



(72) 발명자

윤승현

서울특별시 성북구 길음3동 동부센트레빌아파트
113동 1504호

최희덕

인천광역시 남구 학익2동 신동아아파트 9동 503호

박준규

서울특별시 영등포구 신길1동 97-53 202호

특허청구의 범위

청구항 1

시료에 따른 표면 플라즈몬 공명 효과에 의한 측정 신호를 발생시키고, 발생된 측정 신호를 변조하여 출력하는 SPR 시스템;

상기 SPR 시스템으로 광을 제공하고, 상기 SPR 시스템으로부터 피드백되는 측정 신호를 감지하여 출력하는 광원부;

상기 광원부와 상기 SPR 시스템과의 이격 거리를 조정하는 자동 거리 조절 장치;

상기 광원부로부터 측정 신호가 입력되고, 입력된 측정 신호의 AC 신호와 DC 신호를 분리하고, DC 신호에 따라 자동 거리 조절 장치를 구동하는 제1 구동 신호를 생성하고, AC 신호에 따라 SPR 시스템의 회전 모터를 구동하는 제2 구동 신호를 생성하여 제공하는 구동 제어부;

상기 구동 제어부로부터 제공되는 AC 신호를 이용하여 표면 플라즈몬 공명 효과에 따른 시료의 특성을 검출하는 신호 처리부;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 빔살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 SPR 시스템은,

입사면, 반사면, 출사면을 구비하여 입사면으로 입사되는 빛을 출사면으로 반사시키는 프리즘;

상기 프리즘의 반사면의 뒷면에 장착되고 시료가 주입되는 시료 주입 채널;

상기 프리즘의 출사면에 인접하여 배치되거나 출사면으로부터 일정 거리 이격되어 배치되는 거울;

프리즘과 거울을 미세 진동시키는 진동 모터;

상기 진동 모터를 변조 주파수(ω)로 구동시키기 위한 구동 신호를 생성하여 진동 모터를 구동시키는 진동 제어부;

상기 구동 제어부로부터 제공되는 제2 구동 신호에 따라 프리즘과 거울을 회전시키는 회전 모터;

를 구비하여, 상기 광원부로부터 제공된 빛이 프리즘의 입사면으로 입사된 후 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명 효과에 의한 측정 신호가 생성되고, 상기 측정 신호는 변조 주파수(ω)에 의해 변조되어 광원부로 피드백되며, 피드백되는 측정 신호를 복조하여 위상 신호 및 반사율을 검출하는 것을 특징으로 하는 빔살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 3

제1항에 있어서, 광원부는,

빛을 방출하는 레이저 발생기;

상기 레이저 발생기로부터 방출되는 빛을 시준하는 시준 렌즈;

상기 시준 렌즈를 통과한 빛의 P 편광 성분을 출력하는 편광자;

상기 레이저 발생기의 뒷면에 배치되어 상기 레이저 발생기로부터 피드백되는 측정 신호를 감지하는 수광 소자;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 빔살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 구동 제어부는 ,

상기 광원부로부터 입력되는 측정 신호로부터 DC 신호를 검출하는 DC 검출부;

상기 DC 검출부에 의해 검출된 DC 신호를 이용하여 자동 거리 조절 장치를 구동하기 위한 제1 구동 신호를 생성하여 출력하는 제1 제어부;

상기 광원부로부터 입력되는 측정 신호의 AC 신호를 복조하고, 복조된 AC 신호를 이용하여 상기 SPR 시스템을 회전시키기 위한 제2 구동 신호를 생성하여 출력하는 제2 제어부;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 자동 거리 조절 장치는 피에조 액츄에이터로 이루어지며, 상기 피에조 액츄에이터는 상기 신호처리부로부터 제공되는 제1 구동신호에 따라 광축을 기준으로 하여 상기 광원부를 전후방향으로 이동시켜, 상기 광원부의 레이저 발생기와 상기 SPR 시스템의 프리즘과의 이격 거리를 조정하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 제2 제어부는 신호 복조부 및 프리즘 제어부로 구성되며, 상기 신호 복조부는 변조 주파수(ω)를 갖는 기준 신호를 이용하여 측정 신호의 AC 신호를 복조하고, 상기 프리즘 제어부는 상기 복조된 AC 신호의 위상값을 이용하여 공명각을 추종하기 위한 제2 구동 신호를 생성하여 SPR 시스템으로 제공하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 신호 복조부는 록인-앰프 및 RMS 회로부 중 하나로 구성되는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 8

시료에 따른 표면 플라즈몬 공명 효과에 의한 측정 신호를 발생시키고, 발생된 측정 신호를 변조하여 출력하는 SPR 시스템;

상기 SPR 시스템으로 광을 제공하고, 상기 SPR 시스템으로부터 피드백되는 측정 신호를 감지하여 출력하는 광원부;

상기 광원부와 상기 SPR 시스템과의 이격 거리를 조정하는 자동 거리 조절 장치;

상기 광원부로부터 측정 신호가 입력되고, 입력된 측정 신호의 AC 신호와 DC 신호를 분리하고, DC 신호에 따라 자동 거리 조절 장치를 구동하는 제1 구동 신호를 생성하여 제공하는 구동 제어부;

상기 구동 제어부로부터 제공되는 AC 신호를 이용하여 표면 플라즈몬 공명 효과에 따른 시료의 특성을 검출하는 신호 처리부;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬바이오 센서.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 SPR 시스템은,

입사면, 반사면, 출사면을 구비하여 입사면으로 입사되는 빛을 출사면으로 반사시키는 프리즘;

상기 프리즘의 반사면의 뒷면에 장착되고 시료가 주입되는 시료 주입 채널;

상기 프리즘의 출사면에 인접하여 배치되거나 출사면으로부터 일정 거리 이격되어 배치되는 거울;

프리즘과 거울을 미세 진동시키는 진동 모터;

상기 진동 모터를 변조 주파수(ω)로 구동시키기 위한 구동 신호를 생성하여 진동 모터를 구동시키는 진동 제어부;

를 구비하여, 상기 광원부로부터 제공된 빛이 프리즘의 입사면으로 입사된 후 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명 효과에 의한 측정 신호가 생성되고, 상기 측정 신호는 변조 주파수(ω)에 의해 변조되어 광원부로 피드백되며, 피드백되는 측정 신호를 복조하여 위상 신호 및 반사율을 검출하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이

용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 10

제8항에 있어서, 광원부는,

빛을 방출하는 레이저 발생기;

상기 레이저 발생기로부터 방출되는 빛을 시준하는 시준 렌즈;

상기 시준 렌즈를 통과한 빛의 P 편광 성분을 출력하는 편광자;

상기 레이저 발생기의 뒷면에 배치되어 상기 레이저 발생기로 피드백되는 측정 신호를 감지하는 수광 소자;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 구동 제어부는 ,

상기 광원부로부터 입력되는 측정 신호로부터 DC 신호를 검출하는 DC 검출부;

상기 DC 검출부에 의해 검출된 DC 신호를 이용하여 자동 거리 조절 장치를 구동하기 위한 제1 구동 신호를 생성하여 출력하는 제1 제어부;

상기 광원부로부터 입력되는 측정 신호의 AC 신호를 복조하여 출력하는 제2 제어부;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 자동 거리 조절 장치는 피에조 액추에이터로 이루어지며, 상기 피에조 액추에이터는 상기 신호처리부로부터 제공되는 제1 구동신호에 따라 광축을 기준으로 하여 상기 광원부를 전후방향으로 이동시켜, 상기 광원부의 레이저 발생기와 상기 SPR 시스템의 프리즘과의 이격 거리를 조정하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 제2 제어부는 신호 복조부로 구성되며, 상기 신호 복조부는 변조 주파수(ω)를 갖는 기준 신호를 이용하여 측정 신호의 AC 신호를 복조하여 신호 처리부로 제공하는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 신호 복조부는 복인-앰프 및 RMS 회로부 중 하나로 구성되는 것을 특징으로 하는 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance; 'SPR') 현상을 이용한 바이오 센서에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 프리즘의 미세 회전 진동에 의해 변조된 빛살을 광원으로 피드백시키고, 피드백된 신호들을 검출하여 시료를 분석하는 바이오 센서에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 레이저를 이용한 간섭계는 산업계 및 연구실 등 다양한 곳에서 거리, 속도, 진동 및 절대거리 측정을 위한 장치로 광범위하게 활용되고 있다. 또한, 레이저를 이용한 간섭계는 주사기능과 결합되면서 나노미터급 해상도를 구현할 수 있게 되었으며, 이로 인해 시료의 3차원의 표면진단 및 측정 장치로도 활용되고 있다. 일반적으로 이러

한 외부 간섭계는 렌즈, 프리즘, 거울 등을 이용하여 레이저 빔살을 간섭을 일으키고 측정하게 된다.

[0003] 한편, 전술한 외부 간섭계와는 달리, 멀리 떨어진 측정 목표에서 반사 혹은 산란에 의해 일부가 레이저 공진기 내부로 유입될 경우, 유입된 빛에 의해 레이저 빔살의 크기 및 위상이 변조될 수 있다. 이러한 현상을 이용한 장치를 ‘self-mixing, feedback or induced-modulation 간섭계’ 라고 한다. 따라서, 레이저 다이오드의 공진기는 레이저를 발진시키는 고유의 역할과 더불어 매우 뒷단으로 발진하는 빛을 검출하는 수광소자를 통해 검지율이 높은 detector의 역할을 하게 된다. 이러한 간섭계를 이용하게 되면 다음과 같은 장점이 있다. (1) 별도의 광학계 없이 자체로 매우 단순하고 소형의 장치를 만들 수 있으며, (2) 상용 레이저 다이오드의 경우 패키징 내부에 레이저 발생기의 출력을 모니터링 할 수 있는 수광소자가 함께 내장되어 있으므로 별도의 수광소자가 필요 없게 되고, (3) 또한 레이저 간섭계의 나노미터급 분해능과 비슷한 매우 높은 검지율을 가지며, (4) 측정 목표의 표면 상태에 상관없이 측정이 가능하게 된다.

[0004] 위와 같은 많은 장점을 이용하여 거리, 속도, 진동 및 절대거리 측정을 위한 다양한 응용기기들이 만들어져 왔음에도 불구하고 산업기술이 발전함에 따라 바이오 및 측정학 분야에서는 더욱 정밀한 장치가 요구되고 있다. 하지만, 광 되먹임 간섭계 자체만으로는 이러한 요구에 부합되지 못하는 것이 현실이며, 이에 이러한 한계를 극복하고자 다양한 시도들이 있어 왔다. 본 발명은 이러한 한계를 극복하고자 SPR 효과를 이용하고자 한다.

[0005] 일반적으로 SPR 기반의 센서로는 프리즘에 금속필름을 50nm 정도 코팅한 후 금속필름 위의 시료의 변화에 대응하는 유전율 또는 굴절률의 변화를 측정하는 방법으로 다수의 선행 기술들이 제안되고 있다. 미국특허 제 4,889,427호 등에 언급되어 있는 방식은 단일파장을 가진 광원의 입사광과 고정된 굴절률을 가지는 프리즘을 이용하여 입사각 θ 를 변화시키면서 공명각 및 그의 변화를 측정하는 방식이다. 그리고 미국특허 제 5,359,681호 등에 언급되어 있는 방식은 백색광(white light) 등 다중파장을 광원으로 하고 입사각 θ 를 고정된 상태에서 공명조건에 따른 파장의 변화를 측정하는 방법이다. 또한 미국특허 제 4,844,613호 등에 언급되어 있는 방식은 확장된(expanded) 단일파장의 광원을 이용하여 광원을 매질의 중심에 집속시키고, 포토다이오드 어레이(photodiode array, PDA) 등과 같은 다중 채널의 수광소자를 이용하여 회전 구동장치 없이 공명각을 측정하는 방법이다. 위와 같은 표면 플라스몬 공명과 유사한 방법으로 SPR을 발생시키는 부분이 간소화된 방법으로 최근 등록된 특허(10-0911626)는 금속나노입자에서의 Localized-SPR 효과를 이용한 바이오 개체들의 복굴절 변화를 측정함으로 광학적으로 단순하고 센서기관을 제작하기 쉬운 방법 등이 있다.

[0006] 하지만, 전술한 방법들은 높은 검지율을 유지하기 위하여 분광장치 및 공명각 측정을 위한 모터스테이지 등 고가의 장비가 사용되어야 하며, 광학적 정렬이 매우 복잡하다는 문제점들을 갖고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 레이저 발생기 및 SPR 시스템을 사용함으로써, 광학적 정렬이 상대적으로 용이하고, 저가화와 소형화가 가능하면서도 높은 검지율을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 검지가 가능한 동적 범위(Dynamic range)도 최대한으로 넓게 확보할 수 있는 빔살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라스몬 바이오 센서를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 제1 특징은 빔살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라스몬 바이오 센서에 관한 것으로서, 상기 바이오 센서는, 시료에 따른 표면 플라스몬 공명 효과에 의한 측정 신호를 발생시키고, 발생된 측정 신호를 변조하여 출력하는 SPR 시스템; 상기 SPR 시스템으로 광을 제공하고, 상기 SPR 시스템으로부터 피드백되는 측정 신호를 감지하여 출력하는 광원부; 상기 광원부와 상기 SPR 시스템과의 이격 거리를 조정하는 자동 거리 조절 장치; 상기 광원부로부터 측정 신호가 입력되고, 입력된 측정 신호의 AC 신호와 DC 신호를 분리하고, DC 신호에 따라 자동 거리 조절 장치를 구동하는 제1 구동 신호를 생성하고, AC 신호에 따라 SPR 시스템의 회전 모터를 구동하는 제2 구동 신호를 생성하여 제공하는 구동 제어부; 상기 구동 제어부로부터 제공되는 AC 신호를 이용하여 표면 플라스몬 공명 효과에 따른 시료의 특성을 검출하는 신호 처리부; 를 구비한다.

[0009] 전술한 제1 특징에 따른 빔살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라스몬 바이오 센서에 있어서, 상기 SPR 시스템은,

입사면, 반사면, 출사면을 구비하여 입사면으로 입사되는 빛을 출사면으로 반사시키는 프리즘; 상기 프리즘의 반사면의 뒷면에 장착되고 시료가 주입되는 시료 주입 채널; 상기 프리즘의 출사면에 인접하여 배치되거나 출사면으로부터 일정 거리 이격되어 배치되는 거울; 프리즘과 거울을 미세 진동시키는 진동 모터; 상기 진동 모터를 변조 주파수(ω)로 구동시키기 위한 구동 신호를 생성하여 진동 모터를 구동시키는 진동 제어부; 상기 구동 제어부로부터 제공되는 제2 구동 신호에 따라 프리즘과 거울을 회전시키는 회전 모터; 를 구비하여, 상기 광원부로부터 제공된 빛이 프리즘의 입사면으로 입사된 후 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명 효과에 의한 측정 신호가 생성되고, 상기 측정 신호는 변조 주파수(ω)에 의해 변조되어 광원부로 피드백되며, 피드백되는 측정 신호를 복조하여 위상 신호 및 반사율을 검출하는 것이 바람직하다.

[0010] 전술한 제1 특징에 따른 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서에 있어서, 광원부는, 빛을 방출하는 레이저 발생기; 상기 레이저 발생기로부터 방출되는 빛을 시준하는 시준 렌즈; 상기 시준 렌즈를 통과한 빛의 P 편광 성분을 출력하는 편광자; 상기 레이저 발생기의 뒷면에 배치되어 상기 레이저 발생기로 피드백되는 측정 신호를 감지하는 수광 소자; 를 구비한다.

[0011] 전술한 제1 특징에 따른 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서에 있어서, 상기 구동 제어부는, 상기 광원부로부터 입력되는 측정 신호로부터 DC 신호를 검출하는 DC 검출부; 상기 DC 검출부에 의해 검출된 DC 신호를 이용하여 자동 거리 조절 장치를 구동하기 위한 제1 구동 신호를 생성하여 출력하는 제1 제어부; 상기 광원부로부터 입력되는 측정 신호의 AC 신호를 복조하고, 복조된 AC 신호를 이용하여 상기 SPR 시스템을 회전시키기 위한 제2 구동 신호를 생성하여 출력하는 제2 제어부; 를 구비하며, 상기 제2 제어부는 신호 복조부 및 프리즘 제어부로 구성되며, 상기 신호 복조부는 변조 주파수(ω)를 갖는 기준 신호를 이용하여 측정 신호의 AC 신호를 복조하고, 상기 프리즘 제어부는 상기 복조된 AC 신호의 위상값을 이용하여 공명각을 추종하기 위한 제2 구동 신호를 생성하여 SPR 시스템으로 제공하는 것이 바람직하다.

[0012] 전술한 제1 특징에 따른 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서에 있어서, 상기 자동 거리 조절 장치는 피에조 액츄에이터로 이루어지며, 상기 피에조 액츄에이터는 상기 신호처리부로부터 제공되는 제1 구동 신호에 따라 광축을 기준으로 하여 상기 광원부를 전후방향으로 이동시켜, 상기 광원부의 레이저 발생기와 상기 SPR 시스템의 프리즘과의 이격 거리를 조정하며, 상기 신호 복조부는 복인-앰프 및 RMS 회로부 중 하나로 구성되는 것이 바람직하다.

[0013] 본 발명의 제2 특징에 따른 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서는, 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명 효과에 의한 측정 신호를 발생시키고, 발생된 측정 신호를 변조하여 출력하는 SPR 시스템; 상기 SPR 시스템으로 광을 제공하고, 상기 SPR 시스템으로부터 피드백되는 측정 신호를 감지하여 출력하는 광원부; 상기 광원부와 상기 SPR 시스템과의 이격 거리를 조정하는 자동 거리 조절 장치; 상기 광원부로부터 측정 신호가 입력되고, 입력된 측정 신호의 AC 신호와 DC 신호를 분리하고, DC 신호에 따라 자동 거리 조절 장치를 구동하는 제1 구동 신호를 생성하여 제공하는 구동 제어부; 상기 구동 제어부로부터 제공되는 AC 신호를 이용하여 표면 플라즈몬 공명 효과에 따른 시료의 특성을 검출하는 신호 처리부;를 구비한다.

[0014] 전술한 제2 특징에 따른 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서에 있어서, 상기 SPR 시스템은, 입사면, 반사면, 출사면을 구비하여 입사면으로 입사되는 빛을 출사면으로 반사시키는 프리즘; 상기 프리즘의 반사면의 뒷면에 장착되고 시료가 주입되는 시료 주입 채널; 상기 프리즘의 출사면에 인접하여 배치되거나 출사면으로부터 일정 거리 이격되어 배치되는 거울; 프리즘과 거울을 미세 진동시키는 진동 모터; 상기 진동 모터를 변조 주파수(ω)로 구동시키기 위한 구동 신호를 생성하여 진동 모터를 구동시키는 진동 제어부; 를 구비하여, 상기 광원부로부터 제공된 빛이 프리즘의 입사면으로 입사된 후 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명 효과에 의한 측정 신호가 생성되고, 상기 측정 신호는 변조 주파수(ω)에 의해 변조되어 광원부로 피드백되며, 피드백되는 측정 신호를 복조하여 위상 신호 및 반사율을 검출하는 것이 바람직하다.

[0015] 전술한 제2 특징에 따른 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서에 있어서, 광원부는, 빛을 방출하는 레이저 발생기; 상기 레이저 발생기로부터 방출되는 빛을 시준하는 시준 렌즈; 상기 시준 렌즈를 통과한 빛의 P 편광 성분을 출력하는 편광자; 상기 레이저 발생기의 뒷면에 배치되어 상기 레이저 발생기로 피드백되는 측정 신호를 감지하는 수광 소자;를 구비하는 것이 바람직하다.

[0016] 전술한 제2 특징에 따른 빛살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서에 있어서, 상기 구동 제어부는, 상기 광원부로부터 입력되는 측정 신호로부터 DC 신호를 검출하는 DC 검출부; 상기 DC 검출부에 의해 검출된 DC 신호를 이용하여 자동 거리 조절 장치를 구동하기 위한 제1 구동 신호를 생성하여 출력하는 제1 제어부; 상기 광원부로부터 입력되는 측정 신호의 AC 신호를 복조하여 출력하는 제2 제어부; 를 구비하고, 상기 제2 제어부는

신호 복조부로 구성되며, 상기 신호 복조부는 변조 주파수(ω)를 갖는 기준 신호를 이용하여 측정 신호의 AC 신호를 복조하여 신호 처리부로 제공하는 것이 바람직하다.

- [0017] 전술한 제2 특징에 따른 빗살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서에 있어서, 상기 자동 거리 조절 장치는 피에조 액츄에이터로 이루어지며, 상기 피에조 액츄에이터는 상기 신호처리부로부터 제공되는 제1 구동 신호에 따라 광축을 기준으로 하여 상기 광원부를 전후방향으로 이동시켜, 상기 광원부의 레이저 발생기와 상기 SPR 시스템의 프리즘과의 이격 거리를 조정하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따른 빗살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서는 SPR 시스템에 사용되는 프리즘에 미세 진동을 가하는 방식의 새로운 방식을 채택하였다. 즉, 바이오 개체들의 작은 변화에도 공명각의 조건에 따른 변화(반사율 및 위상)를 SPR 시스템에 사용된 프리즘을 미세 진동시켜 반사율과 위상신호를 변조하고 변조된 신호를 거울을 통해 동일경로로 반사시켜 다시 광원인 레이저 발생기 내로 재유입시키는 광 되먹임 방식을 채택함으로써, 매우 높은 감지율을 가짐과 동시에 장치의 전체적인 크기 또한 소형화를 보장받을 수 있다.
- [0019] 또한, 본 발명에 따른 빗살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서는 자동거리 조절 장치를 구비하고, 측정 신호의 DC 신호를 자동 거리 조절 장치의 되먹임 신호로 사용함으로써, 레이저 발생기와 SPR 시스템의 프리즘에 의해 형성되는 외부 공진계의 공진 거리를 조정할 수 있게 된다. 그 결과, 외부 공진계의 광경로가 온도, 노이즈 등과 같은 외부 환경에 영향을 받게 되는 것을 보정할 수 있게 되고, 그 결과, 항상 감지율이 최대인 지점을 유지하여 높은 감지율을 얻을 수 있게 된다.
- [0020] 또한, 본 발명에 따른 빗살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서는 측정 신호의 AC 신호를 복조하여 lock-in 증폭기 혹은 RMS 신호로 변환하여 바이오 개체의 반응에 대응하는 표면플라즈몬 효과에 의한 위상신호를 검출하게 된다.
- [0021] 또한, 본 발명에 따른 빗살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오 센서는 기존의 바이오 센서에 비해 매우 높은 감지율을 가지면서도 그 크기를 매우 작게 만들 수 있으며, 분광기, 모터 등의 고가의 장비가 필요치 않는다. 또한, 광학적 정렬이 비교적 용이하여 산업화에 유리하다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 바이오센서의 구조를 개략적으로 도시한 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 바이오센서의 광원부(100) 및 자동 거리 조절 장치(150)를 개략적으로 도시한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 바이오 센서의 SPR 시스템의 구조를 개략적으로 도시한 구성도이다.
- 도 4는 본 실시예에 따른 프리즘의 구조 및 거울의 배치 위치를 도식적으로 표시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 구동 제어부(140)의 구조를 도시한 블록도이다.
- 도 6은 일반적으로 표면 플라즈몬 효과에 의한 반사율 및 위상 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 제2 실시예에 따른 바이오센서의 구조를 개략적으로 도시한 블록도이다.
- 도 8은 본 발명의 제3 실시예에 따른 바이오센서의 구조를 개략적으로 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 빗살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오센서의 구조 및 동작에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0024] 제1 실시예

- [0025] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 빗살 되먹임 광원을 이용한 표면 플라즈몬 바이오센서의 구조를 개략적으로 도시한 블록도이다. 본 실시예에 따른 바이오 센서(1)는 측정광을 제공하고 피드백되는 측정 신호를 검출하

는 광원부(100), 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance: 'SPR') 효과를 발생하는 SPR 시스템(120), 광원부로부터 입력되는 측정 신호에 따라 광원부 및 SPR 시스템의 구동을 제어하는 구동 제어부(140), 상기 광원부와 SPR 시스템의 거리를 자동으로 조절하는 자동 거리 조절 장치(150), 및 측정 신호를 이용하여 시료의 특성을 검출하는 신호 처리부(160)를 구비한다. 전술한 구성을 갖는 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서(1)는 광원부로부터 제공되는 광이 SPR 시스템으로 입사되고, SPR 시스템은 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명 효과를 발생시키게 되며, 신호 처리부(160)는 SPR 시스템으로부터 피드백된 측정 신호들을 이용하여 시료의 특성을 검출한다. 이때, SPR 시스템의 프리즘이 미세 회전 진동함에 따라 공명각이 매우 작은 각으로 변하므로, 이에 대응하는 복소 반사율이 변하게 되고, 그 결과 시료에 대한 표면 플라즈몬 공명 효과에 의해 발생하는 측정 신호가 변조된다. 이렇게 변조된 측정 신호는 광원부로 다시 피드백되며, 광원부로 피드백된 상기 측정 신호를 복조하여 시료의 특성을 최종적으로 검출하게 된다. 이때, 광원부로 피드백된 상기 측정 신호는 변조 주파수와 관련된 AC 신호와 변조 주파수와 무관한 DC 신호로 분리될 수 있다.

[0026] 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오센서는 항상 최대의 감지율을 유지하기 위하여 자동 거리 조절 장치를 구비하는 것을 특징으로 한다. 일반적으로 광원부의 레이저 발생기와 SPR 시스템의 거울간에 형성되는 광 경로에 따라 측정되는 신호의 크기가 달라지게 되며, 이러한 광 경로는 온도, 노이즈 등과 같은 외부 환경에 의해 변하게 된다. 따라서, 바이오 센서는 외부 환경과는 무관하게 신호의 기울기가 가장 큰 광 경로(즉, 감지율이 최대인 지점)를 유지하는 것이 바람직하다. 따라서, 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오센서는 자동 거리 조절 장치를 이용하여 전술한 광 경로의 변경을 보정하여 항상 최대의 감지율을 유지한다. 본 실시예에 따른 바이오센서는 광 경로를 보정하기 위하여, 구동 제어부가 광원부의 수광 소자에 의해 측정된 신호 중 DC 신호를 검출하고, 검출된 DC 신호에 따라 최대 감지율을 유지할 수 있도록 자동 거리 조절 장치를 구동하여, 광원부와 SPR 시스템과의 거리를 조정한다.

[0027] 또한, 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오센서는 감지가 가능한 동적 범위(Dynamic Range)를 최대한으로 넓게 확보하기 위하여 SPR 시스템이 공명각을 추종하도록 프리즘과 거울을 회전시키는 것을 특징으로 한다.

[0028] 이하, 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서를 구성하는 각 요소들의 구조 및 동작에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0029] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오센서의 광원부(100) 및 자동 거리 조절 장치(150)를 개략적으로 도시한 블록도이다. 도 2를 참조하면, 상기 광원부(100)는 레이저(LASER) 발생기(102), 레이저 발생기의 전면면에 배치되는 시준 렌즈(104), 레이저 발생기의 후면에 배치되는 수광 소자(106), 상기 시준 렌즈와 SPR 시스템(120)의 프리즘 사이에 배치되는 편광자(108)를 구비한다. 상기 자동 거리 조절 장치(150)는 상기 레이저 발생기, 시준렌즈, 수광 소자를 하우징하는 케이스(도시되지 않음)에 장착되는 것이 바람직하다. 한편, 광원부의 레이저 발생기와 SPR 시스템은 외부 공진계(External cavity)를 형성하게 된다. 상기 레이저 발생기는 레이저 또는 레이저 다이오드 등이 사용될 수 있다.

[0030] 상기 레이저 발생기(102)는 일정 주파수의 광을 생성하여 SPR 시스템으로 출력하며, 레이저 발생기로부터 출력된 광은 레이저 발생기의 전면면에 배치된 시준 렌즈 및 편광자를 통해 SPR 시스템으로 입사한다. 상기 편광자는 레이저 발생기로부터 출력되어 시준 렌즈를 통과한 빛의 P 편광 성분만을 출력하여 SPR 시스템으로 제공하게 된다. 상기 수광 소자(106)는 레이저 발생기의 후면에 배치되어 레이저 발생기의 후면으로 출력되는 광을 감지하여 측정 신호로서 구동 제어부로 제공한다. SPR 시스템으로부터 피드백되는 측정 신호가 레이저 발생기의 전면으로 재입사되면, 재입사된 신호의 일부가 레이저 발생기의 후면으로 출력된다. 따라서, 레이저 발생기의 후면에 배치된 수광 소자는 레이저 발생기로부터 출력되는 측정 신호를 감지하게 된다.

[0031] 상기 자동 거리 조절 장치(150)는 미세 구동이 가능한 피에조 액츄에이터로 구성되는 것이 바람직하다. 상기 자동 거리 조절 장치(150)는 구동 제어부(140)로부터 제공되는 피에조 구동 신호에 따라 광원부(100)를 광축 방향을 따라 전후로 이동시킴으로써, 광원부와 SPR 시스템과의 이격 거리를 조정하게 된다. 이와 같이, 광원부와 SPR 시스템과의 이격 거리를 조정함에 따라, 광원부와 SPR 시스템의 거울사이에 형성되는 외부 공진계(External Cavity)의 공진 거리를 조정하게 된다. 본 발명에 따른 바이오 센서는 외부 공진계의 공진 거리를 측정 신호의 DC 성분에 따라 조정함으로써, 측정 감도가 가장 높은 위치를 항상 유지할 수 있게 된다.

[0032] 도 6은 일반적으로 표면 플라즈몬 효과에 의한 반사율 및 위상 변화를 나타내는 그래프이다. 도 6을 참조하면, 반사율은 공명각에서 최소가 되며, 위상값은 공명각에서 최대 변화가 일어남을 알 수 있다.

[0033] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서의 SPR 시스템의 구조를 개략적으로 도시한 구성

도이다. 도 3을 참조하면, 본 실시예에 따른 SPR 시스템(120)은, 프리즘(122), 프리즘의 반사면의 뒷면에 배치되는 시료 주입 채널(124), 프리즘으로부터 출사되는 광축과 수직되도록 배치되는 거울(126), 상기 프리즘과 거울을 미세 진동시키는 진동 모터(135), 사전에 설정된 변조 주파수(ω)로 상기 진동 모터를 진동시키기 위한 구동 신호를 생성하여 진동 모터로 제공하는 진동 제어부(138), 구동 제어부로부터 제공되는 회전 모터 구동 신호에 따라 프리즘을 회전시키는 회전 모터(136)를 구비한다. 상기 프리즘은 반사 프리즘으로 구성되며, 입사면('a'), 반사면('b') 및 출사면('c')을 구비한다. 따라서, 상기 광원부로부터 제공되는 빛은 상기 프리즘(122)의 입사면('a')으로 입사하여 반사면('b')에서 반사되어 출사면('c')을 통과한 후 거울(126)에 의해 재반사되어 광원부로 피드백하게 된다.

[0034] 도 4는 본 실시예에 따른 프리즘의 구조 및 거울의 배치 위치를 도식적으로 표시한 도면이다. 상기 프리즘(122)은 입사면('a'), 반사면('b'), 출사면('c')을 구비하며, 입사면과 출사면은 도 4의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이 수직으로 배치되거나 반구형으로 형성될 수도 있다. 한편, 도 4의 (c) 및 (d)에 도시된 바와 같이, 거울(126)은 프리즘으로부터 출사되는 빛의 경로와 수직되게 배치되어야 하며, 프리즘의 출사면으로부터 일정 거리 이격되어 배치되거나 출사면에 완전히 접하도록 배치시킬 수도 있다. 특히 거울(126)을 프리즘의 출사면에 완전히 접하도록 배치시킴으로써, 출사면과 거울 사이에 놓여지는 공기 등에 의한 굴절율의 변화를 무시할 수 있게 되어 바이오 센서의 감지 성능을 더욱 더 향상시킬 수 있게 된다.

[0035] 시료 주입 채널(124)은 프리즘의 반사면의 뒷면에 장착되며, 측정하고자 하는 시료가 주입되는 입구(130), 주입된 시료가 반사면의 뒷면을 따라 흐르는 통로(132), 통로를 통과한 시료가 배출되는 출구(134)를 구비한다. 주입된 시료가 흘러가는 통로(132)는 바이오 센서의 감지 성능을 향상시키기 위하여, 프리즘의 반사면과 가능한 한 넓은 면적이 서로 접하도록 형성되는 것이 바람직하다.

[0036] 진동 모터(135)는 사전에 설정된 변조 주파수(ω)에 따라 상기 프리즘과 거울을 미세 진동시킨다. 진동 모터를 이용하여 프리즘을 변조 주파수에 따라 미세 진동시킴으로써, 프리즘에 의해 반사되는 빛의 반사율 및 위상값을 변조시켜 광원부로 피드백시키게 된다. 따라서, 시료 주입 채널에 주입된 시료에 따라, SPR 시스템의 프리즘으로 입사된 빛은 표면 플라즈몬 공명 효과에 의해 반사율이 변화되고, 시료에 따라 변화된 반사율에 대한 정보를 포함하는 빛의 위상값을 변조시켜 광원부로 피드백된다. 상기 진동 제어부(138)는 진동 모터(135)를 변조 주파수에 따라 진동시키기 위한 구동 신호를 생성하여 진동 모터로 제공한다. 한편, 상기 진동 제어부는 상기 변조 주파수를 구동 제어부로 제공하여, 구동 제어부가 측정 신호를 복조할 때 사용하도록 한다.

[0037] 상기 회전 모터(136)는 구동 제어부(150)의 프리즘 제어부로부터 제공되는 회전 모터 구동 신호에 의해 구동되어 프리즘을 회전시킴으로써, 프리즘의 공명각을 추종하여 프리즘의 회전 각도를 변경시키게 된다. 이와 같이, 프리즘의 공명각을 추종하도록 함으로써, 바이오 센서의 감지 가능한 동적 범위(Dynamic Range)를 최대한으로 넓게 확보할 수 있게 된다. 상기 회전 모터는 DC 서보 모터를 사용할 수 있다.

[0038] 상기 광원부(100)의 수광 소자(106)는 SPR 시스템(120)으로부터 피드백된 측정 신호를 감지하여, 구동 제어부(140)로 전송한다. 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 구동 제어부(140)의 구조를 도시한 블록도이다. 도 5를 참조하면, 본 실시예에 따른 구동 제어부(140)는 전류/전압 컨버터(142), DC 검출부(144), 광원 제어부(146), 전압 증폭부(147), 신호 복조부(148) 및 프리즘 제어부(149)를 구비한다.

[0039] 상기 전류/전압 컨버터(142)는 상기 수광 소자로부터 제공되는 전류값을 전압값으로 변환하여 출력한다.

[0040] 상기 DC 검출부(144)는 저역통과필터(Low Pass Filter)로 구성되어, 상기 전류/전압 컨버터로부터 출력되는 신호로부터 DC 신호를 검출하여 출력한다.

[0041] 상기 광원 제어부(146)는 상기 DC 검출부로부터 제공되는 DC 신호에 따라 광원부의 자동 거리 조절 장치(150)를 제어하기 위한 피에조 구동 신호를 생성한 후, 전압 증폭부(147)를 통해 증폭하여 자동 거리 조절 장치로 출력한다. 이와 같이, 측정 신호의 DC 신호에 따라 광원부의 자동 거리 조절 장치의 구동시켜 광원부의 레이저 발생기의 위치를 조정함으로써, 레이저 발생기와 SPR 시스템에 의해 형성되는 외부 공진계의 공진 거리를 조정하게 된다. 그 결과, 본 실시예에 따른 바이오 센서는 외부 공진계의 감지율이 가장 높은 위치를 항상 유지할 수 있게 된다.

[0042] 상기 신호 복조부(148)는 복인 앰프 또는 RMS 회로부로 구성될 수 있다. 상기 복인 앰프는 SPR 시스템을 미세 진동시키는 변조 주파수(ω)를 갖는 기준 신호를 이용하여 상기 전류/전압 컨버터로부터 출력되는 측정 신호 중 AC 신호를 복조한다. 상기 프리즘 제어부(149)는 상기 복인 앰프에 의해 복조된 AC 신호의 위상값으로부터 공명각의 변화를 검출하고, 검출된 공명각의 변화량에 따라 SPR 시스템의 공명각을 추종하도록 회전 모터 구동 신호

를 생성한 후 SPR 시스템의 회전 모터로 제공하여 회전 모터를 구동시킨다.

[0043] 상기 신호 처리부(160)는 컴퓨터 등으로 구성되며, 구동 제어부(140)의 신호 복조부(148)로부터 제공되는 AC 신호를 이용하여 최종적으로 시료의 특성을 검출한다.

[0044] 본 실시예에 따라 진술한 구조를 갖는 빗살 되먹임 바이오 센서는 SPR 시스템의 프리즘을 미세 회전 진동함에 따라 광 되먹임에 의한 레이저 발생기의 세기 변화로부터 시료인 바이오 개체들의 상호 반응에 대응하는 표면 플라즈몬 공명 효과에 의해 변하는 위상 변화를 측정할 수 있다.

[0045] 제2 실시예

[0046] 도 7은 본 발명의 제2 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서의 구조를 개략적으로 도시한 블록도이다. 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서(2)는 측정광을 제공하고 피드백 신호를 검출하는 광원부(600), 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance: 'SPR') 효과를 발생하는 SPR 시스템(620), 광원부로부터 입력되는 신호를 처리하는 구동 제어부(640), 상기 광원부와 SPR 시스템의 거리를 자동으로 조절하는 자동 거리 조절 장치(650), 및 시료의 특성을 검출하는 신호 처리부(660)를 구비한다. 진술한 구성을 갖는 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서(2)는 진술한 제1 실시예에 따른 바이오 센서(1)와 대부분 유사하나, 다만 SPR 시스템을 공명각을 추종하여 회전시키는 회전 모터를 구비하지 아니하며, 구동 제어부의 프리즘 제어부를 구비하지 않는다는 점에서 차이가 있다. 특히 본 실시예에 따른 구동 제어부의 신호 복조부는 록인 앰프(Lock-in Amplifier)로 구성된다.

[0047] 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서는 항상 최대의 감지율을 유지하기 위하여 자동 거리 조절 장치를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0048] 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서는 제1 실시예의 감지율 및 신호 검출 방식은 동일하다. 다만, 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서는 제1 실시예의 바이오 센서와는 달리 구동 제어부의 프리즘 제어부 및 SPR 시스템의 회전 모터를 구비하지 아니하므로, 공명각이 크게 변하게 되면 SPR 시스템에 의해 변조되는 반사율의 크기가 커지게 되어 시스템이 불안정해진다. 하지만, 일반적으로 빗살 되먹임 바이오 센서의 검출 한계가 매우 작은 펄토몰 혹은 아토몰 수준인 경우이므로, 구동에는 전혀 문제되지 않게 된다.

[0049] 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서는 제1 실시예에 비해 보다 소형으로 저가의 비용으로 제작가능하다.

[0050]

[0051] 제3 실시예

[0052] 도 8은 본 발명의 제3 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서의 구조를 개략적으로 도시한 블록도이다. 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서(3)는 측정광을 제공하고 피드백 신호를 검출하는 광원부(700), 시료에 따른 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance: 'SPR') 효과를 발생하는 SPR 시스템(720), 광원부로부터 입력되는 신호를 처리하는 구동 제어부(740), 상기 광원부와 SPR 시스템의 거리를 자동으로 조절하는 자동 거리 조절 장치(750), 및 시료의 특성을 검출하는 신호 처리부(760)를 구비한다. 진술한 구성을 갖는 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서(2)는 진술한 제1 실시예에 따른 바이오 센서(1)와 대부분 유사하나, 다만 SPR 시스템을 공명각을 추종하여 회전시키는 회전 모터를 구비하지 아니하며, 구동 제어부의 프리즘 제어부를 구비하지 않는다는 점에서 차이가 있으며, 구동 제어부의 록인 앰프를 대신하여 RMS 회로부를 구비하는 점에서 차이가 있다.

[0053] 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서는 항상 최대의 감지율을 유지하기 위하여 자동 거리 조절 장치를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0054] 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서의 구동 제어부(740)는 RMS 회로부는 전류/전압 컨버터로부터 출력되는 신호로부터 AC 신호를 입력받고, 밴드패스필터를 이용하여 상기 입력된 AC 신호로부터 ω , 2ω 신호를 분리하여 rms(root mean square) 값을 구한 후 신호의 크기를 출력한다. 상기 RMS 회로부는 마이크로프로세서를 이용하여 처리될 수도 있다.

[0055] 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서는 소형화 및 저가화가 가능하며, 전원만 인가되면 독립적인 바이오 센서 기능을 수행할 수 있게 된다. 다만, 본 실시예에 따른 빗살 되먹임 바이오 센서는 제1 및 제2 실시예에 비

해 필터링할 수 있는 노이즈의 양이 상대적으로 작기 때문에 SNR은 약간 떨어질 것이나, 검지율이 상대적으로 높은 특성을 갖게 된다.

[0056] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

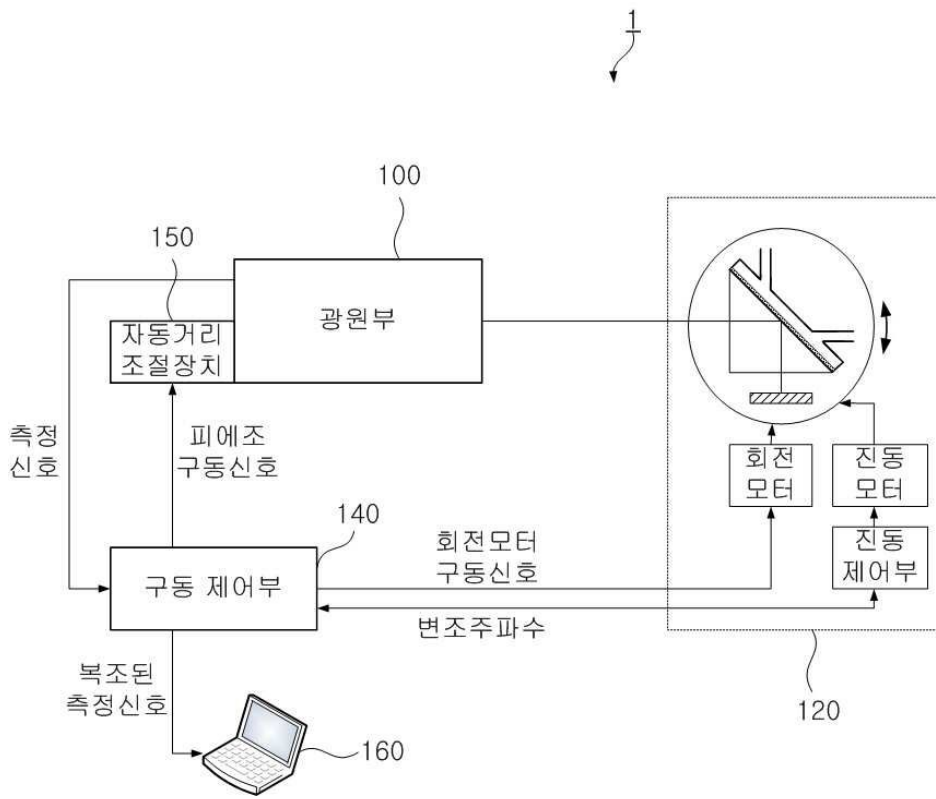
[0057] 본 발명에 따른 빛살 되먹임 바이오 센서는 검지율이 높으면서도 소형화 및 저가화가 가능하므로, 산업계 및 연구실 등의 다양한 곳에서 바이오 객체를 검지하기 위한 센서로서 널리 사용될 수 있다.

부호의 설명

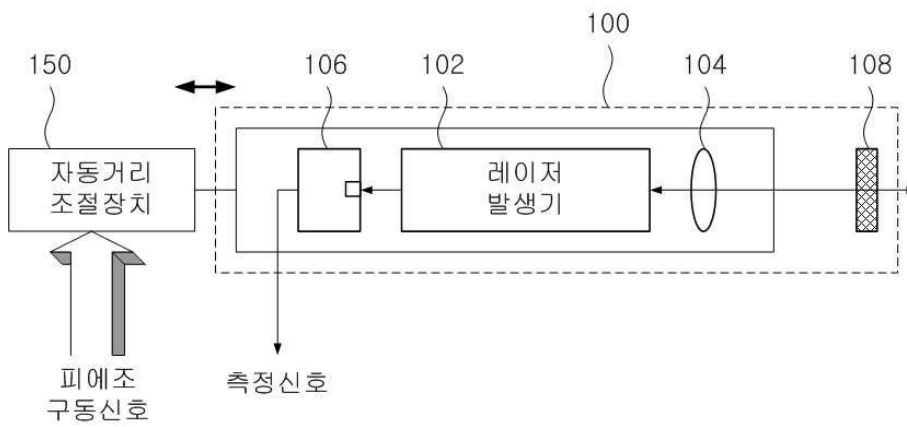
[0058] 1, 2, 3 : 빛살 되먹임 바이오 센서
 100, 600, 700 : 광원부
 120, 620, 720 : SPR 시스템
 140, 640, 740 : 구동 제어부
 150, 650, 750 : 자동 거리 조절 장치
 160, 660, 760 : 신호 처리부
 122 : 프리즘
 124 : 시료 주입 채널
 126 : 거울
 135 : 진동 모터
 138 : 진동 제어부
 136 : 회전 모터
 102 : 레이저 발생기
 104 : 시준 렌즈
 106 : 수광 소자
 108 : 편광자
 142 : 전류/전압 컨버터
 144 : DC 검출부
 146 : 광원 제어부
 147 : 전압 증폭부
 148 : 신호 복조부
 149 : 프리즘 제어부

도면

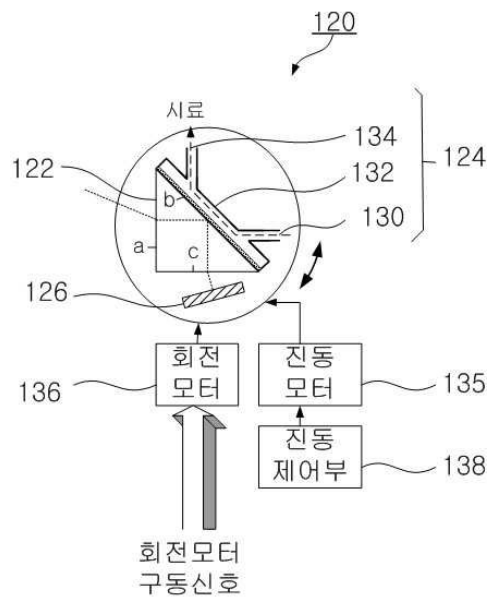
도면1



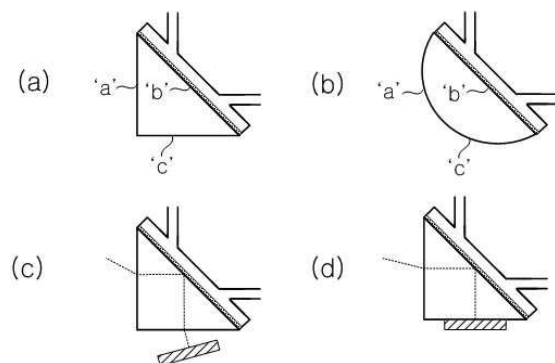
도면2



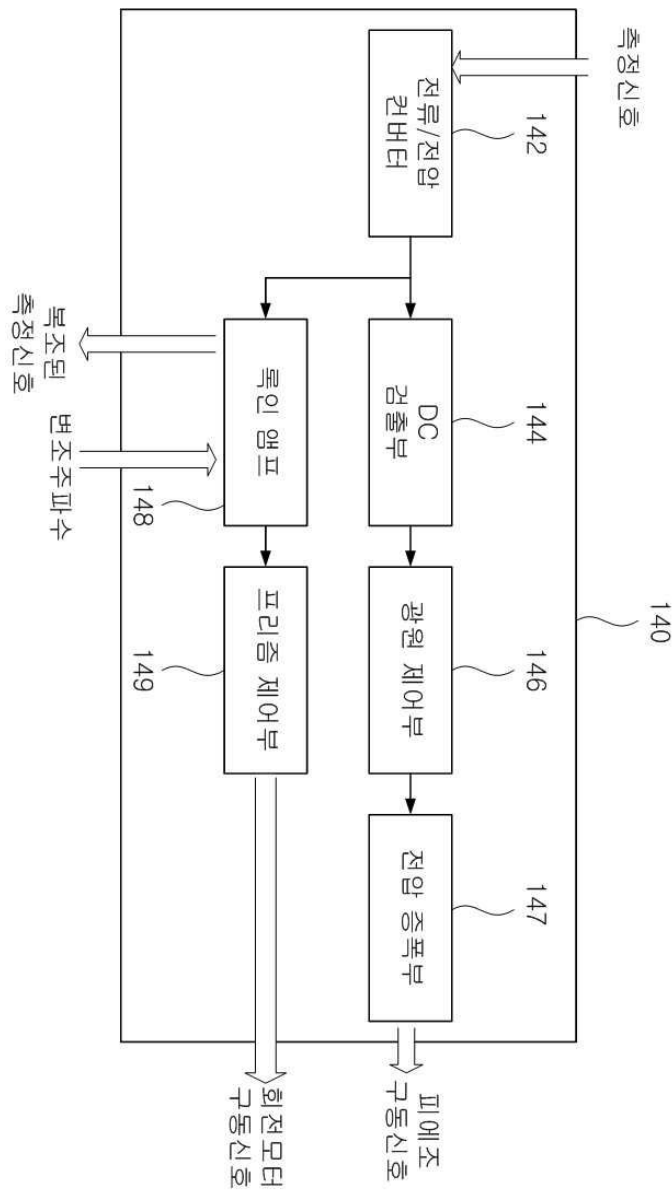
도면3



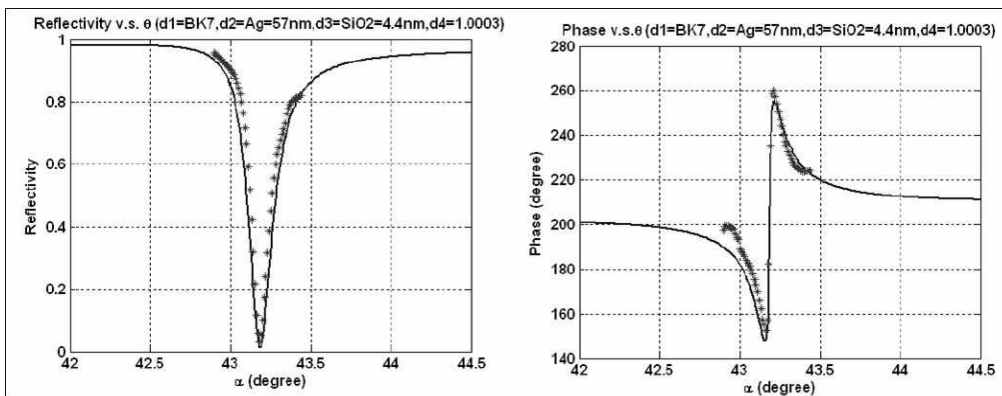
도면4



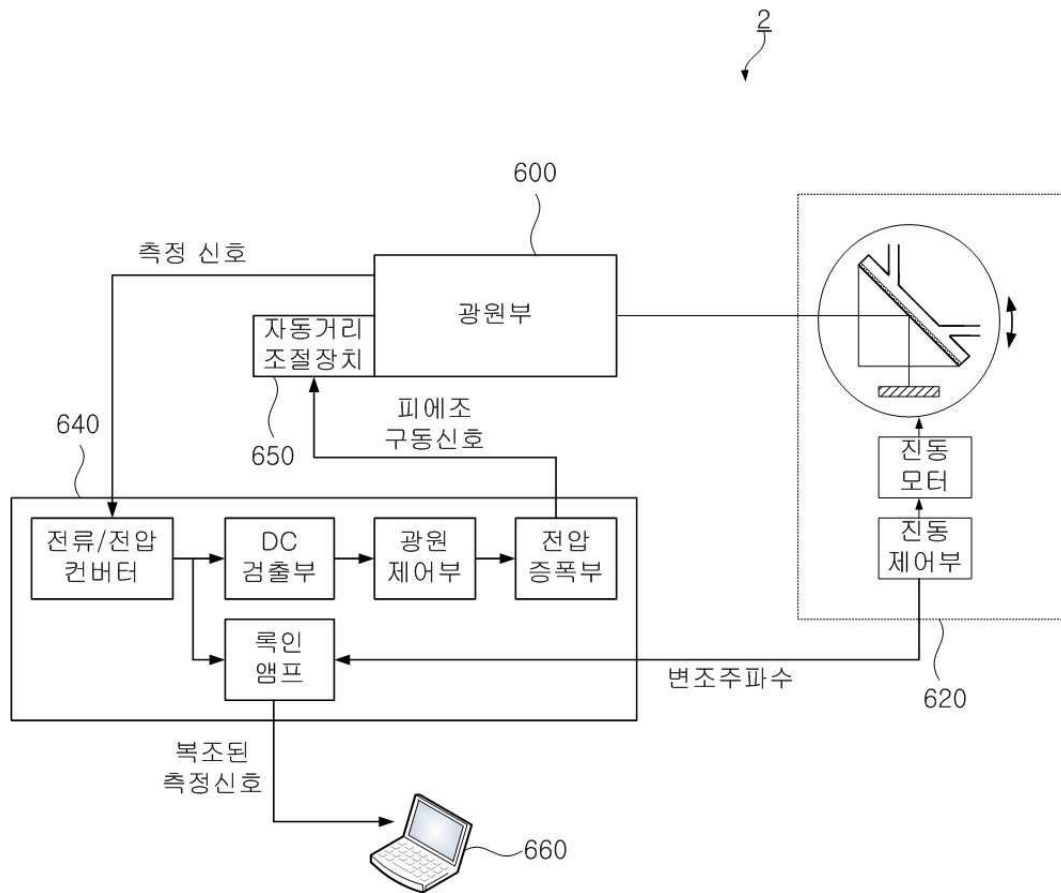
도면5



도면6



도면7



도면8

