



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0122011
(43) 공개일자 2016년10월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/65 (2006.01) B82B 1/00 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/658 (2013.01)
B82B 1/001 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0052017
(22) 출원일자 2015년04월13일
심사청구일자 2015년04월13일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
고현협
울산광역시 남구 문수로409번길 20, 108동 605호
(신정동, 현대아이파크1단지)
이영오
울산광역시 중구 유곡로 10, 214동 1202호 (우정
동, 선경2차아파트)
이지원
울산광역시 울주군 범서읍 모두박길 9-1
(74) 대리인
장한특허법인

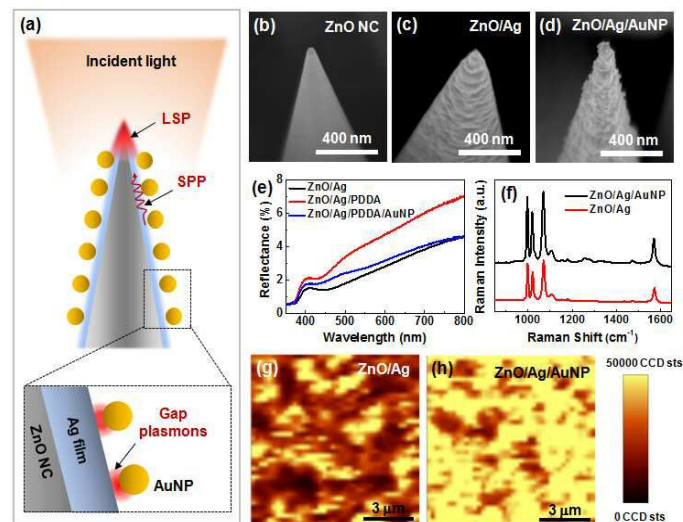
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 표면증감 라만 산란센서 제조방법

(57) 요약

본 발명에 따른 표면 증감 라만 산란센서 제조방법은 크게 화학 증기 증착법을 이용해 산화아연 나노구조체를 합성하는 단계와 나노구조체 위에 은 박막과 금 나노입자를 코팅하는 단계를 포함하여, 3차원 산화아연 나노구조체의 제어된 성장과 금속 나노구조체의 설계를 통해 SERS효과의 향상에 중요한 SERS 활성부위의 형성을 위한 큰 표면적 제공, 낮은 반사도를 통한 높은 광흡수, tapered waveguide, 입자-박막 플라즈몬 체계를 체계적으로 결합하여 아주 우수한 광 조정 성능을 가지는 표면 증감 라만 산란센서를 제조 할 수 있다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

B82B 3/0014 (2013.01)

B82B 3/0019 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012M3A6A5055728

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 재단법인 한국연구재단

연구사업명 글로벌프론티어연구개발사업

연구과제명 생체모사 마이크로/나노 구조 신축성 촉각감지 인공전자피부 개발

기 여 율 1/1

주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단

연구기간 2014.09.01 ~ 2015.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 실리콘 기판에 금 박막을 증착하는 단계;
- (b) 상기 금 박막이 증착된 실리콘 기판을 CVD(Chemical Vapor Deposition)관에 넣고 가열하는 단계;
- (c) 상기 CVD관에 산소를 투입하는 단계; 및
- (d) 상기 CVD관 내의 압력 Zn 분말(powder)소스의 양으로 축 성장 속도와 측면 성장속도를 조절하여, 표면적이 확대되도록 원뿔(nanocones), 못(nanonails), 또는 막대(nanorods) 구조의 나노구조체를 합성하는 단계;
- (e) 상기 나노구조체 표면에 은 박막을 증착하는 단계;
- (f) 상기 은 박막이 증착된 나노구체 표면에 poly(diallyl dimethylammonium) (PDDA)를 코팅하는 단계; 및
- (g) 상기 PDD가 코팅된 나노구체 표면에 금 나노입자를 정전기적 인력을 이용해 코팅하여, 3차원의 상기 나노구조체 표면에 입자-박막(particle-on-film)플라즈몬 체제를 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 표면 증감 라만 산란센서 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 (b)단계에서,

아연(Zn)원자들이 촉매역할을 하는 금에 흡수되어 액체상태의 Au-Zn합금이 형성되는 것을 특징으로 하는 표면 증감 라만 산란센서 제조방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 (c)단계에서

상기 CVD관에 산소가 투입되면, 아연(Zn)의 산화와 침전으로 인해 거친표면(textured)의 산화아연(ZnO) 필름(film)이 형성되는 것을 특징으로 하는 표면증감 라만 산란센서 제조방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 (d)단계에서,

상기 축 성장 속도를 상기 측면 성장 속도 보다 빠르게 하여 상기 막대(nanorods) 구조의 나노구조체를 형성시키는 것을 특징으로 하는 표면증감 라만 산란센서 제조방법.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 (d)단계에서,

상기 축 성장 속도를 상기 측면 성장속도 보다 충분히 빠르지 않게하여, 산화아연 나노구조의 하부영역 직경을 계속 증가시켜 원뿔형의 산화아연 나노 구조체를 형성시키는 것을 특징으로 하는 표면증감 라만 산란센서 제조 방법.

청구항 6

제 3항에 있어서,

상기 (d)단계에서,

상기 원뿔형의 산화아연 나노구조의 상부 결정면에서 산화아연의 성장이 방사상으로 일어나 못 형상의 산화아연 나노 구조체가 형성되는 것을 특징으로 하는 표면증감 라만 산란센서 제조방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 (e)단계에서,

상기 은 박막은 열 증착기(thermal evaporator)로 상기 나노구조체 표면에 증착되는 것을 특징으로 하는 표면증감 라만 산란센서 제조방법.

청구항 8

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항의 제조방법을 통해 제조된 표면증감 라만 산란 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 표면증감 라만 산란센서 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 화학 증기 증착(chemical vapor deposition)방법을 통해 다양한 구조(nanorod, nanonail, nanocones)의 산화아연 나노 구조체를 합성하고, 아주 낮은 반사도(anti-reflective)의 상기 나노 구조체위에 금나노 입자와 은박막을 이용하여 입자-박막(particle-on-film)플라즈몬 체제의 고민감성 표면증감 라만 산란센서 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 표면증감 라만산란은 높은 감도, 빠른 응답, 및 지문효과 때문에, 화학 및 생물학적 감도 적용 등 광범위하게 개발되고 있다.

[0003] 금속 나노구조에서 나노미터 크기의 갭(gaps), 팁(tips), 및 코너(corners)는 금속 나노구조가 빛에 노출되는 경우, 강한 전기장 증대를 통해 금속 나노구조 위의 분자의 라만 산란이 현저하게 향상되도록 하는 것으로 알려져 있다.

[0004] 메탈 나노구조에서 나노미터 크기의 상기 갭(gaps), 팁(tips), 및 코너(corners)의 제조를 위해, 나노크기 갭(gaps)을 위해 나노입자 다이머(dimers), 코어위성구조 나노입자 조립체, 및 박막 위의 나노입자에 대한 연구, 나노크기 팁(tips)과 코너(corners)를 위해 나노구 상의 금속박막, 나노 별, 수지상 구조, 양방향 피라미드 및 꽃 형태의 입자에 대한 연구 등 다양한 방식의 연구가 진행되어 왔다.

[0005] 그러나, 이런 2차원 SERS(Surface Enhanced Raman Scattering:표면 증강 라만 산란)기판은 최대 SERS 향상을 제공하기 위해 플라즈모닉 나노구조와 유기적으로 결합할 수 있도록 하는 광 흡수, 반사 및 전파의 관리에 있어 한계를 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1412420호(2014. 06. 19)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상술한 한계를 극복하기 위하여, 본 발명은 화학 증기 증착(chemical vapor deposition)방법을 통해 다양한 구조(nanorod, nanonail, nanocones)의 산화아연 나노 구조체를 합성하고, 아주 낮은 반사도(anti-reflective)의 상기 나노 구조체위에 금나노 입자와 은박막을 이용하여 입자-박막(particle-on-film)플라즈몬 체제의 고민감성 3차원 구조 표면증감 라만 산란센서 제조방법의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 표면증감 라만 산란센서 제조방법은 (a) 실리콘 기판에 금 박막을 증착하는 단계; (b) 상기 금 박막이 증착된 실리콘 기판을 CVD(Chemical Vapor Deposition)관에 넣고 가열하는 단계; (c) 상기 CVD관에 산소를 투입하는 단계; 및 (d) 상기 CVD관 내의 압력 Zn 분말(powder)소스의 양으로 축 성장 속도와 측면 성장속도를 조절하여, 원뿔형(nanocones), 못(nanonails), 및 막대(nanorods) 구조의 나노구조체를 합성하는 단계; (e) 열 증착기 (thermal evaporator)을 이용해 산화아연 나노구조체위에 은 박막을 증착하는 단계; (f) 상기 은 박막이 증착된 나노구조체 위에 poly(diallyl dimethylammonium) (PDDA)를 코팅하는 단계; 및 (g) 상기 PDDA가 코팅된 기판 위에 금 나노입자를 정전기적 인력을 이용해 코팅하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 따른 표면증감 라만 산란센서 제조방법은 3차원 산화아연 나노구조의 제어된 성장을 통해, SERS 효과의 향상에 중요한 SERS 활성부위의 형성을 위한 큰 표면적을 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0010] 또한, 본 발명에 따른 표면 증감 라만 산란센서 제조방법은 효과적인 안테나로서 역할을 하는 금속 나노구조 때문에 광흡수가 증가하는 효과가 있다.

[0011] 또한, 본 발명에 따른 표면증감 라만 산란센서 제조방법은 매끄러운 측면과 높은 굴절률을 갖는 일차원 산화아연 나노구조가 전파광의 다중 내부반사와 SERS신호를 향상 시킬 수 있는 효율적인 광도파로 효과를 제공할 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명에 따른 표면 증감 라만 산란센서 제조방법은 매우 낮은 반사도를 가지는 원뿔형(nanocones) 구조를 통해 광흡수를 증가시키는 효과가 있다.

[0013] 또한, 본 발명에 따른 표면 증감 라만 산란센서 제조방법은 은 박막 증착을 통한 tapered waveguide, 그리고 효과적인 안테나로서 역할을 하는 금 나노입자로 인해 표면 증감 라만 센서로써 아주 높은 민감도를 나타내는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명에 따른 표면 증감 라만 산란센서 제조을 위한 산화아연 나노구조체 합성방법의 공정도,
 도 2는 본 발명에 따른 표면 증감 라만 산란센서 제조을 위한 산화아연 나노구조체 합성방법에 의해 제조된 나노 구조체들의 SEM(Scanning Electron microscopy:주사 전자 현미경) 이미지와 X-선 회절분석 그래프,

도 3은 산화아연 나노구조체들의 광학적 성질과 은(Ag) 박막 증착 후의 (ZnO-Ag) 광학적 성질과 SERS 센서로서의 효과를 보여주기 위한 도면,

도 4는 은 박막이 증착된 산화아연 원뿔형 구조 위에 금 나노입자 (Au NP)를 입혀 (ZnO-Ag-Au nanocone arrays) 입자-박막 플라즈몬 체계(particle-on-film plasmonic system)를 만들어 SERS 효과의 증대를 나타낸 도면,

도 5는 여러 분석물질 (benzenethiol, rhodamine 6G, adenine)의 최소 검출 (minimum detection) 그래프 도면, 및

도 6은 본 발명에 따른 표면증감 라만 산란센서 제조방법에 의해 제조된 나노 구조체들의 측면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0016] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0017] 도 1은 화학 증기 증착(Chemical Vapor Deposition)방법을 통해 다양한 구조(nanorod, nanonail, nanocones)의 산화아연 나노 구조체를 성장시킨 도면이다.
- [0018] 도 1에 도시된 바와 같이, SERS 효과 향상에 3차 산화아연 나노구조의 형태적 효과를 알아보기 위해, 제어된 형태의 산화아연 나노 구조체를 화학 증기 증착 방법에 의해 실리콘 기판에 성장시킨다.
- [0019] 보다 구체적으로, 산화아연 나노구조체의 성장 메커니즘은 VLS(Vapor-Liquid-Solid)와 VS(Vapor-Solid) 메커니즘의 결합으로 설명될 수 있다.
- [0020] 산화아연 나노구조체의 상이한 형태의 성장을 위해, 먼저 거친표면(textured)의 산화아연 박막이 도 1a 도시된 바와 같이, 상기 VLS 메커니즘에 의해 형성된다.
- [0021] 상기 VLS 성장 단계에 있어, 아연 원자가 금 촉매로 흡착되어, 금(Au)-아연(Zn) 합금용액이 형성되고, 다음으로 아연의 침전과 산화에 따라 산화아연 핵이 형성된다.
- [0022] 즉, 금 박막이 증착된 실리콘 기판을 CVD관에 넣고 하열하게 되면, 아연(Zn)원자들이 촉매역할을 하는 금에 흡수되어 액체상태의 Au-Zn합금이 형성되고, 산소가 투입되면, 아연(Zn)의 산화와 침전으로 인해 거친표면의 산화아연(ZnO) 필름(film)이 형성된다.
- [0023] 이때, 산화아연 핵은 아연증기의 연속적인 증착에 의해 거친표면의 산화아연 씨드 박막으로 성장한다.
- [0024] 상기 거친표면 산화아연 박막은 상기 VS 성장 메커니즘에 의해 산화아연 나노구조의 성장을 위한 핵형성 장소를 제공한다.
- [0025] 도 1b는 산화아연 나노 원뿔(nanocones), 나노 못(nanonails), 및 나노 막대(nanorods)의 성장에 대한 VS메커니즘을 도시하고 있다.
- [0026] 상기 VS 성장 단계에서, 금 촉매는 산화아연 결정 성장에 의해 캡슐화되어, 아연 증기 및 산소가스로부터 고립된다.
- [0027] 층 두께가 3~5 μ m인 상기 거친표면 산화아연 씨드 층에서 성장한 나노 원뿔, 나노 못, 및 나노 막대의 주사 전자 현미경 이미지의 단면을 보여주는 도 6은 상기 거친표면 산화아연 씨드 필름상에 산화아연 나노구조의 성장을 위한 상기 VLS 및 VS메커니즘을 뒷받침한다.
- [0028] 축 성장 속도가 측면 성장속도 보다 빠른경우, 막대모양 산화아연 나노구조가 생성된다.
- [0029] 그러나, 축 성장 속도가 측면 성장속도와 비교하여 충분이 빠르지 않으면, 산화아연 나노구조의 하부영역의 직

경이 계속 증가하여 원뿔형의 산화아연 나노 구조체가 생성되게 된다.

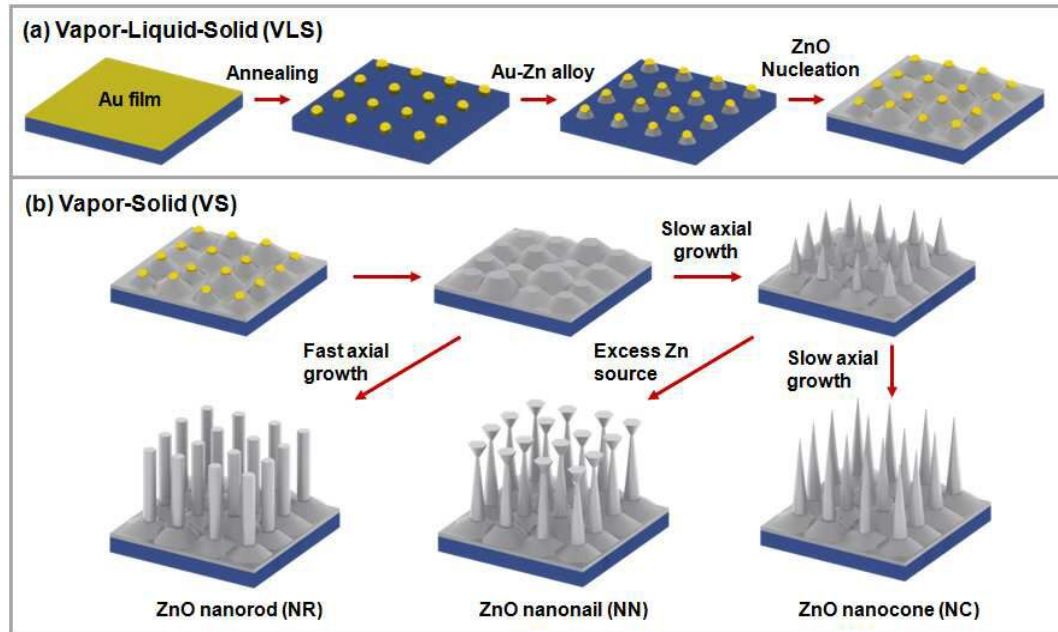
- [0030] 원뿔형 산화아연 나노구조의 형성 후에도 충분한 아연 소스(source)가 남아있는 경우, 산화아연 원뿔형 나노구조의 상부에서 추가적인 성장이 일어나게 되는데, 이는 원뿔형 산화아연 나노구조의 상부 결정면이 원뿔형 나노구조의 다른 면보다 더 높은 표면 자유에너지를 가지기 때문이다.
- [0031] 이러한 활발한 성장은 못 형상의 산화아연 나노구조 형상을 주도한다.
- [0032] 이 작업에서 산화아연 나노구조의 축 및 측면방향 성장속도는 반응물의 분압에 의해 제어된다.
- [0033] 성장단계동안 반응물의 분압은 축방향 성장속도에 영향을 미친다.
- [0034] 따라서, 아연과 산소의 높은 분압에서 축방향 성장속도는 측면방향 성장속도 보다 빠르고, 이는 막대모양 산화아연 나노구조를 형성하는 결과를 낳는다.
- [0035] 아연과 산소의 낮은 분압에서 측면 성장속도와 비교하여 제한된 축 성장속도는 원뿔형 산화아연 나노구조 형성되게 한다.
- [0036] 원뿔형 산화아연 나노구조의 성장 조건에서 아연 분말 소스의 양을 증가시킴으로써 못 모양의 산화아연 나노구조로의 추가적인 성장이 가능하다.
- [0037] 과량의 ZnO_x 증기는 높은 표면 자유 에너지 때문에 원뿔형 산화아연 나노구조의 상단에 증착될 수 있다.
- [0038] 원뿔형 산화아연 나노구조의 상단에 추가적인 산화아연 결정의 성장은 산화아연 나노구조의 육각 캡(cap)의 형성을 유도한다.
- [0039] 여기서, 육각 캡의 상단에서 하단까지 직경이 감소한다.
- [0040] 원뿔형 산화아연 나노구조의 상단에 육각의 캡 성장은 성장시간에 대한 산화아연 나노구조 형태에 변화를 조사하여 확인할 수 있다.
- [0041] 상술한 바와 같이, 도면을 참조하여 상이한 나노구조체의 특징에 대하여 살펴본다.
- [0042] 도 2는 본 발명에 따른 표면증감 라만 산란센서 제조를 위한 산화아연 나노구조체 합성방법에 의해 제조된 나노구조체들의 SEM 이미지와 X-선 회절분석 그래프이다.
- [0043] 도 2a는 산화아연 나노 원뿔(nanocones)의 이미지이며 지름이 700nm의 뿌리부분에서 40nm의 끝부분까지 점차적으로 줄어드는 형태를 볼 수 있다. 도 2b는 산화아연 나노 못(nanonails)의 이미지이며 nanocone의 끝부분에 거꾸로 된 육각뿔의 cap이 자라있어 못의 형태를 가지고 있다.
- [0044] 도 2c는 지름이 400nm로 일정한 산화아연 나노 막대(nanorods)로, 도 2d-f의 XRD 자료에 보는 바와 같이, 산화아연 나노구조체의 wurtzite hexagonal phase에서 나타나는 peak(002)이 세 구조 모두에서 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.
- [0045] 하지만 도 2f의 산화아연 나노 막대(nanorods)구조는 ZnO 의 특유 peak인 peak(100), peak(101)까지 포함하고 있어 산화아연 나노 막대(nanorods)구조가 도 2d,e의 상기 산화아연 나노 원뿔(nanocones)구조, 상기 산화아연 나노 못(nanonails)구조와 다르다는 것을 알수 있다.
- [0046] 도 3은 산화아연 나노구조체들의 광학적 성질과 은(Ag) 박막 증착 후의 (ZnO -Ag) 광학적 성질과 표면 증감 라만 산란센서로서의 효과를 보여주기 위한 도면이다.
- [0047] 우선 도 3a에서 빛의 반사도가 상기 산화아연 나노 원뿔(nanocones)구조에서 가장 작고, 상기 산화아연 나노 못(nanonails)구조에서 가장 큰 것을 알 수 있다.
- [0048] 상기 산화아연 나노 원뿔(nanocones)구조에서 반사도가 가장 낮은 이유는 끝 부분부터 뿌리부분까지 지름이 점차적으로 증가하기 때문에 유효굴절각(effective refractive index)이 점차적으로 증가하기 때문이다.
- [0049] 또한, 상기 산화아연 나노 못(nanonails)구조에서 반사도가 가장 큰 이유는 캡 구조가 역방향의 나노 원뿔(inverted nanocones)구조의 형태를 가지기 때문이다.
- [0050] 도 3b는 산화아연 나노구조체 위에 은 박막을 증착한 후의 반사도이며, 모든 구조체에서 400-600nm 의 파장범위에서 낮은 반사도를 보인다. 이것은 금속 나노구조체의 표면 플라즈몬 공명(surface plasmon resonance)으로 인

해 빛의 흡수도가 높아졌기 때문이다.

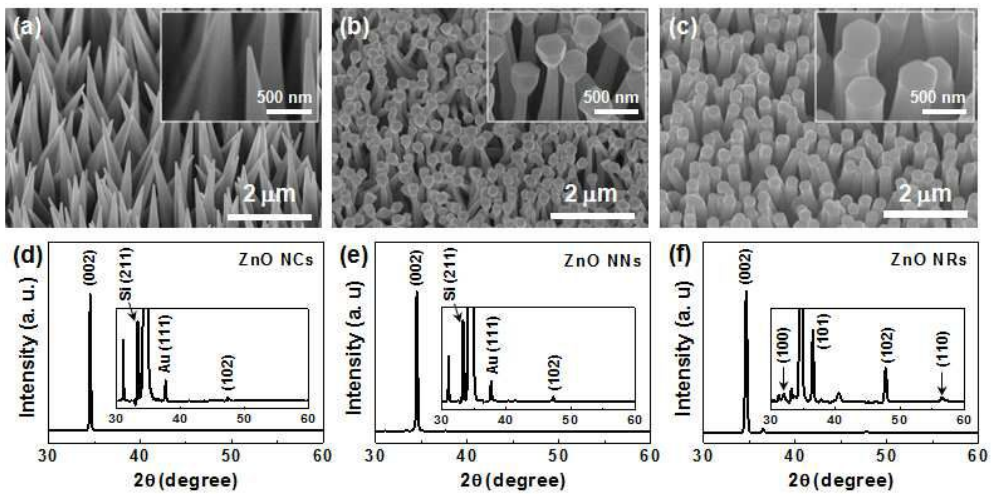
- [0051] 특히, 도 3b에서 상기 산화아연 나노 원뿔(nanocones)구조의 반사도가 크게 낮음을 알 수 있으며, 이는 표면 플라즈몬의 활성화와 함께 SERS 센서의 효과향상에 크게 영향을 미치게 된다.
- [0052] 도 3c는 도 3b의 ZnO-Ag 구조체를 이용해 SERS 센서의 효과 비교를 한 그래프이며 분석물질(benzenethiol)의 고유 peak(998, 1021, 1071, 1572 cm^{-1})을 선명하게 확인할 수 있으며 반사도에서 확인한 대로 상기 산화아연 나노 원뿔(nanocones), 산화아연 나노 막대(nanorods), 산화아연 나노 못(nanonails)순으로 SERS 효과가 큼을 알 수 있다.
- [0053] 여기서 상기 산화아연 나노 원뿔(nanocones)이 SERS 효과가 큰 이유는 테이퍼드 형태(tapered structure)의 구조 때문인데, 이 구조는 앞서 확인한 낮은 반사도 뿐만 아니라, 끝 부분에 전기장(electric field)을 집중시키는 tapered plasmonic waveguide 라는 특수한 성질 때문이다.
- [0054] 도 3d-f는 Raman mapping으로 분석한 형태에 따른 SERS 효과를 분석한 도면인데, 상기 산화아연 나노 원뿔(nanocones)구조가 다른 구조보다 더 많은 밝은 노란 영역을 나타내며 이는 더 높은 SERS 효과를 나타낸다.
- [0055] 도 4는 은 박막이 증착된 산화아연 원뿔형 구조 위에 금 나노입자 (Au NP)를 입혀 (ZnO-Ag-Au nanocone arrays) 입자-박막 플라즈몬 체계(particle-on-film plasmonic system)를 만들어 SERS 효과의 증대를 나타낸 도면이다.
- [0056] 도 4a는 이 구조의 SERS 효과 증가의 메커니즘을 나타내는 도면이다.
- [0057] 여기서 금 나노입자는 나노안테나(nanoantennae) 역할을 하여 빛을 표면 플라즈몬 폴라리톤(surface plasmon polariton, SPP)형태로 아래의 은 박막에 집중될 수 있게 해 준다.
- [0058] 은 박막은 나노 원뿔(nanocones) 구조위에 증착되어 금 나노입자에 의해 집중된 SPP가 나노 원뿔(nanocones)의 끝부분에 집중되게 해 국한된 표면 플라즈몬 (localized surface plasmon)을 형성하여 끝부분에 큰 전기장(electric field)을 형성하는 tapered waveguide 효과를 나타나게 한다.
- [0059] 또한 은 박막을 따라 끝부분으로 전파되는 SPP는 금 입자의 국한된 표면 플라즈몬과 공명하여 더 큰 전기장을 형성하게 한다.
- [0060] 도 4b-d는 상기 산화아연 나노 원뿔(nanocones), 은 박막이 증착된 산화아연 나노 원뿔(nanocones), 은 박막이 증착되고 금 나노입자가 코팅된 산화아연 나노 원뿔(nanocones)의 SEM 이미지이다.
- [0061] 도 4e는 은 박막이 증착되고 금 나노입자가 코팅된 나노원뿔(nanocone)의 반사도 그래프이며, 도 4f는 금 나노입자의 코팅 유무에 따라 분석물질 (benzenethiol)의 SERS 효과를 보여주는 그래프이며 금 나노입자가 코팅되었을 때 약 2배의 효과를 나타내는 것을 보여준다.
- [0062] 도 4g-h는 금 나노입자의 코팅 유무에 따라 분석물질의 Raman mapping 이미지이며 금나노입자가 코팅되었을 때 더 넓은 밝은 노란색의 영역을 나타내며 이는 SERS 효과 향상을 나타낸다.
- [0063] 도 5는 여러 분석물질 (benzenethiol, rhodamine 6G, adenine)의 최소 검출 (minimum detection) 그래프 도면이다.
- [0064] 도 5a는 세가지 분석물질의 높은농도 일때 특유의 peak 들을 보여주는 그래프이다. 도 5b-d는 아주 낮은 농도의 세가지 분석물질에 대한 감지 결과이며 완성된 3차원 표면 증감 라만 산란센서(ZnO-Ag-Au nanocone arrays)로 benzenethiol은 100 μM , Rhodamine 6G는 10 μM , adenine은 10 μM 까지 감지할 수 있다.
- [0065] 종래 최소 검출 수준은 benzenethiol 이 1 μM , rhodamine 6G가 10 μM , adenine 이 1 μM 이며, Au/Ag/ZnO NC를 기반으로한 SERS 센서는 아주 우수한 분석물질 감지 능력을 가진다.
- [0066] 이는 현재까지 보고된 SERS 센서와 달리 nanocones, tapered waveguide, particle-film gap plasmons의 세가지 효과를 체계적으로 결합하여 아주 우수한 광조정 (light management) 성능을 가지는 3차원 구조의 SERS 센서를 본 발명에 따른 표면증감 라만 산란센서 제조방법을 통해 제조할 수 있음을 의미한다.
- [0067] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 하기에 기재될 청구 범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면

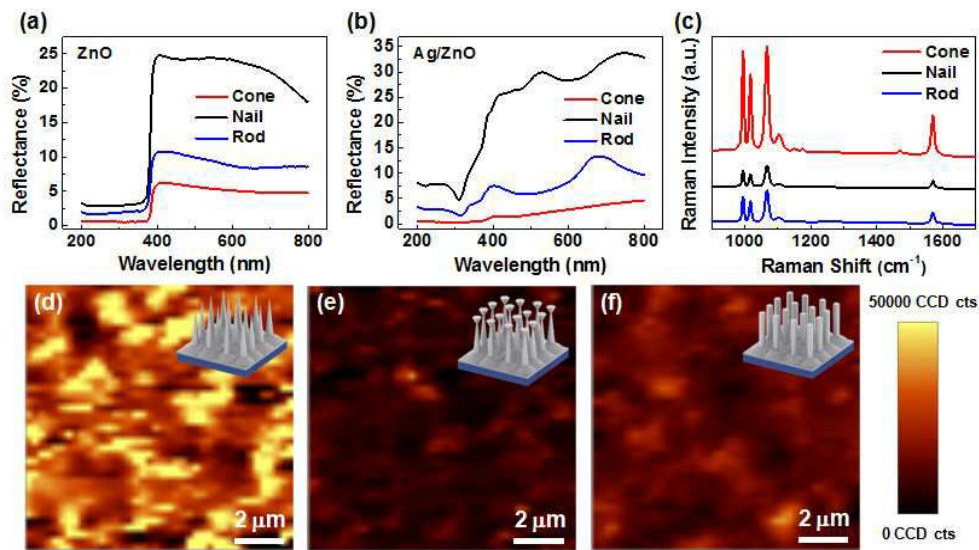
도면1



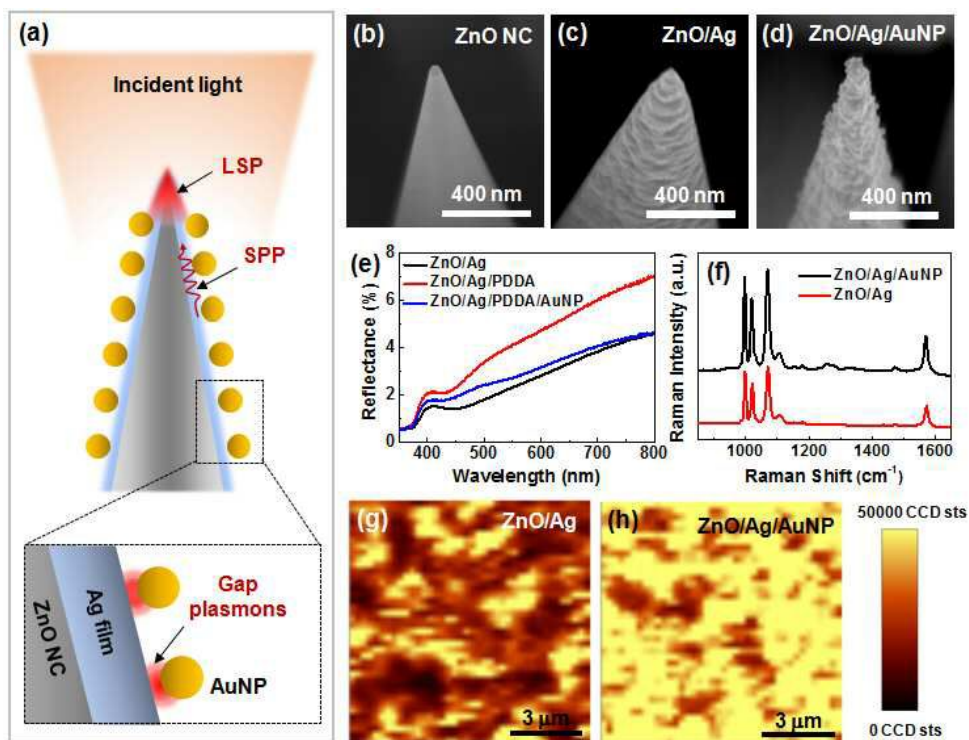
도면2



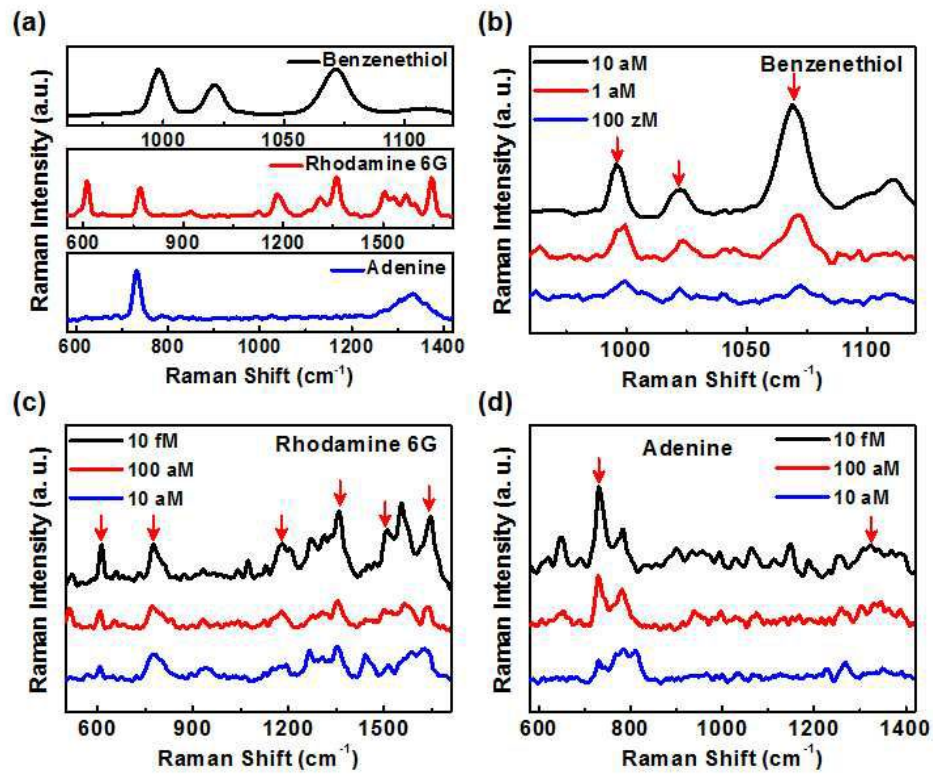
도면3



도면4



도면5



도면6

