(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0033835
(43) 공개일자 2025년03월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/65 (2006.01) *G01J 3/44* (2006.01)
G01N 21/552 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/658 (2013.01)
G01J 3/4412 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0116462
(22) 출원일자 2023년09월01일
심사청구일자 2023년09월01일

(71) 출원인
포항공과대학교 산학협력단
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박경덕
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
김대식
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
문태영
경상북도 포항시 북구 창포동 새천년대로1123번길 9, 203동 601호 (창포동, 창포주공2단지아파트)
(74) 대리인
유미특허법인

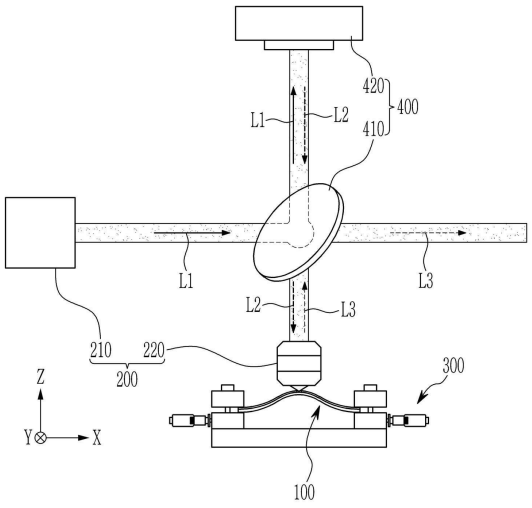
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **나노 간극을 이용한 증강 라만 분석 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치는 나노 크기의 나노 간극이 형성된 유연 기판; 상기 나노 간극과 상기 나노 간극에 인접하여 위치하는 측정 대상 물질에 빛을 조사하여 증강된 라만 산란 신호를 생성하는 라만 신호 생성부; 그리고 상기 유연 기판을 구부려서 상기 나노 간극의 간격을 조절하는 나노 간극 조절부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01N 21/554 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711179314
과제번호 00164799
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명 양자정보소자 연구를 통한 양자정보 전문인력 육성
기 여 율 3/10
과제수행기관명 포항공과대학교 산학협력단
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345365920
과제번호 2021R1A6A1A10042944
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 기초과학연구소
기 여 율 3/10
과제수행기관명 포항공과대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711191748
과제번호 2015R1A3A2031768
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구
연구과제명 양자 스케일의 고전전자기적 조작
기 여 율 2/10
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711175771
과제번호 2022M3H4A1A04096465
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 나노소재기술개발
연구과제명 비냉각형 고속·고감도 장파장 적외선(LWIR) 센서를 위한 극한 신소재, 나노기술 연구
기 여 율 2/10
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.10.01 ~ 2023.06.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

나노 크기의 나노 간극이 형성된 유연 기판;

상기 나노 간극과 상기 나노 간극에 인접하여 위치하는 측정 대상 물질에 빛을 조사하여 증강된 라만 산란 신호를 생성하는 라만 신호 생성부; 그리고

상기 유연 기판을 구부려서 상기 나노 간극의 간격을 조절하는 나노 간극 조절부

를 포함하는, 증강 라만 분석 장치.

청구항 2

제1항에서,

상기 나노 간극 조절부는

지지부,

상기 지지부 위에 서로 이격되어 설치되며 상기 유연 기판의 양단부를 고정하는 한 쌍의 고정부, 그리고

상기 한 쌍의 고정부 사이의 간격을 조절하여 상기 유연 기판을 구부리는 기판 벤딩부

를 포함하는, 증강 라만 분석 장치.

청구항 3

제2항에서,

상기 유연 기판은

유연한 소재를 포함하는 유연층, 그리고

상기 유연층 위에 위치하며 상기 유연층의 표면에 수평한 방향인 제1 방향을 따라 서로 나노 크기만큼 이격되어 나노 간극을 형성하는 제1 금속 패턴층과 제2 금속 패턴층을 포함하는 나노 간극층

을 포함하는, 증강 라만 분석 장치.

청구항 4

제3항에서,

상기 나노 간극층은 금을 포함하는, 증강 라만 분석 장치.

청구항 5

제3항에서,

상기 측정 대상 물질에 조사되는 상기 빛의 편광을 조절하여 상기 나노 간극에서 생성되는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시키는 민감도 최적화부를 더 포함하는, 증강 라만 분석 장치.

청구항 6

제5항에서,

상기 민감도 최적화부는

상기 측정 대상 물질에 상기 빛을 조사하는 광경로 상에 위치하여 편광된 빛을 만드는 편광부, 그리고

상기 나노 간극에 상기 편광된 빛을 상기 제1 방향과 수직한 제2 방향으로 조사하는 공간 광 변조기

를 포함하는, 증강 라만 분석 장치.

청구항 7

나노 크기의 나노 간극이 형성된 유연 기판을 제조하는 단계;

상기 유연 기판의 상기 나노 간극에 인접하여 측정 대상 물질을 위치시키고 빛을 조사하여 증강된 라만 산란 신호를 생성하는 단계; 그리고

상기 유연 기판을 구부려서 상기 나노 간극의 간격을 조절하여 상기 라만 산란 신호의 파장대를 조절하는 단계

를 포함하는 증강 라만 분석 방법.

청구항 8

제7항에서,

상기 유연 기판을 제조하는 단계는

유연층 위에 제1 금속층을 형성하는 단계,

상기 제1 금속층 위에 마스크를 형성하는 단계,

상기 마스크를 식각 방지막으로 하여 상기 제1 금속층을 패터닝하여 제1 금속 패턴층을 형성하는 단계,

상기 마스크 및 상기 제1 금속 패턴층을 덮는 제2 금속층을 형성하는 단계, 그리고

상기 마스크를 제거하여 상기 제1 금속 패턴층과 상기 나노 크기만큼 이격된 제2 금속 패턴층을 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 제1 금속 패턴층과 상기 제2 금속 패턴층은 함께 나노 간극을 가지는 나노 간극층을 형성하는, 증강 라만 분석 방법.

청구항 9

제7항에서,

상기 측정 대상 물질에 조사되는 상기 빛의 편광을 조절하여 상기 나노 간극에서 생성되는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시키는 단계를 더 포함하는, 증강 라만 분석 방법.

청구항 10

제9항에서,

공간 광 변조기를 이용하여 상기 나노 간극에 상기 편광된 빛을 상기 유연층의 표면에 수평한 방향인 제1 방향과 수직한 제2 방향으로 조사하는, 증강 라만 분석 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 나노 간극을 이용한 증강 라만 분석 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 바이오 물질과 화학 물질의 화학적 신호들은 라만 분석법(Raman spectroscopy)을 이용하여 측정할 수 있다. 라만 분석법은 물질의 분자들이 빛을 흡수할 때, 분자 내의 원자들이 운동하는 진동 주파수를 측정함으로써 분자의 구조와 화학적 성질을 파악하는 분석 방법이다.

[0003] 그러나, 라만 분석법은 민감도가 낮기 때문에, 라만 분석법을 이용하여 물질들의 미세한 화학적 신호를 측정했을 때 화학적 신호의 세기가 물질을 분석하기에는 약하다는 단점이 있다. 이러한 미세한 화학적 신호를 민감하게 측정하기 위해서, 표면 증강 라만 분석법이 개발되었다. 표면 증강 라만 분석법은 빛을 금속 나노파티클(nanoparticle)에 집속시켰을 때 나노파티클 주변에서 일어나는 국소 표면 플라즈몬 공명 효과에 의해 증강되는

전기장으로 물질의 화학적 신호인 라만 산란 신호를 강하게 증폭시킬 수 있다.

[0004] 또한, 하나의 나노파티클 주위에 다른 나노파티클을 나노스케일 수준으로 가깝게 위치시키면 국소 표면 플라즈몬 공명 효과가 강해지며, 빛의 국소화로 인하여 라만 산란 신호를 한 단계 더 증폭시키는 나노 간극(nanogap)을 이용한 증강 라만 분석법이 등장하였다. 나노 간극을 이용한 증강 라만 분석법은 DNA, 단백질, 바이러스 등과 같은 바이오 물질 등을 민감하게 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 분자 하나의 신호만을 측정할 수 있는 민감도로 다양한 물질들의 측정이 가능하다.

[0005] 이러한 나노 간극을 이용한 증강 라만 분석법은 나노 간극의 간격에 따라서 국소 표면 플라즈몬의 파장대가 변하게 되며, 나노 간극에서 발생하는 국소 표면 플라즈몬의 파장대와 측정 대상 물질의 라만 산란 신호의 파장대를 일치시켜 라만 산란 신호를 증폭시켜야 한다. 그러나, 나노 간극에서 발생하는 국소 표면 플라즈몬의 파장대의 범위는 하나의 물질만을 측정할 수 있을 정도로 좁으며, 고정되어 있는 기판 위에 나노 간극을 증착하여 형성하였으므로, 다른 물질을 측정하기 위해서 국소 표면 플라즈몬의 파장대를 조절하는 것이 불가능하다.

[0006] 이와 같이, 하나의 측정 대상 물질의 라만 산란 신호를 증폭시키는 나노 간극을 제조하면, 제조된 나노 간극으로 다른 측정 대상 물질의 라만 산란 신호를 증폭시키기 어려우며, 다른 측정 대상 물질의 라만 산란 신호를 증폭시키기 위해서는 새로운 나노 간극을 제조해야 한다.

[0007] 또한, 나노 간극을 제조하는 과정에서 발생하는 나노 간극의 결함은 나노 간극의 간격을 변형시킬 수 있다. 또한, 이러한 나노 간극의 결함 때문에, (빛의 편광에 따라서 달라지는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 조절하여) 나노 간극을 이용한 증강 라만 분석법의 민감도를 최적화하기 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 개시는 전술한 배경 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 측정 대상 물질의 범위를 확대하고, 증강 라만 분석법의 민감도를 최적화할 수 있는 증강 라만 분석 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치는 나노 크기의 나노 간극이 형성된 유연 기판; 상기 나노 간극과 상기 나노 간극에 인접하여 위치하는 측정 대상 물질에 빛을 조사하여 증강된 라만 산란 신호를 생성하는 라만 신호 생성부; 그리고 상기 유연 기판을 구부려서 상기 나노 간극의 간격을 조절하는 나노 간극 조절부를 포함한다.

[0010] 상기 나노 간극 조절부는 지지부, 상기 지지부 위에 서로 이격되어 설치되며 상기 유연 기판의 양단부를 고정하는 한 쌍의 고정부, 그리고 상기 한 쌍의 고정부 사이의 간격을 조절하여 상기 유연 기판을 구부리는 기판 벤딩부를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 유연 기판은 유연한 소재를 포함하는 유연층, 그리고 상기 유연층 위에 위치하며 상기 유연층의 표면에 수평한 방향인 제1 방향을 따라 서로 나노 크기만큼 이격되어 나노 간극을 형성하는 제1 금속 패턴층과 제2 금속 패턴층을 포함하는 나노 간극층을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 나노 간극층은 금을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 측정 대상 물질에 조사되는 상기 빛의 편광을 조절하여 상기 나노 간극에서 생성되는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시키는 민감도 최적화부를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 민감도 최적화부는 상기 측정 대상 물질에 상기 빛을 조사하는 광경로 상에 위치하여 편광된 빛을 만드는 편광부, 그리고 상기 나노 간극에 상기 편광된 빛을 상기 제1 방향과 수직한 제2 방향으로 조사하는 공간 광 변조기를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 방법은 나노 크기의 나노 간극이 형성된 유연 기판을 제조하는 단계; 상기 유연 기판의 상기 나노 간극에 인접하여 측정 대상 물질을 위치시키고 빛을 조사하여 증강된 라만 산란 신호를 생성하는 단계; 그리고 상기 유연 기판을 구부려서 상기 나노 간극의 간격을 조절하여 상기 라만 산란 신호의 파장대를 조절하는 단계를 포함한다.

[0016] 상기 유연 기판을 제조하는 단계는 유연층 위에 제1 금속층을 형성하는 단계, 상기 제1 금속층 위에 마스크를

형성하는 단계, 상기 마스크를 식각 방지막으로 하여 상기 제1 금속층을 패터닝하여 제1 금속 패턴층을 형성하는 단계, 상기 마스크 및 상기 제1 금속 패턴층을 덮는 제2 금속층을 형성하는 단계, 그리고 상기 마스크를 제거하여 상기 제1 금속 패턴층과 상기 나노 크기만큼 이격된 제2 금속 패턴층을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 제1 금속 패턴층과 상기 제2 금속 패턴층은 함께 나노 간극을 가지는 나노 간극층을 형성할 수 있다.

[0017] 상기 측정 대상 물질에 조사되는 상기 빛의 편광을 조절하여 상기 나노 간극에서 생성되는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 공간 광 변조기를 이용하여 상기 나노 간극에 상기 편광된 빛을 상기 유연층의 표면에 수평한 방향인 제1 방향과 수직한 제2 방향으로 조사할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치 및 방법은 유연 기판 위에 나노 간극을 형성하고, 유연 기판을 구부려서 나노 간극의 간격을 용이하게 조절함으로써, 라만 산란 신호의 파장대를 조절할 수 있으므로, 측정 대상 물질의 범위를 확대할 수 있다.

[0020] 또한, 측정 대상 물질에 조사되는 빛의 편광을 조절하여 나노 간극에서 생성되는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시켜 구부러진 나노 간극의 결함을 최소화함으로써, 증강 라만 분석 장치 및 방법의 민감도를 최적화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치의 개략적인 도면이다.

도 2는 도 1의 유연 기판 및 나노 간격 조절부의 확대도이다.

도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치를 이용하여 라만 신호를 생성하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 방법의 순서도이다.

도 5 내지 도 8은 도 4의 유연 기판의 제조 단계를 차례대로 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 개시의 여러 실시예들에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예들에 한정되지 않는다.

[0023] 본 개시를 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.

[0024] 그러면 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치에 대하여 도 1 내지 도 3을 참고로 상세하게 설명한다.

[0025] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치의 개략적인 도면이고, 도 2는 도 1의 유연 기판 및 나노 간격 조절부의 확대도이며, 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치를 이용하여 라만 신호를 생성하는 방법을 설명하는 도면이다.

[0026] 도 1 내지 도 3에 도시한 바와 같이, 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치는 유연 기판(100), 라만 신호 생성부(200), 그리고 나노 간극 조절부(300)를 포함한다.

[0027] 유연 기판(100)에는 나노 크기의 간격(d)을 가지는 나노 간극(ng)이 형성될 수 있다.

[0028] 유연 기판(100)은 유연층(110), 그리고 나노 간극층(120)을 포함할 수 있다.

[0029] 유연층(110)은 유연한 소재를 포함할 수 있다. 유연한 소재는 폴리에틸렌 테레프타레이트(polyethylene terephthalate, PET) 등을 포함할 수 있다.

[0030] 나노 간극층(120)은 유연층(110) 위에 위치할 수 있다. 나노 간극층(120)은 서로 나노 크기만큼 이격되어 나노 간극(ng)을 형성하는 제1 금속 패턴층(121)과 제2 금속 패턴층(122)을 포함할 수 있다. 나노 간극(ng)은 유연

층(110)의 표면에 수평한 방향인 제1 방향(X)을 따라 형성될 수 있다. 나노 간극층(120)을 이루는 제1 금속 패턴층(121)과 제2 금속 패턴층(122)은 동일한 물질로 이루어질 수 있으며, 금을 포함할 수 있다.

[0031] 라만 신호 생성부(200)는 나노 간극(ng)과 나노 간극(ng)에 인접하여 위치하는 측정 대상 물질(OB)에 빛(L2)을 조사하여 증강된 라만 산란 신호(L3)를 생성할 수 있다.

[0032] 라만 신호 생성부(200)는 빛 생성부(210), 그리고 광학계(220)를 포함할 수 있다.

[0033] 빛 생성부(210)는 빛(L1)을 생성하여 나노 간극(ng) 및 측정 대상 물질(OB)에 빛(L2)을 조사할 수 있다. 빛 생성부(210)에서 생성되는 빛은 레이저 빔 등을 포함할 수 있다.

[0034] 광학계(220)는 빛(L2)의 광 경로상에 위치하여 빛(L2)의 초점이 나노 간극(ng) 및 측정 대상 물질(OB)에 위치하도록 한다.

[0035] 나노 간극(ng)에 빛이 입사되었을 때 국소 표면 플라즈몬 공명 효과에 의해 나노 간극(ng) 주변의 전기장이 증폭되며, 증폭된 전기장이 측정 대상 물질(OB)인 화학 염료 예컨대, 브롬크레쉬일 블루(brilliant cresyl blue, BCB) 분자의 라만 산란 신호(L3)를 민감하게 측정할 수 있게 도와준다. 측정 대상 물질(OB)은 BCB 분자 등의 화학 물질뿐만 아니라 바이러스, DNA, 단백질, 바이러스 등의 바이오 물질을 포함할 수 있다.

[0036] 나노 간극 조절부(300)는 유연 기판(100)을 구부려서 나노 간극(ng)의 간격(d)을 조절할 수 있다.

[0037] 나노 간극 조절부(300)는 지지부(310), 한 쌍의 고정부(320), 그리고 기판 벤딩부(330)를 포함할 수 있다.

[0038] 지지부(310)는 유연 기판(100)과 중첩하여 유연 기판(100) 아래에 위치할 수 있다.

[0039] 한 쌍의 고정부(320)는 지지부(310) 위에 서로 이격되어 설치되며 유연 기판(100)의 양단부를 고정할 수 있다.

[0040] 기판 벤딩부(330)는 한 쌍의 고정부(320) 사이의 간격(W)을 조절하여 유연 기판(100)을 구부릴 수 있다. 이러한 기판 벤딩부(330)는 마이크로 미터 크기로 미세하게 한 쌍의 고정부(320) 사이의 간격(W)을 조절할 수 있다.

[0041] 이와 같이, 유연 기판(100) 위에 나노 간극(ng)을 형성하고, 유연 기판(100)을 구부려서 나노 간극(ng)의 간격(d)을 용이하게 조절함으로써, 라만 산란 신호의 파장대를 조절할 수 있으므로, 측정 대상 물질의 범위를 확대할 수 있다.

[0042] 민감도 최적화부(400)는 측정 대상 물질(OB)에 조사되는 빛의 편광을 조절하여 나노 간극(ng)에서 생성되는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시킬 수 있다.

[0043] 민감도 최적화부(400)는 편광부(410), 그리고 공간 광 변조기(420)를 포함할 수 있다.

[0044] 편광부(410)는 측정 대상 물질(OB)에 빛을 조사하는 광경로 상에 위치하여 편광된 빛(L2)을 만들 수 있다. 이와 같이, 편광된 빛(L2)이 제1 방향(X)과 수직한 제2 방향(Y)으로 나노 간극(ng)에 입사되는 경우, 국소 표면 플라즈몬의 세기가 증가될 수 있다. 그러나, 나노 간극은 구부러지게 형성될 수 있으므로, 빛의 편광을 나노 간극에 수직으로 입사하는 것이 어렵다.

[0045] 그러나, 공간 광 변조기(420)는 나노 간극(ng)에 편광된 빛(L2)을 제1 방향(X)과 수직한 제2 방향(Y)으로 조사할 수 있게 입사되는 빛의 편광을 미세하게 조절할 수 있다. 따라서, 이러한 공간 광 변조기(420)는 입사하는 빛(L1)을 구부러져서 결함을 가지는 나노 간극(ng)에 맞는 최적의 편광된 빛(L2)으로 변조시킬 수 있다. 따라서, 공간 광 변조기(420)는 나노 간극(ng)에서 발생하는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시켜 생성되는 라만 산란 신호(L3)를 최적화시킬 수 있다.

[0046] 이와 같이, 측정 대상 물질(OB)에 조사되는 빛의 편광을 조절하여 나노 간극(ng)에서 생성되는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시켜 구부러진 나노 간극(ng)의 결함을 최소화함으로써, 증강 라만 분석 장치의 민감도를 최적화할 수 있다.

[0047] 한편, 상기 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 장치를 이용한 증강 라만 분석 방법에 대해 이하에서 도면을 참고로 상세히 설명한다.

[0048] 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 증강 라만 분석 방법의 순서도이고, 도 5 내지 도 8은 도 4의 유연 기판의 제조 단계를 차례대로 설명하는 도면이다.

[0049] 도 4에 도시된 바와 같이, 우선 나노 크기의 간격(d)을 가지는 나노 간극(ng)이 형성된 유연 기판(100)을 제조한다(S100).

[0050] 유연 기판(100)을 제조하는 방법에 대해 이하에서 상세히 설명한다.

[0051] 우선, 도 5에 도시된 바와 같이, 유연층(110) 위에 제1 금속층(10)을 형성한다. 그리고, 제1 금속층(10) 위에 소정 패턴을 가지는 마스크(20)를 형성한다.

[0052] 다음으로, 도 6에 도시된 바와 같이, 마스크(20)를 식각 방지막으로 하여 제1 금속층(10)을 패터닝하여 제1 금속 패턴층(121)을 형성한다. 이 때, 이온 밀링(ion milling)등의 방법을 이용하여 제1 금속층(10)을 패터닝할 수 있다.

[0053] 다음으로, 도 7에 도시된 바와 같이, 마스크(20) 및 제1 금속 패턴층(121)을 덮는 제2 금속층(30)을 형성한다. 이 때, 유연층(110)과 접촉하는 제2 금속층(30)의 일부는 제1 금속 패턴층(121)과 나노 크기의 간격만큼 이격되어 형성될 수 있다. 이러한 제2 금속층(30)은 제1 금속층(10)과 동일한 물질로 형성할 수 있다.

[0054] 다음으로, 도 8에 도시된 바와 같이, 마스크(20)를 제거하여 제2 금속 패턴층(122)을 형성한다. 제2 금속 패턴층(122)은 제1 금속 패턴층(121)과 나노 크기의 간격만큼 이격되어 형성될 수 있다. 따라서, 제1 금속 패턴층(121)과 제2 금속 패턴층(122)은 함께 나노 간극(ng)을 가지는 나노 간극층(120)을 형성할 수 있다.

[0055] 다음으로, 도 1 내지 도 4에 도시된 바와 같이, 유연 기판(100)의 나노 간극(ng)에 인접하여 측정 대상 물질(OB)을 위치시키고 빛을 조사하여 증강된 라만 산란 신호(L3)를 생성한다(S200).

[0056] 다음으로, 유연 기판(100)을 구부려서 나노 간극(ng)의 간격(d)을 조절하여 라만 산란 신호(L3)의 파장대를 조절한다(S300).

[0057] 이와 같이, 유연 기판(100)을 구부려 라만 산란 신호(L3)의 파장대를 조절함으로써, 하나의 측정 대상 물질의 라만 산란 신호의 파장대뿐만이 아니라 다른 측정 대상 물질의 라만 산란 신호의 파장대로 조절할 수도 있으므로, 복수의 측정 대상 물질의 라만 산란 신호를 증폭시켜 민감하게 측정할 수 있다.

[0058] 다음으로, 측정 대상 물질(OB)에 조사되는 빛(L2)의 편광을 조절하여 나노 간극(ng)에서 생성되는 국소 표면 플라즈몬의 세기를 증가시켜 라만 산란 신호(L3)을 더욱 증강시켜 민감도를 최적화시킨다(S400). 이 때, 공간 광 변조기(420)를 이용하여 나노 간극(ng)에 편광된 빛(L2)을 제2 방향(Z)으로 조사할 수 있다.

[0059] 따라서, 공정상에서 발생하는 나노 간극(ng)의 결함인 구부러진 나노 간극(ng)에 의한 문제를 최소화할 수 있다.

[0060] 본 개시를 앞서 기재한 바에 따라 바람직한 실시예를 통해 설명하였지만, 본 개시는 이에 한정되지 않으며 다음에 기재하는 특허청구범위의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한, 다양한 수정 및 변형이 가능하다는 것을 본 개시가 속하는 기술 분야에 종사하는 자들은 쉽게 이해할 것이다.

부호의 설명

[0061] 100: 유연 기판 110: 유연층

120: 나노 간극층 200: 라만 신호 생성부

210: 빛 생성부 220: 광학계

300: 나노 간격 조절부 310: 지지부

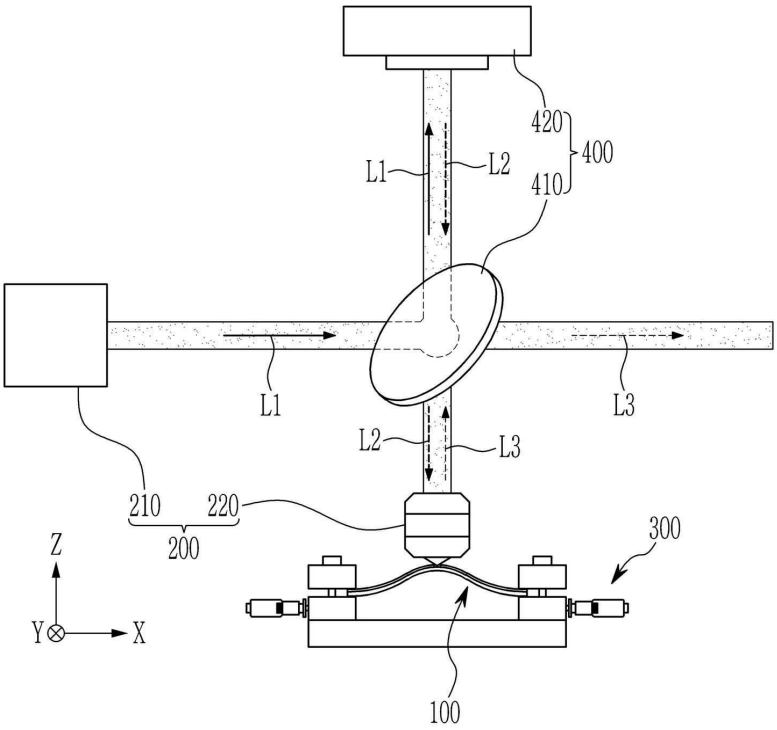
320: 한 쌍의 고정부 330: 기판 벤딩부

400: 민감도 최적화부 410: 편광부

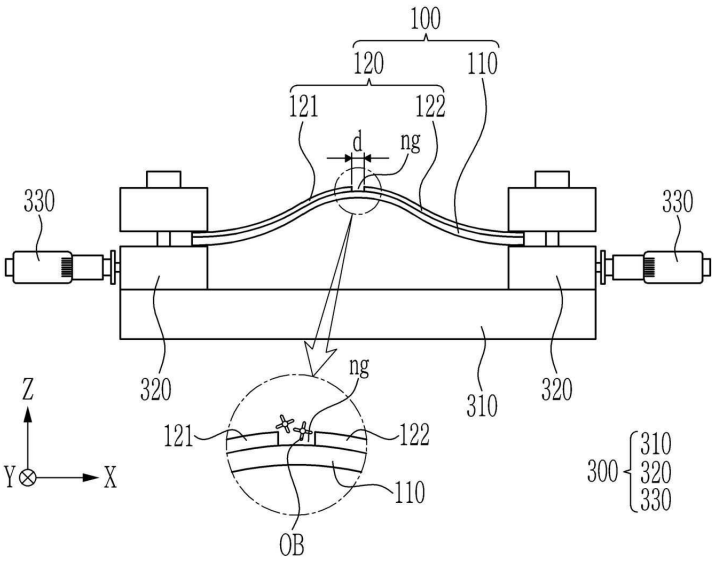
420: 공간 광 변조기

도면

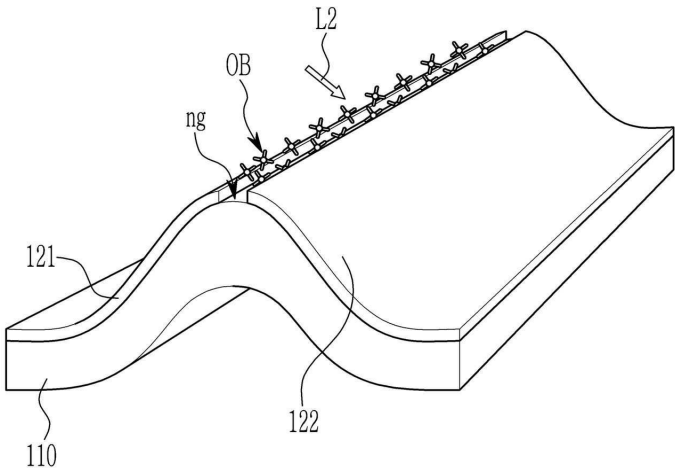
도면1


420
400
410
L1
L2
L1
L3
L2
L3
210
220
200
300
Z
Y
X
100

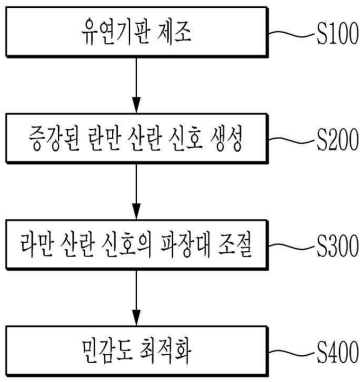
도면2


100
120
110
121
122
d
ng
330
330
320
320
310
ng
Z
Y
X
121
122
110
OB
300
310
320
330

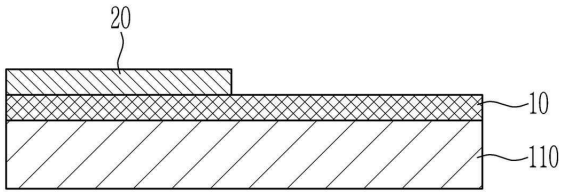
도면3



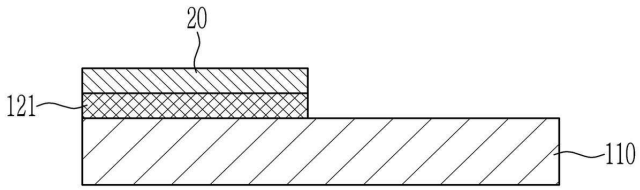
도면4



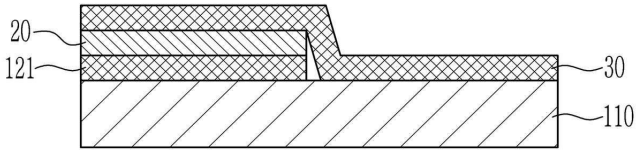
도면5



도면6



도면7



도면8

