



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월13일

(11) 등록번호 10-2202509

(24) 등록일자 2021년01월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 21/65 (2006.01) B82Y 15/00 (2017.01)

B82Y 20/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G01N 21/658 (2013.01)

B82Y 15/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0168064

(22) 출원일자 2019년12월16일

심사청구일자 2019년12월16일

(56) 선행기술조사문헌

KR101862699 B1*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

김대유

인천광역시 연수구 송도문화로84번길 84, 103동 302호(송도동, 베르디움 더퍼스트)

이동진

인천광역시 계양구 황어로115번길 12, 12동 303호(오류동, 신동아아파트)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 6 항

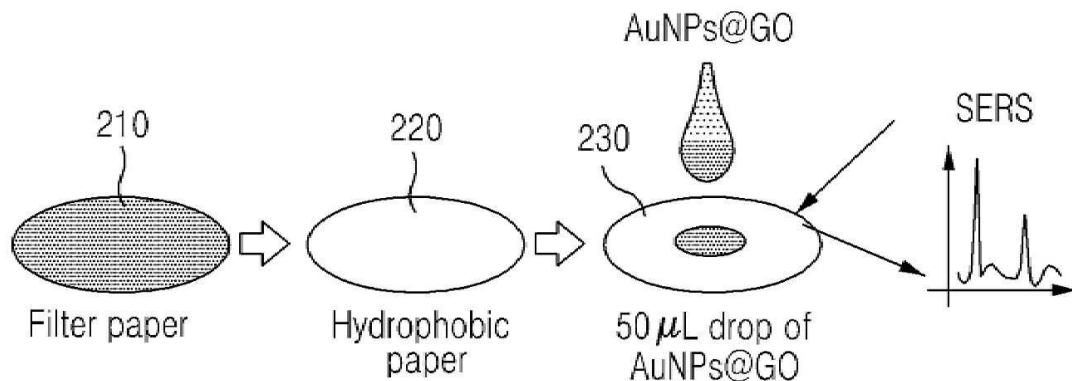
심사관 : 박준영

(54) 발명의 명칭 소수성 페이퍼 기반 기반의 표면증강 라만산란 센서 및 그 제작 방법

(57) 요약

소수성 페이퍼 기반 기반의 표면증강 라만산란 센서 및 그 제작 방법이 제시된다. 본 발명에서 제안하는 소수성 페이퍼 기반 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법은 필터 페이퍼 상에 희석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 소수성 페이퍼 기반(h-paper)을 생성하는 단계, 소수성 페이퍼 기반 상에 도포하기 위한 AuNPs@GO 용액을 생성하는 단계, 소수성 페이퍼 기반 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 생성하는 단계 및 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 R6G(rhodamine 6G) 분자를 부착하여 라만산란을 측정하고 분석하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B82Y 20/00 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020160142468 A*

KR1020180059739 A*

KR1020170036896 A

KR1020110027366 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345295628
과제번호 2018R1A6A1A03025523
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중점연구소
연구과제명 의과학연구소
기 여 율 25/100
과제수행기관명 인하대학교
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711057214
과제번호 60492-26
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 현장맞춤형 이공계 인재양성 지원사업
연구과제명 현장맞춤형 이공계 인재양성 지원사업(실전문제연구팀-26)
기 여 율 25/100
과제수행기관명 인하대학교
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711091664
과제번호 2019R1A2C1006814
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 중견연구
연구과제명 고해상도 망막 광수용체 세포 영상을 통한 황반변성 진단용 적응광학 레이저검안경

시스템 개발

기 여 율 25/100
과제수행기관명 인하대학교
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711097292
과제번호 2019M3E5D1A02069623
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 혁신형의사과학자공동연구사업
연구과제명 소화기암 타겟 치료자극 전달형 의료기기 및 치료자극 반응형 약물방출기능을 가진

내시경 기반 융합치료시스템 개발

기 여 율 25/100
과제수행기관명 인하대학교의과대학부속병원
연구기간 2019.07.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

필터 페이퍼 상에 회석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 소수성 페이퍼 기관(h-paper)을 생성하는 단계;

소수성 페이퍼 기관 상에 도포하기 위한 AuNPs@GO 용액을 생성하는 단계;

소수성 페이퍼 기관 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관을 생성하는 단계; 및

소수성 페이퍼 기반 SERS 기관에 R6G(rhodamine 6G) 분자를 부착하여 라만산란을 측정하고 분석하는 단계를 포함하고,

소수성 페이퍼 기관 상에 도포하기 위한 AuNPs@GO 용액을 생성하는 단계는,

자외선 조사에 의한 광환원 반응을 통해 그래핀 산화물 표면에 AuNP를 기능화하고, 그래핀 산화물 용액을 HAuCl_4 용액에 분산시킨 후, UV 램프를 사용하여 혼합물을 조사하는

소수성 페이퍼 기관 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

필터 페이퍼 상에 회석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 소수성 페이퍼 기관(h-paper)을 생성하는 단계는,

주제와 경화제가 10:1 중량비로 섞인 PDMS 용액을 헵탄으로 희석한 후 초음파를 가하여 기포를 제거하여 생성하고, 필터 페이퍼 상에 회석된 PDMS 용액을 스핀코팅하는

소수성 페이퍼 기관 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

원심분리 공정을 통해 합성되지 않은 Au 이온을 제거하는

소수성 페이퍼 기관 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

소수성 페이퍼 기관 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관을 생성하는 단계는,

소수성 페이퍼 기관 상에 AuNPs@GO 용액을 떨어뜨린 후 건조시키는 과정을 통해 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관을 생성하는

소수성 페이퍼 기관 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

소수성 페이퍼 기반 SERS 기관에 R6G(rhodamine 6G) 분자를 부착하여 라만산란을 측정하고 분석하는 단계는,

특정 농도의 R6G 용액에 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관을 담그고 건조시킨 후 라만산란을 측정하는

소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법.

청구항 7

필터 페이퍼 상에 희석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 생성되는 소수성 페이퍼 기판(h-paper); 및

소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 생성되는 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판

을 포함하고,

R6G 용액 안에 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 담근 후 라만산란 신호를 측정하고 분석하고,

소수성 페이퍼 기판 상에 도포하기 위한 AuNPs@GO 용액은,

자외선 조사에 의한 광환원 반응을 통해 그래핀 산화물 표면에 AuNP를 기능화하고, 그래핀 산화물 용액을 HAuCl₄ 용액에 분산시킨 후, UV 램프를 사용하여 혼합물을 조사함으로써 생성하는

소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 센서 및 그 제작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 라만산란(Raman scattering)은 분석물질에 일정한 파장의 빛을 조사한 경우, 분자 고유의 진동에너지 모드에 의해 입사에너지와 다른 파장의 빛이 산란되어 나오는 현상을 일컫는다. 라만산란은 분자의 화학구조에 따라 지문과 같은 특징적인 파장으로 출현하게 되어 물질의 화학적 성분을 밝혀 낼 수 있는 유용한 도구이다. 표면 증강 라만산란(SERS)은 라만분석이 갖고 있는 낮은 감지한계 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 기술로서, 미량의 분자를 분석할 수 있는 도구로 다양한 분석분야에서 이용되고 있다. SERS의 신호증강 메커니즘은 일반적으로 전자기적 증강(electromagnetic enhancement) 효과와 화학적 증강(chemical enhancement) 효과를 통하여 이해할 수 있다. 전자기적 증강 효과는 금속 나노구조 표면에서 발생하는 국소 표면 플라즈몬 공명(Localized Surface Plasmon Resonances; LSPR)에 의해 금속 나노구조 주위에 강한 전자기장이 형성되어 라만산란 신호가 증강된다는 메커니즘이다. 이론적 계산에 따르면, LSPR에 의한 최대 증강 계수(Enhancement Factor; EF)는 약 10^{11} 에 이른다고 알려져 있다. 화학적 증강 효과는 금속 나노구조와 금속 나노구조에 흡착된 분자 사이의 에너지 레벨 차이로 인한 전하 이동에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다.

[0003] 최근, 유연 기판 기반의 SERS 센서는 분석물질이 존재하는 물체에 부착하거나 문지르는(swabbing) 과정을 통해 분석물질을 현장에서 바로 추출할 수 있어 현장진단 응용을 위한 대안으로 가능성을 인정받고 있다. 다양한 종류의 유연한 SERS 기판 중에서, 페이퍼 기판은 편재성, 제작 용이성, 유연성 및 비용 효율성으로 인해 많은 주목을 받고 있다. 하지만, 페이퍼 기판에 내재하는 다공성, 흡습성 및 친수성 표면 특성은 SERS 센서의 민감성과 재현성을 감소시킬 수 있어 페이퍼 기판 기반 SERS 센서 활용에 제약이 되고 있다. 따라서 페이퍼 기판을 적절히 표면개질하여 SERS 센서의 성능을 향상시키는 연구가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 페이퍼 기판의 표면특성을 소수성으로 개선하는 단순하고 신속하며 편리하고 경제적인 방법을 제공하며, 이를 통해 페이퍼 기판 기반 SERS 센서의 민감성과 재현성을 향상시키는 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법은 필터 페이퍼 상에 희석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 소수성 페이퍼 기판(hydrophobic paper, h-paper)을 생성하는

단계, 소수성 페이퍼 기판 상에 도포하기 위한 AuNPs@GO 용액을 생성하는 단계, 소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 생성하는 단계 및 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 rhodamine 6G (R6G) 분자를 부착하여 라만산란을 측정하고 분석하는 단계를 포함한다.

- [0006] 회석된 PDMS를 생성하는 단계는 주재와 경화제가 10:1 중량비로 섞인 PDMS 용액을 헵탄으로 회석한 후 초음파를 가하여 기포를 제거하여 생성한다.
- [0007] 소수성 페이퍼 기판(h-paper)을 생성하는 단계는 필터 페이퍼 상에 회석된 PDMS 용액을 1000 rpm에서 1분 동안 스핀코팅하여 생성한다.
- [0008] 소수성 페이퍼 기판 상에 도포하기 위한 AuNPs@GO 용액을 생성하는 단계는 자외선 조사에 의한 광환원 반응을 통해 그래핀 산화물 표면에 AuNP를 기능화하는 방법을 사용한다. 구체적으로, 1mL의 그래핀 산화물 용액 (1mg/mL)을 5mM H₂SO₄ 용액(2M methanol: deionized water)에 분산시킨 후, 254nm 파장을 갖는 UV 램프를 사용하여 1시간 동안 혼합물에 조사한다. 그후, 원심분리 공정을 통해 합성되지 않은 Au 이온을 제거한다.
- [0009] 소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 생성하는 단계는 소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 떨어뜨린 후 건조시키는 과정을 통해 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 생성한다.
- [0010] R6G 물질에 대한 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판의 라만산란을 측정하고 분석하는 단계는 특정 농도의 R6G 용액에 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 1시간 동안 담그고 건조시킨 후 라만산란을 측정한다.
- [0011] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서는 필터 페이퍼 상에 회석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 생성되는 소수성 페이퍼 기판(h-paper) 및 소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 생성되는 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 포함한다.

발명의 효과

- [0012] 본 발명의 실시예들에 따르면 페이퍼 기판의 표면특성을 소수성으로 개선하는 단순하고 신속하며 편리하고 경제적인 방법을 제공하며, 이를 통해 페이퍼 기반 SERS 센서의 민감성과 재현성을 향상시키는 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 대한 제작 과정을 설명하기 위한 개략도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 회석된 PDMS로 코팅된 필터 페이퍼의 SEM 이미지를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판의 SEM 이미지를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 AuNPs@GO의 형태학 및 화학적 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 R6G 분자가 부착된 AuNPs@GO 기판의 SERS 신호를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 페이퍼(paper) 기반의 표면 증강 라만산란(Surface-Enhanced Raman Scattering; SERS) 센서는 편재성, 제작의 용이성, 환경 친화적인 기판 때문에 지난 10년간 많은 주목을 받았다. 페이퍼 기판의 주요 단점은 다공성, 고유의 흡습성 및 친수성 표면 특성이며 이는 SERS 센서의 민감성과 재현성을 감소시킨다. 본 발명에서는 페이퍼의 기계적, 수분 저항성 특성을 향상시키면서 페이퍼의 소수성 표면 수정에 대한 단순하고 신속하며 편리하고 경제적인 방법을 제안한다. 소수성 페이퍼(h-paper)는 회석된 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane; PDMS) 용액을 필터 페이퍼에 스핀코팅하여 얻는다. 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 완성하기 위해 광환원반응을 통해 그래핀 산화물 표면에 합성된 금 나노입자(AuNPs@GO)를 얻고, 소수성 페이퍼 기판에 AuNPs@GO 용액을 떨어뜨린 후

건조시켜 생성한다. 그런 다음, 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 로다민 6G(R6G) 분자를 라만 프로브 재료로 부착하여 SERS 신호의 향상을 평가한다. 검출 한계는 10nM이고 R^2 는 0.966이다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

- [0016] 본 발명에서는 필터 페이퍼의 소수성 표면 수정을 위한 간단하고 편리하며 시간 절약적이고 경제적인 방법을 제안하고, 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 그래핀 산화물 표면에 합성된 금 나노입자(AuNPs@GO)로 구성된 조각으로 구성된 소수성 페이퍼 기반 SERS 센서를 보여준다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0019] 제안하는 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서 제작 방법은 필터 페이퍼 상에 희석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 소수성 페이퍼 기판(h-paper)을 생성하는 단계(110), 소수성 페이퍼 기판 상에 도포하기 위한 AuNPs@GO 용액을 생성하는 단계(120), 소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 생성하는 단계(130) 및 R6G 용액 안에 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 담그고 건조시킨 후 라만산란을 측정하고 분석하는 단계(140)를 포함한다.
- [0020] 단계(110)에서, 필터 페이퍼 상에 희석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 소수성 페이퍼 기판(h-paper)을 생성한다.
- [0021] 단계(120)에서, 소수성 페이퍼 기판 상에 도포하기 위한 AuNPs@GO 용액을 생성한다. 자외선 조사에 의한 광환원 반응을 통해 그래핀 산화물 표면에 AuNP를 합성하는 방법을 사용한다. 구체적으로, 1mL의 그래핀 산화물 용액(1mg/mL)을 5mM HAuCl₄ 용액(2M methanol: deionized water)에 분산시킨 후, 254nm 파장을 갖는 UV 램프를 사용하여 1시간 동안 혼합물에 조사한다. 그후, 원심분리 공정을 통해 합성되지 않은 Au 이온을 제거한다.
- [0022] 단계(130)에서, 소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 생성한다. 소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 떨어뜨린 후 건조시켜 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 생성한다.
- [0023] 단계(140)에서, R6G 용액 안에 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 담근 후 건조시켜 라만산란 신호를 측정하고 분석한다. 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 대한 라만산란 신호의 향상을 평가하기 위해 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 대한 R6G의 SERS 스펙트럼을 측정한다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0026] 제안하는 소수성 페이퍼 기판 기반의 표면증강 라만산란 센서는 필터 페이퍼(210) 상에 희석된 PDMS 용액을 스핀 코팅하여 생성되는 소수성 페이퍼 기판(Hydrophobic paper)(220) 및 소수성 페이퍼 기판 상에 AuNPs@GO 용액을 도포하여 생성되는 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판(230)을 포함하고, R6G 용액 안에 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 담근 후 건조시켜 라만산란 신호를 측정하고 분석하는 단계를 포함한다. 도 3을 참조하여 더욱 상세히 설명한다.
- [0028] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 대한 제작 과정을 설명하기 위한 개략도이다.
- [0029] 본 발명의 실시예에 따르면, 자외선 조사에 의한 광환원 반응을 통해 GO 표면에 AuNP를 합성한다. 간략하게 5 mM HAuCl₄ 용액(2 M 메탄올 탈이온수 용액)을 준비하여 약 1 mg/mL의 GO 용액을 5 mM HAuCl₄ 용액 20 mL에 분산시킨 후 혼합물을 10분간 초음파를 가하여 분해하였다. 이후, 중심 파장이 254 nm인 UV 램프(예를 들어, 2X15W, UVITEC, Cambridge, UK)를 사용하여 400 rpm의 자성 교반 아래에서 60분간 위의 혼합물을 조사하였다. 이후 서스펜션은 10000rpm으로 20분간 원심분리 했다. 상등액은 버리고, 퇴적물은 Milli-Q 물에 다시 분산한다. 이 과정을 세 번 반복했고, 마지막으로 AuNPs@GO 용액 500 μ L를 준비한다.
- [0030] 질량별 주제 대 경화제 비율이 10:1인 PDMS를 준비한다. PDMS 용액은 헵탄으로 다른 중량분율(0, 40, 70, 100 wt%)에서 희석하였으며, 희석된 PDMS 용액은 10분 동안 초음파를 가하여 기포를 제거하였다. 소수성 페이퍼는 희석된 PDMS 용액을 필터 페이퍼에 1분 동안 1000rpm으로 스핀코팅해 제작했다. 소수성 페이퍼 기반의 SERS 기판은 소수성 페이퍼 기판에 AuNPs@GO 용액의 50 μ L를 떨어뜨린 후 건조시켜 완성했다. 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 대한 라만산란 신호의 향상을 평가하기 위해 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판에 대한 R6G의 SERS 스펙트럼을 측정했다. R6G는 소수성 페이퍼 기반 SERS 기판을 1시간 동안 1mM ~ 10nM의 농도로 수용액에 담근 후 시료를

탈이온화(DI) 물로 세척하고 N_2 로 건조시킴으로써 침전되었다.

- [0031] 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관의 형태학 및 화학적 구성은 주사 전자 현미경(SEM), 투과 전자 현미경(TEM), X-ray 광전자 분광기(XPS), UV-VIS 분광기를 이용하여 측정하였다. 라만 스펙트럼의 측정조건은 532 nm의 여기 파장, 2 mW의 레이저 전력, 10 s의 획득 시간, 5의 축적이다.
- [0032] 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관에 대한 제작 프로세스의 개략도는 도 3에 제시되어 있다. 다시 도 2를 참조하면, GO 표면에 AuNP를 합성하기 위해 자외선 조사에 의한 광환원반응을 통해 GO 표면에 AuNP를 합성한다. 도 3은 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관의 제작 과정을 보여준다. 희석 PDMS 용액에 의한 필터 페이퍼의 소수성 처리 후, AuNPs@GO 용액 50 μ L을 소수성 페이퍼에 떨어뜨렸다. 필터 페이퍼의 소수성 수정으로 인해 수용액의 흡수율이 낮아져 분석 용액의 체류시간이 길어졌다. 또한, 소수성 수정은 기계적 내구성의 향상과 흡습성의 감소를 제공한다. R6G를 라만 프로브로 사용하여 제안된 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관에 대해 SERS 신호의 향상이 조사되었다.
- [0034] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 희석된 PDMS로 코팅된 필터 페이퍼의 SEM 이미지를 나타내는 도면이다.
- [0035] 도 4는 0, 40, 70, 100 wt%의 희석 PDMS로 코팅된 필터 페이퍼의 SEM 이미지를 나타낸다. PDMS 중량분율이 증가하면서 필터 페이퍼의 섬유질 성질은 점차 사라졌다. 도 4의 삽도는 접촉 각도 측정을 위한 물방울의 광학 현미경 이미지를 보여준다. 아무것도 덮이지 않은 필터 페이퍼의 경우 물방울이 순간적으로 페이퍼에 흡수되어 접촉 각도를 측정할 수 없었다. PDMS가 40 wt%인 소수성 페이퍼의 접촉각은 약 $130.6 \pm 1.7^\circ$ 였다. PDMS 중량분율이 증가함에 따라 소수성 페이퍼의 접촉 각도가 약간 감소하였다. 70 wt%, 100 wt%의 소수성 페이퍼의 접촉 각도는 각각 약 $128.4 \pm 2.1^\circ$, $124.2 \pm 3.3^\circ$ 였다. 물의 접촉 각도가 약간 줄었지만, 여전히 소수성 표면 특성을 확인했다. PDMS가 40 wt%인 소수성 페이퍼는 적절한 소수성 특성 때문에 이후 소수성 기관으로 사용되었다.
- [0037] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관의 SEM 이미지를 나타내는 도면이다.
- [0038] 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관을 제작하기 위해, 약 50 μ L의 AuNPs@GO 용액을 소수성 페이퍼 기관에 떨어뜨려 주위 환경에서 건조시켰다. 도 5(a)와 도 5(b)는 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관의 SEM 영상을 보여준다. 형성된 AuNPs@GO 지점은 윤곽이 매끄럽고 거의 둥글었으며, 그 지점의 면적은 도 5(a)와 같이 약 4.2nm^2 이었다. 도 5(b)는 소수성 페이퍼와 AuNPs@GO/h-페이퍼 사이의 인터페이스를 보여준다. 도 5(c)는 GO와 AuNPs@GO 분산의 UV-VIS 스펙트럼을 나타낸다. AuNPs@GO 분산의 경우, 약 564 nm의 파장에서 폭넓은 피크가 관측되었는데 이는 AuNP의 LSPR 효과에 기인한 것으로 판단된다. 도 5(d)는 AuNPs@GO에 대해 기록된 Au 4f 피크의 XPS 스펙트럼을 나타낸다. Au 4f_{7/2} 피크는 82.9 eV의 결합 에너지에서 관찰되었고, Au 4f_{5/2} 피크는 86.5 eV에서 관찰되었으며, 이는 GO 표면에 대한 AuNP의 결합을 나타낸다.
- [0040] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 AuNPs@GO의 형태학 및 화학적 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0041] 도 6(a)와 도 6(b)에 표시된 TEM 영상에서 AuNP는 GO 조각의 표면에 잘 분산되었다. AuNP의 평균 지름과 표준편차는 도 6(c)와 같이 각각 약 7.3nm와 1.9nm이었다. AuNP의 입자 분포는 ImageJ 소프트웨어를 사용하여 8개의 관심영역 내에 있는 370개 입자로부터 얻었다. 도 6(d)는 AuNPs@GO의 EDS 스펙트럼을 나타낸다. Au 특성 피크도 관찰되었다.
- [0043] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 R6G 분자가 포함된 AuNPs@GO 기관의 SERS 신호를 설명하기 위한 도면이다.
- [0044] 도 7은 $10^{-3} \sim 10^{-8}$ M 범위의 R6G 분자가 포함된 AuNPs@GO 기관의 SERS 신호를 보여준다. AuNPs@GO 기관에 10^{-3} M의 R6G 스펙트럼은 도 7(a)와 같이 R6G의 라만 특성 피크에 해당하는 약 612, 773, 1134, 1310, 1363, 1651 cm^{-1} 에서 진동 대역이 강한 피크를 나타낸다. 도 7(b)는 $10^{-3} \sim 10^{-8}$ M 범위의 농도를 갖는 R6G 분자의 SERS 스펙트럼을 보여준다. 가장 강렬한 R6G Raman 피크는 약 612 cm^{-1} 이었으며, 이 피크는 소수성 페이퍼 기반 SERS 기관의 SERS 활동을 평가하기 위해 선택되었다. 도 7(c)는 AuNPs@GO에서 R6G의 대수 농도의 함수로 612 cm^{-1} 의 Raman 강도를 나타낸다. 제안된 AuNPs@GO/h-페이퍼 SERS 센서의 균일성을 조사하기 위해 612 cm^{-1} 의 Raman 강도를 12개의 다른 지점에서 평가하였다. 상대적 표준편차(RSD)는 약 14.2%이다.
- [0046] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로

세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0047] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

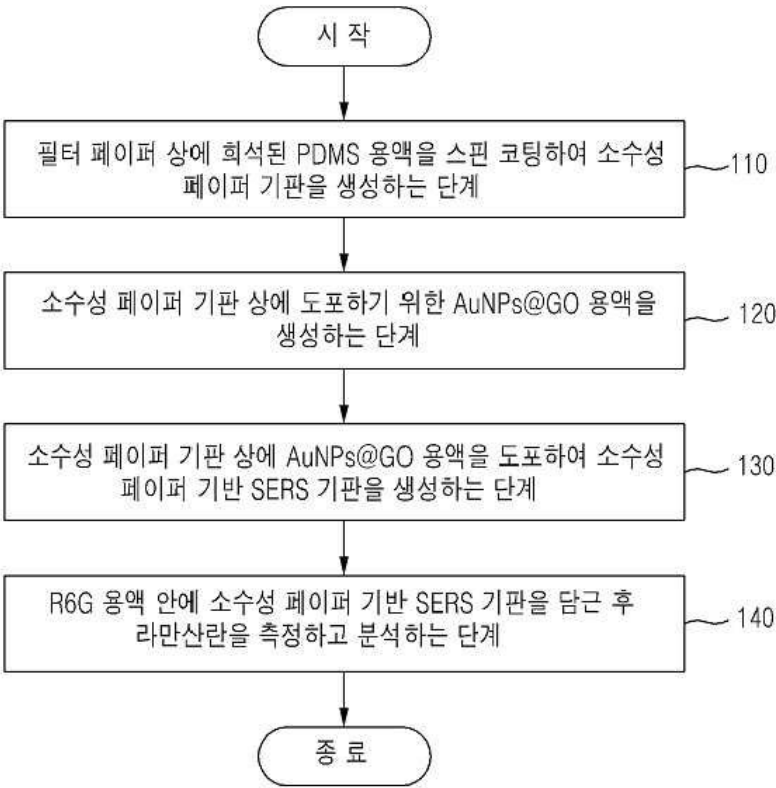
[0048] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0049] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

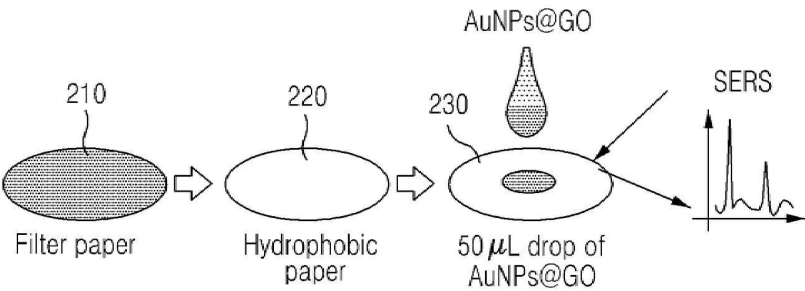
[0050] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

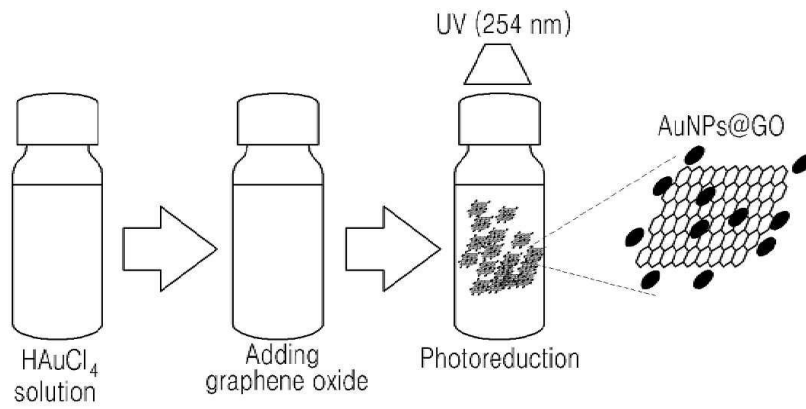
도면1



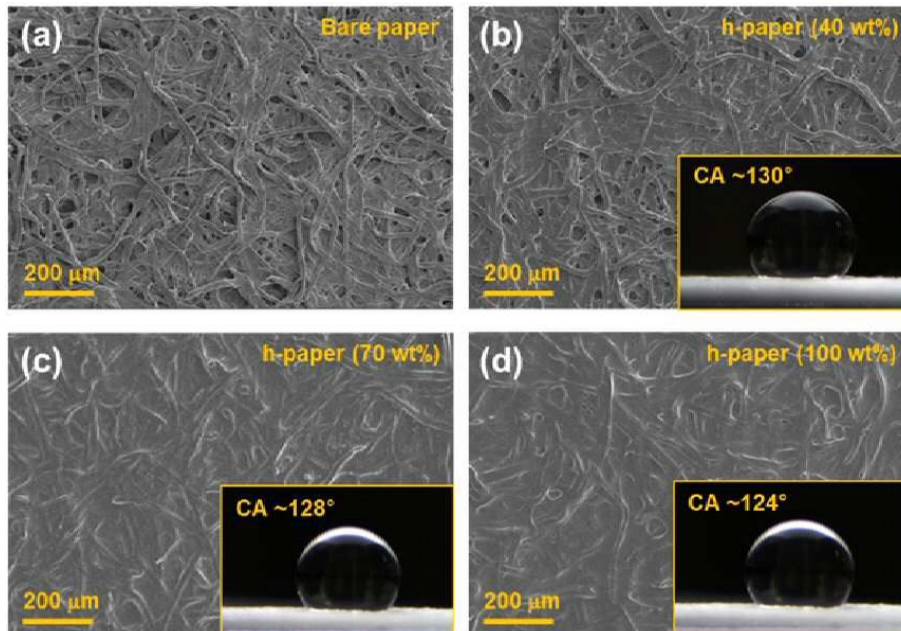
도면2



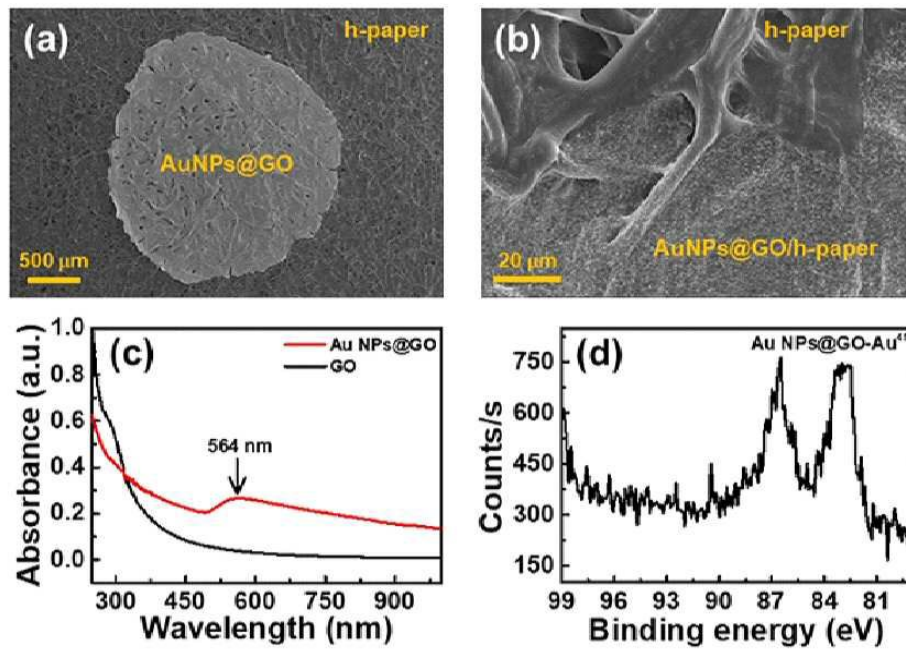
도면3



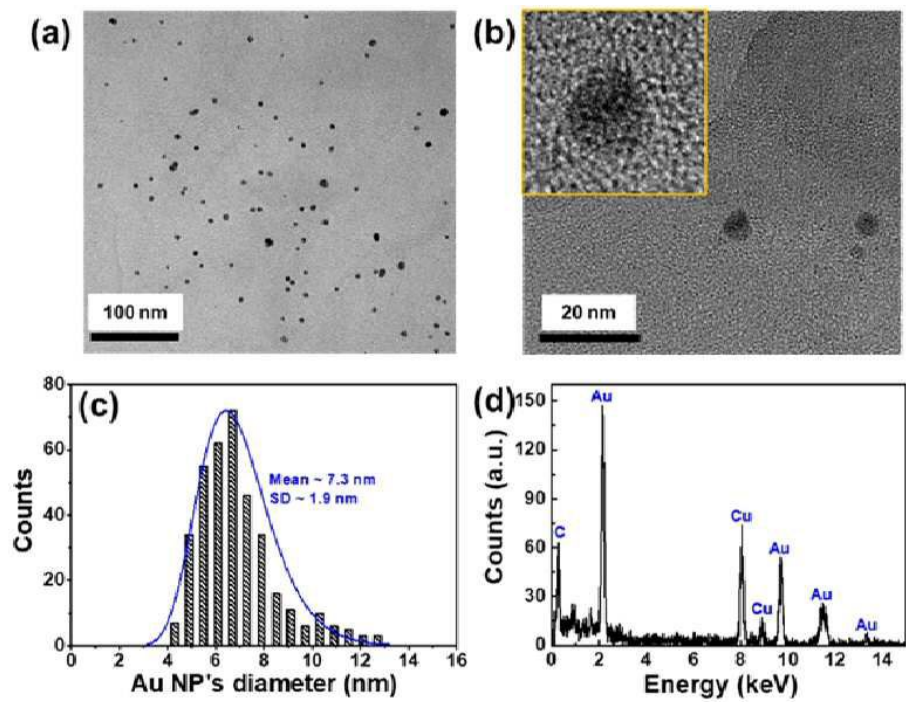
도면4



도면5



도면6



도면7

