 1/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03H 1/0476 (2013.01)
G03F 7/001 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0158265
(22) 출원일자 2023년11월15일
심사청구일자 2023년11월15일
(30) 우선권주장
1020220155206 2022년11월18일 대한민국(KR)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
이승우
서울특별시 중랑구 숙선옹주로 6-9, 101동 1101
호(묵동, 묵동자이아파트1단지)
임용준
경상북도 포항시 북구 중흥로161번길 27-1(
죽도동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박상열, 최내윤

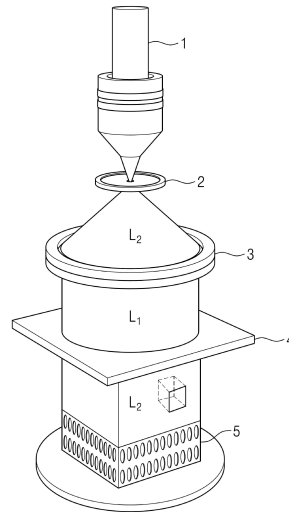
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 광반응성 고분자 조성물을 이용하여 3차원 패턴 구조를 갖는 패턴 구조체를 제조하는 장치 및 방법, 그리고 이에 따라 제조된 패턴 구조체

(57) 요약

광학 소자의 제조 장치가 제공된다. 상기 광학 소자의 제조 장치는, 광을 생성하기 위한 광원, 상기 광원으로부터 상기 광을 제공받아, 상기 광을 편광 및 회절시켜 세기의 공간적 변화가 형성되도록 상기 광을 변조시키는 광 변조 소자, 및 상기 광 변조 소자에 의해 변조된 광이 조사되는 광반응성 고분자 조성물, 및 상기 광반응성 고분자 조성물을 지지하는 기판을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G03H 1/02 (2013.01)

G03H 2260/50 (2013.01)

(30) 우선권주장

1020220155214 2022년11월18일 대한민국(KR)

1020230009891 2023년01월26일 대한민국(KR)

(72) 발명자

김광진

서울특별시 강북구 삼양로165길 7-3, 나동 201호(우이동, 경모빌라)

백동재

서울특별시 강서구 강서로26길 58, A동 301호(화곡동, 한백이타운)

손희주

서울특별시 금천구 금하로 750, 관악우방아파트 104동 701호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1711173853

과제번호

2022M3H4A1A02074314

부처명

과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명

한국연구재단

연구사업명

나노소재기술개발

연구과제명

홀로그램 프린팅 기반 초심해 3D 패턴 인코딩 기술(HOPE)

기 여 율

1/1

과제수행기관명

고려대학교

연구기간

2022.04.21 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

광을 생성하기 위한 광원;

상기 광원으로부터 상기 광을 제공받아, 상기 광을 편광 및 회절시켜 세기의 공간적 변화가 형성되도록 상기 광을 변조시키는 광 변조 소자; 및

상기 광 변조 소자에 의해 변조된 광이 조사되는 광반응성 고분자 조성물, 및 상기 광반응성 고분자 조성물을 지지하는 기판을 포함하는 광 기록 매체를 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 변조된 광은, 부피 범위 내에서 3차원적으로 세기의 공간적 변화가 형성된 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 광 변조 소자는, 메타 표면 마스크를 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 광원으로부터 생성된 상기 광은 상기 메타 표면 마스크를 투과함에 따라 부피 범위 내에서 3차원 적으로 세기의 공간적 변화가 형성되는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 변조된 광이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물은, 부피 범위 내에서 3차원 적으로 물성의 공간적 변화가 형성되는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 광반응성 고분자 조성물은, 고분자 매트릭스, 모노머(monomer), 및 광개시제 중 적어도 어느 하나를 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 변조된 광은 상기 광반응성 고분자 조성물의 일 영역에 조사되되,

상기 변조된 광이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물의 제1 영역과 상기 변조된 광이 조사되지 않은 상기 광반응성 고분자 조성물의 제2 영역 사이에는 물성의 차이가 형성되는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 제1 영역 및 제2 영역 중 상기 제1 영역에 상기 변조된 광이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물은, 상기 제2 영역으로부터 상기 제1 영역으로 상기 모노머가 확산되는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 제1 영역에는 상기 모노머에 의한 중합 폴리머가 형성되어, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이에 상기 중합 폴리머의 함량 차이가 발생하는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 제2 영역으로부터 상기 제1 영역으로 상기 모노머가 확산됨에 따라 상기 제2 영역에는 상기 고분자 매트릭스가 잔존되어,

상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이에 상기 모노머에 의한 상기 중합 폴리머의 밀도 차이가 발생하는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이에 상기 중합 폴리머의 함량 차이 및 밀도 차이가 발생되거나 편광에 따라 분자가 배열되는 정도가 달라지게 되어,

상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이에 상기 물성의 차이가 형성되는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 장치.

청구항 12

광원으로부터 광을 생성하는 단계;

상기 광원으로부터 생성된 상기 광을 광 변조 소자로 제공하여, 상기 광을 편광 및 회절시킴으로써 세기의 공간적 변화가 형성되도록 상기 광을 변조시키는 단계; 및

변조된 광을 기판 상에 배치된 광반응성 고분자 조성물에 조사하여, 상기 광반응성 고분자 조성물의 부피 범위 내에서 3차원 적으로 물성의 공간적 변화를 형성하는 단계를 포함하는 패턴 구조체의 제조 방법.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 광을 변조시키는 단계는, 상기 광을 부피 범위 내에서 3차원 적으로 세기의 공간적 변화가 형성되도록 변조시키는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 방법.

청구항 14

제12 항에 있어서,

상기 변조된 광은 상기 기관 상에 배치된 상기 광반응성 고분자 조성물의 일 영역에 조사되며,

상기 변조된 광이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물의 제1 영역 및 상기 변조된 광이 조사되지 않은 상기 광반응성 고분자 조성물의 제2 영역은 상기 기관의 상부면의 위쪽 방향으로 연장되는 것을 포함하는 패턴 구조체의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광반응성 고분자 조성물을 이용하여 3차원 패턴 구조를 갖는 패턴 구조체를 제조하는 방법 및 이에 따라 제조된 패턴 구조체에 관련된 것이다.

배경 기술

[0002] 회절 격자(diffraction grating)는 오래된 광학 소자 중 하나이다. 1800년대 중반 Joseph von Fraunhofer는 표면 격자를 성공적으로 개발하여 회절 스펙트럼 분석의 세계를 열었다. 이후, 1890년대 후반 Gabriel Lippman은 격자(grating)가 체적 매체(volumetric medium)에서도 인코딩 될 수 있음을 증명함으로써 홀로그래피(holography)가 탄생하게 되었다.

[0003] 홀로그램(hologram) 기록 매체는 노광 과정을 통하여 기록 매체 내 굴절률을 변화시킴으로써 정보를 기록하고 이와 같이 기록된 기록 매체 내 굴절률의 변화를 관측하여 정보를 재생한다.

[0004] 이러한 기록 매체로서 광반응성 고분자 조성물을 이용하는 경우 저분자 단량체의 광중합에 의하여 광 간섭 패턴을 홀로그램으로 용이하게 저장할 수 있기 때문에, 광학 렌즈, 거울, 편향 거울, 필터, 확산 스크린, 회절 부재, 도광체, 도파관, 영사 스크린 및/또는 마스크의 기능을 갖는 홀로그래픽 광학 소자, 광메모리 시스템의 매체와 광확산판, 광과장 분할기, 반사형, 투과형 컬러필터 등 다양한 분야에 사용될 수 있다.

[0005] 일반적으로 홀로그램 제조용 광반응성 고분자 조성물은 고분자 바인더(매트릭스), 단량체 및 광개시제를 포함하며, 이러한 조성물로부터 제조된 감광성 필름에 대하여 레이저 간섭광을 조사하여 국부적인 단량체의 광중합을 유도한다.

[0006] 이러한 광중합 과정에서 단량체가 상대적으로 많이 존재하는 부분에서는 굴절률이 높아지고, 고분자 바인더가 상대적으로 많이 존재하는 부분에서는 굴절률이 상대적으로 낮아져서 굴절률 변조가 생기게 되며, 이러한 굴절률 변조에 의해서 회절 격자가 생성된다.

[0007] 이러한 광반응성 고분자 조성물에 대해, 미국 특허 4,942,102(1990.07.17)에는 아크릴 및/또는 비닐 타입의 모노머, 고분자 바인더(폴리비닐 아세테이트(polyvinyl acetate), 폴리 비닐 아세탈(polyvinyl acetal), 폴리비닐 포르말(polyvinyl formal) 또는 폴리비닐 부티랄(polyvinyl butyral)), 가소제(plasticizer) 및 광개시 시스템(photoinitiation system)이 사용된 광반응성 고분자 조성물을 개시하고, 미국 특허 4,959,284(1990.09.25)에는 모노머 성분으로서 시클로프로판 화합물을 함유하고, 염료 광감제(dye-sensitizer)로서 알려진 화합물인 시클로펜타논 2,5-비스{[4-(디에틸 아미노) 페닐]메틸렌}(2,5-bis{[4-(diethylamino) phenyl]Methylene})(DEAW)가 사용된 광반응성 고분자 조성물을 개시한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 미국 특허 4,942,102(1990.07.17)
(특허문헌 0002) 미국 특허 4,959,284(1990.09.25)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 일 기술적 과제는, 광반응성 고분자 조성물을 이용하여 3차원 패턴 구조를 갖는 패턴 구조체를 제조하는 장치 및 방법, 그리고 이에 따라 제조된 패턴 구조체를 제공하는 데 있다.
- [0010] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 조사된 광을 회절시켜 광학적 신호를 생성하는 패턴 구조체 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [0011] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 홀로그램 제조에 사용될 수 있는 광반응성 고분자 조성물 및 이를 포함하는 광 기록 매체를 제공하는 데 있다.
- [0012] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 높은 광민감도를 갖는 광반응성 고분자 조성물 및 이를 포함하는 광 기록 매체를 제공하는 데 있다.
- [0013] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 모노머의 확산 속도가 향상된 광반응성 고분자 조성물 및 이를 포함하는 광 기록 매체를 제공하는 데 있다.
- [0014] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 기록 속도가 향상된 광 반응성 고분자 조성물 및 이를 포함하는 광 기록 매체를 제공하는 데 있다.
- [0015] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 기록 효율이 향상된 광 반응성 고분자 조성물 및 이를 포함하는 광 기록 매체를 제공하는 데 있다.
- [0016] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 회절 효율이 향상된 패턴 구조체 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [0017] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 광반응성 고분자 조성물에 조사되는 광의 제어를 통해 회절 효율을 향상시킬 수 있는 패턴 구조체 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [0018] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 두께 제어를 통해 회절 효율을 향상시킬 수 있는 패턴 구조체 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [0019] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 굴절률 변조값 제어를 통해 회절 효율을 향상시킬 수 있는 패턴 구조체 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [0020] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 상술된 것에 제한되지 않는다.

과제의 해결 수단

- [0021] 상기 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 패턴 구조체의 제조 장치를 제공한다.
- [0022] 일 실시 예에 따르면, 상기 패턴 구조체의 제조 장치는 광을 생성하기 위한 광원, 상기 광원으로부터 상기 광을 제공받아, 상기 광을 편광 및 회절시켜 세기의 공간적 변화가 형성되도록 상기 광을 변조시키는 광 변조 소자, 및 상기 광 변조 소자에 의해 변조된 광이 조사되는 광반응성 고분자 조성물, 및 상기 광반응성 고분자 조성물을 지지하는 기판을 포함할 수 있다.
- [0023] 일 실시 예에 따르면, 상기 변조된 광은, 부피 범위 내에서 3차원 적으로 세기의 공간적 변화가 형성된 것을 포함할 수 있다.
- [0024] 일 실시 예에 따르면, 상기 광 변조 소자는, 메타 표면 마스크를 포함할 수 있다.
- [0025] 일 실시 예에 따르면, 상기 광원으로부터 생성된 상기 광은 상기 메타 표면 마스크를 투과함에 따라 부피 범위 내에서 3차원 적으로 세기의 공간적 변화가 형성되는 것을 포함할 수 있다.
- [0026] 일 실시 예에 따르면, 상기 변조된 광이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물은, 부피 범위 내에서 3차원 적으

로 물성의 공간적 변화가 형성되는 것을 포함할 수 있다.

- [0027] 일 실시 예에 따르면, 상기 광반응성 고분자 조성물은, 고분자 매트릭스, 모노머(monomer), 및 광개시제 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0028] 일 실시 예에 따르면, 상기 변조된 광은 상기 광반응성 고분자 조성물의 일 영역에 조사되되, 상기 변조된 광이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물의 제1 영역과 상기 변조된 광이 조사되지 않은 상기 광반응성 고분자 조성물의 제2 영역 사이에는 물성의 차이가 형성되는 것을 포함할 수 있다.
- [0029] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 영역 및 제2 영역 중 상기 제1 영역에 상기 변조된 광이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물은, 상기 제2 영역으로부터 상기 제1 영역으로 상기 모노머가 확산되는 것을 포함할 수 있다.
- [0030] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 영역에는 상기 모노머에 의한 중합 폴리머가 형성되어, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이에 상기 중합 폴리머의 함량 차이가 발생되는 것을 포함할 수 있다.
- [0031] 일 실시 예에 따르면, 상기 제2 영역으로부터 상기 제1 영역으로 상기 모노머가 확산됨에 따라 상기 제2 영역에는 상기 고분자 매트릭스가 잔존되어, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이에 상기 모노머에 의한 상기 중합 폴리머의 밀도 차이가 발생되는 것을 포함할 수 있다.
- [0032] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이에 상기 중합 폴리머의 함량 차이 및 밀도 차이가 발생되거나 편광에 따라 분자가 배열되는 정도가 달라지게 되어, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이에 상기 물성의 차이가 형성되는 것을 포함할 수 있다.
- [0034] 상기 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 패턴 구조체의 제조 방법을 제공한다.
- [0035] 일 실시 예에 따르면, 상기 패턴 구조체의 제조 방법은 광원으로부터 광을 생성하는 단계, 상기 광원으로부터 생성된 상기 광을 광 변조 소자로 제공하여, 상기 광을 편광 및 회절시킴으로써 세기의 공간적 변화가 형성되도록 상기 광을 변조시키는 단계, 및 변조된 광을 기판 상에 배치된 광반응성 고분자 조성물에 조사하여, 상기 광반응성 고분자 조성물의 부피 범위 내에서 3차원 적으로 물성의 공간적 변화를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0036] 일 실시 예에 따르면, 상기 광을 변조시키는 단계는, 상기 광을 부피 범위 내에서 3차원 적으로 세기의 공간적 변화가 형성되도록 변조시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0037] 일 실시 예에 따르면, 상기 변조된 광은 상기 기판 상에 배치된 상기 광반응성 고분자 조성물의 일 영역에 조사되되, 상기 변조된 광이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물의 제1 영역 및 상기 변조된 광이 조사되지 않은 상기 광반응성 고분자 조성물의 제2 영역은 상기 기판의 상부면의 위쪽 방향으로 연장되는 것을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0038] 본 발명의 실시 예에 따른 패턴 구조체의 제조 장치는, 광을 생성하기 위한 광원, 상기 광원으로부터 상기 광을 제공받아, 상기 광을 편광 및 회절시켜 세기의 공간적 변화가 형성되도록 상기 광을 변조시키는 광 변조 소자, 및 상기 광 변조 소자에 의해 변조된 광이 조사되는 광반응성 고분자 조성물, 및 상기 광반응성 고분자 조성물을 지지하는 기판을 포함하는 광 기록 매체를 포함할 수 있다. 이에 따라, 부피 범위 내에서 3차원 적으로 물성의 공간적 변화가 형성된 패턴 구조체가 용이하게 제조될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 광학 소자 제조 장치의 개략 구성도이다.
- 도 3은 광 변조 소자로 사용될 수 있는 메타 표면 마스크의 일 예를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 광반응성 고분자 조성물에 광이 조사된 제1 영역과 광이 조사되지 않은 제2 영역을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5 및 도 6은 광반응성 고분자 조성물에 광이 조사된 제1 영역과 광이 조사되지 않은 제2 영역 사이에서 발생하는 물성 차이를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 광반응성 고분자 조성물의 고분자 매트릭스 제조 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 광반응성 고분자 조성물의 광 개시제가 활성화되는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 정현과 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 광학 소자와 바이너리 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 광학 소자의 차이점을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 정현과 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 광학 소자를 통해 생성된 광학적 신호와 바이너리 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 광학 소자를 통해 생성된 광학적 신호의 차이점을 설명하기 위한 도면이다.

도 11 및 도 12는 광학 소자의 제1 영역 및 제2 영역 사이의 굴절률 차이가 광학 소자의 회절 효율에 미치는 영향을 설명하기 위한 도면이다.

도 13은 서로 다른 두께의 광학 소자에서 발생하는 회절 효율 차이를 설명하기 위한 도면이다.

도 14는 10 μm 두께 광학 소자의 회절 효율 반치폭과 60 μm 두께 광학 소자의 회절 효율 반치폭을 비교하는 도면이다.

도 15는 광학 소자의 두께 변화에 따라 회절된 광이 거동하는 경로의 변화를 설명하기 위한 도면이다.

도 16은 10 μm 두께 광학 소자의 회절 효율과 60 μm 두께 광학 소자의 회절 효율을 비교하는 도면이다.

도 17은 광학 소자의 두께와 굴절률 변조값 사이의 관계를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명할 것이다. 그러나 본 발명의 기술적 사상은 여기서 설명되는 실시 예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화 될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시 예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0041] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한, 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.

[0042] 또한, 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제1, 제2, 제3 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 따라서, 어느 한 실시 예에 제 1 구성요소로 언급된 것이 다른 실시 예에서는 제 2 구성요소로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시 예는 그것의 상보적인 실시 예도 포함한다. 또한, 본 명세서에서 '및/또는'은 전후에 나열한 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용되었다.

[0043] 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 또한, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 또한, 본 명세서에서 "연결"은 복수의 구성요소를 간접적으로 연결하는 것, 및 직접적으로 연결하는 것을 모두 포함하는 의미로 사용된다.

[0044] 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.

[0045] 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 "광학 소자"의 용어는 "패턴 구조체"와 동일한 의미로 사용된다.

실시 예에 따른 광학 소자 제조 장치 및 제조 방법

[0048] 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 광학 소자 제조 장치의 개략 구성도이고, 도 3은 광 변조 소자로 사용될 수 있는 메타 표면 마스크의 일 예를 나타내는 도면이고, 도 4는 광반응성 고분자 조성물에 광이 조사된

제1 영역과 광이 조사되지 않은 제2 영역을 설명하기 위한 도면이고, 도 5 및 도 6은 광반응성 고분자 조성물에 광이 조사된 제1 영역과 광이 조사되지 않은 제2 영역 사이에서 발생하는 물성 차이를 설명하기 위한 도면이다.

[0049] 도 1 및 도 2를 참조하면, 광학 소자를 제조하기 위한 장치는 광원(1), 제1 렌즈(2), 제2 렌즈(3), 광 변조 소자(4), 및 광 기록 매체(5)를 포함할 수 있다. 상술된 장치는 광학 소자를 제조하기 위한 장치의 일 예로서, 상술된 구성들 중 일부 구성이 생략되거나 상술된 구성들 외 다른 구성들이 더 포함될 수 있다.

[0050] 상기 광원(1)은 광을 생성하기 위한 것으로서, 일 실시 예에 따르면, 코히어런트(coherent) 단일 광인 레이저광을 생성할 수 있다.

[0051] 상기 광원(1)으로부터 생성된 광(L_1)이 조사되는 방향에 제1 렌즈(2) 및 제2 렌즈(3)가 배치될 수 있다. 상기 제1 렌즈(2) 및 상기 제2 렌즈(3)는 상기 광원(1)으로부터 생성된 광(L_1)을 투과시킬 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 광원(1)으로부터 생성된 광(L_1)은 상기 제1 렌즈(2)를 투과한 후 상기 제2 렌즈(3)를 투과할 수 있다. 또한, 상기 제1 렌즈(2) 및 상기 제2 렌즈(3)는 빔 익스텐더(beam expander)로서, 상기 광원(1)으로부터 생성된 광(L_1)의 크기를 확대시킬 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 렌즈(2) 및 상기 제2 렌즈(3)는 생략될 수 있다. 다만, 상기 제1 렌즈(2) 및 상기 제2 렌즈(3)가 생략되는 경우, 최종적으로 생성되는 광학 소자의 대면적 제조가 어려워질 수 있다. 즉, 상기 광원(1)으로부터 생성된 광(L_1)이 조사되는 방향에 상기 제1 렌즈(2) 및 상기 제2 렌즈(3)를 배치하여 상기 광원(1)으로부터 생성된 광(L_1)의 크기를 확대시킴으로써, 최종적으로 생성되는 광학 소자의 대면적 제조가 보다 용이하게 이루어질 수 있다.

[0052] 상기 제1 렌즈(2) 및 상기 제2 렌즈(3)를 투과한 광(L_1)은 상기 광 변조 소자(4)로 제공될 수 있다. 상기 광 변조 소자(4)로 제공된 상기 광(L_1)은 상기 광 변조 소자(4)를 투과하되, 투과된 광(L_2)은 상기 광 변조 소자(4)에 의해 광 변조될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 광 변조 소자(4)는 상기 광(L_1)을 편광 및/또는 회절시켜 세기(Intensity)의 공간적 변화를 형성하는 것으로서, 포토 마스크, 위상 변조 마스크, 메타 표면 마스크, 회절 그레이팅 등이 사용될 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 일 실시 예에 따르면, 상기 광 변조 소자(4)는 입사한 상기 광(L_1)에 대해 차수가 서로 다른(예를 들어, 0차, +1차, -1차 등) 회절광들을 생성하고, 생성된 회절광들의 간섭을 통해 3차원 패턴 구조(세기의 공간적 변화가 광의 부피 범위 내에서 3차원적으로 배열된 구조)를 갖는 광(L_2)을 생성할 수 있다. 즉, 상기 광(L_1)이 상기 광 변조 소자(4)를 투과함으로써 3차원 패턴 구조를 갖는 광(L_2)으로 변조될 수 있다.

[0053] 도 3을 참조하면 상기 광 변조 소자(4)로 사용될 수 있는 메타 표면 마스크의 일 예가 도시된다. 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 메타 표면 마스크는 베이스 기판, 및 상기 베이스 기판 상에 서로 이격되어 배치된 패턴 구조체를 포함하고, 상기 메타 표면 마스크를 투과한 상기 광(L_1)은 3차원 패턴 구조를 갖는 광(L_2)으로 변조될 수 있다.

[0054] 일 실시 예에 따르면, 상기 패턴 구조체의 패턴(P) 사이의 간격 d와 상기 광 변조 소자(4)로 조사되는 상기 광(L_1)의 파장 λ 는 아래의 <수학식 1>을 만족할 수 있다.

[0055] <수학식 1>

[0056]
$$d \leq 0.9 \times \lambda$$

[0057] <수학식 1>을 만족하는 경우, 공간적으로 서로 다른 형태의 구조체(메타아톰)를 배치하여 위치에 따라 독립적으로 위상 및 회절을 제어할 수 있고, 각 메타아톰들의 공간적 배치 자유도가 높아 아래의 <수학식 2>보다 복잡한 3D 간섭 패턴이 생성될 수 있다.

[0058] <수학식 2>

[0059]
$$d > 0.9 \times \lambda$$

[0060] 반면, <수학식 2>를 만족하는 경우, 동일한 구조체의 반복을 통해 회절과 위상이 함께 제어되며, 설계상 자유도가 <수학식 1>보다 낮으며 주기가 파장의 0.9배 보다 큰 경우 제한적인 3D 간섭 패턴 생성될 수 있다.

[0061] 일 실시 예에 따르면, 상기 메타 표면 마스크의 패턴 구조체는 실리콘, 실리카(SiO_2), TiO_2 , quartz, Ge, GaAs

또는 Au 중에서 적어도 어느 하나로 형성될 수 있고, 상기 베이스 기판은 유리(glass), SiO_2 , TiO_2 , quartz, 또는 투명한 고분자 중에서 적어도 어느 하나로 형성될 수 있다.

[0062] 도 4 내지 도 6을 참조하면, 상기 광 변조 소자(4)를 통해 변조된 광(L_2)은 상기 광 기록 매체(5)로 제공될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 광 기록 매체(5)는 기판(S), 및 상기 기판(S) 상에 제공된 광반응성 고분자 조성물(LPM)을 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)은 고분자 매트릭스, 모노머(monomer), 및 광개시제를 포함할 수 있다.

[0063] 상기 변조된 광(L_2)은 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)의 일 영역에 조사될 수 있다. 상기 변조된 광(L_2)이 조사된 영역은 제1 영역(P_1)으로 정의되고, 상기 변조된 광(L_2)이 조사되지 않은 영역은 제2 영역(P_2)으로 정의된다. 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2)이 교대로 그리고 반복적으로 나란히 배열되도록 상기 변조된 광(L_2)이 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)에 조사될 수 있다.

[0064] 상기 변조된 광(L_2)이 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)의 일 영역에 조사되는 경우, 상기 제2 영역(P_2)으로부터 상기 제1 영역(P_1)으로 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM) 중 상기 모노머(photoreactive monomer)들이 확산되어 상기 모노머에 의해 중합 폴리머가 형성될 수 있다. 이에 따라, 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM) 내 상기 제1 영역(P_1)에는 상대적으로 상기 중합 폴리머의 함량이 많아지게 되어, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2) 사이에 중합 폴리머의 함량 차이가 발생할 수 있다. 이와 달리, 상기 제2 영역(P_2)에는 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM) 중 상기 고분자 매트릭스가 잔존되게 되어, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2) 사이에 조성의 밀도 차이가 발생할 수 있다. 이로 인해, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2) 사이에는 물성(예를 들어, 굴절률, 유전율, 기공도, 조성, 밀도 등)의 차이가 형성될 수 있다. 즉, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2) 사이에 상기 중합 폴리머의 함량 차이 및 밀도 차이가 발생됨에 따라, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2) 사이에 물성(예를 들어, 굴절률, 유전율, 기공도, 조성, 밀도 등)의 차이가 형성될 수 있다. 광이 조사된 상기 제1 영역(P_1)과 광이 조사되지 않은 상기 제2 영역(P_2) 사이에 물성의 차이가 형성된 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)은 광학 소자로 정의될 수 있다. 상기 광학 소자는 조사된 광을 회절시켜 광학적 신호를 생성할 수 있다.

[0065] 또한, 상술된 바와 같이, 상기 변조된 광(L_2)이 3차원 패턴 구조를 갖는 경우, 상기 변조된 광(L_2)의 3차원 패턴 구조가 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)에 반영될 수 있음으로, 상기 변조된 광(L_2)이 조사된 제1 영역(P_1)에는 3차원 패턴 구조(부피 범위 내에서 3차원 적으로 물성의 공간적 변화가 형성된 구조)가 기록될 수 있다. 즉, 상기 변조된 광(L_2)이 조사된 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)은, 부피 범위 내에서 3차원적으로 물성의 공간적 변화가 형성될 있다.

[0067] 이상, 본 발명의 실시 예에 따른 광학 소자 제조 장치 및 그 제조 방법이 설명되었다. 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 광학 소자의 제조 과정에 사용되는 광반응성 고분자 조성물이 보다 구체적으로 설명된다.

[0068] 실시 예에 따른 광반응성 고분자 조성물

[0069] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 광반응성 고분자 조성물의 고분자 매트릭스 제조 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 광반응성 고분자 조성물의 광 개시제가 활성화되는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

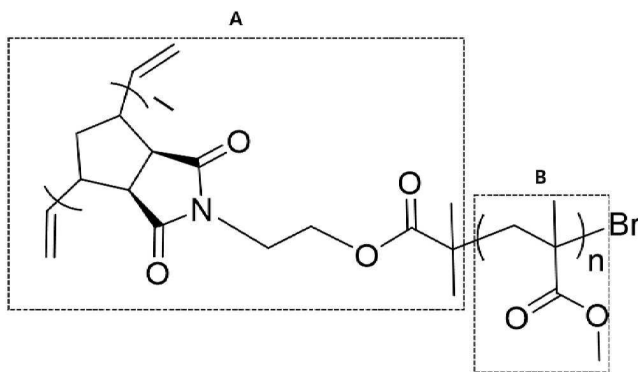
[0070] 본 발명의 실시 예에 따른 광반응성 고분자 조성물은, 고분자 매트릭스, 모노머(monomer), 광개시제, 용매, 및 나노입자를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 광반응성 고분자 조성물 전체 중량을 기준으로 상기 고분자 매트릭스는 20 wt%의 함량으로 포함될 수 있고, 상기 모노머는 16 wt% 이상 18 wt% 이하의 함량으로 포함될 수 있고, 상기 광개시제는 2 wt% 이상 4 wt% 이하의 함량으로 포함될 수 있고, 상기 용매는 60 wt%의 함량으로 포함될 수 있으나 상술된 조성에 한정되지 않는다.

[0071] 상기 고분자 매트릭스는 주사슬을 이루는 제1 블록 및 곁가지를 이루는 제2 블록의 공중합체(copolymer)를 포함

할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 블록은 상대적으로 분자량이 큰 제1 고분자를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 제1 고분자는 DP(degree of polymerization) 300 미만의 고분자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 고분자는 PNB(Poly-norbornene)를 포함할 수 있다. 이와 달리, 상기 제2 블록은 상대적으로 분자량이 작은 제2 고분자를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 제2 고분자는 상기 제1 고분자 보다 DP가 낮은 고분자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제2 고분자는 PMMA(Poly(methyl methacrylate))를 포함할 수 있다. 상기 제1 고분자로서 PNB가 예시적으로 설명되고, 상기 제2 고분자로서 PMMA가 예시적으로 설명되었지만, 주사슬을 이루는 제1 블록 및 곁가지를 이루는 제2 블록이 공중합체(copolymer)를 이룰 수 있는 다양한 고분자들이 상기 제1 고분자 및 상기 제2 고분자로서 사용될 수 있다. 즉, 상기 제1 블록의 제1 고분자 및 상기 제2 블록의 제2 고분자로 사용될 수 있는 고분자의 종류는 제한되지 않는다. 다만, 상술된 바와 달리, 상기 제1 고분자로서 DP 300 이상의 고분자가 사용되는 경우 고분자 필름이 제대로 형성되지 못하는 문제점이 발생할 수 있다. 또한, 상기 제2 고분자로서 상기 제1 고분자 보다 DP가 높은 고분자가 사용되는 경우 상기 고분자 매트릭스가 얇히는 문제점이 발생할 수 있다.

[0072] 상술된 바와 같이, 상기 제1 고분자가 PNB를 포함하고 상기 제2 고분자가 PMMA를 포함하는 경우, 상기 고분자 매트릭스는 PNB 및 PMMA의 그래프트 공중합체(PNB-g-PMMA)를 포함할 수 있고, 상기 고분자 매트릭스는 아래의 <화학식 1>과 같이 표현될 수 있다. 이 경우, 상기 제1 블록은 <화학식 1>에서 A로 표현되는 화합물을 포함하는 블록으로 정의되고, 상기 제2 블록은 <화학식 2>에서 B로 표현되는 화합물을 포함하는 블록으로 정의될 수 있다.

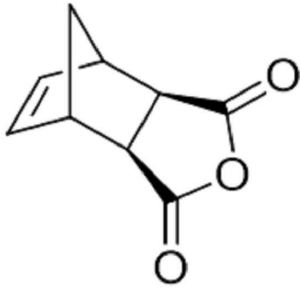
[0073] <화학식 1>



[0074]

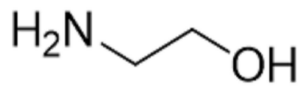
[0075] 일 실시 예에 따르면, 상기 고분자 매트릭스는, 도 7에 도시된 바와 같이, <화학식 3>으로 표현되는 화합물과 <화학식 4>로 표현되는 화합물을 테트라에틸암모늄(Tetraethylammonium, TEA) 및 톨루엔(Toluene)과 혼합한 후 110℃로 열처리하여 <화학식 5>로 표현되는 제1 중간체를 형성하는 단계(S11), 상기 제1 중간체 및 <화학식 6>으로 표현되는 화합물을 테트라에틸암모늄(Tetraethylammonium, TEA), 다이클로로메테인(dichloromethane, DCM)과 상온(Room Temperature, RT)에서 혼합하여 <화학식 7>로 표현되는 제2 중간체를 형성하는 단계(S12), 상기 제2 중간체를 메틸메타크릴레이트(Methyl methacrylate, MMA), 브롬화 구리(Copper(I) bromide, CuBr), N,N,N',N',N'-Pentamethyldiethylenetriamine(PMDETA), 및 아니솔(anisole)과 혼합하여 <화학식 8>로 표현되는 제3 중간체를 형성하는 단계(S13), 및 상기 제3 중간체를 G3 촉매(G3 catalyst), 및 다이클로로메테인(dichloromethane, DCM)과 상온(Room Temperature, RT)에서 혼합하는 단계(S14)를 통해 제조될 수 있다. 상기 <화학식 3> 내지 <화학식 8>은 아래와 같다.

[0076] <화학식 3>



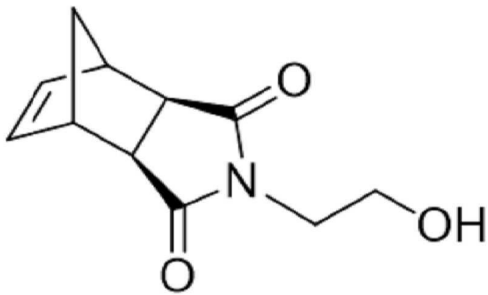
[0077]

[0078] <화학식 4>



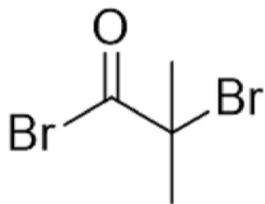
[0079]

[0080] <화학식 5>



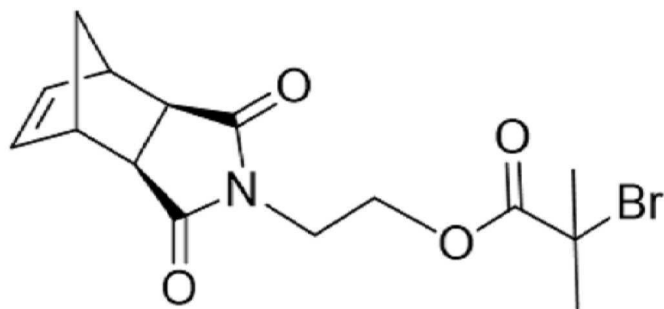
[0081]

[0082] <화학식 6>



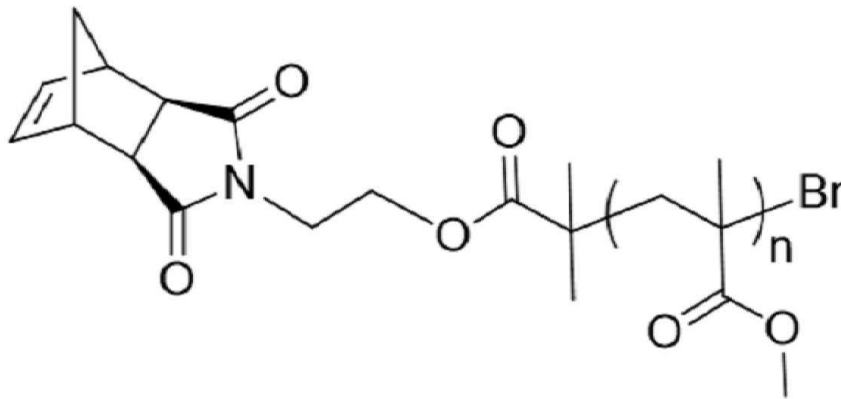
[0083]

[0084] <화학식 7>



[0085]

[0086] <화학식 8>



[0087]

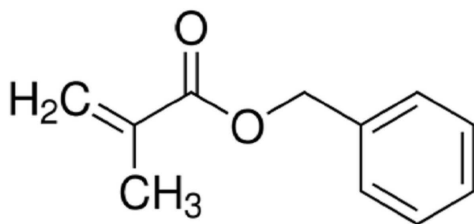
[0088] 상술된 바와 같이, 상기 고분자 매트릭스로서 주사슬을 이루는 제1 블록 및 곁가지를 이루는 제2 블록의 공중합체(예를 들어, PNB-g-PMMA)가 사용되는 경우, 고분자 매트릭스로서 선형 고분자(예를 들어, Linear PMMA)가 사용되는 경우와 비교하여 광반응성 고분자 조성물의 모노머 확산 속도가 향상될 수 있다. 이에 따라, 광반응성 고분자 조성물을 이용한 기록 속도 및 기록 효율이 현저하게 향상될 수 있다.

[0089] 상기 모노머(monomer)는 라디칼 중합반응이 가능한 물질로서, 광중합 과정에서 상기 모노머에 의해 형성된 중합 폴리머(polymer)가 상대적으로 많이 존재하는 영역에서는 상대적으로 굴절율이 높아지고, 상기 고분자 매트릭스가 상대적으로 많이 존재하는 영역에서는 굴절율이 상대적으로 낮아져 굴절율 변조가 생기게 되며, 이러한 굴절율 변조에 의해 회절 격자가 생성될 수 있다.

[0090] 일 실시 예에 따르면, 상기 모노머는 1.4 내지 1.6의 굴절률을 가질 수 있다. 이와 달리, 상기 모노머가 상술된 굴절률 이외의 굴절률을 갖는 경우, 홀로그램 목적의 구조 기록시, 기록된 매체의 회절이 제대로 발생되지 않아 홀로그램으로의 기능이 상실되는 문제점이 발생될 수 있다.

[0091] 일 실시 예에 따르면, 상기 모노머는 아크릴레이트(acrylate) 및 아크릴아마이드(acrylamide) 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 모노머(monomer)로서 <화학식 9>로 표현되는 벤질메타크릴레이트(Benzyl methacrylate, BZMA)가 사용될 수 있다. 이와 달리, 다른 예를 들어, 상기 모노머(monomer)는 (메트)아크릴레이트계 α, β -불포화 카르복실산 유도체, 구체적으로 (메트)아크릴레이트, (메트)아크릴아미드, (메트)아크릴로니트릴 또는 (메트)아크릴산 등이나, 또는 비닐기(vinyl) 또는 설퍼기(thiol)를 포함한 화합물을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

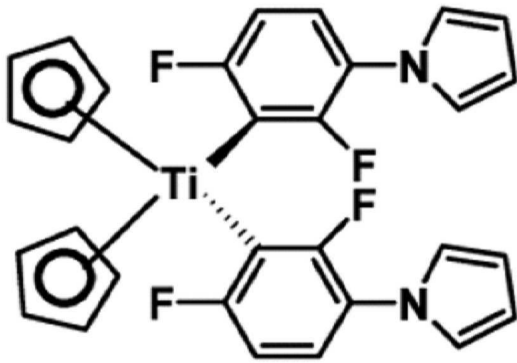
[0092] <화학식 9>



[0093]

[0094] 상기 광 개시제는 광에 의해 활성화되는 화합물이며, 상기 모노머 등 광반응성 작용기를 함유한 화합물의 중합을 개시할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 광 개시제는 빛을 흡수하여 라디칼(radical)을 발생시키는 염료(dye), 광개시제, 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 이와 달리, 다른 실시 예에 따르면, 상기 광 개시제는 광 라디칼 중합 개시제를 포함할 수 있다. 이와 달리, 또 다른 실시 예에 따르면, 상기 광 개시제는 광양이온 중합 개시제, 또는 광음이온 중합 개시제를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 광 개시제로서 아래의 <화학식 10>으로 표현되는 이가큐어(irgacure)가 사용될 수 있고 이 경우 광에 의한 활성 반응은 도 2에 도시된 바와 같이 발생될 수 있다. 또한, 상기 광 개시제로서 메틸오렌지(methylorange), 및 메틸렌블루(methylenblue) 등이 사용될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0095] <화학식 10>



[0096]

[0097]

상기 용매는 상술된 구성 성분들(고분자 매트릭스, 모노머, 및 광개시제)를 분산시키기 위한 것으로서, 일 실시예에 따르면, 케톤류, 알코올류, 아세테이트류 및 에테르류 용매 등이 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 용매로서 메틸에틸케논, 메틸이소부틸케톤, 아세틸아세톤 또는 이소부틸케톤 등의 케톤류, 메탄올, 에탄올, n-프로판올, i-프로판올, n-부탄올, i-부탄올, 또는 t-부탄올 등의 알코올류, 에틸아세테이트, i-프로필아세테이트, 또는 폴리에틸렌글리콜 모노메틸에테르 아세테이트 등의 아세테이트류, 테트라하이드로퓨란 또는 프로필렌글라이콜 모노메틸에테르 등의 에테르류 또는 이들의 2종 이상의 혼합물이 사용될 수 있다.

[0099]

이상, 본 발명의 실시예에 따른 광반응성 고분자 조성물이 설명되었다. 이하, 본 발명의 실시예에 따른 광학소자의 회절 효율을 향상시키기 위한 방법이 설명된다.

[0100]

실시예에 따른 광학소자의 회절 효율 향상 방법

[0101]

본 발명은 상기 광학소자의 회절 효율(diffraction efficiency)을 향상시키기 위하여 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)에 조사되는 광(L_2)의 파형(waveform)을 제어할 수 있다. 구체적으로, 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)에 조사되는 광(L_2)이 정현파 파형(sinusoidal waveform)을 갖도록 제어함으로써, 상기 광학소자의 회절 효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명은 상기 광학소자의 두께 및 상기 제1 영역(P_1)과 상기 제2 영역(P_2) 사이의 굴절률 차이를 이용하여 상기 광학소자의 회절 효율을 향상시킬 수 있다.

[0102]

이하, 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)에 조사되는 광(L_2)의 파형이 상기 광학소자의 회절 효율에 미치는 영향이 먼저 설명된다.

[0103]

도 9는 정현파 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 광학소자와 바이너리 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 광학소자의 차이점을 설명하기 위한 도면이고, 도 10은 정현파 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 광학소자를 통해 생성된 광학적 신호와 바이너리 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 광학소자를 통해 생성된 광학적 신호의 차이점을 설명하기 위한 도면이다.

[0104]

바이너리 파형(binary waveform)은 서로 다른 주파수를 갖는 복수의 정현파 파형(sinusoidal waveform)들이 합쳐진 파형을 의미하는 것으로서, 도 9의 (a)는 단일 주파수를 갖는 정현파 파형의 광 조사에 의해 형성된 광학소자(LS)를 나타내고, 도 9의 (b)는 3개의 정현파 파형들이 합쳐진 바이너리 파형의 광 조사에 의해 형성된 광학소자(LS)를 나타내고, 도 9의 (c)는 20개의 정현파 파형들이 합쳐진 바이너리 파형의 광 조사에 의해 형성된 광학소자(LS)를 나타낸다.

[0105]

도 10의 (a)는 도 9의 (a)에서 설명된 광학소자를 통해 생성된 광학적 신호를 나타내고, 도 10의 (c)는 도 9의 (b)에서 설명된 광학소자를 통해 생성된 광학적 신호를 나타내고, 도 10의 (d)는 도 10의 (c)에 도시된 G_1 , G_2 , G_3 를 각각 나타내고, 도 10의 (b)는 도 9의 (a)에서 설명된 광학소자의 격자 주기(Λ)에서 나타나는 굴절률 프로파일 및 도 9의 (b)에서 설명된 광학소자의 격자 주기(Λ)에서 나타나는 굴절률 프로파일을 나타낸다.

[0106]

단일 주파수를 갖는 정현파 파형의 광 조사에 의해 형성된 광학소자(LS)는 도 9의 (a)에 도시된 바와 같이, 서로 인접한 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2)으로 정의되는 격자 주기(Λ) 내에서 상기 제1 영역(P_1)으로

부터 상기 제2 영역(P_2)으로 갈수록 굴절률이 점차적으로 증가하다가 감소한 후 다시 증가하는 형태의 굴절률 구배가 형성될 수 있다. 보다 구체적으로, 격자 주기(Λ) 내 상기 제1 영역(P_1)에서는 상기 제2 영역(P_2)과 먼 측벽(w_1)으로부터 상기 제2 영역(P_2)과 인접한 측벽(w_2) 방향으로 갈수록, 유효 굴절률(effective refractive index, n_g)을 기준으로 굴절률이 점차적으로 증가하여 최대 굴절률($n_{\max}$)을 갖도록 증가한 후 점차적으로 감소하여 유효 굴절률(n_g)까지 감소하도록 굴절률 구배가 형성될 수 있다. 이와 달리, 격자 주기(Λ) 내 상기 제2 영역(P_2)에서는 상기 제1 영역(P_1)과 인접한 측벽(w_2)으로부터 상기 제1 영역(P_1)과 먼 측벽(w_3) 방향으로 갈수록, 유효 굴절률(n_g)을 기준으로 굴절률이 점차적으로 감소하여 최소 굴절률($n_{\min}$)을 갖도록 감소한 후 점차적으로 증가하여 유효 굴절률(n_g)까지 증가하도록 굴절률 구배가 형성될 수 있다.

[0107] 도 9의 (a)에 도시된 바와 같은 굴절률 구배가 형성된 광학 소자를 통해 광학적 신호를 생성하는 경우, 도 10의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 광학 소자를 통해 회절된 광이 단일 경로(G_1)를 통해 거동함으로 광학적 손실이 현저하게 감소되어 상기 광학 소자의 회절 효율이 향상될 수 있다.

[0108] 이와 달리, 바이너리 파형의 광 조사에 의해 형성된 광학 소자(LS)는 도 9의 (b) 및 (c)에 도시된 바와 같이, 서로 인접한 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2)으로 정의되는 격자 주기(Λ) 내에서 상기 제1 영역(P_1)으로부터 상기 제2 영역(P_2) 방향으로 굴절률 구배가 형성되되, 굴절률이 실질적으로 일정하게 유지되는 영역(굴절률 증감이 작은 폭으로 반복되는 영역) 또한 형성될 수 있다. 보다 구체적으로, 격자 주기(Λ) 내 상기 제1 영역(P_1)에서는 상기 제2 영역(P_2)과 먼 측벽(w_1)으로부터 상기 제2 영역(P_2)과 인접한 측벽(w_2) 방향으로 갈수록, 유효 굴절률(effective refractive index, n_g)을 기준으로 굴절률이 급격하게 증가하여 증가된 상태를 유지한 후 유효 굴절률까지 급격하게 감소하도록 굴절률 구배가 형성될 수 있다. 이와 달리, 격자 주기(Λ) 내 상기 제2 영역(P_2)에서는 상기 제1 영역(P_1)과 인접한 측벽(w_2)으로부터 상기 제1 영역(P_1)과 먼 측벽(w_3) 방향으로 갈수록, 유효 굴절률(n_g)을 기준으로 굴절률이 급격하게 감소하여 감소된 상태를 유지한 후 유효 굴절률까지 급격하게 증가하도록 굴절률 구배가 형성될 수 있다. 특히, 도 9의 (c)에 도시된 바와 같이, 더욱 많은 수의 정현파 파형들이 합쳐진 바이너리 파형일수록 굴절률이 실질적으로 일정하게 유지되는 영역의 범위가 증가하고, 실질적으로 일정하게 유지되는 영역 내 굴절률의 편차 또한 현저하게 감소될 수 있다.

[0109] 도 9의 (b) 및 (c)에 도시된 바와 같은 굴절률 구배가 형성된 광학 소자를 통해 광학적 신호를 생성하는 경우, 도 10의 (b) 내지 (d)에 도시된 바와 같이, 상기 광학 소자를 통해 회절된 광이 복수의 경로들(G_1 , G_2 , G_3)을 통해 거동함으로 광학적 손실이 발생되어 상기 광학 소자의 회절 효율이 감소될 수 있다.

[0110] 결과적으로, 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)에 정현파 파형을 갖는 광을 조사하여 상기 광학 소자를 제조함으로써, 상기 광학 소자의 회절 효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 정현파 파형을 갖는 광이 조사되어 형성된 상기 광학 소자는 서로 인접한 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2)으로 정의되는 격자 주기(Λ) 내 정현파 형태의 굴절률 구배가 형성될 수 있다. 즉, 상기 제1 영역(P_1)은 중심 부분의 굴절률이 가장자리 영역의 굴절률보다 높도록 굴절률 구배가 형성되고, 상기 제2 영역(P_2)은 중심 부분의 굴절률이 가장자리 영역의 굴절률보다 낮도록 굴절률 구배가 형성될 수 있다. 또한, 상기 제1 영역(P_1)은 상기 제2 영역(P_2)과 먼 측벽(w_1)으로부터 상기 제2 영역(P_2)과 인접한 측벽(w_2) 방향으로 갈수록 굴절률이 점차적으로 증가한 후 점차적으로 감소하되, 굴절률의 증감이 반복되는 영역이 없도록 굴절률 구배가 형성되고, 상기 제2 영역(P_2)은 상기 제1 영역(P_1)과 인접한 측벽(w_2)으로부터 상기 제1 영역(P_1)과 먼 측벽(w_3) 방향으로 갈수록 굴절률이 점차적으로 감소한 후 점차적으로 증가하되, 굴절률의 증감이 반복되는 영역이 없도록 굴절률 구배가 형성될 수 있다. 또한, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2)은 각각 상기 광학 소자의 두께 방향으로 동일한 물성을 갖도록 형성될 수 있다. 상기 광학 소자의 두께 방향은, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2)이 연장되는 방향으로서, 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2)이 연장되는 방향은 상기 기판(S)의 상부면의 위쪽 방향과 같을 수 있다.

[0111] 이상, 상기 광반응성 고분자 조성물(LPM)에 조사되는 광의 파형이 상기 광학 소자의 회절 효율에 미치는 영향이 설명되었다. 이하, 상기 광학 소자의 두께 및 상기 제1 영역(P_1)과 상기 제2 영역(P_2) 사이의 굴절률 차이가 상

기 광학 소자의 회절 효율에 미치는 영향이 설명된다.

- [0112] 도 11 및 도 12는 광학 소자의 제1 영역 및 제2 영역 사이의 굴절률 차이가 광학 소자의 회절 효율에 미치는 영향을 설명하기 위한 도면이다.
- [0113] 도 11을 참조하면 광학 소자의 두께가 고정($d=100\ \mu\text{m}$)된 상태에서 상기 제1 영역(P_1) 및 상기 제2 영역(P_2)의 굴절률 차이 최대값, 즉, 상기 제1 영역(P_1)의 최대 굴절률 및 상기 제2 영역(P_2)의 최소 굴절률 차이값으로 정의되는 굴절률 변조값(Δn_{G1} 또는 Δn_{Gp})에 따라 생성된 광학적 신호의 차이점을 나타내고, 도 12를 참조하면 굴절률 변조값($\Delta n_{Gp}=0.04$)에서 생성된 광학적 신호와 굴절률 변조값($\Delta n_{Gp}=0.1$)에서 생성된 광학적 신호의 차이점을 나타낸다.
- [0114] 도 11 및 도 12에서 확인할 수 있듯이, 굴절률 변조값($\Delta n_{Gp}=0.04$)이 증가함에 따라 상기 광학 소자를 통해 회절된 광이 거동하는 경로의 수가 현저하게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 상기 광학 소자를 통해 회절된 광이 거동하는 경로의 수가 증가하는 경우 광학적 손실이 증가되어 상기 광학 소자의 회절 효율이 감소됨으로, 상기 제1 영역(P_1)과 상기 제2 영역(P_2) 사이의 굴절률 차이가 상기 광학 소자의 회절 효율에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.
- [0115] 도 13은 서로 다른 두께의 광학 소자에서 발생하는 회절 효율 차이를 설명하기 위한 도면이고, 도 14는 $10\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율 반치폭과 $60\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율 반치폭을 비교하는 도면이고, 도 15는 광학 소자의 두께 변화에 따라 회절된 광이 거동하는 경로의 변화를 설명하기 위한 도면이고, 도 16은 $10\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율과 $60\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율을 비교하는 도면이다.
- [0116] 도 13의 (a)를 참조하면 상대적으로 얇은 두께($d=10\ \mu\text{m}$)를 갖는 광학 소자는 약한 주기성(weak periodicity)을 가짐으로 아래의 <수학식 3>으로 정의되는 G_p 가 분산됨에 따라 광대역(Broadband) 회절광(S)이 형성될 수 있다. 이에 따라, 회절 효율이 제한됨으로 회절 효율이 감소될 수 있다.
- [0117] 이와 달리, 도 13의 (b)를 참조하면 상대적으로 두꺼운 두께($d>50\ \mu\text{m}$)를 갖는 광학 소자는 강한 주기성(strong periodicity)을 가짐으로 아래의 <수학식 3>으로 정의되는 G_p 의 분산이 감소됨에 따라 협대역(Narrowband) 회절광(S)이 형성될 수 있다. 이에 따라, 회절 효율의 제한이 해소됨으로 회절 효율이 향상될 수 있다.
- [0118] <수학식 3>
- [0119]
$$G_p = 2\pi / \Lambda_p$$
- [0120] (Λ_p : 서로 인접한 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역으로 정의되는 격자 주기)
- [0121] 도 14를 참조하면, $10\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율 반치폭(Full Width at Half Maximum, FWHM)과 비교하여 $10\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율 반치폭이 현저하게 좁은 것을 확인할 수 있다. 즉, $10\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율은 넓은 범위를 갖는 반면 $60\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율은 좁은 범위를 가짐으로, $10\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자와 비교하여 $60\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율이 향상됨을 알 수 있다.
- [0122] 도 15를 참조하면, 광학 소자의 두께가 변화($10\ \mu\text{m} \rightarrow 1000\ \mu\text{m}$)에 따라 회절된 광이 거동하는 경로의 생성 또한 증가하는 것을 확인할 수 있다. 특히, $100\ \mu\text{m}$ 이상의 두께에서는 다수의 경로가 생성되는 것이 확인됨으로, $100\ \mu\text{m}$ 이상의 두께에서는 광학적 손실이 발생되어 광학 소자의 회절 효율이 감소됨을 알 수 있다.
- [0123] 도 16을 참조하면, $10\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자와 비교하여 $60\ \mu\text{m}$ 두께 광학 소자의 회절 효율(η)이 현저하게 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0124] 즉, 도 13 내지 도 16을 통해 광학 소자의 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이의 굴절률 차이 뿐만 아니라 광학 소자의 두께 또한 광학 소자의 회절 효율에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 이에 따라, 본 발명은 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역 사이의 굴절률 차이 및 광학 소자의 두께를 이용하여 상기 광학 소자의 회절 효율을 향상시키는 방법을 구체적으로 제시한다.
- [0125] 도 17은 광학 소자의 두께와 굴절률 변조값 사이의 관계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0126] 광학 소자의 두께(d)와 굴절률 변조값(Δn_{Gp}) 사이의 관계는 도 17에 도시된 바와 같이 나타날 수 있고, 이를 통

해 광학 소자의 회절 효율을 향상시킬 수 있는 방법을 도출하였다. 구체적으로, 아래의 <수학식 4>로 표현되는 위상 축적(phase accumulation)을 이용하여 <수학식 5>로 표현되는 광학 소자의 회절 효율이 도출될 수 있고, <수학식 4>로 표현되는 위상 축적이 $\pi/2$ 를 만족할 때 회절 효율이 최대화될 수 있다.

[0127] <수학식 4>

$$Phase\ accumulation = \frac{\frac{1}{2}\Delta n_{Gp}d\pi}{\lambda\cos\theta}$$

[0128] <수학식 5>

$$\eta = \sin^2\left(\frac{\frac{1}{2}\Delta n_{Gp}d\pi}{\lambda\cos\theta}\right)$$

[0131] (η : 광학 소자의 회절 효율, Δn_{Gp} : 제1 영역 및 제2 영역의 굴절률 차이 최대값으로 정의되는 굴절률 변조값, d : 광학 소자의 두께, λ : 광학 소자에 조사되는 광의 파장, θ : 광학 소자의 상부면의 법선과 광학 소자에 조사되는 광 사이의 각도)

[0132] <수학식 4>에서 확인할 수 있듯이, 광학 소자에 조사되는 광의 파장(λ) 및 광학 소자의 상부면의 법선과 광학 소자에 조사되는 광 사이의 각도(θ)가 고정된 경우, 위상 축적(phase accumulation)은 굴절률 변조값(Δn_{Gp}) 및 두께(d)에 의해 결정되는 것을 알 수 있다. 이에 따라, 광학 소자를 제조함에 있어, 위상 축적이 $\pi/2$ 를 갖도록 광학 소자의 굴절률 변조값(Δn_{Gp}) 및 두께(d)를 제어함으로써 광학 소자의 회절 효율을 최대화시킬 수 있다. 또한, 회절 효율이 최대화된 광학 소자는 광학적 신호를 생성함에 있어 불필요한 주파수 성분들의 영향을 최소화할 수 있으므로, 원하는 광학적 신호만을 생성할 수 있다.

[0134] 이상, 본 발명의 실시 예에 따른 광학 소자의 회절 효율 향상 방법이 설명되었다. 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 광반응성 고분자 조성물에 대한 구체적인 실험 예가 설명된다.

[0135] 실험 예에 따른 광반응성 고분자 조성물 및 이를 이용한 광학 소자 제조

[0136] PNB-g-PMMA 고분자 매트릭스, BzMA 모노머, Irgacure-784 광 개시제, 및 anisole 용매를 혼합하여 실험 예 3에 따른 광반응성 고분자 조성물을 제조하고, 제조된 광반응성 고분자 조성물에 광을 조사하여 광학 소자를 제조하였다.

[0137] 상술된 실험 예에 따른 광반응성 고분자 조성물의 조성을 다양하게 변경하고, 변경된 조성에 따른 광학 소자의 특성을 평가하였다. 평가된 결과는 아래의 <표 1>을 통해 정리된다.

표 1

구분	Ex 1	Ex 2	Ex 3	Ex 4	Ex 5	Ex 6	Ex 7	Ex 8
PNB-g-PMMA (wt%)	19	20	20	20	20	19	29	17
BzMA (wt%)	19	16	18	19.8	19	19	10	30
Irgacure (wt%)	2	4	2	0.2	1	2	1	3
Anisole (wt%)	60	60	60	60	60	60	60	60
Thickness (μm)	200	220	220	200	180	25	25	25
Efficiency (%)	60	82	85	52	39	7	6	9

[0139] <표 1>에서 확인할 수 있듯이, 광반응성 고분자 조성물의 조성에 따라 회절 효율(Efficiency, %)의 차이가 현저하게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 특히, 고분자 매트릭스(PNB-g-PMMA) 20 wt%, 모노머 16 wt% 이상 18 wt%

이하, 광개시제 2 wt% 이상 4 wt% 이하, 및 용매 60 wt%의 조성을 갖는 경우 82 내지 85 %의 높은 회절 효율을 가질 수 있음을 알 수 있다.

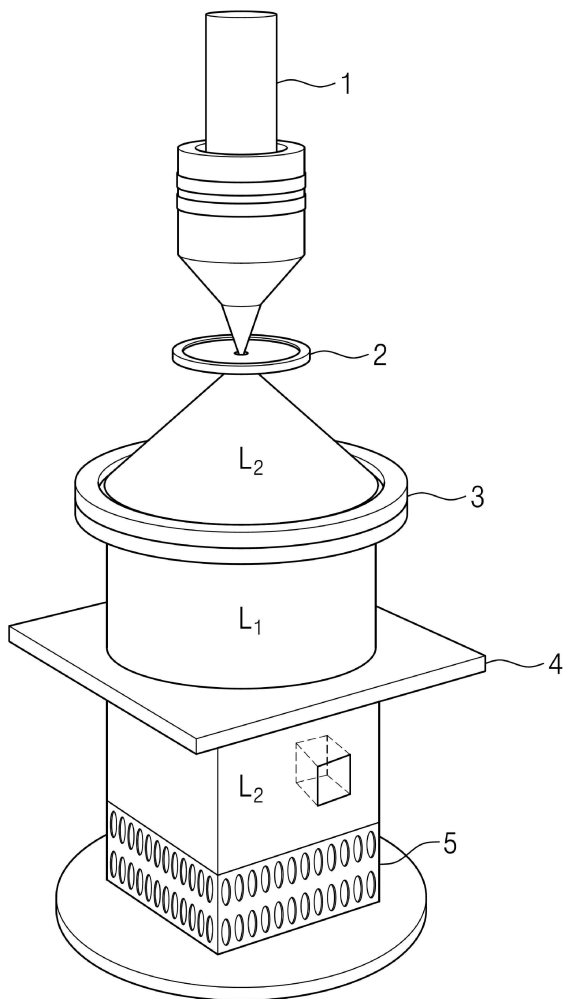
[0141] 이상, 본 발명을 바람직한 실시 예를 사용하여 상세히 설명하였으나, 본 발명의 범위는 특정 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 첨부된 특허청구범위에 의하여 해석되어야 할 것이다. 또한, 이 기술분야에서 통상의 지식을 습득한 자라면, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않으면서도 많은 수정과 변형이 가능함을 이해하여야 할 것이다.

부호의 설명

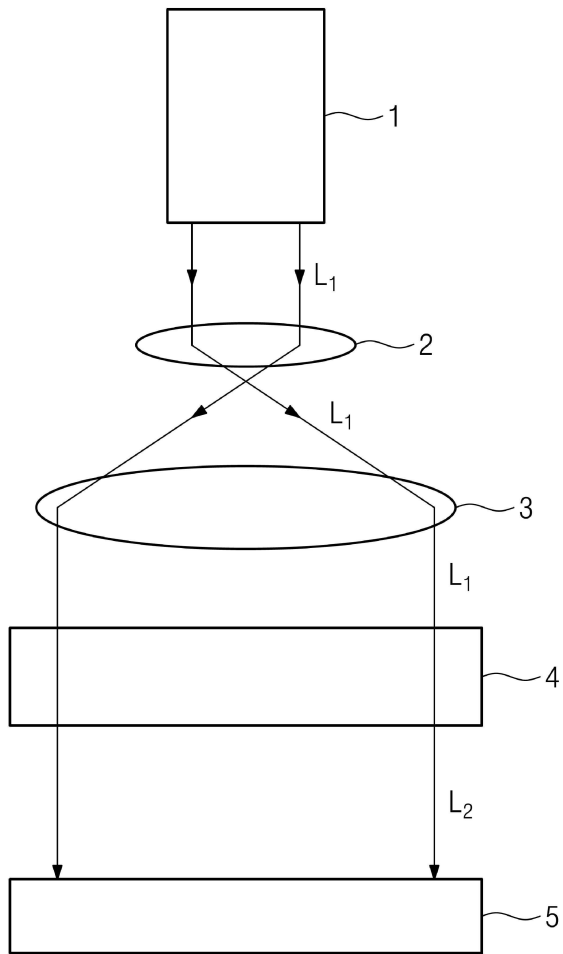
- [0142]
- 1: 광원
 - 2, 3: 제1 렌즈, 제2 렌즈
 - 4: 광 변조 소자
 - 5: 광 기록 매체

도면

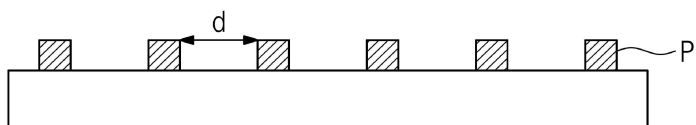
도면1



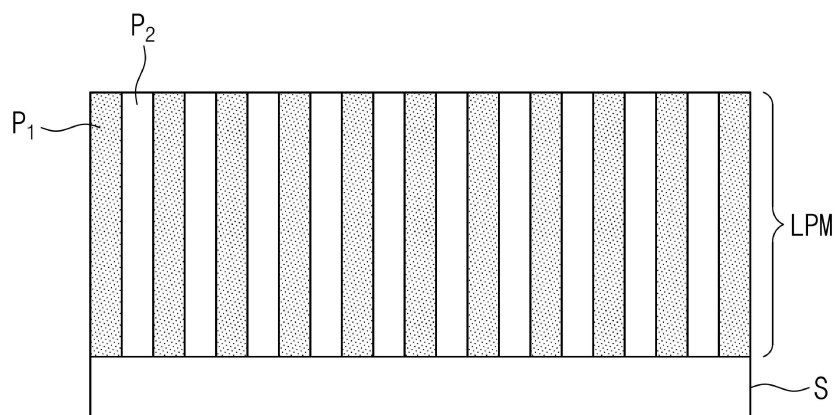
도면2



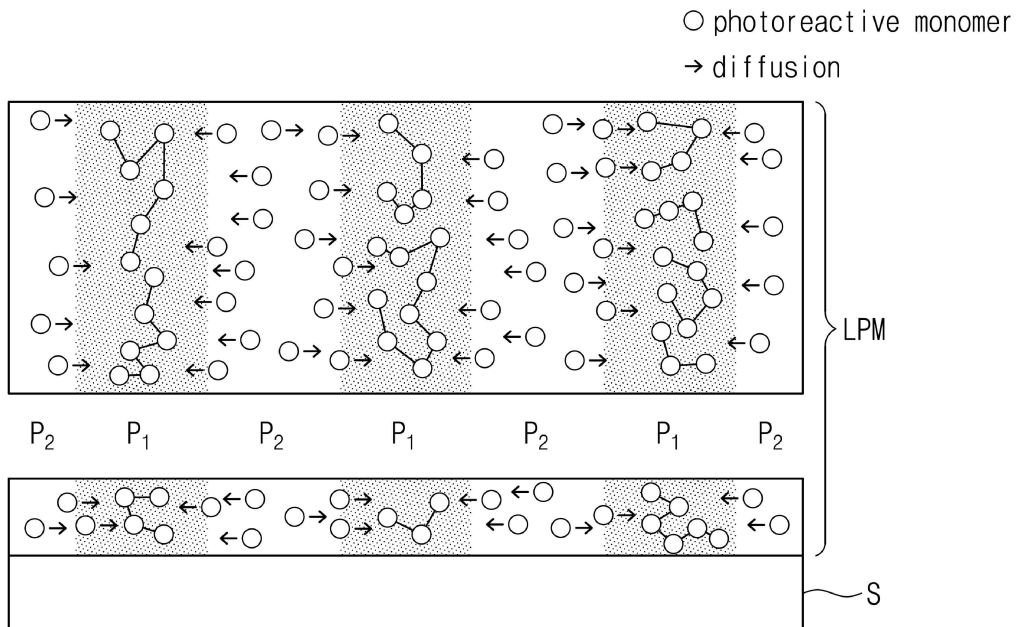
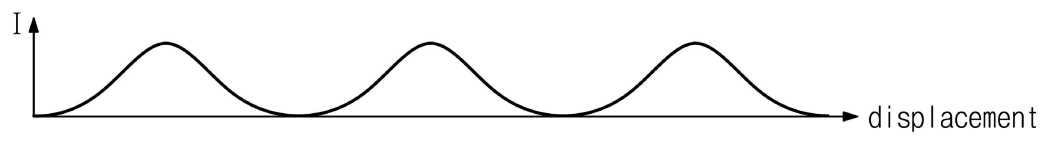
도면3



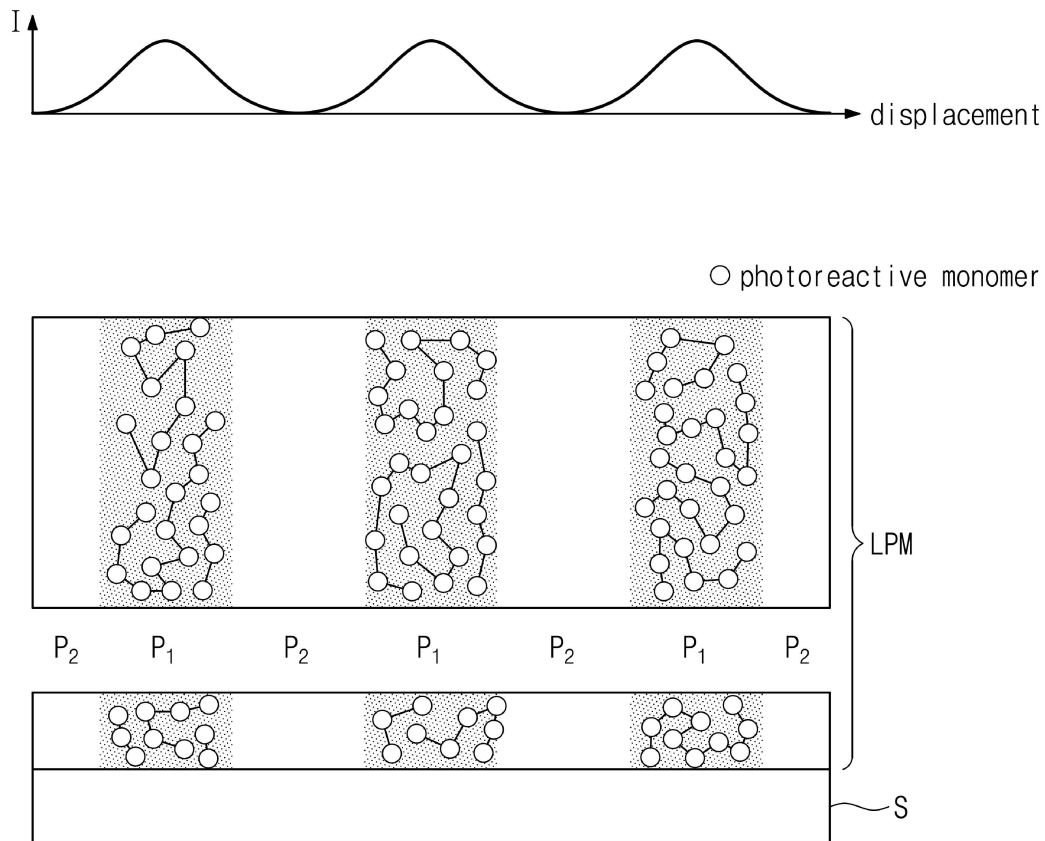
도면4



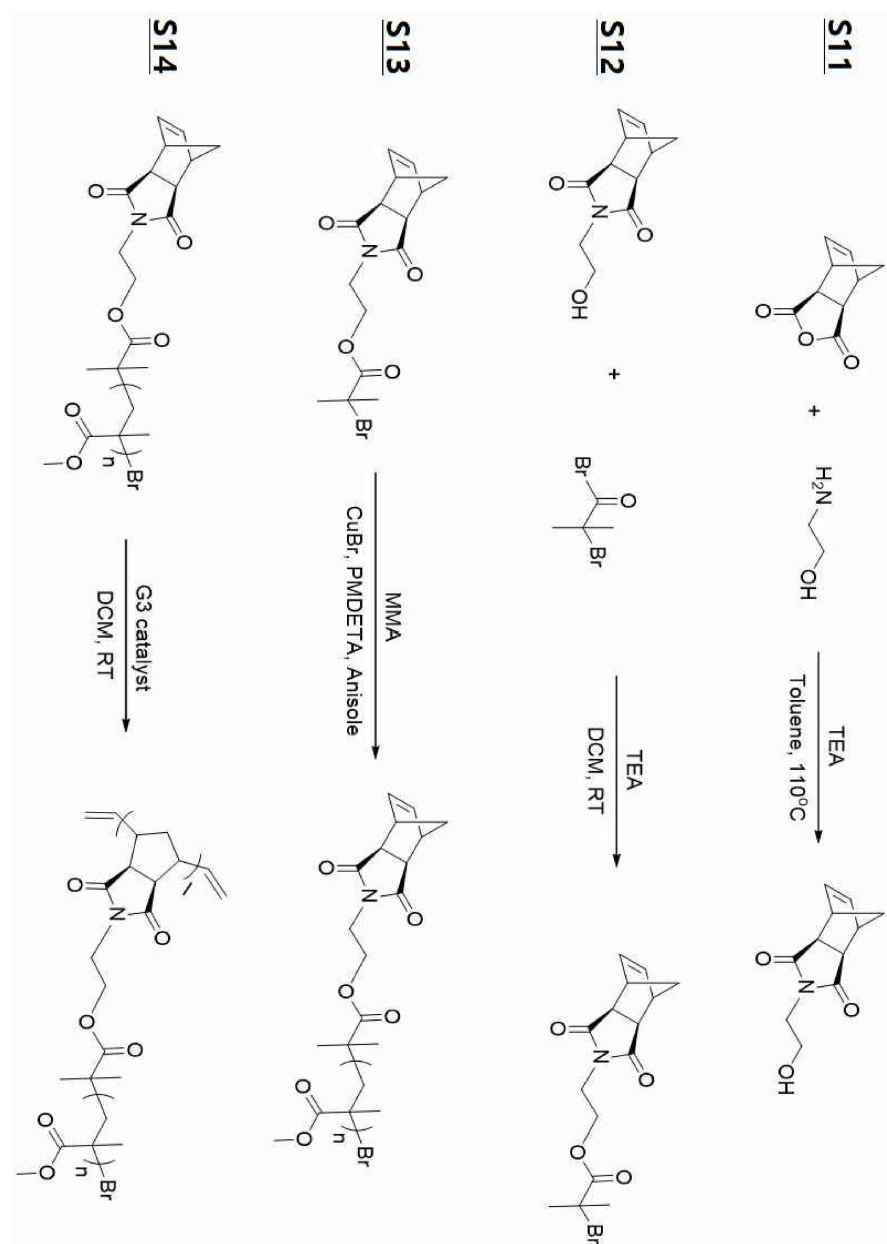
도면5



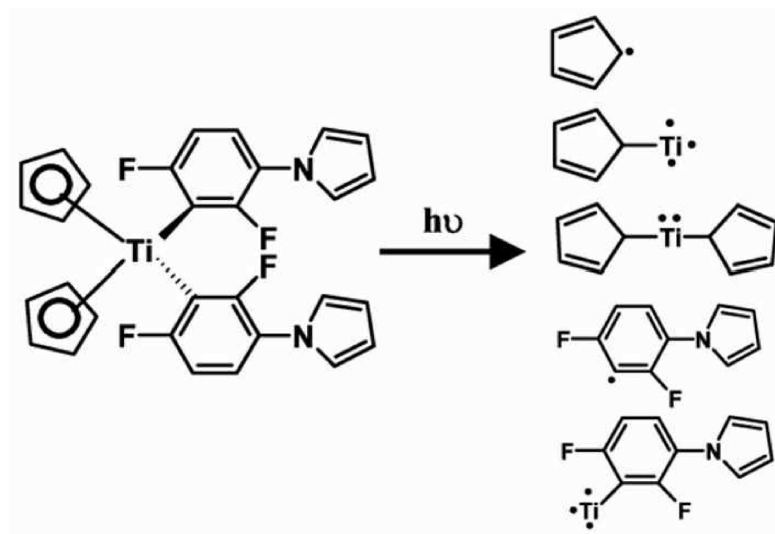
도면6



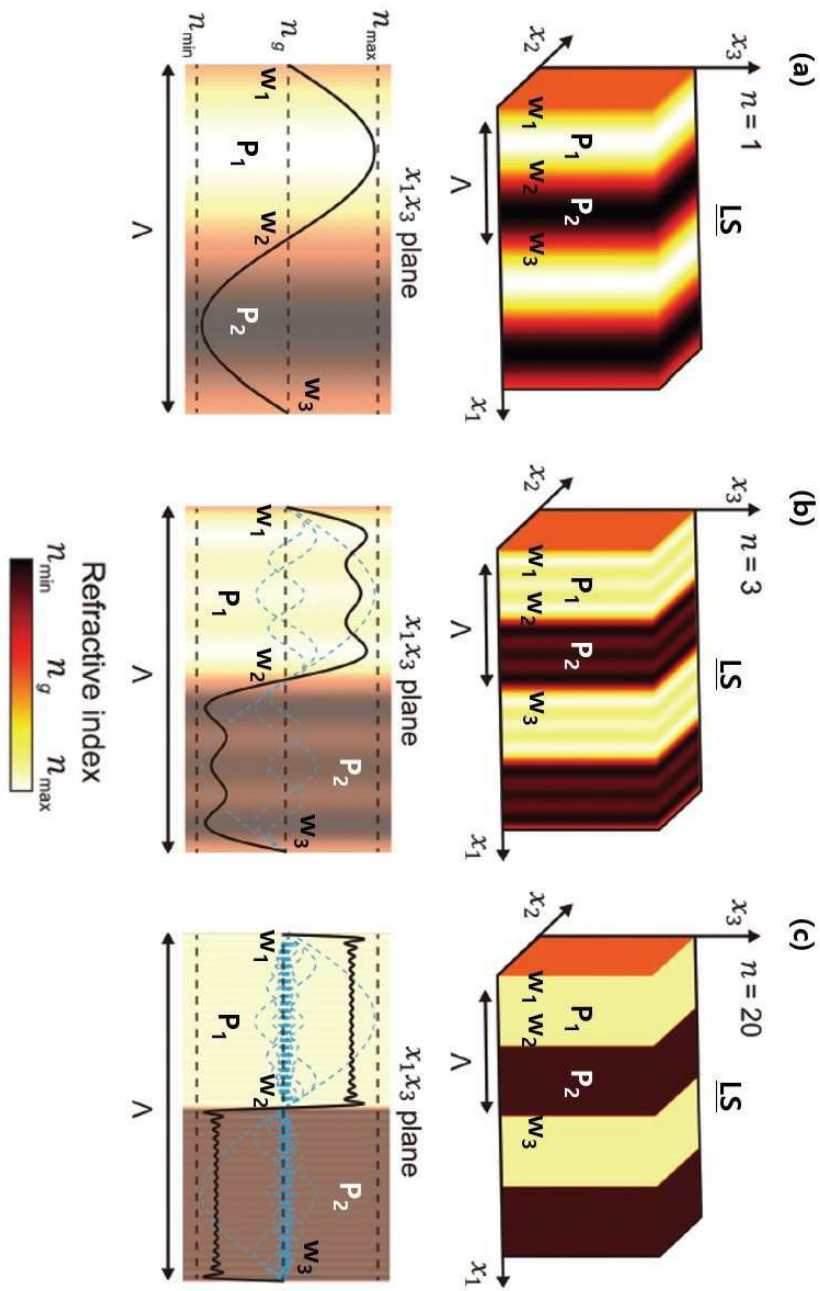
도면7



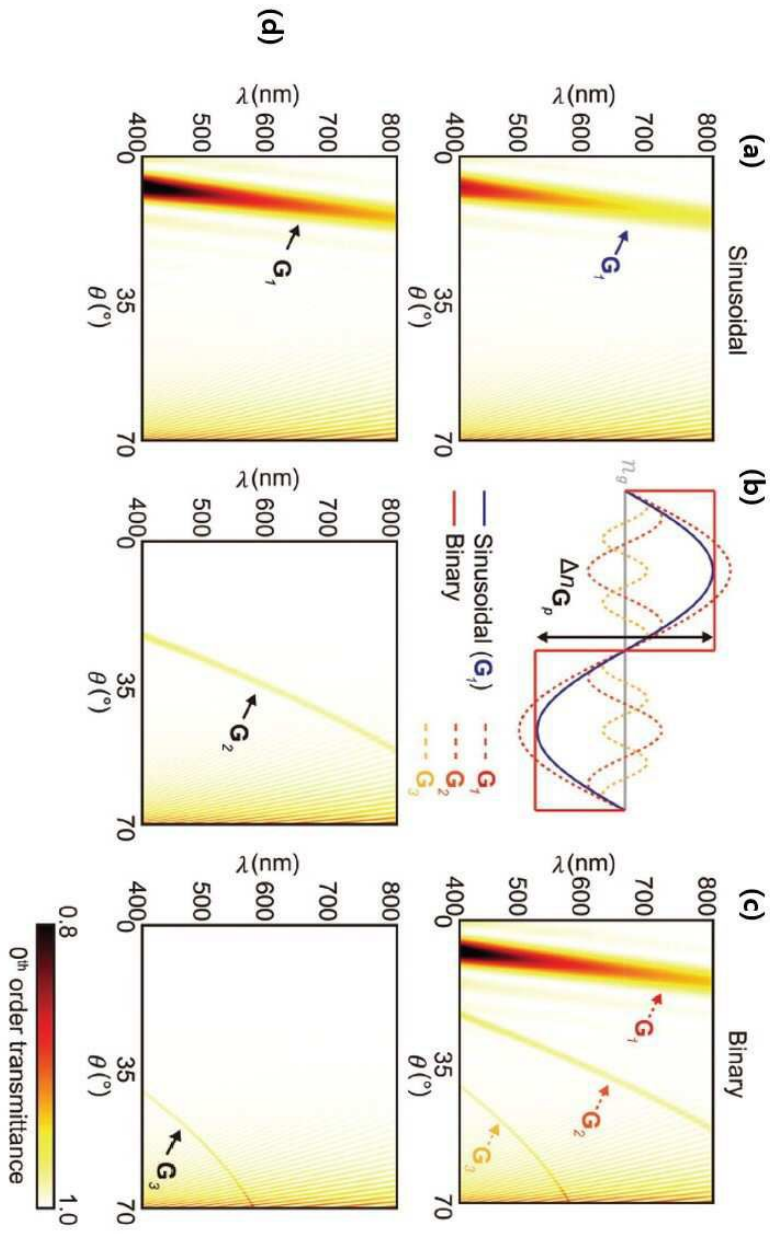
도면8



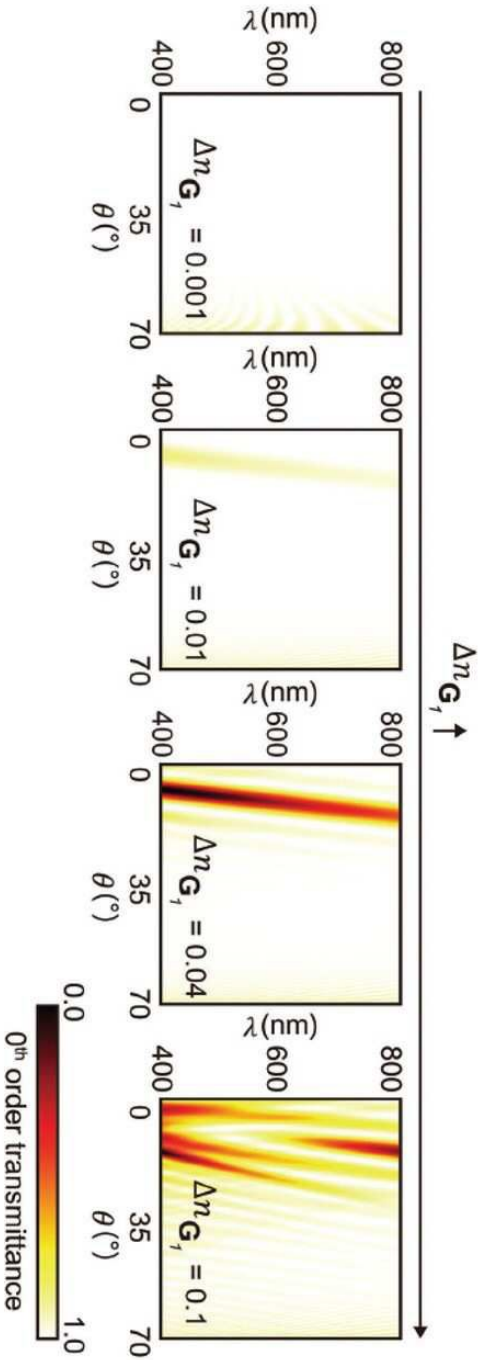
도면9



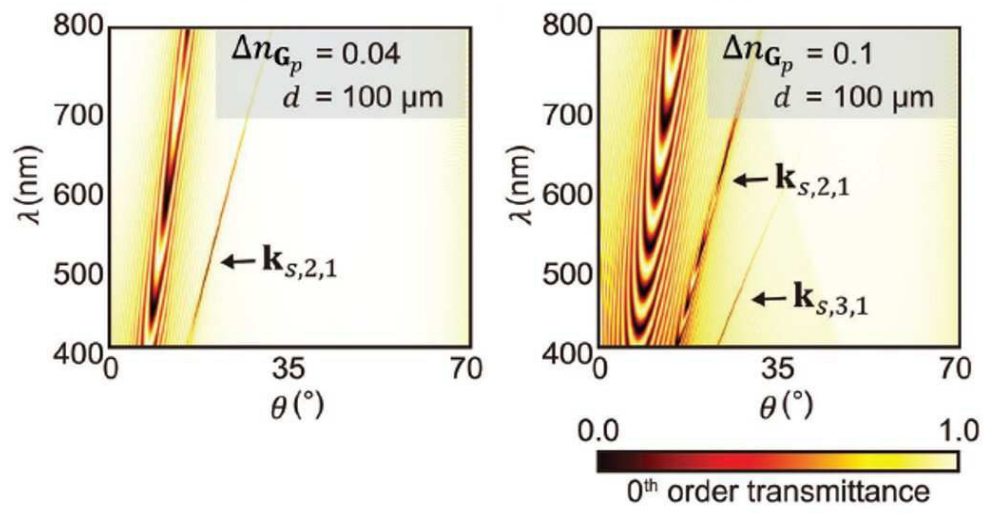
도면10



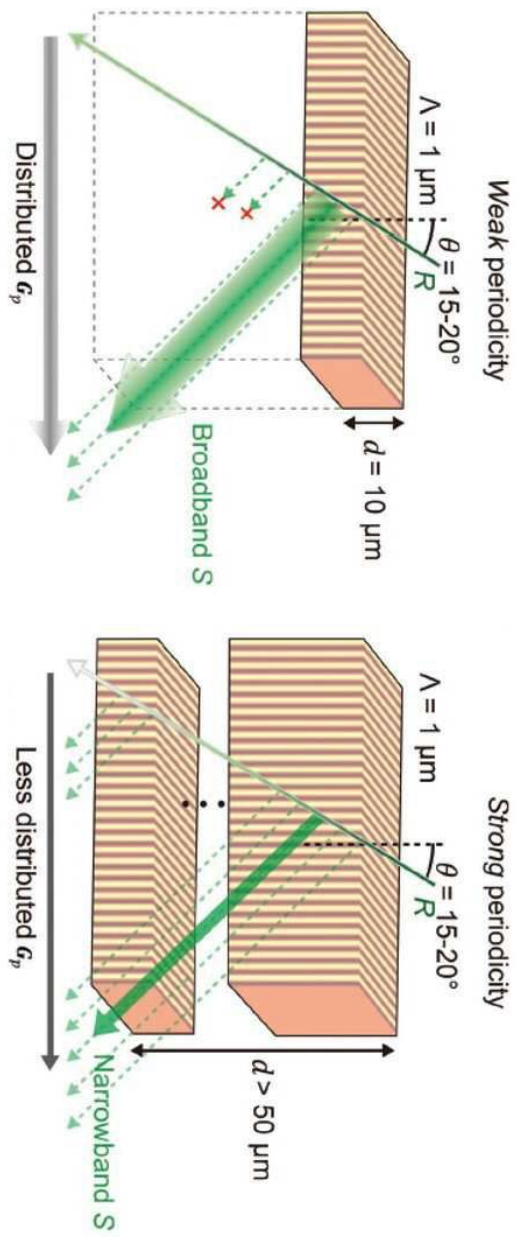
도면11



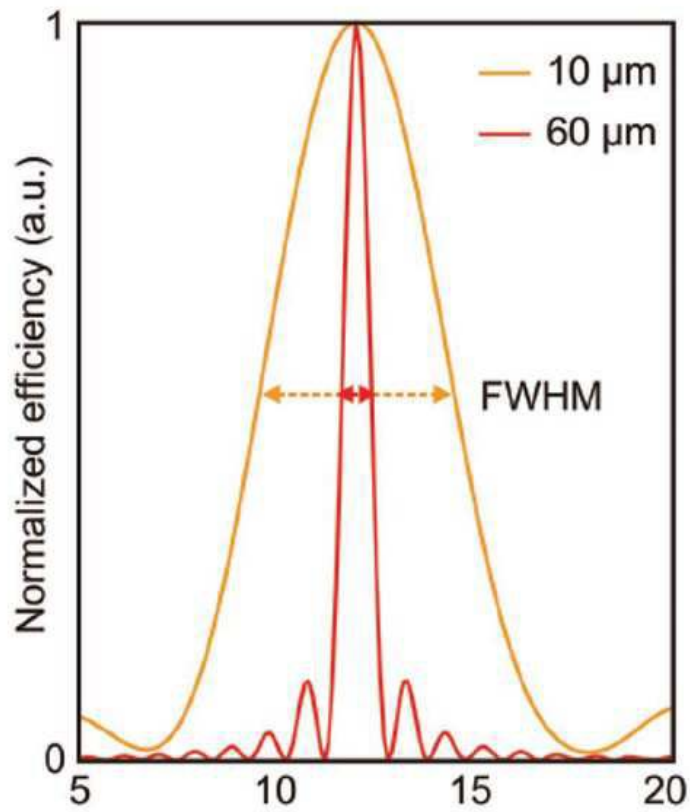
도면12



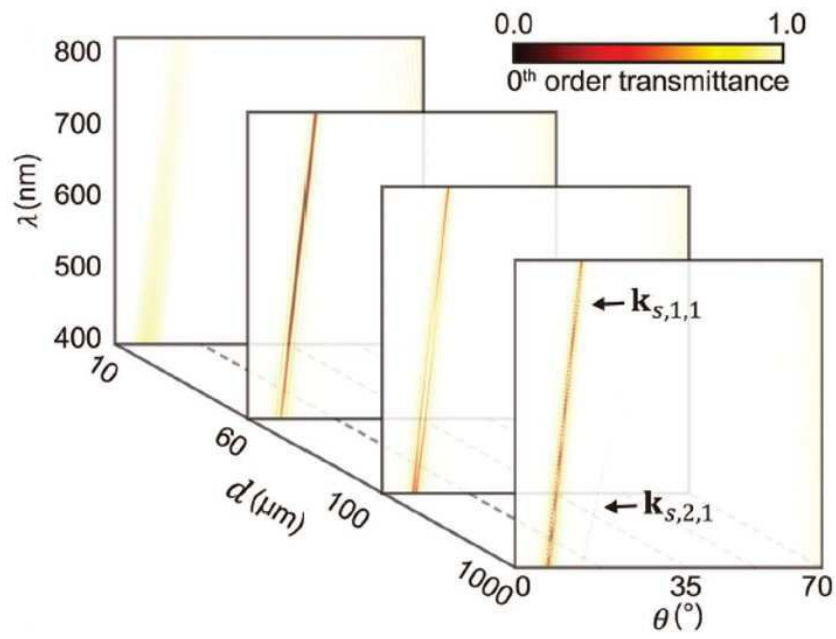
도면13



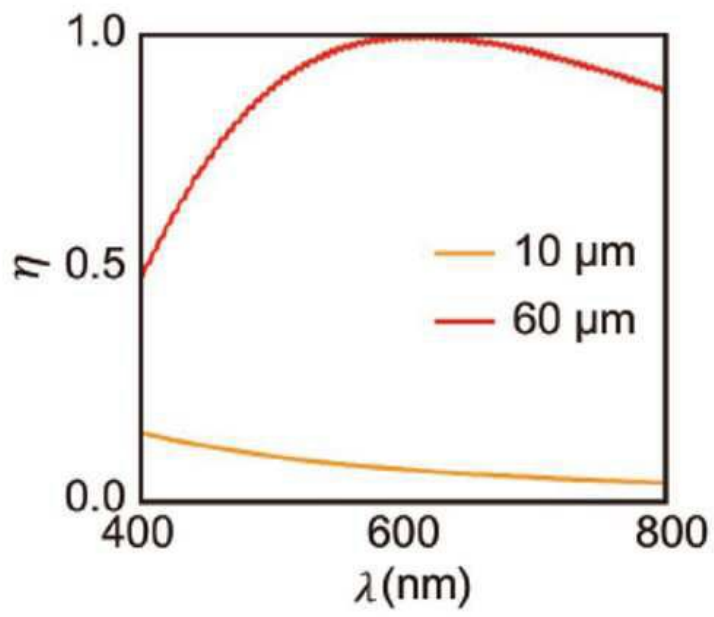
도면14



도면15



도면16



도면17

