



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년02월12일
 (11) 등록번호 10-1828309
 (24) 등록일자 2018년02월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01N 21/552 (2014.01)
 (52) CPC특허분류
 G01N 21/554 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0147010
 (22) 출원일자 2016년11월04일
 심사청구일자 2016년11월04일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2015215351 A*
 JP2009501904 A*
 KR1020150072292 A
 KR1020150117198 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 이화여자대학교 산학협력단
 서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
 (72) 발명자
 김동하
 서울특별시 마포구 서강로9길 45, 101동 703호 (창전동, 태영아파트)
 정운룡
 경상북도 포항시 남구 지곡로 155, 9동 2202호 (지곡동, 교수아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 11 항

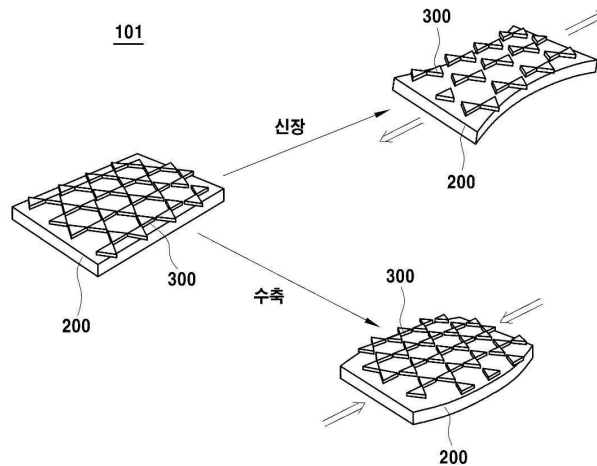
심사관 : 김명갑

(54) 발명의 명칭 **유연 플라즈모닉 구조체, 이의 제조 방법, 및 이를 포함하는 유연 플라즈모닉 센서**

(57) 요약

유연 플라즈모닉 구조체, 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 제조 방법, 및 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 포함하는 유연 플라즈모닉 센서에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자
이지은
 경기도 수원시 팔달구 효원로89번길 25-25, 302호
 (교동, 명진아파트)

박추진
 서울특별시 송파구 가락로5길 3-93 (석촌동, 석촌
 빌라)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014R1A2A1A09005656

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업(학술진흥)-중견연구자지원사업-도약연구지원사업(도전)(융합)

연구과제명 플라즈마닉 결합효과 극대화 발현 하이브리드 나노구조체 도출에 의한 광전환 효율 향상

연구

기 여 율 1/1

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2015.05.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

유연 기재, 및 상기 유연 기재 표면에 형성된 패터화된 금속 층을 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체를 포함하는, 유연 플라즈모닉 센서로서,

상기 유연 플라즈모닉 구조체는 연신(stretching) 특성을 가지며,

상기 유연 기재의 신장 및 수축의 변형을 이용하여 상기 패터화된 금속 층의 패턴 주기 및 이방성을 조절함으로써 상기 유연 플라즈모닉 센서의 광학적 성질을 가시광에서 근적외선 영역까지 확장 조절하는 것이고,

상기 유연 플라즈모닉 구조체가 연신 특성을 가짐으로써 표면 증강 라만 산란 현상 및 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 변화를 측정할 수 있는 것인,

유연 플라즈모닉 센서.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 유연 기재는 고분자, 실리콘 고무, 탄성중합체 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것인, 유연 플라즈모닉 센서.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 금속을 포함하는 것인, 유연 플라즈모닉 센서.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 금속 층의 두께는 1 nm 내지 200 nm인, 유연 플라즈모닉 센서.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 패터화된 금속 층은 정육방형 배열의 패턴 형태를 가지는 것인, 유연 플라즈모닉 센서.

청구항 7

삭제

청구항 8

유연 기재, 및 상기 유연 기재 표면에 형성된 패터화된 금속 층을 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체를 포함하는 유연 플라즈모닉 센서의 제조 방법으로서,
 상기 유연 플라즈모닉 센서의 제조 방법은,
 상기 유연 기재에 고분자 입자 층을 형성하고,
 상기 고분자 입자 층에 금속을 코팅하고,
 상기 고분자 입자 층을 제거하여 상기 유연 기재 표면에 형성된 패터화된 상기 금속 층을 포함하는 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 수득하는 것을 포함하고,
 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 연신 특성을 가지며,
 상기 유연 기재의 신장 및 수축의 변형을 이용하여 상기 패터화된 금속 층의 패턴 주기 및 이방성을 조절함으로써 상기 유연 플라즈모닉 센서의 광학적 성질을 가시광에서 근적외선 영역까지 확장 조절하는 것이고,
 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 연신 특성을 가짐으로써 표면 증강 라만 산란 현상 및 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 변화를 측정할 수 있는 것인,
 유연 플라즈모닉 센서의 제조 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제 8 항에 있어서,
 상기 유연 기재는 고분자, 실리콘 고무, 탄성중합체 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것인, 유연 플라즈모닉 센서의 제조 방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,
 상기 고분자 입자의 크기는 100 nm 내지 2 μ m인, 유연 플라즈모닉 센서의 제조 방법.

청구항 12

제 8 항에 있어서,
 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 금속을 포함하는 것인, 유연 플라즈모닉 센서의 제조 방법.

청구항 13

제 8 항에 있어서,
 상기 금속 층의 두께는 1 nm 내지 200 nm인, 유연 플라즈모닉 센서의 제조 방법.

청구항 14

제 8 항에 있어서,

상기 패턴화된 금속 층은 정육방형 배열의 패턴 형태를 가지는 것인, 유연 플라즈모닉 센서의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 유연 플라즈모닉 구조체, 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 제조 방법, 및 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 포함하는 유연 플라즈모닉 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 국소 표면 플라즈몬 공명(localized surface plasmon resonance, LSPR)은 표면 플라즈몬과 커플링된 표면 전자의 진동의 공명 여기(resonant excitation)를 이용하여, 금속과 유전체 사이 계면에서 국소 전기장(local electric field)을 향상시킨다. 상기 국소 표면 플라즈몬 공명의 특유의 물리적 및 화학적 특성들로부터 광범위한 적용의 다양성은 입자 크기, 모양, 입자간 거리(interparticle distance), 및 표면 특성들과 직접적으로 관계된다. 금(Au) 및 은(Ag)은 LSPR 현상 때문에 우수한 광전자적(optoelectronic) 특성들을 갖고, 이들의 퍼텐셜 함수(potential functions)는 표면 플라즈몬 공명(surface plasmon resonance, SPR) 센싱에서 현저히 향상된 감도로써 설명되어 왔다. 상기 구조 및 특성은 바이오 센싱, 광학 센싱, 촉매 작용, 및 다양한 전문화된 광학 디바이스 및 전자 디바이스에서 특히 큰 주목을 받는다.

[0003] 표면-증강 라만 산란(surface-enhanced Raman scattering, SERS)이 저농도 화학- 및 바이오-물질의 고감도 분석 도구로서 인식되어 왔다. 따라서, 핫-스팟으로서 플라즈몬 나노구조체는 LSPR의 여기에 의해 이웃한 나노구조체들 사이에서 발생된 전자기적 커플링을 통하여 SERS 신호를 향상시킬 수 있다. Au가 다양한 주변 환경에서 산화에 대해 화학적으로 안정하기 때문에 종종 선택되고, Ag는 높은 반응성 때문에 종종 선택되에도, Au 및 Ag 이 SERS 기재로서 전형적으로 사용된다. 금, 은, 또는 이들의 조합을 포함하는 활성-기재(active-substrate)는 높은 감도 및 안정한 라만 신호를 가진다. 상기 금속들은 최대 라만 측정값이 발생하는 가시광 및 근적외선 파장 범위를 대부분 포함하는 LSPRs를 가지며, 이것은 또한 상기 금속들을 사용하기 용이하게 만든다. 상기 검출 도구는 가격 효율성, 유연성, 재 생산성, 및 표면 SERS 기재를 필요로 한다. 최근 연구들이 더욱 다양한 기능을 가지는 향상된 센서의 개발을 위해 탐구되어 왔고, 이는 외부 환경 변화에 의해 구동되는 유연한 감지 거동(flexible sensory behavior)을 허용한다. 몇몇 연구자들은 금속 나노구조체를 포함하는 유연 센서 칩을 개발하여 왔다. 그러나, 유연 기재에서 SERS 구조체는 저 비용 및 단순 공정으로 제조가 용이하지 않다. SERS 기재는 복잡한 과정 및 유연 기재 상에 임의로 배열된 구조체들로서 제조되어 왔다. 따라서, 금속 나노구조체들 간의 다양한 간격을 통한 향상된 SERS 신호는 정의하기에 용이하지 않았다.

[0004] 이와 관련하여, 대한민국 공개특허 제 2014-0039608 호는 3 차원 나노플라즈모닉 구조체 및 이의 제조 방법에 대하여 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본원은, 유연 플라즈모닉 구조체, 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 제조 방법, 및 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 포함하는 유연 플라즈모닉 센서를 제공한다.

[0006] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본원의 제 1 측면은, 유연 기재, 및 상기 유연 기재 표면에 형성된 패턴화된 금속 층을 포함하는, 유연 플라즈모닉 구조체를 제공한다.

[0008] 본원의 제 2 측면은, 제 1 측면에 따른 유연 플라즈모닉 구조체를 포함하는, 유연 플라즈모닉 센서를 제공한다.

[0009] 본원의 제 3 측면은, 유연 기재에 고분자 입자 층을 형성하고, 상기 고분자 입자 층에 금속을 코팅하고, 상기 고분자 입자 층을 제거하여 상기 유연 기재 표면에 형성된 패턴화된 상기 금속 층을 포함하는 유연 플라즈모닉

구조체를 수득하는 것을 포함하는, 유연 플라즈모닉 구조체의 제조 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0010] 본원의 구현예들에 의하여, 유연 플라즈모닉 구조체는 패턴화된 금속 층을 포함함으로써 국소 표면 플라즈몬 공명을 극대화 시킬 수 있으며, 표면-증강 라만 산란의 재현성을 향상시킬 수 있다. 또한 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 연신 특성을 가짐으로서 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 신장 또는 수축함으로써 표면 증강 라만 산란 현상 및 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 변화를 측정할 수 있다.

[0011] 본원의 일 구현예에 의하여, 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 포함하는 유연 플라즈모닉 센서는 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 패턴화된 금속 층을 포함함으로써 국소 표면 플라즈몬 공명을 극대화 시켜 상기 센서의 감도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은, 본원의 일 구현예에 있어서, 연신 특성을 갖는 유연 플라즈모닉 구조체를 나타낸다.
- 도 2는, 본원의 일 구현예에 있어서, 유연 플라즈모닉 구조체의 제조 과정을 나타낸 순서도이다.
- 도 3의 (a)는, 본원의 일 실시예에 있어서, PS 비드 단일 층의 SEM 이미지이다.
- 도 3의 (b) 내지 (d)는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 Ag, Au, 및 Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이의 SEM 이미지이다.
- 도 4는, 본원의 일 실시예에 있어서, 대면적 PDMS에서 수득된 고정렬 PS 단일 층의 SEM 이미지이다.
- 도 5a 내지 5c는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 Ag, Au, 및 Ag-Au를 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체의 AFM 이미지이고, 삽도는 AFM 토폱 모드 이미지이다.
- 도 6a 내지 6d는, 본원의 일 실시예에 있어서, 각각 -6%, 0%, 20%, 및 100%의 신장 또는 수축 상태에서 Ag-Au를 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체의 광학 현미경 이미지이다.
- 도 7의 (A) 내지 (C)는, 본원의 일 실시예에 있어서, 상이한 신장 비율에서 각각 Ag, Au, 및 Ag-Au를 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체의 UV-Vis 스펙트럼이다.
- 도 8a 내지 8c는, 본원의 일 실시예에 있어서, 상이한 신장 비율에서 각각 Ag, Au, 및 Ag-Au를 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체의 반사율 스펙트럼이다.
- 도 9는, 본원의 일 실시예에 있어서, Ag, Au, 또는 Ag-Au를 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체로부터의 0% 및 -6% 수축에서 반사율 스펙트럼이다.
- 도 10은, 본원의 일 실시예에 있어서, 금속을 포함하지 않는 구조체의 SERS 스펙트럼이다.
- 도 11의 (A) 내지 (C)는, 본원의 일 실시예에 있어서, 상이한 신장 상태에서 각각 Ag, Au, 및 Ag-Au를 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체의 SERS 스펙트럼이다.
- 도 12의 (A) 내지 (C)는, 본원의 일 실시예에 있어서, 0% 및 -6%의 수축 상태에서 각각 Ag, Au, 및 Ag-Au를 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체의 SERS 스펙트럼이다.
- 도 13a 내지 13d는, 본원의 일 실시예에 있어서, 신장 및 수축 상태에서 SERS 스펙트럼의 재현성을 나타낸다.
- 도 14는, 본원의 일 실시예에 있어서, 상이한 나노프리즘 어레이 및 스트레인 비율에서 근접 전자기장(near-field electromagnetic field) 분배의 FDTD 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0014] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는

경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

- [0015] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 “상에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0016] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함” 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “약”, “실질적으로” 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시 될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “~(하는) 단계” 또는 “~의 단계”는 “~ 를 위한 단계”를 의미하지 않는다.
- [0017] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 “이들의 조합”의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0019] 본원의 제 1 측면은, 유연 기재, 및 상기 유연 기재 표면에 형성된 패턴화된 금속 층을 포함하는, 유연 플라즈모닉 구조체를 제공한다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 상기 유연 플라즈모닉 구조체(101)는 유연 기재(200) 및 상기 유연 기재(200) 표면에 형성된 패턴화된 금속 층(300)을 포함한다. 상기 패턴화된 금속 층은 금속들의 어레이일 수 있으며, 상기 패턴화된 금속 층을 포함함으로써 국소 표면 플라즈몬 공명을 극대화 시킬 수 있으며, 상기 유연 플라즈모닉 나노구조체는 LSPR의 여기에 의해 인접한 상기 나노구조체들 사이에서 발생된 전자기적 커플링을 통하여 표면-증강 라만 산란의 신호 및 재현성을 향상시킬 수 있다. 또한 유연 기재의 변형을 활용하여 패턴의 주기 및 이방성 등을 조절함으로써 메타물질 속성을 기반으로 굴절률 등 광학적 성질을 가시광-근적외선 영역에 대해 광범위한 수준으로 변화시킬 수 있다.
- [0021] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 연신(stretching) 특성을 갖는 것일 수 있다. 상기 연신이란 신장(extension) 및 수축(contraction) 특성을 포함하는 것으로서 도 1에 나타난 바와 같이, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 상기 신장 또는 수축을 함으로써 물성 특성이 변화하는 것일 수 있다.
- [0022] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 150%의 신장 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 150%, 약 10% 내지 약 150%, 약 20% 내지 약 150%, 약 30% 내지 약 150%, 약 40% 내지 약 150%, 약 50% 내지 약 150%, 약 60% 내지 약 150%, 약 70% 내지 약 150%, 약 80% 내지 약 150%, 약 90% 내지 약 150%, 약 100% 내지 약 150%, 약 110% 내지 약 150%, 약 120% 내지 약 150%, 약 130% 내지 약 150%, 약 140% 내지 약 150%, 약 0% 내지 약 140%, 약 0% 내지 약 130%, 약 0% 내지 약 120%, 약 0% 내지 약 110%, 약 0% 내지 약 100%, 약 0% 내지 약 90%, 약 0% 내지 약 80%, 약 0% 내지 약 70%, 약 0% 내지 약 60%, 약 0% 내지 약 50%, 약 0% 내지 약 40%, 약 0% 내지 약 30%, 약 0% 내지 약 20%, 또는 약 0% 내지 약 10%의 신장 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 150% 이상의 비율로 신장되는 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 특성이 저하될 수 있다.
- [0023] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 -50%의 수축 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 -50%, 약 -5% 내지 약 -50%, 약 -10% 내지 약 -50%, 약 -15% 내지 약 -50%, 약 -20% 내지 약 -50%, 약 -25% 내지 약 -50%, 약 -30% 내지 약 -50%, 약 -35% 내지 약 -50%, 약 -40% 내지 약 -50%, 약 -45% 내지 약 -50%, 약 0% 내지 약 -45%, 약 0% 내지 약 -40%, 약 0% 내지 약 -35%, 약 0% 내지 약 -30%, 약 0% 내지 약 -25%, 약 0% 내지 약 -20%, 약 0% 내지 약 -15%, 약 0% 내지 약 -10%, 또는 약 0% 내지 약 -5%의 수축 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 -50% 이상의 비율로 수축되는 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 특성이 저하될 수 있다.
- [0024] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재는 고분자, 실리콘 고무, 탄성중합체, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있다. 예를 들어, 상기 고분자는 유연성 고분자 또는 플라스틱을 포함하는 것일 수 있다.
- [0025] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재가 고분자일 경우, 상기 고분자는 폴리이미드, 폴리카보네이트, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리-1,4-시클로헥산디메틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌,

1,2-디페녹시에탄-4,4'-디카르복실레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리스티렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리메틸펜텐, 폴리술폰, 폴리에테르 술폰, 폴리아릴레이트, 폴리에테르-이미드, 폴리메틸메타아크릴레이트, 폴리에테르 케톤, 폴리비닐알코올, 폴리염화비닐, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0026] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기체가 실리콘 고무일 경우, 상기 실리콘 고무는 비닐기를 가지는 실리콘 수지, 하이드로젠폴리실록산, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0027] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기체가 탄성중합체일 경우, 상기 탄성중합체는 폴리디메틸실록산, 폴리메틸메타아크릴레이트, 폴리아크릴레이트, 폴리카보네이트, 폴리실릭 올레핀, 폴리우레탄, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0028] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있다. 특히, 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있다.

[0029] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 층의 두께는 약 1 nm 내지 약 200 nm일 수 있다. 예를 들어, 상기 금속 층의 두께는 약 1 nm 내지 약 200 nm, 약 10 nm 내지 약 200 nm, 약 20 nm 내지 약 200 nm, 약 30 nm 내지 약 200 nm, 약 40 nm 내지 약 200 nm, 약 50 nm 내지 약 200 nm, 약 60 nm 내지 약 200 nm, 약 70 nm 내지 약 200 nm, 약 80 nm 내지 약 200 nm, 약 90 nm 내지 약 200 nm, 약 100 nm 내지 약 200 nm, 약 110 nm 내지 약 200 nm, 약 120 nm 내지 약 200 nm, 약 130 nm 내지 약 200 nm, 약 140 nm 내지 약 200 nm, 약 150 nm 내지 약 200 nm, 약 160 nm 내지 약 200 nm, 약 170 nm 내지 약 200 nm, 약 180 nm 내지 약 200 nm, 약 190 nm 내지 약 200 nm, 약 1 nm 내지 약 190 nm, 약 1 nm 내지 약 180 nm, 약 1 nm 내지 약 170 nm, 약 1 nm 내지 약 160 nm, 약 1 nm 내지 약 150 nm, 약 1 nm 내지 약 140 nm, 약 1 nm 내지 약 130 nm, 약 1 nm 내지 약 120 nm, 약 1 nm 내지 약 110 nm, 약 1 nm 내지 약 100 nm, 약 1 nm 내지 약 90 nm, 약 1 nm 내지 약 80 nm, 약 1 nm 내지 약 70 nm, 약 1 nm 내지 약 60 nm, 약 1 nm 내지 약 50 nm, 약 1 nm 내지 약 40 nm, 약 1 nm 내지 약 30 nm, 약 1 nm 내지 약 20 nm, 또는 약 1 nm 내지 약 10 nm일 수 있다. 상기 금속 층의 두께가 상기 범위보다 두꺼워질 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 제조하는 과정 중에 상기 금속 층이 모두 박리되어 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 형성하지 못할 수 있으며, 또한 상기 범위보다 얇아질 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 플라즈모닉 효과가 잘 나타나지 않을 수 있다. 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 제조하는 과정은 하기 본원의 제 3 측면에서 더욱 자세히 설명하도록 한다.

[0030] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 층이 2 개 이상의 금속들의 조합을 포함하는 경우, 상기 금속 층에 포함되는 각각의 금속들의 층의 두께는 서로 동일하거나 상이할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0031] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 패턴화된 금속 층은 정육방형 배열의 패턴 형태를 가지는 것일 수 있다. 상기 유연 플라즈모닉 나노구조체는 상기 정육방형 배열의 패턴을 가진 금속 층을 포함함으로써 신장 및 수축에 의한 상기 나노구조체의 단량체 또는 이합체 구조 배열을 유도할 수 있으며, 이는 LSPR의 여기에 의해 이웃한 상기 나노구조체들 사이에서 발생된 전자기적 커플링 현상을 제어할 수 있다.

[0033] 본원의 제 2 측면은, 제 1 측면에 따른 유연 플라즈모닉 구조체를 포함하는, 유연 플라즈모닉 센서를 제공한다. 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 본원의 제 1 측면에 대해 설명한 내용은 제 2 측면에서 그 설명이 생략되었다라도 동일하게 적용될 수 있다.

[0034] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 센서는 상기 유연 플라즈모닉 구조체, 입사광을 제공하는 광원, 상기 입사광에 대한 국소화된 표면 플라즈몬 공명 흡수 현상에 의하여 변화된 광을 검출하는 수광부, 프리즘, 및 측정하고자 하는 수용체를 포함하는 시료를 포함하는 것일 수 있다.

[0035] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 광원은 입사광을 제공하는 것으로서, 상기 광원은 단 파장 또는 다중 파장을 갖는 광을 제공하는 TM 또는 P-편광된 단색 광원, 다중 파장 대역의 백색 광원, 텅스텐-할로겐 램프, 레이저 다이오드, 또는 발광 다이오드를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 광원으로부터 제공되는 광은 광학계를 통해 모아지거나 평행하게 상기 프리즘으로 입사되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0036] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 수광부는 국소 표면 플라즈몬 공명 흡수 현상에 의해서 변화된 광을 검출하는 것으로서, 상기 국소 표면 플라즈몬 공명 흡수로 인한 공명 각도의 변화, 공명 파장의 변화, 또는 색의 변화를 측정하도록 광증배기(PMT:photomultiplier) 또는 실리콘 포토다이오드(Si-PD:silicon photodiode)를 포함하게

나, 이차원 평면을 형상화할 수 있는 전하 결합 소자(CCD) 카메라, 비디오 카메라 또는 영사막을 포함하거나, 근접장 현미경으로서의 광학적 현미경, 근접장 주사 현미경, 프리즘을 이용한 광자 주사 관통 현미경을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 유연 기재, 및 상기 유연 기재 표면에 형성된 패턴화된 금속 층을 포함하는 것일 수 있다.
- [0038] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 센서는 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 상기 패턴화된 금속 층을 포함함으로써 국소 표면 플라즈몬 공명을 극대화 시켜 상기 센서의 감도를 향상시키는 것일 수 있다.
- [0039] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 연신(stretching) 특성을 갖는 것일 수 있다. 상기 연신이란 신장(extension) 및 수축(contraction) 특성을 포함하는 것으로서 도 1에 나타난 바와 같이, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 상기 신장 또는 수축을 함으로써 물성 특성이 변화하는 것일 수 있다.
- [0040] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 150%의 신장 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 150%, 약 10% 내지 약 150%, 약 20% 내지 약 150%, 약 30% 내지 약 150%, 약 40% 내지 약 150%, 약 50% 내지 약 150%, 약 60% 내지 약 150%, 약 70% 내지 약 150%, 약 80% 내지 약 150%, 약 90% 내지 약 150%, 약 100% 내지 약 150%, 약 110% 내지 약 150%, 약 120% 내지 약 150%, 약 130% 내지 약 150%, 약 140% 내지 약 150%, 약 0% 내지 약 140%, 약 0% 내지 약 130%, 약 0% 내지 약 120%, 약 0% 내지 약 110%, 약 0% 내지 약 100%, 약 0% 내지 약 90%, 약 0% 내지 약 80%, 약 0% 내지 약 70%, 약 0% 내지 약 60%, 약 0% 내지 약 50%, 약 0% 내지 약 40%, 약 0% 내지 약 30%, 약 0% 내지 약 20%, 또는 약 0% 내지 약 10%의 신장 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 150% 이상의 비율로 신장되는 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 특성이 저하될 수 있다.
- [0041] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 -50%의 수축 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 -50%, 약 -5% 내지 약 -50%, 약 -10% 내지 약 -50%, 약 -15% 내지 약 -50%, 약 -20% 내지 약 -50%, 약 -25% 내지 약 -50%, 약 -30% 내지 약 -50%, 약 -35% 내지 약 -50%, 약 -40% 내지 약 -50%, 약 -45% 내지 약 -50%, 약 0% 내지 약 -45%, 약 0% 내지 약 -40%, 약 0% 내지 약 -35%, 약 0% 내지 약 -30%, 약 0% 내지 약 -25%, 약 0% 내지 약 -20%, 약 0% 내지 약 -15%, 약 0% 내지 약 -10%, 또는 약 0% 내지 약 -5%의 수축 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 -50% 이상의 비율로 수축되는 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 특성이 저하될 수 있다.
- [0042] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재는 고분자, 실리콘 고무, 탄성중합체, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있다.
- [0043] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재가 고분자일 경우, 상기 고분자는 폴리이미드, 폴리카보네이트, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리-1,4-시클로헥산디메틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌, 1,2-디페녹시에탄-4,4'-디카르복실레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리스티렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리메틸렌, 폴리술폰, 폴리에테르 술폰, 폴리아릴레이트, 폴리에테르-이미드, 폴리메틸메타아크릴레이트, 폴리에테르 케톤, 폴리비닐알코올, 폴리염화비닐, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0044] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재가 실리콘 고무일 경우, 상기 실리콘 고무는 비닐기를 가지는 실리콘 수지, 하이드로겐폴리실록산, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0045] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재가 탄성중합체일 경우, 상기 탄성중합체는 폴리디메틸실록산, 폴리메틸메타아크릴레이트, 폴리아크릴레이트, 폴리카보네이트, 폴리실릭 올레핀, 폴리우레탄, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0046] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있다. 특히, 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있다.
- [0047] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 층의 두께는 약 1 nm 내지 약 200 nm일 수 있다. 예를 들어, 상기 금속

층의 두께는 약 1 nm 내지 약 200 nm, 약 10 nm 내지 약 200 nm, 약 20 nm 내지 약 200 nm, 약 30 nm 내지 약 200 nm, 약 40 nm 내지 약 200 nm, 약 50 nm 내지 약 200 nm, 약 60 nm 내지 약 200 nm, 약 70 nm 내지 약 200 nm, 약 80 nm 내지 약 200 nm, 약 90 nm 내지 약 200 nm, 약 100 nm 내지 약 200 nm, 약 110 nm 내지 약 200 nm, 약 120 nm 내지 약 200 nm, 약 130 nm 내지 약 200 nm, 약 140 nm 내지 약 200 nm, 약 150 nm 내지 약 200 nm, 약 160 nm 내지 약 200 nm, 약 170 nm 내지 약 200 nm, 약 180 nm 내지 약 200 nm, 약 190 nm 내지 약 200 nm, 약 1 nm 내지 약 190 nm, 약 1 nm 내지 약 180 nm, 약 1 nm 내지 약 170 nm, 약 1 nm 내지 약 160 nm, 약 1 nm 내지 약 150 nm, 약 1 nm 내지 약 140 nm, 약 1 nm 내지 약 130 nm, 약 1 nm 내지 약 120 nm, 약 1 nm 내지 약 110 nm, 약 1 nm 내지 약 100 nm, 약 1 nm 내지 약 90 nm, 약 1 nm 내지 약 80 nm, 약 1 nm 내지 약 70 nm, 약 1 nm 내지 약 60 nm, 약 1 nm 내지 약 50 nm, 약 1 nm 내지 약 40 nm, 약 1 nm 내지 약 30 nm, 약 1 nm 내지 약 20 nm, 또는 약 1 nm 내지 약 10 nm일 수 있다. 상기 금속 층의 두께가 상기 범위보다 두꺼워질 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 제조하는 과정 중에 상기 금속 층이 모두 박리되어 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 형성하지 못할 수 있으며, 또한 상기 범위보다 얇아질 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 플라즈모닉 효과가 잘 나타나지 않을 수 있다. 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 제조하는 과정은 하기 본원의 제 3 측면에서 더욱 자세히 설명하도록 한다.

- [0048] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 층이 2 개 이상의 금속들의 조합을 포함하는 경우, 상기 금속 층에 포함되는 각각의 금속들의 층의 두께는 서로 동일하거나 상이할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0049] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 패턴화된 금속 층은 정육방형 배열의 패턴 형태를 가지는 것일 수 있다. 상기 유연 플라즈모닉 나노구조체는 상기 정육방형 배열의 패턴을 가진 금속 층을 포함함으로써 신장 및 수축에 의한 상기 나노구조체의 단량체 또는 이합체 구조 배열을 유도할 수 있으며, 이는 LSPR의 여기에 의해 이웃한 상기 나노구조체들 사이에서 발생된 전자기적 커플링 현상을 제어할 수 있다.
- [0051] 본원의 제 3 측면은, 유연 기재에 고분자 입자 층을 형성하고, 상기 고분자 입자 층에 금속을 코팅하고, 상기 고분자 입자 층을 제거하여 상기 유연 기재 표면에 형성된 패턴화된 상기 금속 층을 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체를 획득하는 것을 포함하는, 유연 플라즈모닉 구조체의 제조 방법을 제공한다. 본원의 제 1 측면 및 제 2 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 본원의 제 1 측면 및 제 2 측면에 대해 설명한 내용은 제 3 측면에서 그 설명이 생략되었다라도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0052] 본원의 일 구현예에 있어서, 도 2는 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 제조 과정을 나타낸 순서도로서, 도 2를 참조하여 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 제조 과정을 설명하면, 우선 단계(S100)에서, 유연 기재에 고분자 입자 층을 형성한다.
- [0053] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 입자 층의 형성은 러빙 공정(rubbing process), 미세 선형 요철 패턴 배향 공정, 또는 광배향 공정에 의해 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0054] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재는 고분자, 실리콘 고무, 탄성중합체, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있다.
- [0055] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재가 고분자일 경우, 상기 고분자는 폴리이미드, 폴리카보네이트, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리-1,4-시클로헥산디메틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌, 1,2-디페녹시에탄-4,4'-디카르복실레이트, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리스티렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 폴리메틸렌, 폴리술폰, 폴리에테르 술폰, 폴리아릴레이트, 폴리에테르-이미드, 폴리메틸메타아크릴레이트, 폴리에테르 케톤, 폴리비닐알코올, 폴리염화비닐, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0056] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재가 실리콘 고무일 경우, 상기 실리콘 고무는 비닐기를 가지는 실리콘 수지, 하이드로젠폴리실록산, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0057] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 기재가 탄성중합체일 경우, 상기 탄성중합체는 폴리디메틸실록산, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리아크릴레이트, 폴리카보네이트, 폴리실릭 올레핀, 폴리우레탄, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0058] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 입자 층의 고분자 입자는 정렬되어 있을 수 있다.
- [0059] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 입자의 크기는 약 100 nm 내지 약 2 μm일 수 있다. 상기 고분자 입

자의 크기는 고분자 입자의 형태에 따라 의미가 달라질 수 있으며, 예를 들어, 구형일 경우 직경을 의미하고, 타원형일 경우 장축의 직경 또는 단축의 직경일 수 있다. 상기 고분자 입자의 크기는 예를 들어, 약 100 nm 내지 약 2 μm, 약 200 nm 내지 약 2 μm, 약 300 nm 내지 약 2 μm, 약 400 nm 내지 약 2 μm, 약 500 nm 내지 약 2 μm, 약 600 nm 내지 약 2 μm, 약 700 nm 내지 약 2 μm, 약 800 nm 내지 약 2 μm, 약 900 nm 내지 약 2 μm, 약 1 μm 내지 약 2 μm, 약 1.1 μm 내지 약 2 μm, 약 1.2 μm 내지 약 2 μm, 약 1.3 μm 내지 약 2 μm, 약 1.4 μm 내지 약 2 μm, 약 1.5 μm 내지 약 2 μm, 약 1.6 μm 내지 약 2 μm, 약 1.7 μm 내지 약 2 μm, 약 1.8 μm 내지 약 2 μm, 약 1.9 μm 내지 약 2 μm, 약 100 nm 내지 약 1.9 μm, 약 100 nm 내지 약 1.8 μm, 약 100 nm 내지 약 1.7 μm, 약 100 nm 내지 약 1.6 μm, 약 100 nm 내지 약 1.5 μm, 약 100 nm 내지 약 1.4 μm, 약 100 nm 내지 약 1.3 μm, 약 100 nm 내지 약 1.2 μm, 약 100 nm 내지 약 1.1 μm, 약 100 nm 내지 약 1 μm, 약 100 nm 내지 약 900 nm, 약 100 nm 내지 약 800 nm, 약 100 nm 내지 약 700 nm, 약 100 nm 내지 약 600 nm, 약 100 nm 내지 약 500 nm, 약 100 nm 내지 약 400 nm, 약 100 nm 내지 약 300 nm, 또는 약 100 nm 내지 약 200 nm일 수 있다. 상기 고분자 입자의 크기가 상기 범위를 벗어날 경우 상기 고분자 입자 층에 상기 금속 층을 코팅한 뒤, 상기 고분자 입자 층을 제거하여도 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 형성이 되지 않을 수 있다.

- [0060] 이어서, 단계(S200)에서, 상기 고분자 입자 층에 금속을 코팅한다.
- [0061] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속의 코팅은 열 증착(thermal evaporation), 전자빔(e-beam) 증착법, 단원자층 증착법(ALD), 스퍼터링(sputtering), 물리적기상증착법, 화학적기상증착법, 또는 콜로이드 자기조립법에 의해 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0062] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있다. 특히, 상기 금속은 금(Au), 은(Ag), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 금속을 포함하는 것일 수 있다.
- [0063] 이어서, 단계(S300)에서, 상기 고분자 입자 층을 제거하여 상기 유연 기재 표면에 형성된 패턴화된 상기 금속 층을 포함하는 유연 플라즈모닉 구조체를 수득할 수 있다.
- [0064] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 입자 층의 제거는 스카치테이프를 이용한 탈착 또는 초음파 균질분산기를 이용한 제거 방법 등에 의하여 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0065] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 상기 패턴화된 금속 층을 포함함으로써 국소 표면 플라즈몬 공명을 극대화 시킬 수 있으며, 상기 유연 플라즈모닉 나노구조체는 LSPR의 여기에 의해 인접한 상기 나노구조체들 사이에서 발생된 전자기적 커플링을 통하여 표면-중강 라만 산란의 신호 및 재현성을 향상시킬 수 있다. 또한 유연 기체의 변형을 활용하여 패턴의 주기 및 이방성 등을 조절함으로써 메타물질 속성을 기반으로 굴절률 등 광학적 성질을 가시광-근적외선 영역에 대해 광범위한 수준으로 변화시킬 수 있다.
- [0066] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 연신(stretching) 특성을 갖는 것일 수 있다. 상기 연신이란 신장(extension) 및 수축(contraction) 특성을 포함하는 것으로서 도 1에 나타난 바와 같이, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 상기 신장 또는 수축을 함으로써 물성 특성이 변화하는 것일 수 있다.
- [0067] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 150%의 신장 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 150%, 약 10% 내지 약 150%, 약 20% 내지 약 150%, 약 30% 내지 약 150%, 약 40% 내지 약 150%, 약 50% 내지 약 150%, 약 60% 내지 약 150%, 약 70% 내지 약 150%, 약 80% 내지 약 150%, 약 90% 내지 약 150%, 약 100% 내지 약 150%, 약 110% 내지 약 150%, 약 120% 내지 약 150%, 약 130% 내지 약 150%, 약 140% 내지 약 150%, 약 0% 내지 약 140%, 약 0% 내지 약 130%, 약 0% 내지 약 120%, 약 0% 내지 약 110%, 약 0% 내지 약 100%, 약 0% 내지 약 90%, 약 0% 내지 약 80%, 약 0% 내지 약 70%, 약 0% 내지 약 60%, 약 0% 내지 약 50%, 약 0% 내지 약 40%, 약 0% 내지 약 30%, 약 0% 내지 약 20%, 또는 약 0% 내지 약 10%의 신장 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 150% 이상의 비율로 신장되는 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 특성이 저하될 수 있다.
- [0068] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 -50%의 수축 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 유연 플라즈모닉 구조체는 약 0% 내지 약 -50%, 약 -5% 내지 약 -50%, 약 -10% 내지 약 -50%, 약 -15% 내지 약 -50%, 약 -20% 내지 약 -50%, 약 -25% 내지 약 -50%, 약 -30% 내지 약 -50%, 약 -35% 내지 약 -50%, 약 -40% 내지 약 -50%, 약 -45% 내지 약 -50%, 약 0% 내지 약

-45%, 약 0% 내지 약 -40%, 약 0% 내지 약 -35%, 약 0% 내지 약 -30%, 약 0% 내지 약 -25%, 약 0% 내지 약 -20%, 약 0% 내지 약 -15%, 약 0% 내지 약 -10%, 또는 약 0% 내지 약 -5%의 수축 비율을 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 유연 플라즈모닉 구조체가 -50% 이상의 비율로 수축되는 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 물성 특성이 저하될 수 있다.

[0069] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 층의 두께는 약 1 nm 내지 약 200 nm일 수 있다. 예를 들어, 상기 금속 층의 두께는 약 1 nm 내지 약 200 nm, 약 10 nm 내지 약 200 nm, 약 20 nm 내지 약 200 nm, 약 30 nm 내지 약 200 nm, 약 40 nm 내지 약 200 nm, 약 50 nm 내지 약 200 nm, 약 60 nm 내지 약 200 nm, 약 70 nm 내지 약 200 nm, 약 80 nm 내지 약 200 nm, 약 90 nm 내지 약 200 nm, 약 100 nm 내지 약 200 nm, 약 110 nm 내지 약 200 nm, 약 120 nm 내지 약 200 nm, 약 130 nm 내지 약 200 nm, 약 140 nm 내지 약 200 nm, 약 150 nm 내지 약 200 nm, 약 160 nm 내지 약 200 nm, 약 170 nm 내지 약 200 nm, 약 180 nm 내지 약 200 nm, 약 190 nm 내지 약 200 nm, 약 1 nm 내지 약 190 nm, 약 1 nm 내지 약 180 nm, 약 1 nm 내지 약 170 nm, 약 1 nm 내지 약 160 nm, 약 1 nm 내지 약 150 nm, 약 1 nm 내지 약 140 nm, 약 1 nm 내지 약 130 nm, 약 1 nm 내지 약 120 nm, 약 1 nm 내지 약 110 nm, 약 1 nm 내지 약 100 nm, 약 1 nm 내지 약 90 nm, 약 1 nm 내지 약 80 nm, 약 1 nm 내지 약 70 nm, 약 1 nm 내지 약 60 nm, 약 1 nm 내지 약 50 nm, 약 1 nm 내지 약 40 nm, 약 1 nm 내지 약 30 nm, 약 1 nm 내지 약 20 nm, 또는 약 1 nm 내지 약 10 nm일 수 있다. 상기 금속 층의 두께가 상기 범위보다 두꺼워질 경우 상기 고분자 입자 층을 제거하는 단계에서 상기 금속 층이 모두 박리되어 상기 유연 플라즈모닉 구조체를 형성하지 못할 수 있으며, 또한 상기 범위보다 얇아질 경우 상기 유연 플라즈모닉 구조체의 플라즈모닉 효과가 잘 나타나지 않을 수 있다.

[0070] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 금속 층이 2 개 이상의 금속들의 조합을 포함하는 경우, 상기 금속 층에 포함되는 각각의 금속들의 층의 두께는 서로 동일하거나 상이할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0071] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 패턴화된 금속 층은 정육방형 배열의 패턴 형태를 가지는 것일 수 있다. 상기 유연 플라즈모닉 나노구조체는 상기 정육방형 배열의 패턴을 가진 금속 층을 포함함으로써 신장 및 수축에 의한 상기 나노구조체의 단량체 또는 이합체 구조 배열을 유도할 수 있으며, 이는 LSPR의 여기에 의해 이웃한 상기 나노구조체들 사이에서 발생된 전자기적 커플링 현상을 제어할 수 있다.

[0073] 이하, 본원에 대하여 실시예를 이용하여 좀더 구체적으로 설명하지만, 하기 실시예는 본원의 이해를 돕기 위하여 예시하는 것일 뿐, 본원의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0075] **[실시예]**

[0076] **1. 실험 부분**

[0077] **화합물**

[0078] 무수(anhydrous) 에탄올을 대정 케미컬(DAE JUNG chemical)사에서 구입하였고 스티렌, 폴리비닐피롤리돈 (polyvinylpyrrolidone, PVP, MW 55,000), 및 아조비스이소부티로니트릴(azobisisobutyronitrile, AIBN)을 Sigma-Aldrich사에서 구입하였다. 폴리다이메틸실록산 키트(프리-폴리머 및 교차결합(crosslinker), Sylgard 184)를 Dow corning사에서 구입하였다.

[0080] **폴리스티렌 입자 제조**

[0081] 폴리스티렌(PS) 비드가 조절된 분산 중합(dispersion polymerization)에 의해 합성되었다. 70°C에서 30 분간 아르곤(Ar) 가스 흐름에서 상기 안정화된 무수 에탄올 및 PVP(0.98 g, 1.2 mM)를 퍼지(purging)한 후, AIBN(0.0312 g) 개시제(initiator)가 첨가되었고, 알루미늄을 통해 여과된 정제된 스티렌 모노머(3.4 mL, 1 M)가 빠르게 주입되었다. 70°C에서 20 시간 동안 균일한 교반으로 중합 후에, 약 1 μm의 평균 직경을 갖는 PS 비드를 수득하였다. 상기 입자는 원심분리 되었고 세 차례 세척된 후 상온에서 12 시간 동안 진공 챔버에서 건조되었다.

[0083] **PDMS 기재에서 PS 단일층의 제조**

[0084] 얇은(~ 0.3 mm 두께) 및 두꺼운(~ 6 mm 두께) PDMS 기재가 프리폴리머 및 경화제(Sylgard 184, Dow corning) (중량비, 10:1)의 혼합에 의해 상온에서 제조되었다. 상기 Si-웨이퍼가 PDMS를 이용하여 500 rpm에서 10 초 동안 스핀-코팅(spin-coating)되었고, 그 후에, 70°C에서 5 시간 동안 경화되었다. 상기 고무-코팅된 Si 기재가 스테이지에 고정되었다. PS 입자 파우더를 위치시킨 후에, 상기 PDMS 기재 하부가 러빙 공정(rubbing proces

s)에 의해 덮혀졌다. 직경 1 μm 의 PS 단일층 어레이가 PDMS 기체에 형성되었다.

[0086] **금속 나노프리즘 구조체(어레이)의 제조**

[0087] 금속 나노구조체가 열 증착(thermal evaporation)에 의해 PS 단일층에 100 nm 두께 금속 필름을 증착함으로써 제조되었다. 금속 나노필름이 0.1 $\text{\AA}/\text{s}$ 내지 0.2 $\text{\AA}/\text{s}$ 에서 GV-Tech Corporation 사의 열 증착 시스템 (GVEV7200-1206)을 사용하여 증착되었다. 그리고, 금속-PS 어레이의 단일층이 탄성(elastic) PDMS 기체에 형성되었다. 상기 금속 필름 및 PS 단일층이 금속-PS 어레이로부터 스카치 테이프에 의해 탈착되었다.

[0089] **FDTD 시뮬레이션**

[0090] Lumerical software에 의한 유한 차분 시간 영역(FDTD) 시뮬레이션이 633 nm의 평면파 소스에서 금속 나노구조체 어레이의 근접 전자기장 분배의 계산에 사용되었다. 상기 z 방향의 시뮬레이션 도메인이, 바깥 방향으로 전파되는 모든 장(field)을 흡수하는 완전하게 매칭된 레이어(perfectly matched layer, PML)에 의해 사용된 반면 x 및 y 방향이 금속 나노구조체 어레이를 복제하는 주기 경계 조건들(periodic boundary conditions)이었다. 금 및 은의 굴절 지수(refractive index)가 Palik 데이터로부터 사용되었다. 메쉬 크기는 200 nm 내지 1,200 nm의 평면파 주입 소스에서 모든 방향에서 2 nm 이었다.

[0092] **기기 및 특성 분석**

[0093] 투과전자현미경(Transmission electron microscope, TEM) 측정이 10 kV에서 작동하는 JEOL JSM2100-F 현미경을 사용하여 수행되었다. UV-vis 흡수 스펙트럼이 확산 반사 약세서리(diffuse reflectance accessories, DRA)와 Varian Technologies Cary 5000에 기록되었다. 상기 금속 나노구조체는 JEOL JSM6700-F 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)을 사용하여 관찰되었다. PDMS 기체의 금속 나노구조체의 표면 형상(surface morphologies) AFM 연구가 탭핑 모드(tapping mode)에서 Dimension 3100 scanning force microscope (Digital Instrument)를 이용하여 수행되었다. 라만 스펙트럼이 여기 파장(excitation wavelength) 633 nm 레이저에서 HORIBA Jobin Yvon으로부터 라만 분광계(Raman spectrometer), x50 대물 렌즈(objective lens)를 구비한 Nikon 현미경, 및 0.75의 숫자 조리개(numerical aperture, NA)에 의해 취득되었다. 스펙트럼 각각의 획득 시간(acquisition time) 및 축적 시간(accumulation time)은 10 초 및 5 초 이었다. 상기 스캔 범위는 200 cm^{-1} 내지 $2,000\text{ cm}^{-1}$ 이었다. p-아미노싸이오페놀(p-aminothiophenol, p-ATP)이 1076 cm^{-1} 및 1140 cm^{-1} 의 두 개의 현저한 라만 피크에서 SERS 프로브로서 사용되었다.

[0095] **2. 특성 분석**

[0096] 조밀 패킹된(closely packed) PS 단층이 PDMS 기체에서 러빙 공정(rubbing process)에 의해 제조되었다. 도 3의 (a)는 1 μm 의 직경을 가진 PS 비드에서, 정육방-패킹 조립체(hexagonally-packed assembly) 입자들의 SEM 이미지를 나타낸다. 또한, 도 4는 대면적 PDMS에서 취득된 고정렬(highly ordered) 단층 영역을 나타낸다. 도 3의 (b) 내지 (d)는 각각 Ag, Au, 및 Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이의 SEM 이미지이다. 도 5a 내지 5c는 금속 나노프리즘 어레이의 AFM 이미지를 나타내고, 단면 분석(cross-section analysis)은 금속 나노프리즘의 두께가 100 nm인 것을 나타낸다(AFM 탭핑(tapping) 모드 이미지인 도 5a 내지 5c의 삽도). Ag-Au 이중층 나노프리즘의 경우, Ag이 상기 기체에 먼저 증착되었고, 이어서 Au이 증착되었다. 상기 Ag-Au 이중층의 두께는 각각 Ag이 50 nm, Au이 50 nm 이었다. 금속 나노프리즘의 모서리 길이 및 두께는 각각 250 nm 및 100 nm 이었다. 도 6a 내지 6d는 상이한 비율의 신장 및 수축 상태에서 Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이의 광학 현미경 이미지를 나타낸다. 상기 광학 현미경 이미지가 상기 금속 나노프리즘들 간의 상대적인 갭 간격에서 취득되었고, 이는 스트레인 비율 -6%, 0%, 20%, 및 100% 각각에 해당하는 명백하게 검출 가능한 네 개의 중요한 지점(100 nm, 0 nm, 209.9 nm, 및 555 nm)이다.

[0097] 도 7은 Au 나노프리즘 어레이, Ag 나노프리즘 어레이, 및 Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이를 사용하여 상이한 신장 비율에서 금속 나노프리즘의 UV-Vis 스펙트럼을 나타낸다. 두 개의 주요 흡수 밴드가 Ag 나노프리즘 어레이의 흡광 스펙트럼에서 400 nm 및 900 nm 파장에서 나타났다. 20%의 신장 비율에서, 상기 흡광 스펙트럼은 약한 적색-변위 플라즈몬 피크를 나타내었다. 상기 기체가 더욱 연신(stretching) 후에, 상기 흡수 밴드는 감소된 강도를 갖고 980 nm에서 900 nm로 청색-변위 되었다(도 7의 (A)). 상기 Au 나노프리즘 어레이는 600 nm 및 900 nm에서 흡수 밴드를 나타내었다. 기체가 연신됨에 따라 900 nm에서 플라즈몬 피크가 위치가 변화하는 반면 상기 600 nm에서의 플라즈몬 피크는 변화 없이 유지하였다(도 7의 (B)). 상기 Ag-Au 이중층 어레이의 경우, Ag 및 Au의 플라즈몬 특성을 때문에 네 개의 흡광 밴드가 관찰되었다. 상기 흡수 밴드 변위가 상이한 신장 비율을 갖는 스트레인에 의해 명백히 나타났다. Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이의 20%의 큰 신장은, 상기 밴드 위치

를 900 nm에서 1,000 nm로 변화시켰다. 더욱 기체를 연신한 후에, 흡수 밴드는 감소된 강도를 갖고 910 nm에서 청색-변위가 나타났다(도 7의 (C)). 또한, 도 8a 내지 8c는, 각각 Au 나노프리즘 어레이, Ag 나노프리즘 어레이, 및 Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이로부터 상이한 신장 비율을 갖는 금속 나노프리즘의 반사율(reflectance) 스펙트럼을 나타낸다. 상기 금속 나노프리즘 어레이 각각의 반사율 특성은 금속 각각의 광학 특성들에 의해 확인되었다. 도 9는 Au 나노프리즘 어레이, Ag 나노프리즘 어레이, 및 Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이로부터 0% 및 -6% 수축에서 금속 나노프리즘의 반사율 스펙트럼을 나타낸다. Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이는 Ag 및 Au 나노프리즘 어레이와 비교하여 전반적인 파장 범위에서 약한 반사율 플롯을 나타내었고, 상기 Ag-Au의 약한 반사율은 상기 Ag-Au 이중층 나노프리즘 어레이가 Ag 및 Au 나노프리즘 어레이 보다 큰 투과 및 흡수 특성을 갖는다는 것으로 해석될 수 있었다. 상기 이종(heterogeneous) 이중층은 두 성분의 광학 특성을 나타내었다. 또한, 2극성(dipolar) 및 4극성(quadrupolar) 플라즈몬 모드 모두의 스펙트럼 위치는 금속 나노프리즘들 간의 개별 간격에 의존하였다. 이는 Ag-Au 배열이 인접한 것으로부터 공명 모드 배열을 통해 나타났고, 상기 Ag-Au 간의 상호작용은 혼성 모드(hybridized modes)에서 약한 상호-영향(cross-influence)을 미친다.

[0098] 다음으로, SERS 스펙트럼이 633 nm 레이저에서 얇은 및 두꺼운 PDMS 기체에 있는 세 가지 타입 금속 나노 프리즘 어레이로부터 획득되었다. SERS 기체는 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 의 크기로 커팅되었고 1 mM p-ATP 용액에서 침지(incubate) 되었다. 그리고 측정에 앞서, 에탄올에 의해 세척되었다. 상기 금속 나노프리즘 어레이가 없는 PDMS에 부착된 p-ATP 분자의 SERS 스펙트럼을 도 10에 나타내었다. PDMS의 연신 및 진동에 의해 431 cm^{-1} , 708 cm^{-1} , 1655 cm^{-1} , 1699 cm^{-1} , 및 1760 cm^{-1} 에서 5 개의 강한 밴드가 관찰될 수 있었다. 도 11 및 도 12는 각각 신장 및 수축에서 공유 결합(covalent binding)에 의해 금속 나노프리즘 어레이 기체에 결합된 p-ATP 분자의 SERS 스펙트럼을 나타낸다. 상기 p-ATP는 세 개 샘플 모두에서 명확히 발견 가능한 고리 변형(ring deformation), C-C, C-S, 및 C-H 연신에 해당하는 1076 cm^{-1} 및 1140 cm^{-1} 에서의 두 개의 현저한 라만 피크를 갖는다. 상기 1140 cm^{-1} 및 1181 cm^{-1} 에서의 라만 피크는 b_2 모드의 C-H 연신 및 a_1 모드의 C-H 벤딩(bending)과 함께 진동 모드(vibrational mode)에 해당한다. 또한, 1383 cm^{-1} 및 1436 cm^{-1} 에서 두 개의 추가적 모드의 라만 분산 피크 특성이 관찰되었다. 0%의 신장 비율에서, Au, Ag, 및 Ag-Au 이중층 나노프리즘의 1076 cm^{-1} SERS 신호는 각각 60,000, 10,000, 및 45,000 카운트(count)의 강도를 나타내었다. 0%의 신장 비율에서, 이중층 나노프리즘의 1140 cm^{-1} SERS 신호는 각각 58,000, 7,000, 및 50,000 카운트(count)의 강도를 나타내었다. 20%의 신장 비율에서, 더욱 명확화될 것이 요구되는 Ag 나노프리즘들 간의 갭 간격이 증가함에 따라 Ag 나노프리즘 라만 신호가 현저히 증가하였다. Ag 나노프리즘으로부터 SERS 신호는 Au으로부터의 신호보다 더욱 강했는데, 이는 은이 금 나노프리즘에 비하여 더욱 큰 산란 단면(scattering cross section)을 가지기 때문이었다. 이것은, 전자기적 및 화학적 효과는, 대부분 분자와 상기 Ag(비교예) 간의 전하-전달(charge-transfer) 공명으로부터 기인되는, 은과 상기 은 표면에 흡수되는 분자들간의 상호작용인 것으로 설명된다. 도 9의 광학 이미지는 금속 나노프리즘 간의 갭 간격을 나타낸다. 금 및 은-금 이중층 나노프리즘은 20% 신장 상태에서 다소 SERS 강도 분포의 감소를 나타내었다. 100% 신장에서, 은, 금, 및 은-금 이중층 나노프리즘의 SERS 강도 분포는 1076 cm^{-1} 및 1140 cm^{-1} 에서 신장 스트레인에 의해 현저히 감소되었다. 도 12는 수축 상태인 0% 및 -6%에서 금속 나노프리즘 어레이의 라만 신호를 나타낸다. 상기 -6% 수축에서 SERS 신호 강도는 0% 수축 상태에서 모든 금속 나노프리즘 어레이에 비해 강했는데, 이는 상기 금속 나노프리즘들 간의 갭 간격이 줄어들었기 때문이었다. 1140 cm^{-1} 에서 은 및 은-금 나노프리즘 어레이의 강도를 제외하고 0%의 수축 상태보다 감소하였다. 그리고, 1181 cm^{-1} 에서 상기 SERS 신호 강도는 은 및 은-금 나노프리즘 어레이의 0% 수축 상태보다 증가하였다. 상기 결과로부터, 중요한 결론을 추론할 수 있었다: (i) SERS 기체에서 분자의 배향에 따라, C-H 벤딩 및 C-H 연신의 SERS 신호 강도가 변화되었고; (ii) 이에 따른 분자와 금속 간의 전자기 효과 및 전하 이동 메커니즘이 추가로 설명되었다.

[0099] 상기 SERS 결과는 도 13에 요약되었다. 상기 도 13a 내지 13d는 신장 및 수축 상태(1076 cm^{-1} 및 1140 cm^{-1})에서 두 개의 현저한 라만 피크를 갖는 SERS 스펙트럼의 재현성(reproducibility)을 나타낸다. 금 및 은-금 금속 나노프리즘에 비해 은 나노프리즘으로부터 더 높은 라만 강도가 획득되었다. 그러나, 은 나노프리즘 어레이는 상대적으로 약한 재현성을 가졌다. 금 나노프리즘 어레이가 더 낮은 SERS 성능을 나타내었음에도 불구하고, 금

나노프리즘의 SERS 재현성은 다양한 스트레인 비율에서 은 및 은-금 이중층 나노프리즘보다 더 높았다. 은-금 나노프리즘 어레이는 다양한 스트레인 컨디션에서 금 나노프리즘 어레이보다 더 좋은 SERS 활성 및 은 나노프리즘 어레이보다 더 높은 재현성을 나타내었다. 2금속(bimetallic) 나노프리즘은 단일금속(monometallic) 나노프리즘보다 더 높은 SERS 향상 및 재현성을 지속적으로 나타내었다. 이것은, 선택도(selectivity) 및 SERS 재현성을 향상시키기 위해 생체 분자(bio-molecule)를 SERS 표면에 코팅하는 것이 유리할 수 있음을 또한 나타내었다. 따라서, 상기 SERS 결과들은 높은 SERS 강도 분포 및 높은 재현성이 유지되었다. 그리고, SERS 성능 및 전자 에너지 밀도 간의 연관성을 조사하기 위한 유한 차분 시간 영역(finite-difference time-domain, FDTD) 시뮬레이션을 통하여 핫-스팟들의 분배가 입증되었다.

[0100] 도 14는 633 nm 파장에서 평면파 소스를 사용하여 시뮬레이션된 상이한 나노프리즘 어레이 및 스트레인 비율에서 근접 전자기장(near-field electromagnetic field) 분배의 FDTD 결과를 나타낸다. 금속 나노프리즘 간의 개별 간격에 대하여, 상기 나노프리즘 어레이의 x 및 y 방향 시뮬레이션 도메인은 바깥 방향으로의 전자기장을 나타내었다. 상기 시뮬레이션된 전자기장 분포는 스트레인 백분율 및 금속 특성에 의존하여 변화하였다. 은 나노프리즘 어레이의 20%의 경우, 상기 전자기장이 0% 스트레인 성분보다 더욱 강했다. 상기 결과는 실험적으로 관찰된 은 물질의 향상된 SERS 활동과 일치하는 것이었다. 은 나노프리즘 어레이의 수축 상태에서, 현저히 강한 핫-스팟이 전자기장 분포에서 나노프리즘의 삼각 측량(triangulation) 지점에서 나타났다. 상기 두 개 삼각형의 대응변(corresponding side) 및 은 나노프리즘 어레이의 세 개 지점은 다른 스트레인 퍼센트에 비해 더욱 강한 전자기장을 나타내었다. 상기 금 나노프리즘 어레이는 금의 특성 때문에 은 나노프리즘 어레이에 비해 적은 전자기장 밀도를 가졌다. 금 나노프리즘 어레이와 유사하게, 상기 핫-스팟은 20% 신장 상태 및 0%의 스트레인에서 나노프리즘의 삼각 측량 세 개 지점에서 나타났다. 상기 은-금 이중층 나노프리즘 어레이는 이중금속 광학 특성을 가졌다. 삼각형 나노프리즘에서 전기장 한정의 영향 때문에, 강한 핫-스팟이 근거리장 결합에 의해 생성되었다. 0% 및 20% 신장의 경우, 현저히 강한 핫-스팟이 전자기장 분배에서 나노프리즘의 삼각 측량의 세 개 지점에서 나타났다. -6%의 수축에서, 강한 핫-스팟이 삼각형의 세 개 면의 가장자리 길이 및 넓은 지역 분배에서 나타났다.

[0101] 결국, 본 발명자들은 SERS에 의한 LSPR 전자기장의 조화 가능성(tunability) 및 PDMS 기체의 신장 상태와 수축 상태에서, 두 개의 스트레인 요소와 은, 금, 및 은-금 이중층 나노프리즘으로부터의 FDTD 시뮬레이션을 입증하였다. 본 발명자들은 1079 cm^{-1} 에서 -6%의 수축 비에서, 은-금 나노프리즘들 간의 최적화된 간격을 갖는 특유의 유연한 SPR 센서를 발견하였고, 이것은 금 나노프리즘 어레이와 비교하여 4 배 향상된 것이었다. 본 발명자들은 은-금 나노프리즘 어레이가 은 나노프리즘 어레이에 비해 더 높은 향상된 SERS 재현성을 나타내었음을 또한 입증하였다. 그리고, 정량화할 수 있는 성능을 가진 개선된 유연 SPR 커플링-기반 디바이스가 제안되었고, 이것은 현실적인 바이오-센싱, 바이오 기술의 적용 분야, 및 광학 디바이스에서 현저한 잠재성이 있음을 알게 되었다.

[0103] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

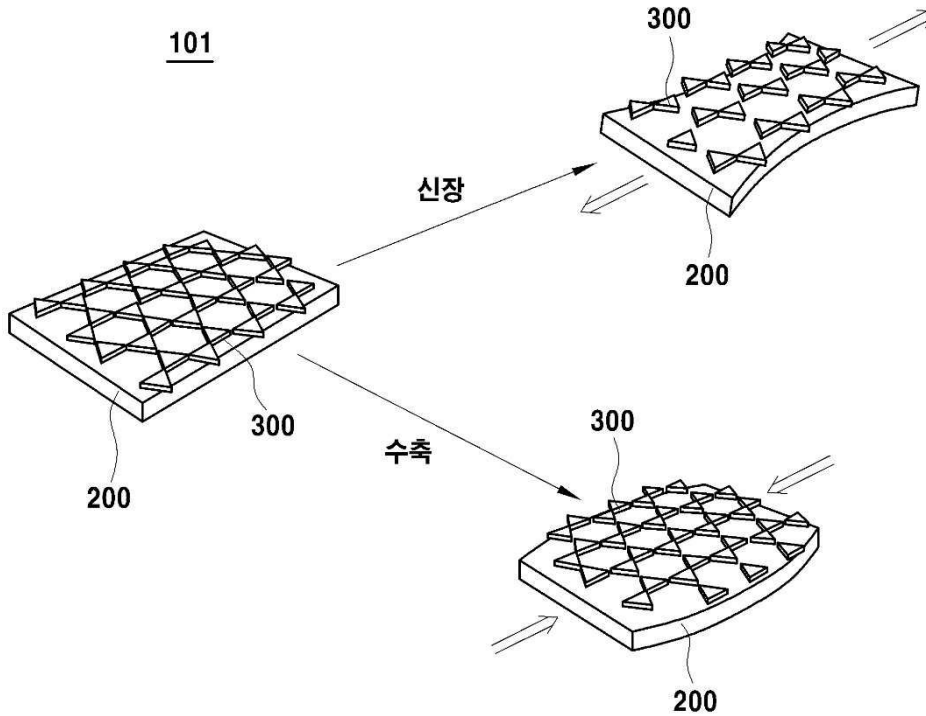
[0104] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

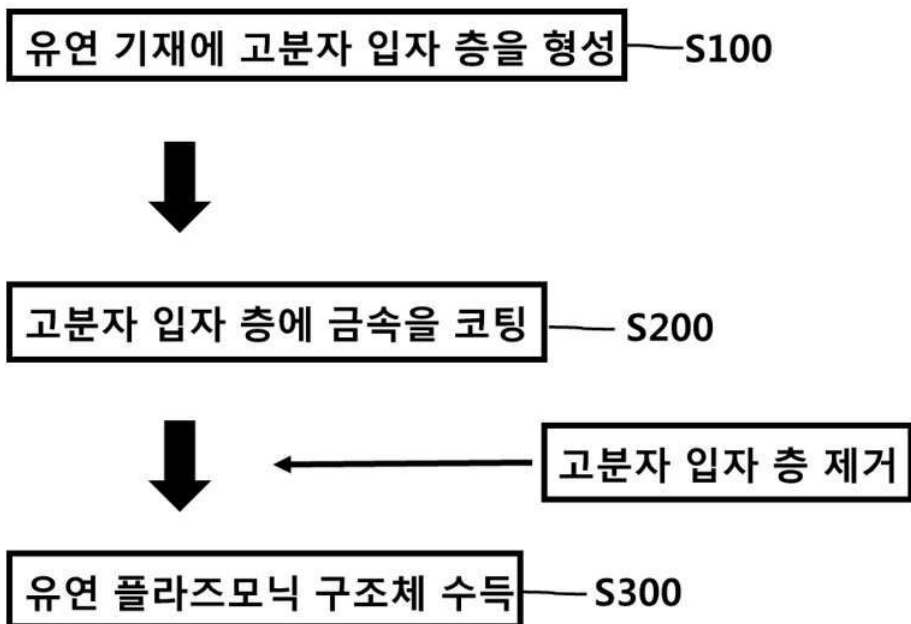
- [0105] 101: 유연 플라즈모닉 구조체
- 200: 유연 기재
- 300: 금속 층

도면

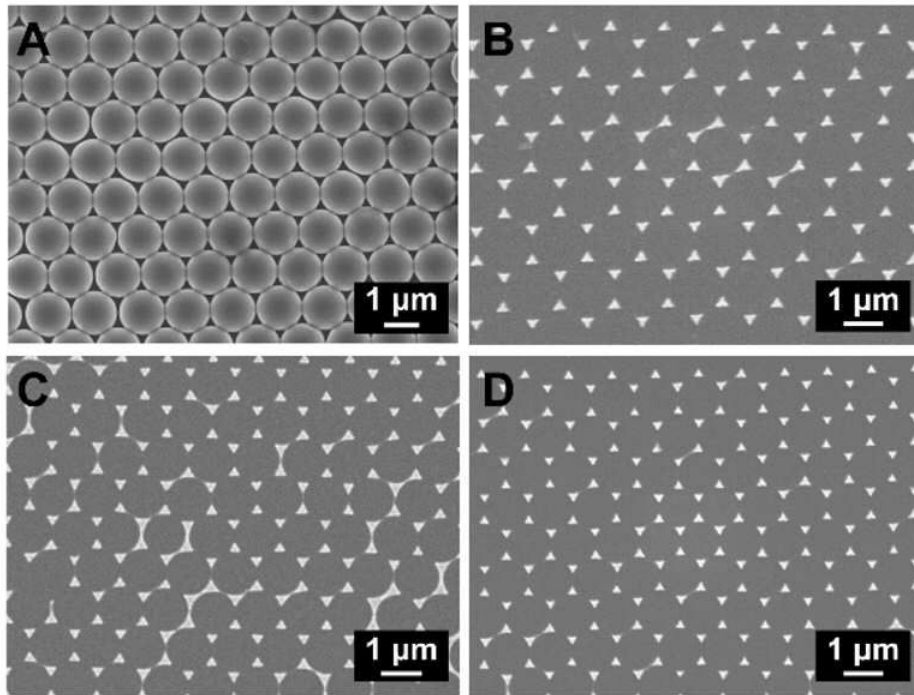
도면1



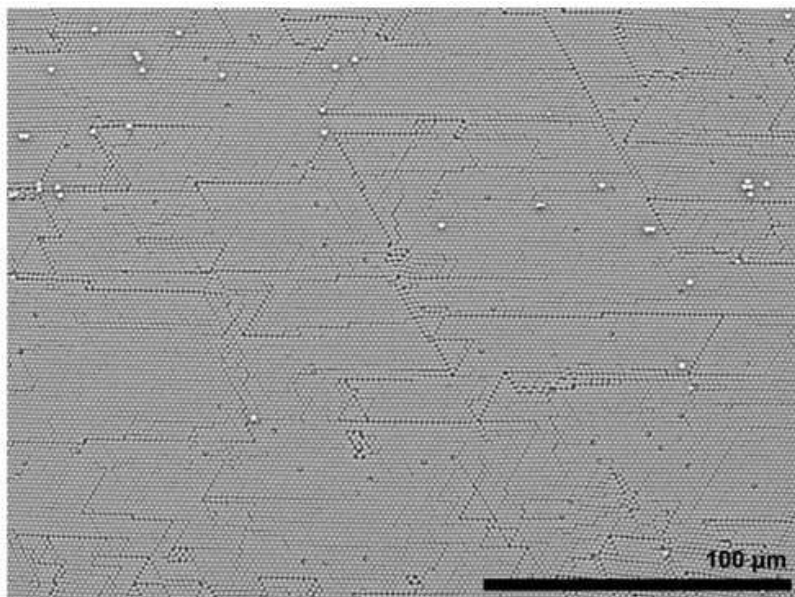
도면2



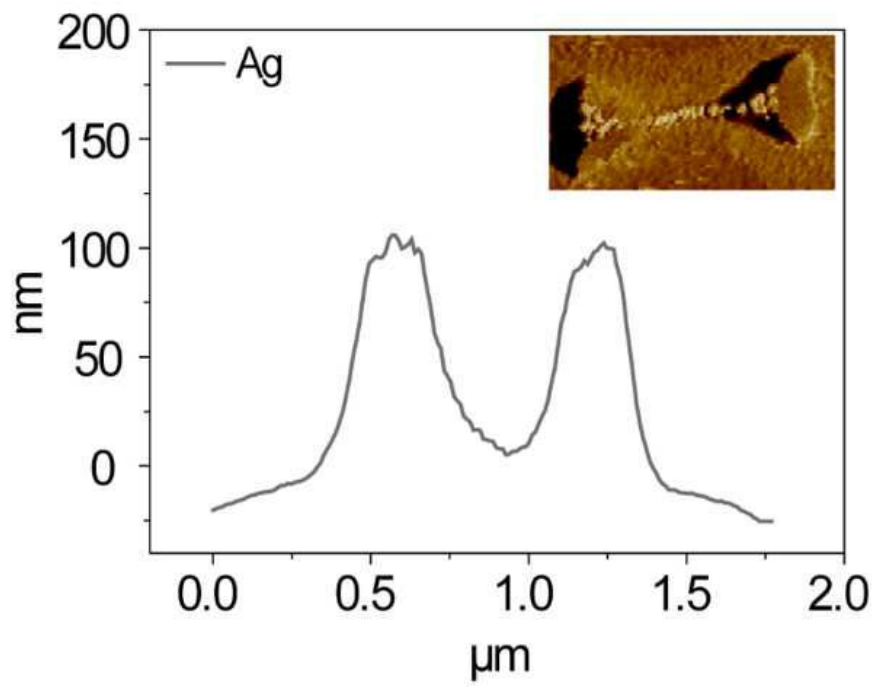
도면3



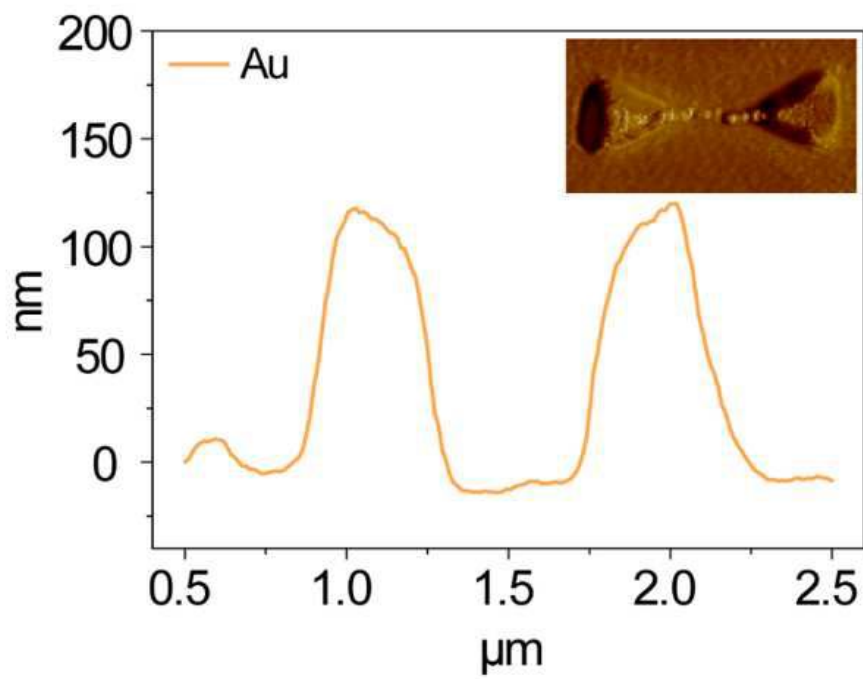
도면4



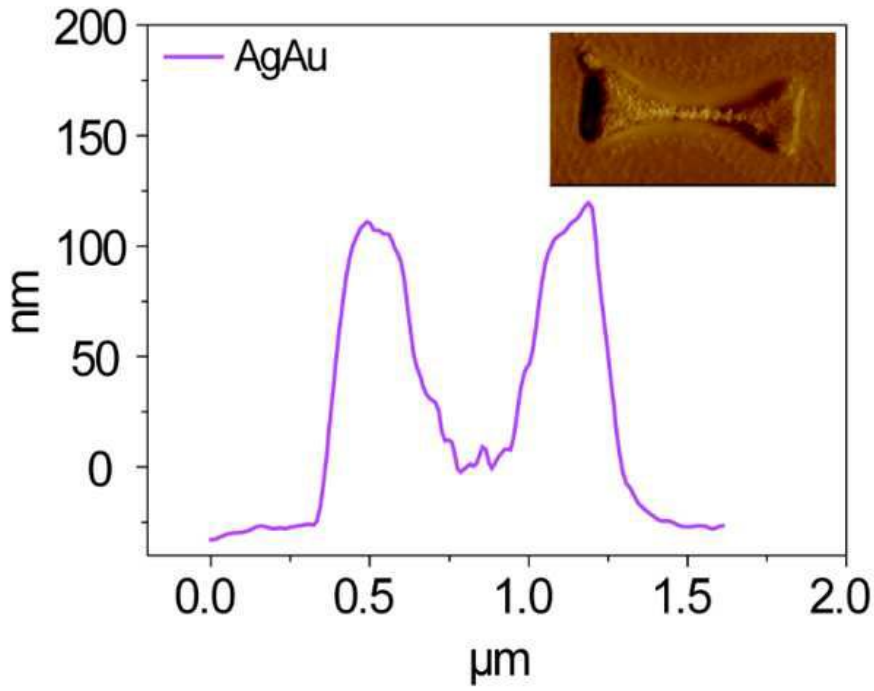
도면5a



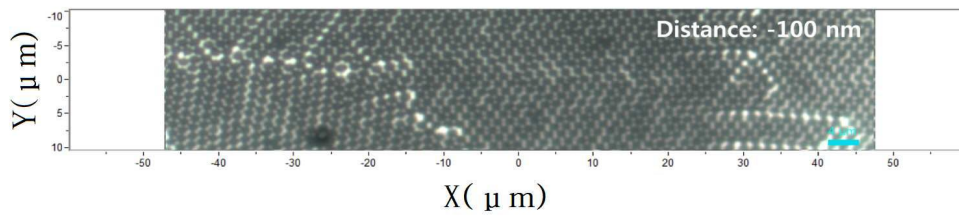
도면5b



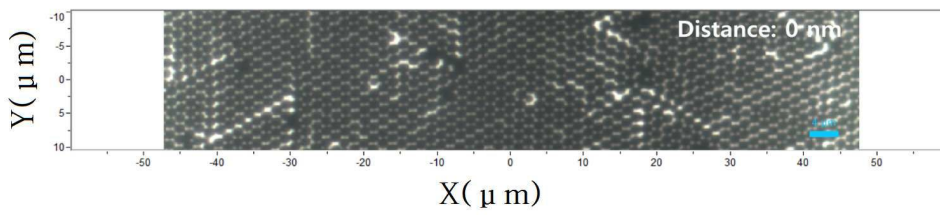
도면5c



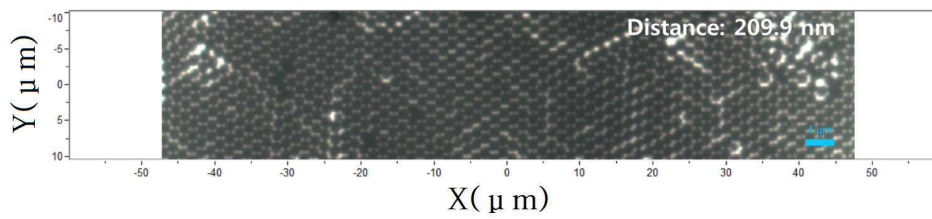
도면6a



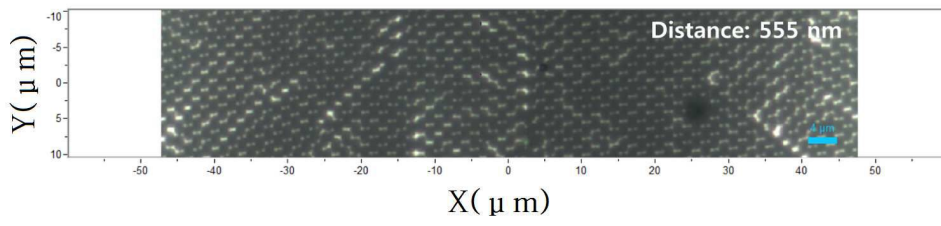
도면6b



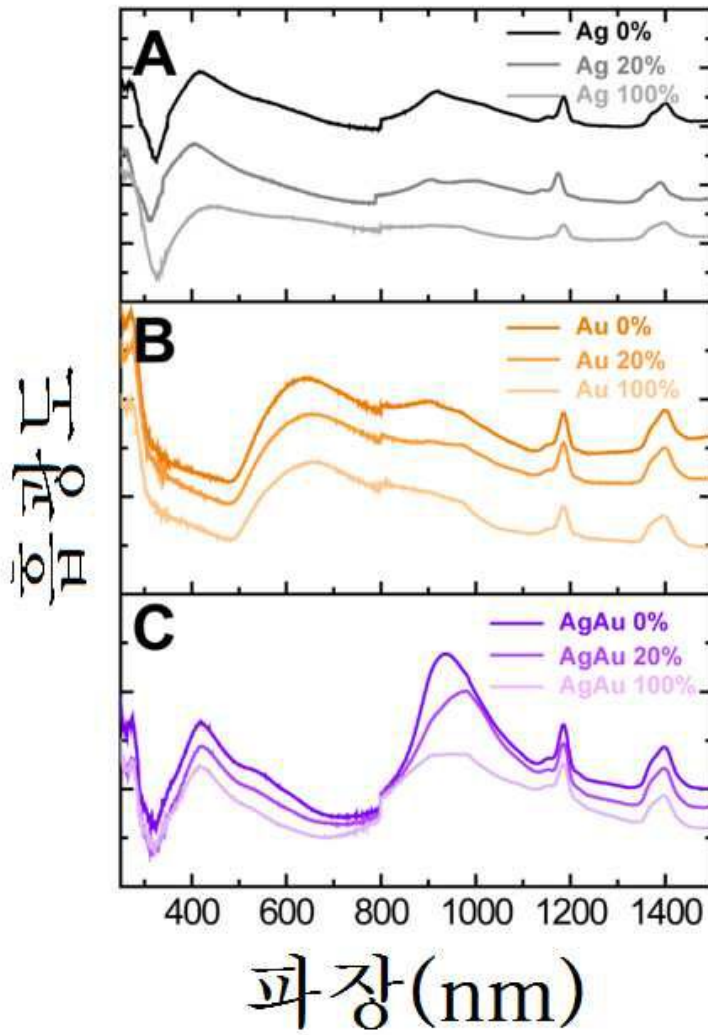
도면6c



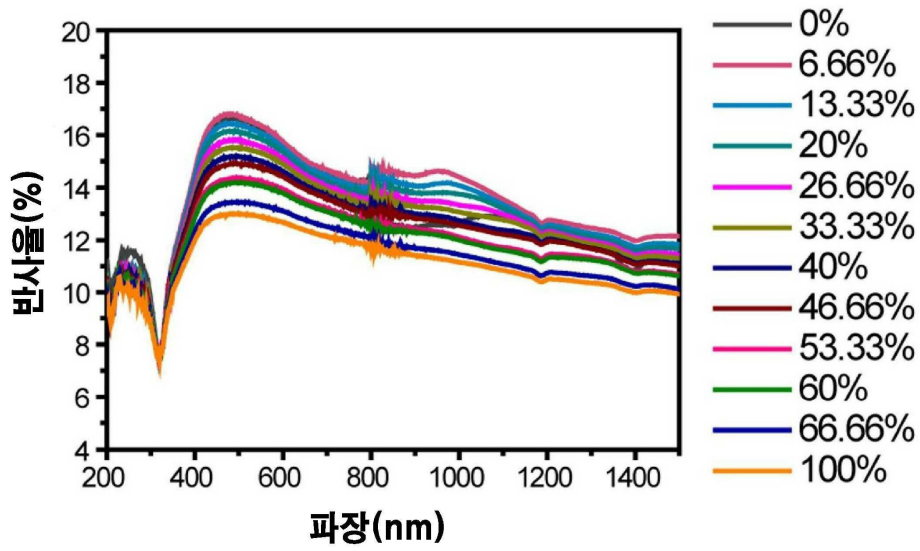
도면6d



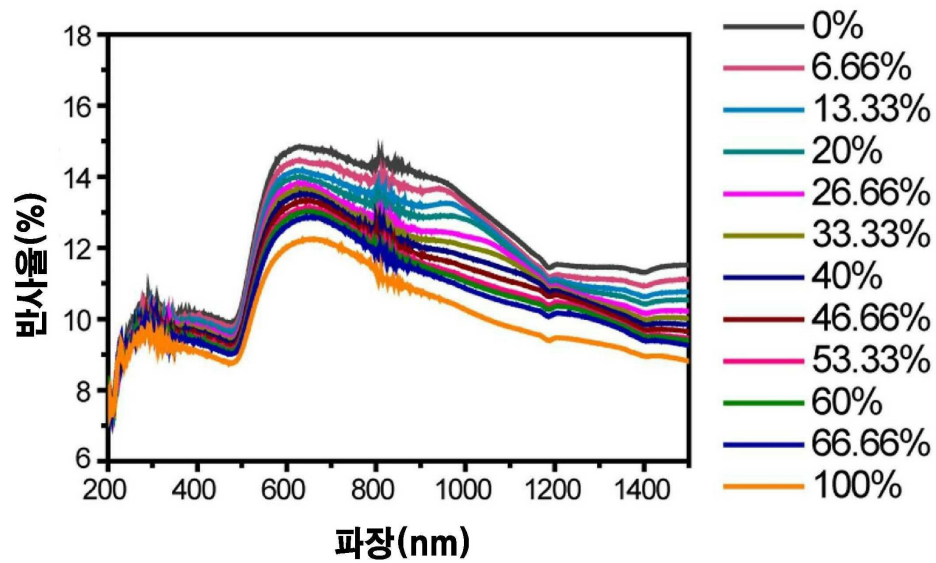
도면7



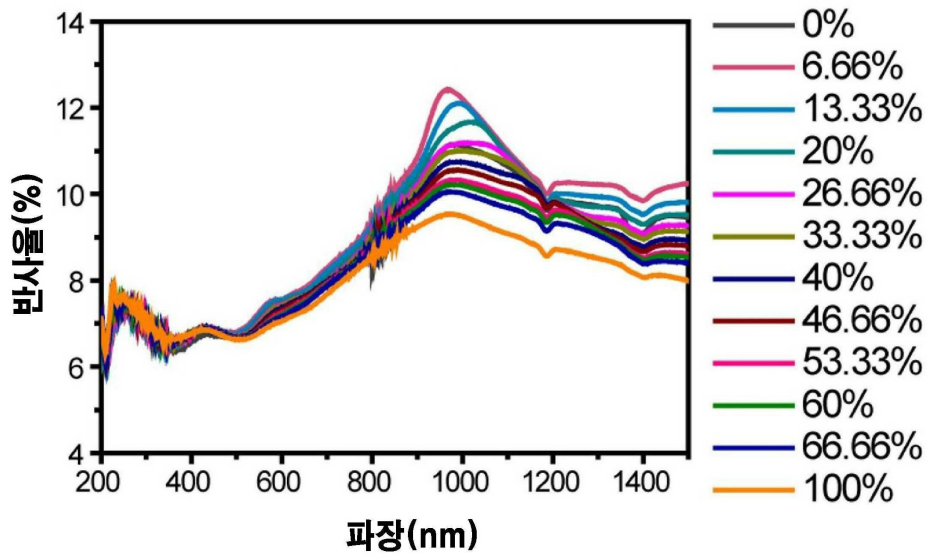
도면8a



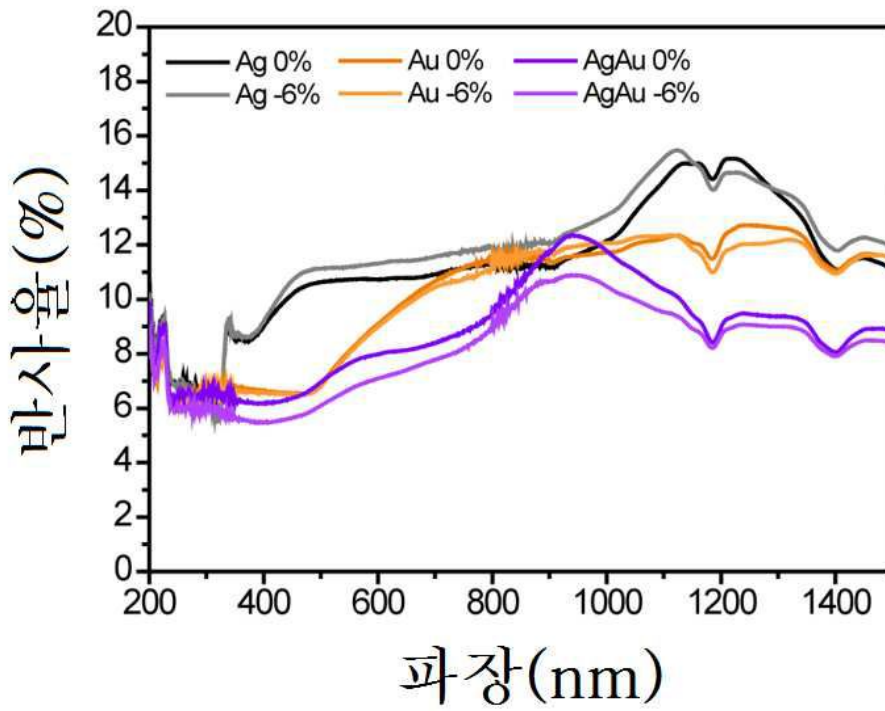
도면8b



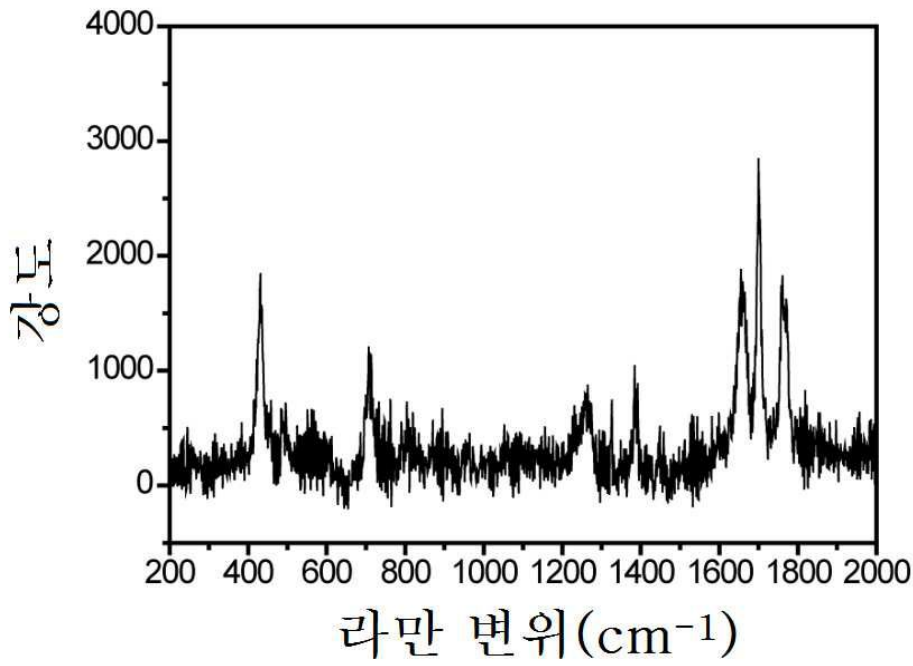
도면8c



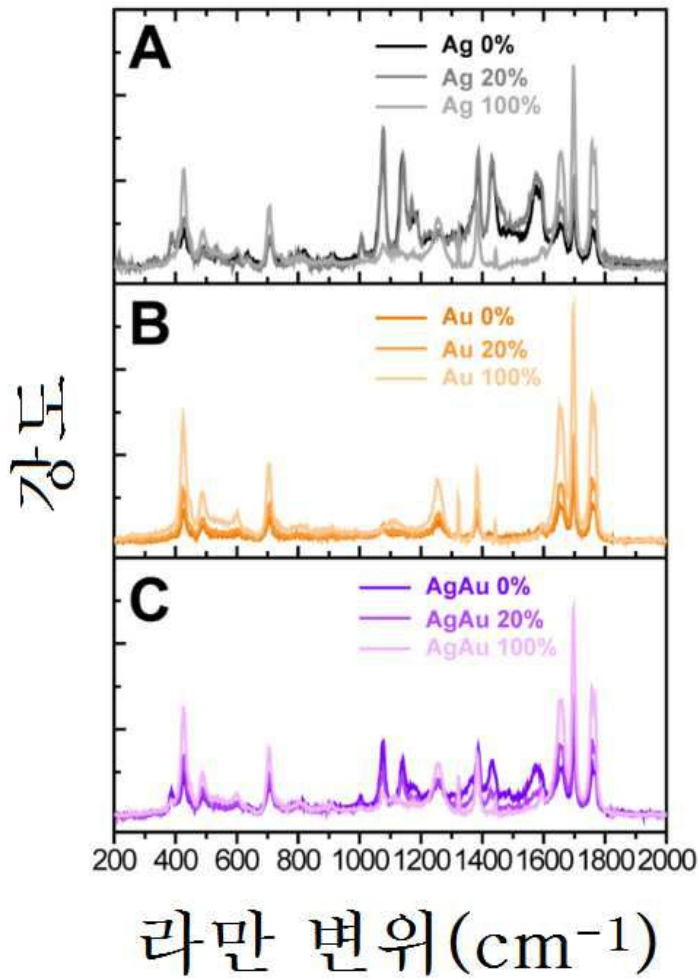
도면9



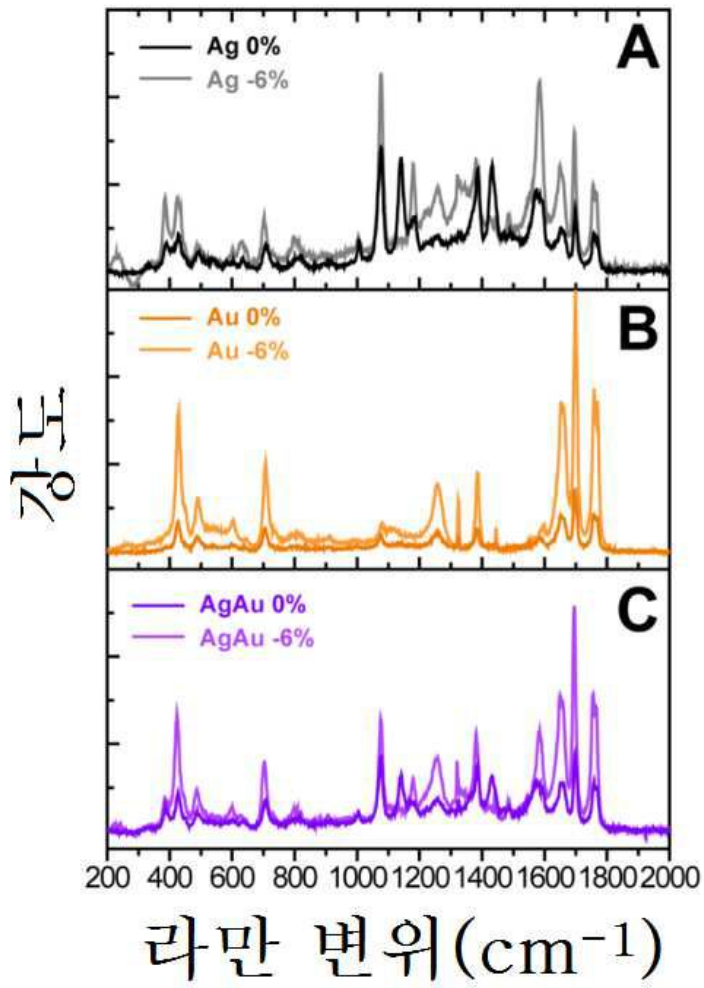
도면10



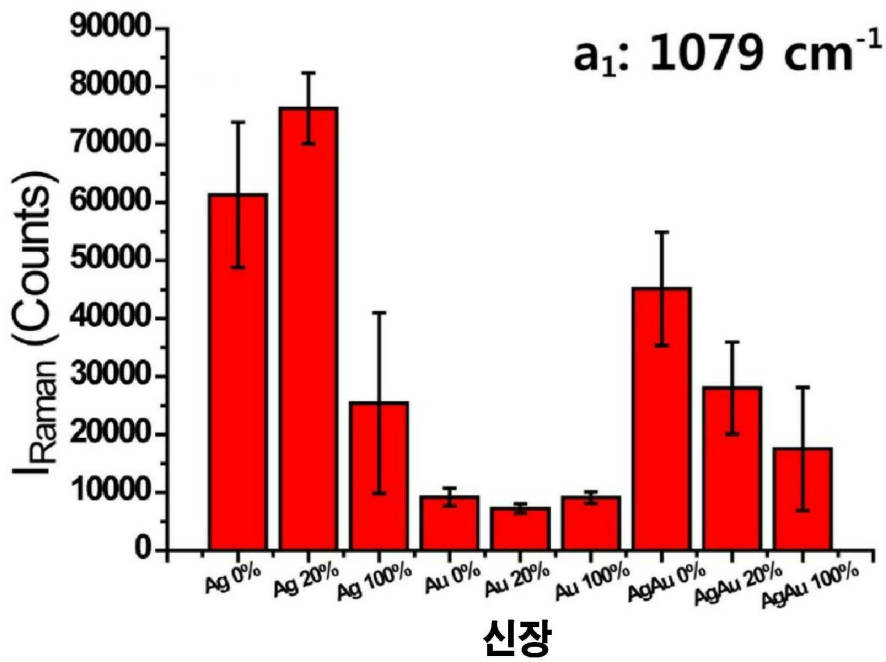
도면11



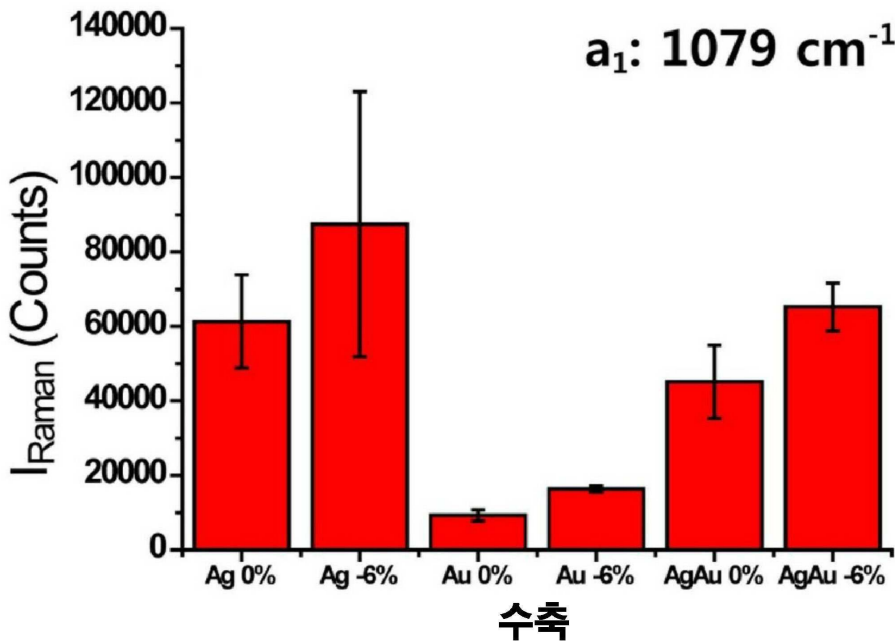
도면12



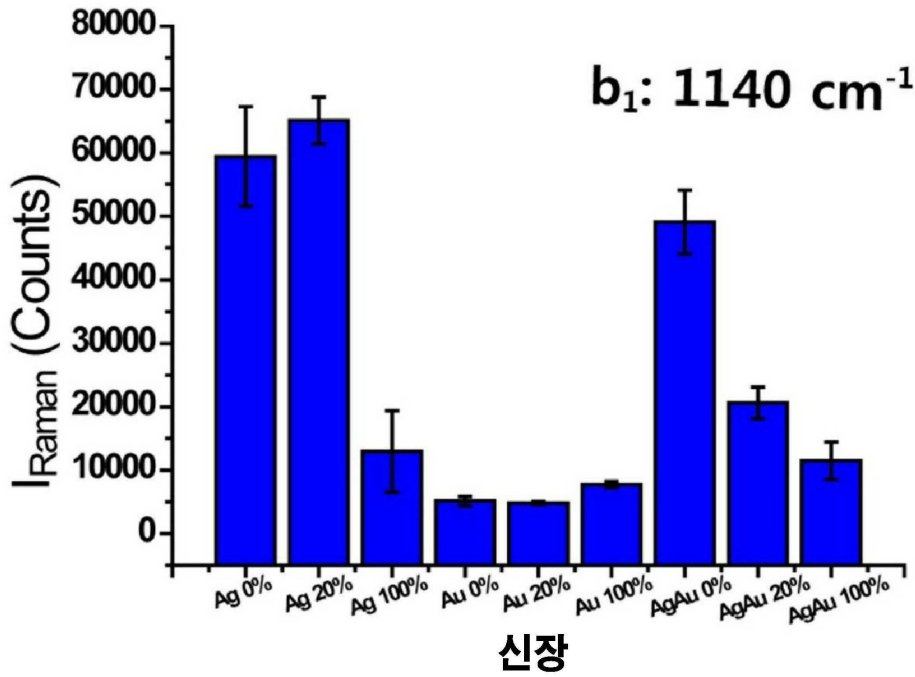
도면13a



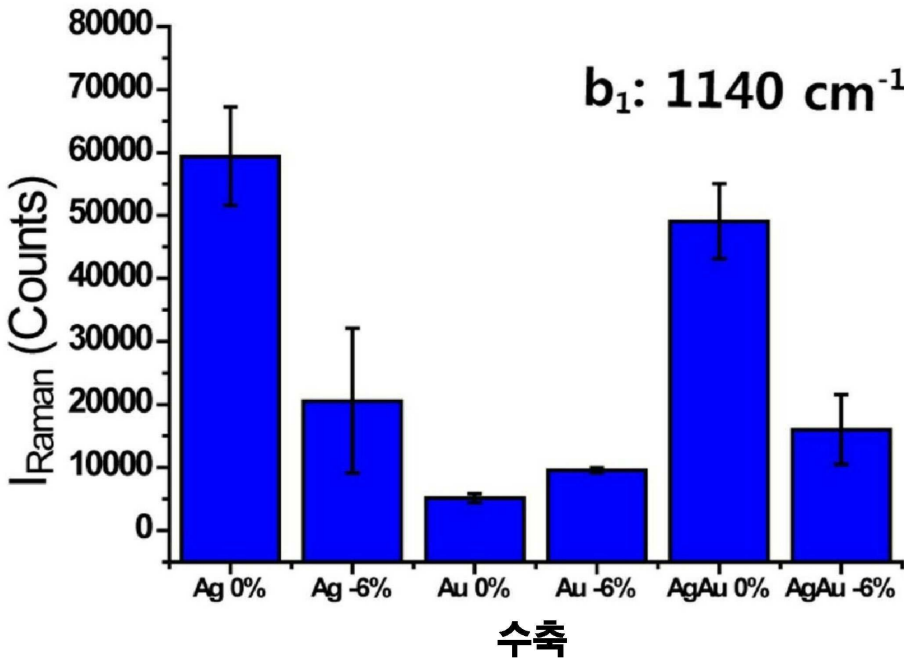
도면13b



도면13c



도면13d



도면14

