



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월29일

(11) 등록번호 10-1488059

(24) 등록일자 2015년01월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01Q 10/00 (2010.01) G01Q 60/24 (2010.01)

G01B 9/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7000291

(22) 출원일자(국제) 2009년06월08일

심사청구일자 2014년05월30일

(85) 번역문제출일자 2011년01월06일

(65) 공개번호 10-2011-0041459

(43) 공개일자 2011년04월21일

(86) 국제출원번호 PCT/GB2009/050637

(87) 국제공개번호 WO 2009/147450

국제공개일자 2009년12월10일

(30) 우선권주장

0810389.7 2008년06월06일 영국(GB)

0822505.4 2008년12월10일 영국(GB)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020050043885 A

KR1020030003249 A

KR1020030015220 A

전체 청구항 수 : 총 19 항

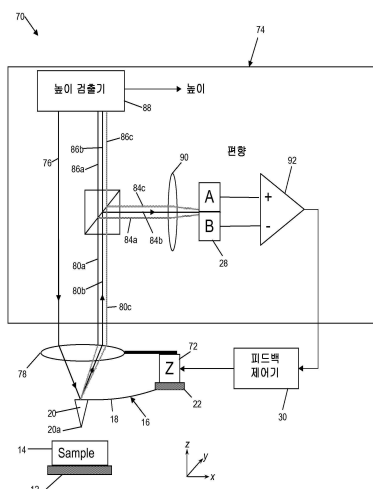
심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 탐침 검출 시스템

(57) 요약

스캐닝 탐침 현미경에 사용하기 위한 탐침 검출 시스템(74)은 높이 검출 시스템(88)과 편향 검출 시스템(28)을 모두 포함한다. 샘플 면이 스캔될 때, 현미경 탐침(16)으로부터 반사된 광은 2개의 성분으로 분할된다. 제1성분(84)은 편향 검출 시스템(28)에 의해 분석되어 스캔하는 동안 실질적으로 일정하게 평균 탐침 편향을 유지하는 피드백 시스템에 사용된다. 제2성분(86)은 높이 검출 시스템(88)에 의해 분석되고, 고정된 기준 포인트 위에 탐침의 높이의 표시 정보를 제공하고, 그로 인하여 샘플 면의 이미지를 구할 수 있다. 그런 이중 검출 시스템은 피드백 시스템이 픽셀 위치 사이에 탐침 높이를 조정하는데 필요한 속도로 응답할 수 없는 고속 스캐닝 용도에 사용하기에 특히 적합하다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

스캐닝 탐침 현미경에 사용하기 위한 검출 시스템에 있어서, 상기 시스템은:

기초부 단부 및 자유 단부를 갖고 상기 자유 단부가 샤프한 팁을 지지하는 외팔보를 가진 탐침을 조명하는 비임을 발생하는 광원과;

탐침으로부터 반사된 광을 수집하는 수집 수단을 포함하며;

상기 비임은 탐침 팁 근방의 상기 탐침의 상부 면을 조명하고;

상기 반사된 광은:

상기 탐침의 상부 면의 편향 표시 정보를 구하게 하는 제1성분과;

기준 포인트에 대한 상기 탐침의 상부 면의 위치에 관한 정보를 제2성분으로부터 추출하게 구성된 높이 검출 시스템으로 전달되는 제2성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 높이 검출 시스템은 반사된 광의 제2성분과 높이 기준 비임과의 사이의 광로차를 검출하게 배치된 간섭계를 포함하는 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제2항에 있어서, 제1성분은 간섭계로 전송되고, 상기 간섭계는 반사된 광의 제1성분과 외팔보의 자유 단부로부터 떨어져 있는 외팔보 상의 위치에 따라 길이가 한정되는 광로에 따라 전파되는 편향 기준 비임과의 광로차를 검출하고, 그 검출에 따라 상기 외팔보의 경사에 대한 정보를 제공하게 구성한 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제1성분은 편향 검출기로 전송되고, 상기 편향 검출기는 탐침의 상부 면의 편향 표시 정보를 제공하게 구성한 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 편향 검출기는 제2간섭계이며, 상기 제2간섭계는 반사된 광의 제1성분과 외팔보의 자유 단부로부터 떨어져 있는 외팔보 상의 위치에 따라 길이가 한정되는 광로에 따라 전파되는 편향 기준 비임과의

사이의 광로차를 검출하게 구성된 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 11

삭제

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 편향 검출기는 2개의 독립된 부분(채널)으로 분할되는 분할 포토다이오드이며, 상기 분할 포토다이오드는 반사된 광의 제1성분이 탐침의 상부 면의 방위 각에 의해 정해지는 상대적인 세기를 갖고 다이오드의 2개의 부분(채널)에 입사되는 방향으로 설정되는 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 시스템은 반사된 광을 제1 및 제2성분으로 분할하게 배치된 비임 분리기를 포함하는 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 탐침은 외팔보의 자유 단부 근방에 장착된 팁을 포함하고, 상기 외팔보는 외팔보의 기초부 단부에서 지지되고, 상기 비임에 의해 조명되는 탐침의 상부 면은 팁의 위쪽인 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 탐침은 탐침 팁이 이동하도록 작동할 수 있는 작동기를 포함하는 것을 특징으로 하는 검출 시스템.

청구항 16

샘플과 탐침 사이의 상호작용에 따른 샘플 이미지를 이미지화하는 스캐닝 탐침 현미경에 있어서, 상기 현미경은 제1항에 따르는 탐침 검출 시스템과 탐침과 샘플 면 사이에 상대적인 운동을 제공하도록 배치된 구동 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 스캐닝 탐침 현미경.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 구동 수단은 샘플 면에 대해 평행한 평면에서 탐침과 샘플 면과의 사이에 상대적인 운동을 제공하도록 배치된 xy 스캐너와, 샘플 면에 대해 직교하는 방향으로 상대적인 운동을 제공하도록 배치된 z 드라이버를 포함하는 것을 특징으로 하는 스캐닝 탐침 현미경.

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

스캐닝 탐침의 상부 면으로부터 반사된 광을 검출하는 방법에 있어서, 상기 방법은 탐침 팁 바로 위 상부 면 상에 한 포인트를 위치설정 후 탐침 팁 바로 위 상부 면 상의 한 포인트로 광 비임을 향하게 하는 단계와, 상부 면으로부터 반사된 광을 수집하는 단계, 및 기준 레벨 위에 탐침 팁의 높이를 나타내는 이미지 표시 정보를 형성하게 배치된 높이 검출기로 상기 광이 향하게 하는 단계를 포함하며;

상부 면 상에 상기 포인트를 위치설정하는 단계는:

- (a)상부 면으로 광을 향하게 하는 단계와;
 - (b)상부 면의 각도를 변경하도록 팁에 대하여 탐침을 진동하는 단계와;
 - (c)높이 검출기의 출력을 모니터링하는 단계와;
 - (d)광이 입사되는 상부 면 상에 포인트의 위치를 변경하는 단계; 및
 - (e)탐침의 경사 결과로 높이 검출기의 출력부에 나타난 변화가 최소로 될 때까지 단계 (c)와 단계 (d)를 반복하는 단계,
- 를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

스캐닝 탐침의 상부 면으로부터 반사된 광을 검출하는 방법에 있어서, 상기 방법은 탐침 팁 바로 위 상부 면 상에 한 포인트를 위치설정 후 탐침 팁 바로 위 상부 면 상의 한 포인트로 광 비임을 향하게 하는 단계와, 상부 면으로부터 반사된 광을 수집하는 단계, 및 기준 레벨 위에 탐침 팁의 높이를 나타내는 이미지 표시 정보를 형성하게 배치된 높이 검출기로 상기 광이 향하게 하는 단계를 포함하며;

상부 면 상에 상기 포인트를 위치설정하는 단계는:

- (a)외팔보의 상부 면으로 광을 향하게 하는 단계와;
- (b)외팔보의 방위 각도를 변경하도록 고정된 위치에서 팁을 유지하면서 수직방향으로 외팔보의 기초부를 이동하는 단계와;
- (c)높이 검출기의 출력을 모니터링하는 단계와;
- (d)광이 입사되는 상부 면 상에 포인트의 위치를 변경하는 단계; 및
- (e)탐침의 기초부를 이동한 결과로 높이 검출기의 출력부에 나타난 변화가 최소로 될 때까지 단계 (c)와 단계 (d)를 반복하는 단계를 포함하며,

상기 탐침은 외팔보의 기초부 단부에서 유지되고 외팔보의 자유 단부에서 또는 외팔보의 자유 단부 근방에서 팁을 지지하는 외팔보를 포함하고, 비임이 조명되는 탐침의 상부 면은 외팔보의 자유 단부에 또는 외팔보의 자유 단부 근방에 위치하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

제24항에 있어서, 피드백 신호는 탐침 방위의 표시 정보로부터 구해지고, 상기 피드백 신호는 탐침이 사전 설정된 방위로 가도록 기초부의 높이 조절을 실시하도록 이루어져 있으며, 상기 외팔보의 기초부를 수직 방향으로 이동하는 단계는 사전 설정된 방위를 변경하여 달성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

스캐닝 탐침의 상부 면으로부터 반사된 광을 검출하는 방법에 있어서, 상기 방법은 탐침 팁 바로 위 상부 면 상에 한 포인트를 위치설정 후 탐침 팁 바로 위 상부 면 상의 한 포인트로 광 비임을 향하게 하는 단계와, 상부 면으로부터 반사된 광을 수집하는 단계, 및 기준 레벨 위에 탐침 팁의 높이를 나타내는 이미지 표시 정보를 형성하게 배치된 높이 검출기로 상기 광이 향하게 하는 단계를 포함하며;

상부 면 상에 상기 포인트를 위치설정하는 단계는:

- (a)상부 면으로 광을 향하게 하는 단계와;
- (b)공지된 거리만큼 탐침 팁을 변위시키는 단계와;

- (c)높이 검출기의 출력을 모니터링 하는 단계와;
- (d)광이 입사하는 상부 면 상에 포인트의 위치를 변경하는 단계; 및
- (e)높이 검출기의 출력이 공지된 변위에 대한 예상 출력과 일치할 때까지 단계(c)와 단계(d)를 반복하는 단계, 를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제26항에 있어서, 단계(b)는 공지된 높이의 변화를 갖는 샘플에서 상기 탐침을 스캐닝하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

스캐닝 탐침의 상부 면으로부터 반사된 광을 검출하는 방법에 있어서, 상기 방법은 탐침 팁 바로 위 상부 면 상에 한 포인트를 위치설정 후 탐침 팁 바로 위 상부 면 상의 한 포인트로 광 비임을 향하게 하는 단계와, 상부 면으로부터 반사된 광을 수집하는 단계, 및 기준 레벨 위에 탐침 팁의 높이를 나타내는 이미지 표시 정보를 형성하게 배치된 높이 검출기로 상기 광이 향하게 하는 단계를 포함하며;

상부 면 상에 상기 포인트를 위치설정하는 단계는:

- (a)상부 면으로 광을 향하게 하는 단계와;
- (b)상기 탐침의 과도 운동을 일으킬 정도의 속도로 상기 탐침을 스캐닝하는 단계와;
- (c)상기 높이 검출기의 출력을 모니터링 하는 단계와;
- (d)광이 입사되는 상부 면 상에 포인트의 위치를 변경하는 단계; 및
- (e)과도 운동의 결과로 높이 검출기의 출력부에서 나타나는 변화가 최소로 될때까지 단계(c)와 단계(d)를 반복하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

스캐닝 탐침의 상부 면으로부터 반사된 광을 검출하는 방법에 있어서, 상기 방법은 탐침 팁 바로 위 상부 면 상의 한 포인트로 광 비임을 향하게 하는 단계와, 상부 면으로부터 반사된 광을 수집하는 단계, 및 기준 레벨 위에 탐침 팁의 높이를 나타내는 이미지 표시 정보를 형성하게 배치된 높이 검출기로 상기 광이 향하게 하는 단계를 포함하며;

상기 스캐닝 탐침은 기초부 단부와 자유 단부를 가진 외팔보를 구비하며, 샤프 팁을 지지하는 상기 자유 단부는 스캐닝 탐침을 조명하는 광 비임을 생성하는 광원과, 스캐닝 탐침으로부터 반사된 광을 수집하기 위한 수집 수단을 포함하는 검출 시스템을 제공하는 스캐닝 탐침 현미경의 일부이고, 상기 반사된 광은 탐침 상부 면의 편향의 표시 정보가 구해지는 제1성분 및 높이 검출기로 향하는 제2성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 30

스캐닝 탐침 현미경을 사용하여 데이터를 수집하는 방법에 있어서, 상기 방법은:

- (a)자유 단부가 샤프 팁을 지지하는, 기초부 단부와 자유 단부를 가진 외팔보를 구비한 탐침을 샘플 면 근처로 이동하는 단계와;
- (b)탐침의 상부 면에 팁 바로 위 포인트에 광 비임을 향하게 하는 단계; 및
- (c)탐침의 상부 면으로부터 반사된 광을 수집 및 분석하면서, 샘플 면을 가로 질러 탐침을 스캐닝하는 단계를 포함하며,

상기 수집된 광의 제1성분을 분석해서 얻어지는 피드백 신호에 응답하여 상기 탐침의 기초부를 수직방향으로 구동하도록 z드라이버가 작동하고, 상기 수집된 광의 제1성분으로부터 상기 탐침의 상부 면의 편향의 표시 정보를 구하고, 수집된 광의 제2성분은, 제2성분 및 높이 기준 비임 사이의 광로차를 검출하도록 배치되어 기준 레벨 위에 탐침 팁의 높이를 나타내는 이미지를 형성하게 배치된 간섭계로 전송되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

명세서

기술분야

본 발명은 탐침 현미경 분야, 특히 샘플 면에 대한 현미경 탐침의 위치를 모니터링하는데 사용된 검출 시스템에 관한 것이다.

배경기술

스캐닝 탐침 현미경(SPM: scanning probe microscope)의 기초가 되는 원리는 나노메트릭 탐침 팁(nanometric probe tip)으로 샘플 면 위에서 기계적 스캔을 실행하여 샘플의 이미지를 생성하는 것이다. 이미지가 갖고 있는 특징들은 팁과 샘플 사이의 상호작용의 변화의 결과로 생긴다.

SPM의 특정 예로는 샘플과 탐침의 샤프 팁 사이의 상호작용 힘이 모니터링되는 원자힘 현미경(AFM: atomic force microscope)이 있다. 전형적인 AFM의 탐침은 그 기초부(base)에서 지지부에 고정되고 그 반대편 (자유)단부에서 팁을 가진 매우 작은 외팔보를 포함한다. 탐침 팁이 샘플에 근접하여 전해지게 되면, 상호작용 힘이 샘플과 팁 사이에서 나타난다. 만일 팁이 동작, 예를 들면 진동한다면, 상기 상호작용 힘은 임의적 방식으로 이런 동작을 변경시킬 것이다. 만일 팁이 움직임이 없으면, 상기 힘은 샘플 면에 대해 상기 팁을 변위(displace)시킬 것이다.

스캔 과정에서, 팁과 샘플 사이의 상호작용 힘의 세기는 탐침 팁 아래 표면의 특성의 변화에 따라 변할 것이다. 통상적으로, 3-축 고해상도 스캐너는 샘플 및/또는 탐침 지지부를 구동하며, 샘플과 탐침 사이의 상대적 운동을 발생한다. 탐침 팁의 위치 및/또는 동작에 대한 상호작용 힘의 영향은 스캔 과정에서 모니터 된다. 표준 AFM 작동에서, 상호작용 힘의 세기는 일정하게 유지된다. 즉, 탐침에 대한 영향을 관찰하여, 피드백 시스템을 작동하여 임의적 변화에 대해 샘플과 탐침의 기초부의 분리도를 조정하여서, 관측된 매개변수가 사전 정해진 값, 설정 포인트로 돌아오게 한다. 이런 조정(통상적으로, 수직 또는 "z" 방향 이동)과 관련된 데이터가 수집되어, 상기 면의 영역을 횡단하는 샘플의 이미지를 구성하는데 사용된다.

상술된 바와 같이, 통상적으로 기초부(base)-샘플 분리에 대해 행해지는 조정은 수직 또는 z 방향으로 취해지며, 샘플 면은 x,y 평면으로 스캔 된다. 이런 관례적인 조정동작은, 샘플이 수평 면으로 향해 있지 않고 그래서 피드백 조정이 수직방향으로 행해지지 않게 현미경이 배열된 경우에 있더라도, 본원에서는 그에 따르는 것으로 한다. 즉, 본원에 사용된 "수직" 이라는 표현은 샘플의 평면에 대해 수직하는 또는 동일하게 샘플 면이 스캔되는 평면에 대해 수직하는 것으로, 단순한 의미로 이해한다. 통상적으로, 이런 방향은 도1에 도시한 카테시안 축(cartesian axes)으로 나타낸 바와 같이, z방향으로 나타낸다.

AFM에 의해 형성된 이미지의 해석은 조사 상태에 놓인 표면 성질에 어느 정도 따를 것이다. 일반적으로 표면 지형(topography)이, 스캔 시에 탐침이 밀착되어 따라가는 샘플의 높이로, 이미지에 가장 중요한 역할을 하지만, 표면 친수성과 소수성, 점탄성 등과 같은 다른 특성들도 역할을 한다. 탐침과 현미경은 적절한 상호작

용 힘을 통해 자기장 또는 전기장과 같은 다른 샘플 성질을 측정하는 데에도 사용될 수 있다.

AFM은 다양한 이미징 모드에서 작동하도록 설계된다. 접촉 모드에서, 탐침은 샘플과 대체로 연속한 접촉 상태를 유지한다. 동적 모드에서, 탐침은 샘플과 접촉이 없거나 단속적인 접촉을 하게 진동된다.

만일, 정적 팁(static tip)이 표면을 조사하는데 사용되면, 스캔 과정에서 팁의 위치는 상호작용 힘이 외팔보를 굽힘 또는 편향시키는 작용을 사용하여 모니터 된다. 팁과 표면 사이의 상호작용 힘을 변경하면, 팁이 표면을 향하는 방향으로 당겨지거나 그로부터 멀어지는 방향으로 밀어진다. 이런 팁의 동작이 탐침의 외팔보 파트에 전달되며, 따라서 그 길이를 따라서 굽어지거나 굴곡 된다. 이런 배열의 AFM은 당 기술분야에서 잘 알려져 있는 바와 같이 광학 레버 시스템 또는 다른 편향 검출기와 같은 감지 검출기로 외팔보의 일탈을 측정하도록 설정된다. 이런 사실과 관련하여 편향(deflection)을 일반적으로 외팔보 굽힘의 표시를 제공하는데 사용되는 탐침 상부 면의 경사(tilt)로 언급한다.

선택적으로, 탐침은 그 공진 주파수 중의 한 주파수에서 또는 그 근방에서 수직적으로 진동된다. 샘플-탐침 상호작용의 변화는 탐침의 동작에 영향을 미친다. 특히, 이들 진동의 진폭, 위상 및 공진 주파수는 모니터 되어, 탐침-샘플 분리가 일정한 평균 상호작용을 유지하도록 조정된다.

이들의 작동 모드와 무관하게, AFM은 주위 환경에서 다양한 샘플(공기, 액체 또는 진공)의 원자 스케일의 이미지를 얻는데 사용될 수 있다. 일반적으로, 이들은 압전기 작동기, 광학 레버 편향 검출기 및 실리콘 구조 기술을 사용하여 생산된 매우 작은 외팔보를 이용한다. 이들의 높은 해상도와 융통성은 산업적 검사, 반도체 제조, 생물학 연구, 재료 과학 및 나노리토그래피와 같은 다른 종류의 분야에서 응용된다.

용어 "탐침", "팁", 및 "외팔보"의 표현은 당 기술분야에서는 흔하게 상호 교환하여 사용되는 것이기에, 본원에 선 설명을 목적으로, 상기 용어를 보다 엄격하게 정의할 필요가 있다. 팁(또는 내용에 보다 적합하다면, 탐침 팁)은 외팔보 비임의 자유 단부에 위치한 3차원, 원추형 또는 피라미드형 구조를 칭한다. 팁은 조사(interrogation) 대상의 표면에 최근접한 상호작용 점인 포인트까지 가늘어진다. 외팔보는 일측 단부에서 팁을 지지하고 그리고 타측 단부에서 현미경 장치에 의해 유지되는, 팁을 제외한 비임 자체이다. 외팔보와 팁은 함께 탐침으로 언급된다.

도1은 종래 AFM(10)의 기본 부품을 설명한다. 이런 종래기술의 AFM(10)은 탐침(16)에 의해 조사되는 샘플(14)이 그 위에 장착되는 이동 스테이지(12)를 포함한다. 상기 탐침(16)은 외팔보 비임(18)과 팁(20)을 포함하고, 상기 팁은 파인(fine) 포인트(20a)까지 가늘어지며 외팔보 비임(18)의 일측 단부 쪽에 배치된다. 외팔보 비임(18)의 타측 단부는 장착대(22)에 고정된다. 스테이지(12)가 탐침(16)으로부터 다가가거나 멀어지는 방향(z-방향)으로 이동하게 작동하는 압전기 드라이버를 포함하는 z-위치이동 시스템(24)이 스테이지(12)에 연결된다. 추가 드라이버(도시하지 않음)가 장착대(22), 스테이지(12) 또는 양쪽에 연결되며, 샘플의 평면(x,y)에서 샘플(14)과 탐침(16) 사이의 상대적 운동을 제공하도록 작동된다. 광원(26)은 팁(20)이 장착된 위치에 외팔보 비임(18)의 상부 면(후부)(18b)으로 향하는 비임(L)을 방출하게 배치된다. 외팔보의 후부(18b)로부터 반사된 광은 위치 감지 검출기(PSD; position sensitive detector), 통상적으로 분할 포토다이오드(28)로 퍼져나가고, 피드백 신호를 발생한다. 검출기(28)의 출력은 피드백 제어기(30)를 통해 z-위치이동 시스템(24)에 연결된다.

PSD로부터의 피드백 신호는 탐침 편향, 진폭, 위상 또는 그 밖의 매개변수와 같은 것의 양을 얻어내도록 처리된다. 단순성을 위해, 이런 종래기술의 AFM은 탐침 편향에 기반한 피드백을 사용하는 접촉 모드에서의 작동으로 기술한다.

탐침(16)은 일반적으로 실리콘 또는 실리콘 질화물로부터 제조된다(AFM용). 전형적으로, 외팔보(18)는 약 100-200 μm 길이, 20-50 μm 폭 그리고 약 0.5 μm 두께 이지만, 이 크기는 물론 용도에 따라 변경될 수 있다. 형태도 변경될 수 있다. 즉, 장방형 또는 삼각형을 가질 수 있고, 삼각형인 경우에 꼭지점에 팁(20)이 있다. 상기 팁(20)은 전형적으로 그 기초부가 5 μm , 높이 3-10 μm 그리고 10-20nm의 단부 반경을 갖는다. 사용 시, 팁(20)의 단부의 파인 포인트(20a)는 샘플 쪽으로 향하게 된다.

샘플의 이미지를 취하여, 종래기술의 AFM(10)이 다음과 같이 작동한다. z-위치이동 시스템(24)을 사용하여, 먼저 외팔보(18)가 사전 정해진 정도로 편향될 때까지 샘플(14)쪽으로 팁(20)을 이동시킨다. 예를 들어 탐침 외형선(P1)으로 도1에 나타난 외팔보(18) 편향의 이런 사전 정해진 정도는 피드백 제어기(30)용 설정 포인트가 된다.

외팔보(18)의 편향은 광 비임(L)과 검출기(28)를 사용하여 모니터 된다. 검출기(28)는 그 길이를 횡방향으로 독립된 검출 구역(A, B)으로 분할한다. 검출기로부터 나온 출력 신호는 구역(B)을 조명하는 광의 세기에 대한

구역(A)을 조명하는 광의 세기 사이의 차이이다. 따라서, 검출기로부터 나온 광 세기 차이의 출력은 외팔보 편향의 표시 정보(indication)를 제공한다. 상기 검출기(28)는 외팔보(18)가 위치(P1)(설정 포인트)로 굽어졌을 때, 외팔보의 후부(18b)에 입사된 광 비임(L)이 통로(D1)를 따라 반사되도록 배치되며, 그리고 구역(A, B)에서 대체로 동일하게 투사된다. 즉, $I_A - I_B \sim 0$ 이고, $I_A - I_B$ 는 각각 구역(A, B)을 조명하는 광의 세기를 나타낸다. $I_A - I_B$ 의 정확한 값은 조정될 수 있고 그리고 이 값은 편향 설정 포인트 위치를 확인하는데 사용된다.

팁(20)은 일반적으로 래스터(raster) 패턴을 따라 샘플(14)의 표면을 가로질러 스캔 된다. 팁(20)이 증가된 높이를 가진 표면의 부분에 직면하면, 표면을 추적하는 팁(20)은 더욱 상향으로 힘을 받게 된다. 이런 사실은 차례로 탐침(16)이 예를 들어 위치(P2)로 그 굴곡을 증가시킨다. 이런 위치에 탐침(16)이 있으면, 외팔보의 후부(18b)에 의해 한정된 면과 광 비임(L) 사이의 입사 각도는 변경된다. 따라서, 광 비임(L)이 다른 통로(D2)를 따라 반사되어, 검출기의 구역(B)에 비해 검출기의 구역(A)에서 더 많은 투사를 한다. 즉, 검출기(28)의 2개 부분에서의 입사 광 사이의 광 세기의 차($I_A - I_B$)는 이전 (설정 포인트) 값으로부터 변경된다. 따라서, 광 세기 차의 값이 외팔보의 편향의 표시 정보와, 중요한 사항으로 설정 포인트로부터 얼마나 멀리 편향되었는지를 나타내는 표시 정보를 제공함을 알 수 있다. 피드백 제어기(30)는 탐침 장착대(22)의 수직 위치를 조정하여 샘플(14)로부터 멀어지게 이동시켜, 검출기(28)로부터 수신된 편향 신호가 그 설정 포인트(주어진 예에서 $I_A - I_B \sim 0$)로 돌아가도록 설정된다. 따라서, 탐침(20)은 P1으로 도식된 방위에서 유지된다.

역으로, 팁(20)이 감소된 높이를 가진 표면의 부분과 직면하면, 설정 포인트 굽힘으로 초래되는 외팔보 비임(18)상에 바이어스(bias)가 팁(20)을 하향하여 민다. 따라서 상기 탐침(16)은 굴곡 양이 감소하고, P0 으로 나타낸 바와 같은 방위를 취할 것이다. 이러한 방위를 가지면, 외팔보의 후부(18b) 상의 광 비임(L) 사이의 입사 각도는 상기 비임(L)이 통로(D0)를 따라 반사되게 하는 각이 되게 한다. 따라서, 검출기의 구역(B)이 구역(A)에 비해 더 완전하게 조명된다. 다시, 피드백 제어기(30)는 탐침 장착대(22)의 수직 위치를 조정하여 샘플(14)을 향하는 쪽으로 이동시켜, 그 설정 포인트에서 편향 신호를 유지한다. 따라서, 탐침(20)은 P1으로 도식된 방위에서 유지된다.

이러한 방식으로, 현미경 시스템의 피드백은 팁 위의 외팔보의 후부(18b)의 틸트 각으로 정해진 탐침(16)의 편향이 스캔 과정 동안에 대체로 일정하게 유지되게 한다. 이런 사실은 또한 차례로 표면으로 또는 그로부터 팁을 끌어당기거나 반발시키는 역할을 하는 탐침 팁(20)과 샘플(14) 사이의 상호작용 힘도 대체로 일정하게 유지되게 한다. 스캔 진행으로, z-위치이동 시스템에 의해 설정된 장착대의 수직 위치가 측정되어 샘플 면의 높이의 표시 정보를 제공한다. 스캔 과정에서 z-위치이동 시스템(24)에 의해 이루어진 조정이 이미지를 구성하는데 사용된다.

탐침 현미경에서의 최근 개발은 더욱 빨라진 데이터 수집시간을 가진 더욱 신속해진 스캐닝 기술을 이끌었다. PCT특허출원 WO 02/063368호 및 WO 2004/005844호에 기재된 바와 같은 새로운 세대의 현미경이 있지만, 이것은 AFM 부품에 의해 부여된 제한들이 이미지 수집 시간을 제한한다는 명백한 사실을 증가시키는 것이다

상술한 종래기술의 AFM의 능력을 참고로 하여, 스캐닝 속도의 증가로서, AFM 작동의 3개의 다른 영역을 확인할 수 있다.

상술한 종래기술의 AFM에서, 팁(20)은 초(second) 당 픽셀의 설정 수를 커버하도록 샘플 면을 횡방향으로 계속하여 이동된다. 외팔보 편향이 모니터 되고, 피드백 시스템은 앞서 설정된 굽힘 방위(P1)로 탐침(16)을 유지하도록 샘플(14)과 탐침(20)의 수직방향 분할에 대한 연속 조정이 행해진다. 편향의 변경이 검출되며 반응에 대해 조정되는 수직방향 분할을 갖는 속도는 기본적으로 제1(최저속도)영역에 맞게 스캐닝 속도 상한치를 설정한다. 정확한 정보가 수집되도록 탐침-샘플 상호작용은 모든 픽셀 위치를 가로질러서 일정해야 한다. 즉, 탐침-샘플 분리가 탐침에 의해 취해지는 것보다 짧은 소요시간(timescale)으로 피드백 시스템에 의해 조정되어 단일 픽셀 위치에 대응하는 이미지 데이터를 수집하여야 한다. 즉, 래스터가 스캔하기 전에 탐침이 새로운 픽셀 위치로 이동하여야 한다.

그런데 스캐닝 속도가 증가되어서, 피드백 시스템이 단일 픽셀 구역 내에서 설정된 편향으로 탐침이 돌아오기에 충분하지 않은 시간을 가진 제2영역에 AFM이 들어간다. 그러면, 피드백 시스템은 데이터 수집 시스템 뒤에서 지체되고 그리고 높이 정보(수직 조정으로부터 구해짐)는 픽셀 위치에서 탐침 팁의 실제 높이(그리고 그에 따른 샘플 높이)를 반사하지 않을 것이다. 상기 픽셀 레이트(pixel rate)는 이미지 해상도를 감소시키는 각각의 픽셀 크기의 증가에 의해, 또는 데이터 수집 시간의 필연적 증가를 갖는 스캔 속도를 느리게 하여 감소되어야 한다.

이런 제약의 영향력을 줄이기 위해, 현재의 연구는 피드백 시스템의 속도를 향상시키는 것에, 즉, 효율적으로 제1영역의 범위를 확장시키는 것에 집중되고 있다. 한 방식은 2개의 작동기를 사용하게 만들어 z 방향으로 외팔보의 이동을 제공하는 것이다. 제1작동기는 그 결과로 제한된 피드백 반응을 하는 탐침 조립체를 구동한다. 그런데, 제2작동기는 탐침에 통합되어 탐침 만이 이동하도록 작동될 수 있게 제공된다. 이런 제2작동기에 의해 제공된 이동 범위는 제1작동기에 의해 제공된 것보다 작지만, 탐침 만이 영향을 받게 사용되므로, 그 반응 시간은 더 빠르게 된다. 이런 방식에서, 팁 높이에 대한 초기 조정은 빠른 작동기를 통해 코스에 따라서 느리고, 큰 조정으로 행해진다. 그런데, 이런 통합형 제2작동기를 가진 네스티드(nested) 피드백 시스템의 사용은 제한된 성공을 얻은 것이다. 이것은 부분적으로 피드백 시스템의 반응을 해석하기 어렵게 하기 때문에, 팁의 높이를 판단하기가 곤란한 것이다. 이런 정보를 갖지 않고, 표면 지형(또는 다른 샘플 특성)이 정확하게 진단될 수 없다.

다른 방식은 외팔보의 편향에 따른 임의적 변환을 허용하는 모드에서 AFM을 작동하는 것이다. 이런 모드에서, 외팔보 편향이 측정되고 그리고 이런 편향과 관련된 데이터가 수집되어 이미지를 구성하는데 사용된다. 따라서, 이런 모드에서의 작동은 탐침 편향으로부터 유용한 정보를 얻어내는데 개량된 측정기술이 필요한 것이다. 이하에서 상세하게 기술되는 바와 같이, 도1에 도시된 바와 같은 종래기술의 검출 시스템이 이런 모드에서 작동하는데 채택될 수 있지만, 그런 채택은 많은 적용에서 만족스럽지 않은 계측 정보의 상실을 초래할 것이다.

만일 스캐닝 속도가 더욱 빨라진다면, 종래기술의 AFM은 작동을 위해 전체적으로 적합하지 않은 제3영역에 들어간다. 어떠한 스캐닝 속도 이상에서는 외팔보(18)의 과도 운동(transient motion)을 일으킬 수 있다. 즉, 만일 스캔 과정에서, 팁이 예를 들어 샘플의 면에서 높은 영역과 부딪치면, 팁(20)은 외팔보 비임의 과도 운동을 일으키는 임펄스(impulse)를 공급할 것이다. 만일 이러한 과도 운동이 탐침이 표면 외곽을 추적하면서 존재하면, 임의적으로 주어진 면의 위치에서 탐침의 방위를 교란하여, 탐침 편향을 모니터링 하여 활용할 수 있는 정보를 제한할 것이다. 편향은 탐침 높이에 대해 어느 방식에서도 더 이상 관련되지 않는다. 이러한 내용에 대해서는 Appl. Phys. Lett 93 104101(2008)에서, J.P. 호워드-나이트 및 J.K. 흡스의 "저경성, 저공진주파수 외팔보를 사용하는 비디오 레이트 원자힘 현미경"에 기술되었고, 또한 이하에도 상세하게 설명된다.

도1에 도시된 종래기술의 시스템으로 돌아와서, 탐침 팁(20)이 샘플(14)의 면을 추적함에 따라, 분명하게 스캔 라인에서의 각 지점에 수직 위치가 샘플(14) 지형의 방향 표시 정보(direct indication)를 제공한다. 따라서 엄밀히 말하면, 기준 레벨, 예를 들면 스테이지(12)의 표면 위로의 팁의 포인트(20a)의 높이 측정은 샘플 높이의 실제 표시 정보(true indication)를 제공할 것이다.

제1스캐닝 속도 영역에서, 도1의 종래기술 시스템은 구역(A)의 광 입사 세기와 구역(B)의 광 입사 세기와의 차를 간단히 모니터링한다. 특정적이지 않은 편향 측정을 한다. 즉, 종래기술의 AFM은 편향 상수를 보유할 것만을 필요로 하는 제로화 시스템(nulling system)이다. 탐침 높이 정보는 일정한 편향을 보장하도록 피드백 시스템을 작동하는 드라이버로부터 구해진다.

제2스캐닝 속도 영역으로의 이동에서, 종래기술의 시스템은 구역(A)의 입사 광 세기와 구역(B)의 입사 광 세기 사이의 차를 측정하는데 사용될 수 있다. 즉, AFM은 제로화 시스템으로가 아니고 샘플 조사의 결과로 직접적으로 데이터(세기 차)를 얻는 시스템으로 작동된다. 그런 데이터는 물론 예를 들어 스테이지 면인, 기준 포인트 위에 탐침의 높이에 대한 정보가 측정된 편향 데이터로부터 얻게 되는 범위에서만 유용한 것이다.

검출기의 2개 부분 사이의 세기 차의 측정은 외팔보의 후부(18b)로부터 반사된 직선 광의 표시 정보를 명확하게 제공한다. 차례로, 상기 반사 방향은 외팔보(18b)의 후부가 경사지는 각도에 따른다. 작은 각도와 관련하여, 경사도의 변화는 외팔보 비임(18)이 그를 통해 회전되는 각도와 동일하여, 팁(20)에서의 높이의 변화에 대해 비례한다. 도1에서 설명된 위치(P0, P1, P2)는 명료한 도시를 위해 상당히 과장되었으며, 많은 상황에서 상기 외팔보 비임(18)은 심하게 굽어지지 않고 그리고 이런 작은 각도의 근사치가 바람직하다는 사실에 주의한다. 또한, 편향이 측정된 지점의 위치가 외팔보 비임의 후부(18b) 상의 위치이고, 그리고 팁의 포인트(20a)의 위치가 아닌도 분명한 사실이다. 이들 2개의 포인트는 팁(20)의 수직 높이와 동일한 양으로 분리된다. 작은 편향에 대해서는, 이것은 스캔 과정에서 일정하게 나타낼 수 있다.

이들 근사치들을 고려치 않고, 편향을 통한 팁(20)의 높이의 측정은 비교적 직선적으로 실행하는 지지부에서 치우침을 갖는다. 제1스캐닝 영역에서는 탐침 편향의 변화 양을 정할 필요가 없다. 즉, 제로화 시스템에서는 일정하게 유지된다. 제2스캐닝 영역에서도, 스캐닝 탐침 현미경의 작동은 지금까지 상기 측정이 유효한 조건에 있었다.

편향에 의한 탐침 높이 측정이 명백히 보편적인 신뢰가 있는 것임에도 불구하고, 예를 들어 직접 높이 측정이 US 5,144,150호(요시즈미), EP 1 892 727호(미투토요), EP 2 017 599호(미투토요)에 게재되었다. 상기 문헌들에 기재된 현미경은 모두 간섭계를 사용하여 탐침의 높이에 대한 정보를 얻는 것이다.

US 5,144,150호는 접촉 탐침을 사용하여 구형 렌즈 또는 프레넬 렌즈의 곡선 면의 또는 반도체 상의 패턴링(patterning)의 구조를 측정하는 것을 게재하였다. 그런 면을 측정하는데 따른 문제는 받아들이 수 없는 압력이 예를 들어 외팔보 비임이 상기 표면의 특별히 높은 영역을 탐침이 추적할 때 굽어져서 샘플 면에 가해지는 것이다. 해결책은 외팔보 비임의 굽힘동작을 샘플 면이 스캔할 때 대체로 일정하게 유지되게 하는 것이다. 이런 일은 소위 광학 탐침에 외팔보의 기초부를 연결하여 달성되었다. 광학 탐침은 팁 위에서 외팔보 비임의 후부에 초점이 맞추어진다. 만일 팁이 기초부에 대해 이동하면(즉, 비임 굽힘), 팁은 광학 탐침의 초점으로부터 멀어지는 방향으로 이동할 것이다. 다음, 광학 탐침이, 팁이 초점으로 돌아오고, 팁-광학 탐침 분리를 보존하도록 물리적으로 이동된다. 광학 탐침과 외팔보의 기초부와와의 연결을 통해, 소위 "자동 초점 시스템"이 차례로 외팔보가 본래의 굽힘 구조로 돌아오게 한다. 다른 말로 하면, 광학 피드백 시스템이 대체로 일정한 편향으로 외팔보를 유지하는데 사용된다. 이런 범위까지가 이런 배열이 상술된 일정한 상호작용 모드에서 작동하는 종래 기술 AFM시스템과 유사한 것이다.

외팔보의 기초부를 이동하는데 필요한 수직 거리로부터 탐침의 z-위치를 간단히 이끌어내서 편향 위치를 유지하는 일정한 상호작용 AFM과 대비하여, US 5,144,150호의 현미경은 간섭계를 사용하여 팁의 후부의 속도를 직접 측정하는 것이다. 이런 속도 정보로부터, 스캔의 특정 지점에서의 탐침의 높이가 추론될 수 있다. 탐침의 속도는 기준 비임이 팁의 후부로부터 반사된 레이저 비임을 간섭하여 측정된다. 상기 비임은 이동 탐침으로부터 반사하여 도플러 주파수의 시프트를 행한다. 이러한 간섭계의 사용은 탐침의 편향 또는 관련된 외팔보 비임의 편향과 상관없는 탐침 높이의 정보를 제공한다.

그런데, US 5,144,150호에 기술된 장치는 스캐닝 속도에서 제기된 임의적인 제약을 극복하지 않은 것이다. 외팔보 편향을 유지하는 피드백 시스템은 편향 변경에 즉각적으로 반응할 수 없어서, 스캐닝 속도가 이미지 픽셀을 수집하는데 소비되는 시간이 자동초점 피드백 시스템의 반응 시간에 비해 크도록 제한된다. 이런 종래기술 시스템은 탐침의 경사와 무관하게 입사로를 따라서 다시 탐침으로부터 반사되는 간섭 시스템의 레이저 비임을 보장하는 제2피드백 시스템을 포함하는 유용한 것이다. 즉, 스캐닝 속도는 상기 2개 시스템의 느린 반응 시간에 의해 제약을 받게된다.

미투토요의 2건의 출원, EP 1 892 727호와 EP 2 017 599호는 탐침 현미경의 작동 정확도를 향상시키고, 그에 따라서 이미지의 해상도를 높인 것에 관한 것이다. 이것은 간섭계를 사용하여 고정된 기준 포인트에 대한 탐침의 높이를 직접 측정하여 추출해내서 달성된 것이다. 한 실시예에서, 탐침의 후부로부터 반사된 비임은 기준 비임으로 간섭되어, 상기 광로차가 추출된다. 이것은 스캐너에 의해 제기된 동작 에러의 문제를 극복한 것이다. 즉, 탐침 팁의 z-방향 동작은 샘플 면의 형상으로부터 전적으로 발생한다. 임의적 스캐너 에러는 탐침이 굽어지게 할 것이고, 이러한 일은 직접 높이 측정에 영향을 미칠 수 없는 것이다.

EP 1 892 727호에 기술된 시스템은 피드백 시스템의 사용을 하지 않았다. 즉, 탐침의 과도한 굽힘동작을 막는 조정이 없고, 따라서 매우 평평한 면을 스캐닝하는데 제약을 받는다.

EP 2 017 599호는 피드백이 구현된 상기 미투토요의 출원에 기술된 장치를 개량한 것이다. 이런 피드백 시스템은 단일 센서가 상기 탐침의 접촉 힘(피드백 신호)과 변위(높이)를 모두 검출하는데 사용된 종래기술의 상술한 피드백 AFM과 관련하여 간단하게 된 것이다. 작은 수직적 고-주파수 진동(떨림)은 스캔 시에 탐침에 전해진다. 이런 진동의 진폭은 상호작용 힘의 세기에 대한 정보를 제공한다. 따라서, 간섭계에 의해 측정된 직접 높이 신호는 떨림으로 초래되는 고-주파수 성분과 중첩된 샘플 높이 변화에 대응하는 저 주파수 성분을 갖는다. 상기 신호 처리공정에서 2개의 성분을 분할하는데 필터가 사용된다. 탐침의 기초부의 높이는 고 주파수 성분의 진폭을 일정하게 유지하도록 조정된다. 그런데, 이런 배열의 장치는 스캐닝 속도로 인해 발생한 임의적인 제약을 극복하지 않은 것이다. 정확한 데이터 결과는 만일 피드백 시스템이 표면 높이의 변화에 반응하는 충분한 시간을 가졌을 때에만 얻을 수 있다. 즉, 떨림 진폭이 이미지 데이터 수집 지점 사이에서 일정하게 유지될 때 그러하다. 데이터는, 첫째로 진폭 측정이 사이클의 수(이 경우엔 5-10)에 대한 진동의 모니터링이 필요하고, 그리고 둘째로 z 구동 시스템이 설정 값으로 진폭이 회복하도록 탐침 위치를 조정하는 시간을 주어야만 하므로, 더 빠르게 데이터가 수집될 수 없다. 따라서 이런 장치는 제1스캐닝 영역에서만 작동될 수 있다.

요약하면, 종래기술 탐침 현미경은 상기 확인된 제1(느린)스캐닝 영역 밖에서 작동하기에 부적절하거나 또는 비

교적 평평한 샘플에 대해선 적용에 제약을 받게 되는 것이다.

종래기술 탐침 현미경의 결합 속성은 또한, 제3스캐닝 영역의 매우 빠른 속도로 스캔하려고 하면서 직면하는 추가적 어려움을 고려하면서 강조된다. 즉, 속도가 외팔보의 과도 운동이 일어나기에 충분할 때 그러하다. 그런 상황은 예를 들어 샘플 면의 높은 높이의 영역과 부딪치면서 제공되는 임펄스에 반응하는 외팔보가 제1강제 공진 주파수 위에 있을 때 발생한다. 이러한 환경에서는, 팁에서의 외팔보의 틸트가 안정적-상태(설정 포인트)의 경사와는 다른 크기를 가질 뿐만 아니라, 반대 방향으로도 있을 것이다. 과도 운동은 위치와 시간에 따라 외팔보의 각도를 변경시킬 것이다. 상기 문제는 도2를 참고로 설명된다.

2개의 가능한 외팔보의 기계적 상태: 팁이 샘플 면과 접촉하여 강제로 억제되거나 또는 자유롭게 있음. 이런 상태에서 외팔보 공진 조건은 각각 억제 및 비억제 공진으로 정의된다.

도2a,b,c,d는 샘플(14) 면으로부터 임펄스가 수용된 탐침(20)의 각종 상태를 설명하는 도면이다. 전술한 바와 같이, 탐침(16)은 외팔보 비임(18)에 연결된 팁(20)을 포함한다. 편향 측정을 하는데 사용된 외팔보(18b)의 후부와 샘플에 최근접한 탐침의 포인트(20a)를 나타내었다. 외팔보의 후부(18b)의 안정된 상태, 공칭(nominal) 위치를 점선으로 나타내었다. "공칭"의 의미는, 피드백이 작동하고 있을 때, 후부(18b)가 유지되는 위치를 의미한다. 즉, 도1에서 탐침 방위(P1)와 같은 것이다. 입사 광 비임(L)은 각 도면의 우측에 나타내었고, 좌측에는 예상 반사방향(42)이 공칭 위치로 탐침을 점선으로 나타내었다. 즉, 점선(42)은 도1의 D1에 대응한다.

도2a 및 도2b에서, 샘플 면의 위치는 실선(44)으로 나타내었다. 상기 표면 위치(44)는 홈통(trough)이 효과적이며, 본 예를 명료하게 나타내기 위해, 팁(20)은 표면을 따르고 공칭 위치로부터 하향 유인된다. 도2a는 외팔보(18)의 정착(settle) 시간에 비해 더 긴 소요시간으로, 이런 이동을 일으키는 샘플로부터 수신된 임펄스가 비교적 느린 상황을 설명하는 도면이다. 즉, 임의적 과도운동은 표면 윤곽에 대해 탐침이 취한 시간에서 감소되었을 것이다. 팁(20)이 하강하여 표면(44)과 접촉함으로써, 외팔보 비임(18)은 하향하여 굽어지고 그리고 외팔보(18b)의 후부는 도면의 좌측으로 경사진다. 따라서, 측정 광 비임(L)은 광로(46)를 따라 외팔보의 후부(18b)로부터 반사된다. 따라서, 비임 유출로가 화살표(48)로 나타난 바와 같이 반시계방향으로 이동되어서 검출된다. 대조적으로, 도2b는 샘플(14)로부터 입수된 임펄스가 외팔보(18)의 정착 시간에 비해 짧은 소요시간으로 탐침(16)의 순간 위치의 예를 설명한다. 전술한 바와 같이, 팁(20)은 표면 레벨(44)로 하향하여 유인되지만, 외팔보(18)의 과도 진동은 리플(ripple)이 길이를 따라서 관찰될 것임을 의미한다. 따라서, 탐침의 순간 정렬은 도2b에 도시한 바와 같이 된다. 따라서, 외팔보(18b)의 후부는 리플(ripple)의 전파로서 샘플에 의해 탐침 접촉 포인트(20a)를 중심으로 흔들릴 것이다. 외팔보의 후부가 우측으로 경사지는 순간 위치를 도2b에 도시하였다. 이런 순간에서, 광 비임(L)은 광로(50)를 따라 반사된다. 따라서, 비임 유출로는 화살표(52)로 나타난 바와 같이 시계방향으로 시프트되는 것이 관찰된다.

따라서, 동일한 표면 위치를 추적함에도 불구하고, 탐침 편향의 순간 측정은 도2a 및 도2b에 도시된 대조되는 상황에서 반대 결과를 발생하였음을 나타내었다.

도2c 및 도2d에서, 샘플 표면의 위치는 실선(54)으로 나타난 바와 같이 상승되었다. 따라서, 이런 표면 위치(54)는 피크를 나타내고 그리고 상기 표면에 따르는 팁(20)은 그 공칭 위치로부터 상향하여 상승된다. 도2c는 외팔보(18)의 정착 시간보다 긴 소요시간으로 이런 이동을 야기하는 샘플로부터 입수된 임펄스가 비교적 느린 상황을 설명한다. 즉, 임의적 과도 운동은 탐침이 표면 윤곽에 대해 취하는 시간에서 감소되었을 것이다. 팁(20)이 표면(54)을 따라 상승하여, 외팔보 비임(18)은 상향하여 굽어지고 그리고 외팔보(18b)의 후부는 도면의 우측으로 경사진다. 따라서, 조사 광 비임(L)이 광로(56)를 따라 외팔보의 후부(18b)로부터 반사된다. 따라서, 비임 유출로가 화살표(58)로 나타난 바와 같이 시계방향으로 시프트 되는 것이 관찰된다. 도2b에 도시된 바와 유사하게, 도2d는 샘플(14)로부터 입수된 임펄스가 외팔보(18)의 정착 시간보다 짧은 소요시간으로 탐침(16)의 순간 위치의 예를 설명한다. 도2c에서와 같이, 탐침 팁(20a)은 표면 레벨(44)에 따라 상승되지만, 외팔보(18)의 과도 진동은 리플이 과도 모드가 그 길이를 따라 전파함으로써 관찰될 것이다. 즉, 외팔보(18b)의 후부는 표면을 따라 탐침 접촉 포인트(20a)를 중심으로 흔들릴 것이다. 그 순간 정렬은 예를 들어 도시된 바와 같다. 도2d의 예에서, 외팔보의 후부(18b)는 좌측으로 경사진다. 이런 순간에, 광 비임(L)은 광로(60)를 따라 반사된다. 따라서, 비임 유출로는 화살표(62)로 나타난 바와 같이 반시계방향으로 시프트 되는 것이 관찰된다.

다시, 동일 표면 위치(54)의 측정이 과도 운동이 일어났을 때 대비되는 결과를 생성하도록 관찰된다. 즉, 탐침이 상기 표면을 가로질러 스캔될 때 속도가 외팔보의 정착 시간보다 짧은 시간 프레임에서 탐침이 표면 특징에 대한 반응이 일어났을 때 그러하다.

제3속도 영역의 시작(onset)을 한정한 제한은 다음과 같이 다시 정의된다. 픽셀 수집 기간(이미지의 1픽셀에 대응하는 표면 부분을 이미징하는데 소비하는 평균 시간)은 외팔보의 정착 시간보다 짧은 시간이 된다.

도2b 및 도2d에 도시된 탐침(16)의 위치는 순간적인 것으로 이해된다. 과도 모드는 외팔보 비임(18)을 따라 진행될 것이며, 만일 감쇠되지 않았으면, 외팔보의 후부(18b)의 요동과 반사된 비임 방향의 결과로 생긴 빠른 진동으로 관찰된다. 만일 과도 모드가 예를 들어 낮은 Q 요소로 외팔보 비임을 사용하여 감쇠된다면, 후부(18b)의 초기 경사 이동은 보다 신속하게 정착할 것이다.

PCT 특허출원 WO 2005/008679호에, 불균일한 샘플 표면의 지형을 측정하는데 바람직하게 사용할 수 있는 하이브리드 시스템이 기재되었다. 샘플 면을 가로질러 팁을 트래킹 하기 위한 향상된 기계적 시스템이 전자식 피드백 메커니즘과 조합되어 실시된다. 전자식 피드백 메커니즘은 픽셀 수집 비율 보다 큰 소요시간으로 있더라도 샘플 지지부와 탐침의 기초부와 수직 분할에 대한 조정을 만드는데 사용된다. 일반적으로, 이들 피드백 조정은 복합 스캔을 커버하는 기간에 걸쳐 행해지지만, 각 스캔 라인 내에서, 샘플 면 위에 팁의 높이의 변화가 측정되어야 한다. 스캔 라인의 스케일에서, 샘플 면은 검출 시스템의 제한이 매우 엄격하지 않은 충분히 평평한 것으로 추정된다. 측정된 높이의 변화는 표면 지형 변화의 이미지가 각 스캔 라인을 따라 형성되게 하며, 전자식 피드백 신호가 기본선 레벨로 각각의 스캔 라인을 조정하는데 사용된다. 향상된 기계식 트래킹 시스템은 팁이 고르지 못한 부분과 직면할 때 팁이 양호한 접촉 상태를 유지하도록 할 필요가 있다. 이것은 각각의 스캔 라인의 소요시간 내에서 보다 정확한 높이 정보가 수집되게 한다. 그런데, 종래기술의 장치는 제2속도 영역 내에서 작동할 수 있더라도, 외팔보의 과도 모드를 고려하지 않은 것이다. 제3영역의 시작을 지연하는 양호한 트래킹이 제공되었더라도, 그런 현미경은 여전히 만일 제3영역 내에서 작동하여도 정확한 결과를 구할 수 없는 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

본 발명의 목적은 피드백 시스템에 의해 설정된 제한치를 초과하는 속도로 샘플 면을 스캔하여 사전 정해진 값에서 피드백 매개변수를 유지하여 탐침 팁의 높이에 관련한 정보를 추출할 수 있는 스캐닝 탐침 현미경에 사용하기 위한 검출 시스템을 제공하는 것이다. 특히, 본 발명의 목적은 탐침이 과도 운동을 하면서 중요한 정보를 추출할 수 있는 검출 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

따라서, 본 발명은 스캐닝 탐침 현미경에 사용하기 위한 검출 시스템에서, 상기 시스템은 기초부와 샤프 팁을 지지하는 자유 단부를 가진 외팔보를 구비한 탐침을 조명하도록 비임을 발생하기 위한 광원과, 탐침으로부터 반사된 광을 수집하기 위한 수집 수단을 포함하며, 상기 비임은 팁 근방의 탐침의 상부 면을 조명하고, 그리고 상기 반사된 광은 제1성분과 제2성분을 포함하고, 상기 제1성분으로부터 탐침 상부 면의 편향의 표시 정보가 구해지며 그리고 상기 제2성분은 기준 포인트에 대한 탐침 상부 면의 위치와 관련한 제2성분의 정보로부터 추출하도록 배치된 높이 검출 시스템으로 전송하는 것이다.

이런 배열은 검출 시스템이 모두 3개의 작동 영역을 통한 샘플 면의 이미지를 형성하는데 사용될 수 있는 이점을 갖는다. 본원의 명세서에서 "편향"은 본원에 기술된 종래기술에서 나타낸 의미로 한정되는 것으로 이해되지 않는다. 대신에, (종래기술에서) 탐침의 상부 면의 방위 또는 경사 각도 또는 외팔보의 방위로부터 유래된 임의적인 다른 각도 측정치를 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 이것은 그 자유 및 기초부(또는 그 길이에서의 실질적인 다른 위치)단부 상에 수직적 분리로부터 유래된 측정치를 포함할 수 있다. 간단하게 말하면, 외팔보의 "편향"은 샘플과 탐침이 상호작용한 결과로서 외팔보에서 유도된 굽힘 형상의 치수인 것으로 이해되어야 한다. 탐침의 상부 면의 편향을 모니터링하여 피드백이 탐침 팁과 샘플 사이의 평균 상호작용 힘이 일정하게 유지하는데 사용되게 허용한다. 이것은 적용되는 과도하게 높은 상호작용 힘의 결과로 샘플 및/또는 탐침에 스트레스를 제한할 수 있는 효과가 있다. 동시에, 높이 검출 시스템에 의해 측정된 광로 차는 탐침 높이의 직접 측정치이다. 외팔보의 편향을 고려하지 않고, 이런 측정은 기준 포인트에 의한 위치 설정에 대한 탐침 높이의 실제 표시 정보이다. 이런 측정이 편향으로부터 독립하여 있으므로, 외팔보의 편향을 동적으로 변경할 수 있지만 그 높이에는 영향을 미치지 않는, 피드백 시스템의 반응시간에 의한 영향을 받지 않으며, 잠재적으로 과도 운동의 존재에 의해서도 그러하다.

또한, 편향으로부터 독립하여 있는 높이 측정의 결과로, 탐침의 기초부의 수직(z) 높이에 대한 지식을 가질 필

요가 없다. 종래 기술 AFM 시스템에서는 기초부의 높이가 이미지를 형성하도록 상판 데이터를 추출하도록 측정된다. 본 발명에 따르는 AFM에서, 상기 이미지는 간섭 출력으로부터 직접적으로 형성된다. 따라서 종래기술에서 기초부의 수직 높이(z)를 제어하기 위해 반응하는 구동 시스템으로의 입력 신호가 도달한 실질 높이에 대하여 보정되어야 하는 것인 반면에, 본 발명에서는 그러한 보정의 필요가 없는 것이다.

이상적으로, 높이 검출 시스템은 반사된 광의 제2성분과 높이 기준 비임과의 사이의 광로차를 검출하게 배치된 간섭계를 포함한다. 그런 간섭계는 이런 광로차의 정확한 측정으로, 탐침의 상대적 높이를 정확히 측정할 수 있다. 바람직하게, 상기 간섭계는 1쌍의 위상 정사각형 간섭무늬(phase quadrature interferograms)를 발생하기 위한 수단을 포함하는 호모다인 간섭계(homodyne interferometer)이고, 상기 간섭무늬는 복합 프린지(fringes)에 대한 정확한 프린지 카운팅 기법을 취하게 된다. 이것은 높이 검출 시스템의 정확도를 향상시키고 그리고 검출되는 외팔보 이동 범위를 증가시킨다. 상기 위상 정사각형 간섭무늬는 위상-분리 코팅을 가진 비임 분리기에 의해 발생된다.

또한, 제1성분은 간섭계로 전송되고, 간섭계는 그 자유단부로부터 원거리에 있는 외팔보 상의 위치로 한정된 길이를 가진 광로를 따라 전파하는 편향 기준 비임과 반사된 광의 제1성분 사이의 광로차를 검출하게 배치되며, 그리고 사실상 그 기초부 단부에 위치하여, 외팔보의 경사에 대한 정보를 제공한다. 즉, 이 경우에, 편향 측량은 그 길이를 따르는 제2위치와 외팔보의 자유 단부와와의 사이의 수직 높이 차로부터 구해지고, 사실상 그 평균 경사도의 측정을 한다. 이런 실시예에서, 간섭계는 높이와 편향 정보를 추출하는데 사용되며, 상기 정보는 필요한 성분의 수를 감소시킨다.

선택적으로, 제1성분이 편향 검출기로 전송되고, 상기 편향 검출기는 탐침의 상부 면의 편향의 표시 정보를 제공하게 배치된다. 따라서, 편향 신호는 종래 기술로부터 알려진 임의적인 편향 검출기를 사용하여 구해질 수 있다.

특정적으로, 상기 편향 검출기는 제2간섭계이고, 상기 제2간섭계는 그 자유 단부로부터 원거리에 있는 외팔보 상의 위치로 한정된 길이를 가진 광로를 따라서 전파하는 편향 기준 비임과 반사 광의 제1성분 사이의 광로차를 검출하게 배치되며, 사실상 그 기초부 단부에 있다. 선택적으로, 편향 검출기는 탐침의 상부 면의 방위 각에 의해 정해진 상대적 세기를 가진 다이오드의 2개의 부분에서 반사된 광의 제1성분이 입사하도록 방위된 분할 포토다이오드이다.

또한, 상기 시스템은 상술한 제1 및 제2성분으로 반사광을 분할하게 배치된 비임 분리기도 포함한다.

바람직하게, 탐침은 그 기초부 단부에 지지된 외팔보의 자유 단부 근방에 장착된 팁을 포함하고, 상기 비임에 의해 조명되는 탐침의 상부 면은 팁 위에 있다. 또한, 상기 탐침은 탐침 팁이 이동하도록 작동할 수 있는 작동기도 포함한다. 한 실시예에서, 이것은 그 팁의 영역에서 탐침의 상부 면의 방위 각을 변경하여 달성된다. 이 작동기는 탐침 조립체 및/또는 장착대가 수직하게 이동하도록 배치된 드라이버 보다 훨씬 작은 로드를 구동하도록 배치된다. 이러한 이유에 적합하게, 빠른 피드백 반응을 위한 퍼텐셜을 제안한다. 통합 작동기의 사용도 하는 종래기술의 네스티드 피드백 시스템은 피드백 루프의 해석 및 그에 따른 탐침 높이의 판단이 어느 정도 곤란하다는 결점을 가져 좋지 않다. 본 발명의 이 실시예는 탐침의 높이가 피드백 작동기가 구동되는 위치와 무관하게 직접적으로 측정되어 이러한 결점을 피한 것이다.

본 발명의 제2면은 샘플과 탐침 사이의 상호작용에 따른 샘플을 이미징하기 위한 스캐닝 탐침 현미경을 제공하는 것이고, 상기 현미경은 상술한 바와 같이 샘플 면과 탐침 사이의 상관 동작을 제공하게 배치된 구동 수단과 탐침 검출 시스템을 포함한다.

바람직하게, 상기 구동 수단은 샘플 면에 대해 대체로 평행한 평면에서 탐침과 샘플 면과의 사이에 상대적 운동을 제공하도록 배치된 xy스캐너와, 샘플 면에 대해 수직한 방향으로 상대적 운동을 제공하도록 배치된 z드라이버를 포함한다. 그런 배열에서, 탐침 검출 시스템으로부터 얻은 탐침의 상부 면의 편향의 표시 정보가 z드라이버와 일체로 된 피드백 시스템에 포함되고, 상기 z드라이버는 설정 레벨로 탐침의 편향이 돌아오게 배치된다. z드라이버는 탐침의 기초부가 이동하게 배치된 기초부 드라이버 및/또는 탐침과 일체적이고 탐침 팁을 이동하게 배치된 작동기를 구비한다.

종래기술 AFM과 다르게, 피드백 시스템은 본 발명의 현미경에 의해 기록된 이미지의 품질에 과도한 영향을 끼치지 않고 이미지 픽셀 사이로 탐침을 이동하도록 xy스캐너에 의해 취해지는 것보다 긴 소요시간에서 작동한다.

xy스캐너는 바람직하게 공진 주파수에서 또는 그 근방에서 탐침 플러스 지지대 또는 샘플 플러스 지지대의 어느

하나를 진동하도록 배치된 공진기를 포함한다.

제3면에서, 본 발명은 샘플과 탐침 사이의 상호작용에 따르는 샘플을 이미징하기 위한 스캐닝 탐침 현미경을 제공하며, 상기 현미경은 탐침과 샘플 면 사이의 상대적 운동을 제공하게 배치된 구동 수단과 샘플 면에 대해 대체로 수직인 방향으로 기준 포인트에 대한 탐침의 위치의 표시 정보를 제공하게 배치된 탐침 검출 시스템을 포함하며;

상기 탐침은 기초부와 자유 단부를 가진 외팔보를 포함하고, 상기 자유 단부는 샤프 팁을 지지하고;

상기 구동 수단은 샘플 면에 대해 대체로 평행한 평면에서 탐침과 샘플 면과의 사이에 상대적 운동을 제공하게 배치된 xy 스캐너를 포함하고, 상기 스캐너는 공진 주파수에서 또는 그 근방에서 탐침 또는 샘플 플러스 지지대가 진동하도록 배치된 적어도 1개의 공진기를 구비하고, 그리고 z 드라이버는 샘플 면에 대해 대체로 수직인 방향으로 상대적 운동을 제공하도록 배치되고, 그리고

탐침 검출 시스템은 탐침을 조명하도록 비임을 발생하기 위한 광원과, 비임이 팁 근방에 탐침의 상부 면을 조명하는 탐침으로부터 반사된 광을 수집하기 위한 수집 수단, 및 기준 포인트에 대한 탐침의 상부 면의 위치에 관련한 탐침 정보로부터 반사된 광으로부터 추출하도록 배치된 높이 검출 시스템을 포함한다.

상기 높이 검출 시스템은 이상적으로 탐침으로부터 반사된 광과 높이 기준 비임과의 사이의 광로차를 검출하게 배치된 간섭계를 포함한다.

제4면에서, 본 발명은 스캐닝 탐침의 상부 면으로부터 반사된 광을 검출하는 방법을 제공하며, 상기 방법은 탐침 팁 바로 위 한 지점에 상부 면 상에 광 비임을 향하게 하는 단계와, 상부 면으로부터 반사된 광을 수집하는 단계 및 기준 레벨 위에 탐침 팁의 높이의 이미지 표시 정보를 형성하게 배치된 높이 검출기로 상기 광이 향하게 하는 단계를 포함한다.

이상적으로, 상기 방법은 탐침 팁 바로 위에 있는 상부 면 상에 포인트를 위치설정하는 단계에 의해 앞선다. 이런 단계는 바람직하게:

*(a)상부 면으로 광을 향하게 하는 단계와;

(b)상부 면의 각도를 변경하도록 팁에 대하여 탐침을 진동하는 단계와;

(c)높이 검출기의 출력을 모니터링 하는 단계와;

(d)광이 입사되는 상부 면 상의 지점의 위치를 변경하는 단계; 및

(e)탐침의 경사 결과로 높이 검출기의 출력의 명백한 변화가 최소로 될 때까지 단계(c)와 단계(d)를 반복하는 단계를 포함한다.

이것은 이미지 품질에 과도 효과를 최소로 하는 편리한 기법을 제공한다.

바람직하게, 상기 탐침은 기초부 단부에서 유지되고 그 자유 단부에서 또는 그 근방에서 팁을 지지하는 외팔보를 포함하고, 비임에 의해 조명되는 탐침의 상부 면은 외팔보 자유 단부에 또는 그 근방에 있다.

선택적으로, 상부 면 상에 상기 지점을 위치설정하는 단계는:

(a)외팔보의 상부 면으로 광을 향하게 하는 단계와;

(b)외팔보의 방위 각도를 변경하도록 고정된 위치에서 팁을 유지하면서 수직적으로 외팔보의 기초부를 이동하는 단계와;

(c)높이 검출기의 출력을 모니터링 하는 단계와;

(d)광이 입사되는 상부 면 상에 포인트의 위치를 변경하는 단계; 및

(e)탐침의 기초부를 이동한 결과로 높이 검출기의 출력에 나타난 변화가 최소로 될 때까지 단계(c)와 단계(d)를 반복하는 단계를 포함한다.

피드백 신호가 탐침 방위의 표시 정보로부터 구해지는 실시예에서, 피드백 신호는 탐침이 사전 설정된 방위로 돌아오도록 기초부 높이의 조정이 일어나게 되어 있고, 외팔보의 기초부를 이동하는 단계가 사전 설정된 방위를 변경하여 달성된다.

선택적으로, 상부 면 상에 상기 지점을 위치설정하는 단계는:

- (a)상부 면으로 광을 향하게 하는 단계와;
- (b)공지된 거리로 탐침 팁을 변위하여, 바람직하게 공지된 높이 변경의 샘플을 가로질러 탐침을 스캐닝하는 단계와;
- (c)높이 검출기의 출력을 모니터링하는 단계와;
- (d)광이 입사되는 상부 면 상의 지점의 위치를 변경하는 단계; 및
- (e)높이 검출기의 출력이 공지된 변위에 대해 예상되는 값에 대응할 때까지 단계(c)와 단계(d)를 반복하는 단계를 포함한다.

선택적으로, 상기 단계는:

- (a)상부 면으로 광을 향하게 하는 단계와;
- (b)과도 운동이 일어나기에 충분한 속도로 탐침을 스캐닝하는 단계와;
- (c)높이 검출기의 출력을 모니터링하는 단계와;
- (d)광이 입사되는 상부 면 상의 지점의 위치를 변경하는 단계; 및
- (e)높이 검출기의 출력에서 나타난 변화가 최소로 될 때까지 단계(c)와 단계(d)를 반복하는 단계를 포함한다.

제5면에서, 본 발명은 스캐닝 탐침 현미경을 사용하여 데이터를 수집하는 방법을 제공하며, 상기 방법은:

- (a)자유 단부가 샤프 팁을 지지하는, 기초부 단부와 자유 단부를 가진 외팔보를 포함하는 탐침을 샘플 면에 근접하게 이동하는 단계와;
- (b)팁 바로 위 지점의 탐침의 상부 면에 광 비임을 향하게 하는 단계; 및
- (c)탐침의 상부 면으로부터 반사된 광을 수집하여 분석하면서, 샘플 면을 가로 질러 탐침을 스캐닝하는 단계를 포함하며,

z 드라이버는, 그로부터 탐침의 상부 면의 편향의 표시 정보가 얻어지는, 수집된 광의 제1성분의 분석에 의해 얻어진 피드백 신호에 반응하여 수직적으로 탐침의 기초부를 구동하도록 작동하고, 그리고 수집된 광의 제2성분은 이런 성분과 높이 기준 비임 사이의 광로차를 검출하도록 배치되고 그리고 기준 레벨 위에 탐침 팁의 높이를 표시하는 이미지를 형성하게 배열된 간섭계에 전송되고; 피드백 신호에 대한 반응은 복합 이미지 픽셀이 수집되는 것보다 긴 소요시간에 걸쳐 이루어진다.

도면의 간단한 설명

본 발명의 기타 다른 목적과 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조한 하기의 상세한 설명에 의해 명확하게 이해될 것이다.

도1은 전형적인 편향 검출 시스템을 나타내는 종래기술의 원자힘 현미경의 부품들을 개략적으로 도시한 도면.

도2는 외팔보의 과도 운동이 관찰되는 임계값(threshold)의 아래(a, c) 및 위(b, d)에서 스캔 주파수를 영상화했을 때 가능한 팁 및 외팔보 동작의 일련의 실시예를 도시한 도면.

도3은 본 발명에 따른 탐침 검출 시스템을 갖는 원자힘 현미경의 부품들을 개략적으로 도시한 도면.

도4는 고속 스캔 탐침 현미경에 통합된 본 발명에 따른 탐침 검출 시스템을 개략적으로 도시한 도면.

도5는 본 발명에 사용하기 위한 간섭 높이 검출 시스템을 개략적으로 도시한 도면.

도6은 높이가 측정되는 외팔보의 후부의 포인트를 변화시킨 효과를 개략적으로 도시한 도면.

도7은 샘플 표면의 스캔을 실행하기 위한 준비시 본 발명의 검출 시스템을 정렬시키는데 사용된 장치를 개략적으로 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

도3에는 본 발명의 특징에 따라 구성된 검출기의 제1실시예를 이용하는 AFM(70)의 실행을 개략적으로 도시하고

있다. 도1을 참조하여 서술된 종래기술의 AFM 과 공통인 요소들은 동일한 도면부호가 부여되었다. 따라서, 도시된 AFM 장치는 그 표면이 탐침(16)에 의해 조사될 샘플(14)을 수용하도록 적용된 가동형 스테이지(12)를 포함한다. 상기 탐침(16)은 외팔보(18)와, 팁(20a)을 향해 경사지고 외팔보 비임(18)의 한쪽 단부를 향해 배치된 팁(20)을 포함한다. 외팔보 비임(18)의 다른쪽 단부는 장착대(22)에 의해 지지된다.

하나 이상의 구동 모터(72)(도시하지 않음)는 3차원으로, 즉 x , y , 및 z 방향으로 서로에 대해 스캔될 수 있도록 샘플(14)[스테이지(12)와 함께] 및/또는 탐침(16)을 구동시키는데 사용된다. 필드에서는 종래와 마찬가지로, 카테시안 좌표계(Cartesian coordinate system)는 샘플(14)에 의해 점유되는 평면에 수직인 것으로 받아들여질 것이다. 즉, 탐침(16)과 샘플(14) 사이의 상호작용 힘의 강도는 샘플(14) 위에서 팁(20)의 xy 위치에 의존하며, 그 위의 높이도 의존하게 된다.

다양한 구동 모터의 z 위치이동 시스템은 본 발명의 목적을 위해 가장 중요하다. z 위치이동 시스템(72)은 팁(20)을 (z 방향) 샘플(14)을 향해 또는 샘플로부터 멀리 이동시키도록 작동가능한 압전 드라이버를 포함한다. 이런 실시예에서, z 위치이동 시스템은 탐침 장착대(22)에 연결된다. 선택적으로, z 위치이동 시스템은 샘플 스테이지(12)(도1에 도시된 바와 같이)에 연결될 수도 있으며, 음성 코일 또는 열 바이모르프(bimorph) 작동기와 같은 비압전 구동 메커니즘을 포함한다. 또 다른 모터가 장착대(22) 또는 스테이지(12)에 연결되며 또는 장착대 및 스테이지 모두에 연결되며, 샘플의 평면(x , y)에서 샘플(14)과 팁(20) 사이에 상대운동을 제공하도록 작동될 수 있으므로, 팁은 샘플(14) 위에서 래스터(raster) 형태로 또는 다른 형태로 스캔될 수 있다.

일 실시예에서, z 위치이동 시스템은 상술한 바와 같이 스테이지(또는 장착대) 드라이버와, 탐침 자체와 일체형인 부가의 작동기를 포함한다. 상기 일체형 작동기는 조립체 드라이버로 가능한 것보다 빠른 피드백 응답으로 탐침 편향을 구동시키는데 사용된다.

탐침(16)은 저중량(low-mass) AFM 탐침이며, 스캔 중에는 팁(20)과 샘플 표면 사이에 상호작용 힘이 발생한다. 하기에 상세히 서술될 탐침 검출 메커니즘(74)은 팁(20) 위의 외팔보의 후방에서 포인트(18b)의 수직(z) 변위 및 그 편향(경사)의 표시 정보(indication)를 얻도록 배치된다. 수직 변위에 관련된 데이터는 분석된 후, 디스플레이(도시하지 않음)로 출력된다. 외팔보의 후부(18b)의 경사/편향에 관한 정보는 z 위치이동 시스템(72)의 구동 메커니즘에 연결되는 피드백 제어기(30)로 입력된다.

편의상 "수직"이라는 표현은 현미경 시스템 z 방향에서의 이동에 적용되는 것을 인식해야 한다. 상술한 바로부터 명백한 바와 같이, 이것은 현미경 z 축선이 수직으로 정렬되는 상황에 한정되는 것이 아니다. 현미경은 목적에 따라 그 어떤 편리한 방향으로도 배치될 수 있다.

탐침(16)은 일반적으로 (AFM 인 경우) 실리콘 또는 실리콘 질화물로 제조되며, 종래기술과 관련하여 서술된 바와 같은 형태 및 크기로 형성된다.

샘플의 이미지를 고려하였을 때, AFM 은 다음과 같이 작동된다. z 위치이동 시스템(72) 및 또 다른 드라이버를 이용하여, 샘플(14)은 먼저 래스터(x , y) 스캔의 초기 위치에서 팁(20)과 접촉된다. 통상적으로, AFM 기술에 있어서, 팁(20)은 자동 상호작용 힘이 반발(repulsive) 영역에 있을 때 샘플(14)과 접촉된다. 일단 탐침(16)이 샘플 표면과 접촉되면, 팁(20)은 상향으로 가압된다. 팁으로부터 이격된 측부에서 외팔보(18)의 기초부는 장착대(22)에 의해 정위치에 유지되므로, 외팔보(18)는 굴곡되거나 상향으로 편향된다. 통상적으로 그리고 종래기술과 관련하여 서술한 바와 같이, 장착대(22)는 하강되며, 외팔보가 설정된 레벨에 도달될 때까지 샘플(14)을 향해 탐침(16)을 이동시킨다. 상기 설정된 레벨은 피드백 제어기(30)를 위한 설정 포인트이다.

스캔이 진행됨에 따라, 팁(20)은 샘플 표면 높이가 변함에 따라 상하로 이동된다. 그 이동시 경사도가 변화되어, 피드백 제어기(30)로 공급된 신호를 변경하며, z 위치이동 시스템(72)이 조정된다. 탐침의 기초부가 피드백에 응답하여 조정됨에 따라, 하기의 고려사항이 적용된다. 팁이 샘플을 횡단하여 속도(v)로 이동함에 따라, 샘플 표면을 트랙하고 속도(v)에 비례하는 비율(f_{track})로 표면 높이 변화를 만나게 된다. 과도 운동은 외팔보에 붕괴 또는 정착 시간(τ)으로 경험될 것이다. 피드백 시스템의 응답 시간은 피드백 매개변수의 변화를 검출하기 위해 피드백 시스템에 의해 소요된 시간이며, 이에 따라 탐침 기초부 높이를 조정한다.

3개의 스캔 속도 영역을 특정할 수 있다.

● 만일 피드백 시스템의 응답 시간이 데이터 수집 포인트들 사이의 시간 간격 보다 작다면, 탐침이 단일의 영상 포인트에서 표면 높이와 관련된 데이터를 수집할 동안, 피드백 시스템은 탐침 높이를 조정하기에 충분한 시간을 갖는다. 즉, 모든 영상 포인트를 위해, 탐침은 일정한 편향을 갖는 것으로 고려될 수 있으며, 이에 따라

탐침과 샘플 사이의 상호작용 힘도 지속적으로 고려될 수 있다. 이것은 피드백을 이용하는 종래기술의 시스템이 정확한 표면 정보를 추출할 수 있는 제1속도 영역이다. 그러나, 본 발명의 장치는 탐침의 높이에 관한 정보가 검출 시스템(74)에 의해 직접 얻어진다는 점에서 종래기술과는 상이하다.

● 만일 피드백 시스템의 응답 시간이 데이터 수집 포인트들 사이의 시간 간격 보다 크다면, 일정한 평균 편향을 유지하기 위해 피드백만이 작용한다. 이런 제2영역에서, 팁 속도는 표면 변화가 피드백 시스템의 응답 시간에 의해 수용될 수 있는 것 보다 높은 주파수로 트랙되도록 형성되며, 따라서 그런 변화는 탐침 높이 검출 시스템에 의해 직접 측정되어야 한다. 피드백 신호는 일정한 평균 편향을 유지하는데 사용되며, 이것은 탐침이나 샘플 또는 탐침 및 샘플 모두에 손상을 유발시킬 수도 있는 탐침이 경험하는 극심한 상호작용 강도를 완화시킨다.

● 제3스캔 영역에 있어서, 외팔보의 정착 시간은 데이터 수집 포인트들 사이의 시간 간격 보다 크며, 외팔보에서 나오는 과도 이동은 탐침이 일련의 샘플 영역을 영상화하기 위해 이동하기 전에는 소멸되지 않을 것이다. 그러나, 본 발명의 높이 검출 시스템은 이런 이동의 존재시 탐침 높이의 측정값을 추출할 수 있다. 팁이 샘플과의 접촉을 유지한다면, 이것은 샘플 높이의 표시를 제공한다.

이런 영역들은 넓은 한정을 제공하며, 각각의 영역의 시작은 특정의 작동조건과 현미경 및 조사 대상 샘플의 매개변수들에 분명히 의존한다.

본 발명에 따른 검출 시스템(74)의 동작이 하기에 상세히 서술될 것이다. 광원(도시하지 않음)은 대물 렌즈(78)에 의해 외팔보의 후부(18b)에 초점을 맺는 레이저 비임(76)을 방출한다. 반사된 광(80a, 80b, 80c)은 렌즈(78)에 의해 수집되고, 비편광된 비임 분리기(82)를 향해 지향된다. 도3으로부터 인식할 수 있는 바와 같이, 외팔보(18b)의 경사는 광이 반사되는 각도에 영향을 끼친다. 만일 탐침이 그 설정된 피드백 위치에 유지된다면, 반사된 비임은 광로(80b)를 따른다. 그러나, 만일 외팔보 후부(18b)가 좌측으로(도면에 대해) 경사진다면, 반사된 비임(80a)은 반시계방향으로 편향될 것이며, 우측으로의 경사는 반사된 비임(80c)을 시계방향으로 편향시킬 것이다. 외팔보의 후부(18b)가 렌즈(78)의 초점이나 초점 근처에 배치되기 때문에, 반사된 비임의 각도 변화는 렌즈 이후에 횡방향 변위로 전환된다. 즉, 외팔보의 좌향 경사는 반사된 비임의 좌향 횡방향 변위를 발생하며, 우향 경사는 설정된 피드백 위치에 대해 우향 변위를 발생시킨다.

비임 분리기(82)는 광이 입사된 절반부(84a, 84b, 84c)를 90° 반사하고 나머지 절반부(86a, 86b, 86c)를 통과하도록 배치된다. 통과된 성분(86a, 86b, 86c)은 간섭계(88)로 입력된다. 상기 간섭계의 동작은 도5를 참조하여 상세히 서술될 것이다. 요약하면, 반사된 비임(86a, 86b, 86c)은 스테이지(12)의 상부면으로부터 반사된 기준 비임과 간섭된다. 선택적으로, 스테이지 표면과의 관련성이 알려진 또 다른 고정된 포인트가 사용될 수도 있다. 이것은 2개의 비임들 사이의 광로차의 측정값을 제공하며, 이에 따라 스테이지 표면 위의 외팔보의 후부(18b)의 높이를 표시한다. 이런 측정된 높이의 변화는 영상을 형성하도록 추출된다.

비임 분리기(82)로부터 반사된 성분(84a, 84b, 84c)은 렌즈(90)에 의해 편향 검출기(28) 상에 모아진다(condensed). 종래 기술처럼, 검출기(28)는 그 길이를 횡단하여 비독립 검출 영역(A, B)으로 분할된다. 이런 영역들로부터 발생된 출력된 신호는 2개의 채널들 사이의 차이와 등가인 신호를 출력하는 차동 증폭기(92)로 입력된다. 검출기(28)는 외팔보 후부(18b)가 그 설정된 편향 위치로 경사질 때 차동 증폭기로부터의 출력이 그 설정 포인트에도 있도록 수집 광과 정렬된다. 즉, 반사된 광(80b, 84b)은 채널 출력 사이의 차이가 설정값이 되도록 채널(A, B) 사이에 분배된다. 외팔보의 후부(18b)의 좌향 경사는 검출기(28)로부터의 신호가 채널(B)에서 증가되어 차동 증폭기(difference amplifier)(92)로부터의 출력으로 떨어지는 것을 의미한다. 역으로, 우향 경사는 채널(A)이 신호 증가를 수용하고 출력의 증가는 차동 증폭기(92)에 의해 발생된다는 것을 의미한다. 피드백 제어기(30)는 그 설정 포인트에서 차동 증폭기(92)로부터 수신된 신호를 유지하기 위해 z 위치이동 시스템(72)을 작동시킨다.

피드백 신호와 무관하게 또는 이와 동등하게 외팔보의 편향과 관계없이, 표면 위의 진정한 탐침 높이는 간접 측정 높이 검출 시스템에 의해 측정된다. 따라서, 피드백 시스템이 사용되어 평균 편향이 일정한 레벨로 유지되는 것을 보장한다.

검출 시스템의 광(76)은 외팔보의 후부(18b) 상에 초점을 맺는 것이 중요하다. 이러한 이유로, z 위치이동 시스템도 대물 렌즈(78)에 연결되고, 탐침(16)이 상승 또는 하강될 때 렌즈(78)가 동일한 양으로 상승 또는 하강되도록 배치된다. 다른 실시예에서, 대물 렌즈(78)는 팁으로부터 예측된 이동 범위보다 큰 초점 깊이를 갖도록 선택된다. 따라서, 팁(20)에 대해 물체의 위치를 조절할 필요가 없다.

본 발명은 원자힘 현미경을 도시한 도3과 관련하여 서술되었지만, 이런 검출 시스템은 탐침 팁의 높이를 정확하게 결정하는 것이 중요한 모든 스캔 탐침 현미경을 위해 사용될 수도 있음을 인식해야 한다.

또 다른 실시예에서, (x,y) 스캔 구동 메커니즘(도시하지 않음)과 z 위치이동 시스템(72)은 압전식이 아닌 적절한 구동 수단으로 대체될 수도 있다. 드라이버는 샘플 스테이지(12), 탐침 장착대(22), 또는 이들 둘의 조합물에 부착된다.

상술한 편향 검출기(28)는 외팔보(18)의 편향을 측정하는 다른 공지의 수단으로 대체된다. 예를 들어, 외팔보는 일체화된 압전저항 센서와 함께 형성된다. 외팔보의 높이를 측정하는데 사용된 것과 유사한 높이 검출 시스템도 편향을 측정하는데 사용된다. 즉, 간섭계는 외팔보의 기초부의 높이에 대해 팁(20)의 높이를 측정하는데 사용된다.

이러한 실시예에 사용된 광원은 레이저 광원이지만, 다른 광원도 사용될 수 있다. 간섭 측정에 의한 검출을 위해, 광은 특정의 간섭계에 의해 요구되는 정도로 일관되어야 한다.

외팔보의 과도 운동은 피드백을 실행할 수 있는 것이 가능한 속도에 근본적인 제한을 준다. 외팔보는 편향을 측정 및 조정하기 위해 피드백 시스템에 의해 소요되는 시간 동안 정착할 수 있도록 되어야 한다. 그렇지 않을 경우, 과도 운동에 의해 부정확한 편향 정보가 생성될 것이다. 따라서, 편향을 측정하는 다양한 방법은 약간 다른 제한을 피드백 제어 시스템에 부과한다. 외팔보 각도를 이용하여 편향을 측정할 때, 피드백 제어 시스템의 응답 시간은 제한되는 외팔보의 정착 시간 보다 커야 한다. 만일 높이 검출 시스템(상술한 간섭계와 같은)을 이용한다면, 피드백 제어 시스템의 응답 시간은 제한없는 외팔보의 공진 주파수만으로 제한된다.

도4에는 본 발명의 검출 시스템에 사용하기에 특히 적합한 다른 AFM 장치가 도시되어 있다. 도4에는 1 또는 2개의 (x, y) 스캔 구동 메커니즘이 공진기(94)로 대체되어 있다. 공진기(94)는 샘플 스테이지를 그 공진 주파수에서 또는 공진 주파수 근처에서 진동시키도록 설정된 진동 드라이브이다. 이러한 공진 스캔 현미경은 매우 빠르고 안정적인 스캔 능력을 제공하며, 그 능력은 지속적인 상호작용 모드로 작동하는 경우 임계 제한 값 위로 쉽게 있을 수 있다. 선택적으로, 공진기(94)는 탐침 조립체를 공진 주파수로 또는 공진 주파수 근처에서 진동하도록 설정된다.

도5에는 검출 시스템(74)의 광학 성분을 상세히 도시하고 있다. 이전의 도면에서처럼, 공통 성분은 유사한 도면부호를 갖는다. 레이저 소스(100)로부터의 광은 제2비임 분리기(102)에 의해 입사 비임(76) 및 기준 비임(104)으로 분할된다. 입사 비임(76)은 대물 렌즈(78)에 의해 외팔보의 후부(18b)에 초점을 맺는다. 외팔보로부터의 반사된 후, 비임(80)은 제1비임 분리기(82)에 의해 분할된다. 상술한 바와 같이, 제1성분(84)은 편향 검출기(90, 28, 92)로 지향되고, 제2성분(86)은 간섭계(88)로 지향된다.

간섭계 내부에서, 외팔보(18b)로부터 반사된 비임(86)은 비임 분리기(106)에 의해 분할된다. 기준 비임(104)은 적절히 위치한 재귀 반사체(retroreflector)(108)로 지향된다. 상기 재귀 반사체(108)는 샘플의 수직(z) 위치에 대해 고정된 광학로 길이를 제공하도록 배치된다. 비임 분리기(106)는 에너지 흡수 코팅이 이루어져서, 입사 비임(86) 및 기준 비임(104)을 모두를 분할하여 거의 90°의 상대적인 위상 차이를 갖는 제1 및 제2간섭무늬를 생성한다. 제1 및 제2광검출기(112, 114)에서는 2개의 간섭무늬가 각각 검출된다.

이상적으로, 광검출기 신호는 90°의 위상 차이를 갖는 상호보완형 사인 및 코사인 신호이다. 또한, 그 신호는 dc 오프셋이 없이, 동일한 진폭을 가지며, 외팔보의 위치(x) 및 레이저의 파장(λ)에만 의존해야 한다. 2개의 광검출기 신호가 동일한 진폭 및 위상 정사각형(quadrature)과 완전한 조화를 이루지 않아 발생하는 에러를 구하고, 그 에러에 대한 보정을 적용하기 위해 알려진 방법을 사용하여, 광로차(optical path difference)를 변화시키면서 광검출기(112, 114)의 출력을 관찰한다. 유사하게, dc 오프셋 레벨도 종래기술에 알려진 방법에 따라 보정된다.

이런 광검출기 신호들은 전용 하드웨어로서 제공되거나 또는 프로그램된 컴퓨터로서 제공되는 것이 가능하고, 종래의 간섭계 가역 프린지(fringe) 카운팅 장치 및 프린지 재분할 장치에 사용하기에 적합하다. 위상 정사각형 프린지 카운팅 장치를 사용하여 외팔보의 위치 변위를 $\lambda/8$ 정도, 즉 파장 532nm의 광의 경우 66nm의 정확도로 측정할 수 있다. 신호의 아크 탄젠트(arc tangent)에 기초한 공지의 프린지 재분할 기술은 나노미터 또는 그 이하로 정확도를 개선하는 것을 허용한다.

2개의 간섭성 비임들 사이의 광로 차를 추출하는 간섭 측정에 의한 방법은 본 기술분야에 알려져 있으므로, 이에 대한 더 이상의 설명은 하지 않는다.

상술한 실시예에서, 기준 비임은 샘플의 z 위치에 대해 고정된 광학로를 갖도록 배치된다. 따라서, 이것은 샘플이 장착된 스테이지의 표면으로부터 또는 상술한 바와 같이, 그 위치가 스테이지에 링크된 재귀 반사체로부터 반사될 수 있다. 선택적으로, 반사기(reflector)와 샘플 z 위치 사이의 관계는 고정하지 않아도 된다. 이런 실시예에서, 기준 비임은 고정 포인트에서 반사될 수 있으며, 고정 포인트는 샘플의 z 위치와 알려진(그러나 변하지 않는) 관계가 있다. 따라서, 팁의 높이는 간섭측정된 광로차와 고정 포인트에 대한 샘플의 z 위치로부터 추론된다.

본 명세서에 기재되는 간섭계는 호모다인(homodyne) 시스템의 일례이다. 서술된 특정 시스템은 본 발명에 다수의 장점을 제공한다. 2개의 위상 정사각형 간섭무늬를 사용하면 멀티플 프린지와 이에 따른 대향 변위 범위에 대한 외팔보 변위를 측정할 수 있게 한다. 비임 분리기(106)상의 위상-이동 코팅을 사용하여 간섭계를 예를 들어 광 비임이 외팔보로부터 반사될 때 편광의 변화로부터 기인되는 편광 효과의 영향을 받지 않게 된다. 이런 원리에 기초한 간섭계의 실시예는 미국특허 6,678,056호에 개시되어 있다. 광학로 길이의 변화를 측정할 수 있는 다른 간섭계 시스템도 본 발명에 사용될 수 있다. 적절한 호모다인 편광 간섭계는 EP 1 892 727호에 개시되어 있으며, 적절한 주파수 변환식(heterodyne) 간섭계는 미국특허 5,144,150호에 개시되어 있다.

상술한 AFM 은 제2스캔 속도 영역에서 작동될 수 있음이 명백하다. 검출 시스템으로부터 추출된 높이 정보는 탐침과 샘플 표면 지형의 진정한 높이를 나타낸다. 이것은 팁에 대한 탐침의 기초부의 위치, 즉 편향에 의존하지 않는다. 따라서, 스캔의 진행중 편향이 그 평균을 중심으로 변화되는 것이 허용되지만, 이것은 간섭 측정에 의한 높이의 측정에 관계하지 않는다.

그러나 제3스캔 속도 영역으로 이동할 때, 본 발명의 AFM을 운영을 위해 준비할 때에는 부가의 단계가 포함되어야 한다. 만일 외팔보에 과도 운동이 일어났다면, 그 운동은 외팔보의 후부(18b)의 흔들거림 운동으로 나타나는 것은 도2를 참조하여 이미 보여 주었다. 이런 효과를 높이 영상에서 인공물(artefact)로 보이는 것을 피하기 위해, 검출 시스템의 조사(interrogating) 레이저 비임(76)이 이런 운동의 노드(node)에 즉, 팁의 포인트(20a) 위의 위치에 초점을 맺는 것이 중요하다. 이것은 출력 영상을 관찰하고 영상에 겹치는 주기적인 변화가 최소화될 때까지 또는 사라질 때까지 입사 비임(76)의 검출 위치를 조정함으로써 경험적으로 달성될 수 있다. 즉, 장치(70)가 제3영역 내의 스캔 속도로 데이터를 추출하는데 사용되기 전에, 탐침 및 간섭계는 올바른 정렬(correct alignment)로 설정되어야 한다.

조사 비임이 레이저 비임의 후부에 입사되는 위치가 왜 중요한지에 대한 두번째 이유는 도6을 참조하여 설명한다. 도6은 외팔보의 후부(18b)상의 3개의 가능한 레이저 비임 입사 위치를 도시하고 있다. 상황(a)에 있어서, 탐침(16)은 한쪽 방위(one orientation)에 있으며, 상황(b)에 있어서, 탐침은 제2방위로의 샘플 표면에서 단계를 따른다. 만일 레이저 비임이 탐침 팁(20)의 우측인 위치(A)로 정렬되었다면, 측정된 높이 변화(A2-A1)는 편향이 상황(b)에서 얇은 각도일 때 단계 높이 보다 크다는 것이 명백하다. 역으로, 만일 비임이 위치(C)로 정렬된다면, 특정된 변화(C1-C2)는 진정한 단계 높이 보다 적다. 단계 높이의 진정한 측정값은 만일 레이저 비임이 팁(20)과 샘플(14) 사이의 가장 가까운 접촉 포인트 위의 위치(B)에 정확하게 정렬된 경우에만 얻을 수 있다. 즉, 간섭계를 탐침 기하형상에 정확하게 맞추는 것이 중요하다.

진정한 높이 문제(issue)와 과도 운동(transient)의 영향의 문제는 기본적으로 입사 비임을 팁의 포인트 바로 위에 위치시킴으로써 극복되므로, 모두 동일한 방법으로 처리할 수 있다. 진정한 높이 문제는 제2 및 제3스캔 속도 영역에 해당하는 것에 유의하며, 이 문제는 간섭 측정 높이 정보가 추출될 때 외팔보의 경사/편향이 변하는 것을 허용함에 따른 결과로 발생하기 때문이다. 따라서, 가장 정확한 영상 정보를 얻기 위해, 외팔보의 경사/편향의 변화가 허용되는 스캔 속도 영역은 높이 검출 시스템을 탐침의 기하형상과 정렬시키는 단계가 취해져야 한다.

상술한 바와 같이, 정렬은 과도 운동이 일어나는 스캔 과정에서 또는 스캔 과정 이전에 빠른 스캔 속도에서 경험적으로 실현될 수 있다. 선택적으로, 도7에 도시된 정렬 시스템이 사용될 수도 있다. 이 시스템에서, 비임 여기(excitation) 장치(120)는 외팔보 비임(18)의 진동을 자극하도록 설정된다. 따라서, 외팔보의 후부(18b)는 진동되거나 흔들리며, 그 영향은 편향 및 높이 검출 시스템에서 주기적인 신호의 변화로서 표면(18b)으로부터 반사되는 광에 관찰될 수 있다. 도시된 실시예에서, 제어 시스템(122)은 높이 검출 시스템(88)의 출력을 관찰하도록 설정된다. 만일 이런 출력 신호의 주기적 변화가 외팔보 요동으로 관찰된다면, 제어 시스템(122)은 신호를 검출 포인트[광이 외팔보의 후부(18b)상에 입사되는]를 횡방향으로 이동시키는 하나 이상의 드라이버(124)에 전송한다. 검출 포인트의 조정은 높이 검출 신호에서 흔들거림의 영향이 최소가 될 때까지 계속한다.

도7의 실시예에서, 드라이버(124)는 높이 검출 시스템(88)에 연결된 것으로 도시되어 있으며, 따라서 화살표

(126)로 도시된 바와 같이 외팔보의 후부(18b)에 입사하는 광의 정렬을 검출 포인트가 쫓아 이동하도록 작동할 수 있다. 선택적으로, 하나 이상의 드라이버(124)가 탐침 자체에 연결되며, 제어 시스템(122)으로부터의 지시에 따라 탐침을 횡방향으로 이동시켜 검출 포인트를 상기와 같이 이동하도록 구성한다. 즉, 검출 포인트는 탐침을 이동시키거나 또는 탐침에 입사하는 광의 정렬을 이동시켜 조정된다.

외팔보(18)의 진동과 그 후부(18b)의 흔들거림은 압전 변환기와 같은 공지의 비임 진동 장치(120)에 의해 생성된다. 선택적으로, 외팔보(18)는 전기장이나 자기장에 반응하도록 적용할 수도 있다. 이 경우 진동은 외팔보(18)가 기계적으로 반응하는 진동 전기장 또는 자기장을 이용하여 생성될 수 있다.

검출 포인트를 설정하는 또 다른 방법은 높이 검출 신호를 관찰하면서 외팔보의 기초부의 높이를 변화시키는 것이다. 그 경우, 외팔보의 후부(18b)의 검출 포인트는 외팔보의 기초부의 높이의 변화로 인한 높이 검출 신호의 변화를 최소화하도록 조정될 수 있다. 기초부의 높이는 다양한 메커니즘에 의해 조정이 가능하며, 그 양호한 하나의 기술은 피드백 설정 포인트를 변화시킬 것이다. 이것은 새로운 설정 포인트값이 달성될 때까지 외팔보의 기초부와 샘플 사이의 수직방향의 분리를 변화시킨다. 이 방법은 샘플과 팁 사이에 적용되는 최대 힘 및 최소 힘의 제어를 가능하게 하는 장점이 있다.

또 다른 방법은 예를 들면 샘플을 표준 단계 샘플과 같은 알려진 높이의 변화를 갖는 샘플을 스캔함으로써, 공지의 수직 거리만큼 외팔보의 팁을 낮추는 것이다. 그리고, 외팔보의 후부(18b)의 검출 포인트의 위치는 높이 검출 신호가 적정한 변위 또는 높이의 변화를 나타낼 때까지 조정된다.

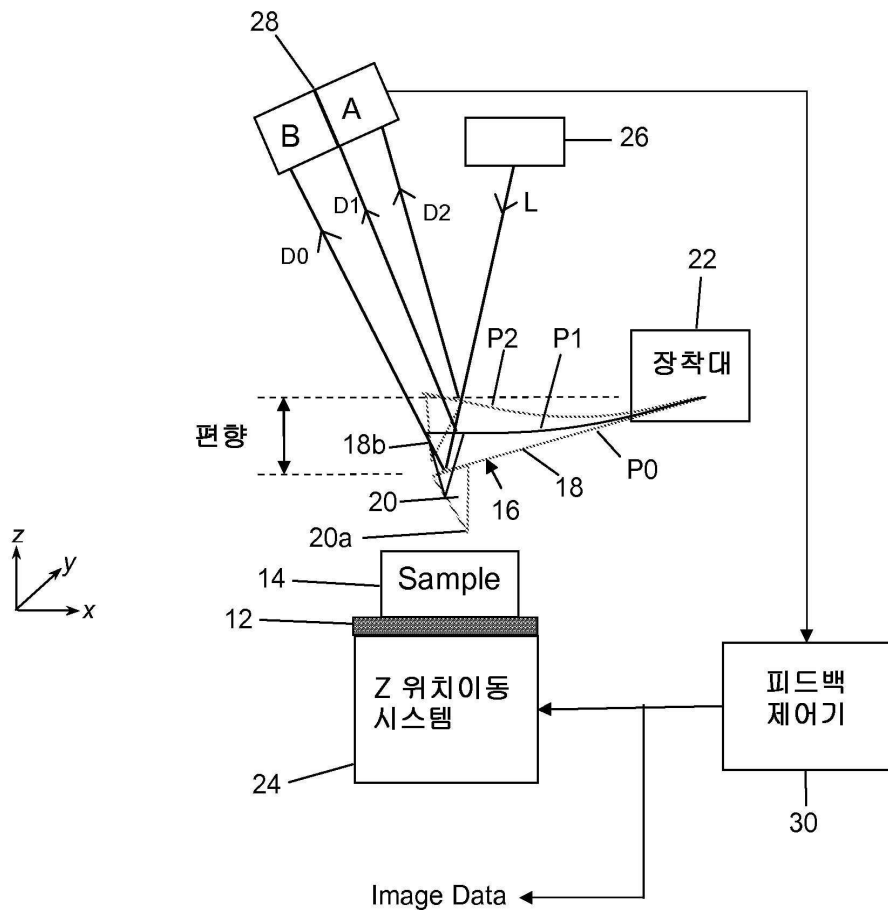
일반적으로, 외팔보의 후부(18b)의 위치는 탐침 자체로부터 기하학적 형상으로 배치하는 것보다는 경험적으로 팁의 포인트(20a)의 바로 위에 배치하는 것이 바람직하다. 그 이유는 현재의 탐침 제조 방법을 사용하면 팁 위치에는 항상 약간의 불확실성이 있기 때문이다. 물론, 특정 탐침의 팁 위치가 상술한 바와 같은 경험적 기술에 의해 일단 배치되면, 그 위치를 기록하여, 그 같은 탐침을 사용할 때 경험적인 결정을 반복해야 문제를 피할 수 있다.

본 발명의 이런 특징은 탐침(또는 이에 상응하는 샘플 및 스테이지)을 진동시킴으로써 레스터 스캔의 적어도 하나의 성분이 신속하게 실행되는 WO 2004/005844호에 개시된 바와 같은 공진 스캔 현미경에 사용하는데 특히 적합하다. 이런 스캔 속도는 외팔보의 과도 운동을 일으킬 가능성이 매우 높고, 과도 운동이 있으면, 종래기술의 검출 시스템에서 수집된 영상이 흐릿해진다.

도면

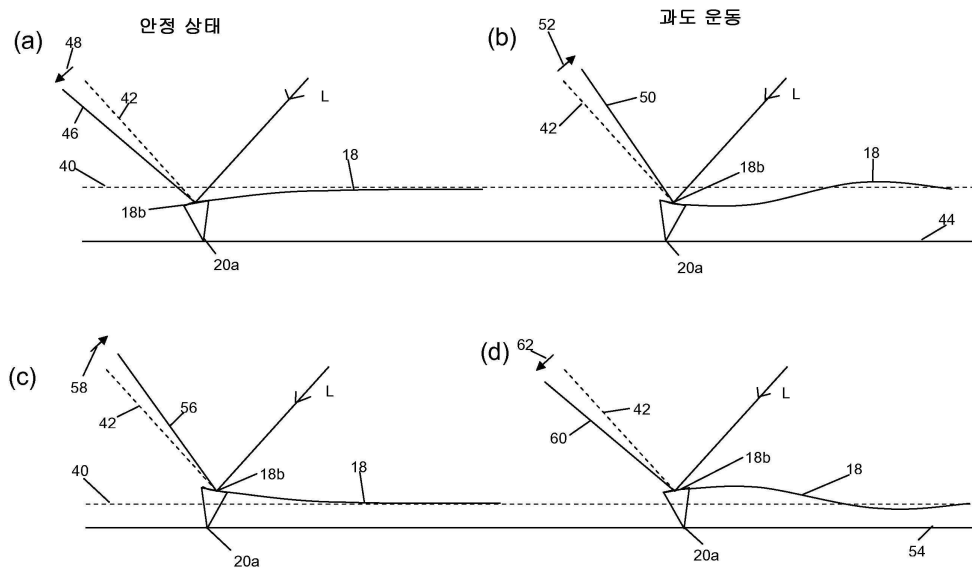
도면1

10

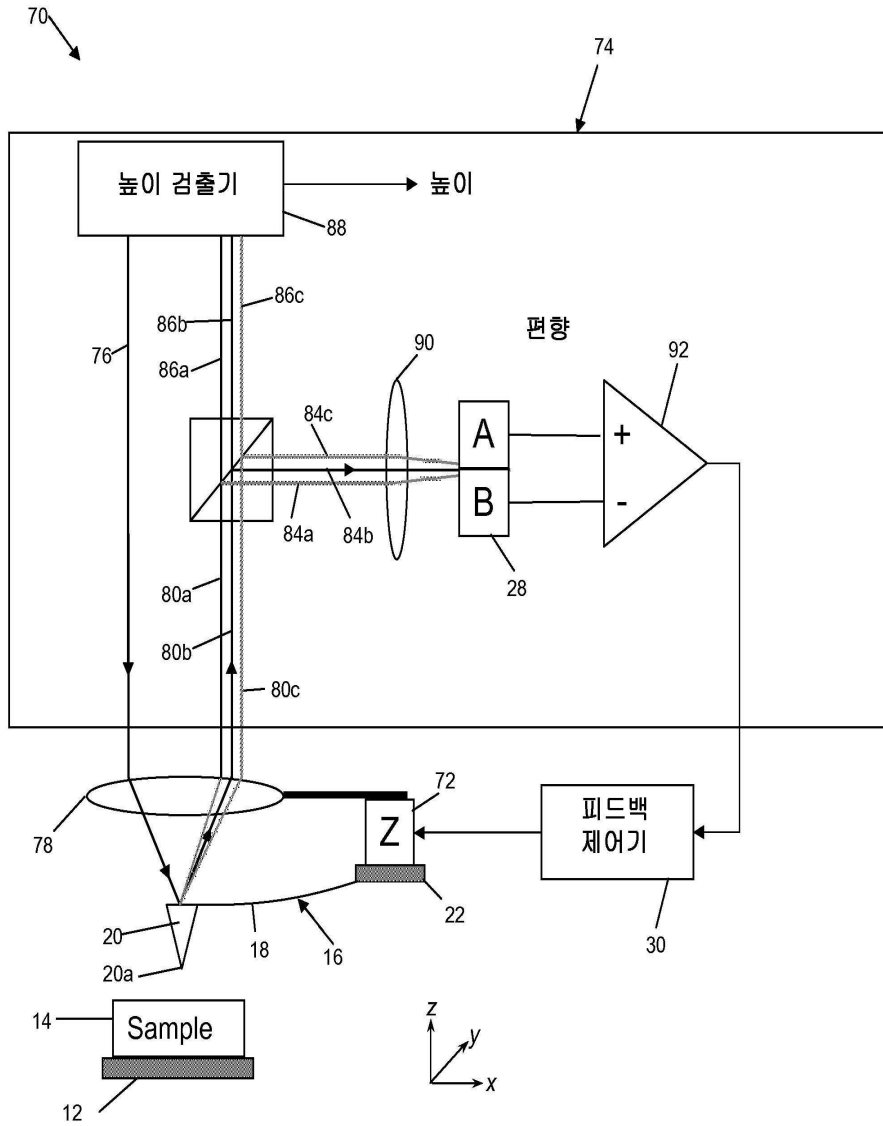


종래 기술

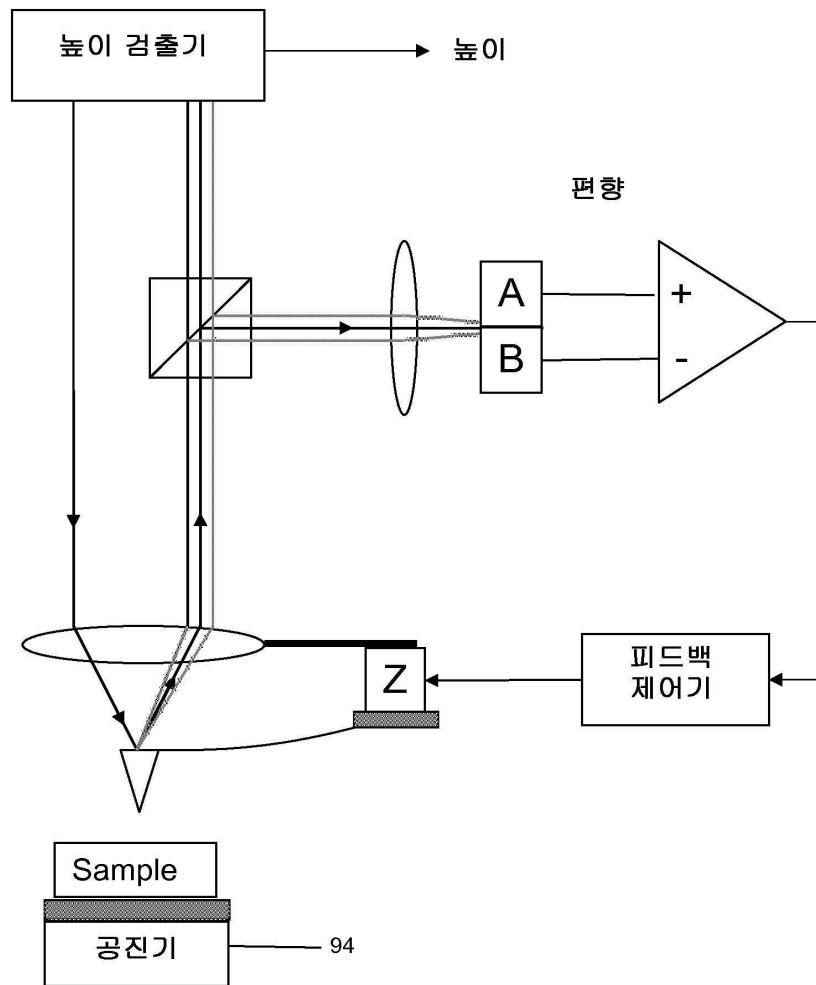
도면2



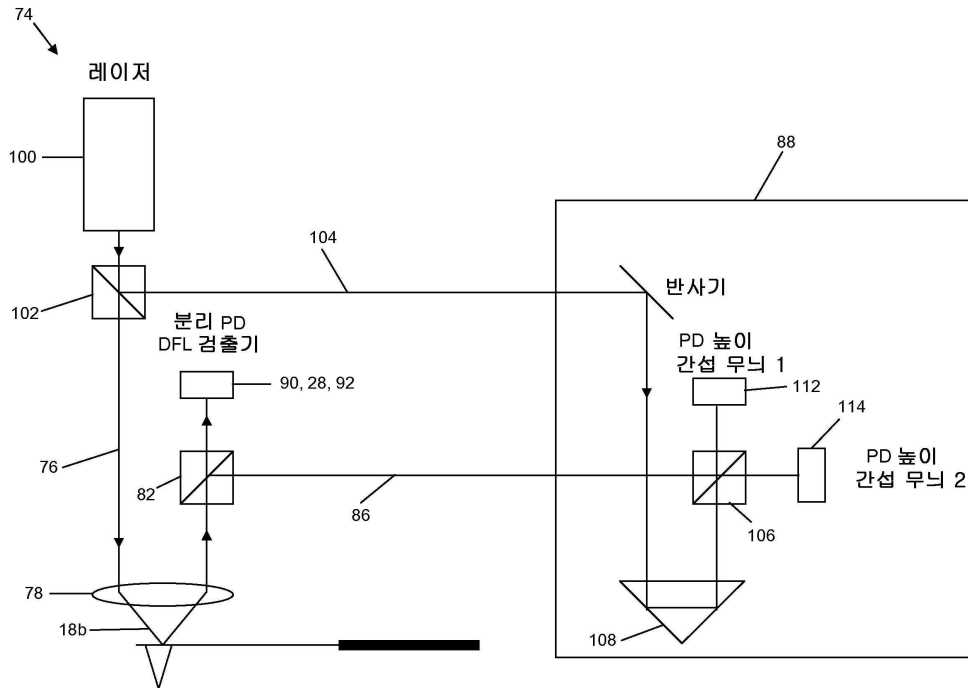
도면3



도면4



도면5



도면6

