



- (51) 국제특허분류: **G01B 9/04** (2006.01) **G01B 9/02** (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/002290
- (22) 국제출원일: 2012년 3월 28일 (28.03.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2011-0066227 2011년 7월 5일 (05.07.2011) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **서강대학교 산학협력단 (INDUSTRY-UNIVERSITY CO-OPERATION FOUNDATION SOGANG UNIVERSITY)** [KR/KR]; 121-742 서울특별시 마포구 신수동 1번지 서강대학교 데이아르관 306호, Seoul (KR).
- (72) 발명자: **김**
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **조규만 (CHO, Kyu Man)** [KR/KR]; 142-070 서울특별시 강북구 수유 6동 530-1 현대빌라 4동 201호, Seoul (KR). **박영규 (PARK, Young Kyu)** [KR/KR]; 402-080 인천광역시 남

구 관교동 삼환 2 차아파트 201동 408호, Incheon (KR).

(74) 대리인: **이지연 (LEE, Ji-Yeon)**; 151-832 서울특별시 관악구 인현동 1659-2 청동빌딩 301호, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

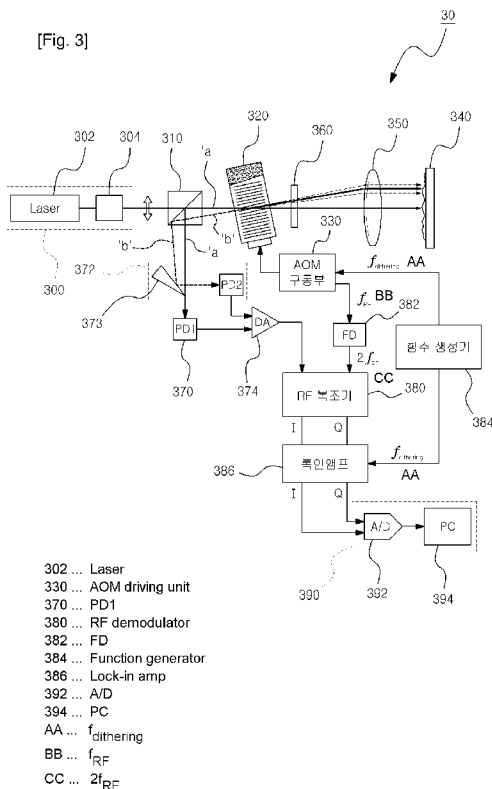
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: LOCAL SLOPE SCANNING INTERFERENCE MICROSCOPE USING AN ACOUSTO-OPTIC DEVICE

(54) 발명의 명칭 : 음향광학장치를 이용한 국부기울기 주사 간섭 현미경

[Fig. 3]



(57) Abstract: The present invention relates to a scanning interference microscope. The scanning interference microscope according to the present invention comprises: a light source; a polarized beam splitter (PBS); an acousto-optic (AO) device; an AO driving unit for driving the AO device according to a modulated frequency (f_{RF}) for dithering within a frequency variable range (Δf) and on the basis of a center modulated frequency (f_{RF0}); a photodetector for detecting an interference signal of a signal light and a reference light; an RF demodulator using a modulated frequency in order to demodulate and output the interference signal; a lock-in amp using a dithering frequency ($f_{dithering}$) in order to demodulate and output a signal supplied from the RF demodulator; a function generator for generating a dithering signal having a preset amplitude (A) and the dithering frequency ($f_{dithering}$) and supplying the generated dithering signal to the AO driving unit, and supplying the dithering frequency ($f_{dithering}$) to the lock-in amp; and a controller using a signal outputted by the lock-in amp in order to detect information on a sample. The scanning interference microscope according to the present invention uses the AO device, which is capable of: varying the modulated frequency in order to obtain information on a local slope of the sample, in order to be able to accurately measure the surface of the sample; and measuring the amount of change in the overall slope of the sample caused by an external change (noise), so as to be capable of taking a more stable measurement.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, —
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를
접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙
48.2(h))

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명은 주사 간섭 현미경에 관한 것이다. 본 발명에 따른 주사 간섭 현미경은, 광원; 편광빔스플리터(PBS); 음향 광학 장치(AO Device); 중심변조주파수(f_{RF0})를 기준으로 하여 주파수 가변 범위(Δf)내에서 디더링(dithering)되는 변조 주파수(f_{RF})에 따라 AO 장치를 구동시키는 AO 구동부; 신호빛과 기준빛의 간섭 신호를 검출하는 광검출소자; 변조주파수를 이용하여 상기 간섭 신호를 복조하여 출력하는 RF 복조기; 상기 RF 복조기로부터 제공되는 신호를 디더링 주파수($f_{dithering}$)를 이용하여 복조하여 출력하는 복인앰프; 사전 설정된 진폭(A)과 디더링 주파수($f_{dithering}$)를 갖는 디더링 신호를 생성하여 AO 구동부로 제공하고 상기 디더링 주파수($f_{dithering}$)를 상기 복인앰프로 제공하는 함수 생성기; 상기 복인앰프로부터 출력된 신호를 이용하여 샘플에 대한 정보를 검출하는 제어부;를 구비한다. 본 발명에 따른 주사 간섭 현미경은 변조주파수를 변동시킬 수 있는 음향광학장치를 이용하여 샘플의 국부기울기에 대한 정보를 획득함으로써, 샘플의 표면을 정확하게 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 외부의 변화(noise)로 인한 샘플의 전반적인 기울기 변화도 측정 가능하여 보다 안정적인 측정이 가능해진다.

명세서

발명의 명칭: 음향광학장치를 이용한 국부기울기 주사 간섭 현미경 기술분야

- [1] 본 발명은 주사 간섭 현미경에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 변조중심주파수를 기준으로 주파수 가변범위 내에서 디더링(dithering)되는 변조주파수에 따라 스위프(sweep)되는 신호빔을 이용하여 샘플의 국부 기울기에 대한 정보를 획득함으로써, 온도변화, 음향잡음 등의 외부 잡음 및 샘플의 기울기 등에 의한 위상변화에 상관없이 샘플의 표면을 정확히 측정할 수 있는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 음향-광 변조기(Acousto-Optic Modulator; 이하 'AOM'이라 한다)는 이산화텔루르나 수정 단결정 등에 초음파를 전반사시킴으로써, 그 결정내에 주기적으로 굴절 구조를 만드는 소자이다. 이것이 회절 격자의 역할을 하게 되어, 레이저광이 입사되면 굴절 비율 주기에 따라 회절하여 출력되는 특성을 갖는다. 도 1은 일반적인 음향-광 변조기의 동작을 설명하기 위하여 도시한 그림이다. 도 1에 도시된 바와 같이, AOM으로 입사된 빔살(Incident Beam)은 주파수의 변조없는 영차 빔살(Zero-Order Beam), 변주 주파수에 의해 변조된 1차 빔살(First-Order Beam)로 나뉘며, 이들 빔살들은 일정 각도로 분리되어 출력된다.
- [3] 단일의 AOM을 사용하여 간섭계를 구성하는 경우, 이를 복조하기 위하여 고속이면서도 고가의 A/D 컨버터 및 복조기가 필요하다. 따라서, 일반적으로 2개의 AOM을 사용하여 비트 주파수(beat frequency)를 수 kHz로 사용한다. 이와 같이 2개의 AOM을 사용하는 경우 빔 정렬이 어려워질 뿐만 아니라 제작 비용이 증가하는 문제가 있다.
- [4] 한편, 단일의 AOM을 사용하여 간섭계를 구성하는 경우, 빔을 나눈 뒤 다시 합치기 위하여 많은 광학 소자들이 필요하기 때문에 전체 시스템이 복잡해지고 빔정렬이 어려워지며, 그 결과 노이즈가 증가되는 문제점이 발생한다.
- [5] 또한, AOM의 고유 특징으로 AOM의 주파수를 변조할 경우, AOM에서 deflection된 빛의 위치 및 각도가 변하게 되는 문제점이 있다. 또한, AOM으로 입력되는 빛의 파장이 여러 파장이거나 파장이 변하게 되는 경우, deflection 각도가 파장에 따라 달라지므로 다파장 간섭계에서 응용이 어려워지는 문제점이 발생한다.
- [6] 도 2는 종래의 AOM을 이용한 헤테로다인 간섭계를 도시한 것이다. 도 2에 도시된 헤테로다인 간섭계는 K. Kokkonen, 등에 의해 "Scanning heterodyne laser interferometer for phase-sensitive absolute-amplitude measurements of surface vibrations"의 제목으로 제안된 것이다. 도 2의 헤테로다인 간섭계는 AOM에서

나온 빛을 모두 사용하는 Single-Pass AOM 간섭계로서, 추후 두 빛살을 다시 합치기 위하여 3개의 거울 및 PBS가 사용되었으며, 간섭을 시키기 위하여 Polarizer를 사용하고 있다. 또한, AOM에서 나온 빛살의 각도가 수 밀리라디안 정도이므로 중앙에 PBS를 놓기 위해서 상당한 거리를 이격시켜 배치하여야 된다. 전술한 종래의 Single-Pass AOM 헤테로다인 간섭계는 AOM을 통과한 빛살들을 합치기 위하여 다수 개의 광학 소자들을 사용하여야 되므로 그 구조가 복잡할 뿐만 아니라 빔정렬이 용이하지 않은 문제점이 발생한다.

- [7] 특히, 도 2의 헤테로다인 간섭계를 이용하여 주사현미경을 구성하여 샘플의 표면을 분석하는 경우, 온도 변화, 기울기 변화와 같은 외부 환경의 변화가 발생했을 경우, 이것이 노이즈에 대한 요소인지 실제 샘플의 표면 측정값인지 구분할 방법이 없어 정확한 측정이 어렵다는 문제점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 중심 변조주파수(f_{RF0})를 기준으로 하여 주파수 가변 범위(Δf)내에서 디더링되는 변조주파수(f_{RF})에 따라 스위프(sweep)되는 신호빛을 이용하여 샘플의 국부 기울기 정보를 획득함으로써, 샘플의 표면을 정확하게 측정할 수 있는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경을 제공하고자 하는 것이다.

과제 해결 수단

- [9] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경의 특징은, 빛살을 제공하는 광원; 상기 광원으로부터 제공되는 빛살을 편광 상태에 따라 투과시키거나 반사시키는 편광빔스플리터(PBS); 상기 PBS로부터 제공되는 빛살을 제1 빛살과 제2 빛살로 나누고, 제1 빛살과 제2 빛살을 일정 각도로 분리하여 출력하는 음향 광학 장치(AO Device); 중심변조주파수(f_{RF0})를 기준으로 하여 주파수 가변 범위(Δf)내에서 디더링(dithering)되는 변조 주파수(f_{RF})에 따라 상기 음향광학장치를 구동시키는 음향광학장치 구동부; 측정하고자 하는 샘플이 놓여지는 샘플 스테이지; 상기 음향광학장치로부터 제공되는 제1 빛살 및 제2 빛살의 진행 경로에 배치되고, 상기 제1 빛살 및 제2 빛살을 투과시켜 샘플 스테이지로 평행하게 제공하고, 상기 샘플 스테이지로부터 되반사되는 제1 빛살을 입사 경로를 따라 다시 진행하도록 하여 신호빛(Signal beam) 및 기준빛(Reference beam)을 제공하는 렌즈; 상기 음향광학장치와 렌즈 사이에 배치되고, 입사된 빛살들을 원형 편광으로 변환시켜 출력하는 사분파장 위상지연판(QWP); 상기 음향광학장치로부터 출력된 후 PBS에서 반사되어 진행하는 신호빛과 기준빛의 간섭 신호를 검출하여 출력하는 광검출소자; 상기 음향광학장치 구동부로부터 변조주파수에 대한 정보를 제공받고, 상기 변조주파수를 이용하여 상기 광검출소자로부터 제공되는 간섭 신호를 복조하여 출력하는 RF 복조기; 상기

RF 복조기로부터 제공되는 신호를 디더링 주파수($f_{\text{dithering}}$)를 이용하여 복조하여 출력하는 록인앰프; 사전 설정된 진폭(A)과 디더링 주파수($f_{\text{dithering}}$)를 갖는 디더링 신호를 생성하고, 상기 디더링 신호를 상기 음향광학장치 구동부로 제공하고 상기 디더링 주파수($f_{\text{dithering}}$)를 상기 록인앰프로 제공하는 함수 생성기; 상기 록인앰프로부터 출력된 신호를 이용하여 샘플에 대한 정보를 검출하는 제어부; 를 구비하고, 상기 음향광학장치 구동부는 함수 생성기로부터 디더링 신호를 제공받고, 디더링되는 상기 변조 주파수(f_{RF})는 디더링 신호의 진폭(A)에 의해 주파수 가변 범위(Δf)가 결정되고 디더링 신호의 디더링 주파수($f_{\text{dithering}}$)에 의해 변조 주파수가 디더링되는 속도가 결정된다.

- [10] 전술한 특징을 갖는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 있어서, 상기 음향광학장치는 음향-광 변조기(Acousto Optic Modulator; AOM), 음향-광 편향기(Acousto Optic Deflector; AOD), AOFS(Acousto Optic Frequency Shifter; AOFS) 중 어느 하나로 이루어지는 것을 특징으로 하는 것이 바람직하다.
- [11] 전술한 특징을 갖는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 있어서, 상기 광검출소자는 상기 음향광학장치로부터 출력된 후 PBS에서 반사되어 제1 경로를 따라 진행하는 빛살들에 대한 제1 간섭 신호를 검출하여 출력하는 제1 광검출소자로 구비되는 것을 특징으로 하는 것이 바람직하다.
- [12] 전술한 특징을 갖는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 있어서, 상기 광검출소자는 상기 음향광학장치로부터 출력된 후 PBS에서 반사되어 제1 경로를 따라 진행하는 빛살들에 대한 제1 간섭신호를 검출하여 출력하는 제1 광검출소자; 및 상기 음향광학장치로부터 출력된 후 PBS에서 반사되어 제2 경로를 따라 진행하는 빛살들에 대한 제2 간섭신호를 검출하여 출력하는 제2 광검출소자;로 구비되며, 상기 헤테로다인 간섭계는 제1 광검출소자 및 제2 광검출소자로부터 제1 간섭신호 및 제2 간섭신호의 차이값을 상기 RF 복조기로부터 출력하는 차동증폭기를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 것이 바람직하다.
- [13] 전술한 특징을 갖는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 있어서, 상기 광원은 레이저; 및 상기 레이저로부터 출력된 광을 P파로 정렬하여 출력하는 광 분리기(Optical Isolator);로 이루어지는 것을 특징으로 하는 것이 바람직하다.
- [14] 전술한 특징을 갖는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 있어서, 상기 음향광학장치로부터 출력되는 제1 빛살은 변조 주파수(f_{RF})에 의해 변조된 1차(First-order) 빛살이며, 제2 빛살은 변조되지 않은 영차(Zero-order) 빛살인 것을 특징으로 하는 것이 바람직하다.
- [15] 전술한 특징을 갖는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 있어서, 상기 헤테로다인 간섭계는 주파수 체배기를 더 구비하고, 상기 주파수 체배기는 음향광학장치 구동부로부터 제공되는 변조 주파수를 2배의 주파수로 변환하여 RF 복조기로부터 출력하는 것을 특징으로 하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [16] 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경은 변조주파수를 변동시킬 수 있는 음향광학장치를 이용하여 샘플의 국부기울기에 대한 정보를 획득하도록 함으로써, 샘플의 표면을 정확하게 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 참조빔이 신호빔과 함께 샘플면에 조사되므로, 외부의 변화(noise)로 인한 샘플의 전반적인 기울기 변화 혹은 틸트된 샘플의 조건에 상관없이 국부적인 기울기변화 즉, 위상변화(단차변화)만을 선택적으로 측정이 가능하여 보다 안정적인 측정이 가능해진다.
- [17] 또한, 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경은 이중경로 AOM을 이용하므로 추가적인 광학계가 없는 간단한 구조를 가지는 광학계를 구성할 수 있을 뿐만 아니라, 두 개의 간섭빔살의 고유성질을 이용하여 노이즈와 DC 성분을 모두 제거할 수 있는 **Balanced Detection**을 구현할 수 있게 된다. 또한, 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경은 유사 동일 경로(Pseudo-common-path)를 갖는 신호빔 및 기준빔을 이용함으로써, 외부환경 변화에 둔감하여 정확한 측정이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

- [18] 도 1은 일반적인 음향-광 변조기의 동작을 설명하기 위하여 도시한 그림이다.
- [19] 도 2는 종래의 AOM을 이용한 헤테로다인 간섭계를 도시한 것이다.
- [20] 도 3은 본 발명의 제1 실시예 실시예에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- [21] 도 4는 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 있어서, 샘플 스테이지에 제공되는 제2 빔살 및 스위프(sweep)되는 제1 빔살을 예시적으로 도시한 도면이다.
- [22] 도 5는 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경으로 샘플의 국부 기울기를 측정하는 방법을 설명하는 도면이다.
- [23] 도 6은 음향광학장치로 입사된 빔살들과 음향광학장치에 의해 변조되어 출력된 빔살들을 설명하기 위하여 도시한 그림이다.
- [24] 도 7은 본 발명에 따른 RF 복조기(380) 및 록인앰프(386)의 입력 및 출력 신호를 도시한 블록도이다.
- [25] 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [26] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경의 구조 및 동작 원리에 대하여 구체적으로 설명한다.

[27]

[28] 제1 실시예

- [29] 도 3은 본 발명의 제1 실시예 실시예에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭

현미경을 개략적으로 도시한 구성도이다. 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 주사 간섭 현미경(30)은 광원(300), PBS(310), 음향광학장치(320), 음향광학장치 구동부(330), 샘플 스테이지(340), 렌즈(350), QWP(360), 제1 광검출소자(370), 제2 광검출소자(372), 차동증폭기(374), RF 복조기(380), 합수 생성기(384), 록인앰프(386) 및 제어부(390)를 구비한다. 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경은 음향광학장치 구동부에 의해 디더링(dithering)되는 변조주파수(f_{RF})에 따라 음향광학장치로부터 변조된 제1 빛살의 회절 각도가 미세하게 가변되고, 그 결과 신호빔(Signal beam)이 샘플 측정 지점으로부터 스위프(sweep)되는 현상을 이용하여, 샘플의 국부기울기 정보를 획득하는 것을 특징으로 한다.

- [30] 상기 광원(300)은 단일의 선형 편광파로 이루어지는 빛살을 제공하는 것으로서, 레이저(302) 및 상기 레이저로부터 출력된 광을 P파로 정렬하여 출력하는 광분리기(Optical Isolator)(304)로 이루어진다. 따라서, 상기 광원(300)은 P파로 정렬된 빛살을 PBS(410)로 제공한다.
- [31] 편광빔스플리터(PBS; 310)는 입사되는 빛살을 편광 상태에 따라 투과시키거나 반사시키는 소자로서, P파는 그대로 투과하고 S파는 입사각과 수직되게 반사시킨다. 따라서, PBS는 광원(300)으로부터 제공되는 P파를 그대로 투과시켜 음향광학장치(320)로 제공한다.
- [32] 음향광학장치(320)는 음향광학장치 구동부(330)로부터 제공되는 디더링되는 변조 주파수(f_{RF})로 진동하게 되고, 그 결과 입사되는 빛살의 일부는 변조없이 원래 주파수(f_0)를 그대로 갖는 영차(Zero-order) 빛살로 출력되고, 입사되는 빛살의 일부는 변조 주파수(f_{RF})에 의해 변조되어 1차(First-order) 빛살로 출력된다. 이때, 변조되는 1차 빛살은 회절되어 출력되므로, f_0 의 주파수를 갖는 영차 빛살과 f_0+f_{RF} 의 주파수를 갖는 1차 빛살은 서로 일정 각도로 분리하여 출력된다. 여기서 변조된 1차 빛살을 제1 빛살이라고 하고, 변조되지 않은 0차 빛살을 제2 빛살이라고 정의한다.
- [33] 상기 음향광학장치 구동부(330)에 의해 제공되는 변조 주파수(f_{RF})가 디더링됨에 따라, 상기 음향광학장치(320)는 제1 빛살의 회절 각도를 미세 변동시키게 된다. 상기 변조주파수(f_{RF})는 중심 변조주파수(f_{RF0})를 기준으로 하여 주파수 가변 범위(Δf)내에서 미세하게 디더링(dithering) 되는 가변 주파수로서, 음향광학장치 구동부로부터 입력된다. 본 발명에서는 변조주파수가 중심 변조주파수를 중심으로 하여 주파수 가변 범위내에서 디더링됨에 따라, 음향광학장치를 통과한 제1 빛살이 샘플 측정지점을 기준으로 하여 스위프(sweep)된다. 제1 빛살이 샘플의 측정 지점으로부터 스위프(sweep)되는 크기는 변조 주파수의 주파수 가변범위에 따라 결정되며, 제1 빛살이 스위프되는 속도는 변조 주파수의 디더링 속도에 따라 결정된다. 여기서, 디더링 속도라 함은 변조 주파수가 중심 변조주파수를 기준으로 하여 주파수 가변범위내에서 반복되는 속도를 의미한다.

- [34] 제1 빔살이 수 nm 정도만을 스위프(sweep)되도록 하여 샘플의 국부기울기(local slope)를 포함하는 신호빔(Signal beam)을 획득할 수 있게 된다. 이렇게 획득된 신호빔은 RF 복조기에 의해 I값 및 Q값으로 복조되고, 록인앰프에 의해 디더링(dithering) 주파수와 같은 주파수의 신호만이 검출되어 출력된다. 여기서, 음향광학장치(320)는 음향광학장치 구동부(330)가 제공하는 변조 주파수 및 가변주파수에 따라 제1 빔살을 스위프(sweep)시킬 수 있는 음향-광 변조기(Acousto Optic Modulator; AOM), 음향-광 편향기(Acousto-Optic Deflector; AOD), AOF(S)(Acousto Optic Frequency Shifter; AOF(S)) 등이 사용될 수 있다.
- [35] 한편, 음향광학장치로 입사된 P파의 빔살들은 음향광학장치를 통과함에 따라 음향광학장치의 특성에 의해 P파로부터 90°회전된 선형 편광상태인 S파가 된다.
- [36] 한편, 상기 음향광학장치 구동부(330)는 중심 변조주파수(f_{RF0})를 기준으로 하여 주파수 가변 범위(Δf)내에서 디더링되는 변조주파수(f_{RF})에 따라 음향광학장치를 구동시키고, 신호빔의 검출을 위하여 변조 주파수(f_{RF})에 대한 정보를 RF 복조기(380)로 제공한다. 상기 변조주파수는 함수 생성기로부터 제공되는 디더링 신호에 따라 디더링되는데, 디더링 신호의 진폭(A)에 의해 주파수 가변범위(Δf)가 결정되며 디더링 신호의 디더링 주파수($f_{dithering}$)에 의해 디더링 속도가 결정된다. 여기서, 디더링 속도는 변조 주파수가 중심 변조주파수(f_{RF0})를 기준으로 하여 주파수 가변범위내에서 반복적으로 변동되는 속도를 의미한다.
- [37] 상기 함수 생성기(function generator; 384)는 원하는 디더링 주파수($f_{dithering}$)와 진폭(A)를 갖는 사인파형태의 디더링 신호(Sinusoidal Dithering Signal)를 생성하여 음향광학장치 구동부로 제공하고 디더링 주파수($f_{dithering}$)에 대한 정보는 록인앰프(Lock-In AMP; 386)로 제공한다. 디더링 주파수($f_{dithering}$)는 1차 회절된 빛을 얼마나 빠르게 왕복하여 회절시키거나 횡방향으로 움직이게 할 것인가를 결정하게 되며, 디더링 신호의 진폭(A)은 주파수 가변 범위를 결정하게 된다.
- [38] 상기 샘플스테이지(340)는 측정하고자 하는 샘플이 놓여진다.
- [39] 사분파장 위상지연판인 QWP(Quater-Wave Plate; 360)는 45°로 정렬되어 있기 때문에, S파의 선형 편광이 입사되면 원형 편광으로 변환시켜 출력하게 되며, 다시 상기 원형 편광된 빛이 입사되면 P파의 선형 편광으로 변환시켜 출력한다. 상기 QWP(360)는 상기 음향광학장치로부터 제공되는 제1 및 제2 빔살의 진행 경로에 배치되고, 상기 음향광학장치(320)로부터 반사된 선형 편광들을 원형 편광으로 변환시켜 출력하거나, 상기 샘플 스테이지로부터 반사된 원형 편광들을 선형 편광으로 변환시켜 출력한다.
- [40] 한편, 상기 렌즈(350)는 상기 음향광학장치로부터 제공되는 제1 빔살 및 제2 빔살의 진행 경로에 배치되고, 상기 제1 빔살 및 제2 빔살을 투과시켜 샘플 스테이지로 평행하게 제공한다. 도 4는 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경에 있어서, 샘플 스테이지에 제공되는 제2 빔살 및 스위프(sweep)되는 제1 빔살을 예시적으로 도시한 도면이다. 도 4를 참조하면, 0차 빔살인 제2 빔살과 1차 빔살인 제1 빔살은 평행하게 입사하되, 수 마이크로(μm)의

차이를 갖고 샘플 스테이지(340)로 입사하게 된다. 이렇게 평행하게 입사하는 제1 빔살 및 제2 빔살은 각각 신호빔(Signal beam) 및 기준빔(Reference beam)이 되므로, 수 마이크로의 차이만 있을 뿐 마치 공통 경로(Pseudo Common-path)로 진행하게 된다. 따라서, 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 현미경은 신호빔과 기준빔의 경로가 동일하여 노이즈에 대한 요인을 제거할 수 있어, 안정적인 측정이 가능하게 된다.

- [41] 한편, 상기 렌즈를 통과한 제1 빔살은 음향광학장치 구동부로부터 제공되는 변조주파수에 의해 회절된 후 샘플 스테이지(340)로 평행하게 입사되면서 수 나노미터(nm)의 Δd 를 갖고 측정 지점에서 스위프(sweep)하게 된다. 도 5는 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경으로 샘플의 국부 기울기를 측정하는 방법을 설명하는 도면이다. 도 5를 참조하면, 스위프(sweep)되는 제1 빔살은 샘플의 국부기울기에 의해 수학식 1과 같은 위상차($\Delta\phi$)를 갖게 된다.

- [42] 수학식 1

$$\Delta\phi = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta z$$

- [43] 여기서, Δz 는 스위프되는 제1 빔살의 경로차(path deference)이며,

$$\Delta z = A \sin \omega_{sweep} t$$

로 표현된다. 여기서 A는 변조 주파수가 중심변조주파수를 기준으로 하여 가변되는 범위 및 샘플의 기울기에 의해 결정되며,

$$\omega_{sweep}$$

은 가변주파수(Δf)의 스위프(sweep)과 관련된 주파수이다.

- [44] 또한, 도 5를 참조하면, 국부기울기($\tan\theta$)는 수학식 2로 나타낼 수 있다.

- [45] 수학식 2

$$\tan \theta = \frac{\Delta z}{\Delta d}$$

- [46] 따라서, 수학식 1과 수학식 2를 이용하여 국부기울기는 수학식 3으로 표현된다.

- [47] 수학식 3

$$\tan \theta = \Delta\phi \frac{\lambda}{4\pi \cdot \Delta d}$$

- [48] 즉, 상기 수학식 3을 통해 스위프되는 제1 빔살에 대한 국부기울기를 측정할 수 있게 된다. 이렇게 측정된 국부기울기를 통해 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사현미경은 샘플 표면의 정확한 분석이 가능해진다.

- [49] 한편, 샘플 스테이지(340)로부터 반사된 제1 및 제2 빔살은 처음 입사되었던

입사경로를 따라 진행하여, 상기 음향광학장치(320)에서 재변조된다. 이때, 상기 음향광학장치(320)로 재입사한 각각의 빔살들은 다시 변조되지 않은 영차 빔살과 변조 주파수에 의해 변조된 일차 빔살로 나뉘어 출력된다. 따라서, 이미 한번 주파수 변조된 빔살이 다시 주파수 변조됨에 따라, 음향광학장치로부터 출력되는 두 빔살의 주파수 차이값, 즉 beat frequency는 음향광학장치의 변조 주파수(f_{RF})의 2배가 된다. 또한, QWP(360)을 통과한 빔살은 90° 회전하여 S파로 변환된다.

[50] 도 6은 음향광학장치로 입사된 빔살들과 음향광학장치에 의해 변조되어 출력된 빔살들을 설명하기 위하여 도시한 그림으로서, 도 6의 (a)는 음향광학장치를 통과하는 단일 경로(Single Pass) AOM에서의 빔살들을 도시한 것이며, 도 6의 (b)는 음향광학장치를 통과한 후 거울들에 의해 반사되어 다시 음향광학장치로 입사되는 이중 경로(Double Pass) AOM에서의 빔살들을 도시한 것이다. 도 6의 (a)를 참조하면, 주파수(f_0)를 갖는 P편광의 빔살(a1)이 음향광학장치(60)로 입사되고, 음향광학장치로 입사된 빔살(a2)로 나뉘어 출력된다. 즉, 0차 빔살(a3)은 주파수(f_0)를 가지며, 1차 빔살(a2)은 변조되어 주파수(f_0+f_{RF})를 가지게 된다. 음향광학장치로부터 출력된 0차 빔살(a3)은 QWP(62)를 통과하면서 45° 회전하여 원형편광으로 변환되어 거울(66)으로 입사하게 되며, 음향광학장치로부터 출력된 1차 빔살(a2)은 QWP(62)를 통과하면서 45° 회전하여 원형편광으로 변환되어 거울(64)로 입사하게 된다.

[51] 도 6의 (b)를 참조하면, 도 6의 (a)와 동일하게 주파수(f_0)의 0차 빔살(b2) 및 주파수(f_0+f_{RF})의 1차 빔살(b1)이 각각 거울(66 및 64)에서 반사되어 QWP(62)를 통과하여 음향광학장치(60)로 재입사하게 된다. 음향광학장치로 재입사된 0차 빔살(b2)은 음향광학장치를 그대로 통과하는 0차 빔살(b4)과 음향광학장치의 변조주파수(f_{RF})로 변조된 1차 빔살(b6)로 나뉘어 서로 일정각도 이격되어 출력된다. 즉, 주파수(f_0)의 0차 빔살(b2)은 주파수(f_0)의 0차 빔살(b4)과 주파수(f_0-f_{RF})의 1차 빔살(b6)로 나뉘어 출력된다. 한편, 음향광학장치로 재입사된 1차 빔살(b1)은 음향광학장치를 그대로 통과하는 0차 빔살(b5)과 음향광학장치의 변조주파수(f_{RF})로 변조된 1차 빔살(b3)로 나뉘어 서로 일정 각도 이격되어 출력된다. 즉, 주파수(f_0+f_{RF})의 1차 빔살(b1)은 주파수(f_0+f_{RF})의 0차 빔살(b5)과 주파수(f_0+2f_{RF})의 1차 빔살(b3)로 나뉘어 출력된다. 여기서, 주파수(f_0+2f_{RF})의 1차 빔살(b3)과 주파수(f_0)의 0차 빔살(b4)은 서로 동일한 제1 경로를 따라 진행하며, 주파수(f_0+f_{RF})의 0차 빔살(b5)과 주파수(f_0-f_{RF})의 1차 빔살(b6)도 서로 동일한 제2 경로를 따라 진행하게 되며, 제1 경로와 제2 경로는 서로 일정각도 이격된다.

[52] 한편, 도 6의 (c)는 음향광학장치 구동부로부터 변동되는 변조주파수에 의해 스위프(sweep)되는 빔살들을 도시한 것이다. 도 6의 (c)를 참조하면, 도 6의 (b)에 도시된 이중 경로에서의 빔살들과 거의 유사하나, 변동되는 변조주파수($f_{RF} \pm \Delta f$)에 의해서 음향광학장치로부터 출력되는 빔살들의 주파수 값이 미세하게 흔들리게 된다. 음향광학장치로부터 0차 빔살(c2)은 주파수(f_0)를 가지며, 1차

빛살(c1)은 변조되어 주파수($f_0 + f_{RF} \pm \Delta f$)를 가지게 된다. 전술한 빛살이 거울을 통해 되반사되어 다시 음향광학장치에 재입사되면, 재입사된 0차 빛살(c2)은 음향광학장치를 그대로 통과하는 0차 빛살(c4)과 음향광학장치의 변조주파수($f_{RF} \pm \Delta f$)로 변조된 1차 빛살(c6)로 나뉘어 서로 일정각도 이격되어 출력된다. 즉, 주파수(f_0)의 0차 빛살(c2)은 주파수(f_0)의 0차 빛살(c4)과 주파수($f_0 - (f_{RF} \pm \Delta f)$)의 1차 빛살(c6)로 나뉘어 출력된다. 한편, 음향광학장치로 재입사된 1차 빛살(c1)은 음향광학장치를 그대로 통과하는 0차 빛살(c5)과 음향광학장치의 변조주파수($f_{RF} \pm \Delta f$)로 변조된 1차 빛살(c3)로 나뉘어 서로 일정 각도 이격되어 출력된다. 즉, 주파수($f_0 + f_{RF} \pm \Delta f$)의 1차 빛살(c1)은 주파수($f_0 + f_{RF} \pm \Delta f$)의 0차 빛살(c5)과 주파수($f_0 + 2(f_{RF} \pm \Delta f)$)의 1차 빛살(c3)로 나뉘어 출력된다. 여기서, 주파수($f_0 + 2(f_{RF} \pm \Delta f)$)의 1차 빛살(c3)과 주파수(f_0)의 0차 빛살(c4)은 서로 동일한 제1 경로를 따라 진행하며, 주파수($f_0 + f_{RF} \pm \Delta f$)의 0차 빛살(c5)과 주파수($f_0 - (f_{RF} \pm \Delta f)$)의 1차 빛살(c6)도 서로 동일한 제2 경로를 따라 진행하게 되며, 제1 경로와 제2 경로는 서로 일정각도 이격된다. 또한, 여기서, Δf 에 의해 스위칭되는 빛살의 각도는 미세하기 때문에, 약간의 차이만 있을 뿐 스위칭되는 빛살들을 하나의 광검출소자에서 검출가능한 수준으로 변동될 뿐이다. 도 6의 (c)는 설명의 편의를 위해 다소 과장되게 표현되었다.

[53] PBS(310)로 입사된 빛살들은 모두 S 편광상태로서, 제1 경로('a')를 따라 입사된 빛은 PBS에 의해 반사되어 제1 광검출소자(370)로 진행하며, 제2 경로('b')를 따라 입사한 빛은 PBS에 의해 반사되어 제2 광검출소자(372)로 진행한다.

[54] 제1 광검출소자(370)는 주파수 $f_0 + 2(f_{RF} \pm \Delta f)$ 의 1차 빛살(b3)과 주파수 f_0 의 0차 빛살(b4)이 입사되고, 입사된 빛살들에 대한 주파수 $2(f_{RF} \pm \Delta f)$ 의 간섭신호(I_1)를 복조기(380)로 출력한다. 한편, 제2 광검출소자(372)는 주파수 $f_0 + f_{RF} \pm \Delta f$ 의 0차 빛살(b5)과 주파수 $f_0 - (f_{RF} \pm \Delta f)$ 의 1차 빛살(b6)이 입사되고, 입사된 빛살들에 대한 주파수 $2(f_{RF} \pm \Delta f)$ 의 제2 간섭신호(I_2)를 차동증폭기(Differential Amplifier; 374)로 출력한다. 여기서, 제2 광검출소자(372)는 PBS로부터 반사된 빛살들이 진행하는 경로상에 비스듬히 배치된 D-Shaped 거울 및 상기 D-Shaped 거울로부터 반사된 빛살들이 진행하는 경로 상에 배치된 광검출기로 구성될 수 있다.

[55] 전술한 제1 간섭 신호 및 제2 간섭 신호는 수학식 4 및 5로 표현될 수 있다.

[56] 수학식 4

$$I_1 = I_s + I_n + 2\sqrt{I_s I_n} \sin(\Delta\omega t + \Delta\phi_1)$$

[57] 수학식 5

$$I_2 = I_s + I_n + 2\sqrt{I_s I_n} \sin(\Delta\omega t + \Delta\phi_2)$$

[58] 여기서, I_s 는 간섭신호의 DC성분이며 I_n 은 간섭신호의 노이즈 성분에 해당한다.

- [59] 차동증폭기(374)는 제1 광검출소자(370) 및 제2 광검출소자(372)로부터 각각 제1 및 제2 간섭신호들이 입력되고, 입력된 간섭신호들의 차이값($I_1 - I_2$)을 검출하여 복조기(380)로 출력한다. 한편, 일반적으로 AOM으로부터 출력된 변조되지 않은 0차 빔살과 1번 변조된 1차 빔살은 90° 의 위상차를 갖게 된다. 따라서, 전술한 제1 간섭 신호와 제2 간섭 신호의 위상차는 2번 변조에 의하여 180° 의 위상차(

$$\Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1 = \pi$$

-)를 갖게 되고, 그 결과, 수학식 5는 수학식 6으로 다시 정리할 수 있게 된다.
[60] 수학식 6

$$I_2 = I_s + I_L - 2\sqrt{I_s I_L} \sin(\Delta\omega t + \Delta\varphi_1)$$

- [61] 전술한 수학적 근거에 의해, 차동 증폭기(474)의 출력신호($I_1 - I_2$)는 수학식 7와 같이 나타나게 된다. 따라서, 본 발명의 제1 실시예에 따른 차동 증폭기는 Balanced Detection한 것과 동일한 결과로서 DC 신호 및 노이즈 신호가 모두 제거된 2배의 간섭신호를 얻게 된다.

- [62] 수학식 7

$$I_1 - I_2 = 4\sqrt{I_s I_L} \sin(\Delta\omega t + \Delta\varphi_1)$$

- [63] 음향광학장치 구동부로부터 제공된 변조 주파수(f_{RF})는 체배기(Frequency Doubler; 382)를 통해 2배의 주파수($2f_{RF}$)로 변환되어 RF 복조기(380)로 제공된다. RF 복조기(380)는 상기 2배의 변조 주파수($2f_{RF}$)를 이용하여 상기 광검출소자로부터 제공되는 간섭 신호를 RF 복조하여 신호빔에 대한 I 신호 및 Q 신호를 검출하여 복인앰프(386)로 출력한다.

- [64] 복인 앰프(386)는 함수 생성기로부터 제공된 디더링 주파수를 참조 신호로 하여, RF 복조기로부터 입력된 I 신호 및 Q 신호 중 디더링 주파수와 동일한 주파수의 신호를 검출하여 제어부(390)로 출력한다.

- [65] 도 7은 본 발명에 따른 RF 복조기(380) 및 복인 앰프(386)의 입력 및 출력 신호를 도시한 블록도이다. 도 7에 도시된 바와 같이, RF 복조기(380)는 간섭 신호 및 변조 주파수 정보를 입력받아 복조하여 I 값 및 Q 값으로 출력하며, 복인 앰프(386)는 RF 복조기로부터 출력된 신호 중 디더링 주파수와 동일한 주파수의 신호를 검출하여 출력한다. 여기서, 상기 I 값 및 Q 값은 수학식 8 및 9와 같다.

- [66] 수학식 8

$$I \text{ value} \sim R \sin \Delta\varphi$$

- [67] 수학식 9

$$Q \text{ value} \sim R \cos \Delta\varphi$$

[68] 전술한 I 값 및 Q 값을 이용하여 수학적 식 10 및 11에 따라 진폭 및 위상을 검출할 수 있다.

[69] 수학적 식 10

$$\text{amplitude} = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

[70] 수학적 식 11

$$\text{Phase} = \tan^{-1} \left(\frac{Q}{I} \right)$$

[71] 록인 앰프(386)로부터 출력된 I 값 및 Q 값은 제어부(390)로 제공되어, 위상과 진폭을 검출하게 된다. 상기 제어부(390)는 록인 앰프로부터 제공되는 아날로그 신호들을 디지털 신호로 변환하는 A/D 컨버터(392) 및 컴퓨터(394)로 구성될 수 있으며, 상기 컴퓨터(394)는 A/D 컨버터로부터 제공되는 디지털 신호의 I 값 및 Q 값을 저장하고 이들로부터 위상과 진폭을 검출한다.

[72] 전술한 구성을 갖는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경은 변조주파수를 변동시킬 수 있는 음향광학장치를 이용하여 샘플의 국부기울기에 대한 정보를 획득하도록 함으로써, 샘플의 표면을 정확하게 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 외부의 변화(noise)로 인한 샘플의 전반적인 기울기 변화도 측정이 가능하여 보다 안정적인 측정이 가능해진다. 또한, 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경은 간단한 구조를 가지는 광학계를 이용하여 노이즈와 DC 성분을 모두 제거할 수 있는 **Balanced Detection**을 구현할 수 있게 된다. 또한, 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경은 유사 동일 경로(Pseudo-common-path)를 갖는 신호빔 및 기준빔을 이용함으로써, 외부환경 변화에 둔감하여 정확한 측정이 가능하게 된다.

[73]

발명의 실시를 위한 형태

[74] 제2 실시예

[75] 이하, 본 발명의 제2 실시예에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경의 구조 및 동작을 구체적으로 설명한다. 제2 실시예에 따른 주사 간섭 현미경은 제1 실시예의 주사 간섭 현미경의 구조와 거의 유사하나, **Balanced Detection**을 하지 않는다는 점에서 제1 실시예의 주사 간섭 현미경과 차이가 있다. 이러한 차이점으로 인하여 제2 실시예에 따른 주사 간섭 현미경은 **Balanced Detection**은 구현하지 못하나, 구조가 좀 더 간단하다는 특징을 갖는다.

[76] 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 바이오칩 리드아웃센서를 도시한 구조도이다. 도 8을 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 주사 간섭 현미경(70)은 광원(700), PBS(710), 음향광학장치(720), 음향광학장치 구동부(730), 샘플스테이지(740), 렌즈(750), QWP(760), 광검출기(770),

- RF복조기(780), 합수 생성기(784), 복인앰프(786) 및 제어부(790)를 구비한다.
- [77] 상기 광원(700), PBS(710), 음향광학장치(720), 음향광학장치 구동부(730), 샘플스테이지(740), 렌즈(750), RF 복조기(780), 합수 생성기(784), 복인앰프(786) 및 제어부(790)는 제1 실시예의 그것들과 동일하므로, 중복되는 설명은 생략한다.
- [78] 본 실시예에 따른 주사 간섭 현미경(70)는 샘플스테이지에서 반사된 신호빛과 기준빛이 음향광학장치(720)를 다시 통과하여 PBS(710)로 진행되는 빛살들 중 동일 경로로 진행되는 빛살들만을 검출하는 것을 특징으로 한다. 따라서, 광검출소자(760)는 상기 PBS로부터 주파수 f_0 의 신호빛과 주파수 $f_0+2(f_{RF}\pm\Delta f)$ 의 기준빛이 입사되고, 이들에 대한 $2(f_{RF}\pm\Delta f)$ 의 주파수를 갖는 간섭 신호를 검출하고 이를 전기 신호로 변환하여 RF 복조기(780)로 출력한다.
- [79] 음향광학장치 구동부로부터 제공된 변조 주파수(f_{RF})는 체배기(Frequency Doubler; 782)를 통해 2배의 주파수($2f_{RF}$)로 변환되어 RF 복조기(780)로 제공된다. RF복조기(780)는 상기 2배의 주파수($2f_{RF}$)를 이용하여 상기 광검출소자로부터 제공되는 간섭 신호를 복조하여 신호빛에 대한 I 신호 및 Q 신호를 검출하여 복인앰프(386)로 출력한다. 복인앰프는 참조신호인 디더링 주파수를 이용하여 RF 복조기로부터 제공된 I 신호 및 Q 신호 중 디더링 주파수와 동일한 주파수의 신호를 검출하여 제어부(790)로 출력한다.
- [80]
- [81] 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

- [82] 본 발명에 따른 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경은 샘플 표면 분석을 위한 모든 분야에 널리 적용 가능하다.
- [83]

청구범위

[청구항 1]

빛살을 제공하는 광원;
 상기 광원으로부터 제공되는 빛살을 편광 상태에 따라
 투과시키거나 반사시키는 편광빔스플리터(PBS);
 상기 PBS로부터 제공되는 빛살을 제1 빛살과 제2 빛살로 나누고,
 제1 빛살과 제2 빛살을 일정 각도로 분리하여 출력하는 음향 광학
 장치(AO Device);
 중심변조주파수(f_{RF0})를 기준으로 하여 주파수 가변
 범위(Δf)내에서 디더링(dithering)되는 변조 주파수(f_{RF})에 따라
 상기 음향광학장치를 구동시키는 음향광학장치 구동부;
 측정하고자 하는 샘플이 놓여지는 샘플 스테이지;
 상기 음향광학장치로부터 제공되는 제1 빛살 및 제2 빛살의 진행
 경로에 배치되고, 상기 제1 빛살 및 제2 빛살을 투과시켜 샘플
 스테이지로 평행하게 제공하고, 상기 샘플 스테이지로부터
 되반사되는 제1 빛살을 입사 경로를 따라 다시 진행하도록 하여
 신호빔(Signal beam) 및 기준빔(Reference beam)을 제공하는 렌즈;
 상기 음향광학장치와 렌즈 사이에 배치되고, 입사된 빛살들을
 원형 편광으로 변환시켜 출력하는 사분파장 위상지연판(QWP);
 상기 음향광학장치로부터 출력된 후 PBS에서 반사되어 진행하는
 신호빔과 기준빔의 간섭 신호를 검출하여 출력하는 광검출소자;
 상기 음향광학장치 구동부로부터 변조주파수에 대한 정보를
 제공받고, 상기 변조주파수를 이용하여 상기 광검출소자로부터
 제공되는 간섭 신호를 복조하여 출력하는 RF 복조기;
 상기 RF 복조기로부터 제공되는 신호로부터 디더링 주파수($f_{dithering}$)
 와 같은 주파수의 신호를 검출하여 출력하는 록인앰프;
 사전 설정된 진폭(A)과 디더링 주파수($f_{dithering}$)를 갖는 디더링
 신호를 생성하고, 상기 디더링 신호를 상기 음향광학장치
 구동부로 제공하고 상기 디더링 주파수($f_{dithering}$)를 상기 록인앰프로
 제공하는 함수 생성기;
 상기 록인앰프로부터 출력된 신호를 이용하여 샘플에 대한 정보를
 검출하는 제어부;
 를 구비하고, 상기 음향광학장치 구동부는 함수 생성기로부터
 디더링 신호를 제공받고, 스위칭되는 상기 변조 주파수(f_{RF})는 디더링
 신호의 진폭(A)에 따라 주파수 가변 범위가 결정되고 디더링
 신호의 디더링 주파수($f_{dithering}$)에 따라 디더링 속도가 결정되는
 것을 특징으로 하는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경.
 제 1항에 있어서, 상기 음향광학장치는, 음향-광 변조기(Acousto

[청구항 2]

Optic Modulator; AOM), 음향-광 편향기(Acousto Optic Deflector; AOD), AOFS(Acousto Optic Frequency Shifter; AOFS) 중 어느 하나로 이루어지는 것을 특징으로 하는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경.

[청구항 3]

제 1항 내지 제 2항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광검출소자는 상기 음향광학장치로부터 출력된 후 PBS에서 반사되어 제1 경로를 따라 진행하는 빛살들에 대한 제1 간섭 신호를 검출하여 출력하는 제1 광검출소자로 구비되는 것을 특징으로 하는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경.

[청구항 4]

제 1항 내지 제 2항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광검출소자는, 상기 음향광학장치로부터 출력된 후 PBS에서 반사되어 제1 경로를 따라 진행하는 빛살들에 대한 제1 간섭신호를 검출하여 출력하는 제1 광검출소자; 및
상기 음향광학장치로부터 출력된 후 PBS에서 반사되어 제2 경로를 따라 진행하는 빛살들에 대한 제2 간섭신호를 검출하여 출력하는 제2 광검출소자;
를 구비하며,
상기 헤테로다인 간섭계는 제1 광검출소자 및 제2 광검출소자로부터 제1 간섭신호 및 제2 간섭신호의 차이값을 상기 RF 복조기로 출력하는 차동증폭기를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경.

[청구항 5]

제 1항에 있어서, 상기 광원은 레이저; 및
상기 레이저로부터 출력된 광을 P파로 정렬하여 출력하는 광 분리기(Optical Isolator);
로 이루어지는 것을 특징으로 하는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경.

[청구항 6]

제 1항에 있어서, 상기 음향광학장치로부터 출력되는 제1 빛살은 변조 주파수(f_{RF})에 의해 변조된 1차(First-order) 빛살이며, 제2 빛살은 변조되지 않은 영차(Zero-order) 빛살인 것을 특징으로 하는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경.

[청구항 7]

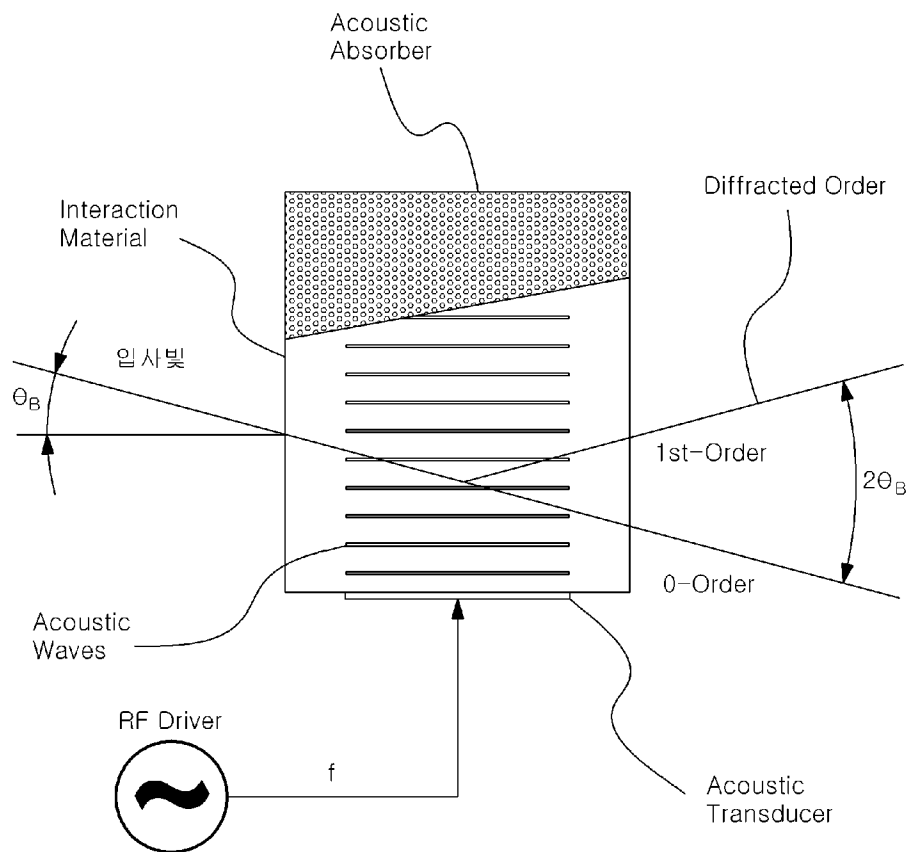
제 1항에 있어서, 상기 헤테로다인 간섭계는 주파수 체배기를 더 구비하고,
상기 주파수 체배기는 음향광학장치 구동부로부터 제공되는 변조 주파수를 2배의 주파수로 변환하여 RF 복조기로 출력하는 것을 특징으로 하는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경.

[청구항 8]

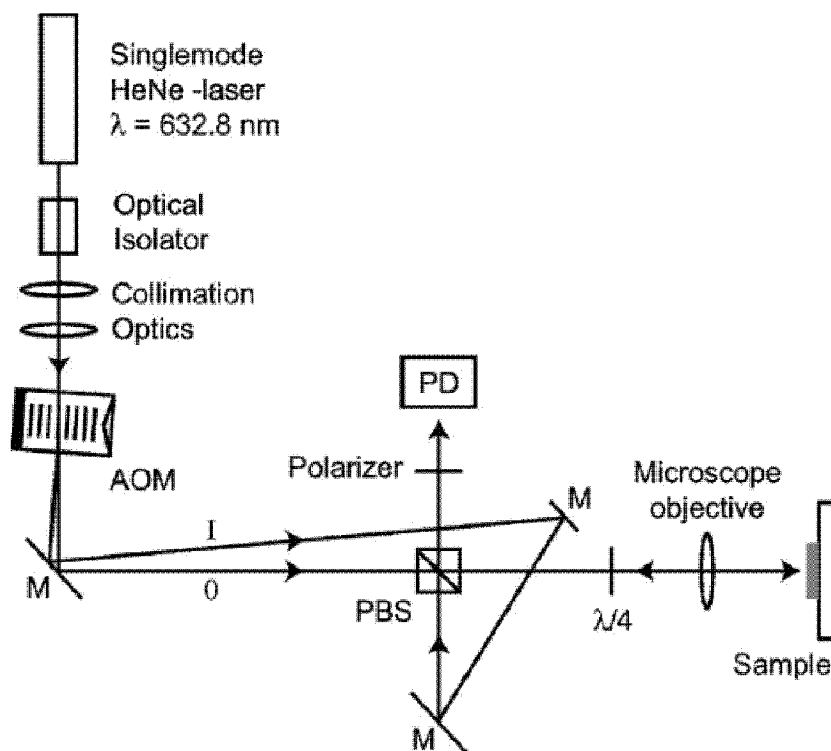
제 1항에 있어서, 상기 제어부가 검출하는 샘플의 정보는 샘플의 국부기울기(local slope)에 대한 정보를 포함하는 것을 특징으로

하는 음향광학장치를 이용한 주사 간섭 현미경.

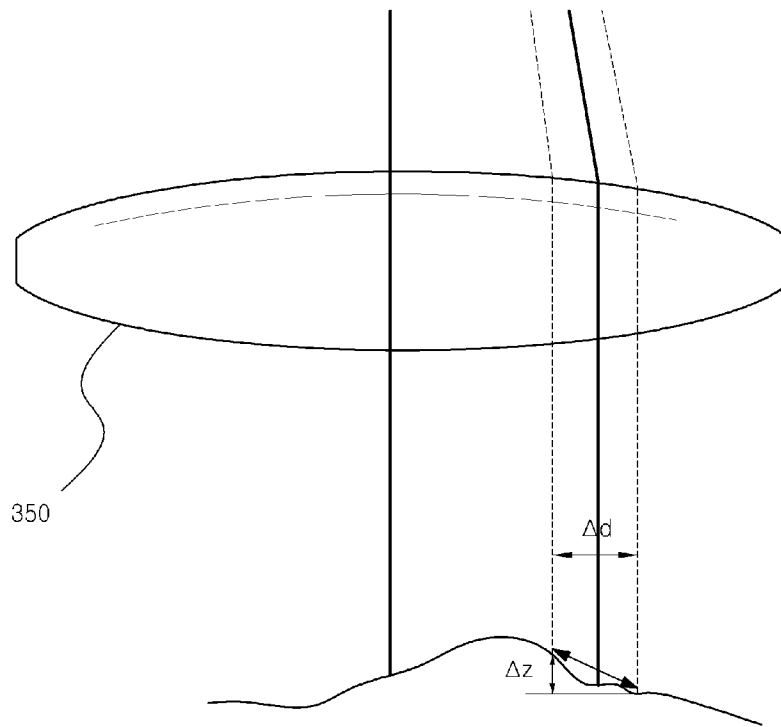
[Fig. 1]



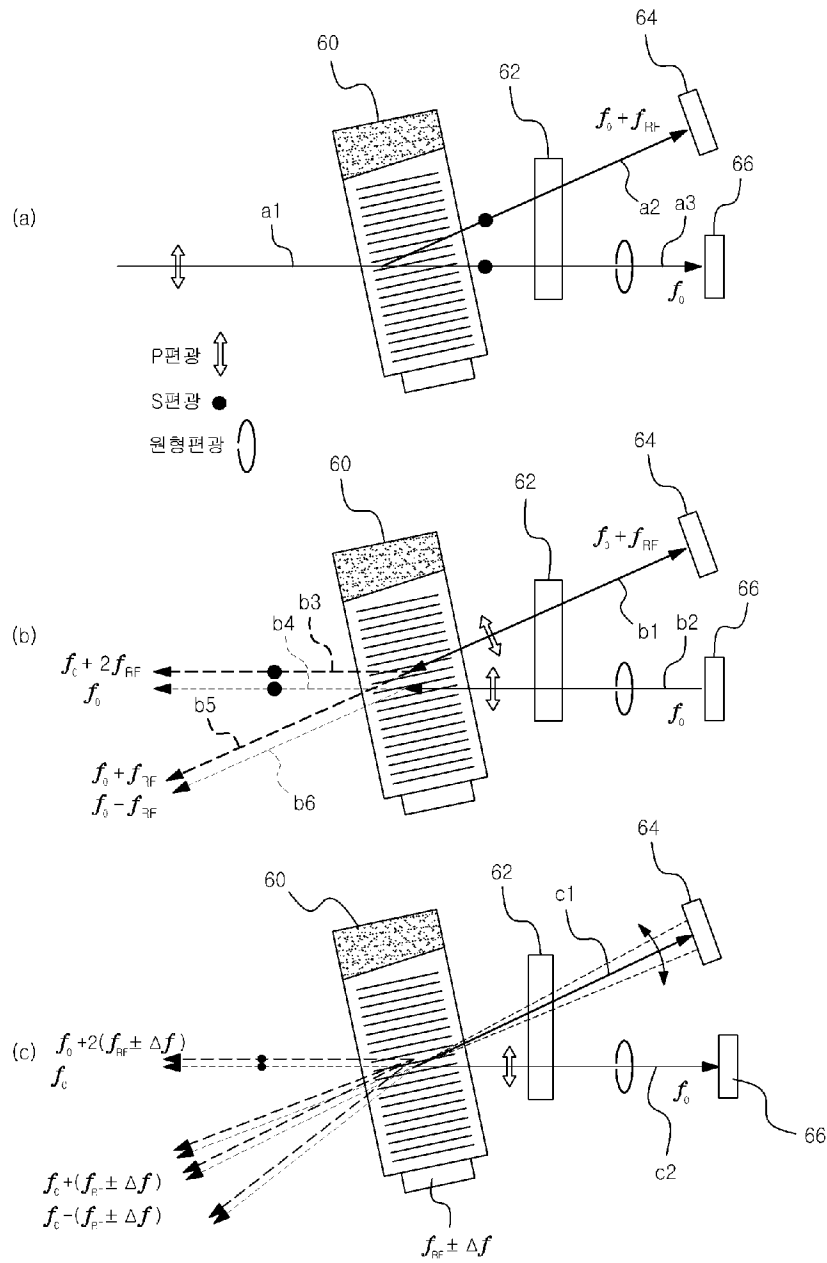
[Fig. 2]



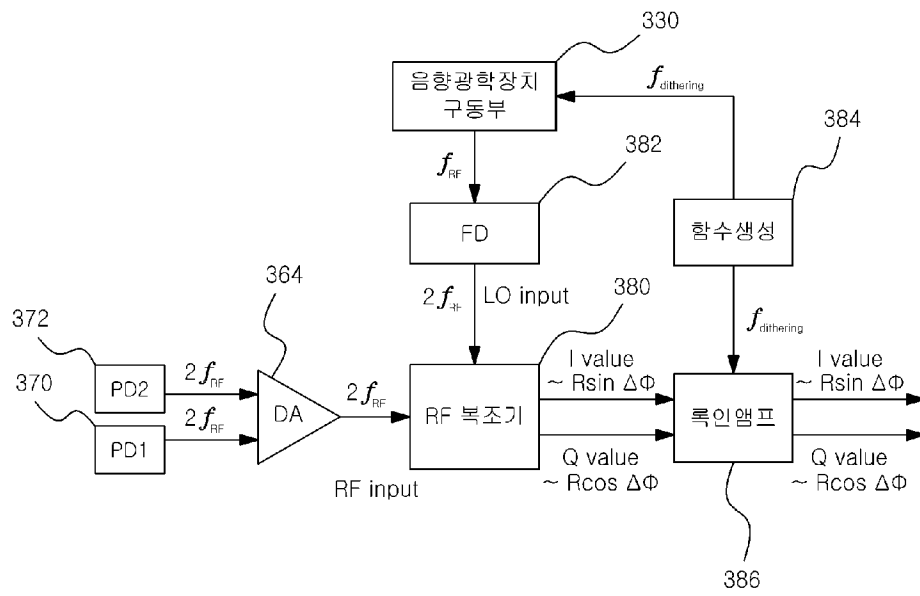
[Fig. 5]



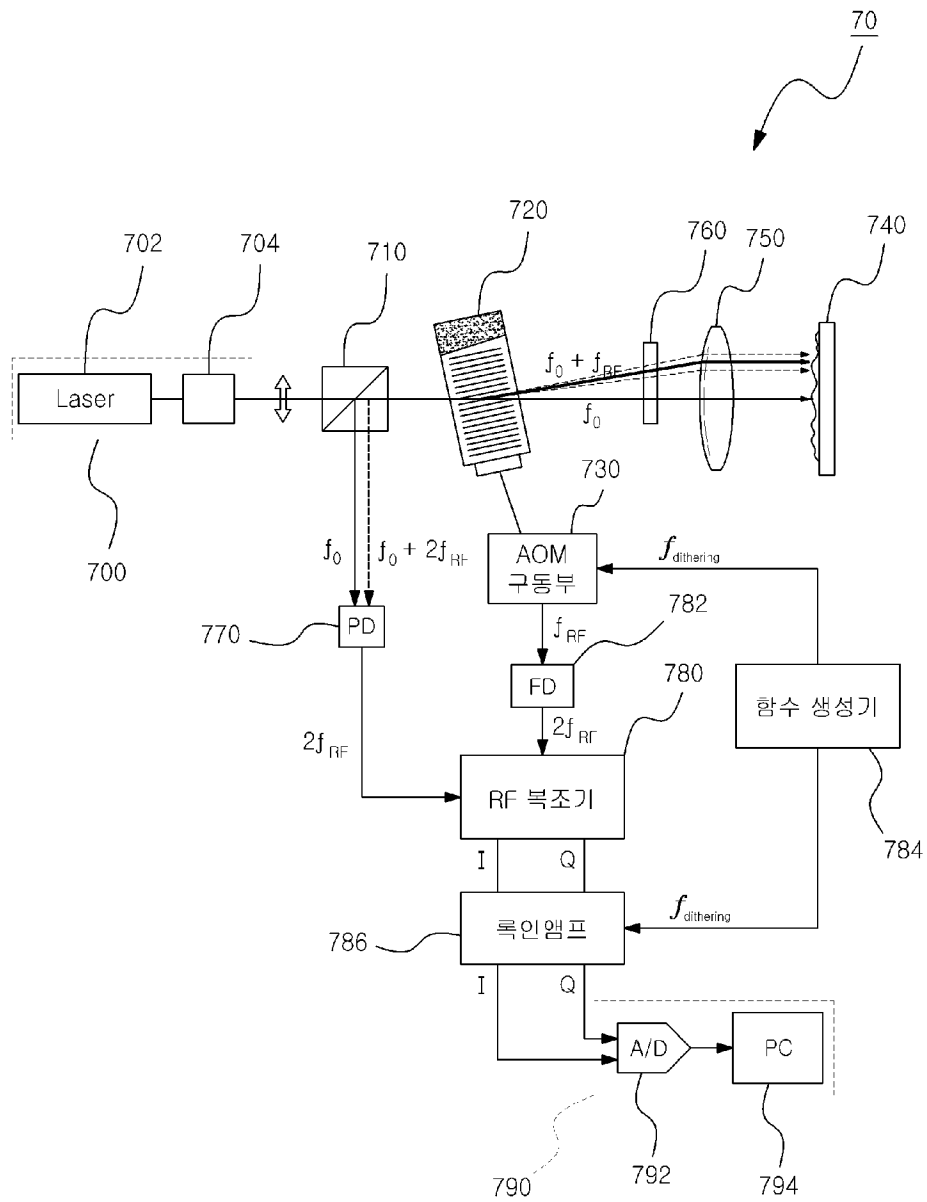
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2012/002290**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01B 9/04(2006.01)i, G01B 9/02(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B 9/04; G02B 21/00; G02F 1/11; G02F 1/33; G02B 21/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: scanning, microscopy, sound, optics, AOM, AOD, optical isolator, polarization beam, splitter, spectroscopy, RF, demodulator, amplifier, frequency

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 05-107480 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 30 April 1993 See claim 1, paragraph 16 and figure 1.	1-8
A	JP 2004-537747 A (LEICA MICROSYSMTES HEIDELBERG) 16 December 2004 See claims 1, 2, paragraph 26 and figure 1.	1-8
A	JP 2003-177329 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 27 June 2003 See claim 1 and figure 1.	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 OCTOBER 2012 (25.10.2012)

Date of mailing of the international search report

29 OCTOBER 2012 (29.10.2012)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2012/002290

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 05-107480 A	30.04.1993	NONE	
JP 2004-537747 A	16.12.2004	DE 10137155 A1	27.02.2003
		DE 10137155 B4	30.11.2006
		DE 50207447 D1	17.08.2006
		EP 1421427 A1	26.05.2004
		EP 1421427 B1	05.07.2006
		ES 2268137 T3	16.03.2007
		JP 04-573528 B2	27.08.2010
		JP 2004-537747 T	16.12.2004
		US 2004-0174585 A1	09.09.2004
		US 6967764 B2	22.11.2005
		WO 03-012516 A1	13.02.2003
JP 2003-177329 A	27.06.2003	JP 4331454 B2	16.09.2009
		US 2003-0107732 A1	12.06.2003
		US 6963398 B2	08.11.2005

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G01B 9/04(2006.01)i, G01B 9/02(2006.01)i														
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01B 9/04; G02B 21/00; G02F 1/11; G02F 1/33; G02B 21/18 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 주사, 현미경, 음향, 광학, AOM, AOD, 광분리기, 편광법, 스플리터, 분광기, RF, 복조기, 증폭기, 주파수														
C. 관련 문헌 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">카테고리*</th> <th style="width: 70%;">인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th style="width: 20%;">관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>JP 05-107480 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 1993.04.30 청구항 1, paragraph 16 및 도면 1 참조.</td> <td style="text-align: center;">1-8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>JP 2004-537747 A (LEICA MICROSYSYSTEMS HEIDELBERG) 2004.12.16 청구항 1, 2, paragraph 26 및 도면 1 참조.</td> <td style="text-align: center;">1-8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>JP 2003-177329 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 2003.06.27 청구항 1 및 도면 1 참조</td> <td style="text-align: center;">1-8</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	A	JP 05-107480 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 1993.04.30 청구항 1, paragraph 16 및 도면 1 참조.	1-8	A	JP 2004-537747 A (LEICA MICROSYSYSTEMS HEIDELBERG) 2004.12.16 청구항 1, 2, paragraph 26 및 도면 1 참조.	1-8	A	JP 2003-177329 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 2003.06.27 청구항 1 및 도면 1 참조	1-8
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항												
A	JP 05-107480 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 1993.04.30 청구항 1, paragraph 16 및 도면 1 참조.	1-8												
A	JP 2004-537747 A (LEICA MICROSYSYSTEMS HEIDELBERG) 2004.12.16 청구항 1, 2, paragraph 26 및 도면 1 참조.	1-8												
A	JP 2003-177329 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 2003.06.27 청구항 1 및 도면 1 참조	1-8												
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.														
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> * 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌 </td> </tr> </table>			* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌	“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌										
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌	“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌													
국제조사의 실제 완료일 2012년 10월 25일 (25.10.2012)	국제조사보고서 발송일 2012년 10월 29일 (29.10.2012)													
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 82-42-472-7140	심사관 강민석 전화번호 82-42-481-8720 													

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 05-107480 A	1993.04.30	없음	
JP 2004-537747 A	2004. 12. 16	DE 10137155 A1	2003.02.27
		DE 10137155 B4	2006. 11. 30
		DE 50207447 D1	2006.08. 17
		EP 1421427 A1	2004.05.26
		EP 1421427 B1	2006.07.05
		ES 2268137 T3	2007.03. 16
		JP 04-573528 B2	2010.08.27
		JP 2004-537747 T	2004. 12. 16
		US 2004-0174585 A1	2004.09.09
		US 6967764 B2	2005. 11. 22
		WO 03-012516 A1	2003.02. 13
JP 2003-177329 A	2003.06.27	JP 4331454 B2	2009.09. 16
		US 2003-0107732 A1	2003.06. 12
		US 6963398 B2	2005. 11. 08