(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0131824
(43) 공개일자 2024년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 3/00 (2022.01) *C03B 11/08* (2006.01)
C03C 15/00 (2006.01) *C03C 3/32* (2006.01)
G02B 1/00 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G02B 3/00 (2022.01)
C03B 11/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0025366
(22) 출원일자 2023년02월24일
심사청구일자 2023년02월24일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박형렬
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리, 울산과 학기술원)
남궁선
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리, 울산과 학기술원)
이형택
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리, 울산과 학기술원)
(74) 대리인
특허법인 수

전체 청구항 수 : 총 14 항

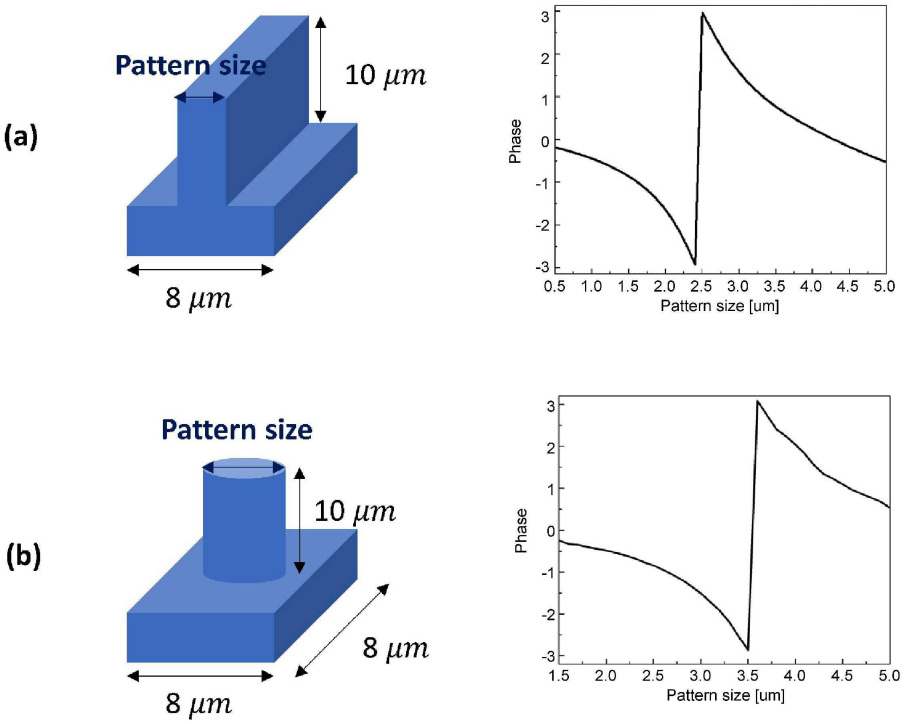
(54) 발명의 명칭 **칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 칼코게나이드 메타렌즈를 구성하며, 소정의 패턴부를 갖는 단위 렌즈를 설계하는 단계; 상기 단위 렌즈를 시뮬레이션하여 위상에 따른 패턴부의 패턴 크기를 변수로 하는 그래프를 얻는 단계; 광의 파장(λ), 렌즈의 초점거리(f),

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



렌즈상의 가로값(x)과 세로값(y)으로 표현되는 단위 렌즈의 위치 좌표값을 포함하는 하기 스넬의 공식에 따라서 소정 크기의 메타렌즈의 형성에 필요한 위상값을 도출하여 위상맵을 제작하는 단계; 및 상기 위상맵에서 임의의 y값을 기준으로 측정된 위상맵에서의 x값의 변화에 따른 위상값을 소정의 간격으로 이산화하고, 각 위상값 중 최소값과 최대값을 제외한 나머지 균분된 위상값의 해당되는 좌표에 상기 단위 렌즈가 배치되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 패턴화하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법, 그리고 이로부터 제조되는 메타렌즈를 제공한다.

(52) CPC특허분류
C03C 15/00 (2013.01)
C03C 3/321 (2013.01)
G02B 1/002 (2013.01)
C03B 2201/86 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711177945
과제번호	2022-IT-RD-0009-01
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	(재단)연구개발특구진흥재단
연구사업명	연구개발특구육성
연구과제명	2022년 강소특구 지역 특성화 육성 사업(울산울주강소특구)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.03.10 ~ 2023.03.09

명 세 서

청구범위

청구항 1

칼코게나이드 메타렌즈를 구성하며, 소정의 패턴부를 갖는 단위 렌즈를 설계하는 단계;

상기 단위 렌즈를 시뮬레이션하여 위상에 따른 패턴부의 패턴 크기를 변수로 하는 그래프를 얻는 단계;

광의 파장(λ), 렌즈의 초점거리(f), 렌즈상의 가로값(x)과 세로값(y)으로 표현되는 단위 렌즈의 위치 좌표값을 포함하는 하기 스넬의 공식에 따라서 소정 크기의 메타렌즈의 형성에 필요한 위상값을 도출하여 위상맵을 제작하는 단계; 및

상기 위상맵에서 임의의 y값을 기준으로 측정된 위상맵에서의 x값의 변화에 따른 위상값을 소정의 간격으로 이산화하고, 각 위상값 중 최소값과 최대값을 제외한 나머지 균분된 위상값의 해당되는 좌표에 상기 단위 렌즈가 배치되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 패턴화하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

$$\varphi = 2\pi - \frac{2\pi}{\lambda}(\sqrt{(x^2 + y^2 + f^2)} - f)$$

여기서, Ψ는 위상값이다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 패턴부는,

칼코게나이드 재질의 투광성 소재상에 형성되며, 소정의 패턴 크기와 높이를 가지는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 패턴부는,

상기 투명기판상에서 선형 패턴을 형성하며, 상기 선형 패턴은 동일한 위상값을 갖는 위치에 연속적으로 형상화되어 하나의 폐곡선을 형성하는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 하나의 폐곡선을 형성하는 패턴부는, 해당 패턴부 전체에 대하여 동일한 패턴 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 패턴부는,

상기 투명기판상에서 도트 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 도트 패턴이 포함하는 패턴부의 패턴 크기는 동일한 위상값에 대하여 동일하게 구현되어 배치되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 7

제3항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 패턴부는 높이 전체에 대해서 일정한 폭을 갖도록 설계되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 패턴 크기는,

상기 위상맵에서 이산화된 위상값 중 균분된 위상값 각각의 구간에서 나타내는 가로값(x값)의 길이에 해당되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 패턴 크기는,

장파장 적외선 영역의 파장 이하의 폭을 갖도록 설계되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 패턴 크기는,

장파장 적외선 영역의 최소 파장인 8㎛를 초과하지 않는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 단위 렌즈가 배치되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 패턴화하는 단계; 이후에는,

반응 이온 에칭(RIE, reactive ion etching) 방법에 의하여 칼코게나이드 소재의 표면을 에칭가공하여 패턴부가 돌출되도록 칼코게나이드 소재의 표명을 가공하는 단계;

가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 단위 렌즈가 배치되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 패턴화하는 단계; 이후에는,

펨토초 레이저로 칼코게나이드 소재의 표면을 가공하는 레이저 가공 방법에 의하여 칼코게나이드 소재의 표면을 에칭가공하여 패턴부가 돌출되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 가공하는 단계;

가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법.

청구항 13

제1항의 방법에 의하여 제조되며,

칼코게나이드 재질의 투광성 소재상에 형성되며, 소정의 패턴 크기와 높이를 가진 패턴부가 포함되고, 상기 패턴 크기가 위상값에 대응되는 값을 갖도록 설계되는 단위 렌즈를 기본단위로 하여, 상기 단위 렌즈가 배열되어 형성되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 패턴 크기는 동일한 위상값을 갖는 위치에서는 동일한 값을 나타내도록 구현되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 메타렌즈의 제조방법을 통해 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 렌즈를 제조하며, 특히 메타렌즈를 이루는 단위 렌즈를 설계하고, 상기 단위 렌즈의 폭을 위상맵을 통하여 파악되는 위상값에 따라서 결정한 후, 해당 위상값에 대응되는 폭을 갖는 단위렌즈를 위상맵에 대응되는 렌즈의 표면에 위치시킴으로써 간이하게 메타렌즈를 제조할 수 있도록 하였다.

배 경 기 술

[0003] 메타렌즈는 재료의 표면에 패턴을 형성하여 렌즈로 제조된 것을 말하며, 궁극적으로는 표면에 나노 패턴을 규칙적으로 배열한 평평한 렌즈이다. 유리렌즈의 경우에는 특정 초점거리를 갖기 위해 곡률, 두께 및 물질의 굴절률을 이용하는 반면, 메타렌즈는 평면상에서 위상맵(phase map)을 통하여 특정 초점거리를 갖게 할 수 있으므로 곡률이 0인 평면이며, 두께도 메타원자의 높이 정도의 두께(수~수십 ㎛)이다. 추가로, 구면의 형태를 가지고 있지 않으므로 기본적으로 구면수차가 없다는 장점이 있다.

[0004] 메타렌즈를 구현하기 위하여 패턴화된 재료는 빛을 독특한 방식으로 굴절시키거나 반사시킨다. 재료의 특성이 변함에 따라 표면의 광학 기능도 달라진다. 물질이 가열된 후 원자 구조가 바뀌고 이에 반응하여 표면은 빛의 방향을 바꾸어 더 먼 물체에 초점을 맞춘다.

[0005] 이러한 메타렌즈는 드론, 휴대폰 또는 야간 투시경 등으로 이용될 수 있으며, 소형 줌 렌즈로도 이용될 수 있어 다양한 용도가 기대되고 있다.

[0006] 한편, 칼코게나이드 소재(chalcogenide material)는 Ge, As Sb, S, Se 칼코겐 원소를 포함하고 있으며, 다양한 첨가물에 의한 특성을 가진 소재를 말한다. 칼코게나이드 소재는 장파장 적외선 영역에서 약 2.6 정도의 고굴절률을 갖는 소재로, 몰드성형 칼코게나이드 렌즈를 적용한 열화상 카메라는 가정용에서 산업용에 이르기까지 다양한 범위로 확대되고 있다.

[0007] 하지만, 기존의 방식대로 렌즈를 만들면 수 ㎝에 달하는 두께를 갖게 되어 두께가 지나치게 두꺼워지며, 따라서 열화상 카메라, 자율주행차용 나이트비전 카메라, 적외선 센서 등의 제품의 크기가 커지는 주 원인이 되는 문제점이 있다. 그러므로, 이를 수십 ㎛ 두께의 렌즈로 만들면 장파장 적외선(파장: 8~14 ㎛) 제품들에서의 활용도가 더욱 증가할 것으로 예상된다.

[0008] 한편, 많은 메타렌즈 연구들은 가시광선(visible) 영역 (파장 400~800㎚)에서 수행되어 패턴 크기가 나노미터정도이므로 포토리소그래피 방식으로는 회절한계 때문에 패턴을 제작하는데 한계가 있다. 포토리소그래피 방식은 대체로 1㎛의 크기까지의 패턴 제작에 사용되기 때문이다.

[0009] 그러므로, 가시광선 영역에서의 패턴 형성을 위해서는 고가 장비를 사용해야 하는 e-beam lithography, DUV, EUV 등의 방법을 이용하여야만 한다. 그러나, 이는 제품의 제작단가를 높이는 요인이 되어 경제성 면에서 불리한 점이 존재한다.

[0010] 그러나, 중적외선 영역은 파장이 수 ㎛로 가시광선 영역에 비하여 크므로 패턴의 크기도 ㎛ 스케일의 크기가 되며, 따라서 포토리소그래피가 가능하다고 할 수 있어 경제성 측면에서 중적외선 영역의 파장을 이용하는 메타렌

즈는 제작이 가능하다고 할 수 있다. 특히 칼코게나이드 소재에 이러한 방법을 적용한 사례는 전무하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허 제2022-0042406호 (2022.04.05)

(특허문헌 0002) 대한민국공개특허 제2022-0145587호 (2022.10.31)

(특허문헌 0003) 대한민국공개특허 제2018-0159470호 (2018.12.11.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명은 단위 렌즈를 설계하고, 위상맵을 구현하여 단위 렌즈가 갖는 폭에 대응되는 위상값을 도출한 후, 그 위상값에 대하여 단위 렌즈를 배치하도록 가공함으로써, 종래의 메타렌즈 제조공정을 칼코게나이드 소재의 메타렌즈 제조과정에 효과적으로 응용한 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명은 기존의 공정으로 렌즈를 제조하는 경우 렌즈의 두께가 과도하게 두꺼워지는 문제를 해결하여 얇으면서도 소형화된 렌즈를 제조할 수 있도록 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈를 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명은 전술한 목적을 달성하기 위하여, 칼코게나이드 메타렌즈를 구성하며, 소정의 패턴부를 갖는 단위 렌즈를 설계하는 단계; 상기 단위 렌즈를 시뮬레이션하여 위상에 따른 패턴부의 패턴 크기를 변수로 하는 그래프를 얻는 단계; 광의 파장(λ), 렌즈의 초점거리(f), 렌즈상의 가로값(x)과 세로값(y)으로 표현되는 단위 렌즈의 위치 좌표값을 포함하는 하기 스넬의 공식에 따라서 소정 크기의 메타렌즈의 형성에 필요한 위상값을 도출하여 위상맵을 제작하는 단계; 및 상기 위상맵에서 임의의 y값을 기준으로 측정된 위상맵에서의 x값의 변화에 따른 위상값을 소정의 간격으로 이산화하고, 각 위상값 중 최소값과 최대값을 제외한 나머지 균분된 위상값의 해당되는 좌표에 상기 단위 렌즈가 배치되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 패턴화하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법을 제공한다.

[0017] $$\varphi = 2\pi - \frac{2\pi}{\lambda}\left(\sqrt{(x^2 + y^2 + f^2)} - f\right)$$

[0018] 여기서, Ψ는 위상값이다.

[0019] 상기 패턴부는, 칼코게나이드 재질의 투광성 소재상에 형성되며, 소정의 패턴 크기와 높이를 가지는 것이 바람직하다.

[0020] 상기 패턴부는, 상기 투명기판상에서 선형 패턴을 형성하며, 상기 선형 패턴은 동일한 위상값을 갖는 위치에 연속적으로 형상화되어 하나의 폐곡선을 형성하는 것이 바람직하다.

[0021] 상기 하나의 폐곡선을 형성하는 패턴부는, 해당 패턴부 전체에 대하여 동일한 패턴 크기를 갖는 것이 바람직하다.

[0022] 상기 패턴부는, 상기 투명기판상에서 도트 패턴을 형성하는 것이 바람직하다.

[0023] 상기 도트 패턴이 포함하는 패턴부의 패턴 크기는 동일한 위상값에 대하여 동일하게 구현되어 배치되는 것이 바람직하다.

[0024] 상기 패턴부는 높이 전체에 대해서 일정한 폭을 갖도록 설계되는 것이 바람직하다.

[0025] 상기 패턴 크기는, 상기 위상맵에서 이산화된 위상값 중 균분된 위상값 각각의 구간에서 나타내는 가로값(x값)의 길이에 해당되는 것이 바람직하다.

[0026] 상기 패턴 크기는, 장파장 적외선 영역의 파장 이하의 폭을 갖도록 설계되는 것이 바람직하다.

[0027] 상기 패턴 크기는, 장파장 적외선 영역의 최소 파장인 8㎛를 초과하지 않는 것이 바람직하다.

[0028] 상기 단위 렌즈가 배치되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 패턴화하는 단계; 이후에는, 반응 이온 에칭(RIE, reactive ion etching) 방법에 의하여 칼코게나이드 소재의 표면을 에칭가공하여 패턴부가 돌출되도록 칼코게나이드 소재의 표명을 가공하는 단계;가 더 포함되는 것이 바람직하다.

[0029] 상기 단위 렌즈가 배치되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 패턴화하는 단계; 이후에는, 펨토초 레이저로 칼코게나이드 소재의 표면을 가공하는 레이저 가공 방법에 의하여 칼코게나이드 소재의 표면을 에칭가공하여 패턴부가 돌출되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 가공하는 단계;가 더 포함되는 것이 바람직하다.

[0030] 또한, 본 발명은 칼코게나이드 재질의 투광성 소재상에 형성되며, 소정의 패턴 크기와 높이를 가진 패턴부가 포함되고, 상기 패턴 크기가 위상값에 대응되는 값을 갖도록 설계되는 단위 렌즈를 기본단위로 하여, 상기 단위 렌즈가 배열되어 형성되는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈를 제공한다.

[0031] 상기 패턴 크기는 동일한 위상값을 갖는 위치에서는 동일한 값을 나타내도록 구현되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0033] 본 발명은 단위 렌즈를 설계하고, 위상맵을 구현하여 단위 렌즈가 갖는 폭에 대응되는 위상값을 도출한 후, 그 위상값에 대하여 단위 렌즈를 배치하도록 가공함으로써, 종래의 메타렌즈 제조공정을 칼코게나이드 소재의 메타렌즈 제조과정에 효과적으로 응용할 수 있다.

[0034] 본 발명은 기존의 공정으로 렌즈를 제조하는 경우 렌즈의 두께가 과도하게 두꺼워지는 문제를 해결하여 얇으면서도 소형화된 렌즈를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 단위 렌즈(meta atom)의 형태에 관한 모식도 및 이들 단위 렌즈에 대하여 위상에 따른 패턴 크기(패턴 폭)을 변수로 하여 나타낸 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 단위 렌즈를 배치하기 위하여 소정의 크기를 갖는 렌즈상에서 소정의 주기와 촛점에 기반하여 작성된 위상맵과 위 위상맵에서 y=0으로 고정한 상태에서 x값을 변수로 하여 위상값을 그래프로 나타낸 것이다.

도 3은 도 2의 y=0으로 고정한 상태에서 x값을 변수로 하여 나타낸 위상값과 단위 렌즈의 배치관계를 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 실시예들에 의한 단위렌즈를 렌즈상에 배치한 것을 나타내는 모식도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 의한 메타렌즈를 제작하고, 위 메타렌즈의 임의의 횡단면을 통하여 실제로 렌즈의 역할을 하는지에 대한 시뮬레이션을 수행한 그래프를 나타낸 것이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 의한 메타렌즈를 제작하고, 위 메타렌즈의 3차원 영역에서 실제로 렌즈의 역할을 하는지에 대한 시뮬레이션을 수행한 그래프를 나타낸 것이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 메타렌즈를 일반적인 센서 크기에 대응되는 크기로 제작할 수 있음을 설명하기 위한 위상맵 및 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 의한 메타렌즈를 해당 단위 렌즈와 함께 캐드도면의 평면도로 나타낸 것으로서, 선형 패턴을 나타낸다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 의한 메타렌즈를 해당 단위 렌즈와 함께 캐드도면의 평면도로 나타낸

것으로서, 도트형 패턴을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하에서는 본 발명을 첨부되는 도면과 바람직한 실시예를 기초로 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0039] 본 발명에서 활용한 메타렌즈는 파장 이하의 구조물을 주기적으로 배열하여 빛의 위상을 조절하는 방식을 이용한다. 장파장 적외선 영역은 8~14 ㎛의 파장을 가지고 있으며, 위 파장 이하의 주기를 갖도록 구조물을 적절한 크기로 설계할 경우 반도체 공정에서 흔히 이용하는 ~1 ㎛ 정도의 분해능을 가지고 있는 포토리소그래피(photolithography) 공정을 이용하여 대면적으로 패터닝(patterning)이 가능하다.

[0040] 이후, RIE (reactive ion etching) 등 식각 방법을 이용하여 패턴을 제외한 부분을 에칭하면 기존의 공정방식에서 벗어나지 않는 대면적의 적외선용 칼코게나이드 메타렌즈를 제작할 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 칼코게나이드 소재에 포토리소그래피 방법을 적용하여 대면적으로 제작할 수 있는 칼코게나이드 적외선 메타렌즈 설계 방안을 제안하였다.

[0041] 위 식각방법 중 다른 실시예로서 펨토초 레이저로 칼코게나이드 소재의 표면을 깎아 나가는 방식인 레이저 가공 방식을 적용할 수도 있다.

[0043] 본 발명의 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법은, 칼코게나이드 메타렌즈를 구성하며, 소정의 패턴부를 갖는 단위 렌즈를 설계하는 단계; 상기 단위 렌즈를 시뮬레이션하여 위상에 따른 패턴부의 패턴 크기를 변수로 하는 그래프를 얻는 단계; 광의 파장(λ), 렌즈의 초점거리(f), 렌즈상의 가로값(x)과 세로값(y)으로 표현되는 단위 렌즈의 위치 좌표값을 포함하는 하기 식 1의 스넬의 공식에 따라서 소정 크기의 메타렌즈의 형성에 필요한 위상맵을 제작하는 단계; 및 상기 위상맵에서 임의의 y값을 기준으로 측정된 위상맵에서의 x값의 변화에 따른 위상값을 소정의 간격으로 이산화하고, 각 위상값 중 최소값과 최대값을 제외한 나머지 균분된 위상값의 해당되는 좌표에 상기 단위 렌즈가 배치되도록 칼코게나이드 소재의 표면을 패턴화하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 칼코게나이드 소재의 장파장 적외선 메타렌즈의 제조방법을 제공한다.

[0044] $$\varphi = 2\pi - \frac{2\pi}{\lambda}\left(\sqrt{(x^2 + y^2 + f^2)} - f\right) \quad \text{(식 1)}$$

[0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 단위 렌즈(meta atom)의 형태에 관한 모식도 및 이들 단위 렌즈에 대하여 위상에 따른 패턴 크기(패턴 폭)를 변수로 하여 나타낸 그래프이다. 단위렌즈는 메타렌즈를 구성하는 패턴의 형태 및 폭에 따라서 구분되며, 도시된 바와 같이 메타렌즈상에서 돌출되어 구성되고, 단위렌즈에 포함된 패턴부의 패턴 크기(pattern size)는 메타렌즈에서의 위상값에 따라서 정해진다.

[0046] 도시된 바와 같이 단위 렌즈는 칼코게나이드 소재의 표면으로부터 돌출형성되는 패턴부를 포함하며, 패턴부는 칼코게타이드 소재의 표면 패턴화(photolithography) 및 후속 식각(etching) 공정에 따라서 최종 형성된다. 패턴부의 형태는 (a)와 같이 육면에 형상일 수 있고, (b)와 같이 실린더 형상일 수 있다. (a)는 실제로는 패턴부가 메타렌즈상에 선형으로 연장되어 폐곡선을 이루는 것으로서, 여기서는 표현상의 편의를 위해서 편(片)으로 표현하였다. (b)는 각 실린더 형태의 패턴부가 서로 독립적으로 형성 및 배열되며, 메타렌즈 상에서는 도트의 형태로 표시될 수 있다.

[0047] 패턴부의 패턴 크기는 위상에 따라서 변동되며, 위상에 따라서 정해진 패턴 크기에 따라서 구현된 단위렌즈는 칼코게나이드 소재상에 구현됨으로써 메타렌즈가 완성된다.

[0048] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 단위 렌즈를 배치하기 위하여 소정의 크기를 갖는 렌즈상에서 소정의 주기와 촛점에 기반하여 작성된 위상맵(3D contour mapping 그래프)과 위 위상맵에서 y=0으로 고정한 상태에서 x값을 변수로 하여 위상값을 그래프로 나타낸 것이다.

[0049] 이와 같은 위상맵은 Generalized Snell’s law를 이용하여 원하는 초점거리(f)에 따라서 작성된다. 여기서는 광파장 12㎛, 촛점거리 400㎛, 렌즈 크기는 150㎛×150㎛로 하였다.

[0050] 위상맵의 경우 generalized Snell’s law를 이용하며, hyperbolic phase를 이용하는 경우의 렌즈의 phase 공식

$$\varphi = 2\pi - \frac{2\pi}{\lambda}(\sqrt{(x^2 + y^2 + f^2)} - f)$$

은 를 따른다.

[0051] 여기서 Ψ는 위상값이며, x, y는 단위 렌즈(meta atom)의 위치이며, λ는 광파장, f는 초점거리를 의미한다.

[0052] 도 2에서 오른쪽에 나타낸 그래프는 위상맵 중에서 y=0인 부분에 대해서 x값을 변수로 하여 나타낸 것으로서, 원래의 위상값은 역포물선의 연속적 곡선형태를 나타내는데, 단위 렌즈의 패턴 크기(주기와 동일)가 8㎛이므로, 이를 연속적인 역포물선상에 부합시키는 것을 불가능하다. 그러므로, 본 발명에서는 2pi(π), 1.5pi, 1pi, 0.5pi, 0pi(=2pi)의 위상에 대해서만 단위 렌즈를 배치하고자 4가지 위상으로 이산화(dicretize) 하였다. 이산화된 각 위상 구간에서의 패턴 크기(주기값)가 서로 상이함을 알 수 있다. 즉, 2pi, 1.5pi, 1pi, 0.5pi, 0pi 각각 위상값에서 x값의 길이가 서로 상이함을 알 수 있다. 해당 x의 갈이는 패턴크기를 나타낸다.

[0053] 이는 도 3을 통해서 확인될 수 있다. 도 3은 도 2의 y=0으로 고정한 상태에서 x값을 변수로 하여 나타낸 위상값과 단위 렌즈의 배치관계를 나타낸 것이다. ㅇ여기서, discretized 되어있는 위치에 대하여 위상에 맞는 크기의 단위 렌즈를 배치하면 된다. 단위 렌즈에 대하여 시뮬레이션한 위상값과 매칭시켜보면, 0pi 및 2pi에는 아무것도 배치하지 않고, 1.5pi 위치에는 시뮬레이션한 단위 렌즈에서 -0.5pi에서의 패턴 크기를 갖는 단위 렌즈를, pi 위치에는 시뮬레이션한 단위 렌즈에서 pi에서의 패턴 크기를 갖는 단위 렌즈를, 0.5pi 위치에는 시뮬레이션한 단위 렌즈에서 0.5pi에서의 패턴 크기를 갖는 단위 렌즈가 배치되도록 한다.

[0054] 이와 같은 배치가 종료되면, 도 4와 같이 표현될 수 있다. 도 4는 본 발명의 실시예들에 의한 단위렌즈를 렌즈상에 배치한 것을 나타내는 모식도이다.

[0055] 실제로 렌즈의 역할을 하는지 시뮬레이션하기 위하여 도 5와 같이 단면 시뮬레이션을 실시하였다. 도 5는 본 발명의 일 실시예에 의한 메타렌즈를 제작하고, 위 메타렌즈의 임의의 횡단면을 통하여 실제로 렌즈의 역할을 하는지에 대한 시뮬레이션을 수행한 그래프를 나타낸 것이다. 여기서, 초점거리 400㎛로 시뮬레이션 하였고, 실제로 400㎛에서 12㎛ 파장의 빛에 대해 렌즈역할을 하는 것을 확인할 수 있다.

[0056] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 의한 메타렌즈를 제작하고, 위 메타렌즈의 3차원 영역에서 실제로 렌즈의 역할을 하는지에 대한 시뮬레이션을 수행한 그래프를 나타낸 것이다. 위 3차원 영역은 실린더 영역인데, 실린더 영역의 단위 렌즈 역시 시뮬레이션 결과 렌즈 역할을 잘 하는 것으로 확인되었다. 여기서는 초점 거리를 50㎛로 하여 시뮬레이션 하였다.

[0057] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 메타렌즈를 일반적인 센서 크기에 대응되는 크기로 제작할 수 있음을 설명하기 위한 위상맵 및 그래프이다. 즉, 위상맵을 이와 같이 바꾸면 실제 일반적인 센서 사이즈인 20㎜ x 20㎜ 크기의 렌즈도 제작할 수 있으며, 촛점 거리에 따라 매핑(mapping)만 다시 하고, 거기에 단위 렌즈만 배치하면 다양한 메타렌즈를 제작할 수 있다. 도시된 내용은 촛점 거리가 20㎜인 메타렌즈의 위상맵이다.

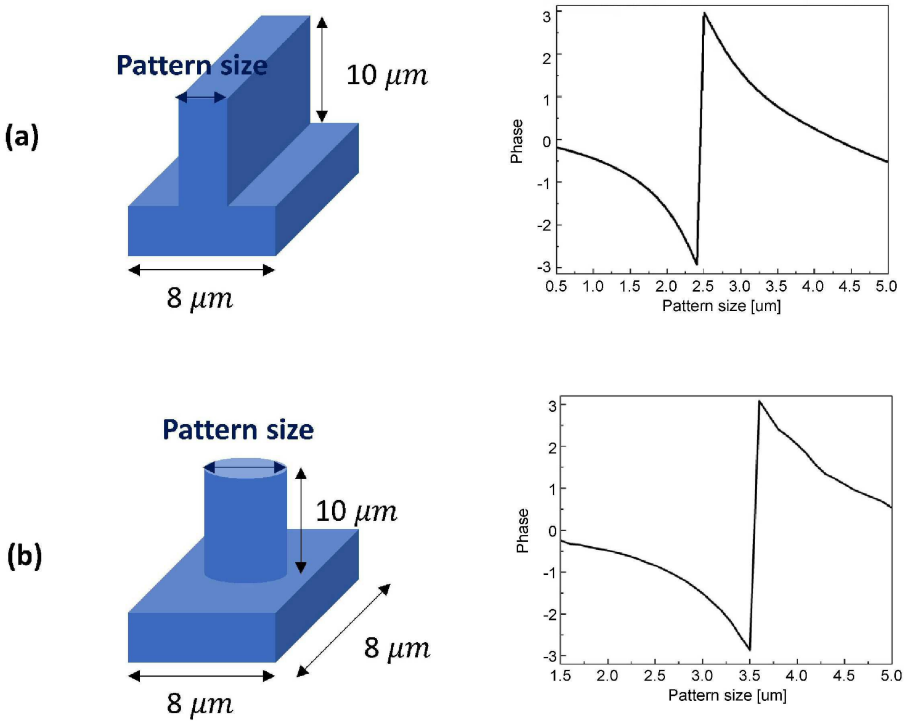
[0058] 한편, 도 8과 도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 메타렌즈를 해당 단위 렌즈와 함께 캐드도면의 평면도로 나타낸 것이다.

[0059] 공히 동심원의 배열을 나타내나, 도 8은 선형 패턴을, 도 9는 도트형 패턴을 각각 나타낸다. 각 도에서 단위렌즈의 패턴부는 위상값에 따라서 pattern1, 2, 3과 같이 구분된 후 해당 위상값에 대응되도록 배열된 것을 볼 수 있다. 이는 도 3을 통하여 설명한 바와 같다.

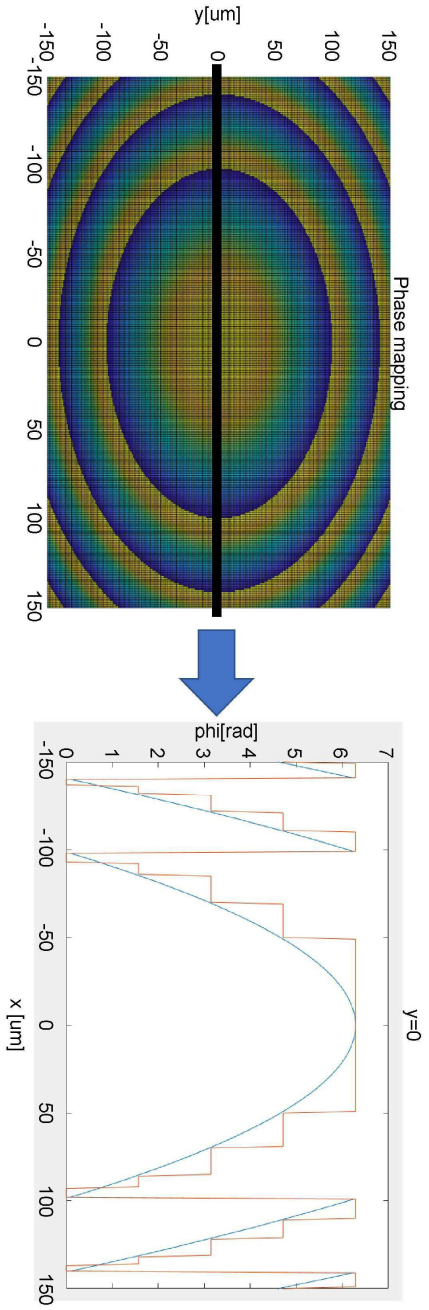
[0061] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형 실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안 될 것이다.

도면

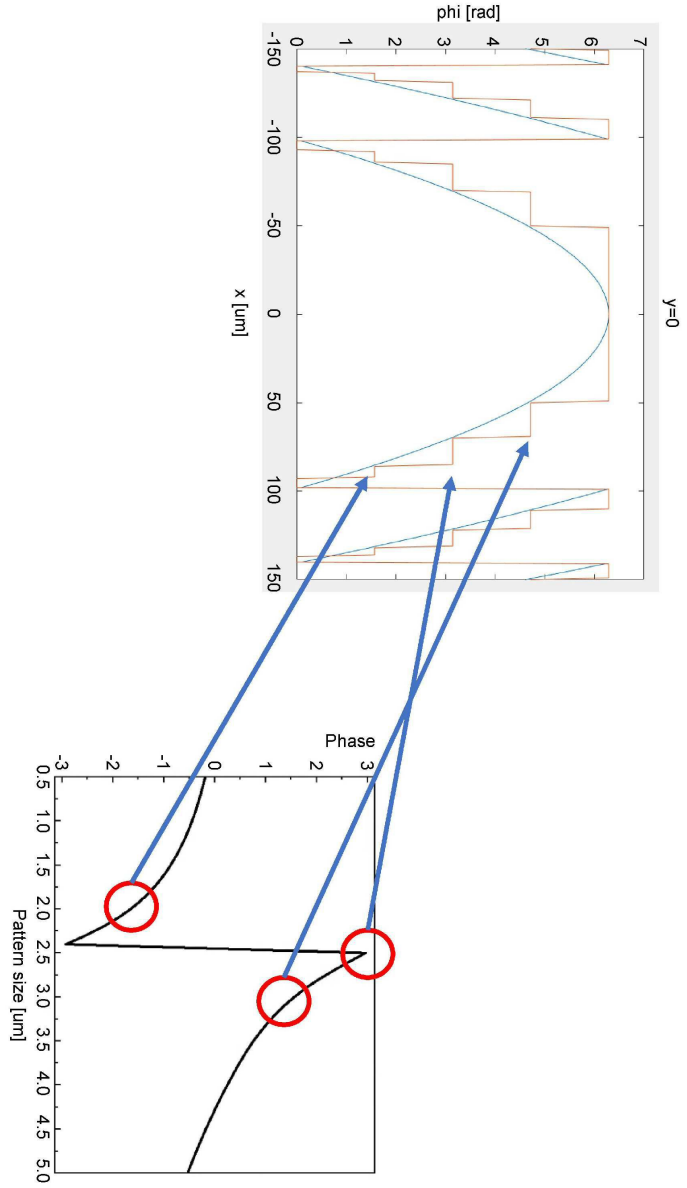
도면1


(a)
Pattern size
10 μm
8 μm
Phase
Pattern size [um]
(b)
Pattern size
10 μm
8 μm
8 μm
Phase
Pattern size [um]

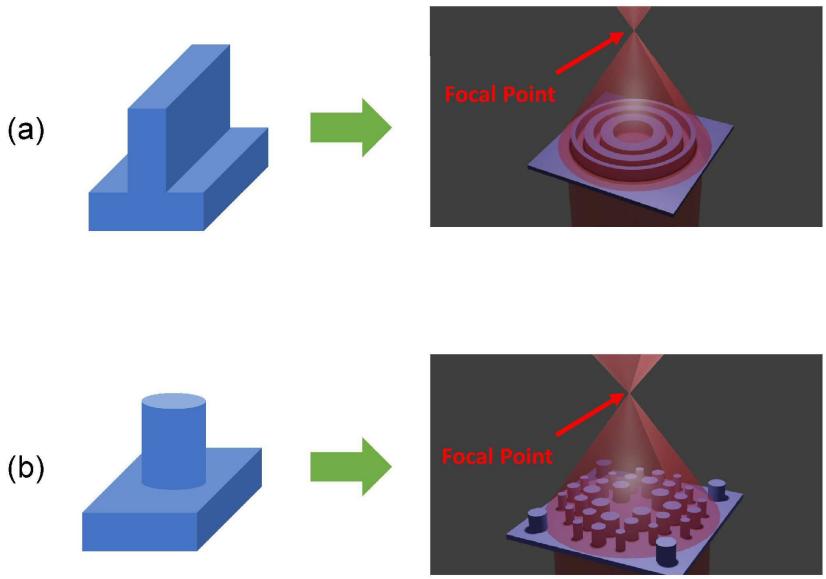
도면2


y[um]
-150
-100
-50
0
50
100
150
Phase mapping
phi[rad]
0
1
2
3
4
5
6
7
x [um]
y=0

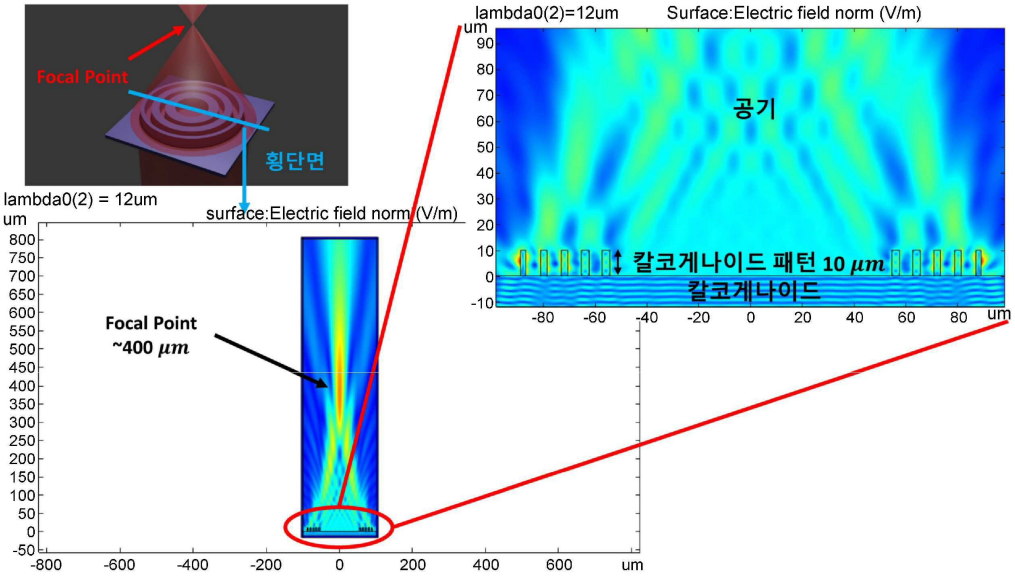
도면3



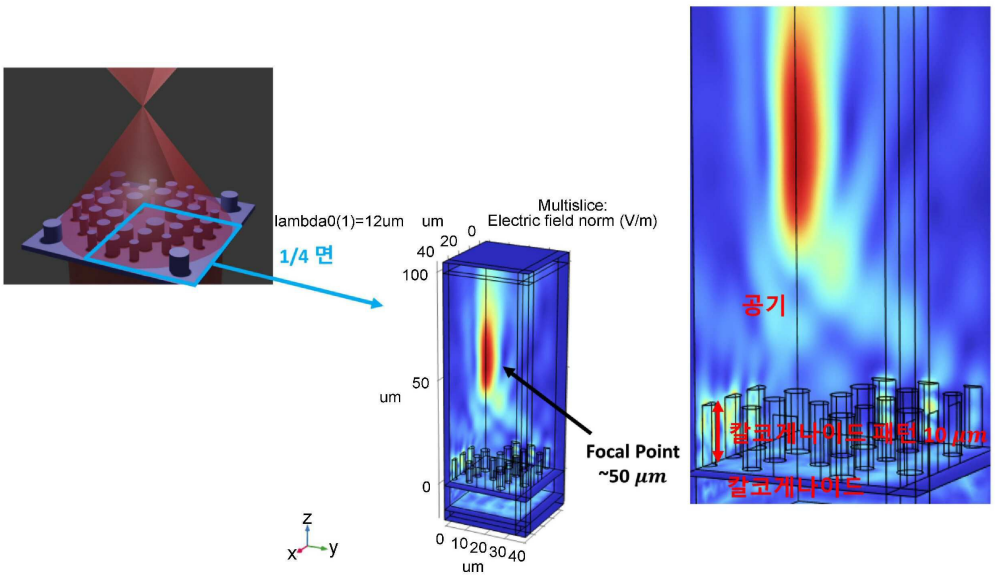
도면4


(a)
Focal Point
(b)
Focal Point

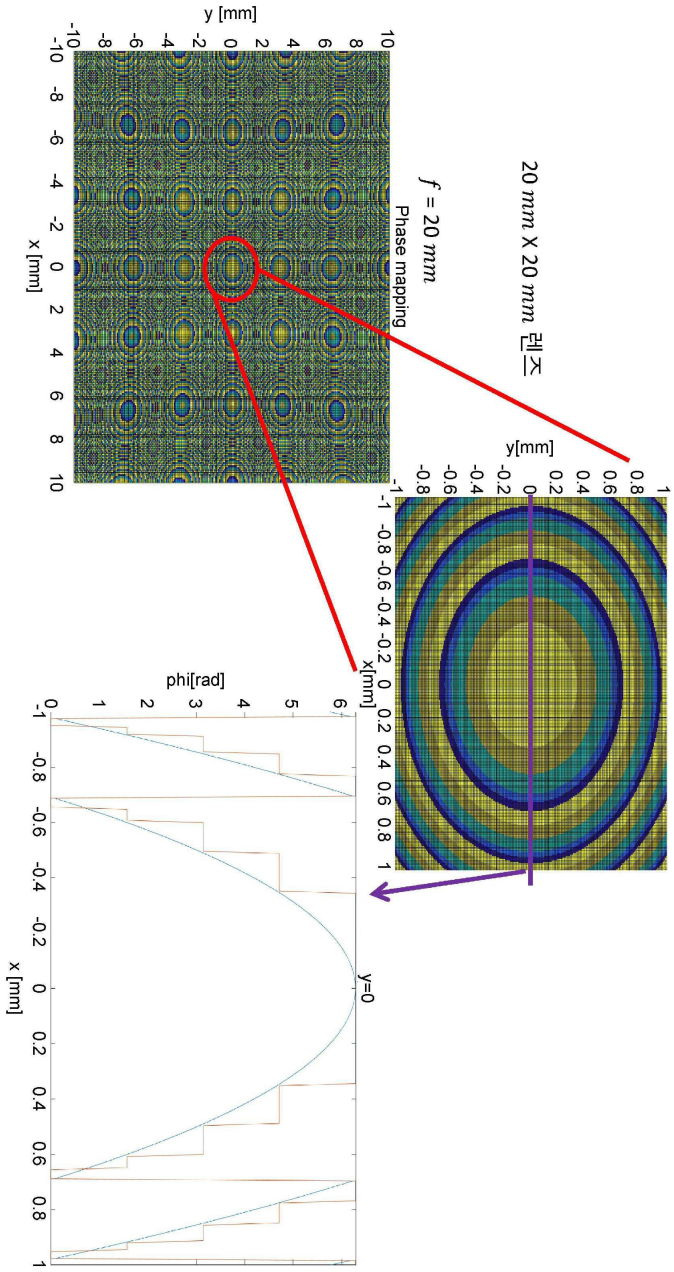
도면5


Focal Point
횡단면
lambda0(2) = 12um
surface:Electric field norm (V/m)
um
Focal Point
~400 μm
lambda0(2)=12um
Surface:Electric field norm (V/m)
공기
칼코게나이드 패턴 10 μm
칼코게나이드

도면6

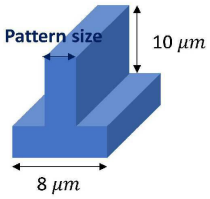

lambda0(1)=12um
um
1/4 면
Multislice:
Electric field norm (V/m)
40
20
0
100
50
um
0
0
10
20
30
40
um
z
x
y
Focal Point
~50 μm
공기
칼코게나이드 패턴 10 μm
칼코게나이드

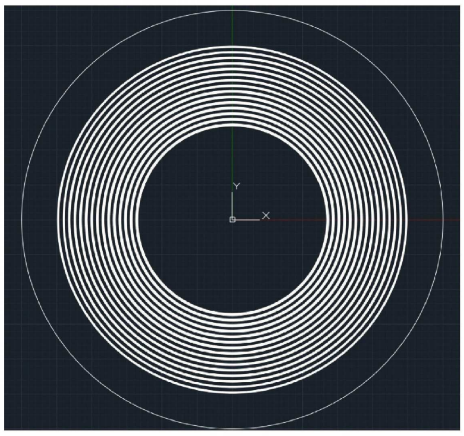
도면7


y [mm]
x [mm]
Phase mapping
f = 20 mm
20 mm X 20 mm 렌즈
y[mm]
x[mm]
phi[rad]
x [mm]
y=0

도면8

Pattern 1 : 3.0 μm
Pattern 2 : 2.5 μm
Pattern 3 : 2.0 μm



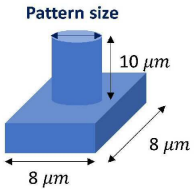


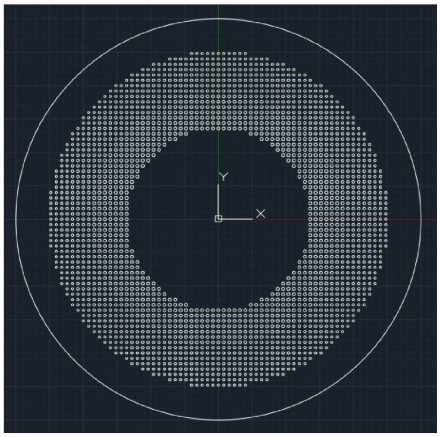
하얀색으로 칠해져 있는 부분이
10 μm 튀어나와 있는 부분

전체면적 : 반지름 300 μm
초점거리 : 3mm

도면9

Pattern 1 : 4.2 μm
Pattern 2 : 3.6 μm
Pattern 3 : 3.1 μm





원 모양 패턴이
10 μm 튀어나와 있는 부분

전체면적 : 반지름 300 μm
초점거리 : 3mm