(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월20일
(11) 등록번호 10-1410221
(24) 등록일자 2014년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01Q 60/24 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2012-0054608
(22) 출원일자 2012년05월23일
심사청구일자 2012년05월23일
(65) 공개번호 10-2013-0130938
(43) 공개일자 2013년12월03일
(56) 선행기술조사문헌
JP2010101857 A*
KR1020110126344 A*
JP06323843 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
서울과학기술대학교 산학협력단
서울특별시 노원구 공릉로 232 (공릉동, 서울과학기술대학교)
(72) 발명자
박익근
서울특별시 노원구 마들로 31, 106동 901호(월계동, 그랑빌아파트)
박태성
서울특별시 도봉구 노해로66길 79, 104동 1204호 (창동, 삼성아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박윤호

전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 김홍래

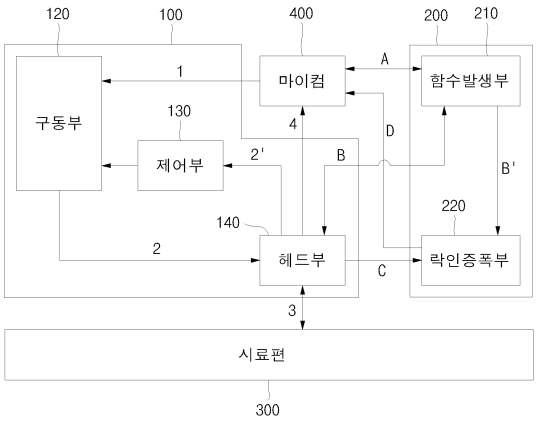
(54) 발명의 명칭 **초음파 원자현미경장치**

(57) 요 약

본 발명은 초음파 원자현미경장치에 관한 것이다.

본 발명에 따른 초음파 원자현미경장치는, 공진 주파수 신호를 입력받아 시료편에 각각 상하 방향으로 초음파 가진을 수행하는 접촉식 캔틸레버와 시료 가진부가 설치된 초음파 원자현미경장치에 있어서, 상기 캔틸레버와 상기 시료 가진부에 상기 공진주파수 신호를 인가하여 상기 캔틸레버와 상기 시료 가진부를 진동시키는 함수발생부와, 상기 캔틸레버와 상기 시료 가진부에 발생되는 진동신호를 획득하여 증폭하는 락-인 증폭부를 포함하는 제어구동부; 상기 캔틸레버의 표면에 정렬된 레이저로부터 조사되어 상기 시료편에 반사된 레이저 광을, 복수 개의 영역으로 분할되어 배치되는 변위센서에 의하여, 감지하여 상기 캔틸레버의 변위정보를 측정하는 캔틸레버 헤드부와, 상기 캔틸레버의 상기 시료편에 대한 접촉력을 유지시키는 캔틸레버 구동부를 포함하는 변위측정부; 및 상기 제어구동부 및 상기 변위측정부의 동작을 제어하고, 상기 락-인 증폭부에 의하여 증폭된 진동신호와 상기 변위측정부에 의하여 감지된 변위정보를 통하여 나노크기의 시료편의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지를 생성할 수 있는 마이컴을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

곽동열

서울특별시 성북구 길음로 118, 대림e편한세상아파트 404동 1904호(길음동, 길음뉴타운)

김용권

경기 남양주시 평내로 89, 1303동 401호 (평내동, 평내마젤란21아파트)

홍재완

서울 관악구 관악로28길 80, 102동 1001호 (봉천동, 관악월드메르디앙아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

공진 주파수 신호를 입력받아 시료편(300)에 각각 상하방향으로 초음파 가진을 수행하는 접촉식 캔틸레버(123)와 시료 가진부(310)가 설치된 초음파 원자현미경장치에 있어서,

상기 캔틸레버(123)와 상기 시료 가진부(310)에 상기 공진주파수 신호를 인가하여 상기 캔틸레버(123)와 상기 시료 가진부(310)를 진동시키는 함수발생부(210)와, 상기 캔틸레버(123)와 상기 시료 가진부(310)에 발생되는 진동신호를 획득하여 증폭하는 락-인 증폭부(220)를 포함하는 제어구동부(100);

상기 캔틸레버(123)의 표면에 정렬된 레이저(Laser)로부터 조사되어 상기 시료편(300)에 반사된 레이저 광을, 복수 개의 영역으로 분할되어 배치되는 변위센서에 의하여, 감지하여 상기 캔틸레버(123)의 변위정보를 측정하는 캔틸레버 헤드부(140)와, 상기 캔틸레버(123)의 상기 시료편(300)에 대한 접촉력을 유지시키는 캔틸레버 구동부(120)를 포함하는 변위측정부(200); 및

상기 제어구동부(100) 및 상기 변위측정부(200)의 동작을 제어하고, 상기 락-인 증폭부(220)에 의하여 증폭된 진동신호와 상기 변위측정부(200)에 의하여 감지된 변위정보를 통하여 나노크기의 시료편(300)의 표면 이미지와 표면의 탄성 특성 이미지 및 표층부의 이미지를 생성할 수 있는 마이컴(400)을 포함하고,

상기 함수발생부(210)에 연결되는 캔틸레버(123)의 지지부와 시료 가진부에 압전소자가 각각 설치되어 있고, 상기 캔틸레버(123)는 상기 지지부의 진동에 의하여 진동되고, 상기 시료편(300)은 상기 시료 가진부(310)에 의하여 진동되며,

상기 지지부는 에폭시계 수지에 경화제 및 첨가제를 부가한 보조 조성물로 이루어지되, 상기 첨가제는 이산화규소(silicon dioxide, SiO2)를 포함하는 보강제, 규사(Silica)를 포함하는 증량제, 및 희석제로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 초음파 원자현미경장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 캔틸레버(123)와 상기 시료편(300) 사이에서 발생되는 접촉 공진주파수의 진동신호에 의하여 상기 시료편(300)의 토포그래피를 획득하는 영상획득부; 및

상기 캔틸레버(123)의 이동을 조절하여 상기 시료편(300)의 토포그래피의 정밀도를 제어하는 영상제어부;를 더 포함하는 초음파 원자현미경장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 변위센서는 복수 개의 광학 빔-변위 센서인 초음파 원자현미경장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 나노크기의 시료편(300)의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지는 상기 락-인 증폭부(220)에 의하여 증폭된 진동신호와 상기 변위측정부(200)에 의하여 감지된 변위정보에 대한 신호의 차이를 이용하여 생성된 진폭 및 위상 이미지인 초음파 원자현미경장치.

청구항 5

삭제

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 초음파 원자현미경장치에 관한 것으로서, 특히 초음파를 이용한 나노스케일 표면이미지와 표층부 이미지, 표면의 탄성특성과 결함을 평가하기 위하여, 접촉 공진주파수로 진동하는 캔틸레버의 변위를 정밀하게 측정할 수 있는 광학 빔-변위 센서를 이용하여 시료편의 탄성특성 변화에 의한 접촉 공진주파수의 변화를 측정할 수 있는 초음파 원자현미경장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 나노기술은 차세대 기계, 반도체, 바이오, 에너지, 항공우주, 환경 등 미래첨단산업의 가치를 극대화할 수 있는 기술이며, 이들 산업의 중추적인 역할을 하는 가장 중요한 핵심기술이 되었다. 또한, 이러한 나노기술의 발전 속도는 그 어느 때 보다 빠른 속도로 성장해 가고 있는 실정이다.

[0003] 나노기술은 기존산업에 비해 측정기술의 역할이 더욱 중요시되고 있으나, 나노스케일 영역의 측정기술은 소재를 구성하는 단위가 나노스케일로 작아지면서 표면에서의 기계적 물성 측정까지도 소재특성에 지대한 역할을 하게 되므로 보다 정밀한 측정기술이 요구된다.

[0004] 기존의 소재산업의 경우 분석을 위한 수많은 현미경분석기술이 개발되어왔고, 현재 이들 또한 지속적인 발전을 위해 부단한 노력을 기울이고 있는 실정이다. 대표적인 소재의 표면을 분석 할 수 있는 현미경분석으로는 잘 알려진 것이 전자현미경분석법(즉, SEM, TEM, AES, SIMS, 등)이다. 하지만, 이러한 전자현미경분석법은 시험편을 준비하고 관찰하는 데 많은 시간과 경비가 소요됨은 물론이고, 공간과 환경적인 제약이 크다는 문제점이 있다. 특히, 이러한 전자현미경분석법은 10^{-6} 내지 10^{-9} Torr의 초 고진공상태에서만 조작이 가능하므로, 실제적으로 그 응용범위를 넓히기 위해선 제품수준의 광범위한 영역과 공기 혹은 수중에서의 분석기술이 절실하다고 할 수 있다.

[0005] 이러한 문제점을 해결한 것으로 1980년대 혁신적인 기술이 개발되었다. 이 기술은 주사탐침현미경(SPM, Scanning Probe Microscopy)법으로서, 기존의 전자현미경법과는 많은 차이는 있지만, 공기 중에서 나노수준의 분해능을 갖고 표면을 관찰할 수 있다. 이러한 주사탐침현미경법은 이후 많은 분야에 적용되어 현재는 나노 및 박막기술에 큰 기여를 하고 있는 실정이다.

[0006] 또한, 이러한 주사탐침현미경법은 보다 정밀한 분석이 요구되고 있으며, 이미지 분석뿐만 아니라 표면과 표층부에서의 기계적 물성까지도 요구되고 있다. 현재 나노와 박막소재의 경우, X-선, 혹은 중성자 회절을 이용하여 표면의 기계적 물성 측정이 가능하지만, 이러한 기법들은 시료, 환경, 측정법 등 많은 분석조건의 제한으로 신뢰성과 정밀성을 향상시키는 데는 상당한 어려움이 있는 실정이고 내부에 존재하는 결함과 탄성 특성 및 계면 평가에는 적합하지 않다.

[0007] 따라서, 표면분석을 위한 표면 이미지 관찰 외에 표면에서의 정밀도 높은 기계적 물성 평가기술과 표층부의 결함과 내부의 특성을 평가할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 압전소자에 의해 진동하는 캔틸레버의 변위를 광학 빔-변위 센서를 통하여 측정하는 것에 의하여, 캔틸레버의 변위를 외부 진동에 영향을 받지 않고 정밀하게 측정할 수 있는 초음파 원자현미경장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 압전소자에 의해 시료 가진부 위에 있는 시료편을 진동시키고 캔틸레버를 접촉시켜 발생되는 캔틸레버의 변위를 광학 빔-변위 센서를 통하여 측정하는 것에 의하여, 시험편을 직접 진동시킴으로써 접촉식 캔틸레버를 지지하는 주변의 기계적인 노이즈를 제거할 수 있고, 이에 따라 보다 향상된 정밀도를 측정할 수 있는 초음파 원자현미경장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 공진 주파수로 진동하는 접촉식 캔틸레버가 시료편에 접촉하였을 때 발생되는 캔틸레버와 시료편 사이의 접촉 공진주파수의 변화를 측정하거나 시료 가진부를 공진 주파수로 진동시켜 캔틸레버를 접촉시켰을 때 발생되는 캔틸레버와 시료편 사이의 접촉공진주파수의 변화를 측정하는 것에 의하여, 시료편의 탄성특성을

포함하는 캔틸레버의 진동변위로부터 최적의 위상신호를 수신할 수 있고, 캔틸레버의 진폭을 정확하게 측정하여 시료편의 토포그래피를 효율적으로 얻을 수 있는 초음파 원자현미경장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명은, 초음파 가진에 의한 접촉식 캔틸레버와 시료편의 접촉, 초음파 가진에 의한 시료 가진부와 캔틸레버의 접촉에 따른 공진주파수의 변화를 정밀하게 측정하는 것에 의하여, 시료편의 탄성특성을 이미지화할 수 있는 초음파 원자현미경장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명은, 공진하는 접촉식 캔틸레버를 시료편에 접촉시켜 발생되는 공진주파수의 변화를 포함하는 수신신호로부터 진폭 및 위상정보를 추출하는 것에 의하여, 시료편의 탄성특성 이미지의 분해능을 향상시킬 수 있는 초음파 원자현미경장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은, 시험편을 진동시켜 캔틸레버를 접촉시켰을 때 발생되는 접촉 공진주파수의 변화를 포함하는 수신신호로부터 진폭 및 위상정보를 추출하는 것에 의하여, 시료편의 표면 내부의 표층부 이미지를 획득할 수 있는 초음파 원자현미경장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명은, 나노 및 박막소자에 발생하는 표층부의 미세결함을 측정하기 위한 데이터를 수집하고 제공할 수 있는 초음파 원자현미경장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 본 발명에 따른 초음파 원자현미경장치는, 공진 주파수 신호를 입력받아 시료편에 각각 상하 방향으로 초음파 가진을 수행하는 접촉식 캔틸레버와 시료 가진부가 설치된 초음파 원자현미경장치에 있어서, 상기 캔틸레버와 상기 시료 가진부에 상기 공진주파수 신호를 인가하여 상기 캔틸레버와 상기 시료 가진부를 진동시키는 함수발생부와, 상기 캔틸레버와 상기 시료 가진부에 발생되는 진동신호를 획득하여 증폭하는 락-인 증폭부를 포함하는 제어구동부; 상기 캔틸레버의 표면에 정렬된 레이저로부터 조사되어 상기 시료편에 반사된 레이저 광을, 복수개의 영역으로 분할되어 배치되는 변위센서에 의하여, 감지하여 상기 캔틸레버의 변위정보를 측정하는 캔틸레버 헤드부와, 상기 캔틸레버의 상기 시료편에 대한 접촉력을 유지시키는 캔틸레버 구동부를 포함하는 변위측정부; 및 상기 제어구동부 및 상기 변위측정부의 동작을 제어하고, 상기 락-인 증폭부에 의하여 증폭된 진동신호와 상기 변위측정부에 의하여 감지된 변위정보를 통하여 나노크기의 시료편의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지를 생성할 수 있는 마이컴을 포함할 수 있다.

[0016] 상기 캔틸레버와 상기 시료편 사이에서 발생되는 접촉 공진주파수의 진동신호에 의하여 상기 시료편의 토포그래피를 획득하는 영상획득부; 및 상기 캔틸레버의 이동을 조절하여 상기 시료편의 토포그래피의 정밀도를 제어하는 영상제어부;를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 변위센서는 복수 개의 광학 빔-변위 센서인 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 나노크기의 시료편 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지는 상기 락-인 증폭부에 의하여 증폭된 진동신호와 상기 변위측정부에 의하여 감지된 변위정보에 대한 신호의 차이를 이용하여 생성된 진폭 및 위상 이미지이다.

[0019] 상기 함수발생기에 연결되는 캔틸레버의 지지부와 시료 가진부에 압전소자가 각각 설치되어 있고, 상기 캔틸레버는 상기 지지부의 진동에 의하여 진동되고 상기 시료편은 상기 시료 가진부에 의해서 진동되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 상기한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 압전소자에 의해 진동하는 캔틸레버의 변위를 광학 빔-변위 센서를 통하여 측정하고 있기 때문에, 캔틸레버의 변위를 외부 진동에 영향을 받지 않고 정밀하게 측정할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 의하면, 시료 가진부의 압전소자에 의해 시료편을 진동시키고, 캔틸레버를 접촉시켜 발생되는 캔틸레버의 변위를 광학 빔-변위 센서를 통하여 측정하며, 시료편을 직접 진동시키기 때문에, 캔틸레버를 지지하는 주변의 기계적인 노이즈를 제거하여 보다 향상된 정밀도를 측정할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 의하면, 공진 주파수로 진동하는 캔틸레버가 시료편에 접촉하였을 때 발생되는 캔틸레버와 시

료편 사이의 접촉 공진주파수의 변화를 측정하거나 시료 가진부를 공진 주파수로 진동시켜 캔틸레버를 접촉시켰을 때 발생되는 캔틸레버와 시료편 사이의 접촉 공진주파수의 변화를 측정하기 때문에, 시료편의 탄성특성을 포함하는 캔틸레버의 진동변위로부터 최적의 위상신호를 수신할 수 있고, 캔틸레버의 진폭을 정확하게 측정하여 시료편의 토포그래피를 효율적으로 얻을 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명에 의하면, 초음파 가진에 의한 캔틸레버와 시료편의 접촉, 초음파 가진에 의한 시료 가진부와 캔틸레버의 접촉에 따른 공진주파수의 변화를 정밀하게 측정하기 때문에, 시료편의 탄성특성을 효과적으로 이미지화할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명에 의하면, 공진하는 접촉식 캔틸레버를 시료편에 접촉시켜 발생되는 공진주파수의 변화를 포함하는 수신신호로부터 진폭 및 위상정보를 추출하기 때문에, 시료편의 탄성특성 이미지의 분해능을 향상시킬 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명에 의하면, 시험편을 진동시켜 캔틸레버를 접촉시켰을 때 발생되는 접촉 공진주파수의 변화를 포함하는 수신신호로부터 진폭 및 위상정보를 추출하기 때문에, 시료편의 표면 내부의 표층부 이미지를 효과적으로 획득할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명에 의하면, 나노 및 박막소자에 발생하는 표층부의 미세결함을 측정하기 위한 데이터를 수집하고 제공할 수 있다.

[0027] 이상과 같은 본 발명에 대한 해결하고자 하는 과제, 과제 해결 수단, 효과 외의 구체적인 사항들은 다음에 기재할 실시예 및 도면들에 포함되어 있다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명에 따른 초음파 원자현미경장치의 구조를 나타내는 블록도이다.

도 2는 본 발명에 따른 초음파 원자현미경장치를 이용하여 시료편의 나노크기의 시료편의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지를 얻는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하 본 발명의 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다. 다만, 첨부된 도면은 본 발명의 내용을 보다 쉽게 개시하기 위하여 설명되는 것일 뿐, 본 발명의 범위가 첨부된 도면의 범위로 한정되는 것이 아님은 이 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 용이하게 알 수 있을 것이다.

[0030] 한편, 기계. 정보통신, 바이오, 에너지, 항공우주 등의 첨단산업 분야에서 마이크로, 나노, 박막기술은 이들 산업의 중추적인 역할을 하는 가장 중요한 핵심요소로 이들을 조작하고 분석하는 조작 및 분석기술에 필수적인 소재 표면의 탄성특성에 대한 나노스케일 이미지를 제공할 수 있다.

[0031] 또한, 대표적인 소재의 표면을 분석할 수 있는 현미경분석으로는 잘 알려진 것이 전자현미경분석법(즉, SEM, TEM, AES, SIMS, 등)이다. 하지만 이들은 시험편을 준비하고 관찰하는 데는 많은 시간과 경비가 소요됨은 물론이고 공간과 환경적인 제약이 크다고 하겠다. 이러한 전자현미경분석법은, 비록 정밀성 있는 분석을 할 수는 있지만, 상당히 국부적인 관찰범위(나노 혹은 마이크로 크기)로 소재의 미시적인 특성평가에 제한적으로 응용될 뿐이다. 특히, 이들은 초고진공상태 (10^{-6}~10^{-9} Torr)에서만 조작이 가능하므로 실제적으로 그 응용범위를 넓히기 위해선 제품수준의 광범위한 영역과 공기 혹은 수중에서의 분석기술이 절실하다고 할 수 있다. 현재 나노와 박막소재의 경우 X-선, 혹은 중성자회절을 이용하여 표면의 기계적 물성 측정이 가능하지만, 시료, 환경, 측정법 등 많은 분석조건의 어려움으로 신뢰성과 정밀성을 향상시키는 데는 상당한 어려움을 안고 있다.

[0032] 이하 본 발명에서는 이들의 모든 문제점을 해결할 수 있는 방법으로 초음파 원자현미경장치를 사용하여, 나노스케일 표면의 이미지와 표층부 이미지, 표면 및 표층부의 탄성특성과 결함을 측정 가능하도록 할 수 있다.

[0033] 도 1은 본 발명에 따른 초음파 원자현미경장치의 구조를 나타내는 블록도이고, 도 2는 본 발명에 따른 초음파 원자현미경장치를 이용하여 시료편의 나노크기의 시료편의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이

미지를 얻는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0034] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 초음파 원자현미경장치는, 원자현미경(Atomic Force Microscopy; AFM)을 기반으로 하여 공진 주파수 신호를 입력받아 시료편(300)에 초음파 가진을 수행하는 접촉식 캔틸레버(123)와 시료 가진부(310)가 설치된 초음파 원자현미경장치이고, 제어구동부(100), 변위측정부(200), 마이컴(400), 영상획득부(미도시), 영상제어부(미도시), 표시부(미도시)를 포함한다. 한편, 이하에서의 본 발명에 대한 설명과 도 1 및 도 2의 도시는 본 발명에 필수적이고 신규한 구성을 위주로 설명하거나 이를 위하여 개략적으로 도시하고 있고, 상기의 구성을 이루는 세부적인 구성들은 본 발명의 요지와 무관한 것이기 때문에, 이에 관한 설명 및 도시는 생략하기로 한다.

[0035] 한편, 본 초음파 원자현미경장치에 사용되는 원자현미경은, 미세한 탐침을 시료편(300)에 근접시켜 시료편(300)의 표면과 탐침 사이의 상호작용을 이용하여 시료편(300) 형상을 비롯한 다양한 특성을 알아내는 AFM이다. 구체적으로 설명하자면, 캔틸레버(123)(Cantilever)의 맨 끝에 탐침이 설치되어 있고, 이러한 탐침을 시료편(300)에 근접시키면 탐침 끝의 원자와 시료편(300)의 원자들 사이에 상호작용이 발생하게 되는 것이다. 이러한 상호작용에 의하여 캔틸레버(123)의 공명진동수가 변화하여 캔틸레버(123)의 휨 정도나 공명진동수 변화를 레이저(Laser) 또는 포토다이오드(PSPD)에 의하여 측정된다. 이렇게 감지된 원자 사이의 힘이 일정하게 유지되도록 피드백 제어를 통하여 탐침을 소정 방향으로 움직이면 탐침은 시료편(300)의 높낮이를 따라가게 되며, 이때 기록된 각 위치의 높낮이가 시료 형상을 나타내는 이미지가 된다. 본 발명에서는, 보다 정밀한 이미지를 얻기 위하여 시료편(300)을 X-Y 구동부(122)에 의하여 x-y방향으로 움직이고, 캔틸레버(123)에 부착된 탐침을 Z구동부(121)에 의하여 수직방향, 즉 z방향으로 움직여주게 된다.

[0036] 제어구동부(100)는, 캔틸레버(123) 또는 시료가진부(310)에 공진주파수 신호를 인가하여 캔틸레버(123)나 시료가진부(310)를 진동시키는 함수발생부(210)와, 캔틸레버(123)가 시료편(300)에 접촉하였을 때의 캔틸레버(123)의 진동신호를 획득하여 증폭하는 락-인 증폭부(220)를 포함한다.

[0037] 여기서, 함수발생부(210)는 캔틸레버(123)의 형상 및 시료 가진부(310)의 시료편(300)에 따른 공진 주파수 모드를 발생하기 위한 장치로서, 마이컴(400)에 의해 제어되며 캔틸레버(123)와 시료가진부(310)에 부착된 압전소자(piezoelectric ceramic device)로 전기적인 신호를 송신하여 캔틸레버(123) 또는 시료가진부(310)에 진동을 발생시킨다. 또한, 락-인 증폭부(220)는 마이컴(400)에 의해 제어되고, 압전소자에 의해 진동되는 캔틸레버(123) 또는 시료가진부(310)로부터 진폭 및 위상신호를 얻을 수 있다. 이때, 락-인 증폭부(220)는 고전압 증폭기가 사용될 수 있고, 아날로그 디지털 변환기에 의하여 변환된 디지털 신호를 비례-적분 제어 알고리즘에 의하여 처리한 후, 처리된 디지털 신호를 디지털 아날로그 변환기에 의하여 변환된 아날로그 신호를 공급받아 증폭하여준다.

[0038] 변위측정부(200)는, 캔틸레버(123)의 표면에 정렬된 레이저(Laser)로부터 조사되어 시료편(300)에 반사된 레이저 광을, 복수 개의 영역으로 분할되어 배치되는 변위센서(미도시)에 의하여, 감지하여 캔틸레버(123)의 변위정보를 측정하는 캔틸레버 헤드부(140)와, 캔틸레버(123)의 시료편(300)에 대한 접촉력을 유지시키는 캔틸레버 구동부(120)를 포함한다. 또한, 비례-적분 피드백 알고리즘에 의한 캔틸레버 구동부(120)를 제어하는 제어부(130)를 더 포함할 수 있다. 이때, 제어부(130)는 비례-적분 피드백 알고리즘에 의한 원자현미경의 구동부(120)를 제어하는 것이고, 시료편(300)의 나노스케일 표면 이미지를 얻을 수 있도록 캔틸레버(123)의 변위를 정밀하게 조절할 뿐만 아니라 측정 가능하도록 설계되어 있다. 한편, 변위센서는 복수 개의 광학 빔-변위 센서인 것이 바람직하다.

[0039] 따라서, 본 발명에 의하면, 압전소자에 의해 진동하는 캔틸레버(123)의 변위를 광학 빔-변위 센서를 통하여 측정하고 있기 때문에, 캔틸레버(123)의 변위를 외부 진동에 영향을 받지 않고 정밀하게 측정할 수 있고 시험편(300)을 직접 진동시킴으로써, 캔틸레버(123)를 지지하는 주변의 기계적인 노이즈를 제거할 수 있고, 이에 따라 보다 향상된 정밀도를 측정할 수 있다.

[0040] 보다 상세하게 설명하자면, 원자 현미경의 헤드부(140)와 구동부(120)는 캔틸레버(123)의 변위를 측정하고 제어할 수 있도록 설계되어 있다. 즉, 헤드부(140)는 캔틸레버(123) 표면에 레이저를 정렬하여 광학 빔-변위 센서에 의해 반사되는 레이저 신호를 측정하고, 광학 빔-변위 센서는 정밀한 캔틸레버(123)의 변위를 측정하기 위해 총 4개의 영역으로 분할되어 있다. 또한, 구동부(120)는 시료편(300)의 나노스케일 이미지를 얻기 위하여 마이컴(400)에서 설정한 접촉력을 일정하게 유지시킨다.

[0041] 마이컴(400)은, 제어구동부(100) 및 변위측정부(200)의 동작을 제어하고, 락-인 증폭부(220)에 의하여 증폭된

진동신호와 변위측정부(200)에 의하여 감지된 변위정보를 통하여 나노크기의 시료편(300)의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지를 생성할 수 있다. 이때, 나노크기의 시료편(300)의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지는 제어구동부(100)의 락-인 증폭부(220)에 의하여 증폭된 진동신호와 변위측정부(200)에 의하여 감지된 변위정보에 대한 신호의 차이를 이용하여 생성된 진폭 및 위상 이미지이다. 또한, 마이컴(400)은, 캔틸레버(123)의 스캔 속도 및 크기, 캔틸레버(123)의 탐침과 시료편(300)의 접촉력의 크기에 관한 파라미터(parameter)의 입력을 제어한다.

[0042] 보다 상세하게 설명하자면, 본 마이컴(400)은, 게인, 스캔 속도 및 크기, 접촉력 등의 각종 파라미터 입력, 측정된 값의 표시, 초음파 발생을 제어하는 것으로, 측정자에 의하여 측정 및 제어에 관한 명령어를 키보드나 마우스 방식을 이용하여 입력하며, 측정된 값(소재 표면에 접촉된 캔틸레버(123)의 변위)을 수치적 데이터나 그래프 등으로 표시하고, 초음파의 발생에 관한 제어를 하도록 구성된다 이때, 제어컴퓨터는 일반 퍼스널(personal) 컴퓨터를 이용하여 구성 가능할 것이다.

[0043] 또한, 마이컴(400)은 표시부(미도시)에 연결되어 상기 생성된 나노크기의 시료편(300)의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지를 표시할 수 있게 한다.

[0044] 따라서, 본 마이컴(400)은 게인, 스캔 사이즈, 스캔 속도, 접촉력 등의 각종 파라미터 입력, 측정된 값의 표시, 초음파 발생을 제어하는 역할을 하고, 각종 데이터 수치나 그래프 등으로 나노스케일의 시료편(300) 표면 이미지와 표면의 탄성특성 및 표층부 이미지를 나타낼 수 있게 된다.

[0045] 한편, 마이컴(400)에는 영상획득부(미도시)와 영상제어부(미도시)가 연결되어, 캔틸레버(123)의 진동신호에 의하여 시료편(300)의 토포그래피를 획득하고, 캔틸레버(123)의 이동을 조절하여 시료편(300)의 토포그래피의 정밀도를 제어할 수 있다.

[0046] 따라서, 상기와 같이 구성된 본 초음파 원자현미경장치에 의하면, 초음파 가진을 통해 공진된 접촉식 캔틸레버(123) 또는 시료 가진부(310)를 이용하여 시료편(300)의 표면 이미지뿐만 아니라, 시료편(300)의 표층부 이미지, 표면 및 표층부의 탄성특성과 결함을 나노스케일로 측정할 수 있어 정밀도가 우수하며 나노와 박막소재 표면의 기계적 물성측정이 가능하도록 하는 효과가 있다. 또한, 본 초음파 원자현미경장치에 의하면, 공진 주파수로 진동하는 접촉식 캔틸레버(123)가 시료편(300)에 접촉하였을 때 발생되는 캔틸레버(123)와 시료편(300) 사이의 접촉 공진주파수의 변화를 측정하거나, 시료 가진부(310)를 공진 주파수로 진동시켜 캔틸레버(123)를 접촉시켰을 때 발생되는 캔틸레버(123)와 시료편(300) 사이의 접촉 공진주파수의 변화를 측정하여 시료편(300)의 탄성특성을 포함하는 캔틸레버(123)의 진동변위로부터 최적의 위상신호를 수신할 수 있고, 캔틸레버(123)의 진폭을 정확하게 측정하여 시료편(300)의 토포그래피를 효율적으로 얻을 수 있다. 또한, 본 초음파 원자현미경장치에 의하면, 초음파 가진에 의한 캔틸레버(123)와 시료편(300)의 접촉에 따른 공진주파수의 변화를 정밀하게 측정하여 시료편(300)의 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지를 이미지화할 수 있다. 또한, 본 초음파 원자현미경장치에 의하면, 공진주파수의 변화를 포함하는 수신신호로부터 진폭 및 위상정보를 추출하여 시료편(300)의 탄성특성 이미지의 분해능을 향상시킬 수 있고, 나아가 나노 및 박막소자에 발생하는 표층부의 미세결함을 측정하기 위한 데이터를 수집하고 제공할 수 있다.

[0047] 상기와 같이 구성된 본 초음파 원자현미경장치의 작용을 설명하면 다음과 같다.

[0048] 우선, 함수발생부(210)에 의해 제어되는 압전소자가 부착된 지지부의 진동에 의해 공진 주파수 모드로 진동하는 캔틸레버(123)가 시료편(300)에 접촉하고 있다. 또는 함수발생부(210)에 의해 제어되는 시료 가진부(310)의 진동에 의해 공진 주파수 모드로 진동하는 시료편(300)에 캔틸레버(123)가 접촉하고 있다.

[0049] 이후, 마이컴(400)을 통해 캔틸레버(123)를 일정한 접촉력을 가지는 상태로 제어하고, 일정 부위 영역의 이미지를 얻기 위해 캔틸레버(123)를 이동시킨다.

[0050] 다음으로, 일정 부위 영역에서 얻은 캔틸레버(123)의 변위정보는 원자현미경의 헤드부(140)를 거쳐 마이컴(400)으로 전달된 측정값은 시료편(300) 이미지를 얻기 위한 데이터로 활용된다.

[0051] 이와 같이, 헤드부(140)에서 수신된 캔틸레버(123)의 변위정보는 해당 영역의 진폭과 위상 정보를 포함하는데, 이러한 신호는 락-인 증폭부(220)에 의하여 원래의 신호와 비교되고, 또한 수신된 신호와의 차이를 측정하여 진폭과 위상에 대한 이미지를 얻을 수 있다.

[0052] 여기서, 초음파 가진에 의한 접촉식 캔틸레버(123)의 공진 주파수 모드를 이용하거나, 시료 가진부(310)에 의해 공진하는 시료편(300)에 캔틸레버(123)를 접촉하여 발생되는 접촉 공진 주파수 모드를 이용하는 초음파 원자현

미경장치의 이미지 측정원리를 설명하면, 캔틸레버(123)가 시료편(300)을 주사하는 동안 캔틸레버(123) 팁은 반데르발스력, 인력적인 모세관력, 그리고 척력의 압입력 등의 다양한 캔틸레버(123)의 탐침-시료편 표면간의 상호작용력의 영향을 받게 된다. 따라서, 이러한 캔틸레버(123)의 탐침-소재간의 상호작용력은 캔틸레버(123)의 유효강성계수를 변화시키게 된다. 즉, 캔틸레버(123)의 탐침-시료편간의 상호작용에 의해 캔틸레버(123)의 공진주파수는 변화되게 되고, 이러한 특성에 의해 국부적으로 서로 다른 표면특성을 갖는 시료편(300)의 경우, 서로 다른 표면영역에서 상대적인 진동의 진폭 변화를 발생시키는데 이는 팁-소재간의 상호작용력에 의해 나타나는 현상이다.

[0053] 이와 같이, 상호작용력에 의한 캔틸레버(123)의 공진주파수의 변화로 인한 캔틸레버(123)의 변위변화를 이용하여, 시료편(300)의 나노스케일 표면 이미지와 표면의 탄성특성 이미지 및 표층부 이미지를 얻을 수 있기 때문에, 박막 구조에 비파괴평가에 응용할 수 있다.

[0054] 이때, 광학 빔-변위센서에 의해 측정된 캔틸레버(123)의 변위 및 시료편(300) 이미지가 마이컴(400)에 의해 동시에 표시되는 것과 함께, 그 데이터를 저장하여, 박막 구조의 탄성특성을 분석하기 위한 데이터로 활용할 수 있는 것이다.

[0055] 한편, 상기 캔틸레버(123)의 지지부는 에폭시계 수지에 경화제 및 첨가제를 부가한 보조 조성물로 이루어질 수 있다. 이러한 보조 조성물은 열전도도, 열안정성 등의 물성이 우수하다. 보다 구체적으로는, 상기 보조 조성물은 에폭시계 수지, 경화제 및 첨가제를 함유하는 조성물로서, 상기 첨가제는 보강제, 증량제 및 희석제로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0056] 상기 에폭시계 수지는 보통 액상으로 존재하며 경화제를 첨가하면 반응하여 열경화성 물질로 변화된다. 그 종류로는 비스페놀-A형 에폭시 수지, 비스페놀-F형 에폭시 수지, 노볼락형 에폭시 수지, 브롬화형 에폭시 수지, 지환족 에폭시 수지 등이 있으며, 이들을 단독으로 또는 혼합하여 사용할 수 있다.

[0057] 상기 에폭시계 수지 중 비스페놀-A형 에폭시 수지는 비스페놀-A(C15H16O)와 에피클로로히드린(C3H5ClO)을 반응시켜 축합생성물 폴리글리시딜에테르를 생성함으로써 제조될 수 있다. 그 제조방법으로는 직접법과 간접법이 있는데, 직접법은 비스페놀-A와 에피클로로히드린을 NaOH 촉매하에 반응시키고, 간접법은 기본 베이스 수지의 에폭시에 비스페놀-A를 부가중합하는 방법으로 촉매는 NaOH를 사용하지 않아도 무방하다.

[0058] 상기 비스페놀-A형 에폭시 수지는 성상에 따라 액상, 반고상 및 고상이 있고, 반응성 희석제(diluent filler)를 첨가한 희석형(dilution type)과 용매를 첨가한 용매형(solvent type)이 있다. 일반적으로 비스페놀-A형 에폭시 수지는 벤젠핵이 isopropylidene기와 강하게 결합되어 있기 때문에 자유회전이 어려워 내약품성과 접착성, 강인성, 내열성이 우수하다. 또한 분자 내에 에테르기를 가지고 있어 내약품성이 우수하고, 가소성이 있으며, 친수성의 수산기와 소수성의 탄화수소기가 규칙적으로 배열되어 있어 접착성이 우수하다.

[0059] 상기 에폭시계 수지는 상온에서 쉽게 열경화성의 물질로 만들 수 있고, 이러한 경화과정에서 경화제가 사용된다. 상기 경화제는 에폭시계 수지와 반응하기 쉬운 물질들로는 상온경화제로 디에틸렌 트리아민계(diethylene triamine type) 경화제, 중온경화제로 디에틸 아미노 프로필아민계(diethyl amino propylamine type) 경화제, 고온경화제로 프탈산 무수물계(phthalic acid anhydride type) 경화제가 사용될 수 있고, 그 밖에 사용되는 경화제로 산무수물(acid anhydrate), 아민계 경화제(amine type), 아마이드계 경화제(polyamide type) 등이 있다.

[0060] 상기 보조 조성물은 첨가제로서 보강제, 증량제 및 희석제로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 함유할 수 있다. 여기서, 보조 조성물로서 에폭시계 수지를 이용할 경우 외부온도가 저온범위에서는 내부에서 발생되는 열을 빨리 외부로 방출시킬 수 있어야 하며, 고온범위에서는 외부의 열을 차단시키는 역할을 수행하여야 한다. 따라서 본 보조 조성물은 첨가제를 함유함으로써 우수한 열전도도를 갖는 지지대를 제조할 수 있다.

[0061] 상기 보강제는 조성물의 기계적 물성 및 열안정성을 향상시키는 역할을 하며, 이산화규소(silicon dioxide, SiO2)를 사용할 수 있다. 상기 보강제의 함량은 에폭시계 수지 100중량부에 대하여 10중량부 내지 50중량부 범위 내가 바람직하며, 보다 바람직하게는 50중량부이다. 보강제의 함량이 상기 범위 내이면 조성물의 열전도도 및 열안정성이 향상되어 바람직하다.

[0062] 상기 증량제는 본 보조 조성물에 첨가되어 열전도도 및 열안정성을 향상시킬 수 있으며, 규사(Silica)를 사용할 수 있다. 본 증량제는 입자 크기가 28/35mesh (0.42~0.59㎜), 14/18mesh (1.00~1.16㎜), 8/10mesh (1.65~2.36㎜)인 입자를 단독으로 또는 조합하여 사용할 수 있으며, 그 비율은 바람직하게는

28/35:14/18:8/10mesh=1:1:1이다.

[0063] 상기 입자 크기 비율로 증량제를 첨가하면 열전도도가 증가하고 입자들이 에폭시 수지 내에서 균일한 분포를 갖기 때문에 바람직하다.

[0064] 본 발명에서 (에폭시계 수지+경화제) 대 증량제의 혼합비율은 중량비로 70:30 내지 40:60인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 50:50이다. 상기 혼합비율 내에서는 열전도도 및 열안정성이 우수한 보조 조성물을 통하여 지지대를 제조할 수 있다.

[0065] 상기 보조 조성물은 성형성이 우수하고 경화후 수축률이 적기 때문에 에폭시계 수지에 경화제 및 첨가제를 혼합하고 경화시키면 원하는 모양의 열경화성 물질을 얻을 수 있다. 그러나 25℃에서 액상 에폭시계 수지의 점도가 10,000cP 이상으로 높아 작업성이 떨어질 수 있는데, 본 발명에서는 희석제를 첨가하여 이러한 작업성 저하 가능성을 보완할 수 있다.

[0066] 상기 희석제로는 지방족 글리시딜 에테르(aliphatic glycidylether), 부틸글리시딜 에테르(butyl glycidyl ether)와 같은 반응성 희석제(reactive thinner)와 벤질 알코올(benzyl alcohol), 디-n-부틸 프탈레이트(di-nbutyl phthalate)와 같은 비반응성 희석제(non-reactive thinner)를 사용할 수 있다.

[0067] 본 발명에서 희석제의 함량은 에폭시 수지 100중량부에 대하여 5~20 중량부인 것이 바람직하고, 10중량부인 것이 보다 바람직하다. 상기 범위 내에서 조성물의 점도, 열안전성 및 열내구성이 우수하다.

[0068] 이와 같이, 상술한 본 발명의 기술적 구성은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자가 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0069] 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해되어야 하고, 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타나며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

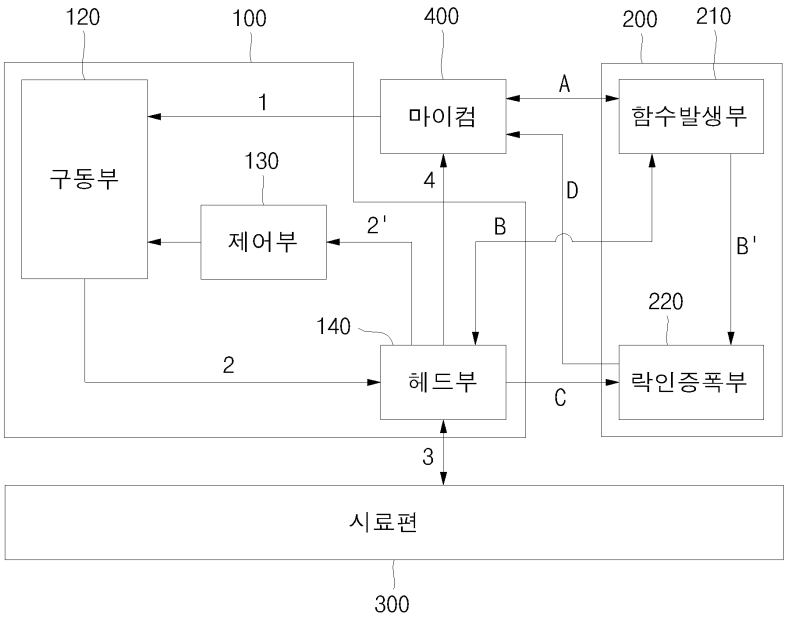
부호의 설명

[0070]

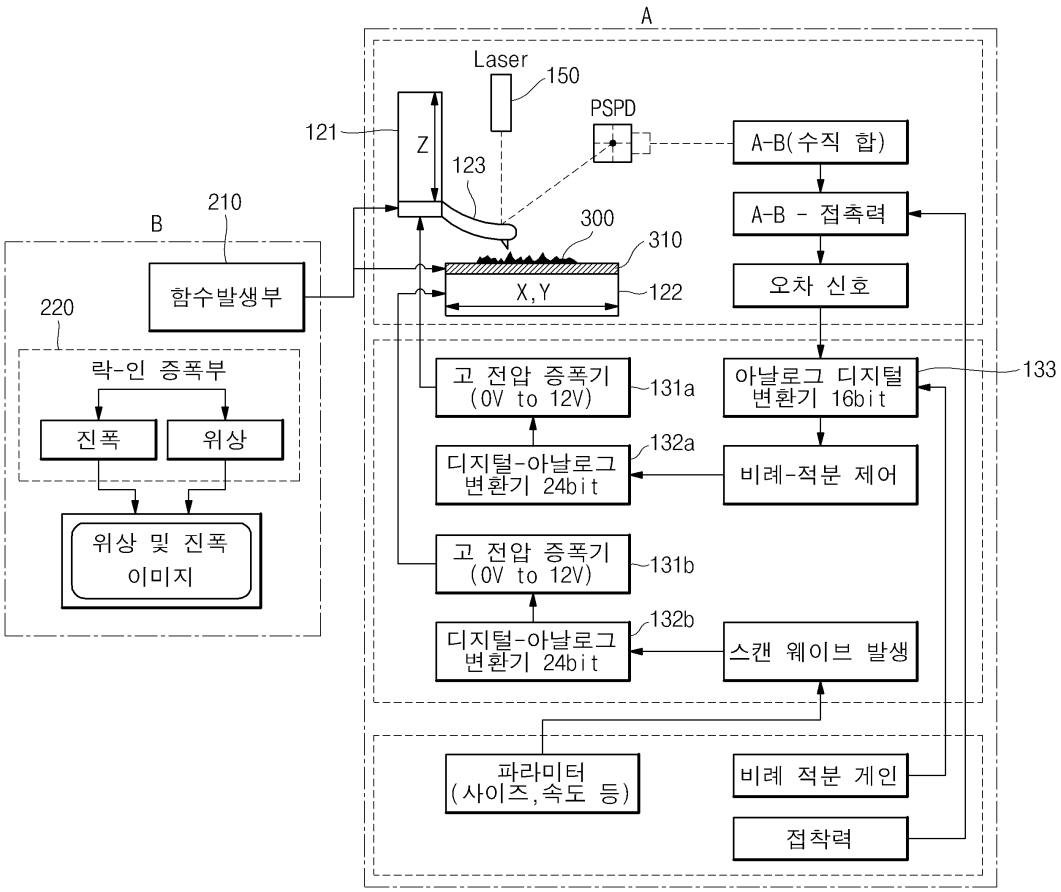
100: 변위측정부	120: 구동부
121: Z축 구동부	122: X-Y축 구동부
123: 캔틸레버	130: 레이저
130: 제어부	140: 헤드부
200: 제어구동부	210: 함수발생부
220: 락인증폭부	300: 시료편
310: 시료 가진부	400: 마이컴

도면

도면1


120
100
400
200
210
구동부
1
마이컴
A
함수발생부
130
4
D
제어부
2'
B
B'
220
140
2
헤드부
C
락인증폭부
3
시료편
300

도면2


A
Laser
150
PSPD
121
Z
123
A-B(수직 합)
A-B - 접촉력
오차 신호
B
210
300
310
함수발생부
X,Y
122
220
락-인 증폭부
진폭
위상
위상 및 진폭
이미지
고 전압 증폭기
(0V to 12V)
131a
아날로그 디지털
변환기 16bit
133
디지털-아날로그
변환기 24bit
132a
비례-적분 제어
고 전압 증폭기
(0V to 12V)
131b
디지털-아날로그
변환기 24bit
132b
스캔 웨이브 발생
파라미터
(사이즈,속도 등)
비례 적분 게인
접착력