

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. ⁷ B81B 3/00	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2005년07월18일 10-0501787 2005년07월07일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2002-7000547	(65) 공개번호	10-2002-0035836
(22) 출원일자	2002년01월14일	(43) 공개일자	2002년05월15일
번역문 제출일자	2002년01월14일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2000/004622	(87) 국제공개번호	WO 2001/05701
국제출원일자	2000년07월11일	국제공개일자	2001년01월25일

(81) 지정국

국내특허 : 대한민국, 미국,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴,

(30) 우선권주장	JP-P-1999-00202682	1999년07월16일	일본(JP)
	JP-P-2000-00156645	2000년05월26일	일본(JP)

(73) 특허권자 도꾸리쓰교세이호징 가가꾸 기쥬쓰 신키 기꼬
일본 사이따마켄 가와구찌시 혼쇼 4쵸메 1방 8고

(72) 발명자 가와까쓰히데끼
일본도쿄도세따가야꾸가미노게4쵸메32방13고

도시요시히로시
일본가나가와켄나카군니노미야쵸나까자또2쵸메16방36-105고

(74) 대리인 특허법인코리아나

심사관 : 정진수

(54) 나노미터 오더의 기계 진동자, 그 제조방법, 및 이를이용한 측정장치

요약

본 발명은 나노미터 오더의 힘이나 질량변화의 비약적인 검출분해능을 갖는, 안정하며 감도가 높은 나노미터 오더의 기계 진동자, 그 제조 방법 및 이를 사용한 측정 장치에 관한 것이다.

나노미터 오더의 기계 진동자 (10) 는 베이스 (11), 사면체 형상의 진동자 매스 (13), 및 이 베이스 (11) 와 이 사면체 형상의 진동자 매스 (13) 를 연결하는 탄성을 갖는 경부 (12) 를 포함한다. 이 진동자 (10) 는 버섯 형상이며 나노미터 오더의 크기를 가진다. 이 진동자 매스 (13) 는 사면체 형상이고, 이 진동자 매스 (13) 를 임의의 시료 표면에 탐침으로서 근접시켜, 표면상태를 관찰하는 주사형역현미경의 탐침에 적합하다.

대표도

도 4

색인어

베이스, 경부, 진동자 매스, 산화 실리콘막

명세서

기술분야

본 발명은 나노미터 오더의 기계 진동자, 그 제조방법, 및 이를 이용한 측정장치에 관한 것이다.

배경기술

종래, 이러한 분야의 기술로는 이하에 나타내는 것이 있다.

(1) G. Binng, C. Gerber, and C. F. Quate : Phys. Rev. Lett. 56 (1986) 930.

(2) T. D. Stowe, K. Yasumura, T. W. Kenny, D. Botkin, K. Wago, and D. Rugar : Appl. Phys. Lett. 71 (1997) 288.

(3) D. A. Walters, J. P. Cleveland, N. H. Thomson, P. K. Hansma, M. A. Wendman, G. Gurley, and V. Elings : Rev. Sci. Instrum. 67 (1996) 3583.

(4) Vu. Thien Binh, N. Garcia, and A. L. Levanuyk : Surf. Sci. Lett. 301 (1994) L224.

주사형역현미경(走査型力顯微鏡)은 Gerd Binnig 등에 의해, 1986 년 경에 발명되었다(상기 문헌 1). 그 후에, 1980년 대 후반, Albrecht, Calvin Quate 등에 의해, 수백 마이크로미터의 길이를 가지는 스트립(strip) 형의 캔틸레버(cantilever)로서, 선단(先端)에 높이 3 μm 정도의 탐침을 가지는 것이 실현된다. 캔틸레버는 실리콘 또는 질화실리콘으로부터 제작된다. 1980 연대 후반부터, 동일한 형태의 캔틸레버가 시판되고 있다.

미약한 힘을 측정하는 시도로서, 특히 얇고, 긴 캔틸레버가 Dan Rugar 등에 의해 발표되어 있다(상기 문헌 2). 또한, 캔틸레버의 고유진동수를 높이고, 관찰시간을 단축하기 위하여, 길이가 100 μm 정도인 종래의 캔틸레버보다 짧은 1 μm 내지 10 μm 의 길이를 가지는 캔틸레버가 Paul Hansma 등에 의해 발표되어 있다(상기 문헌 3). 그러나, 상기 2 예는 둘다 단차형 캔틸레버이며 1980 연대에 발표된 캔틸레버의 개선된 버전이다.

한편, 나노미터 오더의 기계 진동자에 관하여, Vu. Thien Binh, N. Garcia 등은 예리한 금속 탐침을 진공중에 가열하는 공정에 의해, 고게시(kokeshi)인형 형상의 진동자가 제작 가능하다는 것을 증명하였다(상기 문헌 4).

기계 진동자의 진폭 및 고유 진동수의 변화를 측정함으로써, 진동자 질량의 변화 및 진동자가 배치된 필드의 변화를 검출할 수 있다.

발명의 개시

기계진동자를 이용하는 경우의 역(力)검출 분해능은 그 고유진동수 또는 Q 값이 높고, 스프링정수 또는 온도가 낮은 경우에 향상된다. 기계진동자가 스프링/매스(mass) 시스템으로서 모델화되는 경우, 진동자를 소형화하는 것이 감도향상에 유리하게 작용한다.

이는 기계진동자의 매스를 소형화시킴으로써, 스프링 정수를 변경시키지 않고 고유진동수를 높게 할 수 있기 때문이다.

발명의 상세한 설명

진술한 바와 같이, 본 발명의 목적은 나노미터 오더의 힘 및 질량변화의 비약적인 검출분해능을 갖는 안정하고 감도가 높은 나노미터 오더의 기계진동자, 그 제조방법 및 이를 이용한 측정장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명은 상기 목적을 달성하기 위하여,

[1] 나노미터 오더의 기계 진동자는 베이스, 직사각형상의 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 직사각형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 가진 경부를 구비하며, 상기 경부는 주축과 직교하는 면을 따라 절단된 경우에 직사각형상의 단면을 가진다.

[2] 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법은, 실리콘기판, 제 1 산화 실리콘막, 실리콘막, 및 제 2 산화 실리콘막으로 구성된 기판을 준비하는 단계; 상기 제 2 산화 실리콘막상에 금속막을 형성하는 단계; 상기 금속막상에 직사각형상의 마스크를 형성하는 단계; 상기 마스크와 용액을 사용하여 상기 금속막을 에칭하는 단계; 및 상기 제 2 산화 실리콘막, 상기 실리콘막, 상기 제 1 산화 실리콘막, 및 상기 실리콘기판을 순차 반응성 이온 에칭에 의해 수직에칭을 행하고, 주축과 직교하는 면에 따라 절단된 경우에, 상기 제 1 산화 실리콘막의 에칭에 의해 직사각형상의 단면을 가지는 경부를 형성하는 단계를 포함한다.

[3] 측정장치는, 베이스, 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비하는 나노미터 오더의 기계 진동자; 상기 진동자 매스상에 형성되는 박막 형상의 시료; 및 상기 박막형상의 시료를 관찰하는 고정 탐침을 구비한다.

[4] 나노미터 오더의 기계 진동자는, 베이스, 사면체 형상의 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비한다.

[5] 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법은, 실리콘 기관, 산화 실리콘막, 및 실리콘막으로 구성된 기관을 준비하는 단계; 실리콘막의 이방성 에칭에 의해, 상기 산화 실리콘막상에 사면체 형상의 진동자 매스를 형성하는 단계; 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 마스크로 사용하여 반응성 이온 에칭에 의해 상기 산화 실리콘막을 수직 에칭하고, 상기 산화 실리콘막의 에칭에 의해 탄성을 갖는 경부를 형성하는 단계를 포함한다.

[6] 측정 장치는, 베이스, 사면체 형상의 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

상기 사면체 형상의 진동자 매스를 시료표면에 대하여 수직방향으로 진동시켜, 상기 시료의 표면상태를 관찰한다.

[7] 측정 장치는, 베이스, 사면체 형상의 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

상기 사면체 형상의 진동자 매스를 시료표면에 대하여 수평방향으로 진동시켜, 상기 시료의 표면상태를 관찰한다.

[8] 측정장치는, 베이스, 사면체 형상의 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 사면체형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

상기 사면체 형상의 진동자 매스를 직각 프리즘의 표면에 근접하게 수직방향으로 배치하고, 상기 프리즘으로 들어오는 레이저빔을 상기 직각 프리즘 표면에서 전반사시켜 근접장광(近接場光)의 장(場)을 발생시키고, 상기 진동자의 진동주파수로 상기 근접장을 교란시켜 생기는 전파광(propagating light)을 수광소자로 집광하여 상기 진동자의 진동진폭과 진동주파수를 검출한다.

[9] 측정장치는, 베이스, 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

상기 진동자 매스에 나노 튜브나 위스커로 형성되는 탐침을 고정하고, 상기 탐침과 시료와의 상호작용을 검출하여 상(像)을 얻는다.

[10] 측정장치는, 베이스상에 배치된 복수의 진동자 매스, 상기 베이스와 상기 각각의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

상기 진동자 매스들 각각에 기능성 박막을 부착하여, 기체 시료내의 미량의 물질을 검출한다.

[11] 측정장치는, 베이스상의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

상기 나노미터 오더의 기계 진동자에 광 파이버의 코어를 고정하고, 상기 진동자를 시료에 대응시켜 상기 시료에 의해 작용하는 진동자 매스의 진동을 광학적으로 검출한다.

[12] 측정장치는, 베이스상의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

진공중에서 상기 나노미터 오더로 초점을 맞춘 전자빔을 전극으로부터 상기 진동자에 조사하고, 상기 진동자의 베이스는 도전성을 가지며, 상기 진동자의 일부가 피에조 효과를 나타내며, 전자빔 조사에 의해 흐르는 전류와 상기 전류에 의해 발생하는 상기 진동자의 변위에 의해 상기 진동자는 자력진동을 발생시키며, 상기 진동자로부터 흐르는 전류의 변화를 고주파 전류검출기에 의해 검출함으로써 상기 진동자의 진동 진폭과 진동 주파수를 검출한다.

[13] 측정장치는, 베이스상의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

솔리드 이머전 렌즈(solid immersion lens)를 사용하여 굴곡한계 이상으로 맞추어진 광의 스폿을 상기 나노미터 오더의 진동자의 베이스 부근에 형성하고, 복귀광에 기초하여 상기 진동자의 진동진폭과 진동주파수를 검출한다.

[14] 측정장치는, 베이스상의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

상기 진동자를 Sb 로 이루어진 마스크층을 가지는 적층기관상에 고정하고, 상기 마스크층에 레이저빔을 조사하여 상기 마스크의 일부를 변화시킴으로써, 나노미터 오더의 개구가 형성된 것과 같은 상태를 설정하여, 상기 진동자만의 진동신호를 검출한다.

[15] 측정장치는, 피에조성 기관, 진동자 매스, 및 상기 기관과 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

상기 피에조성 기관에 빗 (comb) 형상전극을 배치하고 상기 전극에 교류전압을 인가하여 발생한 표면탄성파를 이용하여 상기 진동자의 진동을 여기시킨다.

[16] 측정장치는, 베이스상의 복수의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 각각의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

입자가 상기 진동자와 충돌하는 경우에 발생하는 상기 진동자 매스의 변위를 운동량 보존법칙에 따라 측정하여 입자속도를 검출한다.

[17] 측정장치는, 베이스, 진동자 매스, 및 상기 베이스와 진동자 매스를 연결하며 실리콘 위스커로 형성되는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며, 가속도나 힘을 측정한다.

[18] 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법은, 실리콘 기관상에 산화 실리콘막과 실리콘막을 순차 형성하는 단계; 상기 실리콘막을 이방성 에칭에 의해 사면체형상의 실리콘을 형성하는 단계; 상기 사면체형상의 실리콘을 마스크로 사용하여 기관 법선방향으로 상기 산화 실리콘막을 에칭하여, 기둥형상의 산화실리콘을 형성하는 단계; 실리콘이나 금속을 상기 실리콘 기관에 대하여 경사지게 증착하여 증착막을 형성하는 단계; 상기 기둥형상의 산화 실리콘을 제거함으로써 사면체형상의 탐침을 지지하며 평판형상의 실리콘이나 금속의 증착막으로 이루어진 탄성을 갖는 경부를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[19] 상기 [18] 에 기재된 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법에 있어서, 상기 경부는 2 장의 평판형상의 실리콘이나 금속의 증착막으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[20] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서,

표면 탄성과 발생장치를 가지며 피에조성 기관으로 형성되는 제 1 층; 및

탐침을 가지며, 베이스 부에서 돌출하는 다수의 어레이 형상으로 배치되는 캔틸레버들을 가진 제 2 층을 구비하는 소자를 포함하며,

상기 제 1 층과 제 2 층을 서로 겹치게 하고, 상기 피에조성 기관에 표면 탄성파들을 면내의 2 방향으로 발생시켜, 각 탐침들을 시료의 측정 가능영역까지 순차 근접시키는 것을 특징으로 한다.

[21] 측정장치에 있어서, 진동장치를 가지는 기관에 다수의 어레이형상으로 배치되는 나노미터 오더의 캔틸레버; 시료를 상기 캔틸레버에 대응시키도록 배치되는 시료 테이블; 상기 캔틸레버들의 배면에 배치되는 렌즈계; 상기 렌즈계에 하프 미러를 통하여 광을 조사하는 광학계; 상기 하프 미러의 배후에 배치되는 활상장치; 상기 활상장치에 접속되는 표시장치를 구비하며, 상기 캔틸레버의 작용에 의해 시료의 상(像)을 표시하는 것을 특징으로 한다.

[22] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 피에조성 기관의 외측 4 변에 표면 탄성과 발생장치를 배치하고, 중앙부에 다수의 어레이형상으로 배치된 캔틸레버를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[23] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서,

액추에이터를 가지는 기관에 배치되는 나노미터 오더의 캔틸레버; 및

상기 캔틸레버의 길이를 가변시키는 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[24] 상기 [23] 에 기재된 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서,

상기 액추에이터는 표면 탄성과 발생장치인 것을 특징으로 한다.

[25] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 베이스로부터 돌출하고, 축방향에 교차하는 방향으로 자화된 자성분말을 함유하는 플라스틱을 주재료로 하는 캔틸레버를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[26] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 베이스로부터 돌출하고 축방향으로 정렬한 위스커 결정들을 함유하는 플라스틱을 주재료로 하는 캔틸레버를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[27] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 베이스로부터 돌출하는 캔틸레버 및 상기 캔틸레버의 바닥 부분의 베이스부에 설치된 표면 탄성과 발생장치를 가지는 것을 특징으로 한다.

[28] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 베이스로부터 돌출하는 캔틸레버; 상기 캔틸레버의 바닥 부분의 베이스부에 설치된 표면 탄성과 발생장치; 및 상기 캔틸레버의 길이를 가변시키는 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[29] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 반도체 기관상의 절연막상에 오버행 (overhang) 형상으로 외부로 돌출하는 삼각추형상의 탐침을 가지는 것을 특징으로 한다.

[30] 상기 [29] 에 기재된 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 상기 삼각추 형상의 탐침을 반도체칩의 선단(先端)부에 1개 또는 다수개 형성하는 것을 특징으로 한다.

[31] 상기 [27] 에 기재된 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서,

상기 캔틸레버는 외부로 돌출하는 삼각추 형상의 탐침을 가지는 것을 특징으로 한다.

[32] 상기 [27] 에 기재된 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 반도체 칩의 선단부에 삼각추 형상의 탐침을 다수 형성하는 것을 특징으로 한다.

[33] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 반도체 기관상에 오버행 형상으로 내부에서 돌출하며 서로 연결되는 2 개의 삼각추 형상의 탐침들을 포함하는 평행 스프링 지지부를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[34] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 반도체 기관으로부터 돌출하는 삼각기둥 형상의 탐침을 포함하는 평행 스프링 지지부를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[35] 나노미터 오더의 기계 진동자에 있어서, 반도체 기관상에 형성되는 절단된 사각추 형상의 매스를 포함하는 평행 스프링 지지부를 구비하는 것을 특징으로 한다.

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 2 는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정 단면도이다.

도 3 은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 적용예를 나타내는 도면이다.

도 4 는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 5 는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 1 제조방법에 대한 공정 단면도이다.

도 6 은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 2 제조방법에 대한 공정단면도이다.

도 7 은 본 발명의 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 1 적용예를 나타내는 도면이다.

도 8 은 본 발명의 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 2 적용예를 나타내는 도면이다.

도 9 는 본 발명의 나노미터 오더의 기계진동자의 제 3 적용예를 나타내는 도면이다.

도 10 은 본 발명의 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 4 적용예를 나타내는 도면이다.

도 11 은 본 발명의 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 5 적용예를 나타내는 도면이다.

도 12 는 본 발명의 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 6 적용예를 나타내는 도면이다.

도 13 은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 14 는 본 발명의 제 4 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 15 는 본 발명의 제 5 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 16 은 본 발명의 제 6 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 17 은 본 발명의 제 7 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 18 은 본 발명의 제 8 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 19 은 본 발명의 제 9 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 20 은 본 발명의 제 10 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 21 은 본 발명의 제 11 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정 단면도이다.

도 22 는 본 발명의 제 11 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 확대 사시도이다.

도 23 은 본 발명의 제 11 실시예에 따른 마이크로 캡슐의 사시도이다.

도 24 는 본 발명의 제 12 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 25 는 도 24 에 나타낸 바와 같이 제작된 탐침을 가지는 다수의 어레이형상으로 배치된 캔틸레버를 구비하는 소자에 의한 시료의 측정시스템 구성도이다.

도 26 은 본 발명의 제 12 실시예의 변형예에 따른 다수 어레이형상으로 배치된 캔틸레버를 구비하는 소자의 기관 상면도이다.

도 27 은 본 발명의 제 12 실시예를 나타내는 시료의 형상이나 특징을 가시화할 수 있는 것에 대한 설명도이다.

도 28 은 본 발명의 제 13 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 모식도이다.

도 29 는 본 발명의 제 14 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 30 은 본 발명의 제 15 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 31 은 본 발명의 제 16 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 32 는 본 발명의 제 17 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 33 은 본 발명의 제 18 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정의 제 1 공정 내지 제 4 공정을 나타내는 공정도이다.

도 34 는 도 33 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 18 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정의 제 5 공정 내지 제 7 공정을 나타내는 공정도이다.

도 35 는 도 34 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 18 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정의 제 8 공정 내지 제 10 공정을 나타내는 공정도이다.

도 36 은 도 35 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 18 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정의 제 11 공정 및 제 12 공정을 나타내는 제조 공정도이다.

도 37 은 제 18 실시예에 따른 제 12 공정의 제조공정 단면도이다.

도 38 은 제 18 실시예에 따른 제 12 공정의 제조공정 상면도이다.

도 39 는 본 발명의 제 19 실시예에 따른 칩의 최선단부(最先端部)에 삼각추 형상의 탐침의 진동자를 가지는 캔틸레버를 나타내는 도면이다.

도 40 은 본 발명의 제 20 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조 공정도이다.

도 41 은 도 40 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 20 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조 공정도이다.

도 42 는 도 41 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 20 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조 공정도이다.

도 43 은 도 42 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 21 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조 공정도이다.

도 44 는 본 발명의 제 21 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조 공정도이다.

도 45 는 도 44 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 21 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조 공정도이다.

도 46 은 도 45 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 21 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조 공정도이다.

도 47 은 도 46 에 나타낸 제조공정 이후의, 본 발명의 제 21 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조 공정도이다.

실시예

이하, 본 발명의 실시형태에 관해 상세히 설명한다.

도 1 은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다. 도 2 는 이 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정 단면도이다.

도 1 에 있어서, 나노미터 오더의 직사각형상의 기계 진동자 (1) 는 베이스 (2), 직사각형상의 진동자 매스 (4), 및 상기 베이스 (2) 와 상기 직사각형상의 진동자 매스 (4) 를 연결하는 탄성 경부(頸部)(3) 를 포함한다. 상기 경부 (3) 는 수직방향에 따라 나타낸 바와 같이 직사각형상의 교차부를 갖는다.

이하, 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법을 도 2 를 참조하여 설명한다.

(1) 먼저, 도 2(a) 에 나타낸 바와 같이, 실리콘 기판 (2A) 과 산화 실리콘막 (두께: 100 nm)(3A), 실리콘막(두께: 60 nm)(4A), 및 산화 실리콘막 (5) 을 포함하는 SIMOX (separation by implanted oxygen) 기판을 준비한다.

(2) 그 후에, 도 2(b) 에 나타낸 바와 같이, 산화 실리콘막 (5) 상에 크롬 (Cr) 막 (6) 을 형성한다.

(3) 그 후에, 도 2 (c) 에 나타낸 바와 같이, 직사각형상의 마스크 (7) 를 형성한다. 특히, 크롬막 (6) 상에 레지스트를 도포하여, 패터닝한다. 예를 들어, 그 패터닝되는 레지스트 (마스크)(7) 는 1 nm 내지 1 μ m 의 직경을 갖는다.

(4) 그 후에, 도 2(d) 에 나타낸 바와 같이, 질산세륨암모늄의 수용액을 사용하여 크롬 (Cr) 막 (6) 을 에칭한다.

(5) 그 후에, 도 2 (e) 에 나타낸 바와 같이, 반응성 이온 에칭에 의해, 실리콘 산화막 (5) 을 CHF₃ 를 사용하여 수직으로 에칭하고, 실리콘막 (두께; 60 nm)(4A) 을 SF₄ 를 사용하여 수직으로 에칭하고, 산화 실리콘막(두께; 100 nm)(3A) 을 CHF₃ 를 사용하여 수직으로 에칭하고, 그리고 실리콘 기판 (2A) 을 SF₆를 사용하여 수직으로 에칭한다. 특히, 이 공정에서, 실리콘 기판 (2A) 은 베이스 (2) 가 된다.

(6) 그 후에, 도 2(f) 에 나타낸 바와 같이, 산화 실리콘막 (두께 : 100 nm)(3A) 을 BHF (hydrofluoric acid) 로 에칭하여, 주축과 직교하는 면에 따라 절단된 경우의 단면이 직사각형이며 탄성을 갖는 경부 (3) 를 형성한다. 실리콘막 (5), 크롬 (Cr) 막 (6), 및 레지스트 (마스크)(7) 를 리프트 오프 (lift off) 한다.

상술한 방식으로, 직사각형상의 진동자 매스 (4) 가 60 nm 의 두께를 가지며 경부 (3) 가 100 nm 의 높이를 가지도록, 상기 진동자를 제조할 수 있다. 직사각형상의 진동자 매스 (4) 의 직경은 마스크 (7) 의 치수에 의해 결정되고, 경부 (3) 의 치수는 불산에 의한 에칭의 시간제어에 의해 결정된다.

현재, 직사각형상의 진동자 매스 (4) 는 약 500 nm 의 폭을 가지며, 경부 (3) 가 약 50 nm 의 폭을 가지는 진동자가 제작되어 있다.

상술된 바와 같이 제조된 나노미터 오더의 기계 진동자는 x 축 방향에 따라 쉽게 진동할 수 있으나, y 축 방향에 따라서는 쉽게 진동할 수 없다. 따라서, 상기 기계 진동자를 센서나 액츄에이터로서 사용하는 경우, 그 이방성을 이용하여 검출이나 위치결정이 가능해진다.

도 3 은 나노미터 오더의 기계 진동자를 주사형역현미경에 적용하는 경우를 나타낸다. 이 경우에, 진동자 표면인 직사각형상의 진동자 매스 (4) 에 박막형상의 시료 (8) 를 제작하고, 고정탐침 (9) 을 사용하여 탐침한다.

또한, 주사형역현미경의 응용은 아니지만, 어레이 형태의 직사각형상 기계 진동자 (1) 를 고감도의 기체센서에 적용할 수 있다. 이 경우에, 각각의 직사각형상 진동자 매스 (4) 를 임의의 기능성 박막으로 코팅한다. 그 박막이 특정한 물질을 흡착하는 경우에, 기계 진동수의 변화를 검출할 수 있다.

도 4 는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다. 도 5 는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 1 제조방법의 공정들을 나타내는 단면도이다.

도 4 에 나타낸 바와 같이, 나노미터 오더의 기계 진동자 (10) 는 베이스 (11), 사면체 형상의 진동자 매스 (13), 및 상기 베이스 (11) 와 상기 사면체 형상의 진동자 매스 (13) 를 연결하며 탄성부로 기능하는 경부 (12) 를 포함한다.

상기 기계 진동자 (10) 는 버섯형상이고 나노미터 오더의 크기를 가진다. 상기 진동자 매스 (13) 는 사면체 형상이므로 상기 진동자 매스 (13) 를 임의의 시료표면에 근접시켜 표면 상태를 관찰하는 방식으로 주사형역현미경의 탐침으로서 사용하기에 적합하다.

제 2 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법을 도 5 를 참조하여 설명한다.

(1) 먼저, 도 5 (a) 에 나타낸 바와 같이, 접합된 기판을 준비한다. 상기 접합된 기판은 베이스로 기능하는 실리콘 기판 (11A), 탐침으로 기능하는 실리콘막 (13A), 및 상기 실리콘 기판 (11A) 과 상기 실리콘막 (13A) 사이에 이종재료의 막으로 형성되는 산화 실리콘막 (12A) 을 포함한다.

(2) 그 후에, 도 5 (b) 에 나타낸 바와 같이, 실리콘막 (13A) 의 이방성 에칭에 의해, 산화 실리콘막 (12A) 상에 사면체 형상의 진동자 매스 (13) 들을 형성한다.

(3) 그 후에, 도 5 (c) 에 나타난 바와 같이, 사면체 형상의 진동자 매스 (13) 들을 마스크로 사용하여, 반응성 이온 에칭에 의해 산화실리콘 막 (12A) 을 수직으로 에칭한다.

(4) 그 후에, 도 5 (d) 에 나타난 바와 같이, 예를 들어 완충 불산을 사용하여 산화 실리콘막 (12A) 을 습식 에칭하거나, 가열에 의한 산화실리콘층의 기화제거에 의해 경부 (12) 를 형성한다. 특히, 여기에서는, 습식 에칭 및 가열에 의한 산화실리콘층의 기화제거를 넓은 의미로 에칭이라 한다.

이 방법을 사용함으로써 리소그래피 장치의 성능에 크게 좌우되는 일 없이, 결정의 에칭 이방성을 이용하는 진동자를 제조할 수 있다. 본 발명자들은 실리콘 기판 및 산화 실리콘막으로 구성된 접합 기판을 사용하거나 SIMOX (separation by implanted oxygen) 기판을 사용하여 진동자를 제조하는데 성공하였다. 후자의 경우, 60 nm 정도의 탐침을 100 nm 정도의 경부로 지지하는 방식으로 진동자를 제조하였다.

도 6 은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제 2 제조방법의 공정들을 나타내는 단면도이다.

(1) 먼저, 도 6 (a) 에 나타난 바와 같이, 접합 기판을 준비한다. 상기 접합 기판은 베이스로 기능하는 석영 기판 (14), 실리콘막 (15), 경부로 기능하는 산화 실리콘막 (15), 및 탐침으로 기능하는 실리콘막 (17) 을 포함한다.

(2) 그 후에, 도 6 (b) 에 나타난 바와 같이, 실리콘막 (17) 의 이방성 에칭에 의해, 산화 실리콘막 (16) 상에 사면체 형상의 진동자 매스 (18) 를 형성한다.

(3) 그 후에, 도 6(c) 및 도 6(d) 에 나타난 바와 같이, 상기 사면체 형상의 진동자 매스 (18) 를 마스크로 사용하여 반응성 이온 에칭에 의해 산화 실리콘막 (16) 을 수직으로 에칭한다. 그 후에, 예를 들어 완충 불산을 사용하여 산화 실리콘막을 습식 에칭하거나 가열에 의한 산화실리콘층의 기화제거에 의해 경부 (19) 를 형성한다.

상술한 바와 같이, 이 제조방법은 실리콘 기판과 산화 실리콘막으로 구성된 접합 기판을 사용하는 경우에만 한정되지 않는다. 접합 기판의 기판 및 막이 이종재료들로 형성되고, 에칭 또는 가열제거와 같은 가공에 대하여 다른 특성들을 나타내는 경우라면, 다른 형상의 접합 기판을 사용하여 두부(頭部) 및 경부를 가지는 진동자 형상의 구조를 제작할 수 있다. 예를 들어, 석영 기판 및 실리콘막으로 구성된 접합 기판 또는 수정 기판과 실리콘막으로 구성된 접합 기판을 사용하는 경우에, 배면(背面) 으로부터의 광의 도입이나 진동자의 베이스의 피에조 효과를 이용한 진동자의 여기가 가능해 진다. 도 5 에 나타난 방법과 유사한 제조 방법을 사용할 수 있다. 그러나, 석영(수정기판) 을 불산을 이용한 산화실리콘의 에칭으로부터 보호하기 위하여, 수 nm 내지 수십 nm 의 두께를 가지는 실리콘층을 형성한다.

상술된 방식으로 얻어진 나노미터 오더의 기계 진동자는 이하와 같은 사용예를 갖는다.

(A) 도 7 에 나타난 바와 같이, 시료 (21) 의 표면에 대하여 기계 진동자 (10) 를 경사지게 배치하고, 그 진동자 매스 (13) 를 시료 (21) 의 표면에 대하여 수직방향으로 진동시켜 시료 (21) 의 표면상태를 관찰할 수 있다.

(B) 도 8 에 나타난 바와 같이, 시료 (21) 의 표면에 대하여 기계 진동자 (10) 를 수직 방향으로 배치하고, 진동자 매스 (13) 를 시료 (21) 의 표면에 대하여 수평방향으로 진동시켜 시료 (21) 의 표면상태를 관찰할 수 있다.

(C) 도 9 에 나타난 바와 같이, 직각 프리즘 (22) 으로 들어오는 레이저빔 (23) 을 직각 프리즘의 표면 (22A) 에서 전반사시켜, 그 프리즘 표면 (22A) 에서 근접장광(近接場光) 의 장(場) 을 발생시킨다. 그 프리즘 표면 (22A) 상에 시료 (24) 를 배치한다. 시료 (24) 위에 나노미터 오더의 기계 진동자 (10) 를 고정한다. 상기 진동자 (10) 는 그 진동 주파수에서 광을 발생시키고 근접장을 교란하여, 전파광을 발생시킨다. 이 전파광을 집광하고 수광소자 (25) 로 인도하여 검출한다. 따라서, 진동자 (10) 의 진동 진폭과 진동 주파수를 검출할 수 있다.

(D) 도 10 에 나타난 바와 같이, 카본 나노 튜브(또는 위스커(whisker))(31) 를 나노미터 오더의 진동자 (1) 의 진동자 매스 (3) 로부터 상방으로 연재하고, 카본 나노 튜브(또는 위스커)(31) 의 선단을 상기 진동자 (1) 위에 배치되는 시료 (32) 의 면에 대응시키는 방식으로, 상기 진동자 매스 (3) 에 카본 나노 튜브(또는 위스커)(31) 를 고정한다.

(E) 도 11 에 나타난 바와 같이, 카본 나노 튜브(또는 위스커) (33) 를 나노미터 오더의 기계 진동자 (1) 의 진동자 매스 (3) 로부터 수평방향으로 연재하고, 카본 나노 튜브(또는 위스커) (33) 의 선단을 수평 방향에 대하여 상기 진동자 (1) 의 한측에 배치된 시료 (34) 의 면에 대응시키는 방식으로, 카본 나노 튜브(또는 위스커)(33) 를 상기 진동자 매스 (3) 에 고정한다.

(F) 도 12 에 나타난 바와 같이, 카본 나노 튜브(또는 위스커)(35) 를 나노미터 오더의 기계 진동자 (10) 의 진동자 매스 (13) 로부터 상방으로 연재하고, 카본 나노 튜브(또는 위스커)(35) 의 선단을 상기 진동자 (10) 위에 배치되는 시료 (36) 의 면에 대응시키는 방식으로, 카본 나노 튜브(또는 위스커)(35) 를 상기 진동자 매스 (13) 에 고정한다.

도 10 내지 도 12 중 어느 하나에 나타난 바와 같이, 나노미터 오더의 기계 진동자에 카본 나노 튜브 또는 위스커를 고정하고, 그 진동자의 고감도를 이용하여 카본 나노 튜브 또는 위스커와 시료 사이의 상호작용을 검출함으로써 대응하는 상(像) 을 획득하는 현미경을 얻을 수 있다.

도 13 은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 13에 나타낸 바와 같이, 나노미터 오더의 기계 진동자 (1)는 어레이 형상으로 배치되는 다수의 진동자 매스 (3) 들을 가지며, 특정 물질에 반응하거나 특정 물질을 흡착할 수 있는 기능성 박막 (37)을 예를 들어 증착에 의해 상기 진동자 매스 (3) 들 각각에 부착한다. 상기 나노미터 오더의 기계 진동자 (1)를 사용하여, 기계 시료내의 미량의 물질의 존재 및 농도를 검출하는 측정장치를 얻을 수 있다.

도 14는 본 발명의 제 4 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 14에 나타낸 바와 같이, 광 파이버 (41)의 선단부에 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)를 배치하여 시료 (44)에 대응하도록 구성한다. 또한, 도면부호 42는 파이버 코어를 나타내며, 43은 파이버 크래들링 (cladding)을 나타내고 있다.

상술한 바와 같이, 광 파이버 (41)의 파이버 코어 (42)에 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)를 고정하여, 시료 (44)에 의해 작용하는 진동자 매스[진자(振子)]의 진동을 광학적으로 검출할 수 있다.

도 15는 본 발명의 제 5 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 15에 나타낸 바와 같이, 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)를 접지 (45)하며, 나노미터 오더로 초점을 맞춘 전자빔을 장치 (전극)(46)로부터 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)로 조사한다. 상기 기계 진동자 (10)는 그 베이스 (11)에 대하여 도전성을 가지며, 상기 기계 진동자 (10)의 일부는 피에조 효과를 나타낸다. 상기 기계 진동자는 전자빔 조사에 의해 흐르는 전류와 상기 전류에 의한 진동자의 변위에 의해 자력진동한다. 진동자 (10)로부터 유출하는 전류의 변화를 고주파 전류 검출기 (47)로 검출하여 진동자 (10)의 진동 진폭과 진동 주파수를 검출한다. 또한, 도면부호 48은 시료를 나타낸다. 특히, 도시하지는 않았지만, 전자빔 소스로서 통상적으로 시판되는 주사형 전자현미경의 필드 에미션 (field emission) 또는 텅스텐 필라멘트식 전자빔 소스를 이용하고, 전자 (電磁) 렌즈계를 사용하여 그 발생된 전자빔의 초점을 맞춘다.

도 16은 본 발명의 제 6 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 16에 나타낸 바와 같이, 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)를 솔리드 이머전 렌즈 (51)의 근접장광의 발생면 (51A)에 설치하고, 진동자 매스 (13)를 시료 (53)에 대응시킨다. 레이저빔은 렌즈 (52)를 통해 솔리드 이머전 렌즈 (51)로 도입된 후, 역 방향으로 리턴된다.

상술한 바와 같이, 솔리드 이머전 렌즈 (51)를 사용하여, 굴곡한계 이상으로 초점이 맞추어진 광의 스폿을 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)의 베이스에 형성한다. 복귀광에 기초하여 상기 진동자 (10)의 진동진폭과 진동주파수를 검출할 수 있다. 특히, 솔리드 이머전 렌즈에 관해서는 이하에 열거하는 연구를 들 수 있다.

(1) E. Betzig, J. Trautman, R. Volfe, E. Gyorgy, P. Finn, M. Kryder, and C. Chang, *App1. Phys. Lett.* 61, 142 (1992).

(2) S. Hosaka, et al. *Jpn. J. Appl. Phys. Part1.* 35, 443 (1996).

(3) Y. Martin, et al. *App1. Phys. Lett.* 71, 1 (1997).

도 17은 본 발명의 제 7 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 17에 나타낸 바와 같이, 기관 (61), 유전체 껍층 (62), 마스크 층 (Sb)(63), 및 유전체층 (껍층)(64)으로 이루어진 적층 기관을 설치하고, 상기 유전체층 (껍층)(64)에 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)를 배치한다. 상기 기계 진동자 (10)의 전방 (前方)에는 시료 (65)가 배치된다. 렌즈 (67)를 통해 기관 (61)의 배면에 레이저빔 (66)을 조사한다.

상술한 바와 같이, 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)를 Sb로 이루어진 마스크층 (63)을 가지는 적층기관상에 고정한다. 상기 적층기관을 Super-RENS (Super-resolution Near-field Structure)라 한다. 마스크층 (63)에 레이저빔을 조사하는 경우, 마스크의 일부가 변화하여, 나노미터 오더의 개구가 형성되는 것과 동등한 상태가 발생한다. 이는 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)만의 진동신호를 검출하여, 백그라운드 노이즈 (background noise)를 저감할 수가 있다. Super-RENS의 참고 문헌으로서, J. Tominaga, et al. *App1. Phys. Lett.* 73, 2078 (1988)이 있다.

도 18은 본 발명의 제 8 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면으로, 여기서 도 18(a)는 상기 진동자의 측면도, 도 18(b)는 상기 진동자의 상면도이다.

이들 도면에 있어서, 도면부호 71은 수정기관 (또는 피에조성 박막을 부착한 실리콘 기관)을, 72는 빗형상 전극을, 73은 상기 빗형상 전극 (72)에 접속되는 교류 전압원을 나타낸다.

수정기관 (또는 피에조성 박막을 부착한 실리콘 기관)(71)에 설치되는 빗형상 전극 (72)들에 교류전압을 인가하는 경우에 발생한 표면탄성파를 이용하여 나노미터 오더의 기계 진동자의 진동을 여기한다.

도 19는 본 발명의 제 9 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 19에 있어서, 도면부호 81은 베이스를, 82는 나노미터 오더의 기계 진동자 (10)에 작용하는 입자를 나타낸다.

입자 (82) 가 나노미터 오더의 기계 진동자 (10) 에 충돌하는 경우, 진동자 매스 (13) 가 작기 때문에, 운동량 보존법칙에 따라 진동자 매스 (13) 가 변위한다. 그 변위를 측정함으로써, 입자의 속도를 검출할 수 있다. 즉, 입자속도 검출장치를 얻을 수 있다.

도 20 은 본 발명의 제 10 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자를 나타내는 도면이다.

도 20 에 있어서, 도면부호 91 은 베이스를, 92 는 LPCVD법 (감압 CVD 법) 에 의해 제작한 직경이 10 nm 오더를 가지며, 길이가 μm 에서 mm 오더가 되는, 매우 가늘고 긴 실리콘 위스커로 형성된 기둥형상 탄성체로 이루어지는 경부를, 그리고 93 은 상기 경부 (92) 의 선단에 형성되는 금구 (金球)(또는, 금구에 코발트, 니켈등의 자성체를 붙인 구) 를 나타낸다.

이와 같이, 고감도로 가속도, 힘, 또는 자력을 검출하는 측정장치를 얻을 수 있다.

도 21 은 본 발명의 제 11 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정 단면도이다. 도 22 는 그 나노미터 오더의 기계 진동자의 확대 사시도이고, 여기서 도 22(a) 는 정면도, 도 22(b) 는 측면도이다. 도 23 은 마이크로 캡슐의 사시도이고, 여기서 도 23(a) 는 정면도, 도 23(b) 는 측면도이다.

(1) 먼저, 도 21(a) 에 나타낸 바와 같이, 실리콘 기판 (101) 상에 산화 실리콘막 (102) 과 실리콘막을 순차 형성한다. 그 실리콘막을 이방성etch에 의해 사면체 형상의 실리콘 (103A) 으로 가공한다.

(2) 그 후에, 도 21(b) 에 나타낸 바와 같이, 사면체 형상의 실리콘(103A) 을 마스크로 사용하여 산화 실리콘막을 기판 법선방향으로 에칭함으로써, 기둥형상의 산화 실리콘 (102A) 을 제작한다.

(3) 그 후에, 도 21(c) 에 나타낸 바와 같이, 실리콘이나 크롬을 실리콘기판 (101) 에 대하여 경사지게 증착한다. 증착시 에, 사면체형상 (삼각주) 실리콘 (103A) 의 일면이 증착원 (蒸着源) 에 대향하도록 한다. 따라서, 사면체 형상 실리콘 (103A) 의 일면과, 기둥형상의 산화 실리콘 (102A) 의 일면에 실리콘이나 크롬이 증착된다. 특히, 사면체 형상 실리콘 (103A) 의 2 면과 기둥형상의 산화 실리콘 (102A) 의 2 면에도 실리콘이나 크롬을 증착할 수 있다.

(4) 그 후에, 도 21(d) 에 나타낸 바와 같이, 기둥 형상의 산화 실리콘 (102A) 을 불화수소 산으로 제거한다. 그 결과, 도 22 에 나타낸 바와 같이, 한 장의 평판 형상의 실리콘이나 크롬으로 형성되는 탄성 경부 (104) 에 의해 지지되는 사면체 형상의 탐침이 얻어진다. 상기 탐침의 크기는 이방성 에칭에 의해 얻어지는 사면체 형상 실리콘 (103A) 과 그 사면체 형상 실리콘 (103A) 의 두께로부터 규정된다. 상술된 방식에서, 100 nm 오더의 탐침을 안정하게 제작할 수 있다. 또한, 증착면을 일면으로 하였지만, 2 면으로 하여도, 도 23에 나타낸 바와 같이, 마이크로 캡슐이나 미소개구 (105) 를 가지는 광학용 프로브나 시료 포착캡슐을 얻을 수 있다.

종래에는 예리한 광파이버를 금속으로 코팅하여, 상기 파이버의 선단부로부터 금속을 제거하는 광근접장의 발생용 개구부를 형성하는 방법을 채용하고 있었지만, 이 실시예에 의하면, 이방성 에칭에 의해서, 크기의 격차가 매우 작게 제작되는 실리콘과 산화 실리콘에 의한 구조체를 핵으로 하여, 그 주위에 실리콘이나 금속을 증착한 후 산화 실리콘을 제거한다. 따라서, 개구부의 크기가 정확히 제어된 것을 한 개, 또는 다수개 동시에 제작할 수 있다.

경사지게 증착한 박막 탄성부 (경부) 로 지지된 사면체 형상의 탐침은 정점이나 지지부에서 멀리 떨어진 코너 (corner) 를 주사형현미경의 탐침으로서 사용할 수 있다.

또한, 도 23 에 나타낸 미소 개구 (105) 를 가지는 캡슐을 10 nm 내지 1 μm 오더의 크기로 제작할 수 있고, 시료의 포착이나 광근접장의 발생용 개구로서 사용할 수 있다.

도 24 는 본 발명의 제 12 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이고, 여기서 도 24(a) 는 제 1 층의 상면도, 도 24(b) 는 제 2 층의 상면도, 도 24(c) 는 전체 진동자의 정면도, 도 24(d) 는 전체 진동자의 측면도이다.

이들 도면에 나타낸 바와 같이, 제 1 층 (111)[도 24(a) 참조] 은 피에조성 기판 (112), 표면 탄성과 발생장치 (이면에 형성되어 있음)(113), 및 상기 피에조성 기판 (112) 에는 탐침을 가진 다수의 어레이 형상에 배치되는 캔틸레버들에 대응하는 개소에 오목부 (114) 를 갖고 있다.

도 24(b) 에 나타낸 바와 같이, 제 2 층 (115) 에는 베이스부 (116), 그리고 탐침 (118) 을 가지며 상기 베이스부 (116) 로부터 돌출하는 다수의 어레이 형상에 배치되는 캔틸레버 (117) 가 형성되어 있다.

제 1 층 (111) 과 제 2 층 (115) 이 서로 중첩되어, 도 24(c) 및 도 24(d) 에 나타낸 바와 같이, 피에조성 기판 (112) 에 표면 탄성과를 면내 2 방향으로 발생시키므로, 각각의 탐침을 시료의 측정 가능영역까지 순차 근접시키는 소자 (110) 를 얻을 수 있다.

도 25 는 도 24 에 따라 제작된 탐침을 가지며 다수 어레이 형상에 배치되는 캔틸레버를 구비하는 소자에 의한 시료의 측정 시스템 구성도이다.

도 25 에서, 도면부호 121 는 시료 테이블을, 122 는 시료 테이블 (121) 에 배치된 시료를 나타내며, 상술한 탐침 (118) 을 갖는 다수의 어레이 형상에 배치되는 캔틸레버 (117) 를 구비하는 소자 (110) 를 시료 (122) 의 측정 가능영역까지 순차 근접시켜 시료 (122) 를 측정한다. 그 측정 시스템은 렌즈계 (123), 레이저 (124), 하프 미러 (125), CCD 카메라 (126), 및 상기 CCD 카메라 (126) 에 접속되는 표시 장치로서의 비디오 디스플레이 (127) 를 구비하고 있다.

도 26 는 본 발명의 제 12 실시예의 변형예에 따른 다수의 어레이 형상에 배치되는 캔틸레버들을 구비하는 소자의 기관의 상면도이다.

도 26 에 나타낸 바와 같이, 이 소자 (130) 는 피에조성 기관 (131), 상기 피에조성 기관 (131) 의 외측 4 변에 따라 형성된 표면 탄성과 발생장치 (이면에 형성되어 있음) (132, 133, 134, 및 135), 및 상기 피에조성 기관 (131) 의 중앙부에 다수의 어레이 형상으로 배치되는 캔틸레버 (136) 들을 구비한다. 도 26 은 2 차원적으로 캔틸레버가 5 × 10 개로 배치되는 예를 나타낸다.

도 26 에서 2 차원적으로 다수의 캔틸레버가 배치되는 있는 소자를 사용하여 시료를 관찰한 경우, 각각의 캔틸레버에 대응하는 간섭 캐비티가 해당 화소에 휘도를 부여하고, 전체로서 시료의 형상이나 특징을 가시화 할 수 있음을 도 27 의 설명도로부터 알 수 있다.

도 28 는 본 발명의 제 13 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 모식도이다.

도 28 에 나타낸 실시예에 있어서, 나노미터 오더의 기계 진동자 (142) 가 다수의 어레이 형상으로 배치되어 있으므로, 기관 (141) 으로서 피에조성 재료를 사용하고, 표면 탄성과를 면내 2 방향으로 전파시켜, 전파 (propagating) 파 또는 정재파에 의해 각각의 탐침 (143) 을 시료의 측정 가능범위까지 순차 근접시킬 수 있다.

다수 배치되는 기계 진동자 (142) 각각에 구동용 소자나 변위 검출용 소자를 설치하는 것은 용이하지 않다. 만약 이와 같은 기계 진동자들이 제작가능하더라도, 다수의 캔틸레버로부터 얻어지는 다수의 신호를 고속으로 처리하는 것은 곤란하다.

상기 실시예에 의하면, 다수 배치된 캔틸레버의 진동을, 캔틸레버 선단이 정적상태로 접하고 있는 면에 따라 전파시키는 표면 탄성과에 의해 여기함으로써, 시료로 향한 캔틸레버의 면에 고정된 탐침들을 시료에 근접시켜, 각각의 탐침이 시료에 접하는 위치를 캔틸레버 배면과 제 1 층 하면 사이의 레이저 간섭 캐비티로부터 얻어지는 휘도의 평균에 기초하여 측정한다.

상술된 구성에 의해, 다수의 캔틸레버를, 캔틸레버 배열의 단부에 제작한 표면 탄성과 발생 장치에 의해 순차 진동시킬 수 있고, 또한 다수의 캔틸레버가 시료에 접하는 위치들을 각 캔틸레버 마다 구성되는 레이저 간섭 캐비티의 휘도로서 측정할 수 있다. 각 간섭 캐비티의 휘도를 비디오 모니터의 각 화소의 휘도에 대응시키거나, 시료를 캔틸레버 배열에 대하여 시료 면방향으로 주사함으로써, 각 간섭 캐비티가 수개의 화소에 휘도를 부여할 수 있다. 또한, 표면 탄성과로서는 연속파나 버스트파를 사용한다. 버스트파의 주기에 의해서, 캔틸레버의 진동의 다양한 모드들중 하나를 우선적으로 선택하여 진동 여기할 수 있고, 시료가 탐침의 진동 주파수에 의해서 다른 거동을 나타내는 현상을 이용하여, 시료내의 재료특성들의 분포를 가시화할 수 있다. 특히, 본 발명은 시료의 측정과 디지털 데이터의 판독 및 기록을 포함하는 가공의 양쪽으로 사용할 수 있다.

또한, 나노미터 오더의 기계 진동자가 고정되어 있는 베이스에, 표면탄성과나 램프파를 발생시킴으로써 각 기계 진동자를 시료에 순차 근접시켜 상기 시료를 측정 또는 가공할 수 있다.

도 29 는 본 발명의 제 14 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 29 에 나타낸 바와 같이, 본 실시예의 나노미터 오더의 기계 진동자 (150) 는 베이스 (151), 플라스틱으로 이루어진 캔틸레버 (152), 및 그 캔틸레버 (152) 의 선단에 부착된 탐침 (153) 을 포함한다. 상기 캔틸레버 (152) 는 줄무늬 모양형태로 자화한 자성체 분말을 함유한다. 즉, 캔틸레버의 축방향을 교차하는 방향으로 자화한 자성분말을 함유한 플라스틱을 주 재료로 하는 캔틸레버 (152) 이다.

이 실시예에 의하면, 캔틸레버 내부에 특정한 방향이나 모양으로 자화한 자성분말을 함유시킴으로써, 외부의 교변자계에 의해서 캔틸레버의 고차 (高次) 진동을 우선적으로 여기할 수 있다.

도 30 은 본 발명의 제 15 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 30 에 나타낸 바와 같이, 본 실시예의 나노미터 오더의 기계 진동자 (160) 는, 베이스 (161), 플라스틱으로 이루어진 캔틸레버 (162), 및 그 캔틸레버 (162) 의 선단에 부착된 탐침 (163) 을 포함하며, 상기 캔틸레버 (162) 는 위스커 결정을 특정한 방향이나 모양으로 함유한다. 즉, 캔틸레버의 축방향으로 정렬한 위스커 결정을 함유하는 플라스틱을 주 재료로 하는 캔틸레버 (162) 이다.

이 실시예에 의하면, 캔틸레버 내부에 특정한 방향이나 모양으로 위스커 결정을 함유함으로써, 캔틸레버에, 일정재료로 이루어지는 캔틸레버로서는 얻어지지 않은 기계특성이나 전기특성의 이방성을 부여할 수 있다.

도 31 는 본 발명의 제 16 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 31 에 나타낸 바와 같이, 본 실시예의 나노미터 오더의 기계 진동자 (170) 는 베이스 (171) 에 배치되는 캔틸레버 (174) 의 선단에 탐침 (반대측)(175) 을 붙인 것이다. 그 캔틸레버 (174) 는 가이드 (173) 에 의해서 안내된다. 베이스 (171) 에 배치되는 액추에이터로서의 표면 탄성과 발생장치 (172, 176) 를 2 개 배치한다. 따라서, 캔틸레버 (174) 가 변위가능하므로, 그 캔틸레버 (174) 의 실효 길이를 변화시킬 수 있다.

이 실시예에 의하면, 주사형역현미경으로 길이가 일정한 캔틸레버를 사용하여 시료를 관찰한 경우, 시료의 재료특성의 분포를 캔틸레버의 진동의 고차 모드의 발생방식에 기초하여 조사할 수 있다. 그러나, 캔틸레버의 길이가 일정한 경우, 이산적인 주파수에서만 측정할 수 있다. 가변 길이를 가지는 캔틸레버를 실현함으로써, 캔틸레버의 진동주파수의 연속적, 또는 폭넓은 주파수 대역으로 소인(掃引) 가능하게 되어, 시료 특성의 보다 정밀한 측정, 지금까지 관찰할 수 없던 시료내의 재료 특성의 작은 분포를 가시화 할 수 있다.

도 32는 본 발명의 제 17 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 구성도이다.

도 32에 나타난 바와 같이, 본 실시예의 나노미터 오더의 기계 진동자(180)는 베이스(181)에 배치되는 캔틸레버(183)의 일단부에 정전흡착이 가능한 흡착용 전극열(182)을 배치하고, 캔틸레버(183)의 어디를 베이스(181)에 흡착시키는 가를 선택함으로써, 그 캔틸레버(183)가 변위 가능하므로, 그 캔틸레버(183)의 실효 길이를 변화시킬 수 있다. 또한, 도면부호 184는 탐침을, 185는 가이드를, 186은 표면 탄성과 발생장치를 나타낸다.

또한, 캔틸레버의 길이가 가변인 경우, 그 기본 진동주파수와 고차모드를 소인하는 것이 가능해진다. 이와 같은 캔틸레버의 베이스 부에 표면 탄성과 발생소자를 제작함으로써, 기본 진동 주파수와 고차모드를 넓은 주파수대역으로 소인할 수 있다.

도 33 내지 36은 본 발명의 제 18 실시예에 따른 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조공정도이다.

(1) 먼저, 도 33(a)에 나타난 바와 같이, Si 층(203)(막 두께: 1 내지 3 μm), SiO₂ 층(202), 및 Si 층(201)의 3층으로 이루어지는 SOI(silicon on insulator) 웨이퍼를 준비한다. Si 층(203)의 막두께를 1 내지 3 μm로 하여, 캔틸레버의 매스가 되는 삼각추(203F)(후술의 도 36 참조)의 크기를 정한다.

(2) 그 후에, 도 33(b)에 나타난 바와 같이, LPCVD 법에 의해 Si 층(203) 상에 Si₃N₄ 막(204)(막 두께: 20 nm)을 증착한다.

(3) 그 후에, 도 33(c)에 나타난 바와 같이, (100) 방향으로 직사각형 레지스트를 도포하고, RIE(반응성 이온 에칭)로 Si₃N₄ 막(204)을 에칭하고, Si₃N₄ 막(204A)을 형성한다.

(4) 그 후에, 도 33(d)에 나타난 바와 같이, 상기 에칭된 Si₃N₄ 막(204A)을 마스크로 사용하여, KOH 또는 RIE로 상부 Si 층(203)을 에칭한다. 이 때, 에칭시간에 주의하여 상부 Si 층(203)을 100 내지 200 nm 정도 남긴다. 이 때 남겨진 Si 층(203B)의 막 두께가 캔틸레버의 스프링의 두께를 결정한다. 특히, 후술하는 단계(5) 및(8) 각각의 열산화에 의해 Si 층(203B)의 막 두께가 30 nm, 즉 전체적으로 막두께가 60 nm 정도 감소하는 것을 고려한다.

(5) 그 후에, 도 34(a)에 나타난 바와 같이, Si 국부 산화(LOCOS)에 의한 Si 열산화를 행하여, Si 산화막(203D)을 형성한다.

(6) 그 후에, 도 34(b)에 나타난 바와 같이, (010) 방향으로 직사각형 레지스트를 도포하고, RIE로 Si₃N₄ 막(204A)을 에칭하여, Si₃N₄ 막(204B)를 형성한다.

(7) 그 후에, 도 34(c)에 나타난 바와 같이, Si₃N₄ 막(204B)와 도 34(a)의 공정에서 형성한 Si 산화막을 마스크로 사용하여, KOH에 의해 상부 Si 층(203)의 이방성 에칭을 한다. Si₃N₄ 막(204B)의 네 코너를 교차하는 {111}면이 노출하는 경우, 하부의 SiO₂ 층(중간산화막)(202)이 나타난다. 더욱 KOH에 의한 이방성 에칭을 진행하여, Si 층(203B)의 A의 부분을 (010) 방향으로 에칭한다. 이것이 캔틸레버의 스프링의 길이를 결정한다. 에칭시에, {111}면은 에칭되지 않기 때문에, 에칭은 각각 캔틸레버의 매스가 되는 삼각추(203F)(후술의 도 36 참조)의 위치 및 크기에 영향을 주지 않는다.

(8) 그 후에, 도 35(a)에 나타난 바와 같이, Si 국부 산화(LOCOS)에 의한 Si 열산화를 행한다.

(9) 그 후에, 도 35(b)에 나타난 바와 같이, H₃PO₄에 의해 Si₃N₄ 막(204B)을 제거하여, Si 층(203E)의 상부를 노출시킨다.

(10) 그 후에, 도 35(c)에 나타난 바와 같이, 도 34(a)와 도 35(a)의 공정에서 형성한 산화막을 마스크로 사용하여, KOH에 의해 Si 층(203E)의 이방성 에칭을 행한다. 따라서, Si₃N₄ 막(204B)의 네 코너를 기점으로 하는 {111}면이 형성된다. 이들 면은 도 34(c)의 공정에서 형성된 {111}면에 대하여 90°회전한 방향을 하고 있다. 하부의 SiO₂ 층(202)이 나타난다. 또한, KOH에 의한 이방성 에칭을 더 진행하여, Si 층(203B)의 C부분을 도 34(c)의 공정에서 형성한 부분 A의 길이와 같은 길이가 되도록, 상기 C부분을 (010) 방향으로 에칭한다. 이것이 캔틸레버의 스프링의 길이를 결정한다. 에칭시에, {111}면은 에칭이 진행하지 않기 때문에, 에칭은 각각 캔틸레버의 매스가 되는 Si 삼각추(203F)(후술의 도 36 참조)의 위치 및 크기에 영향을 주지 않는다.

(11) 그 후에, 도 36(a)에 나타난 바와 같이, 각각 도 34(a)와 도 35(a)의 공정들에서 형성되며, 도 34(c)와 도 35(c)의 공정에서 KOH 이방성 에칭의 마스크로서 기능하는 산화막(LOCOS)들을 제거한다.

(12) 최종적으로, 도 36(b)에 나타낸 바와 같이, (100) 방향으로 평행하게 패터닝한 후, SiO₂를 BHF로 에칭하여, 마스크가 되는 Si 삼각추 (203F)를 Si층 (203B)으로 지지하는 캔틸레버를 오버행 형상으로 형성한다.

또한, 이 단계 (12)를 도 37 및 도 38를 참조하여 상세히 설명한다.

- ① 먼저, 도 37(a) 및 도 38(a)에 나타낸 바와 같이, Si 삼각추 (203F)가 Si층 (203B)으로 지지되는 구조가 형성된다.
- ② 그 후에, 도 37(b)에 나타낸 바와 같이, BHF에 건디고 이후에 선택적으로 제거할 수 있는 Cr막 (205)등을 예를 들어 스퍼터링에 의해 성막한다.
- ③ 그 후에, 도 37(c)에 나타낸 바와 같이, (100) 방향에 평행하게 Cr막 (205)을 패터닝한다.
- ④ 그 후에, 도 37(d) 및 도 38(b)에 나타낸 바와 같이, SiO₂층 (202)을 RIE로 수직에칭한다.
- ⑤ 그 후에, 도 37(e)에 나타낸 바와 같이, BHF로 SiO₂층 (202)을 수평방향으로 에칭하여 캔틸레버 형상을 오버행 형상으로 형성한다.
- ⑥ 그 후에, 도 37(f) 및 도 38(c)에 나타낸 바와 같이, Cr막 (205)을 HY로 제거한다.

도 39는 본 발명의 제 19 실시예에 따른 칩의 최선(最先) 단부에 삼각추 탐침의 진동자를 가지는 캔틸레버를 나타내는 도면이다.

도 39에 나타낸 바와 같이, KOH에 의한 실리콘의 이방성 에칭을 이용하여, 예를 들어 핀셋 등에 의해 핸들링 가능한 밀리미터 오더의 칩의 최선 단부 (301)에, 삼각추 탐침을 갖는 진동자 (302)를 1개 배치할 수 있다. 즉, 삼각추 탐침을 갖는 다수의 캔틸레버 (303)를 형성할 수 있다. 따라서, 최선 단부에 가까운 캔틸레버 (303)들중 1개를 시료와 작용시키는 것이 가능하다.

도 40 내지 도 43는 본 발명의 제 20 실시예에 따른 평행 스프링지지 진동자의 제조공정도이다.

- (1) 먼저, 도 40(a)에 나타낸 바와 같이, Si층 (203)(막 두께 : 1 내지 3 μ m), SiO₂층 (202), 및 Si층 (201)의 3층으로 이루어지는 SOI (Silicon on insulator) 웨이퍼를 준비한다. Si층 (203)의 막 두께는 1 내지 3 μ m이므로, 이것이 평행 스프링 지지 진동자의 마스크가 되는 연결 삼각추의 크기를 결정한다.
- (2) 그 후에, 도 40(b)에 나타낸 바와 같이, LPCVD법에 의해 Si층 (203)상에 Si₃N₄막 (204)(막 두께 : 20 nm)을 증착한다.
- (3) 그 후에, 도 40(c)에 나타낸 바와 같이, (100) 방향으로 직사각형 레지스트를 도포하고, RIE (반응성 이온 에칭)로 Si₃N₄막 (204)을 에칭하고, Si₃N₄막 (204A)을 형성한다.
- (4) 그 후에, 도 40(d)에 나타낸 바와 같이, Si₃N₄막 (204A)을 마스크로 사용하여, KOH 또는 RIE로 상부 Si층 (203)을 에칭한다. 이 때에, 에칭시간에 주의하여 상부 Si층 (203)을 (010) 방향으로 에칭을 진행한다. 이 때 남겨진 Si층 (203B)의 폭이 평행 스프링 지지 진동자의 마스크가 되는 연결 삼각추의 폭을 결정한다. 그 남겨진 Si층 (203B)의 폭이 충분히 좁지 않은 경우, 마스크가 되는 연결 삼각추가 분리되어, 최종 단계에서 평행스프링 지지 진동자를 얻을 수 없다. 따라서, 그 남겨진 Si층 (203B)의 폭을 신중하게 제어하여야 한다.
- (5) 그 후에, 도 41(a)에 나타낸 바와 같이, Si 국부 산화 (LOCOS)에 의한 Si 열산화를 행한다.
- (6) 그 후에, 도 41(b)에 나타낸 바와 같이, (010) 방향으로 직사각형 레지스트를 도포하고, RIE로 Si₃N₄막 (204A) [도 41(a)]을 에칭하여, Si₃N₄막 (204B)을 형성한다.
- (7) 그 후에, 도 41(c)에 나타낸 바와 같이, Si₃N₄막 (204B)과 도 41(a)의 공정에서 형성한 Si 산화막을 마스크로 사용하여, KOH에 의해 상부 Si층 (203)의 이방성 에칭을 행한다. KOH에 의한 Si의 에칭으로는 Si {111}면이 에칭되지 않기 때문에, Si₃N₄막 (204B)의 네 코너를 교차하는 Si {111}면이 노출하고, 하부의 SiO₂층 (202)이 나타난다.
- (8) 그 후에, 도 41(d)에 나타낸 바와 같이, Si 국부 산화 (LOCOS)에 의한 Si 열산화를 행한다.
- (9) 그 후에, 도 42(a)에 나타낸 바와 같이, H₃PO₄에 의해 Si₃N₄막 (204B)을 제거하여, Si층 (203E)의 상부를 노출시킨다.

(10) 그 후에, 도 42(b)에 나타낸 바와 같이, 도 41(a)와 도 41(d)의 공정에서 형성한 산화막을 마스크로 사용하여, KOH에 의해 Si 층(203E)의 이방성 에칭을 행한다. 따라서, Si₃N₄막(204B)의 네 코너를 기점으로 하는 {111}면이 형성된다. 이들 면은 도 41(c)의 공정에서 형성된 {111}면에 대하여 90°회전한 방향을 하고 있다. 하부의 SiO₂층(202)이 나타난다. 따라서, 평행 스프링 지지 진동자의 매스가 되는 연결 삼각추(203F)가 형성된다.

(11) 그 후에, 도 42(c)에 나타낸 바와 같이, 각각 도 41(a)와 도 41(d)의 공정에서 형성되고, 도 41(c)와 도 42(b)의 공정에서 KOH 이방성 에칭의 마스크로서 기능하는 산화막(LOCOS)을 제거한다.

(12) 그 후에, 도 42(d)에 나타낸 바와 같이, 연결 삼각추(203F)를 마스크로 사용하고, RIE(CHF₃가스)에 의해 SiO₂층(202)을 에칭한다. 중간산화막(202)은 연결 삼각추(203F)의 상면 형상과 같은 단면도를 가지는 SiO₂칼럼(202A)으로 에칭된다.

(13) 그 후에, 도 43(a)에 나타낸 바와 같이, 폴리실리콘과 같은 재료로 구성되고, 스프링으로서의 양호한 기계특성을 가지며, BHF 에칭을 견디는 Cr막(205)을 연결 삼각추(203F)와 SiO₂칼럼(202A)에서(010)방향으로 평행하게 스퍼터링이나 진공증착 등으로 경사 증착한다. 연결 삼각추(203F)와 SiO₂칼럼(202A)에는 상기 막(205)의 부분(205A)만이 증착되어, 이것이 해당 평행 스프링 지지 진동자의 스프링이 된다.

(14) 그 후에, 도 43(b)에 나타낸 바와 같이, 연결삼각추(203F)와 SiO₂칼럼(202A)에(010)방향으로 평행하게 도 43(a)의 공정에 형성한 막(205)의 면과 역방향으로, 같은 물질을 같은 막두께로 경사 증착한 막(206)을 형성한다. 연결 삼각추(203F)와 SiO₂칼럼(202A)에는 막(206)의 부분(206A)만 증착하여, 이것이 평행스프링 지지 진동자의 또 다른 스프링이 된다.

(15) 최종적으로, 도 43(c)에 나타낸 바와 같이, SiO₂칼럼(202A)을 BHF로 제거한다. 이것으로서 연결 삼각추(203F)를 매스로 하고, 도 43(a) 및 도 43(b)의 공정에서 증착한 막(205A, 206A)들을 스프링으로 하는 평행스프링 지지 진동자가 완성된다.

도 44 내지 도 47는 본 발명의 제 21 실시예에 따른 평행스프링 지지 진동자의 제조공정도이다.

(1) 먼저, 도 44(a)에 나타낸 바와 같이, Si 층(203)(막 두께: 1 내지 3 μm), SiO₂층(202), 및 Si 층(201)의 3층으로 이루어지는 SOI(silicon on insulator) 웨이퍼를 준비한다. Si 층(203)의 막 두께는 1 내지 3 μm 이고, 이것이 평행 스프링 지지 진동자의 매스가 되는 연결 삼각추의 크기를 결정한다. 이후에, LPCVD 법에 의해 Si 층(203)상에 Si₃N₄막(204)(막 두께: 20 nm)을 증착한다.

(2) 그 후에, 도 44(b)에 나타낸 바와 같이, (100)방향으로 직사각형 레지스트를 도포하고, RIE로 Si₃N₄막(204)을 에칭하여, Si₃N₄막(204A)을 형성한다.

(3) 그 후에, 도 44(c)에 나타낸 바와 같이, Si₃N₄막(204A)을 마스크로 사용하여, KOH로 상부 Si 층(203)을 에칭한다. KOH에 의한 Si 에칭시에는 Si {111}면이 에칭되지 않기 때문에, 상기 에칭된 Si₃N₄막(204A)에 평행하게 Si {111}면이 노출한다. 하부의 SiO₂층(202)이 나타난다.

(4) 그 후에, 도 44(d)에 나타낸 바와 같이, Si 국부 산화(LOCOS)에 의한 Si 열산화를 행한다. 도 44(d)의 공정에서 노출한 Si {111}면의 표층(表層)만이 산화되어 SiO₂막(203B)이 된다.

(5) 그 후에, 도 45(a)에 나타낸 바와 같이, H₃PO₄에 의해 Si₃N₄막(204A)을 제거하여, Si 층(203A)의 상부를 노출시킨다.

(6) 그 후에, 도 45(b)에 나타낸 바와 같이, 도 44(d)의 공정에서 형성한 Si 산화막을 마스크로 사용하여, KOH에 의해 상부 Si 층(203A)의 이방성 에칭을 행한다. KOH에 의한 Si 에칭시에는, Si {111}면은 에칭되지 않기 때문에, 도 44(c)의 공정에서 형성된 Si {111}면과 반대방향의 Si {111}면을 가지는 Si 와이어(203C)가 형성된다.

(7) 그 후에, 도 45(c)에 나타낸 바와 같이, Si 국부 산화(LOCOS)에 의한 Si 열산화를 행한다. 도 45(b)의 공정에서 노출한 Si {111}면의 표층만이 산화되어 SiO₂막(203D)이 된다.

(8) 그 후에, 도 45(d)에 나타낸 바와 같이, 도 45(b)의 공정에서 형성된 Si 와이어(203C)에 수직방향으로 레지스트(205B)를 도포한다. 상기 레지스트층의 폭이 평행스프링 지지 진동자의 매스의 길이를 결정한다.

(9) 그 후에, 도 46(a)에 나타낸 바와 같이, 도 45(d)의 공정에서 도포된 레지스트(205B)를 마스크로 사용하여, 산화막(203B, 203D)을 패터닝한다.

(10) 그 후에, 도 46(b)에 나타낸 바와 같이, 산화막(203E, 203F)을 마스크로 사용하여, 도 46(a)의 공정에서 노출한 Si 와이어(203C)를 KOH로 에칭한다. 그 결과, Si 와이어(204C)와 수직하는 Si {111}면이 노출한다.

(11) 그 후에, 도 46(c)에 나타낸 바와 같이, 도 44(d)와 도 45(c)의 공정에서 형성한 산화막을 제거한다.

(12) 그 후에, 도 46(d)에 나타낸 바와 같이, 4개의 Si {111} 면으로 둘러싸인 입체(立體) (203G)를 마스크로 사용하여, RIE (CHF₃ 가스)에 의해 SiO₂층 (202)을 에칭한다. 중간 산화막 (202)은 입체 (203G)의 상면 형상과 같은 단면도를 가지는 SiO₂ 칼럼 (202A)으로 에칭된다.

(13) 그 후에, 도 47(a)에 나타낸 바와 같이, 스프링으로서의 양호한 기계특성을 가지며 BHF 에칭에 견디는 예를 들어 폴리실리콘으로 구성된 막 (206)을, Si의 입체 (203G)와 SiO₂ 칼럼 (202A)에서 (110) 방향으로 평행하게 스퍼터링이나 진공증착 등으로 경사 증착한다. Si의 입체 (203G)와 SiO₂ 칼럼 (202A)에는 막 (206)의 부분 (206A)만이 증착되어, 이것이 평행스프링 지지 진동자의 스프링이 된다.

(14) 그 후에, 도 47(b)에 나타낸 바와 같이, Si의 입체 (203G)와 SiO₂ 칼럼 (202A)에 (110) 방향으로 평행하게 도 47(a)의 공정에서 형성한 막 (206)의 면과 역방향으로, 같은 물질을 같은 막 두께로 경사 증착한 막 (207)을 형성한다. Si의 입체 (203G)와 SiO₂ 칼럼 (202A)에는 상기 막 (207)의 부분 (207A)만 증착되어, 이것이 평행 스프링 지지 진동자의 또 다른 스프링이 된다.

(15) 최종적으로, 도 47(c) 및 도 47(d)에 나타낸 바와 같이, SiO₂ 칼럼 (202A)을 BHF로 제거한다. 이로써 Si의 입체 (203G)를 마스크로 하고, 도 47(a) 및 도 47(b)에서 증착한 막 (206A, 207A)을 스프링으로 하는 평행 스프링 지지 진동자가 완성된다.

(16) 특히, 도 47(c) 및 도 47(d)에 나타내는 바와 같이, 평행 스프링 지지 진동자의 마스크가 되는 Si의 입체 (203G)의 상부는 절단된 사각추 형상이지만 제작도 가능하다.

상술한 제 20, 제 21 실시예에 나타낸 바와 같이, 경사 증착을 180° 대향하는 방향으로 하여, 2개의 평 스프링으로 이루어지는 평행스프링으로 탐침 매스나 평면을 갖는 매스를 지지할 수가 있다.

이와 같이 구성함으로써, 엄밀한 병진(並進) 변위를 생기게 하는 탐침이나 입방체의 지지 기구를 실현할 수 있다. 또한, 다중기판을 사용하여, 평행 스프링이 서로 직교하는 구조를 제작함으로써, 1 자유도의 병진 변위 기구 뿐만 아니라 다(多) 자유도의 병진 변위 기구가 실현 가능하다. 이것에 의해 나노영역에서 마이크로 영역까지의 범위내에, 초정밀 위치 결정이나 움직임의 자유도를 구속하는 물성(物性) 실험을 할 수 있다.

상술한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 주사형역현미경에 있어서, 비약적으로 힘이나 질량변화의 검출분해능을 향상시킬 수 있다. 즉, 안정한 나노미터 오더의 기계 진동자를 갖는 탐침을 제작할 수가 있다.

또한, 얻어진 기계 진동자의 정·동적 특성을 평가하여, 검출 가능한 힘이나 질량의 분해능을 얻을 수 있다.

또한, 상술한 방식으로 제작한 진동자를 탐침으로 사용하는 주사형역현미경을 실현하고, 원자를 한 개 및 클러스터로 주사하여, 이에 따르는 진동자형 탐침의 고유진동수 변화를 검출할 수 있어, 원자 동정(同定)의 가능성을 조사할 수 있다. 또한, 통상의 주사형역현미경으로서의 성능을 평가할 수가 있다.

또한, 본 발명은 상기 실시예로 한정되는 것이 아니라, 본 발명의 취지에 따라서 여러 가지 변형이 가능하고, 이들을 본 발명의 범위로부터 배제하지 않는다. 이상, 상세히 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면 이하와 같은 효과를 성취할 수 있다.

(1) 비약적으로 나노미터 오더의 힘이나 질량 변화의 검출분해능을 갖는 안정하며 감도가 높은 나노미터 오더의 기계 진동자, 그 제조 방법 및 이를 사용하는 측정장치를 제공할 수 있다.

(2) 얻어진 기계 진동자의 정·동적 특성을 평가하여, 검출 가능한 힘이나 질량의 분해능을 얻을 수 있다.

(3) 상술한 방식으로 제작한 진동자를 탐침으로 사용하는 주사형역현미경을 실현하고, 원자를 한 개 및 클러스터로 주사하여, 이에 따르는 진동자형 탐침의 고유진동수 변화를 검출할 수 있다.

(4) 나노진동자에 의해 얻어지는 비약적인 힘 검출 감도를 이용함으로써, 나노카본 튜브나 위스커 결정과 같은 나노미터 오더의 미세한 튜브나 위스커 결정을 탐침으로서 사용하여, 그 미세한 탐침을 파괴하는 일없이, 표면의 주사나 물질의 조작을 행할 수 있다.

(5) 진동자를 진자(振子)로서 사용하지 않은 경우에도, 매스가 매우 작기 때문에, 입자가 매스와 충돌하면 큰 변위가 생겨, 이것을 측정할 수 있다.

(6) 다수 배치되는 기계 진동자 각각에 구동용 소자나 변위 검출용 소자를 통합하는 것은 용이하지 않고, 만약 이와 같은 기계 진동자들이 제작 가능하더라도, 다수의 캔틸레버로부터 얻어지는 다수의 신호를 고속으로 처리하는 것은 곤란하다.

본 발명에 의하면, 다수 배치되는 캔틸레버의 진동을 캔틸레버 선단이 정적상태로 접하고 있는 면 또는 캔틸레버의 베이스부에 전과시키는 표면탄성파에 의해 여기함으로써, 시료로 향한 캔틸레버의 면에 고정된 탐침을 시료에 근접시켜, 탐침

이 시료에 접하는 위치를 캔틸레버 배면과 제 1 층 하면 사이에 형성되는 레이저 간섭 캐비티로부터 얻어지는 휘도의 평균에 기초하여 측정한다. 이것에 의해, 다수의 캔틸레버를, 캔틸레버 배열의 단부나 측 후방에 제작한 표면 탄성과 발생장치에 의해 순차 진동시키는 것이 가능하게 되고, 또한 다수의 캔틸레버가 시료와 접하는 위치를 각 캔틸레버마다 구성되는 레이저 간섭 캐비티의 휘도로서 측정할 수 있다. 각 레이저 간섭 캐비티의 휘도를 비디오 모니터의 해당 화소의 휘도에 대응시키거나, 시료를 캔틸레버 배열에 대하여 시료면 방향으로 주사함으로써, 각 간섭 캐비티가 몇몇 화소에 휘도를 부여하는 것이 가능해진다. 특히, 표면 탄성파로서는 연속파나 버스트파를 사용한다. 버스트파의 주기에 의해서, 캔틸레버의 진동의 여러가지 모드들중 하나를 우선적으로 선택하여 진동 여기하는 것이 가능하고, 시료가 탐침의 진동 주파수에 의해서 다른 거동을 나타내는 현상을 이용하여, 시료내의 재료 특성의 분포를 가시화 할 수 있다. 또한, 본 발명은 시료 측정과 시료 가공 양쪽을 이용할 수 있다.

(7) 나노미터 오더의 기계 진동자가 고정되어 있는 베이스에, 표면 탄성파나 램프파를 발생시킴으로써, 각 기계 진동자를 시료에 순차 근접시켜, 시료의 측정이나 가공을 행할 수 있다.

(8) 캔틸레버 내부에 특정한 방향이나 모양으로 자화한 자성 분말을 함유함으로써, 외부의 교번자계에 의한 캔틸레버의 고차 진동을 우선적으로 여기할 수 있다.

(9) 캔틸레버 내부에 특정한 방향이나 모양으로 위스커 결정을 함유함으로써, 캔틸레버에, 일정 재료로 이루어지는 캔틸레버로서는 얻어지지 않는 기계 특성이나 전기 특성의 이방성을 부여할 수 있다.

(10) 주사형역현미경으로, 길이가 일정한 캔틸레버를 사용하여 시료의 관찰을 행한 경우, 시료의 재료 특성의 분포를, 캔틸레버의 진동의 고차모드의 발생 방식에 기초하여 조사할 수 있다. 그러나, 캔틸레버의 길이가 일정한 경우 이산적인 주파수 측정만이 가능하였다. 본 발명에 있어서 가변 길이의 캔틸레버를 실현함으로써, 캔틸레버의 진동주파수의 연속적 또는 폭넓은 주파수대역으로 소인이 가능하게 되어, 시료특성을 보다 정밀하게 측정할 수 있고, 지금까지 관찰할 수 없었던 시료내의 재료특성의 작은 분포를 가시화 할 수 있다.

(11) 현재, 캔틸레버의 고차 모드의 진동의 여기에는, 캔틸레버의 베이스부에 부착된 피에조 소자 등의 진동소자를 사용하고 있다. 본 발명은 용이하게 고주파 진동의 여기가 가능한 표면 탄성과 소자를 캔틸레버의 베이스부에 제작하여, 표면 탄성파를 캔틸레버내에 전파시킴으로써 탐침을 소정의 주파수로 진동시키는 것이다. 이것에 의해, 주파수가 다른 시료의 특성을 검출할 수 있다.

(12) 캔틸레버의 길이가 가변인 경우, 그 기본 진동 주파수와 고차모드를 소인하는 것이 가능해진다. 따라서, 이와 같은 캔틸레버의 베이스부에 표면탄성과 발생소자를 제작함으로써, 기본 진동 주파수와 고차모드를 넓은 주파수대역으로 소인할 수 있다.

(13) 반도체 기관의 절연막상에 오버행 형상으로 외부로 돌출하는 삼각추 형상의 탐침을 형성함으로써, 단결정 실리콘의 결정성에 의해 나노미터 오더의 진동자를 소망의 형상과 치수 정밀도를 가지도록 제작할 수 있다. 이 경우, 캔틸레버는 기관과 평행하기 때문에, 광학적 진동 여기나 검출 및 표면 탄성과 등이 양호한 커플링을 기대할 수 있다.

(14) 반도체 기관상에 오버행 형상으로, 내부로부터 돌출하여 서로 연결되는 2 개의 삼각추 형상의 탐침 또는 돌출된 삼각기둥 형상의 탐침이나 사각추 형상의 매스를 갖는 평행 스프링 지지부를 형성함으로써, 정확한 병진 변위가 실현가능하다.

본 발명은, 안정하고 감도가 높은 주사형역현미경으로서 적합하고, 또한 질량 분석 센서로의 용도로도 기대할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

- (a) 베이스;
- (b) 직사각형상의 진동자 매스; 및
- (c) 상기 베이스와 상기 직사각형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 가진 경부(頸部)로서, 주축과 직교하는 면을 따라 절단된 경우에 직사각형상의 단면을 가지는 상기 경부를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 2.

- (a) 실리콘기관, 제 1 산화 실리콘막, 실리콘막, 및 제 2 산화 실리콘막으로 구성된 기관을 제조하는 단계;
- (b) 상기 제 2 산화 실리콘막상에 금속막을 형성하는 단계;
- (c) 상기 금속막상에 직사각형상의 마스크를 형성하는 단계;
- (d) 상기 마스크와 용액을 사용하여 상기 금속막을 에칭하는 단계; 및

(e) 상기 제 2 산화 실리콘막, 상기 실리콘막, 상기 제 1 산화 실리콘막, 및 상기 실리콘기판을 순차 반응성 이온에칭에 의해 수직에칭하는 단계를 포함하며,

(g) 주축과 직교하는 면에 따라 절단된 경우에, 상기 제 1 산화 실리콘막의 에칭에 의해 직사각형상의 단면을 가지는 경부를 형성하는 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법.

청구항 3.

a) 베이스, 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비하는 나노미터 오더의 기계 진동자;

(b) 상기 진동자 매스상에 형성되는 박막형상의 시료; 및

(c) 상기 박막형상의 시료를 관찰하는 고정탐침을 구비하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 4.

(a) 베이스;

(b) 사면체 형상의 진동자 매스; 및

(c) 상기 베이스와 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 5.

(a) 실리콘 기판, 산화 실리콘막, 및 실리콘막으로 구성된 기판을 준비하는 단계;

(b) 실리콘막의 이방성 에칭에 의해, 상기 산화 실리콘막상에 사면체형상의 진동자 매스를 형성하는 단계;

(c) 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 마스크로 사용하여 반응성이온 에칭에 의해 상기 산화 실리콘막을 수직에칭하는 단계; 및

(d) 상기 산화 실리콘막의 에칭에 의해 탄성을 갖는 경부를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법.

청구항 6.

(a) 베이스, 사면체 형상의 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 사면체형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 시료표면에 대하여 수직방향으로 진동시켜, 상기 시료의 표면상태를 관찰하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 7.

(a) 베이스, 사면체 형상의 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 구비하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 시료표면에 대하여 수평방향으로 진동시켜, 상기 시료의 표면상태를 관찰하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 8.

(a) 베이스, 사면체 형상의 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경우를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 상기 사면체 형상의 진동자 매스를 직각 프리즘의 표면에 근접하게 수직방향으로 배치하고, 상기 프리즘으로 들어오는 레이저빔을 상기 직각 프리즘 표면에서 전반사시켜 근접장광(近接場光)의 장(場)을 발생시키고, 상기 진동자의 진동 주파수로 상기 근접장을 교란시켜 생기는 전파광을 수광소자로 집광하여 상기 진동자의 진동진폭과 진동주파수를 검출하는 것을 특징으로 하는 것을 측정장치.

청구항 9.

(a) 베이스, 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 진동자매스를 연결하는 탄성을 갖는 경우를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 상기 진동자 매스에 나노 튜브나 위스커로 형성되는 탐침을 고정하고, 상기 탐침과 시료와의 상호작용을 검출하여 상(像)을 얻는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 10.

(a) 베이스상에 배치된 복수의 진동자 매스, 상기 베이스와 상기 각각의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경우를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 상기 진동자 매스들 각각에 기능성 박막을 부착하여, 기체 시료내의 미량의 물질을 검출하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 11.

(a) 베이스상의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경우를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 상기 나노미터 오더의 기계 진동자에 광 파이버의 코어를 고정하고, 상기 진동자를 시료에 대응시켜 상기 시료에 의해 작용하는 상기 진동자 매스의 진동을 광학적으로 검출하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 12.

(a) 베이스상의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경우를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 진공중에서 상기 나노미터 오더로 초점을 맞춘 전자빔을 전극으로부터 상기 진동자에 조사하고, 상기 진동자의 베이스는 도전성을 가지며, 상기 진동자의 일부가 피에조 효과를 나타내며, 전자빔 조사에 의해 흐르는 전류와 상기 전류에 의해 발생하는 상기 진동자의 변위에 의해 상기 진동자는 자력진동을 발생시키며, 상기 진동자로부터 흐르는 전류의 변화를 고주파 전류검출기에 의해 검출함으로써 상기 진동자의 진동 진폭과 진동 주파수를 검출하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 13.

(a) 베이스상의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경우를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 솔리드 이머전 렌즈(solid immersion lens)를 사용하여 굴곡한계 이상으로 맞추어진 광의 스폿을 상기 나노미터 오더의 진동자의 베이스 부근에 형성하고, 복귀광에 기초하여 상기 진동자의 진동 진폭과 진동 주파수를 검출하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 14.

(a) 베이스상의 진동자매스 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경우를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 상기 진동자를 Sb 로 이루어진 마스크층을 가지는 적층기판상에 고정하고, 상기 마스크층에 레이저빔을 조사하여 상기 마스크의 일부를 변화시킴으로써, 나노미터 오더의 개구가 형성된 것과 같은 상태를 설정하여, 상기 진동자만의 진동 신호를 검출하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 15.

(a) 피에조성 기관, 진동자 매스, 및 상기 기관과 상기 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 상기 피에조성 기관에 빗 (comb) 형상 전극을 배치하고 상기 전극에 교류전압을 인가하여 발생한 표면탄성파를 이용하여 상기 진동자의 진동을 여기시키는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 16.

(a) 베이스상의 복수의 진동자 매스 및 상기 베이스와 상기 각각의 진동자 매스를 연결하는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 입자가 상기 진동자와 충돌하는 경우에 발생하는 상기 진동자 매스의 변위를 운동량 보존법칙에 따라 측정하여 입자 속도를 검출하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 17.

(a) 베이스, 진동자 매스, 및 상기 베이스와 상기 진동자 매스를 연결하며 실리콘 위스커로 형성되는 탄성을 갖는 경부를 포함하는 나노미터 오더의 기계 진동자를 구비하며,

(b) 가속도나 힘을 측정하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 18.

(a) 실리콘 기판상에 산화 실리콘막과 실리콘막을 순차 형성하는 단계;

(b) 상기 실리콘막을 이방성 에칭에 의해 사면체형상의 실리콘을 형성하는 단계;

(c) 상기 사면체 형상의 실리콘을 마스크로 사용하여 기관 법선방향으로 상기 산화 실리콘막을 에칭하여, 기둥형상의 산화실리콘을 형성하는 단계;

(d) 실리콘이나 금속을 상기 실리콘 기판에 대하여 경사지게 증착하여 증착막을 형성하는 단계; 및

(e) 상기 기둥형상의 산화 실리콘을 제거하여, 사면체 형상의 탐침을 지지하며 평판형상의 실리콘이나 금속의 증착막으로 이루어진 탄성을 갖는 경부를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자의 제조방법.

청구항 19.

제 18 항에 있어서,

상기 경부는 2 장의 평판 형상의 실리콘이나 금속의 증착막으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 제조방법.

청구항 20.

표면 탄성과 발생장치를 가지며 피에조성 기관으로 형성되는 제 1 층; 및

탐침을 가지며, 베이스 부에서 돌출하는 다수의 어레이 형상으로 배치되는 캔틸레버들을 가진 제 2 층을 구비하는 소자를 포함하며,

상기 제 1 층과 제 2 층을 서로 겹치게 하고, 상기 피에조성 기관에 표면 탄성파들을 면내의 2 방향으로 발생시켜, 각 탐침들을 시료의 측정 가능영역까지 순차 근접시키는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 21.

- (a) 진동장치를 가지는 기관에 다수의 어레이 형상으로 배치되는 나노미터 오더의 캔틸레버;
- (b) 시료를 상기 캔틸레버들에 대응시키도록 배치되는 시료 테이블;
- (c) 상기 캔틸레버들의 배면에 배치되는 렌즈계;
- (d) 상기 렌즈계에 하프 미러를 통하여 광을 조사하는 광학계;
- (e) 상기 하프 미러의 배후에 배치되는 촬상장치; 및
- (f) 상기 촬상장치에 접속되는 표시장치를 구비하며,
- (g) 상기 캔틸레버의 작용에 의해 시료의 상(像)을 표시하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 22.

피에조성 기관의 외측 4 변에 표면 탄성과 발생장치를 배치하고, 중앙부에 다수 어레이형상으로 배치된 캔틸레버를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 23.

- 액추에이터를 가지는 기관에 배치되는 나노미터 오더의 캔틸레버; 및
- 상기 캔틸레버의 길이를 가변시키는 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 24.

- 제 23 항에 있어서,
- 상기 액추에이터는 표면 탄성과 발생장치인 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 25.

베이스로부터 돌출하고, 축방향에 교차하는 방향으로 자화된 자성분말을 함유하는 플라스틱을 주재료로 하는 캔틸레버를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 26.

베이스로부터 돌출하고, 축방향으로 정렬한 위스커 결정을 함유하는 플라스틱을 주재료로 하는 캔틸레버를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 27.

- 베이스로부터 돌출하는 캔틸레버; 및
- 상기 캔틸레버의 바닥 부분의 베이스부에 설치된 표면 탄성과 발생장치를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 28.

베이스로부터 돌출하는 캔틸레버;

상기 캔틸레버의 바닥 부분의 베이스부에 설치된 표면 탄성과 발생장치; 및

상기 캔틸레버의 길이를 가변시키는 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 29.

반도체 기관의 절연막상에 오버행 형상으로 외부로 돌출하는 삼각추형상의 탐침을 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 30.

제 29 항에 있어서,

상기 삼각추 형상의 탐침을 반도체칩의 선단(先端)부에 1개 또는 다수개 형성하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 31.

제 27 항에 있어서,

상기 캔틸레버는 외부로 돌출하는 삼각추 형상의 탐침을 가지는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 32.

제 27 항에 있어서,

반도체 칩의 선단부에 삼각추 형상의 탐침을 다수형성하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 33.

반도체 기관상에 오버행 형상으로 내부에서 돌출하며 서로 연결되는 2 개의 삼각추 형상의 탐침들을 포함하는 평행 스프링 지지부를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 34.

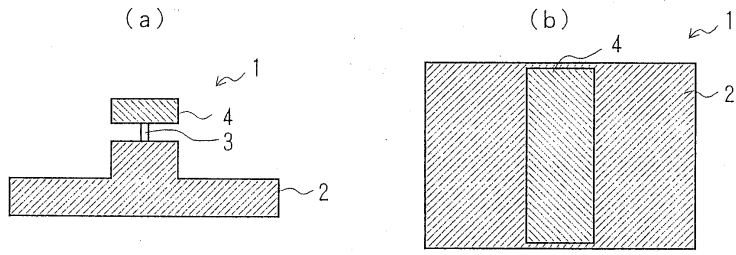
반도체 기관으로부터 돌출하는 삼각기둥 형상의 탐침을 포함하는 평행 스프링지지부를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

청구항 35.

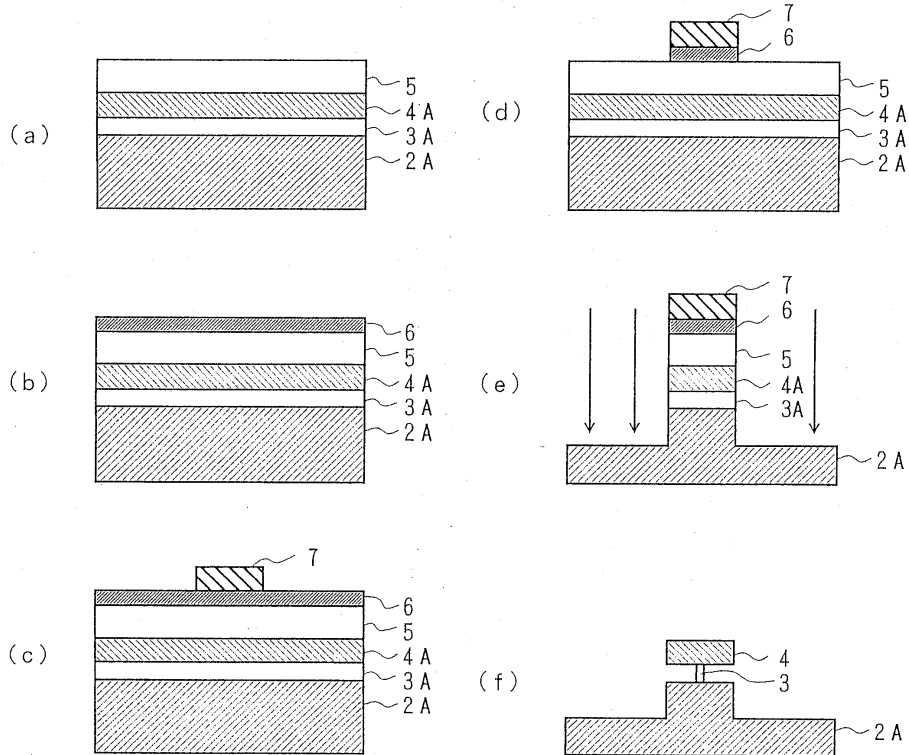
반도체 기관상에 형성되는 절단된 사각추 형상의 매스를 포함하는 평행 스프링 지지부를 구비하는 것을 특징으로 하는 나노미터 오더의 기계 진동자.

도면

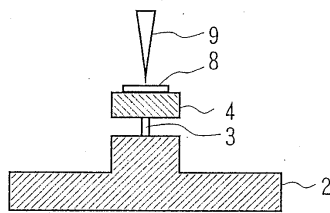
도면1



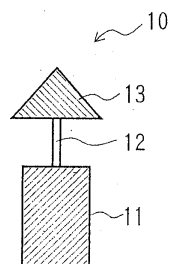
도면2



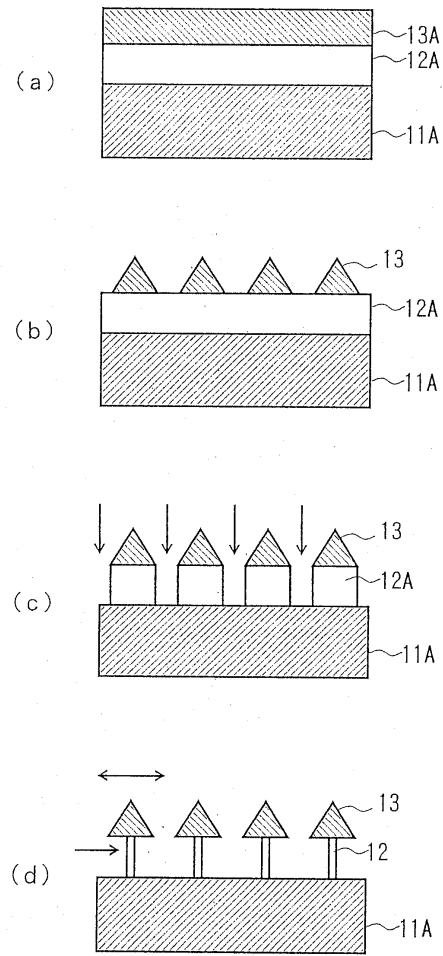
도면3



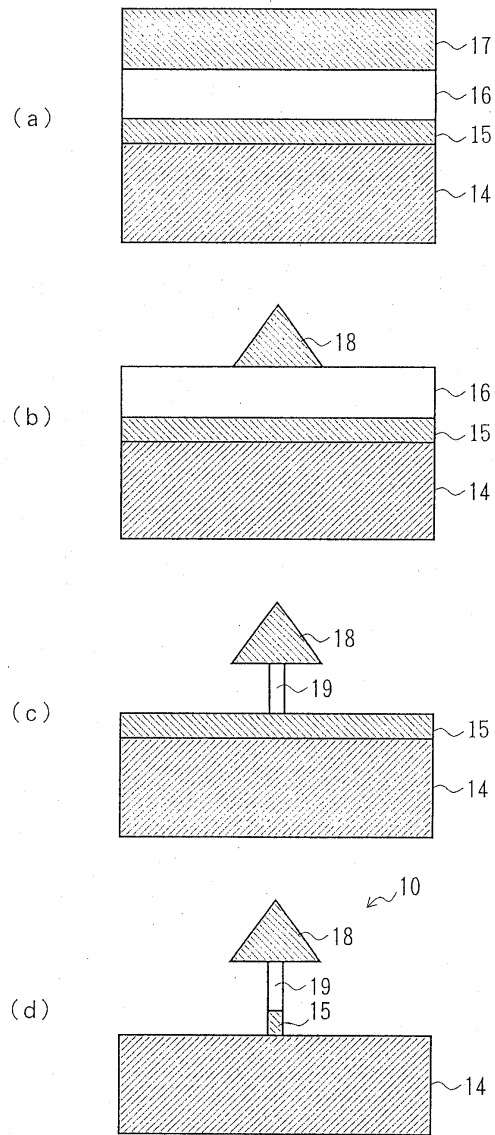
도면4



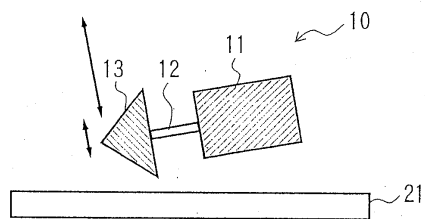
도면5



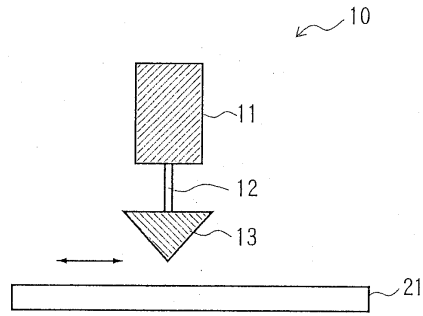
도면6



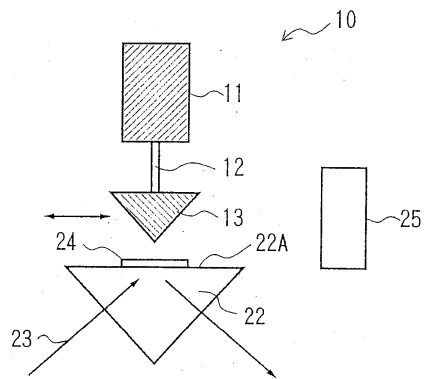
도면7



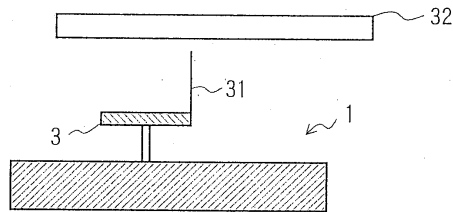
도면8



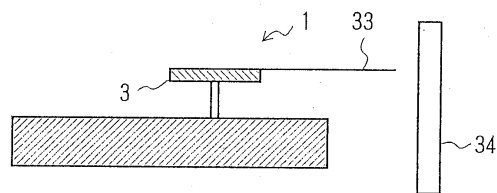
도면9



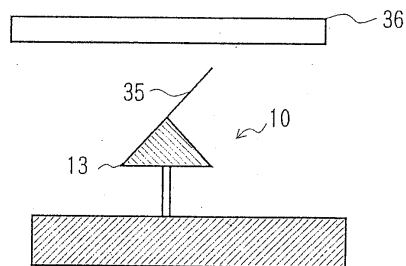
도면10



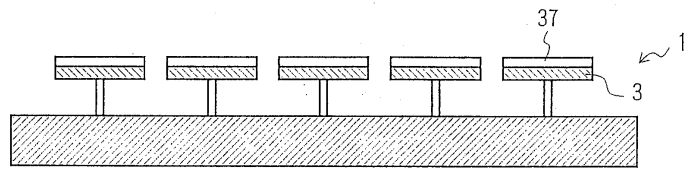
도면11



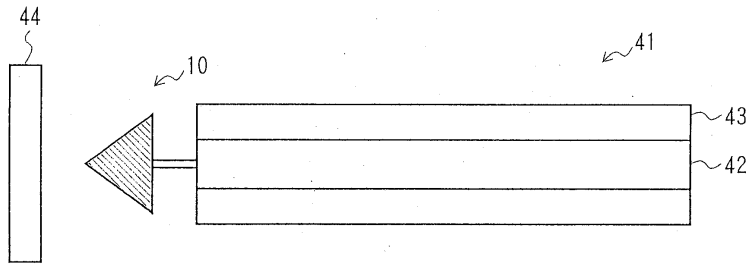
도면12



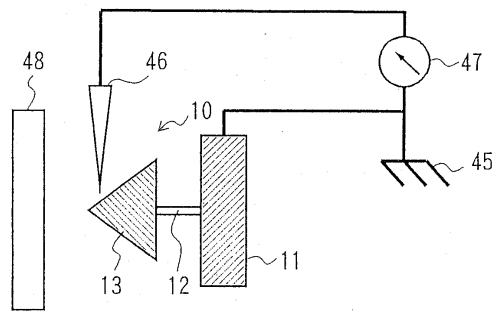
도면13



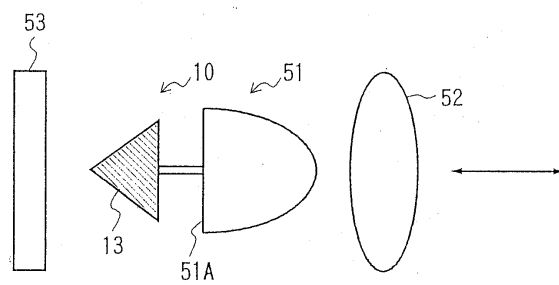
도면14



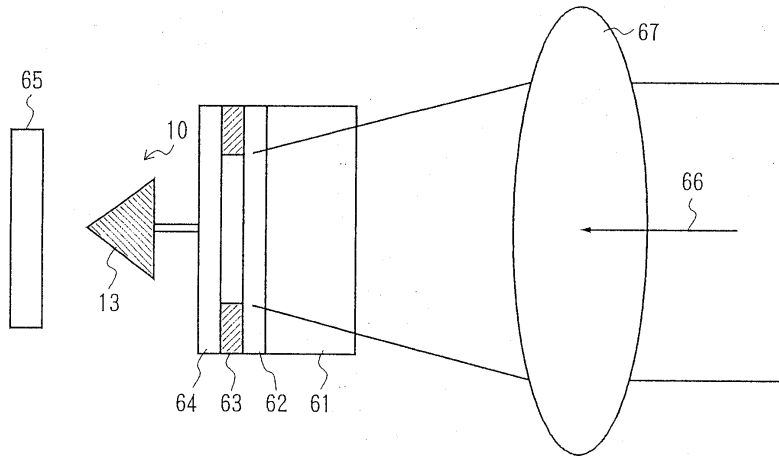
도면15



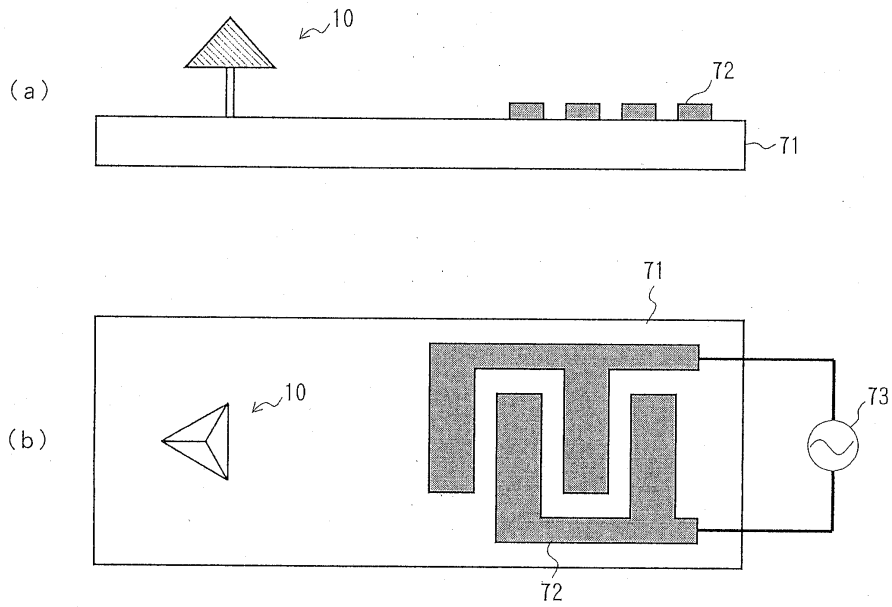
도면16



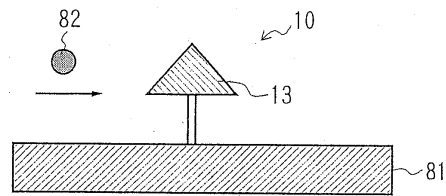
도면17



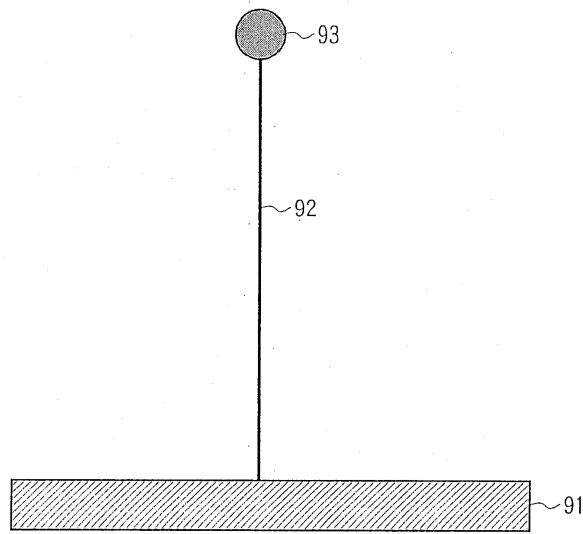
도면18



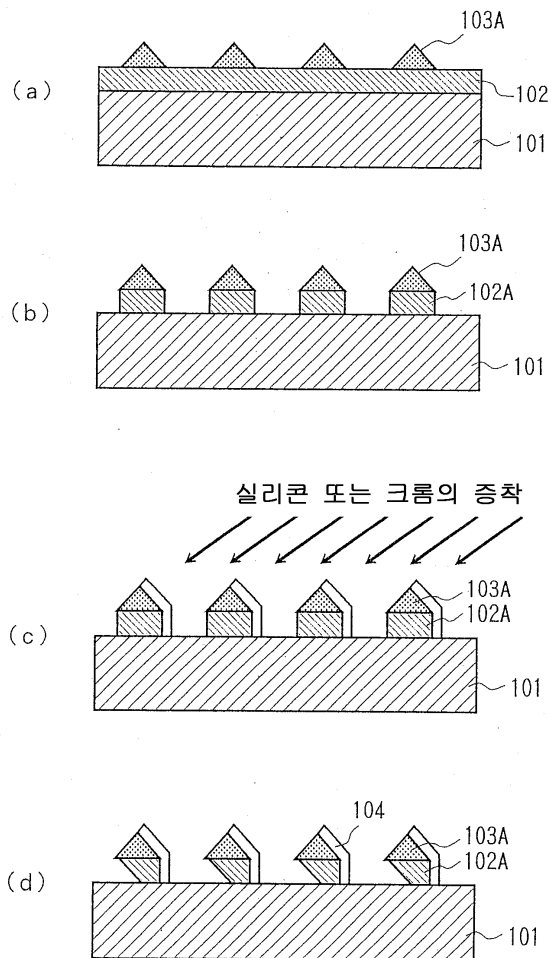
도면19



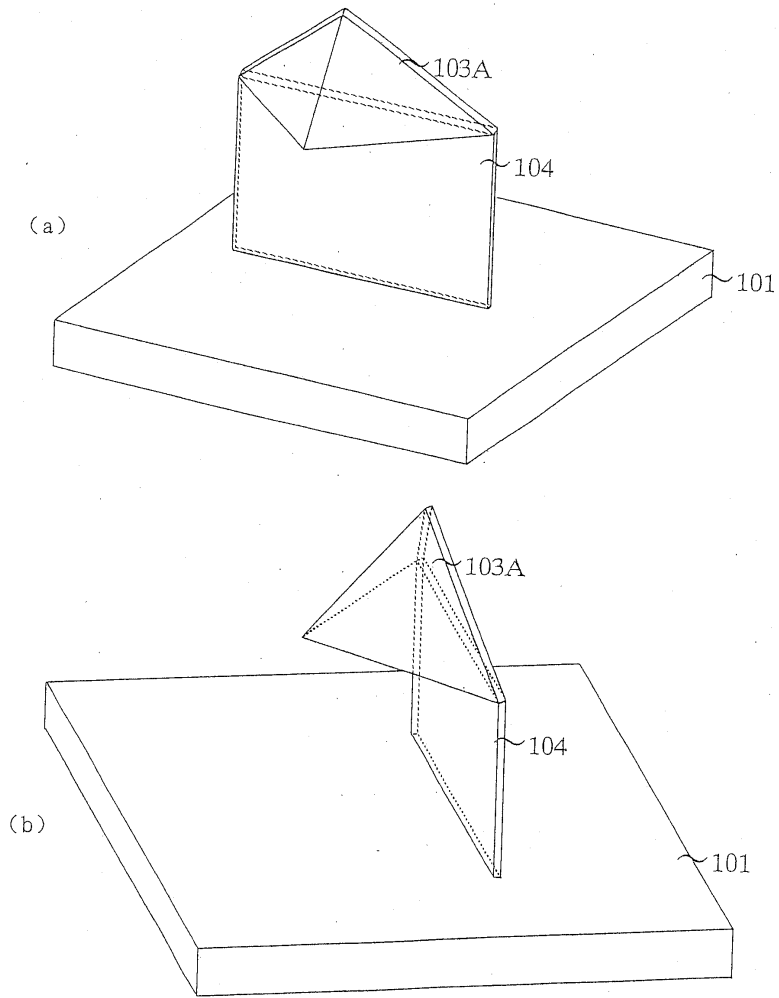
도면20



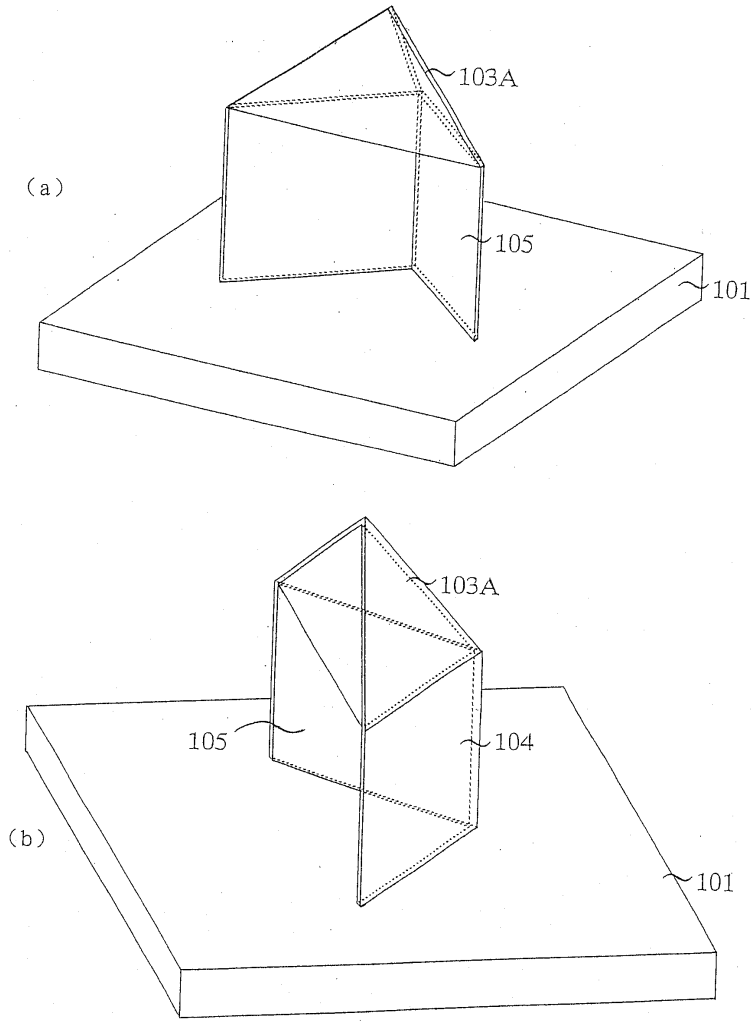
도면21



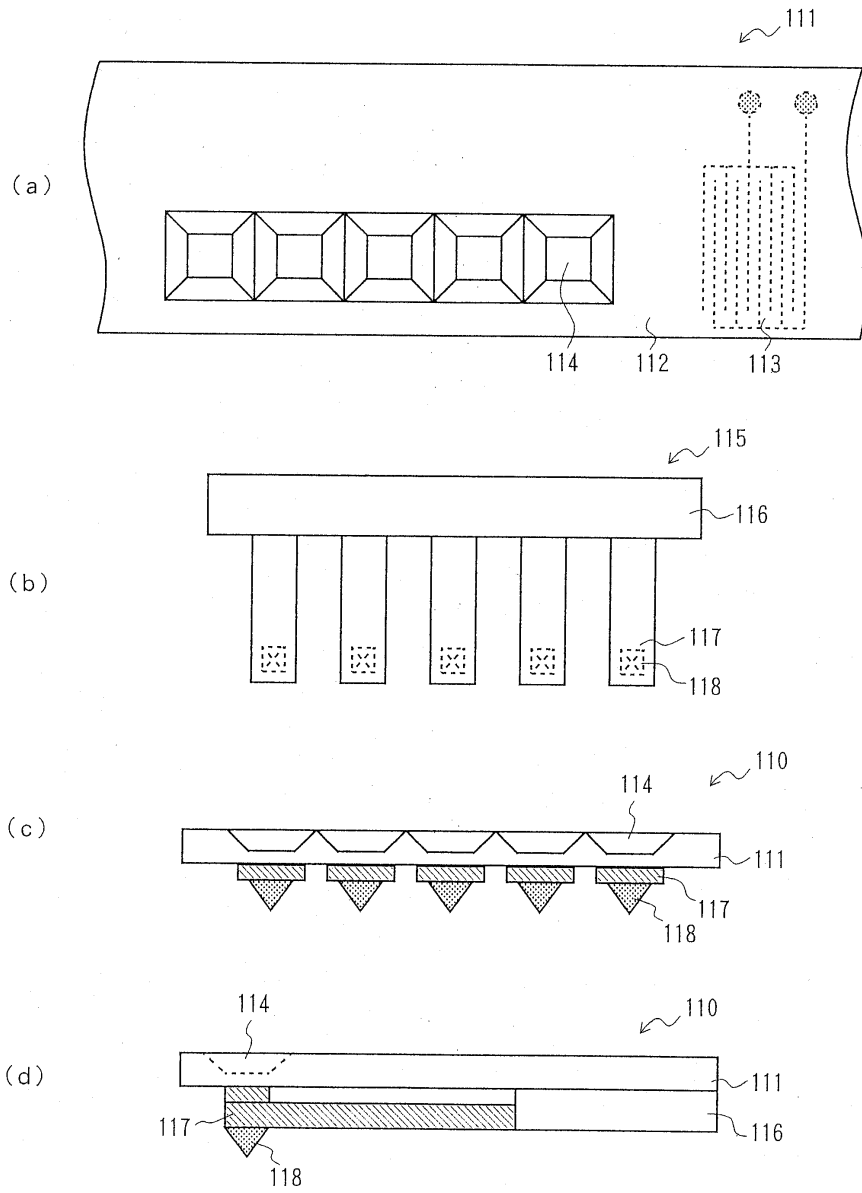
도면22



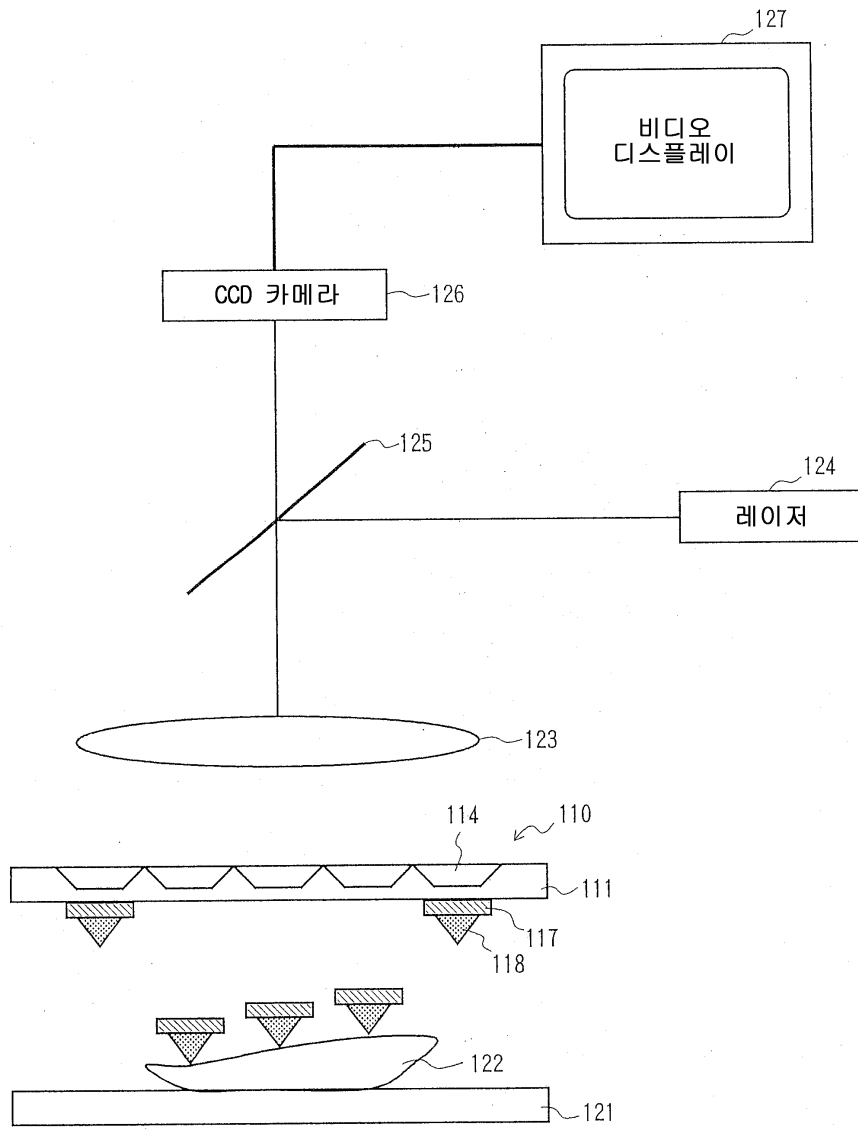
도면23



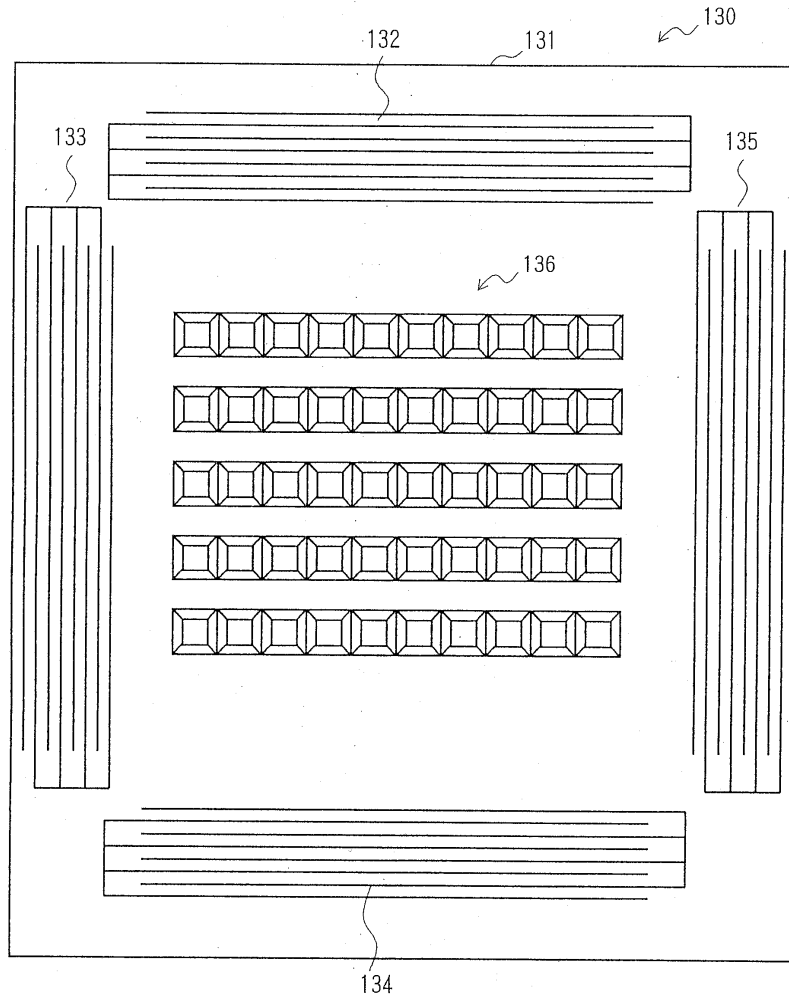
도면24



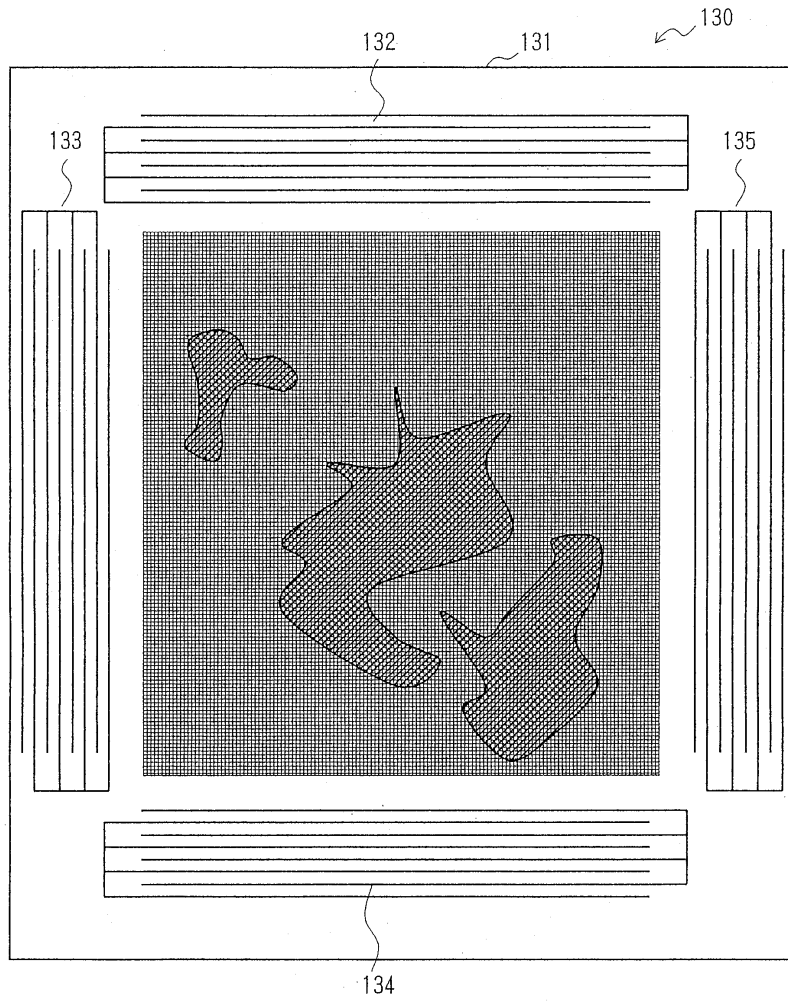
도면25



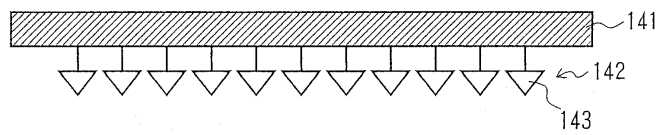
도면26



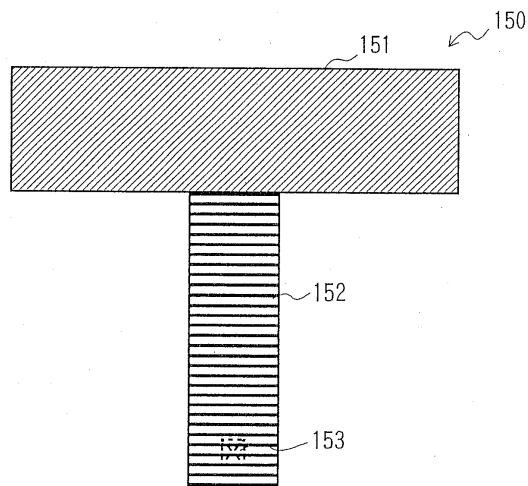
도면27



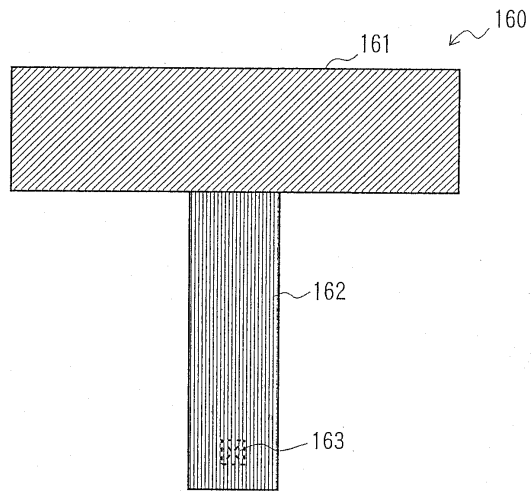
도면28



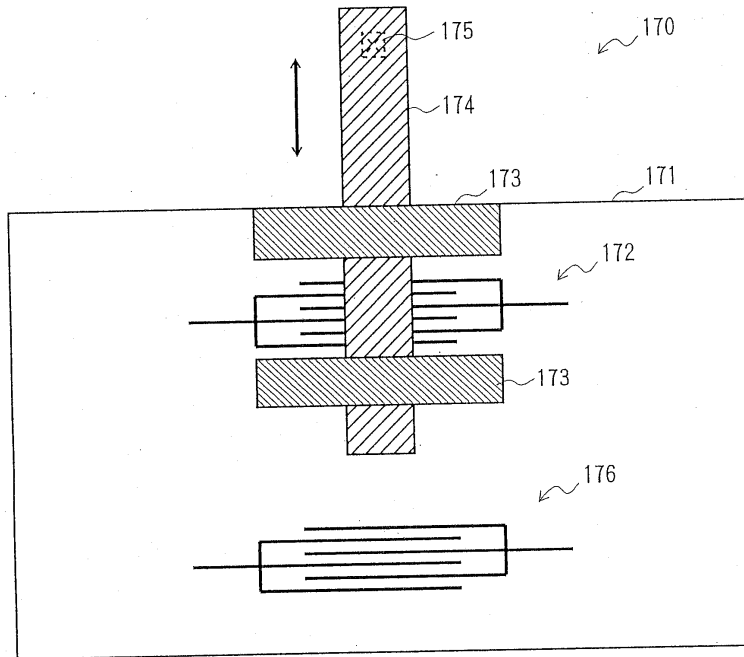
도면29



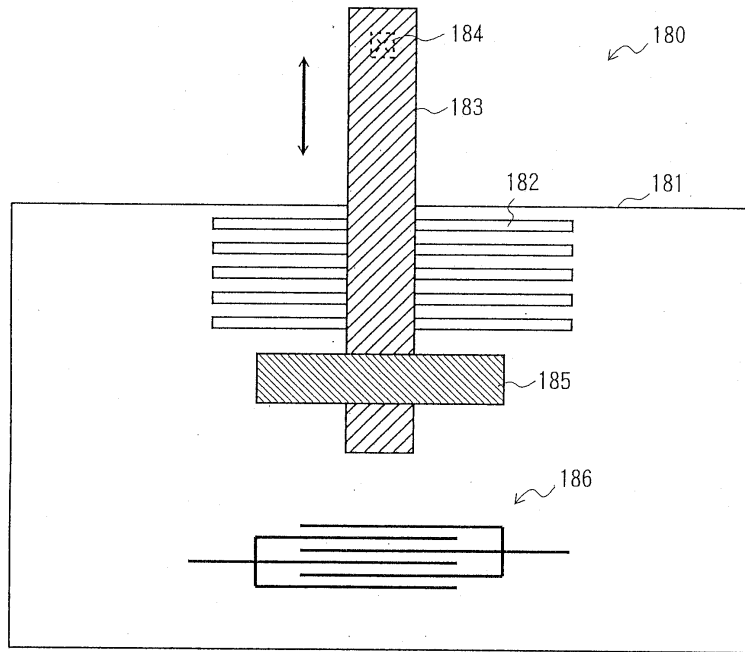
도면30



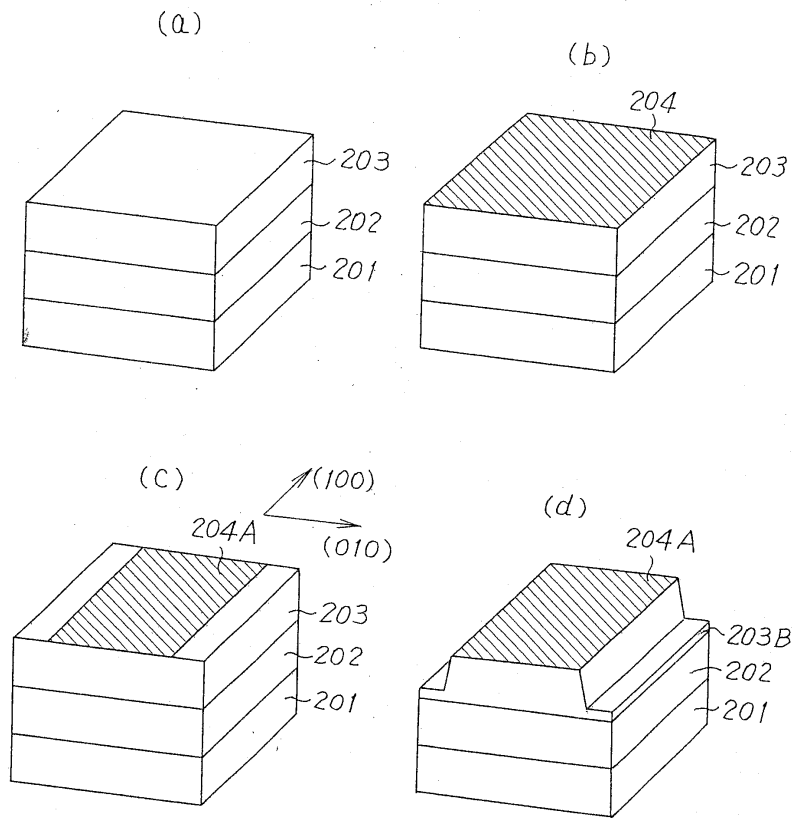
도면31



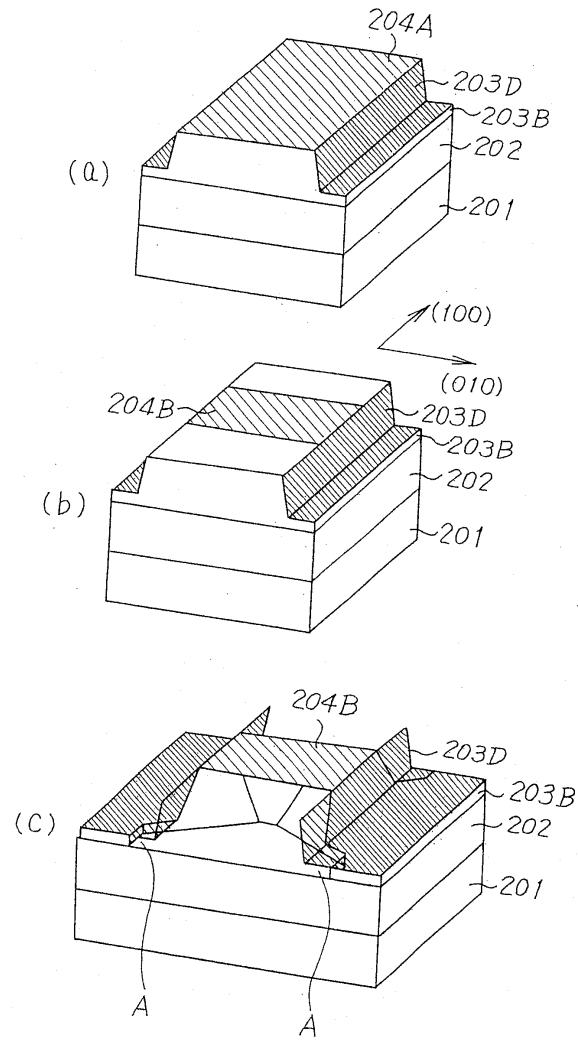
도면32



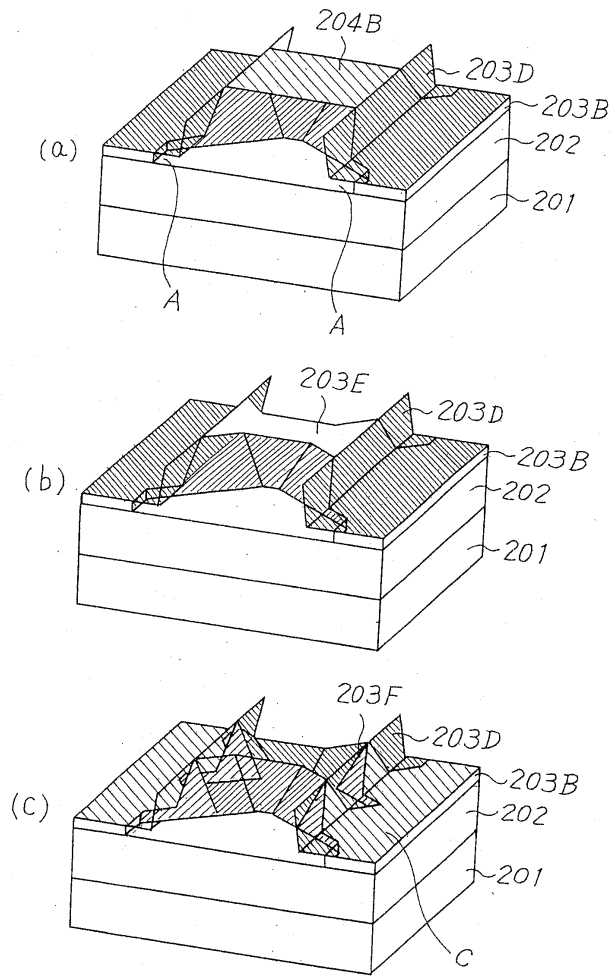
도면33



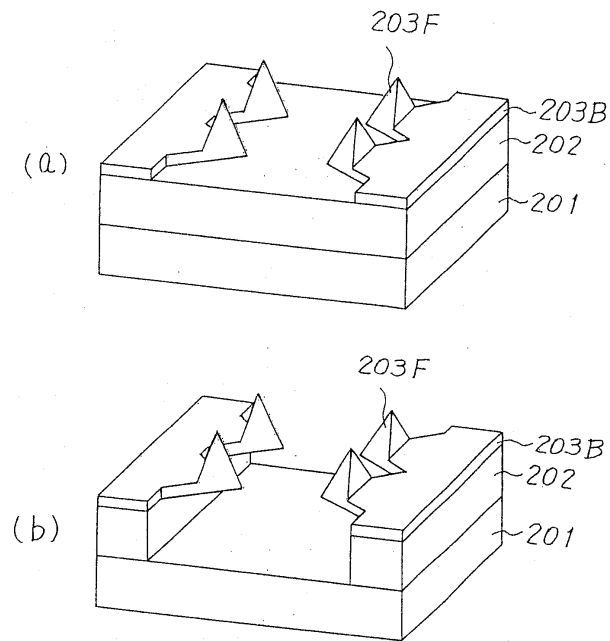
도면34



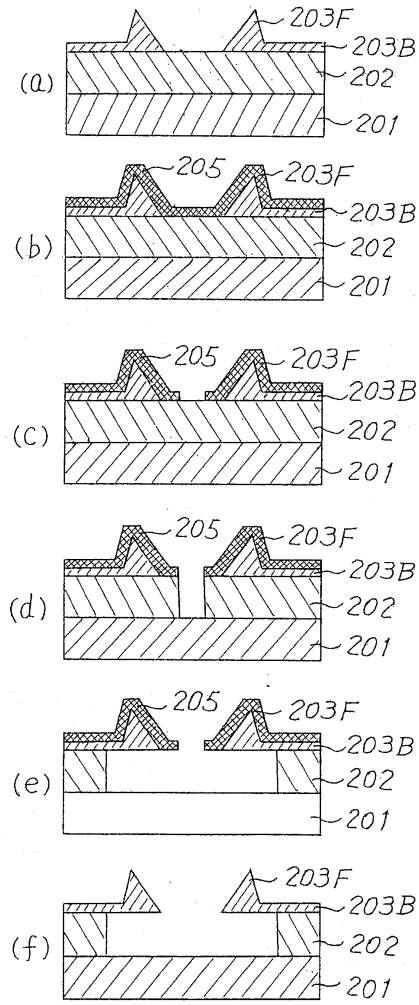
도면35



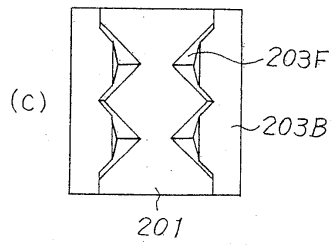
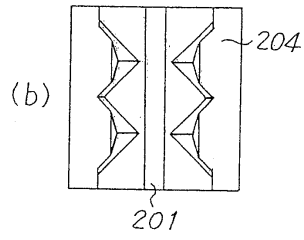
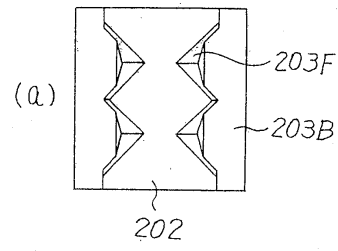
도면36



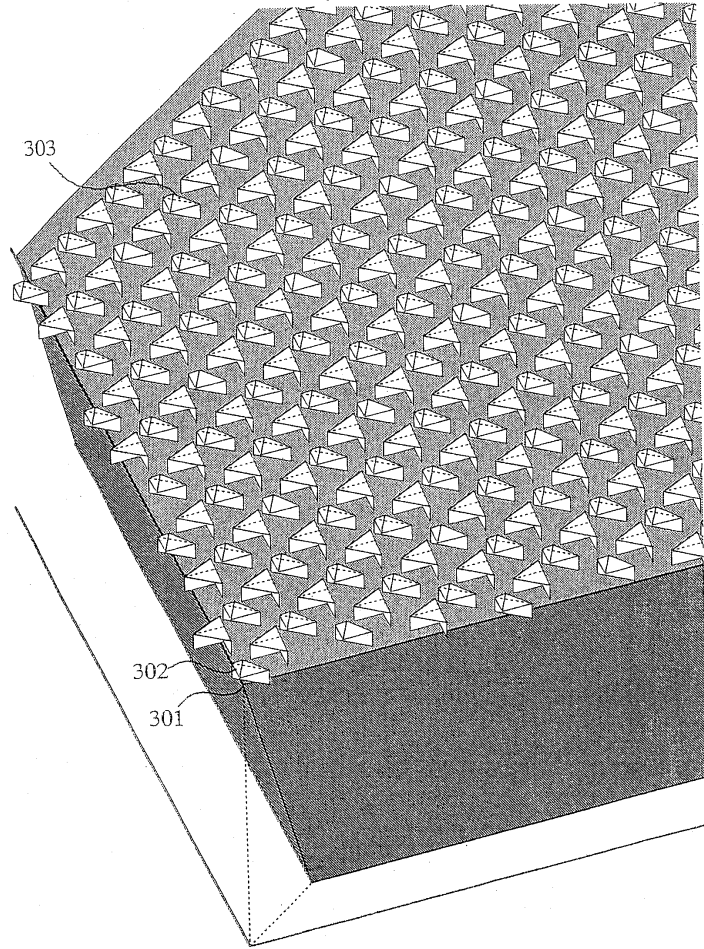
도면37



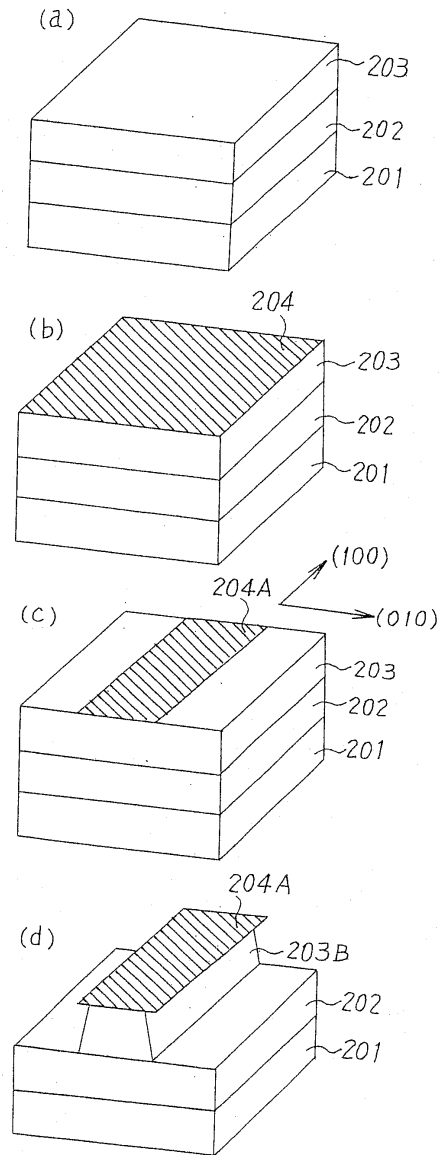
도면38



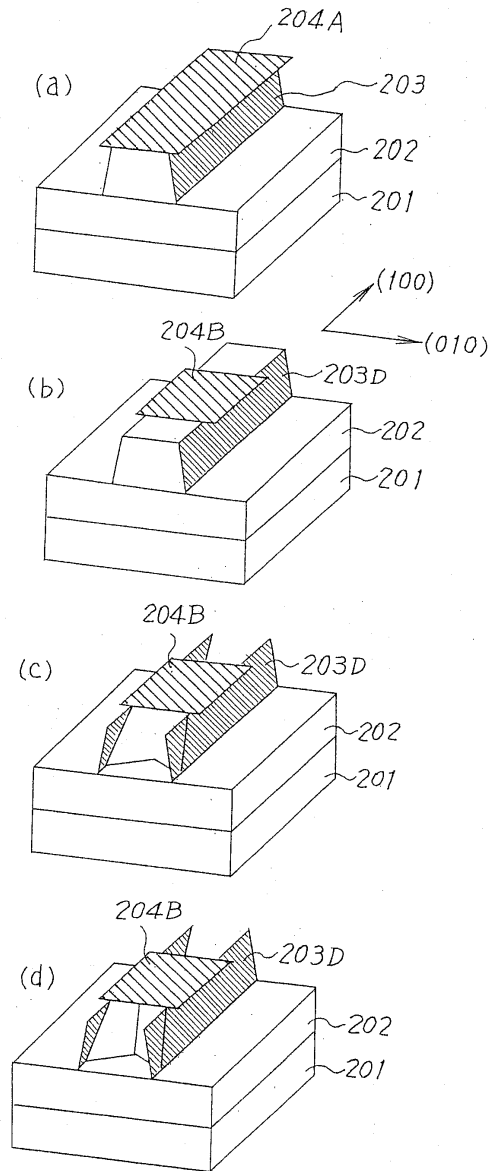
도면39



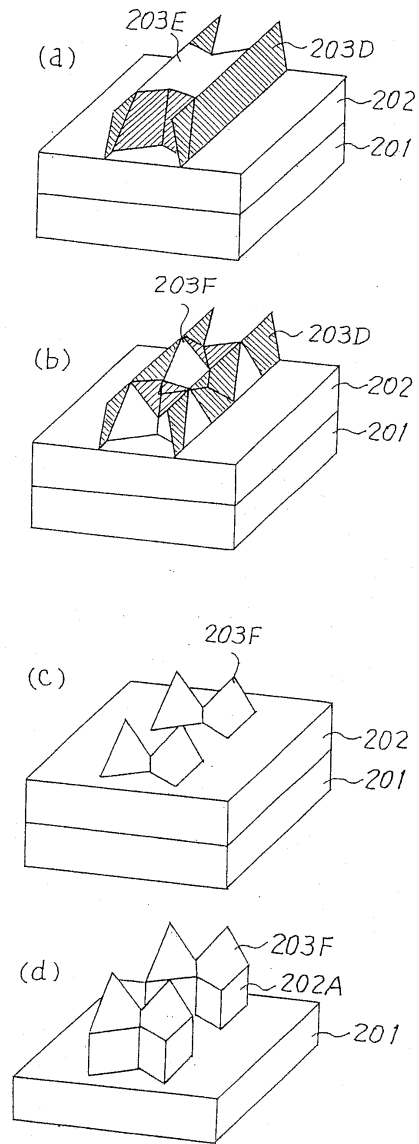
도면40



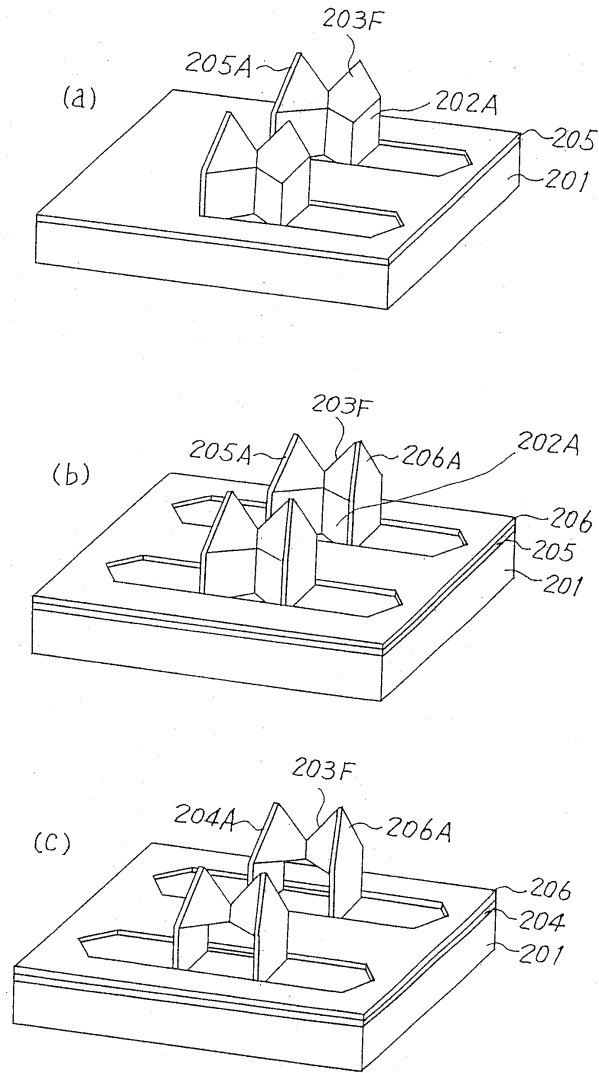
도면41



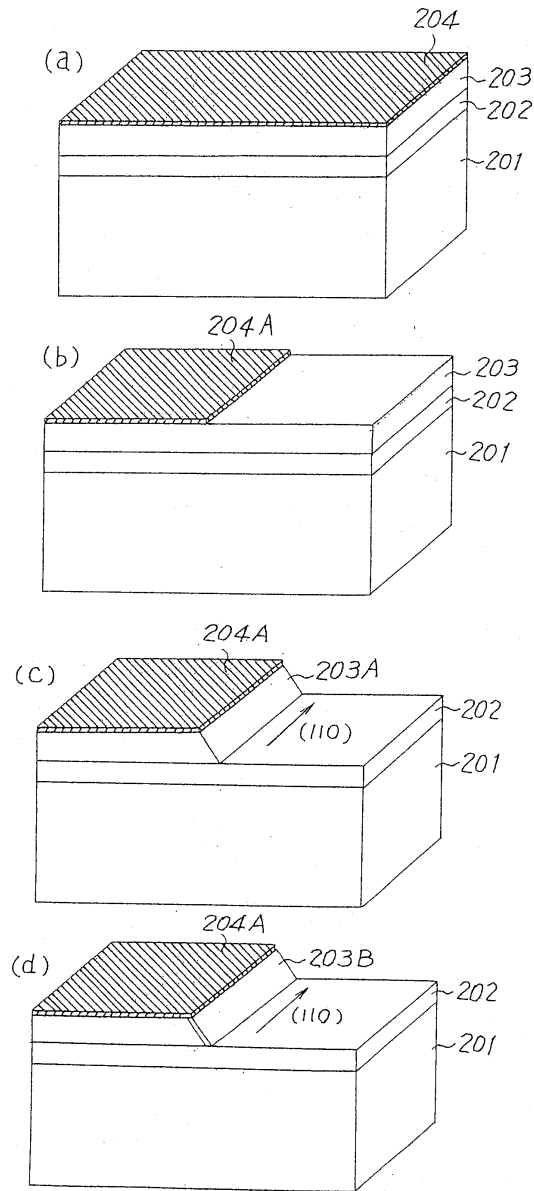
도면42



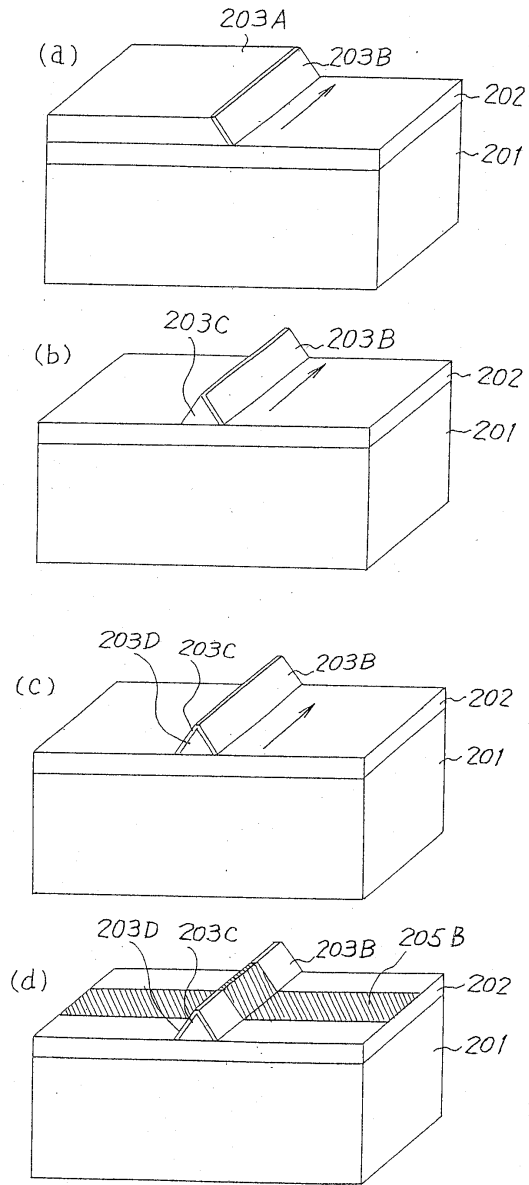
도면43



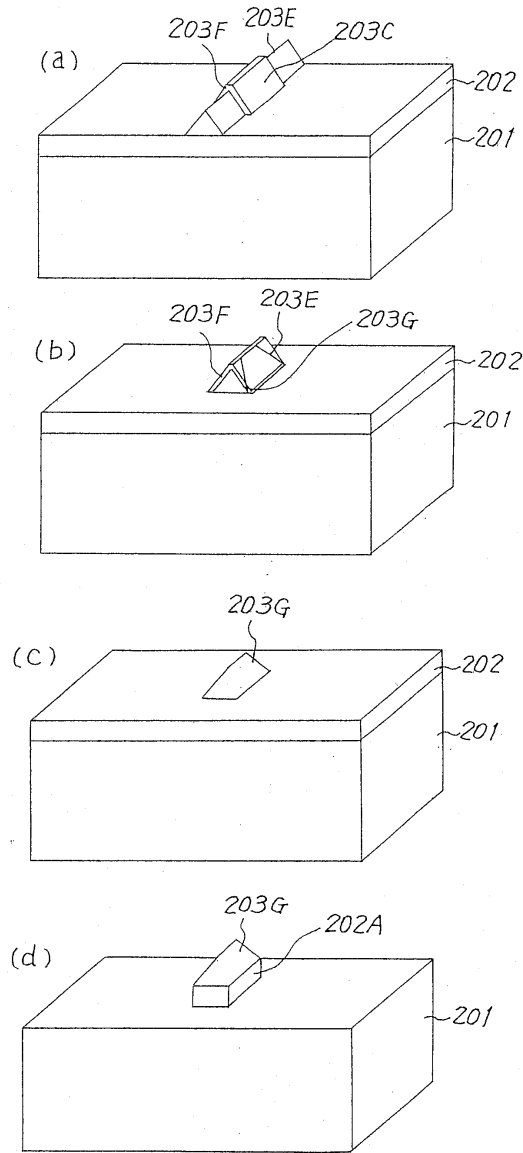
도면44



도면45



도면46



도면47

