(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0083430
(43) 공개일자 2023년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 1/00 (2022.01) *G02B 5/22* (2006.01)
G03F 7/09 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 1/002 (2013.01)
G02B 5/22 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0171418
(22) 출원일자 2021년12월03일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
현가담
서울특별시 서대문구 이화여대길 52
김민지
서울특별시 서대문구 이화여대길 52
전석우
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동)
(74) 대리인
노경규

전체 청구항 수 : 총 11 항

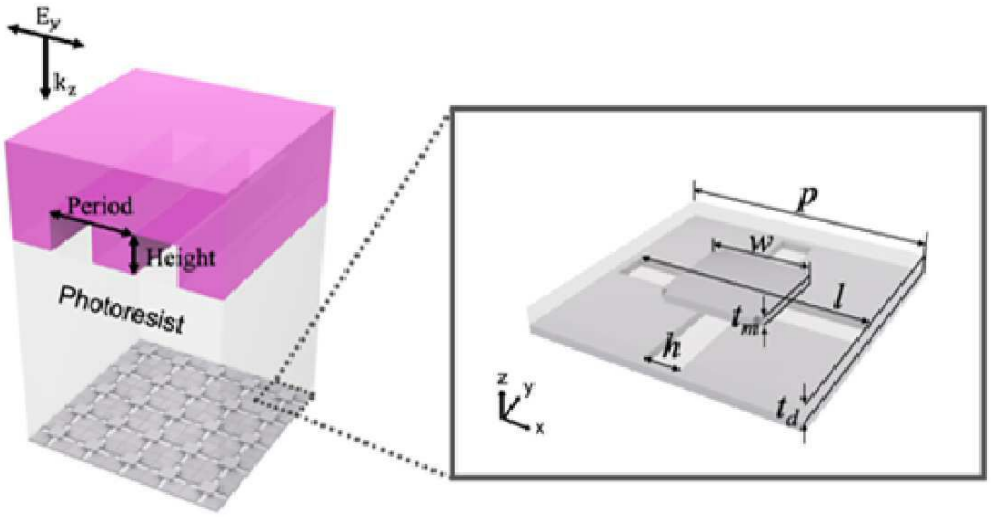
(54) 발명의 명칭 **메타표면 흡수체 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 메타표면 흡수체에 관한 것으로, 두 개의 직사각형 중공이 중첩되는 십자가 형상의 중공을 포함하는 금속층; 상기 금속층 상에 형성된 유전체층; 및 상기 유전체층 상에 형성된 금속 패치;를 포함하는 메타표면 흡수체.가 제공된다.

본 발명의 메타표면 흡수체는 포토레지스트의 두께에 상관없이 목적하는 패터닝 가능하도록 포토레지스트와 기판의 계면에서 반사되는 빛을 완전히 흡수할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G03F 7/091 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711114474
과제번호 2017R1A5A1015365
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 집단연구지원(R&D)
연구과제명 혼성계면 화학구조 연구센터
기 여 율 30/100
과제수행기관명 이화여자대학교
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711121231
과제번호 2020M3D1A1110522
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 미래소재디스커버리지원(R&D)
연구과제명 푸리에 역계산을 활용한 소재 형상 제어 및 광학 소자 개발
기 여 율 70/100
과제수행기관명 한국과학기술원
연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

두 개의 직사각형 중공이 중첩되는 십자가 형상의 중공을 포함하는 금속층;

상기 금속층 상에 형성된 유전체층; 및

상기 유전체층 상에 형성된 금속 패치;를

포함하는 메타표면 흡수체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 금속층은 Ag, Al, Cr, Au, Pt, Ni, Cu, In, Ru, Pd, Rh, Ir, Os 및 W 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 메타표면 흡수체.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 금속층은 두께가 5 내지 100 nm인 것을 특징으로 하는 메타표면 흡수체.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유전체층은 TiO_2, SiO_2, ZnO, $BaTiO_3$, MnO_3, ZrO_2, VO_3, Y_2O_3, IrO, RuO, RhO, TaO, Ta_2O_3, In_2O_3, Al_2O_3, Hf_2O_3, HfO_2, MgO, $SrTiO_3$, WO_3, 에폭시계 화합물, 폴리스티렌 및 용융 수정(Fused quartz) 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 메타표면 흡수체.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유전체층은 두께가 5 내지 100 nm인 것을 특징으로 하는 메타표면 흡수체.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 금속 패치는 Ag, Al, Cr, Au, Pt, Ni, Cu, In, Ru, Pd, Rh, Ir, Os 및 W 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 메타표면 흡수체.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 금속 패치는 사각형이고, 상기 유전체층의 중앙에 위치하는 것을 특징으로 하는 메타표면 흡수체.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 금속 패치의 너비는 상기 유전체층의 너비보다 작고, 100 내지 1,000 ㎚인 것을 특징으로 하는 메타표면 흡수체.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 직사각형 중공의 길이방향의 길이는 200 내지 5,000 ㎚이고, 상기 직사각형 중공의 폭방향의 길이는 50 내지 1000 ㎚ 인 것을 특징으로 하는 메타표면 흡수체.

청구항 10

청구항 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 메타표면 흡수체 복수개를 포함하는 메타표면 흡수층.

청구항 11

(a) 두 개의 홈이 중첩되는 십자가 형상의 중공을 포함하는 금속층을 형성하는 단계;

(b) 상기 금속층 상에 유전체층을 형성하는 단계; 및

(c) 상기 유전체층 상에 금속 패치를 형성하는 단계;를

포함하는 메타표면 흡수체의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 메타표면 흡수체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 구체적으로 근접장 나노패터닝에서 사용되는 포토레지스트와 기판 사이에 발생하는 반사를 억제할 수 있는 메타표면 흡수체 및 그 제조방법에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 나노 및 마이크로 크기에서 물질의 형상을 구현하는 기술은 다양한 산업 분야에서 많은 수요가 발생하고 있으며, 이를 위한 공정이 개발되고 있다. 특히 3차원의 주기적인 물질 구조는 반도체, 광학, 구조재, 센서, 전기화학 소재 등의 고부가가치 산업에서 주요하게 활용된다. 이를 구현하기 위한 기존의 리소그래피 기술은, 2차원의 구조를 여러 번 반복하여 목표하는 구조를 제작하는 방식을 사용한다. 한 층씩 물질 구조를 제작하기 위해서는 증착, 노광, 식각 등의 공정을 거치기 때문에, 해당 공정은 경제성과 양산성 면에서 단점이 매우 많다. 3차원의 미세 구조를 효율적으로 제작하기 위한 대안으로 간섭 리소그래피 (interference lithography), 근접장 나노패터닝 기술 등이 개발되어 왔다.

[0003] 간섭 리소그래피는 복수의 가간섭성(coherence) 빛의 광선을 포토레지스트에 입사시켜서 3차원의 간섭무늬를 형성 한 뒤, 일련의 열처리, 식각 공정을 통해 이를 물질화한다. 해당 공정은 입사하는 빛의 개수, 강도, 편광 등을 조절하여 3차원의 브라베 (Bravais) 격자를 구현 할 수 있으며, 높은 자유도로 주기적인 구조 제작이 가능하다. 이를 위해서는 레이저와 같은 단일한 광원을 빔 스플리터 (beam splitter), 렌즈 (lens), 거울 (mirror), 편광자 (polarizer) 등으로 구성된 복잡한 광학계를 활용해야 한다. 이로 인해 공정 면적의 한계, 낮은 안정성과 재현성, 고비용의 단점이 있다.

[0004] 이러한 단점을 극복할 수 있는 근접장 나노패터닝은 나노-마이크로 주기의 격자가 있는 위상마스크를 포토레지스트에 접촉한 상태에서, 노광 공정으로 간섭 무늬 형성 및 물질화를 통해 주기적인 미세 구조를 제작한다. 근접장 나노패터닝은 공정의 대면적화가 용이하고, 안정성, 재현성의 장점과 상대적으로 공정비용이 낮은 이점이 있었다.

[0005] 논문 “High-Resolution 3D Interference Printing of Multilevel Ultralong Nanochannel Arrays for High-Throughput Nanofluidic Transport(J. Park, et al. Adv. Mater. 2015, 27, 8000-8006.)”를 살펴보면, 주기적인 1차원 격자구조(grating) 위상마스크를 활용하여 2차원 나노채널을 만드는 방법에 대해 개시되어 있고, 논문 “and Large-Scale Fabrication of Full Color Woodpile Photonic Crystals via Interference from a Conformal Multilevel Phase Mask(S. Nam, et al. Adv. Funct. Mater. 2019, 29, 1904971)”에는 주기적인 1차원 위상마스크(grating) 2개를 방향을 달리하여 수직으로 쌓아 나무 말뚝(Woodpile) 구조를 만드는 방법에 대해 개시되어 있다.

[0006] 이러한, 종래의 근접장 나노패터닝 방법은 포토레지스트의 두께가 두꺼울 경우에는 위상마스크에서 투과되는 빛이 직진하여 포토레지스트가 증착된 기판의 계면에서 일어나는 반사가 기존의 회절 모드에 영향을 주지 않아 깔끔한 3차원 패터닝이 가능할 수 있다.

[0007] 하지만, 포토레지스트의 두께가 얇을 경우에는, 포토레지스트와 기판의 계면에서 발생하는 반사가 기존의 회절 모드들과 간섭하게 되어 간섭장의 패턴이 복잡해지고 원하는 패터닝이 어려운 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 종래의 문제점을 해결하는 것으로, 포토레지스트와 기판의 계면에서 반사되는 빛을 완전히 흡수하여, 포토레지스트의 두께에 상관없이 목적하는 패터닝 가능하도록 하는 메타표면 흡수체를 제공하는 데 있다.

[0009] 또한, 포토레지스트와 기판의 계면에서 반사되는 빛을 완전히 흡수할 수 있는 메타표면 흡수체의 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 어느 하나의 측면에 따르면, 두 개의 직사각형 중공이 중첩되는 십자가 형상의 중공을 포함하는 금속층; 상기 금속층 상에 형성된 유전체층; 및 상기 유전체층 상에 형성된 금속 패치;를 포함하는 메타표면 흡수체가 제공된다.

[0011] 상기 금속층은 Ag, Al, Cr, Au, Pt, Ni, Cu, In, Ru, Pd, Rh, Ir, Os 및 W 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 금속층은 두께가 5 내지 100 nm일 수 있다.

[0013] 상기 유전체층은 TiO_2, SiO_2, ZnO, $BaTiO_3$, MnO_3, ZrO_2, VO_3, Y_2O_3, IrO, RuO, RhO, TaO, Ta_2O_3, In_2O_3, Al_2O_3, Hf_2O_3, HfO_2, MgO, $SrTiO_3$, WO_3, 에폭시계 화합물, 폴리스티렌 및 용융 수정(Fused guartz) 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0014] 상기 유전체층은 두께가 5 내지 100 nm일 수 있다.

[0015] 제1항에 있어서, 상기 금속 패치는 Ag, Al, Cr, Au, Pt, Ni, Cu, In, Ru, Pd, Rh, Ir, Os 및 W 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0016] 상기 금속 패치는 사각형이고, 상기 유전체층의 중앙에 위치할 수 있다.

[0017] 상기 금속 패치의 너비는 상기 유전체층의 너비보다 작고, 100 내지 1,000 nm일 수 있다.

[0018] 상기 직사각형 중공의 길이방향의 길이는 200 내지 5,000 nm이고, 상기 직사각형 중공의 폭방향의 길이는 50 내지 1000 nm 일 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 또 하나의 측면에 따르면, 상기 메타표면 흡수체 복수개를 포함하는 메타표면 흡수층이 제공된다.

[0023] 본 발명의 다른 또 하나의 측면에 따르면, (a) 두 개의 홈이 중첩되는 십자가 형상의 중공을 포함하는 금속층을 형성하는 단계; (b) 상기 금속층 상에 유전체층을 형성하는 단계; 및 (c) 상기 유전체층 상에 금속 패치를 형성하는 단계;를 포함하는 메타표면 흡수체의 제조방법이 제공된다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 메타표면 흡수체는 포토레지스트의 두께에 상관없이 목적하는 패터닝 가능하도록 포토레지스트와 기판의 계면에서 반사되는 빛을 완전히 흡수할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 메타표면 흡수체의 제조방법은 포토레지스트와 기판의 계면에서 반사되는 빛을 완전히 흡수할 수 있는 메타표면 흡수체를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타표면 흡수체의 모식도이다.

도 2는 완전 흡수층을 이용한 포토레지스트의 전기장 분포이다.

도 3은 메타표면 흡수체의 흡수 계산 맵핑 결과이다.

도 4는 금속 패치 너비가 100 nm일 때 흡수 그래프이다.

도 5는 종래 기판을 이용한 포토레지스트의 전기장 분포와 비교 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하도록 한다.

[0028] 그러나, 이하의 설명은 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0029] 본원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다", "함유하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 이하, 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 예시로서 제시되는 것으로, 이에 의해 본 발명이 제한되지는 않으며 본 발명은 후술할 청구범위의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0032] 이하, 도 1을 참조하여, 본 발명의 메타표면 흡수체에 대해 설명하도록 한다.

[0034] 본 발명의 메타표면 흡수체는 두 개의 직사각형 중공이 중첩되는 십자가 형상의 중공을 포함하는 금속층; 상기 금속층 상에 형성된 유전체층; 및 상기 유전체층 상에 형성된 금속 패치;를 포함한다.

[0035] 상기 금속층은 Ag, Al, Cr, Au, Pt, Ni, Cu, In, Ru, Pd, Rh, Ir, Os, W등을 포함할 수 있다.

[0036] 상기 금속층은 두께가 5 내지 100 nm일 수 있다.

[0037] 상기 유전체층은 TiO_2, SiO_2, ZnO, $BaTiO_3$, MnO_3, ZrO_2, VO_3, Y_2O_3, IrO, RuO, RhO, TaO, Ta_2O_3, In_2O_3, Al_2O_3,

Hf_2O_3, HfO_2, MgO, $SrTiO_3$, WO_3, 에폭시계 화합물, 폴리스티렌 및 용융 수정(Fused guartz) 이외의 광학 손실이 없는 유전체 등을 포함할 수 있으나, 이외에도 패터닝 공정에서 유전체층으로 사용되는 물질은 어느 것이든 가능하다.

[0038] 상기 유전체층은 두께가 5 내지 100 nm일 수 있다. 상기 유전체층의 두께에 따라 공명 파장의 영역을 자유롭게 변화시킬 수 있다.

[0039] 상기 금속 패치는 Ag, Al, Cr, Au, Pt, Ni, Cu, In, Ru, Pd, Rh, Ir, Os, W 등을 포함할 수 있다.

[0040] 상기 금속 패치는 사각형이고, 상기 유전체층의 중앙에 위치할 수 있다.

[0041] 상기 금속 패치의 너비(w)는 상기 유전체층의 너비(p)보다 작고, 100 내지 1,000 nm일 수 있다. 상기 금속 패치의 너비가 증가할수록 공명 파장은 장파장으로 이동할 수 있다.

[0042] 상기 직사각형 중공의 길이방향의 길이(l)는 200 내지 5,000 nm이고, 상기 직사각형 중공의 폭방향의 길이(h)는 50 내지 1000 nm일 수 있다.

[0044] 상기 메타표면 흡수체는 복수개가 메타표면 흡수층을 형성하여 사용될 수 있으며, 근접장 패터닝 공정에서 사용하는 경우에는 포토레지스트와 기판 사이에 위치시켜, 포토레지스트와 기판 사이에 계면에서 반사되는 빛을 흡수할 수 있다.

[0045] 이 때, 상기 근접장 패터닝 공정에서 사용하는 광원은 공지된 것은 어느 것이든 사용 가능하며, 바람직하게는 355 nm, i-line (365 nm), h-line (405 nm), g-line (436 nm), 고출력 펄스 레이저 (700-800 nm) 등이 가능하다.

[0047] 본 발명의 메타표면 흡수체의 제조방법은 (a) 두 개의 홈이 중첩되는 십자가 형상의 중공을 포함하는 금속층을 형성하는 단계; (b) 상기 금속층 상에 유전체층을 형성하는 단계; 및 (c) 상기 유전체층 상에 금속 패치를 형성하는 단계;를 포함한다.

[0049] [실시예]

[0050] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 들어 설명하도록 한다. 그러나 이는 예시를 위한 것으로서 이에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

[0052] 제조예 1~5: 위상마스크 제조

[0053] 굴절률은 1.5인 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA)를 이용하여 위상마스크를 제조하였다. 상기 위상 마스크는 나노 그레이팅 구조로 직육면체 모양의 막대가 주기적으로 반복되어있으며, 입사되는 빛의 편광 방향과 수직으로는 장축, 평행으로는 단축으로 구성되어 있다. 나노 그레이팅 구조의 FF (Fill Factor)는 0.5로 고정시켰고, 주기를 300 nm, 350 nm, 400 nm, 450 nm 및 500 nm로 설정하고, 높이를 300nm로 설정하였다. 이에 따라, 나노 그레이팅의 단축은 150 nm, 175 nm, 200 nm, 225 nm 및 250 nm으로 설계되었으며, 장축은 무한대로 설정하였다.

[0055] 실시예 1~5: 알루미늄 메타표면 흡수체

[0056] 도 1을 참고하면, 알루미늄을 이용하여 너비(w)가 100nm, 150nm, 200nm, 250nm, 300nm인 정사각형의 금속 패치를 두께 10nm로 먼저 제조하였다. 상기 너비(w)의 2.4배가 되는 길이를 십자가형 중공의 길이(l)로 설정하고, 상기 너비(w)의 0.5배가 되는 길이를 십자가형 중공의 폭(h)로 설정하였다. 상기 십자가형 중공을 포함하는 알루미늄 금속층을 제조하였으며, 금속 패치/ 유전체층/ 십자가형 중공으로 이루어져 있는 이 단위체의 주기는 상기 너비(w)의 2.5배가 되는 길이(p)로 설정하였다.

[0057] 상기 알루미늄 금속층 상에 두께가 15nm인 유전체층을 형성하고, 상기 유전체층 상의 중앙에 상기 금속 패치를 위치시켰다. 상기 유전체층은 이산화 타이타늄(TiO_2)으로 제조하였다.

[0059] 실시예 6~10: 금 메타표면 흡수체

[0060] 알루미늄 대신에 금을 사용한 것을 제외하고는 실시예 1~5와 동일한 방법으로 흡수체를 제조하였다.

[0062] 실시예 11~15: 구리 메타표면 흡수체

[0063] 알루미늄 대신에 구리를 사용한 것을 제외하고는 실시예 1~5와 동일한 방법으로 흡수체를 제조하였다.

[0065] 실시예 16~20: 은 메타표면 흡수체

[0066] 알루미늄 대신에 은을 사용한 것을 제외하고는 실시예 1~5와 동일한 방법으로 흡수체를 제조하였다.

[0068] 비교예 1: 완전 흡수층(Perfectly matched layer, PML)

[0069] 계산 상에서 빛을 완전히 흡수할 수 있다고 가정한, 완전 흡수층을 비교예로 사용하였다.

[0071] 비교예 2: 실리콘 웨이퍼(Si wafer)

[0072] 실리콘 웨이퍼를 비교예로 사용하였다.

[0074] 비교예 3: 금이 증착된 기판(Au)

[0075] 금이 증착된 기판을 비교예로 사용하였다.

[0077] 비교예 4: 쿼츠(Quartz)

[0078] 쿼츠 기판을 비교예로 사용하였다.

[0080] [시험예]

[0082] 시험예 1: 완전 흡수층을 이용한 포토레지스트의 전기장 분포

[0083] 도 2는 제조예에 따라 제조된 위상마스크에 355 nm의 레이저 빛을 조사하였을 때, 포토레지스트에서 발생하는 전기장 분포를 나타낸 것이다.

[0084] 상기 포토레지스트의 정확한 전기장 분포를 알기 위해 상기 포토레지스트 상에 비교예 1에 따른 완전 흡수층(Perfectly matched layer, PML)을 형성하였다. 즉, 광 경로 상으로 위상마스크 다음으로 상기 포토레지스트가 위치하고, 다음으로 상기 완전 흡수층 (Perfectly matched layer, PML)이 위치한다.

[0085] 상기 포토레지스트는 에폭시 기반의 음성(Negative-tone) 포토레지스트인 SU-8을 사용하였으며, 보강간섭으로 빛이 강하게 형성된 부분만 선택적으로 포토레지스트의 가교가 일어나도록 하였다. 상기 포토레지스트의 굴절률은 1.627이다. 상기 전기장 분포를 계산하기 위해서 FDTD 소프트웨어 (Commercial FDTD software, Lumerical Inc.)를 사용하였다. 이 때, 포토레지스트의 두께를 무한하다고 가정하여 계산을 하였다.

[0086] 도 2를 참고하면, 상기 위상 마스크의 주기가 증가할수록 회절 모드로 인해 생성되는 전기장의 패턴은 매우 복잡해진다. 가장 효과적인 패터닝을 위해서는 제조예 3에 따른 위상 마스크처럼 높이를 300 nm로 고정시키고 주기를 350 nm로 설정하였을 때, 효과적인 3 차원 패터닝이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

[0088] 시험예 2: 메타표면 흡수체의 흡수 계산 맵핑

[0089] 도 3은 실시예 1 내지 20에 따라 제조된 메타표면 흡수체의 흡수 계산 매핑 결과이다.

[0090] 도 3을 참고하면, 실시예 6~10에 따라 제조된 금 메타표면 흡수체(Au)와 실시예 11~15에 따라 제조된 구리(Cu) 메타표면 흡수체의 경우, 300 nm 에서 500 nm의 파장에서 넓은 흡수 그래프를 나타내며 흡수율이 60 - 70 % 정도인 것으로 나타났다. 실시예 1~5에 따라 제조된 알루미늄(Al) 메타표면 흡수체는 단파장 쪽에서 폭이 좁은 흡수 그래프로 90 - 100 %의 가장 높은 흡수율을 갖는 것으로 나타났다.

[0091] 따라서, 실시예 1~5에 따라 제조된 알루미늄(Al) 메타표면 흡수체가 근접장 패터닝 공정에서 포토레지스트와 기판 사이에 계면에서 반사되는 빛을 가장 잘 흡수할 수 있는 것을 알 수 있었다.

[0093] 시험예 3: 금속 패치 너비가 100 nm일 때 흡수 그래프

[0094] 도 4는 실시예 1에 따라 제조된, 금속 패치 너비(w)가 100nm인 알루미늄(Al) 메타표면 흡수체의 흡수 그래프를 나타낸 것이다.

[0095] 도 4를 참고하면, 결과적으로 355 nm 파장에서 90% 이상의 흡수율을 갖는 메타표면 흡수체의 구현이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

[0097] 시험예 4: 종래 기판을 이용한 포토레지스트의 전기장 분포와 비교

[0098] 도 5는 실시예 1에 따라 제조된 메타표면 흡수체와 비교예 1 내지 4의 기판 상에 형성된 포토레지스트의 전기장 분포를 계산한 것이다.

[0099] 이 때, 포토레지스트의 두께는 1 μm로 고정시키고 355 nm 파장의 레이저를 조사하였다. 위상마스크는 제조예 2에 따라 제조된 위상마스크(주기는 350nm, 높이 300nm)를 사용하였다.

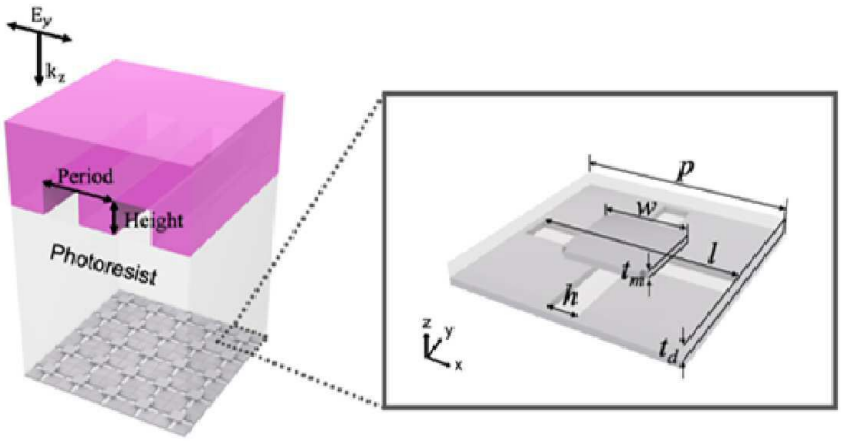
[0100] 도 5를 참고하면, 1 μm의 얇은 포토레지스트를 사용하는 경우에는 기판에서의 반사가 기존의 회절 모드에 간섭을 많이 하기 때문에 복잡한 패턴이 형성된다. 비교예 2의 실리콘 웨이퍼(Si wafer)기판과 비교예 3의 금이 증착된 기판(Au)의 경우에는 기판의 반사가 많이 일어나서, 더 복잡한 패턴이 생기고, 비교예 4의 쿼츠(Quartz) 기판의 경우에는 광학 현상들로 인해 기판의 반사는 거의 없지만 빛이 대부분 투과하고 흡수가 거의 없기 때문에 깔끔한 3차원 패터닝을 하기는 어려운 것으로 나타났다.

[0101] 이에 반해, 실시예 1에 따라 제조된 메타표면 흡수체를 사용하게 되면, 비교예 1의 완전 흡수층(PML)과 비교했을 때, 비슷한 패터닝 결과를 얻을 수 있었다.

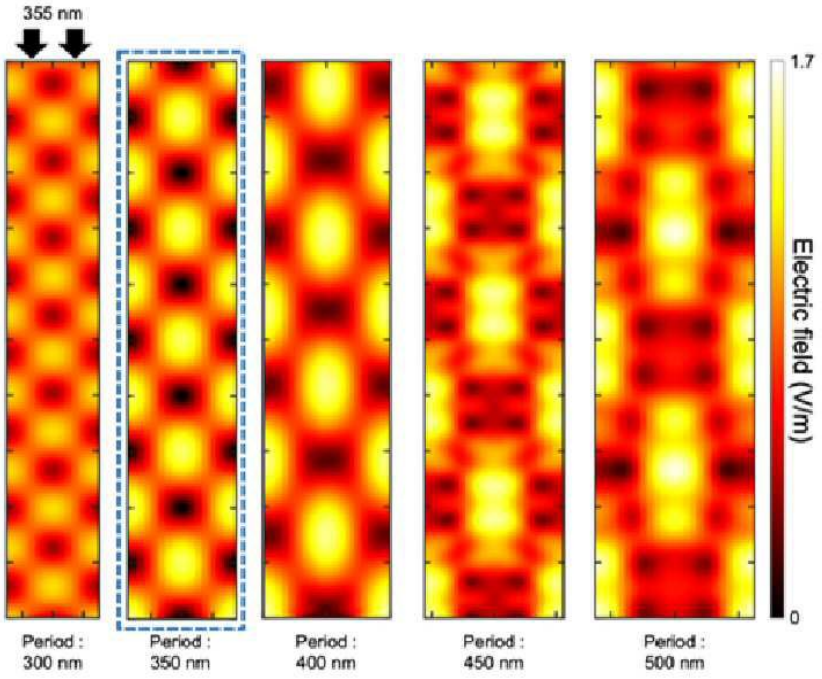
[0102] 따라서, 본 발명의 메타표면 흡수체가 빛을 완전히 흡수한다고 가정한 완전 흡수층에 준하는 빛 흡수율을 갖는 것을 알 수 있었다.

도면

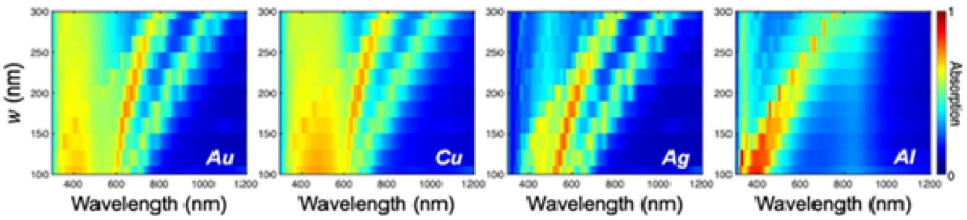
도면1



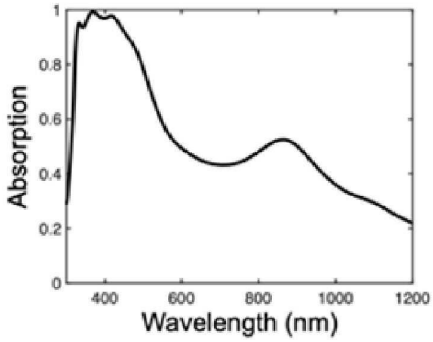
도면2



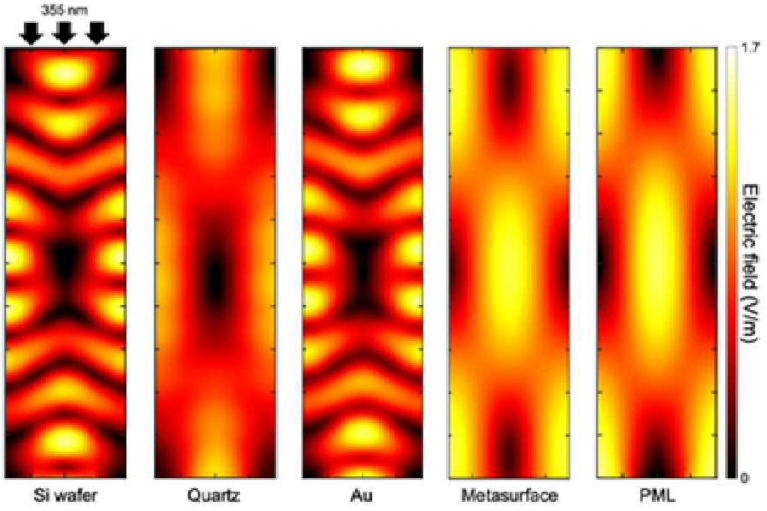
도면3



도면4


Absorption
Wavelength (nm)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
400
600
800
1000
1200

도면5


355 nm
Si wafer
Quartz
Au
Metasurface
PML
Electric field (V/m)
1.7
0