(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월12일
(11) 등록번호 10-1543252
(24) 등록일자 2015년08월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01Q 60/24 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2014-0018785
(22) 출원일자 2014년02월19일
심사청구일자 2014년02월19일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110094557 A*
JP2003501647 A
KR1020100064347 A
KR101350570 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
김병기
충청남도 천안시 서북구 불당17길 14, 101-1106 (불당동, 현대아이파크)
신우철
충청북도 청주시 흥덕구 가경로 61, 105동 506호 (가경동, 효성아파트)
김현봉
충청북도 음성군 음성읍 시장로63번길 3, 101동 904호 (태영아파트)
(74) 대리인
김민태

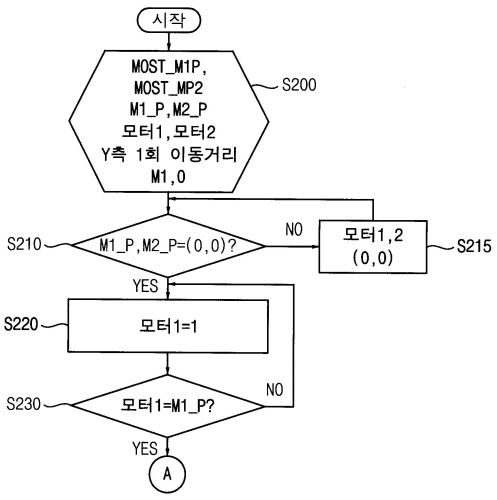
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 **교육용 원자현미경 장치의 구동방법**

(57) 요 약

교육용 원자현미경의 구동방법에 있어서, 먼저, 위치명령과 모터의 현재위치가 동일하면, 상기 위치명령을 상기 모터의 현재 위치명령의 값에 1스텝의 값을 더한 값으로 셋팅하고 상기 셋팅된 위치명령에 따라 상기 모터를 구동한다. 이어서, 상기 위치명령의 값이 상기 모터의 현재위치와 다른 경우, 상기 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 모터를 구동한다. 이후에, 상기 모터의 위치가 목표지점에 도달할 때까지 상기 셋팅된 위치명령에 따라 상기 모터를 구동하는 단계 및 상기 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 모터를 구동하는 단계를 반복한다.

대 표 도 - 도12a



명 세 서

청구범위

청구항 1

탐침 및 상기 탐침을 지지하는 캔틸레버를 포함하여 상기 탐침의 하부에 배치된 시편의 굴곡(surface topography)을 측정하는 측정부와, 변동하는 위치명령에 따라 상기 시편을 목표지점까지 이동시키는 모터를 포함하는 구동부와, 상기 시편의 이동에 따라 포토센서에서 수광되는 빔을 분석하여 상기 시편의 표면 영상을 표시하는 제어부를 포함하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법에 있어서,

상기 위치명령과 상기 모터의 현재위치가 동일하면, 상기 위치명령을 상기 모터의 현재 위치명령의 값에 1스텝의 값을 더한 값으로 셋팅하고 상기 셋팅된 위치명령에 따라 상기 모터를 구동하는 단계;

상기 위치명령의 값이 상기 모터의 현재위치와 다른 경우, 상기 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 모터를 구동하는 단계; 및

상기 모터의 위치가 상기 목표지점에 도달할 때까지 상기 셋팅된 위치명령에 따라 상기 모터를 구동하는 단계 및 상기 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 모터를 구동하는 단계를 반복하는 단계를 포함하고,

상기 포토센서는, 상부에 배치되는 제1 센서, 및 상기 제1 센서의 하부에 배치되는 제2 센서를 포함하고,

상기 구동부는,

제1 위치명령에 따라 상기 시편을 X축방향으로 이동시키는 X축모터;

제2 위치명령에 따라 상기 시편을 Y축방향으로 이동시키는 Y축모터; 및

상기 포토센서를 Z축방향으로 이동시키는 Z축모터를 포함하는 것을 특징으로 하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 셋팅된 위치명령에 따라 상기 모터를 구동하는 단계는, 상기 제1 위치명령과 상기 X축모터의 현재위치가 동일하면, 상기 제1 위치명령을 상기 X축모터의 현재 제1 위치명령의 값에 1스텝의 값을 더한 값으로 셋팅하는 단계를 포함하고,

상기 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 모터를 구동하는 단계는, 상기 제1 위치명령의 값이 상기 X축모터의 현재위치와 다른 경우, 상기 제1 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 X축모터를 구동하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제1 센서와 상기 제2 센서의 전압차를 이용하여 상기 Z축모터를 구동하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 캔틸레버의 위치가 변동되지 않는 경우, 상기 빔은 상기 포토센서의 중앙에 위치하는 것을 특징으로 하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 빔이 상기 포토센서의 중앙에 위치하지 않는 경우, 상기 Z축모터를 구동하여 상기 빔을 상기 포토센서의 중앙에 위치시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 빔이 상기 포토센서의 중앙에 도달한 경우, 상기 포토센서의 현재 Z축의 값을 상기 X축모터의 위치, 상기 Y축모터의 위치에 해당하는 좌표값으로 저장하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 빔이 상기 포토센서의 중앙에 도달한 경우, 상기 X축모터 및 상기 Y축모터로 이루어진 그룹에서 선택된 어느 하나 이상의 모터를 구동하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 Z축모터가 구동하는 동안에는 상기 X축모터 또는 상기 Y축모터는 구동하지 않고, 상기 X축모터 또는 상기 Y축모터가 구동하는 동안에는 상기 Z축모터가 구동하지 않는 것을 특징으로 하는 교육용 원자현미경장치의 구동방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 원자현미경(Atomic Force Microscope; AFM) 장치의 구동방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 원자현미경의 원리를 쉽게 이해할 수 있는 교육용 원자현미경 장치의 구동방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 미세구조를 분석하기 위한 장치는 광학 현미경, 전자 현미경 등이 있다. 광학 현미경의 경우, 빛의 파장보다 작은 시료에 대해서는 회절.확산 등에 의한 오차로 인하여 정밀한 측정이 불가능하다. 또한 전자현미경은 전자빔을 조사하고 감지하기 위한 장비들이 요구되어 전체적으로 대형화 될 수밖에 없으며, 전자빔에 의한 시료의 파괴현상이 발생할 수 있다.

[0003] 최근에는 미세구조를 형성하는 원자들 자체의 힘을 이용한 원자현미경(Atomic Force Micorscope; AFM)가 활발히 연구되고 있다. 원자현미경은 광학 현미경보다 정밀한 측정이 가능하고, 전자 현미경보다 단순한 구조를 가지며 전자빔에 의한 시료의 파괴현상을 방지할 수 있다.

[0004] 상기 장점들로 인하여 원자현미경은 주사형 현미경(Scanning Probe Microscope; SPM)중 가장 널리 보급되어 있으며, 다양한 환경에서 미소 삼차원형상이나 여러 가지 물리량 분포 등을 관찰 할 수 있는 특징이 있어 다양한 시료에 폭넓게 응용된다. 특히, 원자현미경장치는 반도체 정밀 측정 공정에서 널리 사용되고 있다.

[0005] 그러나, 원자들 사이의 힘은 극미소계에서만 관찰되는 것으로 이를 개념적으로 인식하는 것은 쉽지 않다. 또한 이를 이용하여 극미소계의 영상을 얻는 과정에 대하여 개념을 명확하게 이해하는 것 또한 어려운 일이다.

[0006] 원자현미경의 이러한 개념적 특징들로 인하여 원자현미경에 대한 교육은 서면을 통해서만 추상적으로 이루어지고 있으며, 극미소계에 대한 물리적,화학적 지식을 체계적으로 습득한 전문가가 아니면 원자현미경의 원리에 대한 이해가 어려운 현실이다.

[0007] 원자현미경이 널리 사용됨에 따라 원자현미경의 운용이나 수리, 유지보수 인원이 많이 필요해지고 있다. 그러나 원자현미경이 작동하는 원리를 이해하고자 하는 학생이나 기업체를 효과적으로 교육할 수 있는 원자현미경의 구동방법이나 프로그램은 거의 없는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 본 발명의 목적은 원자현미경의 원리를 쉽게 이해할 수 있는 교육용 원자현미경 장치의 구동방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 교육용 원자현미경의 구동방법에 있어서, 상기 교육용 원자현미경은 측정부, 구동부 및 제어부를 포함한다. 상기 측정부는 탐침 및 상기 탐침을 지지하는 캔틸레버를 포함하여 상기 탐침의 하부에 배치된 시편의 굴곡(surface topography)을 측정한다. 상기 구동부는 변동하는 위치명령에 따라 상기 시편을 목표지점까지 이동시키는 모터를 포함한다. 상기 제어부는 상기 시편의 이동에 따라 포토센서에서 수광되는 빔을 분석하여 상기 시편의 표면 영상을 표시한다. 상기 교육용 원자현미경장치의 구동방법에 있어서, 먼저, 상기 위치명령과 상기 모터의 현재위치가 동일하면, 상기 위치명령을 상기 모터의 현재 위치명령의 값에 1스텝의 값을 더한 값으로 셋팅하고 상기 셋팅된 위치명령에 따라 상기 모터를 구동한다. 이어서, 상기 위치명령의 값이 상기 모터의 현재위치와 다른 경우, 상기 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 모터를 구동한다. 이후에, 상기 모터의 위치가 상기 목표지점에 도달할 때까지 상기 셋팅된 위치명령에 따라 상기 모터를 구동하는 단계 및 상기 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 모터를 구동하는 단계를 반복한다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 구동부는, 제1 위치명령에 따라 상기 시편을 X축방향으로 이동시키는 X축모터, 및 제2 위치명령에 따라 상기 시편을 Y축방향으로 이동시키는 Y축모터를 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 셋팅된 위치명령에 따라 상기 모터를 구동하는 단계는, 상기 제1 위치명령과 상기 X축모터의 현재위치가 동일하면, 상기 제1 위치명령을 상기 X축모터의 현재 제1 위치명령의 값에 1스텝의 값을 더한 값으로 셋팅하는 단계를 포함하고, 상기 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 모터를 구동하는 단계는, 상기 제1 위치명령의 값이 상기 X축모터의 현재위치와 다른 경우, 상기 제1 위치명령의 현재 값을 유지한 상태에서 상기 X축모터를 구동하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 포토센서는, 상부에 배치되는 제1 센서, 및 상기 제1 센서의 하부에 배치되는 제2 센서를 포함하고, 상기 구동부는, 상기 포토센서를 Z축방향으로 이동시키는 Z축모터를 더 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 제1 센서와 상기 제2 센서의 전압차를 이용하여 상기 Z축모터를 구동하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 캔틸래버의 위치가 변동되지 않는 경우, 상기 빔은 상기 포토센서의 중앙에 위치할 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 상기 빔이 상기 포토센서의 중앙에 위치하지 않는 경우, 상기 Z축모터를 구동하여 상기 빔을 상기 포토센서의 중앙에 위치시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시예에서, 상기 빔이 상기 포토센서의 중앙에 도달한 경우, 상기 포토센서의 현재 Z축의 값을 상기 X축모터의 위치, 상기 Y축모터의 위치에 해당하는 좌표값으로 저장할 수 있다.

[0017] 일 실시예에서, 상기 빔이 상기 포토센서의 중앙에 도달한 경우, 상기 X축모터 및 상기 Y축모터로 이루어진 그룹에서 선택된 어느 하나 이상의 모터를 구동하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 Z축모터가 구동하는 동안에는 상기 X축모터 또는 상기 Y축모터는 구동하지 않고, 상기 X축모터 또는 상기 Y축모터가 구동하는 동안에는 상기 Z축모터가 구동하지 않을 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따르면, 교육용 원자현미경장치를 이용하여 원자현미경의 원리를 쉽게 이해할 수 있다. 또한 구동중 모터가 멈추는 현상이 방지되어 측정오류가 감소하고 교육효율이 증가한다.

[0020] 더욱이 포토센서가 상부에 배치된 제1 센서 및 하부에 배치된 제2 센서를 포함하여 제1 센서와 제2 센서의 전압차를 이용하여 Z축방향의 좌표를 쉽게 구할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 교육용 원자현미경장치의 구조를 나타낸 사시도이다.

도 2는 도 1의 교육용 원자현미경장치의 측정부를 확대한 구조를 나타내는 사시도이다.

도 3 및 도 4는 시편의 움직임에 따른 탐침과 캔틸레버의 움직임과 그에 따른 빔의 경로의 변화를 나타내는 사시도들이다.

도 5 및 도 6은 시편의 이동경로를 나타내는 사시도들이다.

도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 탐침과 캔틸레버를 나타낸다.

도 8은 도 7의 탐침과 캔틸레버의 A'-A사이에 형성된 단면구조를 나타낸다.

도 9는 도 1 및 도 2의 교육용 원자현미경장치가 구동하는 일 예를 도시한 순서도이다.

도 10은 도 1 및 도 2의 교육용 원자현미경장치에 연결된 표시장치에 표시된 프로그램 화면을 나타내는 이미지이다.

도 11은 도 1 및 도 2의 교육용 원자현미경 장치의 구동방법 중에서 X축-Y축 구동방법을 나타내는 평면도이다.

도 12는 도 11에 도시된 X축-Y축 구동방법을 나타내는 흐름도이다.

도 13은 도 1 및 도 2에 도시된 포토센서가 센싱하는 방법을 나타내는 평면도이다.

도 14는 도 1 및 도 2의 교육용 원자현미경 장치의 구동방법 중에서 Z축 구동방법을 나타내는 평면도이다.

도 15는 도 1 및 도 2에 도시된 시편을 나타내는 이미지이다.

도 16a 내지 도 16e는 도 1 및 도 2에 도시된 원자현미경 장치의 y축 1회 이동거리가 각각 2㎜, 1㎜, 0.5㎜, 0.25㎜, 0.125㎜인 경우에 대응되는 도 15에 도시된 시편의 이미지들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 교육용 원자현미경 장치의 구동방법에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 실시예들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "이루어진다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0023] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0024] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 교육용 원자현미경장치의 구조를 나타낸 사시도이다.

[0026] 도 1을 참조하면, 교육용 원자현미경장치(10)는 측정부(20), 구동부(30) 및 제어부(40)를 포함한다.

[0027] 측정부(20)는 포토센서(21), 레이저(22), 캔틸레버(23), 시편(24), 탐침(25) 및 스테이지(26)를 포함하고, 구동부(30)는 X축모터(31), Y축모터(32), Z축모터(33), X축 모터드라이버(34), Y축 모터드라이버(35) 및 Z축 모터드라이버(36)를 포함하며, 판독부(40)는 Z축케이블(41), X축케이블(42), Y축케이블(43), DAQ(44), 모니터(45) 및 처리장치(46)를 포함한다.

[0028] 도 1의 시편(24)은 스테이지(26) 상부에 위치하게 된다. 스테이지(26)는 직사각형의 구조로 형성되어 있고, X

축모터(31) 및 Y축모터(32)의 구동에 의해 상하좌우로 움직일 수 있다. 따라서 스테이지(26)가 움직이게 되면 시편(24)이 같이 움직이게 된다.

[0029] 캔틸레버(23)는 기둥에서 수평으로 튀어나온 형상을 하고 있다. 구체적으로, 일단이 고정되고 타단은 받쳐지지 않은 상태로 되어 있는 보의 형상을 하고 있으며 고정되지 않는 타단은 휨 모멘트를 받아 상하로 변형되기 쉬운 상태이다.

[0030] 캔틸레버(23)의 고정되지 않는 타단에는 탐침(25)이 캔틸레버(23)의 하단면에 결합하여 하부를 향해 날카롭게 형성되어 있다. 따라서 탐침(25)의 날카로운 부분이 시편(24)의 표면에 접촉하게 되며, 스테이지(26)가 움직이게 되면 시편(24)이 움직이면서 탐침(25)이 시편(24)의 표면굴곡에 따라서 상하로 움직이게 된다.

[0031] 이때, 스테이지(26)는 X축모터(31) 및 Y축모터(32)와 연결되어 있으며, X축모터(31)와 Y축모터(32)의 구동에 의해 움직이게 된다. 시편(24)을 측정하는 방법은 다양한 방법이 존재하지만 일반적으로 'ㄹ' 형태로 움직이며 측정구간을 측정하는 방법이 사용된다. 그리하여 탐침(25)과 캔틸레버(23)가 고정되어 있는 상태에서, 시편(24)의 정해진 구간을 측정하기 위해서는, X축모터(31)와 Y축모터(32)를 구동시켜 스테이지(26)를 'ㄹ' 형태로 움직여서 시편(24)의 측정될 구간을 측정하게 된다.

[0032] 탐침(25)은 날카로운 경우 굴곡이 심한 시편(24)의 표면을 측정하는데 마찰력이 발생하여 이동에 방해가 될 수 있기 때문에 탐침(25)의 시편(24)과 맞닿게 되는 부분은 펜과 같이 금속이나 세라믹 또는 고분자로 형성된 구슬을 넣을 수 있다. 따라서 탐침(25)과 시편(24)간의 마찰력을 현저히 낮추어 시편(24)의 이동에 따른 굴곡을 측정하는데 장점이 있다.

[0033] X축모터(31)와 Y축모터(32) 및 Z축모터(33)는 각각 X축 모터드라이버(34)와 Y축 모터드라이버(35) 및 Z축 모터드라이버(36)와 연결되어 있다. X축 모터드라이버(34)와 Y축 모터드라이버(35) 및 Z축 모터드라이버(36)는 처리장치(46)와 연결되어 있으며, 처리장치(46)에서 오는 신호를 받아 각각 X축모터(31)와 Y축모터(32) 및 Z축모터(33)를 구동시키게 된다.

[0034] 구체적으로 사용자가 처리장치(46)를 통해 시편(24)을 측정하도록 입력을 하게 되면 X축 모터드라이버(34)와 Y축 모터드라이버(35)로 구동신호가 전송되고, X축 모터드라이버(34)와 Y축 모터드라이버(35)는 각각 X축모터(31)와 Y축모터(32)를 구동시켜 시편(24)을 이동시키게 된다.

[0035] 스테이지(26)는 X축모터(31)와 Y축모터(32)의 구동으로, 제어부(40)에 X축 또는 Y축으로 설정된 시편(24)의 크기범위 내에서 탐침(25)이 벗어나지 않도록 움직이게 된다.

[0036] 상기 DAQ(Data Acquisition)(44)의 기능은 첫 번째로 센서로서 온도나 압력, 진동과 같은 물리적인 신호를 측정 가능한 전기적인 신호, 즉 전압과 전류로 바꾸어주는 역할을 하며, 두 번째로 시그널 컨디셔너(Signal Conditioner)로써, 센서에서 출력되는 전압이나 전류가 진폭이 매우 낮거나 노이즈가 심하여 바로 측정하기 힘든 경우 출력전압을 증폭해주거나 노이즈 필터링을 취하여 측정하기 좋은 신호로 바꾸어 주게 된다.

[0037] 세번째로 상기 센서나 상기 시그널 컨디셔너를 통해 출력되는 전압 값을 처리장치(46)가 인식할 수 있는 디지털 신호로 변환시켜 주게 된다. 또한 ADC(Analog to Digital Convertor)칩을 이용하여, PCI, PCIe,PXI, PXIe, PCMCIA 및 USB 등의 다양한 BUS타입의 DAQ를 사용할 수 있다. 여기에서 도 1의 DAQ(44)는 포토센서(21)의 신호를 받아들이고 각 X, Y, Z축에 대한 제어신호를 처리장치(46)로 보내게 된다. 이때 포토센서(21)의 물리적인 신호는 DAQ(44)를 통해 측정 가능한 전기적인 신호로 바뀌어지며, 상기 전기적인 신호 즉 전압이나 전류의 진폭이 매우 낮거나 노이즈가 심할 경우, 출력전압을 증폭해주거나 노이즈 필터링을 하여 신호로 바꾸어 주게 된다.

[0038] 도 2는 도 1의 교육용 원자현미경장치의 측정부를 확대한 구조를 나타내는 사시도이다.

[0039] 도 2를 참조하면, 측정부(20)는 포토센서(21), 레이저(22), 캔틸레버(23), 시편(24), 탐침(25), 스테이지(26) 및 반사판(27)을 포함하고, 스테이지(26)는 X축 스테이지(26a)와 Y축 스테이지(26b) 및 Z축 스테이지(26c)를 포함한다.

[0040] 측정부(20)의 시편(24)이 Y축 스테이지(26b)의 상부에 놓여져 있는 상태에서, 사용자는 캔틸레버(23)와 연결된 Z축 스테이지(26c)를 조절하여 캔틸레버(23)에 결합된 탐침(25)을 시편(24)의 상부에 접촉시킨다.

[0041] 도 2의 시편(24)이 Y축 스테이지(26b)의 상부에 올려져 있는 상태에서 레이저(22)는 반사판(27)으로 빔을 주사하게 된다. 반사판(27)으로 입사된 빔은 들어온 각도와 같은 각도로 반사되어 포토센서(21)를 향해 이동하게 된다.

[0042] 이때, 스테이지(26)가 X축 또는 Y축으로 이동하면서 시편(24)이 움직이게 되고, 탐침(25)은 시편(24)의 상부 표면의 굴곡에 따라 Z축을 따라서 상하로 움직이게 된다.

[0043] 결국, 시편(24)의 움직임에 따라 탐침(25)과 반사판(27)이 Z축 선상의 상하로 움직이게 되고, 반사판(27)으로 입사된 빔의 입사각과 반사각의 차이가 발생하여, 반사된 빔의 경로가 달라지게 된다. 그리하여, 포토센서(21)는 달라지는 빔의 경로의 차이를 감지하여 DAQ(44)를 통해 도 1의 처리장치(46)로 관련 데이터를 전송하고 처리장치(46)는 상기 데이터를 수신하고 분석하여 Z축스테이지(26C)를 상하로 이동시켜 빔이 항상 포토센서(21)의 중앙에 위치하도록 제어하게 된다.

[0044] 한편, 캔틸레버(23)는 얇은 금속 또는 고분자로 형성될 수 있으며, 탄성을 가지고 있어, 시편(24)의 표면 굴곡에 따라서 상하부로 휘어지게 된다.

[0045] 도 3 및 도 4는 시편의 움직임에 따른 탐침과 캔틸레버의 움직임과 그에 따른 빔의 경로의 변화를 나타내는 사시도들이다.

[0046] 본 실시예는 스테이지를 제외하고, 도 1 및 도 2를 참조하여 설명한 측정부(20)와 실질적으로 동일 하므로, 동일한 참조번호를 사용하고, 중복되는 설명을 이를 생략한다.

[0047] 도 3 및 도 4를 참조하면, 레이저(22)의 빔이 반사판(27)을 거쳐 포토센서(21)로 입사하는 동안, 시편(24)은 왼쪽으로 움직이게 된다. 시편(24)이 왼쪽으로 움직이면서, 시편(24)의 굴곡에 따라 탐침(25)과 캔틸레버(23)의 위치가 변하게 되고, 반사판(27)의 위치가 변하게 된다. 따라서 반사판(27)에 입사되는 빔의 반사각이 달라지게 되고, 그에 따라 포토센서(21)로 입사되는 빔의 이동경로가 달라지게 된다.

[0048] 도 4를 참조하면, 빔의 이동경로는 왼쪽으로 움직이는 시편(24)의 표면굴곡에 따라서 달라지게 되고, 포토센서(21)는 이동경로가 달라지는 빔이 항상 포토센서(21)의 중앙으로 입사되도록 움직이게 된다.

[0049] 결국, 시편(24)의 이동에 따라서 포토센서(21)와 결합된 Z축스테이지(26C)가 움직이게 되고, 시편(24)의 굴곡상태를 나타내는 Z축스테이지(26C)의 위치변화값과 Z축스테이지(26C)의 위치변화값이 발생한 위치를 나타내는 X축 및 Y축 스테이지(26a, 26b)의 좌표값이 DAQ(44)를 통해서 처리장치(46)로 보내지면, X축 및 Y축 스테이지(26a, 26b)가 나타내는 시편(24)의 위치에 해당하는 3D 형상을 얻게 된다.

[0050] 도 5 및 도 6은 시편의 이동경로를 나타내는 사시도들이다.

[0051] 본 실시예에는 도 1 및 도 2를 참조하여 설명한 측정부(20)와 실질적으로 동일 하므로, 동일한 참조번호를 사용하고, 중복되는 설명을 이를 생략한다.

[0052] 도 5를 참조하면, 시편(24)은 X축 및 Y축 스테이지(26a. 26b)의 이동에 따라서 X축 Y축으로 번갈아 가면서 이동하게 되고, 전체적으로는 'ㄹ' 형태를 나타내며 이동하게 된다.

[0053] 구체적으로는, 탐침(25)이 시편(24)에 맞닿아 있는 상태에서, 시편(24)이 움직이기 시작하게 된다. 그리고 X축을 따라 길게 시편(24)을 이동 시킨 후 Y축으로 짧게 이동하여 다시 X축으로 이동시키는 'ㄹ' 형태로 탐침(25)이 시편(24)의 표면 전체의 굴곡을 측정할 수 있도록 한다.

[0054] 도 6을 참조하면, 시편(24)은 X축 및 Y축 스테이지(26a. 26b)의 이동에 따라서X축 Y축으로 번갈아 가면서 이동하게 되고, 전체적으로는 'ㄹ' 형태를 나타내며 이동하게 된다.

[0055] 구체적으로는, 탐침(25)이 시편(24)에 맞닿아 있는 상태에서, 시편(24)이 움직이기 시작하게 된다. 그리고 Y축을 따라 길게 시편(24)을 이동시키고, X축으로 짧게 이동하여 다시 Y축을 따라 이동하는 'ㄹ' 형태로 탐침(25)이 시편(24)의 표면 전체의 굴곡을 측정할 수 있도록 한다.

[0056] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 탐침과 캔틸레버를 나타낸다.

[0057] 도 8은 도 7의 탐침과 캔틸레버의 A'-A사이에 형성된 단면구조를 나타낸다.

[0058] 도 7 및 도 8을 참조하면, 교육용 원자현미경장치는 캔틸레버(29)와 탐침(28), 고정덮개(29) 및 고정나사(36)를 포함하고, 탐침(28)은 탐침프레임(28a)과 볼(28b)을 포함한다.

[0059] 본 실시예에 의한 교육용원자현미경장치는 탐침(28)과 캔틸레버(29)를 제외하고, 도 1을 참조하여 설명한 교육용 원자현미경장치(10)와 실질적으로 동일 하므로, 동일한 참조번호를 사용하고, 중복되는 설명은 이를 생략한다.

[0060] 도 7의 캔틸레버(29)는 도 1의 캔틸레버(23)와 실질적으로 동일하지만, 탐침(28)을 탈착 또는 부착할 수 있는 구조를 내부에 형성하고 있다. 탐침(28)은 하단에 볼(28b)이 형성되어 탐침(28)이 시편의 표면을 이동할 때 커다란 저항이 없이 시편의 굴곡에 따라서 이동할 수 있게 된다. 또한 시편의 표면에 기존 탐침의 날카로운 부분으로 인한 손상이 줄어들게 되는 장점이 있다.

[0061] 도 7 및 도 8을 참조하면, 탐침(28)은 캔틸레버(29)와 탈착 또는 부착이 가능하므로, 탐침(28)의 손상이 있을 때 쉽게 교체가 가능한 장점이 있다. 또한 탐침프레임(28a)은 내부에 공간을 형성하여 윤활유를 포함할 수 있으며, 윤활유가 볼(28b)의 주위를 감싸게 되면 볼(28b)이 시편의 표면을 이동할 때 소음이나 손상이 없이 부드럽게 이동 할 수 있게 된다.

[0062] 탐침(28)은 캔틸레버(29)의 내부에 부착된 후에 고정덮개(37)를 탐침(28)의 상부에 형성되고, 고정덮개(37)는 고정나사(36)들로 캔틸레버(29)와 결합하게 된다. 따라서 탐침(28)은 캔틸레버(29)와 고정덮개(37) 사이에 형성되어 흔들리지 않게 고정되고, 고정나사(26)와 고정덮개(37)를 통해 교체가 가능하다. 그리고 캔틸레버(29)는 탐침(28)과 마찬가지로 교체가 가능하다.

[0063] 따라서, 볼(28b)이 탐침프레임(28a)의 하부에 형성되면서, 탐침(28)이 시편(24)의 상부를 이동하면서 발생시킬 수 있는 시편(28)의 스크래치나 손상을 현저히 줄일 수 있고, 탐침프레임(28a)의 내부에 형성 가능한 윤활유의 유압이 탐침(28) 내부에 형성되어 캔틸레버(29)가 휘어지고 다시 원위치로 돌아오는 탄성에 의한 충격을 흡수할 수 있다.

[0064] 도 9는 도 1 및 도 2의 교육용 원자현미경장치가 구동하는 일 예를 도시한 순서도이다.

[0065] 레이저(22)는 빔을 반사판(27)으로 주사하고 빔은 반사되어 포토센서(21)로 입사하게 된다(단계 S101).

[0066] 탐침(25)이 시편(24)에 접촉하고 있는 상태에서 제어부(40)의 신호로 X축 모터드라이버(34)와 Y축 모터드라이버(35)가 X축 모터(31)와 Y축 모터(32)를 제어하여 시편(24)이 'ㄹ' 형태로 움직이게 된다. 이때 탐침(25)이 이동하는 경로는 제어부(40)에 설정된 시편(24)의 X축 길이와 Y축 길이를 기초로 하고, X축모터(31)와 Y축모터(32)를 X축 길이와 Y축 길이의 범위 내에서 'ㄹ' 형태로 움직여 결정하게 된다(단계 S102).

[0067] 시편(24)의 움직임에 따라 탐침(25)과 탐침(24)의 상부에 결합된 반사판(27)이 Z축을 따라 상하로 움직이게 된다(단계 S103).

[0068] 반사판(27)의 상하 이동에 따라서 빔의 반사되어 이동하는 경로가 달라지게 된다(단계 S104).

[0069] 빔의 달라진 이동경로에 따라서 포토센서(21)는 Z축의 상하 방향으로 움직이며 빔을 따라 이동하게 된다(단계 S105).

[0070] 처리장치(46)는 포토센서(21)의 Z축에서의 이동정보를 DAQ(44)를 통해 전기적인 신호로 수신하여, 시편의 표면에 형성된 굴곡의 높낮이에 대한 정보를 수신하게 된다(단계 S106).

[0071] 처리장치(46)는 X축 및 Y축 스테이지(26a, 26b)들이 X축 및 Y축에서 이동한X축 및 Y축의 좌표의 정보들과 포토센서(21)와 Z축 스테이지(26c)가 Z축에서 이동한 Z축 좌표의 정보를 통합하게 된다. 즉 시편(24)의 모든 X축 및 Y축 좌표에 해당하는 시편(24)의 위치에서 발생한 포토센서(21)의 Z축 좌표의 이동정보들을 분석 및 통합하여 시편(24)의 전체적인 3D 형상을 모니터(45)에 나타내게 된다(단계 S107).

[0072] 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 의하면, 교육용 원자현미경장치(10)는 육안으로 보이는 시편의 굴곡을 탐침(28)의 이동으로 형상화시키는 원리를 실시간으로 교육받는 사람들에게 보여줄 수 있는 효과가 있다.

[0073] 볼(28b)이 탐침프레임(28a)의 하부에 형성되면서, 탐침(28)이 시편(24)의 상부를 이동하면서 발생시킬 수 있는 시편(28)의 스크래치나 손상을 현저히 줄일 수 있고, 탐침프레임(28a)의 내부에 형성이 가능한 윤활유의 유압이 탐침(28) 내부에 형성되어 캔틸레버(29)가 휘어지고 다시 원위치로 돌아오는 탄성에 의한 충격을 흡수 할 수 있다.

[0074] 도 10은 도 1 및 도 2의 교육용 원자현미경장치에 연결된 표시장치에 표시된 프로그램 화면을 나타내는 이미지이고, 도 11은 도 1 및 도 2의 교육용 원자현미경 장치의 구동방법 중에서 X축-Y축 구동방법을 나타내는 평면도이다.

[0075] 도 10 및 도 11을 참조하면, 원자현미경장치에 연결된 표시장치에 표시된 프로그램 화면은 X축모터 일련번호, Y축모터 일연번호, Z축모터 일련번호, X,Y,Z 모터 0점 조정, Z축 스캔, 배열 초기화, X의 최대거리(Most_M1P), Y

의 최대거리(Most_M2P), 한스텝 이동거리(y축 1회 이동거리), 현재 X 좌표(M1_P), 현재 Y좌표(M2_P), 현재 Z좌표(M3_P), 시작버튼, 0점(M1_0)으로 이동버튼, 데이터 저장버튼이 표시된다.

[0076] 도 1, 도 2 및 도 11을 참조하면, 시편(24)은 X의 최대거리 및 Y의 최대거리 내에서 'ㄹ'자 형상으로 이동한다. 시편(24)이 'ㄹ'자 형상으로 이동하면, 탐침(25)은 시편(24)의 표면을 'ㄹ'자 형상으로 스캔한다.

[0077] 도 12는 도 11에 도시된 X축-Y축 구동방법을 나타내는 흐름도이다.

[0078] 도 1, 도 2, 도 11 및 도 12를 참조하면, X축모터(31) 및 Y축모터(32)는 각가 제1 위치명령(모터1) 및 제2 위치명령(모터2)에 따라 구동된다.

[0079] 먼저 X축모터(31)의 최대값(Most_M1P), Y축모터(32)의 최대값(Most_M2P), X축모터(31)의 현재위치(M1_P), Y축모터(32)의 현재위치(M2_P), X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1), Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2), Y축모터(32)를 한 스텝(step)이동시킬 때 움직이는 길이(y축 1회 이동거리), X축모터(31)의 영점의 위치(M1_0)를 각각 설정한다(S200). 본 실시예에서, X축모터(31)의 최대값(Most_M1P)은 12mm이고, Y축모터(32)의 최대값(Most_M2P)는 12mm이다. X축모터(31) 또는 Y축모터(32)를 한 스텝(step)이동시킬 때 움직이는 길이(y축 1회 이동거리)는 0.125mm, 0.25mm, 0.5mm, 1mm, 2mm 중에서 하나를 선택할 수 있다. 다른 실시예에서, X축모터(31)의 한 스텝의 길이와 Y축모터(32)의 한 스텝의 길이는 서로 다를 수 있다.

[0080] 이어서, X축모터(31)의 현재위치(M1_P), Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)의 좌표가 (0,0)인지 검사한다(S210).

[0081] X축모터(31)의 현재위치(M1_P), Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)의 좌표가 (0,0)이 아닌 경우, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1), Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)을 좌표 (0,0)으로 셋팅하고 단계 S210으로 되돌아간다(S215). X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1), Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)을 좌표 (0,0)으로 셋팅되면, X축모터(31) 및 Y축모터(32)는 셋팅된 좌표인 (0,0)으로 이동한다.

[0082] X축모터(31)의 현재위치(M1_P), Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)가 (0,0)인 경우, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 1로 셋팅하여(S220) X축모터(31)를 +1스텝(step)만큼 이동시킨다.

[0083] 이후에, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 동일한지 검사한다(S230). 즉, X축모터(31)의 위치가 제1 위치명령(모터1)의 값인 1스텝(step)만큼 이동을 완료했는지 검사한다.

[0084] X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 다른 경우, S220 단계로 되돌아가서 X축모터(31)의 위치가 제1 위치명령(모터1)의 값인 1스텝(step)만큼 이동할 때까지 X축모터(31)의 이동을 계속한다.

[0085] X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 동일한 경우, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 현재 값보다 1을 더한 값으로 셋팅한다(S240). 즉, X축모터(31)가 한 스텝 더한 위치로 이동하도록 제1 위치명령(모터1)을 셋팅한다. X축모터(31)는 상기 셋팅된 제1 위치명령(모터1)에 따라서 구동된다.

[0086] 본 실시예에서, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 현재 값보다 1을 더한 값으로 셋팅하는 단계 S240을 두는 이유를 설명하면 다음과 같다. 본 실시예에서, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 균일한 값으로 유지시키는 경우, 목표지점에 도달하기 직전에 X축모터(31)가 정지하는 현상이 나타날 수 있다. 이는 목표지점이 일종의 싱귤러 포인트(Singular Point)로 작용하기 때문이다. 예를 들어, 목표지점이 10으로 하여 X축모터(31)를 구동시키는 경우, X축모터(31)가 9.9998에 도달하면 X축모터(31)의 작용이 정지될 수 있다. 본 실시예에서, 상기와 같은 X축모터(31)의 정지현상을 방지하기 위하여, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 현재 값보다 1을 더한 값으로 계속하여 증가하도록 셋팅한다.

[0087] 계속해서, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 동일한지 다시 검사한다(S250). 즉, X축모터(31)가 제1 위치명령(모터1)의 값에 해당하는 위치에 도달했는지를 검사한다.

[0088] X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 다른 경우, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 종전의 위치명령의 값(모터1)으로 셋팅한다(S255). 즉, 단계 S255의 제1 위치명령(모터1)의 값은 일시적으로 정지하여 더 이상 증가되지 않는다.

[0089] 이어서, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 동일한 경우, X축모터(31)의 현재위치(M1_P)가 X축모터(31)의 최대값(Most_M1P)에 도달했는지 검사한다(S260).

[0090] X축모터(31)의 현재위치(M1_P)가 X축모터(31)의 최대값(Most_M1P)에 도달하지 않은 경우, 단계 S240으로 되돌아간다. 즉, X축모터(31)의 현재위치(M1_P)가 X축모터(31)의 최대값(Most_M1P)에 도달하지 않은 경우, X축모터(31)의 현재위치(M1_P)가 X축모터(31)의 최대값(Most_M1P)에 도달할 때까지 단계 S240 내지 단계 S260을 반복수행한다.

[0091] X축모터(31)의 현재위치(M1_P)가 X축모터(31)의 최대값(Most_M1P)에 도달한 경우, Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)가 Y축모터(32)의 최대값(Most_M2P)에 도달했는지 검사한다(S270).

[0092] Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)가 Y축모터(32)의 최대값(Most_M2P)에 도달한 경우, 프로세스를 종료한다. 즉, X축모터(31) 및 Y축모터(32)가 모두 최대값에 도달하면 스캔이 완료된다.

[0093] Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)가 Y축모터(32)의 최대값(Most_M2P)에 도달하지 않은 경우, Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)을 Y축모터(32)의 현재 제2 위치명령(모터2)의 값에 Y축모터(32)를 한 스텝(step)이동시킬 때 움직이는 길이(y축 1회 이동거리)를 더한 값으로 셋팅한다(S280). 즉, Y축모터(32)를 한 스텝 이동시킨다. 본 실시예에서, Y축모터(32)가 이동하는 한 스텝은 X축모터(31)가 이동하는 스텝과 동일하다. 다른 실시예에서, Y축모터(32)가 이동하는 한 스텝은 X축모터(31)가 이동하는 스텝과 서로 다른 값을 가질 수도 있다.

[0094] 이후에, Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 동일한지 검사한다(S290). 즉, Y축모터(32)가 제2 위치명령(모터2)에 따라 한 스텝에 해당하는 거리를 이동했는지를 검사한다.

[0095] Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 다른 경우, Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)은 Y축모터(32)의 현재 제2 위치명령(모터2)의 값으로 셋팅하고(S295) Y축모터(32)가 제2 위치명령(모터2)에 따라 한 스텝에 해당하는 거리에 도달할 때까지 이동을 계속한다.

[0096] Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 동일한 경우, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)은 X축모터(31)의 현재 제1 위치명령(모터1)의 값에서 1을 뺀 값으로 셋팅하여(S300) X축모터(31)를 역방향으로 이동을 시작한다.

[0097] 계속해서, Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 동일한지 검사한다(S310).

[0098] Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 다른 경우, Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)은 현재 제2 위치명령(모터2)의 값을 유지하면서 S310 단계로 되돌아간다(S315). 즉, Y축모터(32)가 제2 위치명령(모터2)에 따른 이동을 완료할 때까지 구동을 계속한다.

[0099] Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 동일한 경우, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)은 X축모터(31)의 현재 제1 위치명령(모터1)의 값에서 1을 뺀 값으로 셋팅한다(S320).

[0100] 본 실시예에서, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 현재 값보다 1을 뺀 값으로 셋팅하는 단계 S320을 두는 이유를 설명하면 다음과 같다. 본 실시예에서, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 균일한 값으로 유지시키는 경우, 목표지점에 도달하기 직전에 X축모터(31)가 정지하는 현상이 나타날 수 있다. 이는 목표지점이 일종의 싱귤러 포인트(Singular Point)로 작용하기 때문이다. 예를 들어, 목표지점이 0으로 하여 X축모터(31)를 구동시키는 경우, X축모터(31)가 0.0003에 도달하면 X축모터(31)의 작용이 정지될 수 있다. 본 실시예에서, 상기와 같은 X축모터(31)의 정지현상을 방지하기 위하여, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)을 현재 값보다 1을 뺀 값으로 계속하여 감소하도록 셋팅한다.

[0101] 이어서, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 동일한지 검사한다(S330).

[0102] X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 다른 경우, X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)은 X축모터(31)의 현재 제1 위치명령(모터1)의 값으로 셋팅하고 단계S330으로 되돌아간다(S335). 즉, X축모터(31)가 제1 위치명령(모터1)에 따른 이동을 완료할 때까지 구동을 계속한다.

[0103] X축모터(31)의 제1 위치명령(모터1)의 값이 X축모터(31)의 현재위치(M1_P)와 동일한 경우, X축모터(31)의 현재위치(M1_P)가 X축모터(31)의 영점의 위치(M1_0)와 동일한지 검사한다(S340). 즉, X축모터(31)가 역방향 구동을 계속하여 목표지점인 영점의 위치(M1_0)에 도달했는지를 검사한다.

[0104] X축모터(31)의 현재위치(M1_P)가 X축모터(31)의 영점의 위치(M1_0)와 다른 경우, 단계 S320으로 되돌아가서 X축모터(31)는 역방향 구동을 계속한다.

[0105] X축모터(31)의 현재위치(M1_P)가 X축모터(31)의 영점의 위치(M1_0)와 동일한 경우, Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)은 Y축모터(32)의 현재 제2 위치명령(모터2)의 값에서 1을 뺀 값으로 셋팅하여(S350) Y축모터(32)는 1스텝만큼의 구동을 시작한다.

[0106] 이후에, Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 동일한지 검사한다(S360).

[0107] Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 다른 경우, Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)은 현재 값을 유지하고, 단계 S360으로 되돌아가서(S365) Y축모터(32)가 제2 위치명령(모터2)의 값에 해당하는 위치에 도달할 때까지 구동을 계속한다.

[0108] Y축모터(32)의 제2 위치명령(모터2)의 값이 Y축모터(32)의 현재위치(M2_P)와 동일한 경우, 단계 S240으로 되돌아간다.

[0109] 도 13은 도 1 및 도 2에 도시된 포토센서가 센싱하는 방법을 나타내는 평면도이다.

[0110] 도 1 내지 도 4 및 도 13을 참조하면, 포토센서(21)는 제1 센서(21a) 및 제2 센서(21b)를 포함한다. 본 실시예에서, 제1 센서(21a)와 제2 센서(21b)는 포토센서(21)의 상부 및 하부를 구성한다.

[0111] 탐침(25)과 캔틸레버(23)의 위치가 변동되지 않는 경우, 레이저(22)의 빔(22a)은 포토센서(21)의 중앙에 배치된다.

[0112] 반면에 탐침(25)과 캔틸레버(23)의 위치가 변동되면, 레이저(22)의 빔(22a)은 포토센서(21)의 중앙을 벗어나서 제1 센서(21a) 내에만 또는 제2 센서(21b) 내에만 배치된다.

[0113] 레이저(22)의 빔(22a)이 제1 센서(21a) 내에만 또는 제2 센서(21b) 내에만 배치되면, 제1 센서(21a)와 제2 센서(21b)에 의해 감지된 신호에 전압차가 발생한다.

[0114] 전압차를 이용하여 Z축모터(33)를 구동하여 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(22)의 중앙에 오도록 조절한다. 조절된 포토센서(22)의 위치를 이용하여 시편(24)의 굴곡을 검사한다.

[0115] 도 14는 도 1 및 도 2의 교육용 원자현미경 장치의 구동방법 중에서 Z축 구동방법을 나타내는 평면도이다.

[0116] 도 1 내지 4, 도 13 및 도 14를 참조하면, Z축 스캔을 시작한다(S400). 예를 들어, Z축스캔은 프로그램 화면의 시작버튼(도 10)을 클릭하거나, 수동으로 시작버튼(도시되지 않음)을 누름으로서 시작할 수 있다. Z축 스캔이 시작되면, Z축모터(33)가 구동을 시작하여, 포토센서(22)가 Z축을 따라서 순차적으로 이동한다.

[0117] 이어서, 반사된 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(22)의 중앙에 위치하는지 검사한다(S410).

[0118] 반사된 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(22)의 중앙에 위치하지 않는 경우, 단계 S400으로 되돌아가서 Z축 스캔을 계속한다. 즉, 포토센서(22)의 중앙에 레이저(22)의 빔(22a)이 위치할 때까지 Z축모터(33)가 Z축을 따라서 계속 이동한다.

[0119] 반사된 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(22)의 중앙에 위치하는 경우, X축모터(31) 및 Y축모터(32)가 구동된다(S420). 탐침(25)이 시편(24)을 따라 움직이는 경우, 시편(24)의 굴곡에 따라 레이저(22)의 반사각이 변경될 수 있다. 레이저(22)의 반사각이 변경되면, 포토센서(21)에 투영되는 레이저(22)의 빔(22a)의 위치가 변경된다. 본 실시예에서, X축모터(31) 및 Y축모터(32)의 구동은 도 11 및 도 12에 도시된 구동방식을 따른다. Z축구동과 X축-Y축구동은 구분되는 것이 아니라, 서로 연동되어 지속적으로 구동된다. 본 실시예에서, 도 11 및 도 12에 도시된 X축-Y축구동이 수행되는 동안 레이저(22)의 빔(22a)은 포토센서(22)의 중앙에 위치한다. 또한, 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(22)의 중앙을 벗어나는 경우 X축-Y축구동이 정지되고 Z축구동이 수행되어 레이저(22)의 빔(22a)을 포토센서(22)의 중앙으로 이동시킨다.

[0120] 이후에, 반사된 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(21)의 중앙에 위치하는지 다시 검사한다(S430). 본 실시예에서, 제1 센서(21a)와 제2 센서(21b)의 전압차를 구하면 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(21)의 중앙에 위치하는지 확인할 수 있다.

[0121] 반사된 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(21)의 중앙에 위치하는 경우, 현재 Z축의 값(M3_P)을 X좌표(M1_P) 및 Y좌표(M2_P)에 대응시켜 배열(X, Y, Z)에 저장한다(S435). 즉, 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(21)의 중앙에 도달한 경우, 포토센서(21)의 현재 Z축의 값을 X축모터(33)의 위치, Y축모터(32)의 위치에 해당하는 좌표값으로 저장한다.

[0122] 반사된 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(21)의 중앙에 위치하지 않는 경우, 제1 센서(21a)가 제2 센서(21b)에 비해 큰 전압값을 갖는지 검사한다(S440).

[0123] 제1 센서(21a)가 제2 센서(21b)에 비해 큰 전압값을 갖는 경우, Z축모터(33)를 Z축단위만큼 상부로 구동시켜서 포토센서(22)를 Z축단위만큼 상부로 이동시킨다(S450). 예를 들어, Z축단위는 0.1㎜일 수 있다. 본 실시예에서, 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(21)의 중앙을 벗어나서 위쪽에 배치된 제1 센서(21a) 쪽으로 이동한 경우, 제1 센서(21a)가 제2 센서(21b)에 비해 큰 전압값을 갖는다.

[0124] 제1 센서(21a)가 제2 센서(21b)에 비해 낮은 전압값을 갖는 경우, Z축모터(33)를 Z축단위만큼 하부로 구동시켜서 포토센서(22)를 Z축단위만큼 하부로 이동시킨다(S460). 레이저(22)의 빔(22a)이 포토센서(21)의 중앙을 벗어나서 아래쪽에 배치된 제2 센서(21b) 쪽으로 이동한 경우, 제1 센서(21a)가 제2 센서(21b)에 비해 낮은 전압값을 갖는다.

[0125] 계속해서, 단계 S430으로 이동한다.

[0126] 도 14에 도시된 Z축구동은 도 11 및 도 12에 도시된 X축-Y축 구동과 상호 연동되어 수행된다. 따라서, 시편(24)이 X축-Y축 방향으로 이동하는 동안 각각의 위치에서 Z축값이 연속적으로 구해진다.

[0127] 도 15는 도 1 및 도 2에 도시된 시편을 나타내는 이미지이고, 도 16a 내지 도 16e는 도 1 및 도 2에 도시된 원자현미경 장치의 y축 1회 이동거리가 각각 2㎜, 1㎜, 0.5㎜, 0.25㎜, 0.125㎜인 경우에 대응되는 도 15에 도시된 시편의 이미지들이다.

[0128] 도 1, 도 2, 도 15 내지 도 16e를 참조하면, y축 1회 이동거리가 감소할수록 검사된 이미지의 해상도가 증가하였다. X축모터(31) 및 Y축모터(32)는 중간에 멈춤현상 없이 원활히 'ㄹ' 형상을 따라서 이동을 하였다. 특히, 해상도가 증가하여 X축모터(31) 및 Y축모터(32)의 이동이 복잡해졌어도, 멈춤현상이 나타나지 않았다.

[0129] 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 따르면, 교육용 원자현미경장치를 이용하여 원자현미경의 원리를 쉽게 이해할 수 있다. 또한 구동 중 모터가 멈추는 현상이 방지되어 측정오류가 감소하고 교육효율이 증가한다.

[0130] 더욱이 포토센서가 상부에 배치된 제1 센서 및 하부에 배치된 제2 센서를 포함하여 제1 센서와 제2 센서의 전압차를 이용하여 Z축방향의 좌표를 쉽게 구할 수 있다.

[0131] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용가능성

[0132] 본 발명에 따른 탐침과 주변부가 대형화된 교육용 원자현미경장비는 원자현미경의 측정원리를 가르칠 수 있는 학교나 기업체의 교육용 장비로써 산업상 이용 가능성을 갖는다.

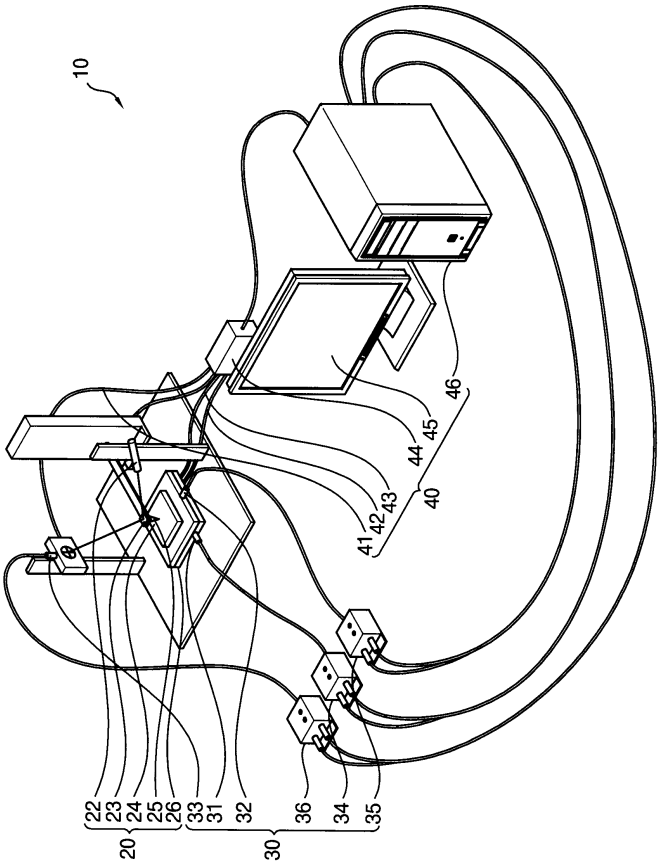
부호의 설명

[0133]

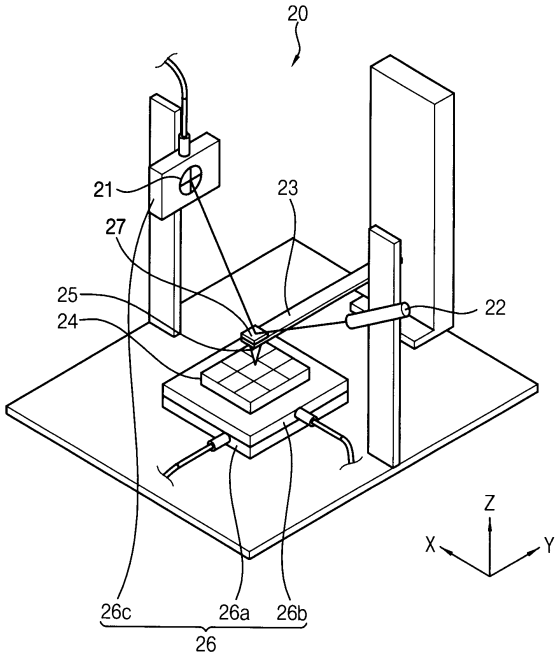
10 : 교육용 원자현미경장치	20 : 측정부
21 : 포토센서	22 : 레이져
23 : 캔틸레버	24 : 시편
25 : 탐침	26 : 스테이지
27 : 반사판	28 : 탐침
28a: 탐침프레임	28b : 볼
30 : 구동부	40 : 제어부

도면

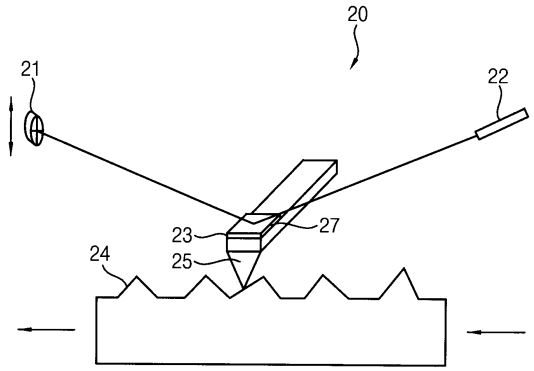
도면1


10
46
45
44
43
42
41
40
22
23
24
25
26
33
31
32
36
34
35
20
30

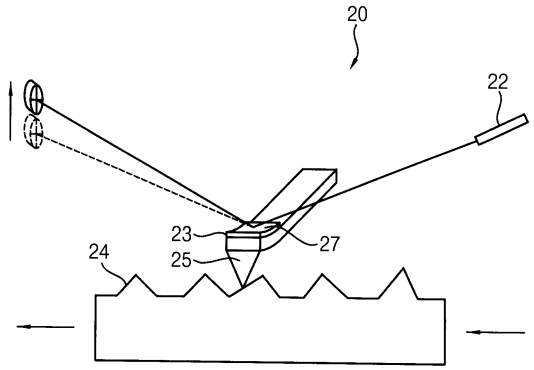
도면2


20
21
23
27
25
24
22
Z
X
Y
26c
26a
26b
26

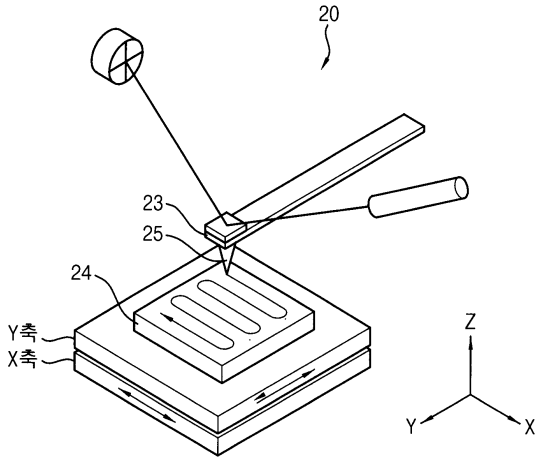
도면3



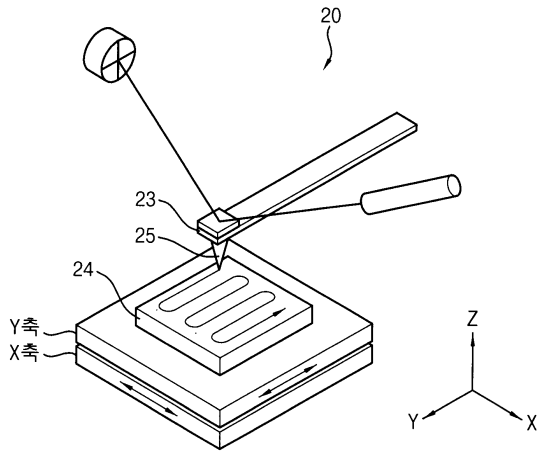
도면4



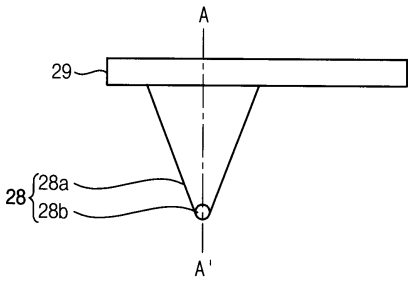
도면5



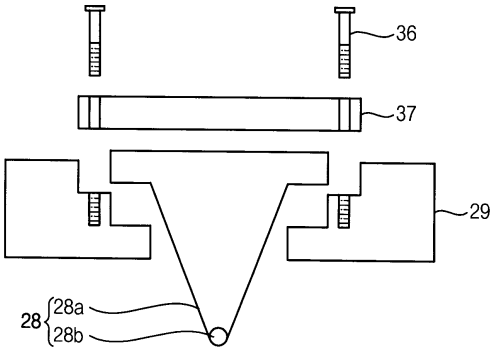
도면6



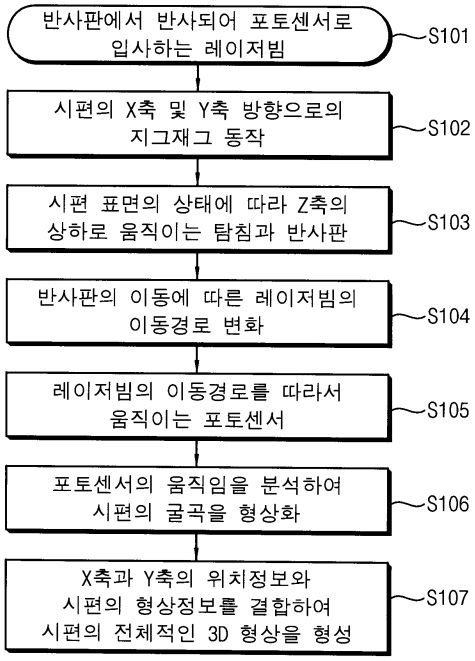
도면7



도면8



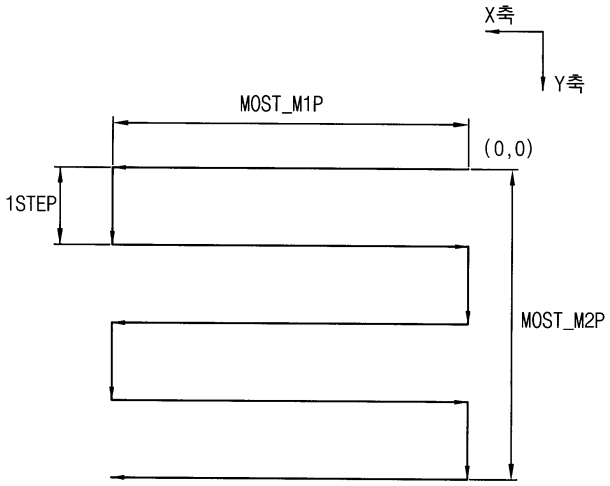
도면9


반사판에서 반사되어 포토센서로 입사하는 레이저빔
S101
시편의 X축 및 Y축 방향으로의 지그재그 동작
S102
시편 표면의 상태에 따라 Z축의 상하로 움직이는 탐침과 반사판
S103
반사판의 이동에 따른 레이저빔의 이동경로 변화
S104
레이저빔의 이동경로를 따라서 움직이는 포토센서
S105
포토센서의 움직임을 분석하여 시편의 굴곡을 형상화
S106
X축과 Y축의 위치정보와 시편의 형상정보를 결합하여 시편의 전체적인 3D 형상을 형성
S107

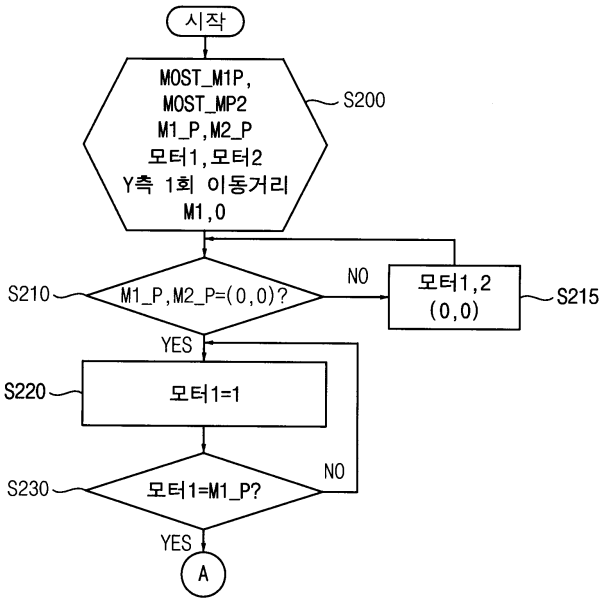
도면10


Software EduAFM
원자현미경교육장비용
X축모터 일련번호
83843529
Y축모터 일련번호
83843545
Z축모터 일련번호
83843566
X,Y,Z 모터 0점 조정
Z축 스캔
배열 초기화
X의 최대거리
<0>
Y의 최대거리
<0>
한스텝 이동거리
<0>
시작버튼
0점으로
데이터 저장
저장
현재 X좌표
0
현재 Y좌표
0
현재 Z좌표
0

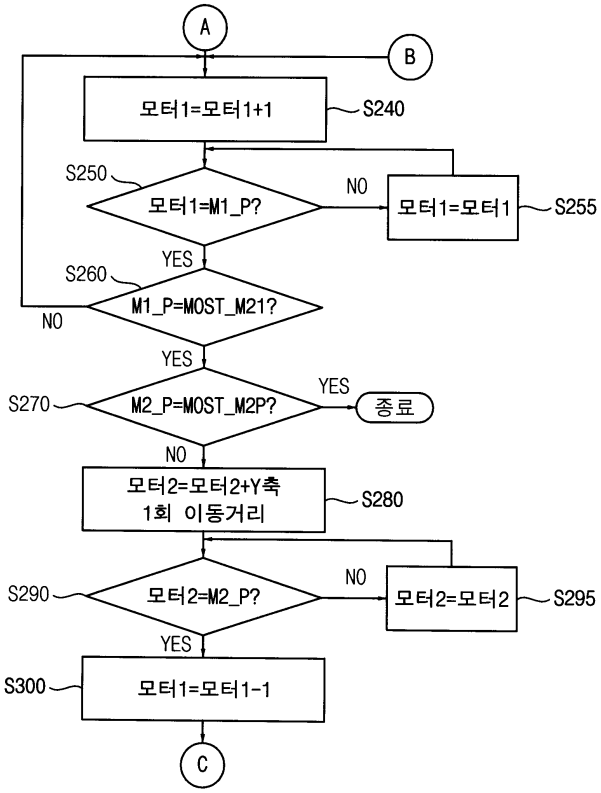
도면11


X축
Y축
MOST_M1P
(0,0)
1STEP
MOST_M2P

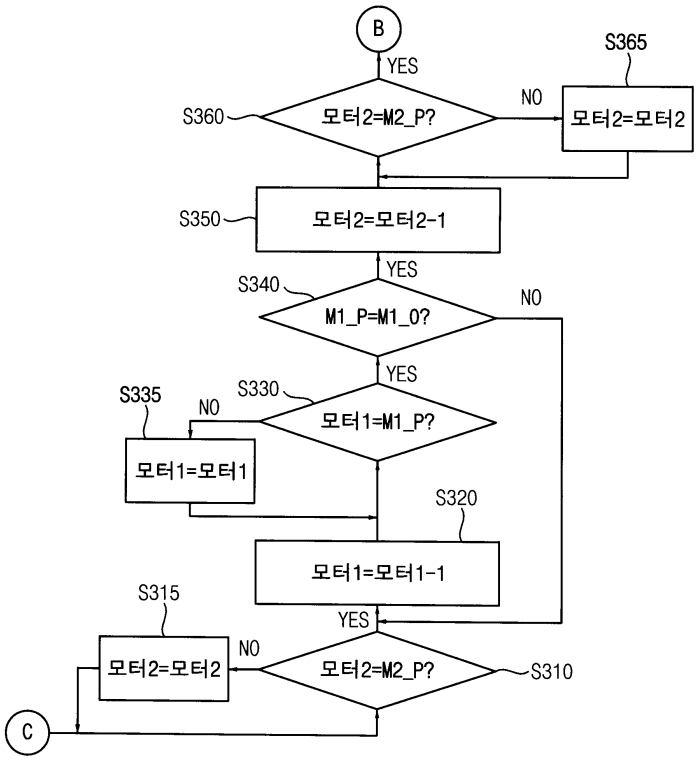
도면12a


시작
MOST_M1P,
MOST_MP2
M1_P,M2_P
모터1,모터2
Y측 1회 이동거리
M1,0
S200
S210
M1_P,M2_P=(0,0)?
NO
모터1,2
(0,0)
S215
YES
S220
모터1=1
S230
모터1=M1_P?
NO
YES
A

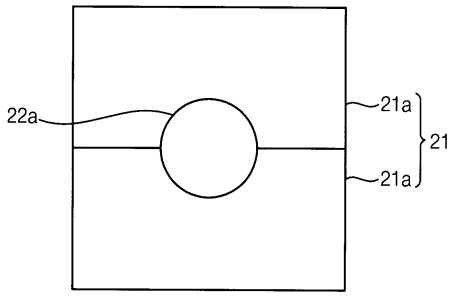
도면12b


A
B
모터1=모터1+1
S240
S250
모터1=M1_P?
NO
모터1=모터1
S255
YES
S260
M1_P=MOST_M21?
NO
YES
S270
M2_P=MOST_M2P?
YES
종료
NO
모터2=모터2+Y축
1회 이동거리
S280
S290
모터2=M2_P?
NO
모터2=모터2
S295
YES
S300
모터1=모터1-1
C

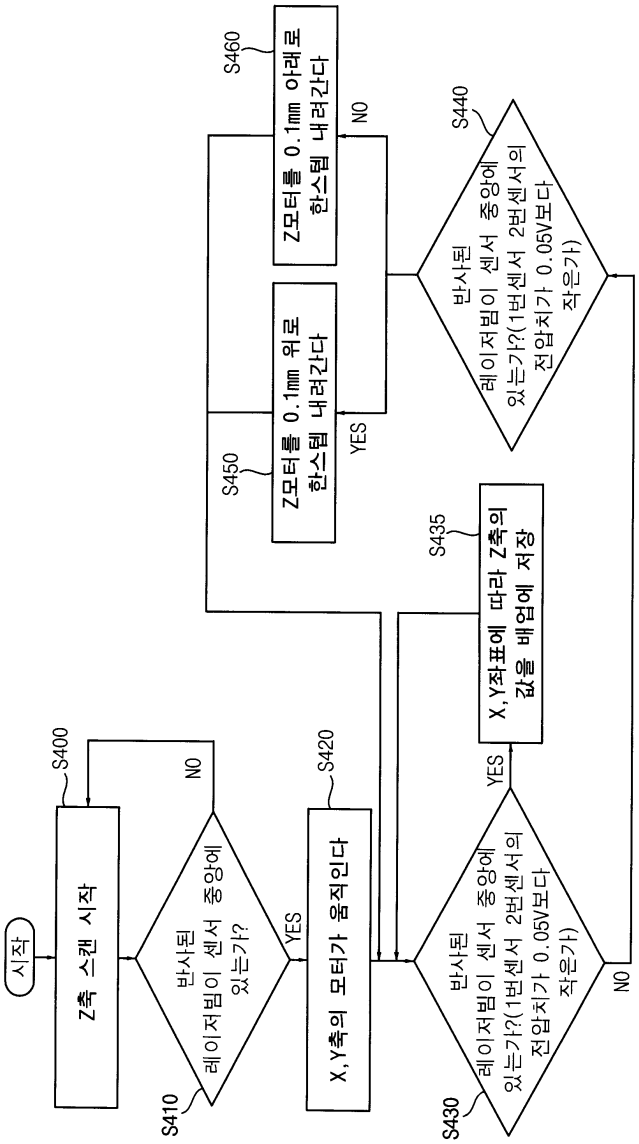
도면12c


B
YES
S365
S360
모터2=M2_P?
NO
모터2=모터2
S350
모터2=모터2-1
YES
S340
M1_P=M1_0?
NO
YES
S335
S330
NO
모터1=M1_P?
모터1=모터1
S320
모터1=모터1-1
S315
YES
모터2=모터2
NO
모터2=M2_P?
S310
C

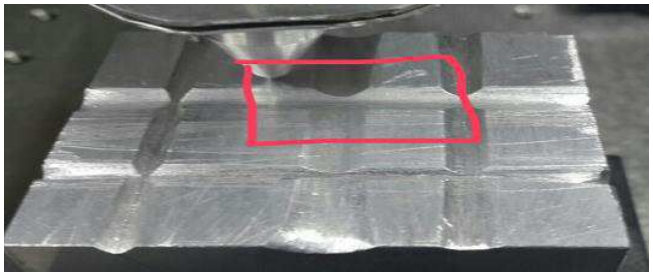
도면13


22a
21a
21a
21

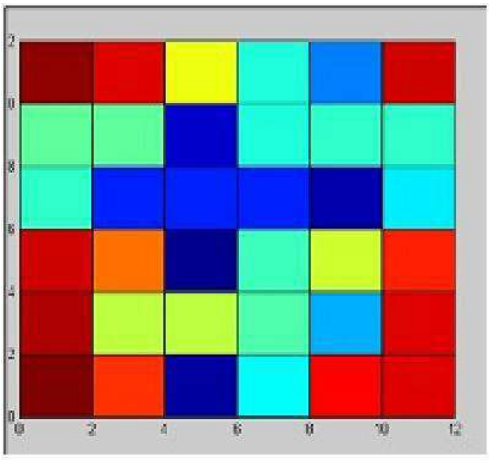
도면14


시작
Z축 스캔 시작
S400
반사된 레이저빔이 센서 중앙에 있는가?
S410
NO
YES
X,Y축의 모터가 움직인다
S420
반사된 레이저빔이 센서 중앙에 있는가?(1번센서 2번센서의 전압치가 0.05V보다 작은가)
S430
YES
NO
X,Y좌표에 따라 Z축의 값을 배업에 저장
S435
반사된 레이저빔이 센서 중앙에 있는가?(1번센서 2번센서의 전압치가 0.05V보다 작은가)
S440
NO
Z모터를 0.1mm 아래로 한스텝 내려간다
S460
YES
Z모터를 0.1mm 위로 한스텝 내려간다
S450

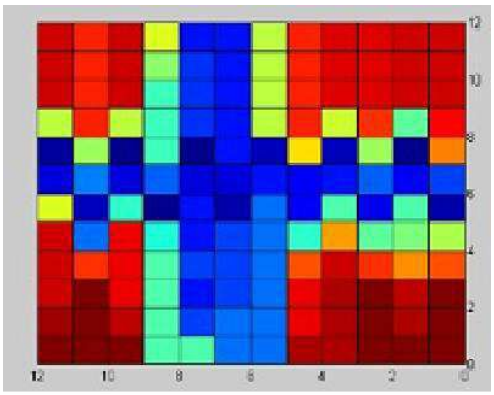
도면15



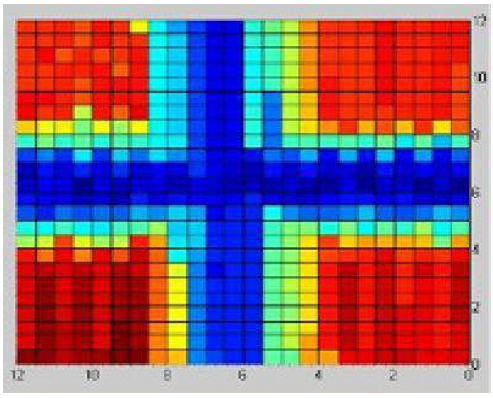
도면16a



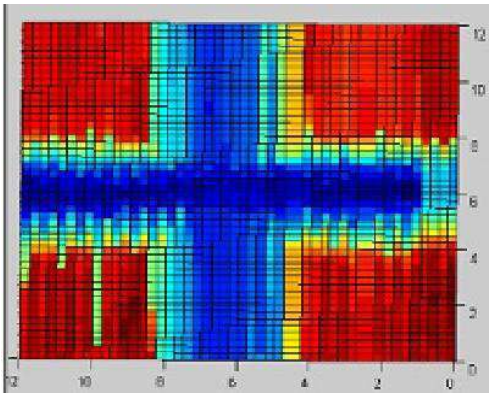
도면16b



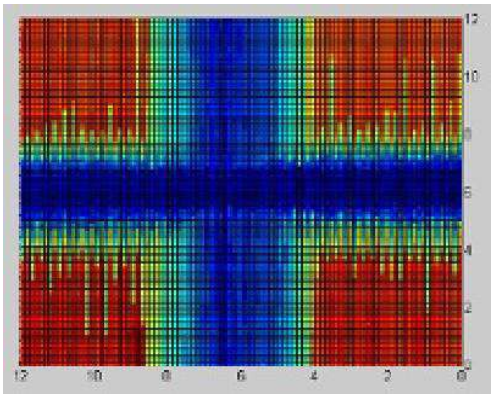
도면16c



도면16d



도면16e



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 6

【변경전】

상기 캔틸래버의

【변경후】

상기 캔틸레버의