(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0102914
(43) 공개일자 2019년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/65 (2006.01) *G02B 5/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/658 (2013.01)
G02B 5/008 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0024005
(22) 출원일자 2018년02월27일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
강태욱
서울특별시 마포구 창전로 45, 103동 1502호
김연지
서울특별시 강남구 선릉로 221, 404동 201호
(74) 대리인
최우성

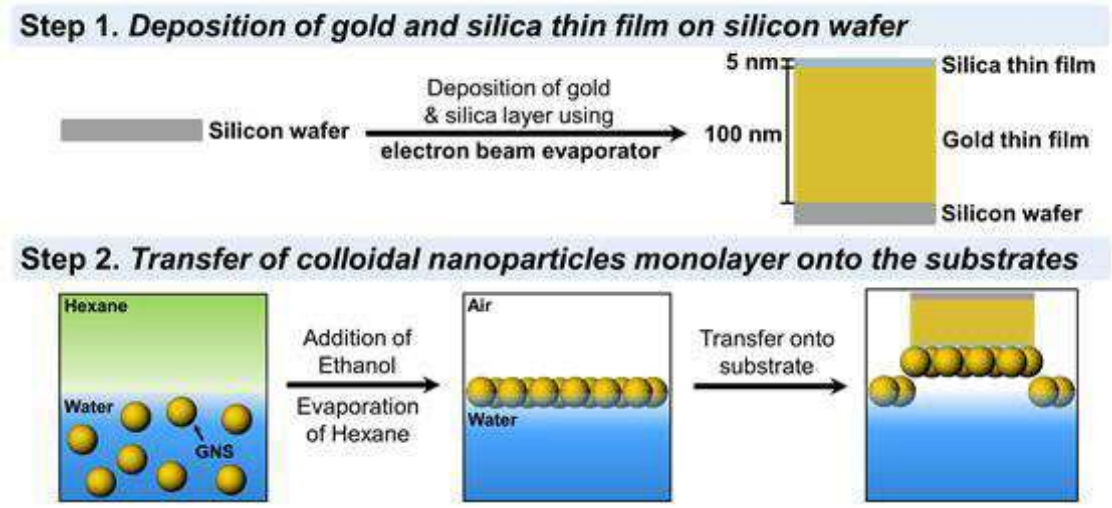
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **금속 필름 위에 나노 입자를 고밀도로 조립시켜 대면적으로 나노갭이 존재하는 플라즈모닉 기판을 제조하는 방법 및 이에 따라 얻어진 플라즈모닉 기판**

(57) 요 약

웨이퍼 상에 금속 나노 필름을 형성하고, 상기 금속 나노 필름 상에 절연 물질 스페이서를 형성하여 기판을 제조한 후, 물-공기 계면에 단일층의 금속 나노 입자를 자기 조립 시키고, 상기 기판에 자기 조립된 금속 나노 입자층을 전이시켜 고밀도 및 대면적 나노갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판을 용이하게 제조할 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711053974
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(미래부)
연구과제명 프로그래밍 기법을 이용한 자기조립체 기반 차세대 플라스모닉 복합 나노구조체 개발 및 응용
기 여 율 50/100
주관기관 서강대학교
연구기간 2017.06.01 ~ 2018.03.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345275622
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 바이오융합기술연구소
기 여 율 50/100
주관기관 서강대학교
연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

웨이퍼 상에 금속 나노 필름을 형성하고, 상기 금속 나노 필름상에 절연 물질 스페이서를 형성하여 기판을 제조하는 제 1 단계; 및

물-공기 계면에 단일층의 금속 나노 입자를 자기 조립시키고, 상기 제 1 단계에서 얻어진 기판에 자기 조립된 금속 나노 입자 층을 전이시키는 제 2 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 및 대면적 나노갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 웨이퍼는 실리콘 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 방법,

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노 필름의 금속은 플라즈모닉 성질을 나타내는 금속인 것을 특징으로 하는 방법,

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 금속 나노 필름 두께는 100-200nm인 것을 특징으로 하는 방법,

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노 입자는 플라즈모닉 성질을 나타내는 금속인것을 특징으로 하는 방법,

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 나노 입자는 10-200 nm의 크기인 것을 특징으로 하는 방법,

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노 입자와 금속 나노 입자 사이에 나노 갭이 형성되고, 상기 금속 나노 입자와 금속 나노 필름 사이에 나노 갭이 형성되는 것을 특징으로 하는 방법,

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 스페이서는 실리카 또는 고분자 코팅층 또는 리피드 층인 것을 특징으로 하는 방법,

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항의 방법에 의하여 제조된 고밀도 및 대면적 나노 갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판으로서,

웨이퍼;

상기 웨이퍼 상의 금속 나노 필름;

상기 금속 나노 필름 상의 절연 물질 스페이서; 및

상기 스페이서 상에 전이된 자기 조립된 금속 나노 입자 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 및 대면적 나노갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 명세서는 표면 강화 라만 분광법 (Surface Enhanced Raman Scattering 또는 Surface Enhanced Raman Spectroscopy, 이하, 'SERS'라 함) 에 사용되는, 금속 필름 위에 나노 입자를 고밀도로 조립시켜 대면적으로 나노갭이 존재하는 플라즈모닉 기판을 제조하는 방법 및 이에 따라 얻어진 플라즈모닉 기판에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 분자 검출을 위한 대표적인 방법으로서, 표면 증강 라만 분광학(SurfaceEnhanced Raman Spectroscopy, SERS)이 있다.

[0004] 표면 증강 라만 분광학은 분자의 라만 산란 (Raman scattering)을 이용하는 것이다. 분자의 라만 산란은 분자가 크게 증폭 된 전자기장 또는 핫 스팟 (hot spot)을 갖는 국부적인 영역 내에 있을 때 크게 강화된다. 핫 스팟은 나노입자를 포함한 나노 구조체들 사이의 거리가 5nm 이하의 나노갭 (nanogap)을 형성할 때 존재하게 된다.

[0005] 나노갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판을 제조하는 기술에는 다음의 방법들이 있다.

[0006] 우선 가장 많이 사용되는 기술로는 집속 이온 빔 리소그래피 (focused ion-beam lithography)와 전자 이온 빔 리소그래피 (electron-beam lithography) 등을 포함한 리소그래피 (lithography) 기술이 있다.

[0007] 리소그래피는 감광재료(레지스트)에 나노 영역의 미세 패턴을 형성시키고 이를 다양한 방법으로 전사하여 나노 구조체를 만들어내는 것이다. 감광재료에 패턴을 형성시키는 데는 X선 리소그래피 (X-ray lithography)나 전자 빔 리소그래피 (electron beam lithography) 가 주로 사용된다.

[0008] 이러한 리소그래피 기법은 나노미터 크기의 복잡한 구조체도 균일하게 만들 수 있어 재현성이 높다는 장점이 있다. 하지만 리소그래피는 나노 구조체를 대면적으로 고밀도로 만들 수 없고, 나노갭의 거리를 10 nm 이하로 줄이기 쉽지 않다는 단점이 있다. 또한 특별한 장비와 함께 고도의 전문성을 요구한다는 단점도 있다(비특허문헌 1).

[0009] 전문적인 장비 없이 SERS 기판에 나노갭을 형성시키는 기술로서, 만들어진 나노입자를 기판 위에 자가 조립 시키는 방법이 있다. 이때 나노입자가 균일한 거리를 유지한 채로 자가 조립을 하기 위해서 나노입자의 표면을 고분자 물질 또는 DNA 등의 캡핑 물질로 치환해주게 된다. 나노 입자의 표면을 캡핑 물질로 치환해 줄 경우 나노입자끼리의 거리를 일정하게 유지 시켜준다는 장점이 있다. 그러나 표면에 존재하는 이 캡핑 물질들을 이후에 제거하기가 어렵고, 이는 SERS 스펙트럼을 방해하고 SERS 검출의 민감도에 악영향을 미친다는 단점이 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0010] (비특허문헌 0001) Jung, Kinam, et al. "Hotspot-Engineered 3D Multipetal Flower Assemblies for Surface Enhanced Raman Spectroscopy." Advanced Materials 26.34 (2014): 5924-5929.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 예시적인 구현예들에서는, 일측면에서, 리소그래피 장비 등 전문적이고 값비싼 장비를 사용하지 않고, 또한 나노입자 캡핑 물질 치환 등 부수적인 과정을 거치지 않고, 콜로이드 상태로 합성된 나노입자를 기판 위에 고밀도로 조립시킬 수 있어 제조 비용이 저렴하고 손쉬운 과정으로 고밀도의 나노갭을 대면적으로 가지는 플라즈모닉 SERS 기판 제조 방법 및 이에 따른 플라즈모닉 SERS 기판을 제공하고자 한다.

[0012] 본 발명의 예시적인 구현예들에서는, 다른 일 측면에서, 나노입자끼리에서 형성되는 나노갭과 나노입자와 나노필름 사이에서 발생하는 나노갭을 한 기판에 동시에 형성시켜 기판의 SERS 분자 검출에 있어서의 재현성을 향상시킬 수 있는 고밀도의 나노갭을 대면적으로 가지는 플라즈모닉 SERS 기판 제조 방법 및 이에 따른 플라즈모닉 SERS 기판을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 예시적인 구현예들에서는, 웨이퍼 상에 금속 나노 필름을 형성하고, 상기 금속 나노 필름상에 절연 물질 스페이서를 형성하여 기판을 제조하는 제 1 단계; 및 물-공기 계면에 단일층의 금속 나노 입자를 자기 조립시키고, 상기 제 1 단계에서 얻어진 기판에 자기 조립된 금속 나노 입자 층을 전이시키는 제 2 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고밀도 및 대면적 나노갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판 제조 방법을 제공한다.

[0014] 본 발명의 예시적인 구현예들에서는 또한, 웨이퍼; 상기 웨이퍼 상의 금속 나노 필름; 상기 금속 나노 필름상의 절연 물질 스페이서; 및 상기 스페이서 상에 전이된 자기 조립된 금속 나노 입자 층;을 포함하는 고밀도 및 대면적 나노갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판을 제공한다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 예시적인 구현예들의 방법에 의하면, 기존의 방법들처럼 리소그래피 기법이나 전기화학적 증착 방법을 필요로 하지 않아 특별한 장비나 시험자의 높은 전문성을 요구하지 않는다는 장점을 가지고 있다. 또한 금속 나노입자의 표면을 DNA 또는 고분자 물질로 치환해 주지 않아도 되어 부수적인 과정을 필요로 하지 않는다는 손쉽고 제조가 용이하다. 더욱이, 나노입자와 나노필름의 금속 종류를 다양하게 바꿈으로서 여러 종류의 플라즈모닉 SERS 기판을 용이하게 만들어 낼 수 있다. 또한, 기판 상에 나노 입자를 균일하게 고밀도로 형성할 수 있으면서도 재현성이 높다.

[0016] 또한, 본 발명의 예시적인 구현예들의 플라즈모닉 SERS 기판은 나노입자끼리의 나노갭 뿐만 아니라 나노입자와 나노필름 사이에서의 나노갭 역시 존재하기 때문에 기존의 나노 입자 간 나노 갭을 가지는 SERS 기판과 대비하여 보다 높은 SERS 신호 증폭 효과를 나타낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 예시적인 구현예에 있어서, 고밀도의 나노갭을 형성하는 SERS 기판을 만드는 방법을 두 가지 단계로 나누어 설명하고 있는 개략도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에서 물-공기 계면에 단일층으로 금 나노입자를 자기조립 시킨 것을 보여주는 실제 사진이다.

도 3은 본 발명의 실시예에서 최종적으로 만들어진 기판의 주사 전자 현미경 (Scanning electron microscope,

이하 SEM) 사진이다.

도 4는 본 발명의 실시예에서 최종적으로 만들어진 기판을 표면 증강 라만 분광법 (Surface Enhanced Raman Spectroscopy, 이하 SERS) 을 이용하여 분자 검출을 한 결과이다.

도 5는 본 발명의 실시예 및 비교예들에서 분자 검출에서의 SERS 신호의 세기를 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 본 발명의 예시적인 구현예들을 상세히 설명한다.

[0020] 본 발명의 예시적인 구현예들에서는, 나노입자-나노필름 나노갭과 나노입자-나노입자 나노갭의 두 가지 종류의 나노갭을 기존의 방법들보다 손쉽고 빠르게 고밀도로 SERS 기판 위에 형성할 수 있다.

[0021] 구체적으로, 본 발명의 예시적인 구현예들에서는, 웨이퍼 상에 금속 나노 필름을 형성하고, 상기 금속 나노 필름 상에 절연 물질 스페이서를 형성하여 기판을 제조하는 제 1 단계; 및 물-공기 계면에 단일 층의 금속 나노 입자를 자기 조립 시키고, 상기 제 1 단계에서 얻어진 기판에 자기 조립된 금속 나노 입자 층을 전이시키는 제 2 단계;를 포함하는 것을 고밀도 및 대면적 나노갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판 제조 방법을 제공한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 예시적인 구현예에 있어서, 고밀도의 나노갭을 형성하는 SERS 기판을 만드는 방법을 두 가지 단계로 나누어 설명하고 있는 개략도이다.

[0023] 첫 번째 단계는 진공 전자빔 증착기 (electron beam evaporator)를 이용하여 웨이퍼 예컨대 실리콘 웨이퍼 위에 금속 필름과 스페이서인 절연 물질을 순차적으로 형성하는 단계이다. 여기서, 스페이서는 금속 나노필름과 금속 나노입자 사이에서 나노갭을 형성해 주는 역할을 한다.

[0024] 두 번째 단계는, 나노입자를 증착기로 만들어준 기판 위에 조립 시키는 단계이다.

[0025] 나노입자 캡핑 물질 치환 등 부수적인 과정 없이 물 속에 분산되어 콜로이드 상태로 존재하는 나노 입자를 유기용매를 사용하여 입자 간 상호작용을 조절함으로써 물과 공기 간 계면에 단일층(monolayer)으로 자기조립(self-assembly)시킬 수 있다. 이때 계면상의 나노입자는 단일층으로 빼곡하게 배열되게 된다.

[0026] 이 계면에서의 나노입자를 미리 만든 상기 기판에 전이 (transfer) 시켜준다. 즉, 금속과 실리카 층을 증착시켜 놓은 기판을 물-공기 계면에 형성된 단일층 나노입자 위에 도장으로 찍듯 찍어내면 기판 위에 나노입자 단일층이 전이 (transfer) 된 플라즈모닉 SERS 기판을 제조할 수 있다.

[0027] 예시적인 일 구현예에서, 상기 금속 나노 필름의 금속은 플라즈니모닉 성질을 가지는 플라즈모닉 금속으로서, 예컨대 금, 은, 구리, 백금 중 하나 이상의 금속일 수 있다. 이와 같은 성질을 띄는 금속 필름과 플라즈모닉 성질을 띄는 금속입자가 동시에 존재 할 경우 이른바 플라즈모닉 미러(plamonic mirror) 효과를 가질 수 있다

[0028] 예시적인 일 구현예에서, 상기 금속 나노 필름은 예컨대 100-200nm의 두께일 수 있다.

[0029] 예시적인 일 구현예에서, 상기 금속 나노 입자의 금속 역시 플라즈모닉 성질을 가지는 플라즈모닉 금속으로서, 예컨대 금, 은, 구리, 백금 중 하나 이상일 수 있다. 나노 입자의 금속과 필름의 금속은 동일할 필요는 없으며 금 나노입자 및 은 나노필름 등과 같이 다양한 조합의 금속으로 사용될 수 있다.

[0030] 예시적인 일 구현예에서, 상기 나노 입자는 예컨대 10-200 nm의 크기일 수 있다.

[0031] 예시적인 일 구현예에서, 상기 스페이서는 실리카를 예컨대 5 nm 이하 두께로 증착시키거나, PDMS 또는 PDDA 등을 포함하는 고분자 물질을 스핀 코팅 (spin coating) 시킨 것이거나, 또는 DSPC 또는 DOPC 등을 포함하는 리피드 (lipid) 물질을 나노 두께로 배열한 리피드 층일 수 있다. 이러한 스페이서 (spacer) 물질들은 나노 갭을 형성하는 역할을 하는 것으로서 전자가 통하지 않는 절연 물질이라는 공통점을 갖는다.

[0032] 이상과 같이 금속 나노 필름과 실리카와 같은 스페이서가 순차적으로 증착 된 기판 위에 금속 나노입자를 전이시키는 방법은 별다른 복잡한 기술을 필요로 하지 않고 기판을 찍어내는 방식이기 때문에 누구든 손쉽게 금속 나노입자를 기판 위에 전이시킬 수 있다. 이 기판에서는 물-기름 계면 위에 형성된 금속 나노 입자가 기판 위로 그대로 전이된 것이기 때문에 기판 위에서도 금속 나노 입자가 균일하게 고밀도로 존재하게 된다. 따라서 이 기판을 SERS 기판으로 쓸 경우, 기판의 재현성이 크게 향상 될 수 있다.

[0033] 한편, 본 발명의 예시적인 구현예들에서는 또한, 웨이퍼; 상기 웨이퍼 상의 금속 나노 필름; 상기 금속 나노 필름 상의 절연 물질 스페이서; 및 상기 스페이서 상에 전이된 자기 조립된 금속 나노 입자 층;을 포함하는 고밀

도 및 대면적 나노갭을 가지는 플라즈모닉 SERS 기판을 제공한다.

[0034] 예시적인 일 구현예에서, 상기 스페이서 물질은 추후 제거되어 사용될 수 있다. 스페이서를 제거하는 방법으로서 예컨대 에칭을 시키는 방법이 있다. 즉, 예를 들면 NaOH 용액등을 사용한 화학적 에칭과, 플라즈마 에칭등을 사용하는 물리적 에칭 등을 이용하여 스페이서를 제거할 수 있다

[0035] 예시적인 일 구현예에서, 상기 나노 입자 층의 면적은 수십 cm의 대면적 스케일로서, 예컨대 30cm 이하일 수 있다. 예시적인 일 구현예에서, 상기 나노 입자 끼리의 나노 갭의 사이즈는 예컨대 5nm 이하, 예컨대 5nm이다. 또한, 나노 입자와 나노 필름간의 나노 갭은 스페이서의 두께로서 다양하게 조절할 수 있으나 나노 갭을 형성하여야 하므로 나노 입자 사이의 나노 갭의 사이즈 예컨대 전술한 5nm 이하로 설정하도록 한다.

[0036] 본 발명의 예시적인 구현예들의 SERS 기판에서 다양한 종류의 분자의 SERS 측정을 하고 이의 신호 세기를 비교할 수 있다..

[0037] 참고로, 이 플라즈모닉 SERS 기판 구조체에서의 SERS enhancement가 일어나는 원리는 두 개의 나노 입자 사이에서 enhancement가 발생하는 원리와 유사하다. 즉, 나노 입자에서의 플라즈몬은 국한된 표면 플라즈몬 (localized surfaceplasmon, 이하 LSP)이라고 하고, 필름에서의 플라즈몬은 전파 표면 플라즈몬 (propagative surfaceplasmon, 이하 PSP) 이라고 하는데, 적절한 파장의 빛을 쏴 줄 경우, 필름에서의 PSP는 나노 입자의 LSP와 결합하여 SERS 신호 증폭을 가져 올 수 있다.

[0038] 몇 개의 특정 파장에 대해서는, 들어오는 전자기파가 주변의 매우 작은 갭에서 강화되게 된다. 이 매우 작은 부피의 영역은 흔히 알고 있는 핫스팟을 형성하게 되고 핫스팟 내에 있는 분자가 굉장히 민감하게 검출될 수 있다.

[0039] 본 발명의 예시적인 구현예들에 따른 고밀도의 나노갭이 존재하는 SERS 기판은 큰 SERS 신호 증폭 효과를 낼 수 있기 때문에 다양한 분자들 검출뿐만 아니라 항원-항체 반응을 이용한 항원 검출, DNA 검출 등에 다양하게 적용될 수 있다.

[0041] 이하, 본 발명의 예시적인 구현예들에 따른 구체적인 실시예를 비교예와 대비하여 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니며 첨부된 특허청구범위 내에서 다양한 형태의 실시예들이 구현될 수 있고, 단지 하기 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 함과 동시에 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 실시를 용이하게 하고자 하는 것임이 이해될 것이다.

[0043] **[실시예]**

[0044] **제조 과정**

[0045] 도 2는 본 발명의 실시예에서 물-공기 계면에 단일층으로 금 나노입자를 자기조립 시킨 것을 보여주는 실제 사진이다.

[0046] 나노입자 용액에 헥세인 (hexane)을 넣어주어 물과 기름 계면을 형성시켜 준 상태로 에탄올을 넣어 줄 경우 물에 존재하던 나노입자들이 물과 기름 계면으로 자기조립된다. 이때, 헥세인은 휘발성이 강하기 때문에 헥세인을 모두 휘발시켜 주면 물과 공기 계면에 금 나노입자가 단일층으로 존재하게 되는 것이다.

[0047] 사진상 유리 그릇에 담긴 투명한 용액이 물 부분이고 물에 떠있는 어두운 부분이 자기조립 된 금 나노입자를 나타내주고 있다.

[0048] 도 3은 본 발명의 실시예에서 최종적으로 만들어진 기판, 즉 금 나노필름과 실리카가 순차적으로 증착되어 있는 실리콘 웨이퍼 위에 금 나노입자를 조립시킨 기판의 주사 전자 현미경 (Scanning electron microscope, 이하 SEM) 사진이다.

[0049] 물과 공기 계면에 단일층으로 존재하던 금 나노입자가 기판 위로 그대로 전이 되어 여전히 단일층을 형성하고 있음을 볼 수 있다.

[0051] **100 nm 금 나노필름과 5 nm 실리카가 증착 된 실리콘 웨이퍼 위에 금 나노입자를 조립시킨 기판에서의 SERS**

[0052] 본 실시예의 기판, 즉 100 nm 금 나노필름과 5 nm 실리카가 증착 된 실리콘 웨이퍼 위에 금 나노입자를 조립시킨 기판에서 SERS 측정을 진행하였다. 이 기판에는 나노입자 사이에서의 나노갭 뿐 아니라, 나노입자와 나노필름 사이의 나노갭 또한 존재하기 때문에 고밀도의 나노갭이 대면적으로 존재하고 있다. 따라서 비교예에서의 2 가지 기판에 비교하여 가장 큰 SERS 세기를 가진다.

[0053] 도 4는 본 실시예에서 최종적으로 만들어진 기판을 표면 증강 라만 분광법 (Surface Enhanced Raman Spectroscopy, 이하 SERS) 을 이용하여 분자 검출을 한 결과이다.

[0054] 최종적인 기판의 SERS에서의 분자 검출 능력을 검증하기 위하여 비교예들의 2 가지의 다른 종류의 기판을 제작하여 SERS 세기를 비교하였다. 아래의 비교예에 2가지의 비교 대상 기판을 설명하였다.

[0056] **[비교예]**

[0057] **실리콘 웨이퍼 위에 금 나노입자를 조립시킨 기판에서의 SERS**

[0058] 금 나노필름과 실리카가 증착되어 있지 않는 실리콘 웨이퍼 위에 금 나노입자를 조립시킨 기판에는 나노입자들 사이의 나노갭만 존재하게 된다. 즉 본 발명에서의 기판에서보다 나노갭의 수가 적기 때문에 나노갭에 의한 SERS 신호 증폭 효과는 적게 발생한다.

[0060] **100 nm 두께의 금 나노필름이 증착 된 실리콘 웨이퍼 위에 금 나노입자를 조립시킨 기판에서의 SERS**

[0061] 100 nm 두께의 금 나노필름만 증착 되어 있는 실리콘 웨이퍼 위에 금 나노입자를 조립 시킨 기판에는 실리카가 존재하지 않기 때문에 나노필름과 나노입자 사이의 나노갭이 제대로 형성되어 있지 않다. 따라서 본 발명에서의 기판보다는 약한 SERS 세기를 갖는다.

[0063] **[검출 특성 분석]**

[0064] **SERS를 통해 수용액 속 로다민 6G (Rhodamine 6G, 이하 R6G)를 검출하는 단계**

[0065] 각각의 만들어진 3 종류의 기판에 다양한 농도의 R6G를 3 μl 떨어 뜨린 후 785nm 파장 레이저를 3초간 조사시켜 SERS 신호를 측정하였다. R6G는 SERS 측정에 있어 흔하게 사용되는 물질 중 하나이다.

[0066] **R6G의 특징적인 SERS 피크 (peak)를 이용한 SERS 세기 비교**

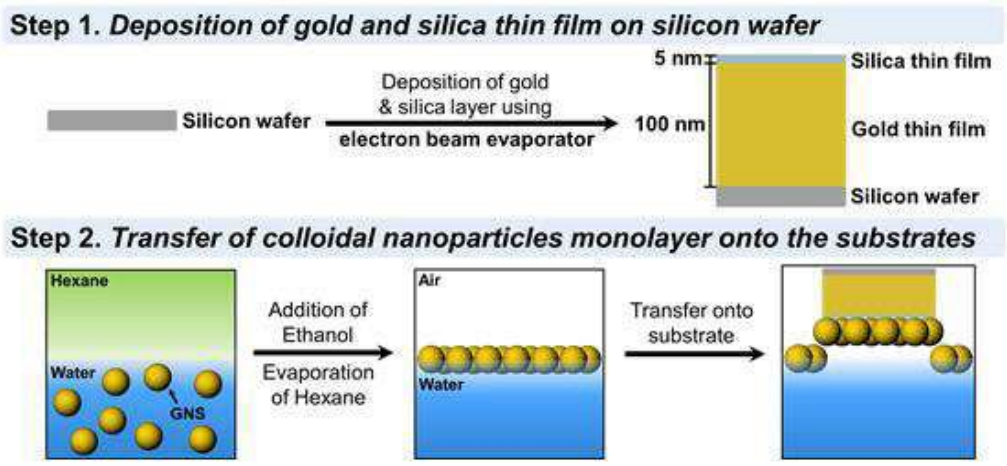
[0067] R6G의 특징적인 SERS 피크 (peak)은 774, 1312, 1363, 1512 cm^{-1} 로 알려져 있다. 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6} M 의 4 가지 다른 R6G 농도를 각 기판에서 SERS 측정을 하였을 때 위에서 나열한 4개의 특징적인 피크의 세기를 정량적으로 비교하였다.

[0068] 도 5는 본 발명 실시예 및 비교예들에 따른 3가지 종류의 기판에서의 R6G 검출 시 SERS 신호의 세기를 비교한 그래프이다.

[0069] 도 5의 그래프에서 볼 수 있듯이, 본 발명 실시예 기판에서 R6G를 검출할 경우의 SERS의 세기는, 단순히 실리콘 웨이퍼 위에 금 나노입자를 조립시킨 기판에서의 SERS 신호에 비해 약 6 배 정도 큼을 확인 할 수 있다.

도면

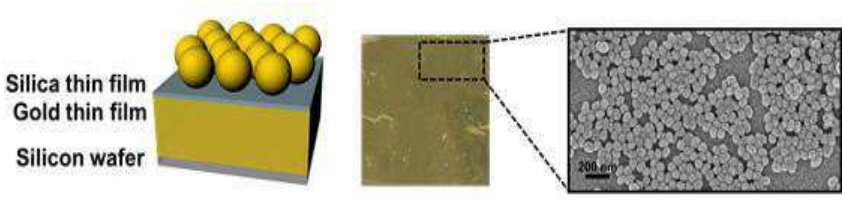
도면1



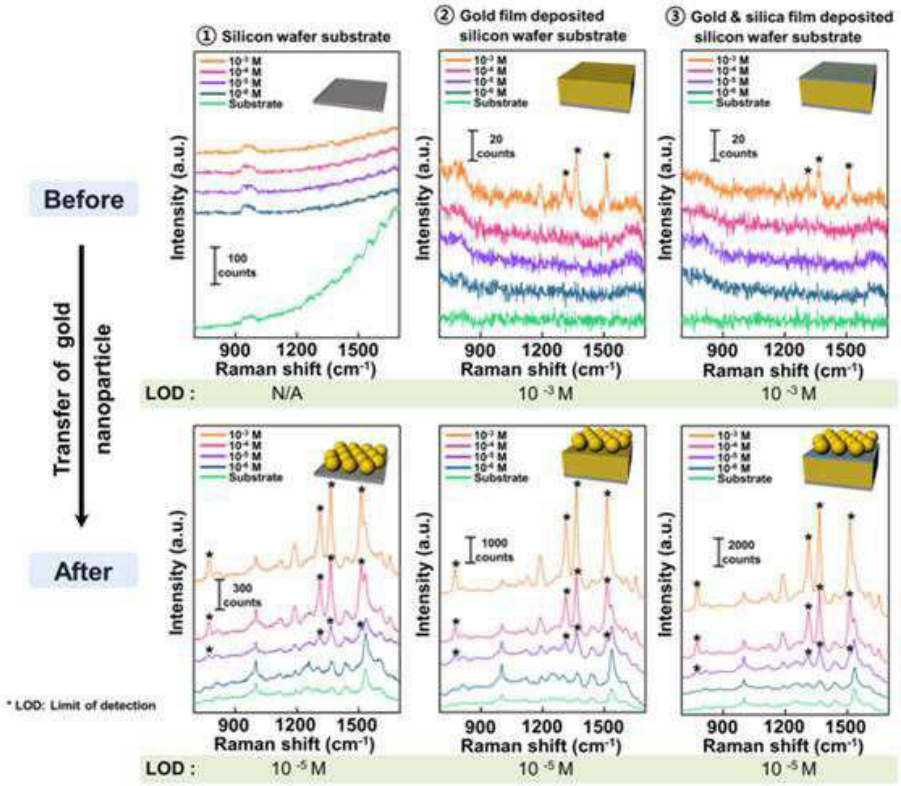
도면2



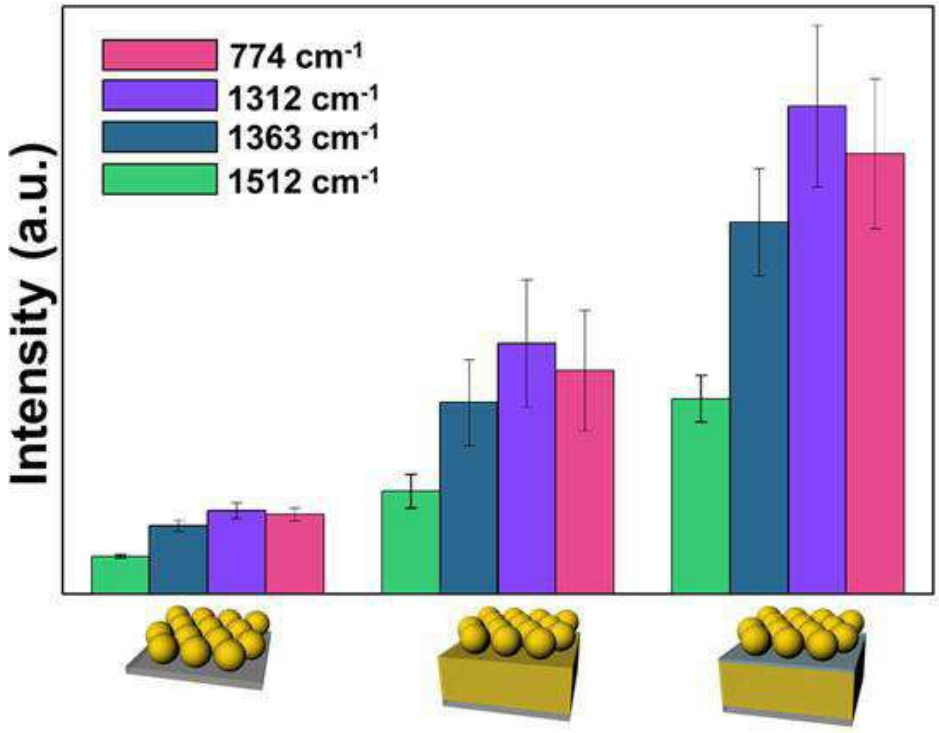
도면3



도면4


① Silicon wafer substrate
② Gold film deposited silicon wafer substrate
③ Gold & silica film deposited silicon wafer substrate
Before
Transfer of gold nanoparticle
After
* LOD: Limit of detection
Intensity (a.u.)
Raman shift (cm-1)
LOD : N/A
LOD : 10 -3 M
LOD : 10 -5 M

도면5


774 cm-1
1312 cm-1
1363 cm-1
1512 cm-1
Intensity (a.u.)