



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월12일
(11) 등록번호 10-1211532
(24) 등록일자 2012년12월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/124 (2006.01) G01B 11/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0084739
(22) 출원일자 2011년08월24일
심사청구일자 2011년08월24일
(56) 선행기술조사문헌
XuanYe Wang et al., PDMS NANOSTRUCTURES
FABRICATED BY TWO-STEP MOLDING PROCESS USED
FOR TUNABLE SERS INTEGRATED WITH
MICROFLUIDICS, 14th International Conference
on Miniaturized Systems for Chemistry
T T Truong et al., Nanopost plasmonic
crystals, 2009, Nanotechnology 20 434011
KR1020110027366 A
KR1020030047567 A

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
오범환
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 정보통신공학부 (용현동)
이동진
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 정보통신공학부 (용현동)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 김종홍

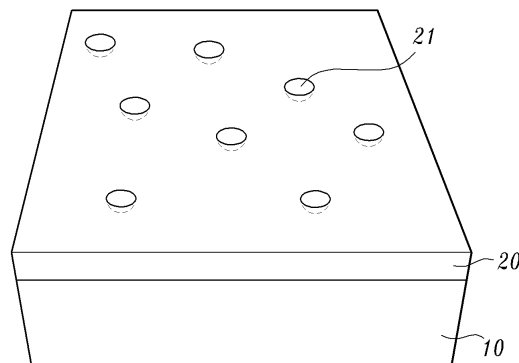
(54) 발명의 명칭 **대면적의 불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 구조 및 그 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 대면적의 불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 (plasmonic nanowell) 구조 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

플라즈모닉 나노 우물 구조는 기판 위에 금속 나노 입자 (metallic nanoparticles, metallic NPs)를 형성한 후, 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane, PDMS)을 부어 몰드를 형성하고, 형성된 PDMS 몰드 위에 금속을 증착하여 형성한다. 이러한 방법을 이용하면 프리즘이나 격자구조와 같은 접속부를 필요로 하지 않는 대면적의 플라즈모닉 나노 우물 구조를 제조할 수 있고, 이러한 구조는 가시광 영역에서 빛을 강하게 흡수하는 특성이 있어 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance, SPR) 센서 혹은 표면강화 라만산란(Surface Enhanced Raman Scattering, SERS)에 이용될 수 있는 특징이 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0018394

부처명 교육과학기술부

연구사업명 중점연구소 지원사업

연구과제명 그린 생체모방형 임플란터블 전자칩 및 U-생체정보처리 플랫폼 융합기술개발

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R11-2003-022-03002-0

부처명 교육과학기술부

연구사업명 우수연구센터(ERC)사업

연구과제명 O-PCB의 응용화 기술 개발

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2011.03.01 ~ 2012.02.29

특허청구의 범위

청구항 1

불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법에 있어서,

유리 또는 실리콘으로 형성된 기판 위에 금속을 증착하는 제 1 단계;

증착된 상기 금속에 열처리를 가하여 적어도 하나 이상의 불규칙적인 배열로 금속 나노 입자를 형성하는 제 2 단계;

상기 금속 나노 입자가 형성된 상기 기판에 PDMS(Polydimethylsiloxane)를 붓고 경화시켜 PDMS 몰드를 형성하는 제 3 단계;

상기 PDMS 몰드와 상기 금속 나노 입자가 형성된 기판을 분리하여 상기 PDMS 몰드의 표면에 불규칙적으로 나노 우물을 형성하는 제 4 단계; 및

분리된 상기 PDMS 몰드 표면에 금속을 증착하여 증착면을 형성하는 제 5 단계;를 포함하는 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 유리 또는 실리콘 기판에 증착되는 상기 금속의 두께는 1nm 내지 10nm인 것을 특징으로 하는 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 5 단계에서, 상기 PDMS 몰드의 표면에 증착되는 상기 금속에 의해 형성된 금속 나노 우물의 지름은 10 nm 내지 60nm, 깊이는 10nm 내지 50nm인 것을 특징으로 하는 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법.

청구항 4

삭제

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 플라즈모닉 나노 우물(plasmonic nanowell) 구조 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 비교적 간단한 공정으로 대면적의 플라즈모닉 나노 우물 구조를 제조할 수 있고, 프리즘이나 격자 구조와 같은 접속부를 필요로 하지 않는 대면적의 불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 구조 및 그 제조방법에 관한 것이다. 이러한 구조는 가시광 영역에서 빛을 강하게 흡수하는 특성을 갖는다.

배경기술

[0002]

금속과 유전체의 경계에서 특정 조건을 만족하는 경우, 광파가 금속 표면의 자유전자들과 상호 작용하여 공진을 일으킨다. 이러한 공진은 금속 외부의 전자기파와 금속의 자유전자 간의 공진에 해당하는 것이다.

- [0003] 이러한 결과로 생성되는 것이 물질 파가 표면을 따라 진행하는 것과 같은 형태와 유사한 고밀도 전자의 진행과 인 표면 플라즈몬(SP : Surface Plasmon)이다.
- [0004] 표면 플라즈몬(surface plasmon)은 금속과 유전체의 경계면에서 발생하는 양자화된 전자들의 집단적인 진동으로서 표면 플라즈몬이 전자기파와 결합하여 진행할 때 이를 표면 플라즈몬 폴라리톤(surface plasmon polariton)이라 하고 간단히 표면 플라즈몬이라 부른다.
- [0005] 금속과 유전체의 경계면에 TM 편광(Transverse Magnetic Polarization)으로 입사하는 광파가 적절한 방법에 의해 위상정합 조건을 만족시킬 수 있게 되면, 금속 표면에 플라즈마를 만들어 내고, 이 결합은 금속과 유전체의 경계면 상의 근접장을 만들어 낸다.
- [0006] 이러한 표면 플라즈몬 파의 모드 크기는 기본적으로 수 나노에서 수십 마이크로미터 이상이 되도록 만들 수 있으며, 세기가 강한 국소 근접장의 성질 및 특유의 분산 현상과 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance) 현상을 가진다.
- [0007] 이러한 표면 플라즈몬 파를 이용한 도파로 (Waveguide), 변조기 (Modulator), 광원 (Light source), 수신소자, 분배기, 결합기, 반사격자, 필터 등을 연구하는 분야를 표면 플라즈모닉스(Plasmonics)라고 한다.
- [0008] 이러한 표면 플라즈몬을 이용한 센서 기술에는, 표면 플라즈몬 공명(SPR) 센서와 극미세 구조물을 이용하여 국소적으로 전기장을 강화하여 라만 신호를 증폭시키는 표면강화 라만산란(Surface Enhanced Raman Scattering, SERS) 등이 있다.
- [0009] 공개특허공보 제2003-0047567호에서는 표면 플라즈몬을 생성시키는 금속박막 상에 투명박막을 형성한 표면 플라즈몬 공명 센서 시스템에 관한 기술이 기재되어 있다. 이러한 공개특허공보 제2003-0047567호에서 표면 플라즈몬 공명 센서는 투명기판에 제 1 접착층, 전도성 박막 제 2 접착층 및 투명박막이 순차적으로 적층되어 형성되고 있다.
- [0010] 또한, 생체적합성을 가지며 이식이 가능한 표면증강 라만패치에 의해 인체 내에서 라만산란을 검출할 수 있도록 하이드로겔을 이용한 생체 적합성을 가지는 표면증강 라만산란 패치 형성방법 및 표면강화 라만산란 방법이 공개특허공보 제2011-0027366호에 기재되고 있다.
- [0011] 또한, 공개특허공보 제2011-0045201호에서는 초소형화, 저전력 소비화, 저가의 광 집적 모듈 등의 고집적 나노 플라즈모닉 회로의 구현이 가능한 표면 플라즈몬 폴라리톤 도파로 집광 소자에 대해 기술하고 있다.
- [0012] 그러나, 종래 기술에서는 표면 플라즈몬을 여기 하기 위해 프리즘이나 격자 구조를 이용하였고, 또한 대면적의 플라즈모닉 공명 센서를 만드는데 어려움이 있었다.
- [0013] 따라서 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결할 수 있도록 고감도 검출을 위한 플라즈모닉 나노 우물 구조를 제공하는 것이 바람직하나, 아직까지 이러한 요구를 모두 만족시키는 기술은 제공되지 못하고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 상기한 문제점을 개선하기 위해 안출된 본 발명의 기술적 과제는, 프리즘이나 격자구조와 같은 접속부를 필요로 하지 않고, 또한 비교적 간단한 공정으로 이루어진 대면적의 불규칙적인 배열을 가지는 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제공을 목적으로 한다. 또한, 이러한 구조는 가시광 영역에서 빛을 강하게 흡수할 수 있는 특성을 가진다.
- [0015] 또한, 본 발명은 표면 플라즈몬 공명(surface plasmon resonance, SPR) 센서 또는 표면강화 라만산란(surface enhanced Raman scattering, SERS)에 이용될 수 있는 대면적의 불규칙적인 배열을 가지는 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제공을 목적으로 한다.
- [0016] 그러나 본 발명의 목적은 상기에 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명의 실시예에 따른 대면적의 불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법은, 유리 또는 실리콘으로 형성된 기판 위에 금속을 증착하는 제 1 단계; 증착된 상기 금속에 열처리를 가하여 적어도 하나 이상의 불규칙적인 배열로 금속 나노 입자를 형성하는 제 2 단계; 상기 금속 나노 입자가 형성된 상기 기판에 PDMS(Polydimethylsiloxane)를 붓고 경화시켜 PDMS 몰드를 형성하는 제 3 단계; 상기 PDMS 몰드와 상기 금속 나노 입자가 형성된 상기 기판을 분리하여 상기 PDMS 몰드의 표면에 불규칙적으로 나노 우물을 형성하는 제 4 단계; 및 분리된 상기 PDMS 몰드 표면에 금속을 증착하여 증착면을 형성하는 제 5 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법은, 상기 제 1 단계에서 상기 기판에 증착되는 금속은 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu) 중 어느 하나인 것을 특징으로 한다.
- [0019] 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법은, 상기 기판에 증착되는 상기 금속의 두께는 1nm 내지 10nm인 것을 특징으로 한다.
- [0020] 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법은, 상기 제 5 단계에서, 상기 PDMS 몰드의 표면에 증착되는 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu) 중 어느 하나인 것을 특징으로 한다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법은, 상기 제 5 단계에서, 상기 PDMS 몰드의 표면에 증착되는 상기 금속에 의해 형성된 금속 나노 우물의 지름은 10nm 내지 60nm, 깊이는 10nm 내지 50nm인 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명의 실시예에 따른 대면적의 불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 구조는, 적어도 하나 이상의 나노 우물(nanowell)이 표면에 불규칙적인 배열로 형성된 PDMS(Polydimethylsiloxane) 몰드; 및 상기 나노 우물이 형성된 상기 PDMS 몰드의 표면에 금속을 증착시켜 형성된 증착면;을 포함하되, 상기 증착면은 상기 PDMS 몰드에 불규칙적으로 형성된 상기 나노 우물의 위치에 따라 금속 나노우물(metallic nanowell)이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조는, 상기 PDMS 몰드는 PDMS(Polydimethylsiloxane)를 경화시켜 형성한 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 실시예에 따른 대면적의 불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 구조는, 상기 PDMS 몰드에 증착되는 금속은 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu) 중 어느 하나인 것을 특징으로 한다.

[0025] 본 발명의 실시예에 따른 대면적의 불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 구조는, 상기 금속 나노 우물의 지름은 10nm 내지 60nm, 깊이는 10nm 내지 50nm인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시예에 따르면, 대면적의 불규칙적인 배열을 가지는 플라즈모닉 나노 우물 구조를 제조할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 대면적의 불규칙적인 배열을 가지는 플라즈모닉 나노 우물 구조는 비교적 간단한 공정으로 제조할 수 있고, 프리즘이나 격자구조와 같은 접속부를 필요로 하지 않으며, 또한 가시광 영역에서 빛을 강하게 흡수할 수 있는 특성을 가지고, 그로 인하여 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance, SPR) 센서 또는 표면강화 라만산란(Surface Enhanced Raman Scattering, SERS) 등에 이용될 수 있는 특징이 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조를 나타내는 예시도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조를 나타내는 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조를 적용한 SPR 센서를 나타내는 예시도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조에 대한 2D FDTD 전산모사 설계 도면을 나타낸다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조에 대한 2D FDTD(Finite Difference Time Domain) 전산모사 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다. 하기에 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0030] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조를 나타내는 도면이고, 도 2는 본 발명의 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조를 나타내는 예시도이며, 도 3은 본 발명의 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조를 나타내는 흐름도이다.

[0031] 도면을 참조하면, 플라즈모닉 나노 우물 구조(1)는 다수의 나노 우물(nanowell)(4)이 형성된 PDMS 몰드(10)와 이 PDMS 몰드(10)의 표면에 증착된 증착면(20)을 포함할 수 있다.

[0032] PDMS 몰드(10)의 표면에는 다수의 나노 우물(14)이 불규칙적인 배열로 형성되고, PDMS 몰드(10)에 증착된 증

착면(20)에는 PDMS 몰드(10)에 불규칙적으로 형성된 나노 우물(14)의 위치에 따라 금속 나노 우물(metallic nanowell)(21)이 형성된다.

- [0033] PDMS 몰드(10)는 PDMS(Polydimethylsiloxane)를 경화시켜 형성한 것이고, 이 PDMS 몰드(10)에는 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu) 등을 증착시켜 증착면(20)을 형성한다.
- [0034] 또한, 증착면(20)에 형성되는 금속 나노 우물(21)의 지름은 10nm 내지 60nm, 깊이는 10nm 내지 50nm로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0035] 이후, 도 1 내지 도 3을 참조하여 플라즈모닉 나노 우물 구조의 제조방법을 설명한다.
- [0036] 먼저, 기판(11) 위에 금속을 얇게 증착한다. 예를 들면, 기판(11)은 유리 또는 실리콘으로 형성되고, 이 기판(11)에 증착되는 금속은 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu) 등이고, 두께가 1nm 내지 10nm 이하의 금속을 증착한다(S1).
- [0037] 이후, 증착된 금속(12)에 열처리를 가하여(S2), 다수의 불규칙적인 배열로 금속 나노 입자(13)를 형성한다(S3). 이때, 금속 나노 입자(13)의 크기는 지름이 약 10nm ~ 60nm, 높이가 10nm ~ 50nm가 되도록 형성된다.
- [0038] 금속 나노 입자(13)가 형성된 유리 또는 실리콘 기판(11)에 PDMS(Polydimethylsiloxane)를 붓고 경화시켜 PDMS 몰드(10)를 형성한다(S4).
- [0039] 형성된 PDMS 몰드(10)로부터 금속 나노 입자(13)가 형성된 기판(11)을 분리함으로써, PDMS 몰드(10)의 표면에 불규칙적으로 분포된 다수의 나노 우물(14)이 형성된다(S5). 이러한 방법을 이용하면, 대면적의 불규칙적인 배열을 갖는 플라즈모닉 나노 우물 구조를 제조할 수 있다.
- [0040] 이러한, 플라즈모닉 나노 우물(14)은 지름 및 높이가 수 nm에서 수십 nm의 크기를 가지며 우물 내에 형성된 공동(cavity) 모드로 인하여 가시광 영역에서 빛을 강하게 흡수할 수 있는 특징을 갖는다.
- [0041] 다수의 나노 우물(14)이 불규칙적으로 분포된 PDMS 몰드(10)의 표면에 금속을 증착하여 증착면(20)을 형성한다(S6). 이때 증착되는 금속은 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 구리(Cu) 등을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 플라즈모닉 나노 우물 구조를 적용한 SPR 센서를 나타내는 예시도이다. 제조된 플라즈모닉 나노 우물 구조 위에 PDMS 혹은 SU-8 등을 이용하여 마이크로 유체 통로 (micro fluidic channel)를 형성한다.
- [0043] 마이크로 유체 통로를 통해 분석하고자 하는 물질을 흘려보내면서, 마이크로 유체 통로에 대해 수직으로 가시광 대역의 파장을 갖는 빛을 입사시킨다. 이때, 반사된 빛의 공명 파장(Resonant wavelength)의 변화를 조사하면 분석물질의 굴절률 변화를 측정할 수 있다. 또한, 광원과 광검출기는 광섬유(fiber) 혹은 마이크로 미러(micro mirror) 등을 이용하여 SPR 센서 시스템에 집적화 할 수 있다.
- [0044] 도 5는 플라즈모닉 나노 우물 구조에 대한 2D FDTD(Finite Difference Time Domain) 전산모사 설계 도면을 나

타낸다.

[0045] 전산모사 설계 도면의 크기는 가로와 세로가 각각 1 μ m, 500nm 이고, 입사광은 중심파장이 0.5 μ m이고, 파장에 대해 가우시안(Gaussian) 형태를 갖는다. 도면에 나타낸 바와 같이, 입사광원(Input wave) 위에 광검출기(Detector)를 설치하여 반사되는 빛의 스펙트럼을 조사하였다.

[0046] 금속 나노 우물(21)은 가로와 세로가 각각 1 μ m, 100nm인 금속 박막 위에 지름 40nm, 높이(h) 20nm, 30nm, 50nm 인 구조로 형성되었으며, 이때, 금속은 금(Au)으로 설정하였다.

[0047] 도 6은 도 5의 구조에 대한 2D FDTD(Finite Difference Time Domain) 전산모사 결과를 나타낸다. 도면에 나타낸 바와 같이, 가시광 영역에서 빛의 공명이 일어남을 확인할 수 있고, 금속 나노 우물(21)의 높이(h)가 증가함에 따라 공명 파장(Resonant wavelength)이 장파장 쪽으로 이동함을 알 수 있다.

[0048] 상기 본 발명의 내용은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

- [0049]
- 10 : 기판(PDMS 몰드)

11 : 기관

13 : 금속 나노 입자

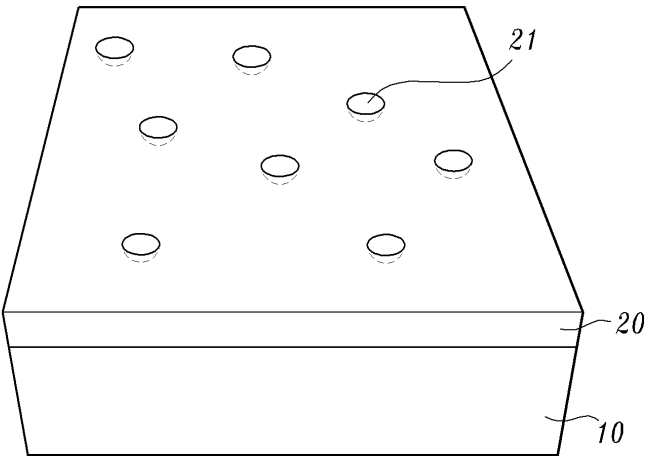
14 : 나노 우물

20 : 증착면

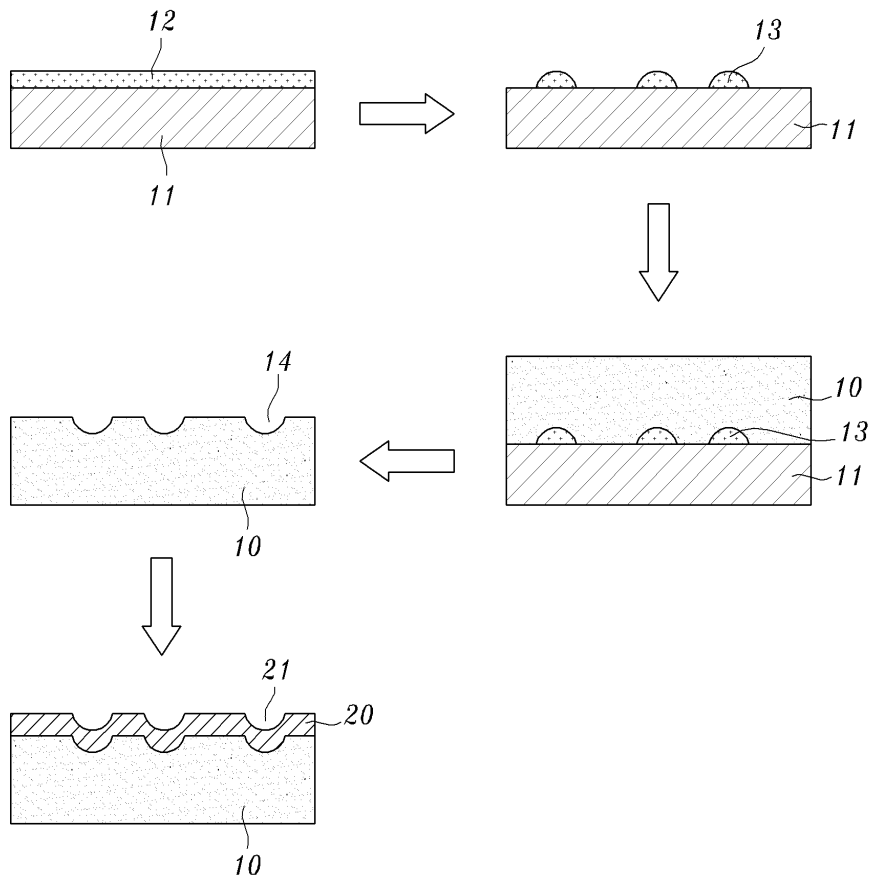
21 : 금속 나노 우물

도면

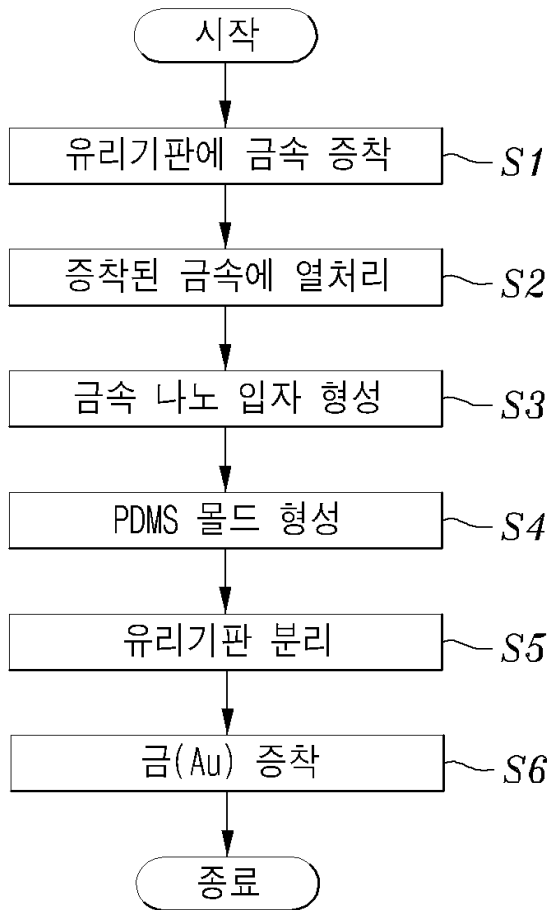
도면1



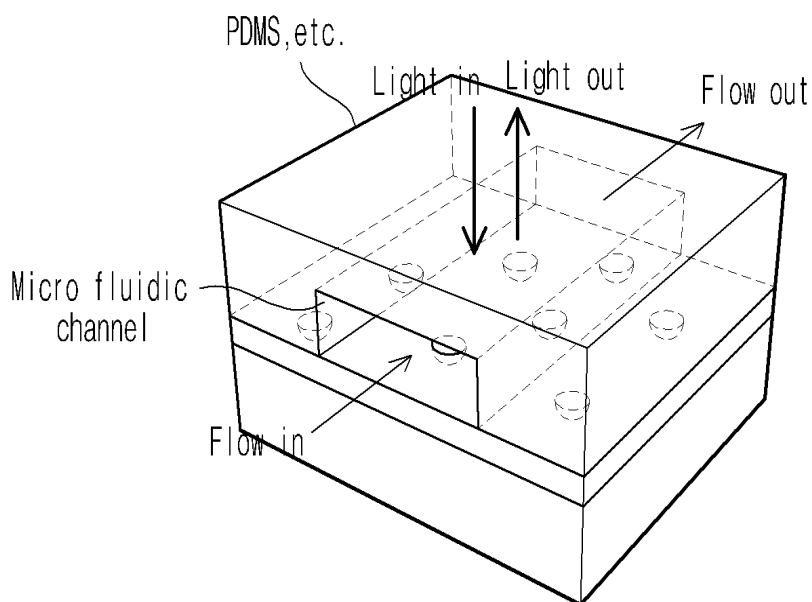
도면2



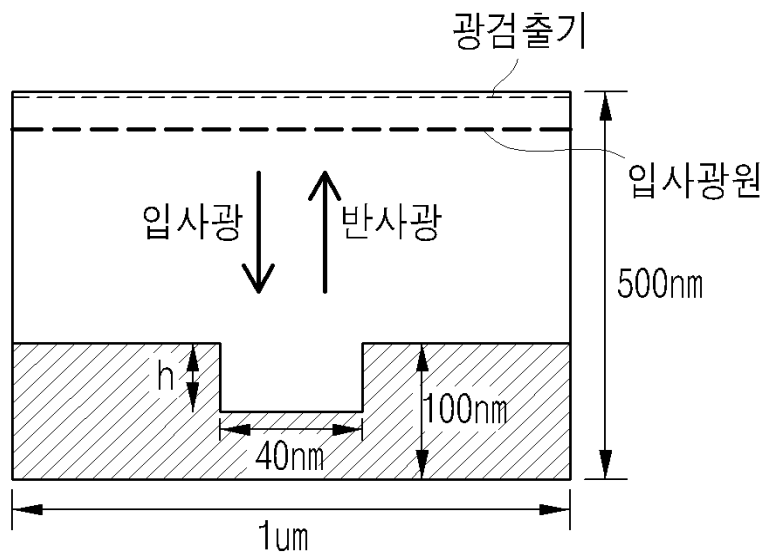
도면3



도면4



도면5



도면6

