



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0117776
(43) 공개일자 2016년10월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 19/20 (2010.01)

(52) CPC특허분류

G01S 19/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0045163

(22) 출원일자 2015년03월31일

심사청구일자 2015년03월31일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이현

서울특별시 서초구 동광로22길 23 302호 (방배동,그랑시엘방배)

조중연

서울특별시 성북구 정릉로 402-16 102동 1606호 (돈암동,범양아파트)

(74) 대리인

이동건

전체 청구항 수 : 총 18 항

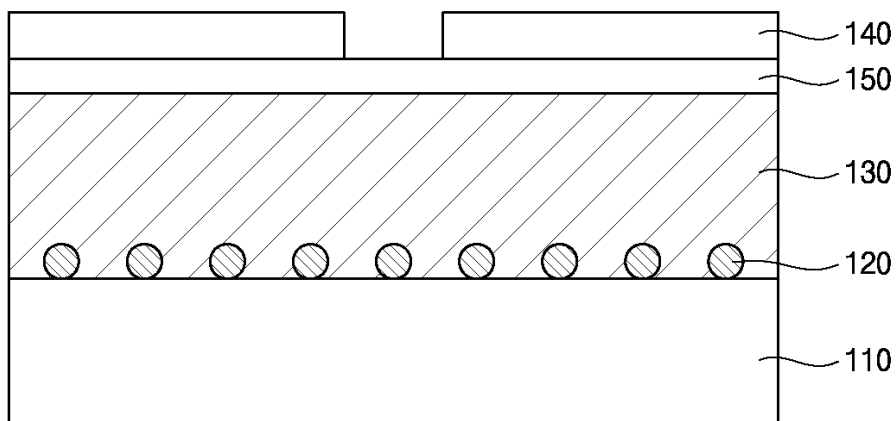
(54) 발명의 명칭 이미징 렌즈 구조물, 이의 형성 방법 및 이를 포함하는 광학 이미징 시스템

(57) 요약

이미징 렌즈 구조물은, 투명 기판, 투명 기판 상에 형성되며, 분산된 금속 나노 입자들로 이루어져 시편으로부터 발생하는 근접장 빛을 증폭시키는 근접장 증폭층, 투명 기판 상에 근접장 증폭층을 덮도록 형성되며, 근접장 빛을 이동시킬 수 있는 근접장 이동층 및 근접적 이동층의 상부에 구비되며, 빛을 선택적으로 투과시킬 수 있도록 구비된 광투과층 패턴을 포함한다.

대표도 - 도1

100



명세서

청구범위

청구항 1

투명 기관;

상기 투명 기관 상에 형성되며, 분산된 금속 나노 입자들로 이루어져 시편으로부터 발생하는 근접장 빛을 증폭시키는 근접장 증폭층;

상기 투명 기관 상에 상기 근접장 증폭층을 덮도록 형성되며, 상기 근접장 빛을 이동시킬 수 있는 근접장 이동층; 및

상기 근접장 이동층의 상부에 구비되며, 빛을 선택적으로 투과시킬 수 있도록 구비된 광투과층 패턴을 포함하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 근접장 증폭층은 10 내지 50 nm 범위의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 근접장 이동층은 나노 크기의 평균 직경을 갖는 금속 산화물 입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 금속 산화물 입자는 50 내지 500 nm 의 범위의 평균 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 근접장 이동층은 가시광선 영역의 파장대에서 90% 이상의 산란도를 갖는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 근접장 이동층은 10 nm 이하의 표면 평탄도(flatness, RMS)를 갖는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 근접장 이동층 및 상기 광투과층 사이에 개재되며, 상기 시편이 상기 근접장 이동층으로 유입되는 것을 억제하는 패시베이션층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 패시베이션층은 초소수성을 갖는 자기조립단분자막을 포함하는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 자기조립단분자막은 1 내지 3 nm 범위의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 자기조립단분자막은 실레인 계열을 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구

조물.

청구항 11

투명 기관 상에 형성되며, 분산된 금속 나노 입자들로 이루어져 시편으로부터 발생하는 근접장 빛을 증폭시키는 근접장 증폭층을 형성하는 단계;

상기 투명 기관 상에 상기 근접장 증폭층을 덮도록 상기 근접장 빛을 이동시킬 수 있는 근접장 이동층을 형성하는 단계; 및

상기 근접장 이동층의 상부에, 빛을 선택적으로 투과시킬 수 있도록 구비된 광투과층 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 근접장 증폭층을 형성하는 단계는,

상기 투명 기관 상에 금속 박막을 형성하는 단계; 및

상기 금속 박막에 대하여 열처리 공정을 수행하여 상기 금속 박막에 포함된 금속 원자들을 응집시키는 단계를 포함하는 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 근접장 이동층을 형성하는 단계는,

상기 근접장 증폭층을 덮도록 상기 투명 기관 상에 나노 입자들이 분산된 용액을 코팅하여 상기 투명 기관 상에 예비 코팅막을 형성하는 단계;

상기 예비 코팅막을 몰드로 가압하는 가압 열경화 공정을 통하여 상기 예비 코팅막을 평탄화된 상부 표면을 갖는 코팅막으로 전환시키는 단계를 포함하는 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 예비 코팅막을 몰드로 가압하는 가압 경화 공정은 1 내지 20 bar 범위의 압력 조건 및 20 내지 120℃ 범위의 온도 범위에서 수행되는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 근접장 이동층 및 상기 광투과층 사이에 개재되며, 상기 시편이 상기 근접장 이동층으로 유입되는 것을 억제하는 패시베이션층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 패시베이션층을 형성하는 단계는 상기 근접장 이동층 상에 초소수성을 갖는 자기조립단분자막을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 자기조립단분자막은 실레인 계열을 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 이미징 렌즈 구조물.

청구항 18

레이저 장치;

상기 레이저 장치로부터 조사되는 빛의 일부를 반사시키는 빔 스플리터;

상기 빔 스플리터로부터 반사된 빛을 특정한 패턴을 가지도록 맞춤형 빛 패턴으로 변환하는 파면조절기(SLM; Spatial Light Modulator);

상기 빔 스플리터를 가운데 두고 상기 파면조절기와 마주보도록 배치되고, 상기 맞춤형 빛 패턴이 통과하는 대

물 렌즈;

상기 대물 렌즈에 마주보도록 배치되며, 상기 대물 렌즈를 통과한 상기 맞춤형 빛 패턴이 조사되도록 관찰 대상 시편 상측에 위치하는 이미징 렌즈 구조물; 및

상기 빔 스플리터를 향하도록 배치되며, 상기 관찰 대상 시편으로부터 발생하는 이미징 정보를 검출하는 검출기를 포함하고,

상기 이미징 렌즈 구조물은 제1항 내지 제10항 중 어느 하나의 청구항으로 이루어진 것을 특징으로 하는 광학 이미징 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이미징 렌즈 구조물, 이의 형성 방법 및 이를 포함하는 광학 이미징 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 기존 광학 렌즈로 관찰하지 못하는 초미세 구조를 관찰할 수 있는 이미징 렌즈 구조물, 상기 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법 및 상기 이미징 렌즈 구조물을 포함하는 광학 이미징 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 빛의 굴절을 이용하는 렌즈를 포함하는 종래의 광학 이미징 장치는 빛의 회절 한계로 인한 분해능 한계에 의하여 반파장 이하의 크기를 가지는 초미세 구조에 대해서는 초점을 정확히 맞출 수 없다. 대표적인 광학 이미징 시스템인 광현미경의 경우 빛의 회절 한계로 인하여 200nm 이하의 관찰 대상 및 특정 물질을 육안으로 관찰하기는 불가능한 실정이다.

[0003] 이러한 이유를 구체적으로 살펴보면, 기존의 대물 렌즈로는 초미세 구조의 정보를 지니고 있는 근접장 (near field) 빛을 포집할 수 없고, 오직 원거리장 (far field) 빛을 포집하여 이미징화하기 때문에, 반파장 이하(즉, 200nm 이하)의 거리로 가까이 있는 두 물체를 하나의 물체로 인식할 수 밖에 없게 된다.

[0004] 이러한 근접장 빛은 소멸파(Evanescent wave)의 특성을 가지므로 관찰 대상의 계면 근방 혹은 계면 부근에만 존재하고 관찰 대상으로부터 멀어질수록 급격히 감소하여 소멸하게 된다. 따라서 반파장 이하의 초미세 구조를 육안으로 관찰할 수 있도록 이미징화하기 위해서는 근접장 빛을 증폭시켜서 이를 포집할 수 있는 장치나 기술이 필요한 실정이다.

[0005] 초미세 구조를 이미징하기 위한 종래 기술로서 근접주사광학현미경(Near-field scanning optical microscopy, NSOM)이 사용되고 있다.

[0006] 구체적으로 살펴보면, 근접주사광학현미경은 파장 이하의 크기(약 100nm)를 가지는 탐침을 관찰 대상에 파장 이하(약 100nm)로 매우 가깝게 근접시키고, X 및 Y 방향으로 주사하여 소멸파의 특성을 가지는 근접장 빛을 탐침으로 포집함으로써 초미세 구조를 이미징할 수 있는 장치이다.

[0007] 이러한 근접주사광학현미경은 빛의 회절 한계를 극복하여 초미세 구조를 정밀하게 이미징할 수 있다는 장점이 존재하지만, (i) 반면에 미세 탐침의 주사를 이용하기 때문에 측정 속도가 매우 느리고, (ii) 국소면적의 이미징만 가능하다는 한계가 존재하게 된다. 더욱이, (iii) 근접주사광학현미경의 사용 방법이 매우 복잡하고 기존의 광학계와는 전혀 다른 방식이기 때문에 다양한 산업 분야에 활용되지 못한다는 문제점이 존재하였다.

[0008] 한편, 메타 물질은 금속이나 유전 물질로 설계된 메타 원자(meta atom)의 주기적인 배열로 이루어진 물질로서 초고굴절률 및 음굴절률 등 자연계에서는 존재하지 않는 특성을 가지는 신개념 소재이다.

[0009] 이러한 메타 물질을 이용하여 굴절률이 10 이상인 물질을 구현하거나 굴절률이 음수인 물질 등을 이용하여 이미징 렌즈 구조물을 구현할 경우, 회절 한계에 의하여 성능 향상의 제약이 있는 모든 분야의 기술적 장애를 해결할 수 있다고 여겨져 메타 물질 관련한 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있는 실정이다.

[0010] 특히, 시편의 초미세 구조를 관찰하기 위해서는 이미징 렌즈 구조물을 시편에 최대한 밀착시켜 부착시켜야 한다. 즉, 근접장은 시편으로부터 멀어질수록 급격히 소멸되기 때문에 근접장을 포집하기 위해서는 메타 물질

렌즈를 시편에 사용하는 빛의 파장의 1/3 이하 수준으로 매우 근접하게 밀착시켜야 한다. 따라서, 기존의 무기물 기반의 기관에 형성한 메타 물질로는 관찰대상 시편에 매우 근접하게 밀착시키는데 어려움이 있었다.

[0011] 본원의 선행 문헌으로서 한국특허공개번호 제2012-0123746호에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 일 목적은, 시편 표면에 근접하게 부착시켜 근접장을 용이하게 증폭시킬 수 있는 이미징 렌즈 구조물을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 일 목적은, 상기 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법을 제공하는 것이다.

[0014] 또한 본 발명의 일 목적은, 상기 이미징 렌즈 구조물을 이용하여 기존 광학계로 관찰하지 못하는 초미세 구조를 관찰할 수 있는 광학 이미징 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명의 실시예들에 따른 이미징 렌즈 구조물은, 투명 기관, 상기 투명 기관 상에 형성되며, 분산된 금속 나노 입자들로 이루어져 시편으로부터 발생하는 근접장 빛을 증폭시키는 근접장 증폭층, 상기 투명 기관 상에 상기 근접장 증폭층을 덮도록 형성되며, 상기 근접장 빛을 이동시킬 수 있는 근접장 이동층 및 상기 근접장 이동층의 상부에 구비되며, 빛을 선택적으로 투과시킬 수 있도록 구비된 광투과층 패턴을 포함한다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 근접장 증폭층은 10 내지 50 nm 범위의 두께를 가질 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 근접장 이동층은 나노 크기의 평균 직경을 갖는 금속 산화물 입자를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 금속 산화물 입자는 50 내지 500 nm 의 범위의 평균 직경을 가질 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 근접장 이동층은 가시광선 영역의 파장대에서 90% 이상의 산란도를 가질 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 근접장 이동층은 10 nm 이하의 표면 평탄도(flatness, RMS)를 가질 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 근접장 이동층 및 상기 광투과층 사이에 개재되며, 상기 시편이 상기 근접장 이동층으로 유입되는 것을 억제하는 패시베이션층이 추가적으로 형성될 수 있다.

[0021] 여기서, 상기 패시베이션층은 초소수성을 갖는 자기조립단분자막을 포함할 수 있다. 또한, 상기 자기조립단분자막은 1 내지 3 nm 범위의 두께를 가질 수 있다. 한편, 상기 자기조립단분자막은 실레인 계열을 물질을 포함할 수 있다.

[0022] 본 발명의 실시예들에 따른 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법에 있어서, 투명 기관 상에 형성되며, 분산된 금속 나노 입자들로 이루어져 시편으로부터 발생하는 근접장 빛을 증폭시키는 근접장 증폭층을 형성한 후, 상기 투명 기관 상에 상기 근접장 증폭층을 덮도록 상기 근접장 빛을 이동시킬 수 있는 근접장 이동층을 형성한다. 이후, 상기 근접장 이동층의 상부에, 빛을 선택적으로 투과시킬 수 있도록 구비된 광투과층 패턴이 형성된다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 근접장 증폭층은, 상기 투명 기관 상에 금속 박막을 형성한 후, 상기 금속 박막에 대하여 열처리 공정을 수행하여 상기 금속 박막에 포함된 금속 원자들을 응집시킴으로써 형성될 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 근접장 이동층은, 상기 근접장 증폭층을 덮도록 상기 투명 기관 상에 나노 입자들이 분산된 용액을 코팅하여 상기 투명 기관 상에 예비 코팅막을 형성하고, 상기 예비 코팅막을 몰드로 가압하는 가압 열경화 공정을 통하여 상기 예비 코팅막을 평탄화된 상부 표면을 갖는 코팅막으로 전환시킴으로써 형성될 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 예비 코팅막을 몰드로 가압하는 가압 경화 공정은 1 내지 20 bar 범위의 압력 조건 및 20 내지 120℃ 범위의 온도 범위에서 수행될 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 근접장 이동층 및 상기 광투과층 사이에 개재되며, 상기 시편이 상기 근접

장 이동층으로 유입되는 것을 억제하는 패시베이션층이 추가적으로 형성될 수 있다.

[0027] 여기서, 상기 패시베이션층은 상기 근접장 이동층 상에 초소수성을 갖는 자기조립단분자막에 의하여 형성될 수 있다. 또한, 상기 자기조립단분자막은 실레인 계열을 물질을 포함할 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시예들에 따른 광학 이미징 시스템은 레이저 장치, 상기 레이저 장치로부터 조사되는 빛의 일부를 반사시키는 빔 스플리터, 상기 빔 스플리터로부터 반사된 빛을 특정한 패턴을 가지도록 맞춤형 빛 패턴으로 변환하는 파면조절기(SLM; Spatial Light Modulator), 상기 빔 스플리터를 가운데 두고 상기 파면조절기와 마주보도록 배치되고, 상기 맞춤형 빛 패턴이 통과하는 대물 렌즈, 상기 대물 렌즈에 마주보도록 배치되며, 상기 대물 렌즈를 통과한 상기 맞춤형 빛 패턴이 조사되도록 관찰 대상 시편 상측에 위치하는 이미징 렌즈 구조물 및 상기 빔 스플리터를 향하도록 배치되며, 상기 관찰 대상 시편으로부터 발생하는 이미징 정보를 검출하는 검출기를 포함하고,

[0029] 상기 이미징 렌즈 구조물은 상술한 이미징 렌즈 구조물의 실시예들 중 어느 하나에 해당한다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예들에 따른 이미징 렌즈 구조물은 평탄화된 근접장 이동층을 구비함으로써 시편 위에 보다 근접하게 밀착이 가능하여 초미세 구조의 근접장을 용이하게 증폭할 수 있다. 구체적으로, 상기 근접장 이동층은 다양한 격자 구조가 혼재되거나 무질서한 구조가 반복되는 구조로 이루어지기 때문에 대면적에서 근접장을 산란시킬 수 있다. 따라서, 광대역의 근접장 빛이 효과적으로 증폭될 수 있다.

[0031] 또한 상기 이미징 렌즈 구조물을 광학 이미징 시스템에 적용할 경우, 이용하여 기존 광학계로 관찰하지 못하는 초미세 구조를 관찰할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미징 렌즈 구조물을 설명하기 위한 다면도이다.

도 2a 내지 도 2f는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 이미징 시스템을 설명하기 위한 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.

[0034] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0035] 본 출원에서 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" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0036] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [0037] **이미징 렌즈 구조물**
- [0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미징 렌즈 구조물을 설명하기 위한 다면도이다.
- [0039] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이미징 렌즈 구조물(100)은 투명 기판(10), 근접장 증폭층(120), 근접장 이동층(130) 및 광투과층 패턴(140)을 포함한다.
- [0040] 상기 투명 기판(110)은 광이 투과할 수 있는 광투과성 물질로 이루어진다. 상기 투명 기판(110)은 예를 들면, 고분자 기판을 들 수 있다. 이와 다르게, 상기 투명 기판(110)은 유리, 퀴즈(quartz), 사파이어로 이루어질 수 있다.
- [0041] 상기 근접장 증폭층(120)은 상기 투명 기판(110) 상에 형성된다. 상기 근접장 증폭층(120)은 분산된 금속 나노 입자들로 이루어진다. 상기 근접장 증폭층(120)은 시편으로부터 발생하는 근접장 빛을 증폭시킬 수 있도록 구비된다.
- [0042] 상기 근접장 증폭층(120)은 금속 나노파티클, 금속산화물, 나노 파티클, 또는 그래핀으로 이루어질 수 있다.
- [0043] 상기 근접장 증폭층(120)은 10 내지 50 nm 범위의 두께를 가질 수 있다. 또한 상기 근접장 증폭층(120)을 이루는 나노 파티클들은 10 내지 100 nm 범위의 평균 직경을 가질 수 있다. 상기 나노 파티클들은 50 내지 200 nm 범위의 주기로 형성될 수 있다. 이로써, 상기 이미징 렌즈 구조물(100)이 시편에 근접할 경우, 상기 시편으로부터 발생하는 근접장 빛을 증폭시켜 상기 근접장 빛의 세기를 증가시킬 수 있다.
- [0044] 상기 근접장 이동층(130)은 상기 투명 기판(110) 상에 상기 근접장 증폭층을 덮도록 형성된다. 상기 근접장 이동층(130)은 상기 근접장 빛을 이동시킬 수 있도록 구비된다.
- [0045] 상기 근접장 이동층(130)은 나노 크기의 평균 직경을 갖는 금속 산화물 입자를 포함할 수 있다. 상기 금속 산화물 입자는 ZnO, ZrO₂, TiO₂, ITO 및 SnO₂ 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 상기 금속 산화물 입자는 50 내지 500 nm 의 범위의 평균 직경을 가질 수 있다.
- [0046] 한편, 상기 근접장 이동층(130)은 10 nm 이하의 표면 평탄도(flatness, RMS)를 가질 수 있다. 이로써 상기 이미징 렌즈 구조물(100)이 상기 시편에 최대한 가깝게 밀착됨으로써 시편으로부터 발생하는 근접장 빛의 소멸을 억제시킬 수 있다.
- [0047] 상기 근접장 이동층(130)은 가시광선 영역의 파장대를 갖는 빛에서 90% 이상의 산란도를 갖도록 구비된다. 이로써 상기 근접장 이동층(130)으로 입사되는 근접장 빛이 소멸되지 않고 산란될 수 있다.
- [0048] 상기 광투과층 패턴(140)은 상기 근접장 이동층(130)의 상부에 구비된다. 상기 광투과층 패턴(140)에는 투광홀이 형성됨으로써 상기 시편으로부터 발생된 빛이 선택적으로 투과될 수 있다. 상기 투광홀은 10 내지 100 μm 범위의 직경을 가질 수 있다.
- [0049] 상기 광투과층 패턴(150)은 금속 소재, 예를 들면, 알루미늄, 크롬, 은(silver, Ag) 등으로 이루어질 수 있다.
- [0050] 이로써, 상기 근접장 증폭층(120) 및 근접장 이동층(130)을 갖는 이미징 렌즈 구조물(100)은 근접광 빛을 효과적으로 증폭하고 이동시킴으로써 상기 근접장 빛의 소멸을 억제할 수 있다. 결과적으로 이미징 렌즈 구조물(100)이 광학 이미징 시스템에 적용될 경우 근접광 빛을 이용함으로써 시편의 초미세 구조를 이미징(imaging)화할 수 있다.
- [0051] 나아가, 상기 근접장 이동층(130)이 10 nm 이하의 표면 평탄도(flatness, RMS)를 가짐에 따라, 상기 이미징 렌즈 구조물(100)에 시편에 최대한 가까이 부착될 수 있다. 이로써 상기 시편으로부터 발생하는 근접장 빛의 소멸을 억제할 수 있다.
- [0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 이미징 렌즈 구조물(100)은 패시베이션층(150)을 더 포함할 수 있다.
- [0053] 상기 패시베이션층(150)은, 상기 근접장 이동층(120) 및 상기 광투과층 패턴 (140)사이에 개재된다. 상기 패시베이션층(150)은 상기 시편이 상기 근접장 이동층(130)으로 유입되는 것을 억제할 수 있다. 이로써 상기 이미징 렌즈 구조물(100)의 오염 또는 손상이 억제될 수 있다.
- [0054] 예를 들면, 상기 패시베이션층(150)은 초소수성을 갖는 자기조립단분자막을 포함할 수 있다. 상기 시편이 액상 바이오 샘플일 경우, 상기 패시베이션층(150)은, 액상 바이오 샘플에 포함된 유체가 상기 근접장 이동층(130)으

로 유입되는 것을 효과적으로 억제할 수 있다.

[0055] 이 경우, 상기 자기조립단분자막은 1 내지 3 nm 범위의 두께를 가질 수 있다. 또한, 상기 자기조립단분자막은 실란(실레인) 계열을 물질을 포함할 수 있다.

[0056] 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법

[0057] 도 2a 내지 도 2f는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미징 렌즈 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

[0058] 도 2a를 참조하면, 투명 기판(110)을 준비한 후, 상기 투명 기판(110) 위에 금속 박막(125)을 형성한다. 상기 금속 박막(125)은 후속하는 형성되는 근접장 증폭층(120; 도 2b 참조)으로 변환될 수 있다.

[0059] 이때, 상기 금속 박막(125)은, 전자빔증착법 (E-beam evaporation), 스퍼터링법(sputtering), 나노입자 코팅 및 화학기상증착법(chemical vapor deposition) 등과 같은 공정으로 형성될 수 있다.

[0060] 도 2b를 참조하면, 금속 박막(125) 표면에 열처리 공정을 수행하여 금속입자들이 응집하는 응집(agglomeration) 현상이 발생한다. 이를 통해 시편에서 발생하는 근접장 빛을 증폭시키는 근접장 증폭층(120)이 형성된다. 상기 응집 현상을 통해 형성된 근접장 증폭층(120)은 10 ~ 50 nm 범위의 두께를 가질 수 있다. 또한, 상기 근접장 증폭층(120)을 이루는 입자의 평균 직경은 10 ~ 100 nm, 주기는 50 ~ 200 nm를 가질 수 있다.

[0061] 도 2c를 참조하면, 근접장 증폭층(120)을 덮도록 상기 투명 기판(110) 상에 근접장 이동층(130)을 형성한다.

[0062] 상기 근접장 이동층(130)은 근접장 이동을 위해 금속 산화물 나노 입자가 분산된 용액을 코팅하여 예비 코팅막(미도시)을 형성한 후, 상기 예비 코팅막을 경화시킴으로써 형성될 수 있다.

[0063] 상기 예비 코팅막은 닥터 블레이드(doctor blading) 공정이 수행될 수 있다. 상기 코팅층은 ZnO, ZrO₂, TiO₂, ITO, SnO₂ 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0064] 이와 다르게, 상기 예비 코팅막은 스핀 코팅 공정 또는 드롭(drop) 코팅 공정을 통하여 형성될 수 있다.

[0065] 또한, 상기 예비 코팅막 내부에 공기정공 또는 실리콘 산화물(SiO₂)이 삽입되어 상기 코팅층은 인버스 오팔(Inverse opal) 구조를 가질 수 있다.

[0066] 이어서, 상기 예비 코팅막 표면에 몰드(미도시)를 접촉시키는 가압 열경화 공정이 수행된다. 이때 몰드는 편평도가 매우 높은 실리콘 기판 또는 이를 복제한 탄성 중합체 몰드(elastomeric mold)인 것이 바람직하다. 이때 상기 가압 열경화 공정에서, 5 내지 20 bar의 압력으로 가압하여 상기 예비 코팅막 표면을 평탄화 할 수 있다. 또한, 상기 예비 코팅막이 약 50 내지 200℃의 열을 인가하며 상기 예비 코팅막을 경화시켜 상기 예비 코팅막을 평탄화된 상부 표면을 갖는 코팅막으로 전환시킨다. 이후 접촉된 몰드를 상기 코팅층으로부터 분리함으로써 상기 평탄화된 상부 표면을 갖는 코팅막이 근접장 이동층(130)에 해당한다.

[0067] 도 2d를 참조하면, 상기 시편이 바이오 샘플에 해당할 경우, 상기 시편에 포함된 액체가 상기 근접장 이동층(130) 내부로 스며들어 원활한 이미징에 어려움이 있을 수 있다. 이를 해결하기 위하여 상기 근접장 이동층(130)을 덮도록 패시베이션층(150)이 추가적으로 형성될 수 있다.

[0068] 예를 들면, 상기 패시베이션층(150)은 초소수성을 갖는 자기조립단 분자막층을 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 패시베이션층(150)은 습식 또는 건식 공정을 통하여 형성될 수 있다. 또한 상기 패시베이션층(150)은 2 nm 이하의 두께를 가질 수 있다.

[0069] 도 2d를 참조하면, 상기 근접장 이동층(130)의 상부에 광투과층 패턴(140)을 형성한다. 또한 상기 패시베이션층(150)이 형성될 경우, 상기 광투과층 패턴(140)은 상기 패시베이션층(150) 상에 형성될 수 있다.

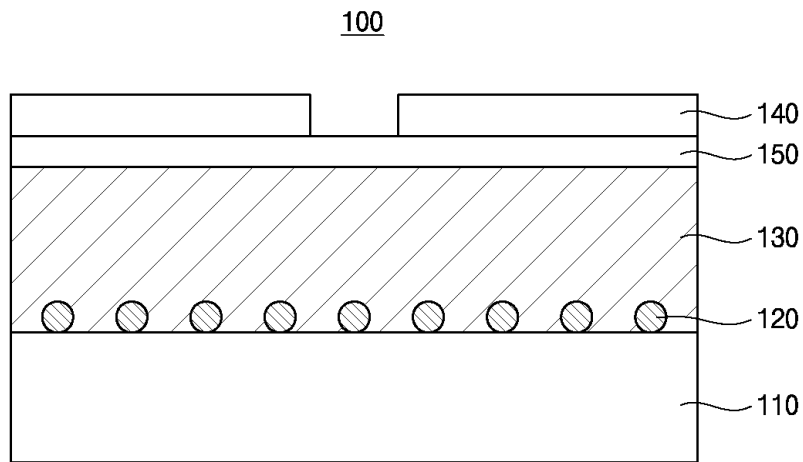
[0070] 상기 광투과층 패턴(160)은 금속층(미도시)을 형성하고 상기 금속층을 포토마스크 식각 공정을 통하여 부분적으로 식각함으로써 형성될 수 있다. 이로써 상기 광투과층 패턴(160)은 광을 선택적으로 투과할 수 있는 투광홀이 형성될 수 있다.

[0071] 광학 이미징 시스템

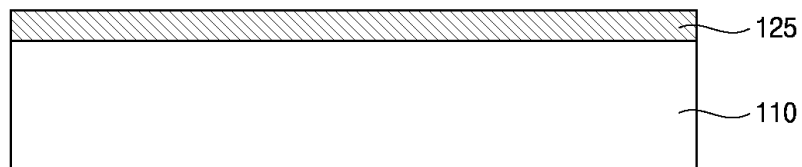
- [0072] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타물질 구조 필름을 이용한 광학 이미징 시스템(200)을 개략적으로 도시한 도면이다. 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 메타물질 구조 필름을 이용한 광학 이미징 시스템(200)의 작동 원리 1를 개략적으로 도시한 도면이다. 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 메타물질 구조 필름을 이용한 광학 이미징 시스템(200)의 작동 원리 2를 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0073] 이하, 도 7 내지 도 9를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 메타물질 구조 필름을 이용한 광학 이미징 시스템(200)을 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따른 메타물질 구조 필름을 이용한 광학 이미징 시스템(200)은 레이저 장치(210), 빔 스플리터(beam splitter, 215), 파면 조절기(spatial light modulator, SLM)(220), 광학 렌즈(225), 대물 렌즈(230), 이미징 렌즈 구조물(100) 및 검출기(240)를 더 포함할 수 있다.
- [0075] 상기 레이저 장치(210)는 원하는 종류의 빛을 조사하는 역할을 수행하며, He-Ne 레이저 장치가 사용될 수 있다. 여기서, 빛의 파장은 한정될 필요는 없으며, 다른 파장의 레이저도 사용 가능함을 유의한다.
- [0076] 상기 레이저 장치(210)로부터 조사된 빛은 빔 스플리터(215)를 통하여 일부가 반사되어 파면 조절기(220)로 유입되게 된다.
- [0077] 상기 파면 조절기(220)는 레이저 장치(210)로부터 조사된 빛을 특정한 패턴을 가지도록 맞춤형 빛 패턴(①, ②, ③, ...)으로 변환하는 역할을 수행한다. 그리고 이러한 변환된 맞춤형 빛 패턴은 광학 렌즈(225) 및 대물 렌즈(230)를 통과하게 된다.
- [0078] 상기 대물 렌즈(230)를 통과한 빛은 관찰 대상인 시편(10)의 상측에 위치한 이미징 렌즈 구조물(100)을 통하여 시편(10)에 조사되게 된다. 이때, 이미징 렌즈 구조물(100)은 시편(10)에 최대한 가까이 부착되어 상기 기판으로부터 발생하는 근접장을 이동시키고 나아가 증폭하는 역할을 수행하게 된다. 그리고 대물 렌즈(230)는 시편(10)의 근접장 및 원거리장의 정보를 가지는 새로운 빛을 포집하게 된다.
- [0079] 상기 검출기(240)는 관찰 대상 시편(10)으로부터 발생하는 이미징 정보(①", ②", ③", ...)를 검출함으로써 미세 구조를 이미징화하게 된다. 여기서 이미징 정보는 관찰 대상 시편(10)의 근접장 및 원거리장의 정보를 모두 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0080] 이러한 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 이미징 시스템(200)은 다수의 맞춤형 빛 패턴(①, ②, ③, ...)을 이미징 렌즈 구조물(100)을 통해서 시편(10)에 조사함으로써 이미징 렌즈 구조물(100)으로부터 산란된 근접장 및 원거리장 빛(①", ②", ③", ...)을 포집하고 검출기(240)로 전달하여 초미세구조의 정확한 이미징을 구현하는 것이다.
- [0081] 즉, 맞춤형 빛 패턴(①, ②, ③, ...)과 이미징 렌즈 구조물(100)으로부터 산란된 근접장 및 원거리장 이미징 정보(①", ②", ③", ...)는 하나의 쌍이 되고, 이러한 여러 쌍들의 이미징 정보를 분석함으로써 초미세구조의 정확한 이미징을 할 수 있게 된다.
- [0082] 이상과 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 메타물질 구조 필름을 이용한 광학 이미징 시스템(200)은 근접장 증폭 및 근접장 이동층을 구비한 이미징 렌즈 구조물을 포함한다. 이때, 접장 이동층은 다양한 격자 구조가 혼재되거나 무질서한 구조가 반복되는 구조로 이루어지기 때문에 대면적에서 근접장을 산란시킬 수 있다. 따라서, 광대역의 근접장 빛이 효과적으로 증폭될 수 있다. 이로써 상기 광학 이미징 시스템은 기존 광학계로 관찰하지 못하는 초미세 구조를 효과적으로 관찰할 수 있다.
- [0083] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 이하의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

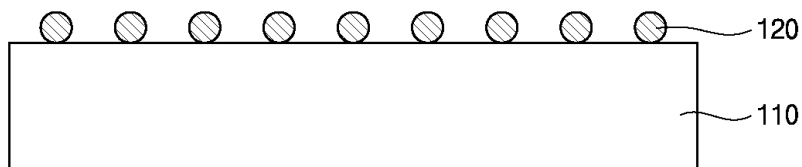
도면1



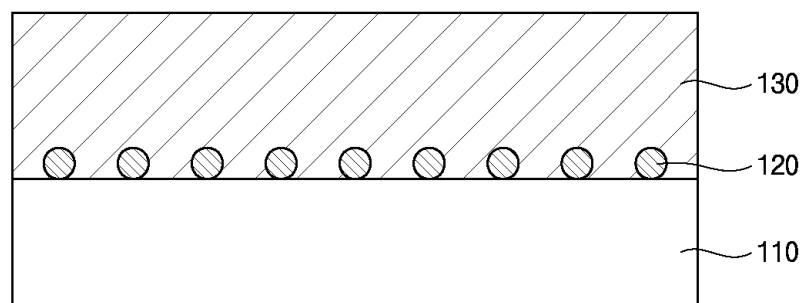
도면2a



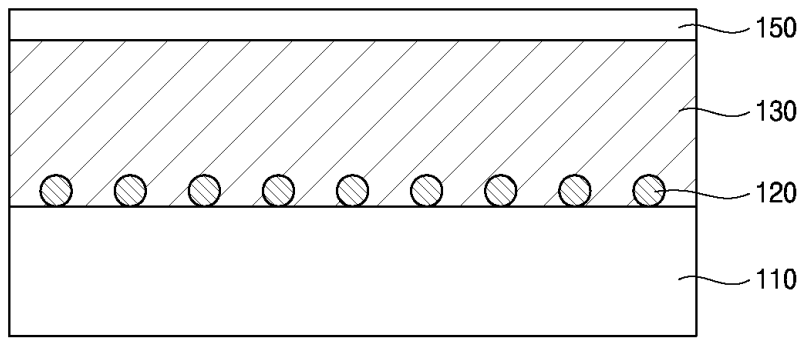
도면2b



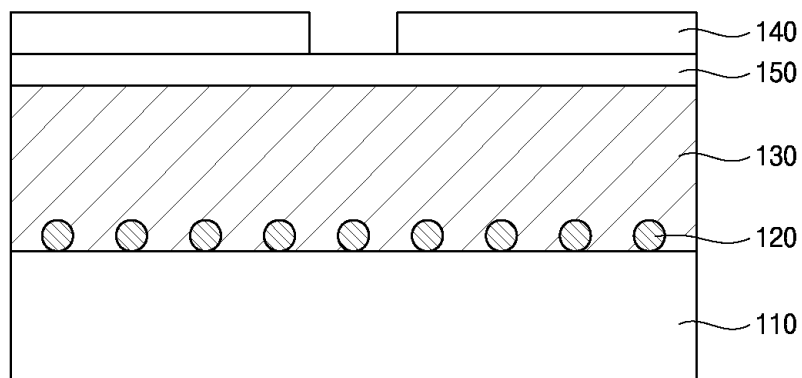
도면2c



도면2d



도면2e



도면3

