



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2008년11월18일  
 (11) 등록번호 10-0869046  
 (24) 등록일자 2008년11월11일

(51) Int. Cl.

G01N 13/16 (2006.01) G01N 13/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0013567

(22) 출원일자 2007년02월09일

심사청구일자 2007년02월09일

(65) 공개번호 10-2008-0074436

(43) 공개일자 2008년08월13일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020050071964 A

JP2000258332 A

JP2000105184 A

JP2007040743 A

전체 청구항 수 : 총 20 항

(73) 특허권자

한국기계연구원

대전 유성구 장동 171번지

(72) 발명자

이학주

대전 유성구 장동 171 한국기계연구원 마이크로응용역학팀

현승민

대전 유성구 장동 171 한국기계연구원 마이크로응용역학팀

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

윤종섭, 이 성 규, 이수완, 조진태

심사관 : 조병도

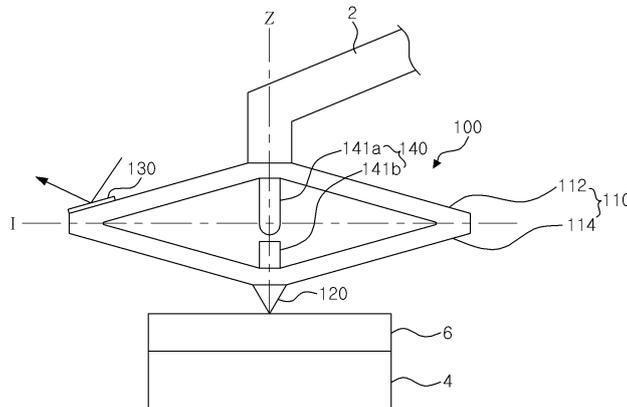
**(54) AFM 프로브**

**(57) 요약**

본 발명은, 원자력 현미경(Atomic Force Microscope; AFM)에 이용되는 AFM 프로브에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 마이크로 단위 또는 나노 단위의 크기를 갖는 미소 구조물의 형상(topography) 및 기계적 물성 테스트에 공용으로 이용 가능한 AFM 프로브의 제공을 그 기술적 과제로 한다.

이를 위해, 본 발명에 따른 AFM 프로브는, 일 축선 상에 고정 단부(fixed end)와 이동 단부(movable end)를 갖는 탄성 변형 가능한 중공 프레임과, 상기 이동 단부에 지지되어, 시편에 대하여 상기 축선 방향으로 이동가능한 AFM팁과, 상기 중공 프레임의 내측면에 구비되어, 상기 AFM팁의 상기 축선 방향으로의 이동을 정해진 범위 내에서 규제하는 스톱퍼를 포함한다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**김재현**

대전 유성구 장동 171 한국기계연구원 마이크로응  
용역학팀

**김정엽**

대전 유성구 장동 171 한국기계연구원 마이크로응  
용역학팀

**한승우**

대전 유성구 장동 171 한국기계연구원 마이크로응  
용역학팀

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

일 축선 상에 고정 단부(fixed end)와 이동 단부(movable end)를 갖는 탄성 변형 가능한 중공 프레임;  
 상기 이동 단부에 지지되어, 시편에 대항하여 상기 축선 방향으로 이동가능한 AFM팁; 및  
 상기 중공 프레임의 내측면에 구비되어, 상기 AFM팁의 이동을 정해진 범위 내에서 규제하는 스톱퍼를;  
 포함하는 AFM 프로브.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서, 상기 중공 프레임은 상기 고정 단부 측의 제 1 부분과 상기 이동 단부 측의 제 2 부분으로 이루어지며, 상기 스톱퍼는 상기 제 1 부분과 상기 제 2 부분 사이에 제공되는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 3**

청구항 2에 있어서, 상기 스톱퍼는 상기 제 1 부분과 상기 제 2 부분에 설치되어 서로 마주하고 있는 적어도 한 쌍의 스톱퍼 부재를 포함하는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 4**

청구항 2에 있어서, 상기 스톱퍼는 상기 제 1 부분 또는 제 2 부분에 설치되어 상기 중공 프레임의 내측면과 마주하고 있는 적어도 하나의 스톱퍼 부재를 포함하는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 5**

청구항 2에 있어서, 상기 스톱퍼는 상기 축선 상에 위치하는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 6**

청구항 2에 있어서, 상기 스톱퍼는 상기 AFM의 상기 이동 범위 조절을 위해 상기 축선과 수직을 이루는 방향으로 위치 변화되도록 구성된 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 7**

청구항 6에 있어서, 상기 스톱퍼는 상기 축선을 중심으로 서로 반대편에 설치된 채 서로 평행을 이루는 두 쌍의 스톱퍼 부재를 포함하는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 8**

청구항 2에 있어서, 상기 스톱퍼는 서로 평행하게 설치되며 서로 다른 강성을 갖는 복수의 스톱퍼 부재를 포함하는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 9**

청구항 8에 있어서, 상기 복수의 스톱퍼 부재들 각각은 상기 제 1 부분에 설치된 채 상기 제 2 부분에 설치된 다른 복수의 스톱퍼 부재들 각각과 쌍들을 이루며, 상기 쌍들의 스톱퍼 부재 간격은 서로 다르도록 미리 결정된 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 10**

청구항 9에 있어서, 상기 복수의 스톱퍼 부재들 중, 상기 AFM팁의 이동을 먼저 규제하는 스톱퍼 부재의 강성이 상기 AFM팁의 이동을 나중 규제하는 스톱퍼 부재의 강성보다 작은 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 11**

청구항 10에 있어서, 상기 쌍들의 스톱퍼 부재 간격은 상기 축선으로부터 먼 위치의 스톱퍼 부재의 쌍 간격( $t_1$ )이 상기 축선으로 가까운 위치의 스톱퍼 부재의 쌍 간격( $t_2$  또는  $t_3$ ) 보다 작게 정해져서, 상기 축선으로부터 먼 위치의 상기 스톱퍼 부재의 쌍이 상기 축선으로부터 가까운 위치의 스톱퍼 부재보다 먼저 AFM 팁의 이동을

규제하는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 12**

청구항 2에 있어서, 상기 AFM의 변위 측정을 위해 상기 스톱퍼에는 압전 재료가 구비된 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 13**

청구항 12에 있어서, 상기 압전 재료는, 상기 제 1 부분에 설치된 스톱퍼 부재의 선단부에 구비되며, 상기 제 2 부분과 이격되어 있는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 14**

청구항 12에 있어서, 상기 압전 재료는, 상기 제 1 부분에 설치된 스톱퍼 부재의 선단부에 구비되며, 상기 제 2 부분과 면해 있는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 15**

청구항 1에 있어서, 상기 AFM팁은 도전성 재료로 이루어진 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 16**

청구항 2에 있어서, 상기 중공 프레임은 상기 축선에 대하여 대칭형 구조로 이루어진 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 17**

청구항 16에 있어서, 상기 중공 프레임은 마름모꼴인 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 18**

청구항 1에 있어서, 상기 스톱퍼는 마주하는 면에 대해 선 접촉 또는 면 접촉하는 형상의 선단부를 갖는 스톱퍼 부재를 포함하는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 19**

청구항 2에 있어서, 상기 스톱퍼는 상기 축선을 중심으로 서로 대칭을 이루는 스톱퍼 부재를 포함하는 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**청구항 20**

청구항 2에 있어서, 상기 스톱퍼는 스톱퍼 부재와 상기 스톱퍼 부재의 선단에 마련된 상기 스톱퍼 부재와 동일 재질의 압전 재료를 포함하되, 상기 압전 재료는 각도 조절 가능하게 벌어진 선단부들 구비하며, 상기 선단부들 사이의 각도 조절을 통해 시편의 압입 테스트에 요구되는 강성을 조절하도록 구성된 것을 특징으로 하는 AFM 프로브.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <11> 본 발명은 원자력 현미경(Atomic Force Microscope; AFM)에 이용되는 AFM 프로브에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 마이크로 단위 또는 나노 단위의 크기를 갖는 미소 구조물의 형상(topography) 및 기계적 물성 테스트에 적합한 AFM 프로브에 관한 것이다.
- <12> 마이크로 또는 나노 단위의 크기를 갖는 미소 구조물들은 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 소자, 미소 전자소자 또는 광전자 소자 등에 이용되고 있다. 위와 같은 소자들의 설계 및 제작을 위해서는 그것들에 이용되

는 미소 구조물들의 형상과 그 미소 구조물들의 기계적 물성 테스트가 요구된다.

- <13> 본래, 원자력 현미경, 즉, AFM은 미소 구조물로 된 시편의 표면 형상을 측정하기 위해 개발된 것이지만, 미소 구조물의 미소 하중과 변위의 고 분해능 테스트가 가능하다는 것이 인식되면서, 기계적 물성 테스트 기능, 특히, 나노 압입 테스트 기능이 추가되었다. 이러한 나노 압입 테스트 기능이 AFM에 추가됨으로써, 기존의 어떠한 테스트 기기로도 측정할 수 없었던 미소 크기의 시편에 대하여 탄성계수 또는 경도와 같은 기계적 물성을 측정할 수 있게 되었다.
- <14> 통상, 나노 압입 테스트 기능을 갖는 AFM에는 고정 단부로부터 이동 단부까지 경사지게 연장되고 그 이동 단부에 AFM팁이 설치된 AFM 캔틸레버가 이용된다. 그러한 AFM 캔틸레버는, 경사진 구조로 인해, 시편에 의해 눌러지는 AFM팁이 수직방향으로의 변위 외에 수평방향으로의 불필요한 변위를 일으키게 한다. 시편의 표면 형상 테스트의 경우, 위 AFM팁의 수평방향 변위가 크게 문제되지 않지만, 시편의 압입 테스트의 경우에는, 기계적 물성의 측정값, 즉, 시편의 경도 또는 탄성계수 등에 큰 오차를 야기한다. 또한, 위 AFM 캔틸레버는 고정된 강성을 갖는데, 이는 AFM 캔틸레버의 작은 강성이 요구되는 시편의 표면 형상 테스트와 AFM 캔틸레버의 높은 강성이 요구되는 시편의 압입 테스트 모두 만족시킬 수 없는 원인이 된다.
- <15> 본 출원인에 의한 특허등록 문헌 KR612595호에는 수직방향으로의 AFM팁의 변위를 허용하되 수직방향으로의 AFM팁의 변위를 억제하는 구조의 AFM 프로브의 기술이 개시되어 있다. 개시된 종래의 기술은 하나의 축선(axis)에 대해 대칭 구조를 이루며 그 축선이 지나는 이동 단부에 AFM팁이 설치된 중공 프레임을 포함하는 AFM 프로브의 구조를 제안한다.
- <16> 종래기술에 의하면, AFM팁이 시편에 의해 수평방향으로 변위하는 것을 막아 그 수평방향 변위로 야기될 수 있는 시편 압입 테스트의 기계적 물성 측정값의 오차를 크게 줄여줄 수 있다. 그러나, 위 종래의 기술 또한 중공형 프레임의 강성이 고정되므로, 작은 강성의 AFM 프로브가 요구되는 시편의 표면 형상 테스트와 큰 강성이 요구되는 시편의 압입 테스트 모두에 공용으로 사용되기에는 한계가 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <17> 본 발명의 목적은, 중공 프레임의 탄성 변형과 이에 따른 AFM팁의 이동을 정해진 범위 내에서 규제하는 수단의 채용을 통해 시편의 기계적 물성 테스트(특히, 나노 압입 테스트)시와 시편의 형상 표면 테스트시에 서로 다른 강성으로 테스트가 가능한 AFM 프로브를 제공하는 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

- <18> 본 발명의 일 측면에 따라, 일 축선 상에 고정 단부(fixed end)와 이동 부(movable end)를 갖는 탄성 변형 가능한 중공 프레임과, 상기 이동 단부에 지지되어, 시편에 대항하여 상기 축선 방향으로 이동가능한 AFM팁과, 상기 중공 프레임의 내측면에 구비되어, 상기 AFM팁의 이동을 정해진 범위 내에서 규제하는 스톱퍼를 포함하는 AFM 프로브가 제공된다.
- <19> 바람직하게는, 상기 중공 프레임은 상기 고정 단부 측의 제 1 부분과 상기 이동 단부 측의 제 2 부분으로 이루어지며, 상기 스톱퍼는 상기 제 1 부분과 상기 제 2 부분 사이에 제공된다. 또한, 상기 스톱퍼는 점 접촉 또는 선 접촉 가능한 형상을 선단부에 구비하는 것이 바람직한데, 상기 점 접촉 가능한 형상은 구형일 수 있고, 상기 선 접촉 가능한 형상은 원통의 측면 형상일 수 있다.
- <20> 상기 스톱퍼는 상기 제 1 부분과 상기 제 2 부분에 설치되어 서로 마주하고 있는 적어도 한 쌍의 스톱퍼 부재를 포함하거나, 또는, 상기 제 1 부분 또는 제 2 부분에 설치되어 상기 중공 프레임의 내측면과 마주하고 있는 적어도 하나의 스톱퍼 부재를 포함할 수 있다. 이때, 상기 스톱퍼는 상기 축선 상에 위치하는 하나 또는 두개의 스톱퍼 부재와, 상기 축선을 기준으로 서로 대칭을 이루는 스톱퍼 부재들을 포함할 수 있다.
- <21> 또한, 상기 스톱퍼는, 상기 AFM의 상기 이동 범위 조절을 위해 상기 축선과 수직을 이루는 방향으로 위치 변화 되도록 구성될 수 있다. 바람직하게는, 상기 스톱퍼는 상기 축선을 중심으로 서로 반대편에 설치된 채 서로 평행을 이루는 두 쌍의 스톱퍼 부재를 포함할 수 있다.
- <22> 또한, 상기 스톱퍼는 서로 평행하게 설치되며 서로 다른 강성을 갖는 복수의 스톱퍼 부재를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 상기 복수의 스톱퍼 부재들 각각은 상기 제 1 부분에 설치된 채 상기 제 2 부분에 설치된 다른 복수의 스톱퍼 부재들 각각과 쌍들을 이루며, 상기 쌍들의 스톱퍼 부재 간격은 서로 다르도록 미리 결정된다. 더욱 바람직하게는, 상기 복수의 스톱퍼 부재들 중, 상기 AFM팁의 이동을 먼저 규제하는 스톱퍼 부재의 강성이 상

기 AFM팁의 이동을 나중 규제하는 스톱퍼 부재의 강성보다 작으며, ~이때, 상기 축선과 먼 스톱퍼 부재의 쌍이 상기 축선과 가까운 스톱퍼 부재의 쌍에 비해 상기 AFM 팁의 이동을 먼저 규제하는 것이 바람직하다.

- <23> 또한, 상기 AFM의 변위 측정을 위해 상기 스톱퍼에는 압전 재료가 구비된다. 상기 압전 재료는, 상기 제 1 부분에 설치된 스톱퍼 부재의 선단부에 구비되며, 상기 제 2 부분과 이격되어 있거나, 상기 제 2 부분과 면해 있을 수 있다.
- <24> 추가로, 상기 AFM팁은 도전성 재료로 이루어진 것이 바람직하다. 또한, 상기 중공 프레임은 상기 축선에 대하여 대칭형 구조로 이루어진 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는, 상기 중공 프레임은 마름모꼴로 이루어진다.
- <25> 본 발명의 다른 목적 및 이점은 이하 실시예들의 설명으로부터 더욱 명확하게 알 수 있다.
- <26> [실시예 1]
- <27> 도 1 및 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 AFM 프로브를 설명하기 위한 도면들이다.
- <28> 도 1 및 도 2에 도시된 것과 같이, 상기 AFM 프로브(100)는, 중공 프레임(110)과 AFM팁(120)을 포함한다. 상기 중공 프레임(110)은 하나의 축선(axis), 즉, Z 축선을 기준으로 좌우 대칭형의 마름모꼴 구조로 형성된다. 상기 중공 프레임(110)의 상단부, 즉, 고정 단부(fixed end)는 AFM의 일부인 프로브 지지대(2)에 고정되며, 하단부, 즉, 이동 단부(movable end)에는 AFM팁(120)이 설치되어 있다. 이때, 상기 고정 단부와 상기 이동 단부는 상기 Z 축선 상에 위치하고 있다. 상기 AFM팁(120)은 3축 스캐너, 즉, xyz 스캐너(4) 상의 시편(6) 표면을 향해 있다. 도1에서는, 그 AFM팁(120)이 시편(6)과 접촉하고 있는 것으로 도시되어 있다.
- <29> 상기 중공 프레임(110)은, AFM팁(120)과 상기 시편(6) 사이에 상호 작용력이 발생할 때, 상기 AFM팁(120)의 수직 이동 또는 수직 변위를 허용하는 방향으로 탄성 변형된다. 이때, 상기 중공 프레임(110)은 AFM팁(120)의 수평 이동 또는 수평 변위를 허용하지 않는데, 이는 중공 프레임(110)이 Z 축선을 기준으로 대칭형 구조로 이루어지고 그것의 고정 단부와 이동 단부가 상기 Z 축선 상에 위치하는 것에 의해 가능하다. 상기 AFM팁(120)과 시편(6) 사이의 상호 작용력은 XYZ 스캐너(4)가 Z 축선 방향으로 상향 이동하거나 또는 AFM 프로브(100)가 Z 축선 방향으로 하향 이동하는 것에 의해 발생될 수 있는 것이다.
- <30> 상기 중공 프레임(110)의 재질은 중공 구조에 의해 탄성 변형을 허용하는 예를 들면, 금속 또는 합성수지와 같은 어떠한 재질도 가능하지만, 바람직하게는, 타 재질에 비해 탄성계수 및 강도가 큰 금속 재질(특히, 스테인레스 재질)로 이루어진다. 또한, 상기 AFM팁(120)은 다이아몬드 또는 금속과 같은 도전성 재질로 이루어질 수 있다. 특히, 도전성 재질로 된 AFM팁(120)은, 전류가 인가된 상태에서, 시편, 특히, 도전성 시편과 표면과 접촉하는 시점에, 전기 신호를 발생시킬 수 있으며, 이 전기 신호는 시편의 압입 테스트와 같은 기계적 물성 테스트 시에 AFM팁(120)과 시편(6) 표면 사이의 접촉을 쉽게 인지할 수 있도록 해준다.
- <31> 상기 중공 프레임(110)은 고정 단부 측의 제 1 부분(112)과 이동 단부 측의 제 2 부분(114)을 포함한다. 본 실시예의 설명에서, 상기 제 1 부분(112)과 제 2 부분(114)은 중공 프레임(110)의 좌우 꼭지점을 잇는 가상선(I)을 기준으로 구분되는 상부와 하부인 것으로 정의한다.
- <32> 상기 제 1 부분(112)의 외부 좌측면에는 AFM의 광원(미도시됨)으로부터 나온 광을 반사시키는 거울(130)이 장착되어 있다. 상기 거울(130)에 의해 반사된 광은 AFM에 설치된 수광소자(미도시됨)로 향한다. 3축 스캐너(4)를 이용해 시편을 Z 축선 방향으로 이동시키거나 또는 AFM 프로브(100)을 Z 축선 방향으로 이동시켜, 시편 압입 테스트를 하는 경우, 상기 수광소자가 광을 받아들이는 위치로부터 시편에 대한 AFM팁(120)의 이동량을 알 수 있으며, 그 이동량으로부터 AFM팁(120)이 시편(6)에 압입된 깊이를 측정할 수 있다.
- <33> 위와 같은 압입 테스트의 경우, AFM 프로브(100)는 시편(6)을 압입할 수 있는 정도의 강성을 가져야 한다. 반면, 3축 스캐너(4)를 이용해 시편(6)을 X 축선 또는 Y 축선 방향으로 이동시켜, 시편의 표면 형상을 테스트하고자 하는 경우에는, AFM 프로브(100)의 강성은 작아야 한다. 위의 상충되는 두 조건을 만족하기 위해, 본 실시예의 AFM 프로브(100)는 중공 프레임(110)의 탄성 변형 및 이에 따른 AFM팁(120)의 Z 축선 방향으로의 이동을 정해진 범위 내에서 규제하는 스톱퍼(140)를 포함한다.
- <34> 본 실시예에서, 상기 스톱퍼(140)는 중공 프레임(110)의 대략 중앙, 즉, Z축선 상에 위치한 채 상기 제 1 부분(112)과 제 2 부분(114)에 설치된 한 쌍의 스톱퍼 부재(141a, 141b)를 포함한다. 상기 한 쌍의 스톱퍼 부재(141a, 141b)들은 일정 간격으로 이격되어 있으므로, 상기 AFM 프로브(100)는 도 1에 도시된 것과 같이 스톱퍼 부재(141a, 141b)들이 서로 접하지 않는 범위 내에서 상대적으로 작은 강성을 갖고서 시편의 표면 형상 테스트에 적절하게 이용될 수 있다. 또한, 상기 스톱퍼 부재(141a, 141b)는 도 2에 도시된 것과 같이 서로 접해 있는

상태에서 상기 AFM 프로브(100) 강성을 증가시키며, 이 상태에서, 상기 AFM 프로브(100)는 시편의 압입 테스트에 적절하게 이용될 수 있다.

<35> 상기 스톱퍼 부재(141a, 141b)들은 서로 접하는 위치에서 상기 중공 프레임(110)의 탄성 변형을 완전히 억제하는 강성을 가질 수 있고, 그와 달리, 상기 중공 프레임(110)의 탄성 변형을 작게나마 허용하는 강성을 가질 수 있다.

<36> 도 3은 도 2의 A를 확대하여 도시한 도면으로, 상기 스톱퍼 부재(141a 또는 141b)의 바람직한 형태를 나타낸다. 도 3을 참조하면, 상기 상부 스톱퍼 부재(141a)의 선단부가 대략 구형으로 이루어진다. 이에 의해, 상기 상부 스톱퍼 부재(141a)는 하부 스톱퍼 부재(141b)의 평면과 대략 점 접촉할 수 있으며, 이러한 스톱퍼 부재(141a) 간의 점 접촉은 접하는 두면의 평활도 오차로 인해 야기될 수 있는 시편 압입 테스트의 부정확성을 막아주거나 감소시킬 수 있다. 상기 스톱퍼 부재의 선단부 형상을 구형 대신에 원통의 측면에 상응하는 형상으로 할 수 있는데, 이 경우, 스톱퍼 부재의 선단부는 그와 면하는 부분에 선 접촉할 수 있다.

<37> [실시예 2]

<38> 도 4는 본 발명의 제2실시예에 따른 AFM 프로브를 설명하기 위한 도면이다. 도 4에 도시된 본 실시예의 AFM 프로브(100)는, 스톱퍼(140)의 구성을 제외한 나머지 구성은 앞선 본 발명의 제1실시예와 같다. 앞선 제1실시예와 달리, 본 실시예의 스톱퍼(140)는, 중공 프레임(110)의 제 1 부분(112)에 설치된 하나의 스톱퍼 부재(142a)만을 포함한다. 이 스톱퍼 부재(142a)도 앞선 실시예와 마찬가지로 Z 축선 상에 위치하고 있다. 그리고, 상기 스톱퍼 부재(142a)는 중공 프레임(110)의 내측면, 보다 구체적으로는, 제 2 부분(114)의 단부 안쪽의 평활면(142b)과 마주하고 있다. 따라서, 상기 스톱퍼 부재(142a)가 상기 평활면(142b)와 접촉한 상태에서 중공 프레임(110)의 강성은 그렇지 않은 상태에 비해 증가하며, 따라서, 이 상태에서, 상기 AFM 프로브(100)은 시편의 압입 테스트에 요구되는 충분한 강성을 갖게 된다.

<39> [실시예 3]

<40> 도 5는 본 발명의 제3실시예에 따른 AFM 프로브를 설명하기 위한 도면이다. 도 5에 도시된 본 실시예의 AFM 프로브(100)는, 스톱퍼(140)가 스톱퍼 부재(143a)의 선단에 압전 재료(143c)를 선단에 구비하는 것을 제외하면, 앞선 제2실시예와 그 구성이 같다. 상기 압전 재료(143c)는 스톱퍼 부재(143a) 선단에서 상기 중공 프레임(110)의 이동 단부 안쪽면과 접촉되는 부분으로, 상기 압전 재료(143c)는, 상기 스톱퍼 부재(143a)가 큰 강성으로 중공 프레임(110)의 탄성 변형을 규제하기 전에 상기 압전 재료(143c)가 먼저 중공 프레임(110)의 내측면에 접하여 탄성 변형이 이루어질 수 있다. 상기 압전 재료(143c)는 전류가 인가된 상태에서 자체 변형량 변화에 따른 다른 전압 신호를 출력할 수 있으며, 이를 이용하면, AFM팁(120)의 변위를 산출할 수 있다.

<41> 도 5에 도시된 것과 같이 상기 중공 프레임(110)의 변형이 이루어지기 전의 초기 상태에서, 압전 재료(143c)와 중공 프레임(110)의 내측면을 이격시켜 배치할 수 있지만, 이와 달리, 초기 상태에서, 압전 재료와 중공 프레임(110)의 내측면이 서로 면하게 배치될 수도 있다. 초기 상태에서, 상기 압전 재료가 중공 프레임의 내측면에 면해 있다면, AFM팁(120)과 시편(6) 사이에 작용력이 발생하는 것과 거의 같은 순간에 그 압전 재료가 변형을 시작하며, 이는 AFM 프로브(100)를 이용하여 시편의 표면을 인식하는데 편리하게 이용될 수 있을 것이다. 압전 재료(143c)의 소재를 스톱퍼 부재(143a)와 같은 재료로 사용하면 압전 재료(143c)와 스톱퍼 부재(143a)가 하나의 스톱퍼(140)를 이룰 수 있으며, 이때, 스톱퍼(140) 하단부의 각도를 조절하면~"을 "이때, 스톱퍼(140) 하단부 각도, 즉, 스톱퍼 부재(143a)의 선단에 마련된 압전 재료(143c)의 각도 조절 가능하게 벌어진 선단부들 사이의 각도를 조절하면 시편의 압입 테스트에 요구되는 AFM 프로브(100)의 강성을 조절할 수 있다.

<42> [실시예 4]

<43> 도 6은 본 발명의 제4실시예에 따른 AFM 프로브를 설명하기 위한 도면이다. 도 6을 참조하면, 중공 프레임(110)의 내측면에 2 쌍의 스톱퍼 부재들(144a, 144b 및 145a, 145b)이 설치된다. 그들 중, 한 쌍의 스톱퍼 부재(144a, 144b)는 Z 축선을 기준으로 좌측에 위치한 채 중공 프레임(110) 상측의 제 1 부분(112)과 중공 프레임 하측의 제 2 부분(114)에 서로 마주하게 설치되어 있다. 나머지 한 쌍의 스톱퍼 부재(145a, 145b)는 Z 축선을 기준으로 우측에 위치한 채 중공 프레임(110) 상측의 제 1 부분(112)과 중공 프레임 하측의 제 2 부분(114)에 서로 마주하게 설치되어 있다.

<44> 이때, 제 1 스톱퍼 부재 쌍(144a, 144a)과 제 2 스톱퍼 부재 쌍(145a, 145b)을 중공프레임(110)의 내측면을 따라 이동시켜, 그들 사이의 좌우 간격 조절을 조절하면, 서로 상하로 마주하고 있는 스톱퍼 부재들 사이의 간격 또한 조절된다. 이러한 간격 조절에 의해, 시편 테스트 시, AFM 프로브(100)의 강성이 변화되는 시점 및 위치를

조절할 수 있다. 이때, 제 1 및 제 2 스토퍼 부재의 쌍들(144a, 144b), (145a, 145b)은 항상 Z 축선을 기준으로 서로 대칭을 이루도록 위치한다. 여기에서, 스토퍼 부재의 간격 조절은 그 스토퍼 부재를 중공 프레임의 내측면을 따라 슬라이딩 시키거나 스토퍼 부재를 중공 프레임의 내측면에서 떼어 다른 위치에 다시 부착하는 방식으로 구현될 수 있다.

- <45> 본 실시예에서는, 2 쌍의 스토퍼 부재(144a, 144b 및 145a, 145b)를 갖는 AFM 프로브(100)에 대하여 설명하였지만, 그 이상의 쌍으로 이루어진 스토퍼 부재를 포함하는 AFM 프로브도 가능하며, 또한, 간격이 조절 기능을 포함하지 않는 복수 쌍의 스토퍼 부재를 포함하는 AFM 프로브도 본 발명의 범위 내에 있는 것이다.
- <46> [실시예 5]
- <47> 도 7은 본 발명의 제4실시예에 따른 AFM 프로브를 설명하기 위한 도면이다. 도 7을 참조하면, Z 축선을 중심으로 중공 프레임(110)의 제 1 및 제 2 부분 (112, 114) 각각에 복수의 스토퍼 부재(146a, 146b, 147a, 147b, 148a, 148b)들이 서로 대칭을 이루며 설치되어 있다. 즉, 제 1 부분(112)에는 상부 스토퍼 부재들(146a, 147a, 148b) 등이 설치되며, 제 2 부분(114)에는 하부 스토퍼 부재들(146b, 147b, 147b, 148b)이 대응되는 상부 스토퍼 부재들(146a, 147a, 148a)과 마주하도록 설치되어 있다.
- <48> 이때, 상기 스토퍼 부재들은 Z 축선으로부터 멀어질수록 작은 강성을 갖도록 설계된다. 즉, Z 축선과 가장 가까운 제 1 스토퍼 부재 쌍(146a, 146b)의 강성이 가장 크고, Z 축선과 가장 먼 제 3 스토퍼 부재 쌍(148a, 148b)의 강성이 가장 작다. 제 2 스토퍼 부재 쌍(147a, 147b)의 강성은 제 1 스토퍼 부재 쌍(146a, 146b)의 강성보다 작고 제 3 스토퍼 부재 쌍(148a, 148b)의 강성보다 큰 강성을 갖는다. 또한, 상기 스토퍼 부재 쌍들 각각의 간격(t1, t2, t3) 또한 다르게 결정된다. 즉, 제 1 스토퍼 부재 쌍(146a, 146b) 사이의 간격(t3)이 가장 크고, 제 3 스토퍼 부재 쌍(148a, 148b) 사이의 간격(t1)이 가장 작다.
- <49> 본 실시예의 의하면, 중공 프레임(110)이 탄성 변형하여 Z 축선 방향으로 AFM팁(120)의 이동을 허용하는 동안, 상기 AFM 프로브(100)는, 먼저, 제 3 스토퍼 부재 쌍(148a, 148b)이 접하는 위치에서 강성이 변하고, 그 다음, 제 2 스토퍼 부재 쌍(147a, 147b)이 접하는 위치에서 강성이 변하며, 그 다음, 제 1 스토퍼 부재의 쌍(146a, 146b)이 접하는 위치에서 강성이 변한다. 이때, 각 스토퍼 부재의 강성은 일정하게 하되, 각 쌍의 스토퍼 부재 간 간격만 다르게 하는 것에 의해서도 전술한 다단 강성 변환이 가능한데, 이는 동일 강성의 스토퍼 부재가 중공 프레임의 탄성 변형 규제에 관여할수록 AFM 프로브(100)의 강성이 증가하기 때문이다.
- <50> 또한, 도시하지는 않았지만, 복수의 스토퍼 부재가 중공 프레임의 제 1 부분 또는 제 2 부분에 설치된 채, 그 복수의 스토퍼 부재와 그와 접하게 되는 중공 프레임의 내측면 사이의 간격을 다르게 하는 것에 의해서도 AFM 프로브의 다단 강성 변환이 구현될 수 있다.
- <51> 위 실시예들에서 설명되지는 않았지만, 상기 중공 프레임(110)은 마름모꼴 외에 원형, 타원형 또는 다른 대칭형의 중공 프레임 구조로 이루어질 수 있는 것이다.

**발명의 효과**

- <52> 본 발명에 의하면, AMF 프로브의 강성이 테스트 종류에 따라 가변될 수 있으므로, 작은 강성이 요구되는 시편의 표면 형상 테스트와 큰 강성이 요구되는 시편의 압입 테스트 모두에 상기 AFM이 공용으로 사용될 수 있도록 해준다.

**도면의 간단한 설명**

- <1> 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 AFM 프로브를 도시한 도면.
- <2> 도 2는 본 발명의 제1실시예에 따른 AFM 프로브의 작용을 설명하기 위한 도면.
- <3> 도 3은 도 2 A를 확대하여 도시한 도면.
- <4> 도 4는 본 발명의 제2실시예에 따른 AFM 프로브를 도시한 도면.
- <5> 도 5는 본 발명의 제3실시예에 따른 AFM 프로브를 도시한 도면.
- <6> 도 6은 본 발명의 제4실시예에 따른 AFM 프로브를 도시한 도면.
- <7> 도 7은 본 발명의 제5실시예에 따른 AFM 프로브를 도시한 도면.

<8> <도면의 주요부분에 대한 부호설명>

<9> 100: AFM 프로브

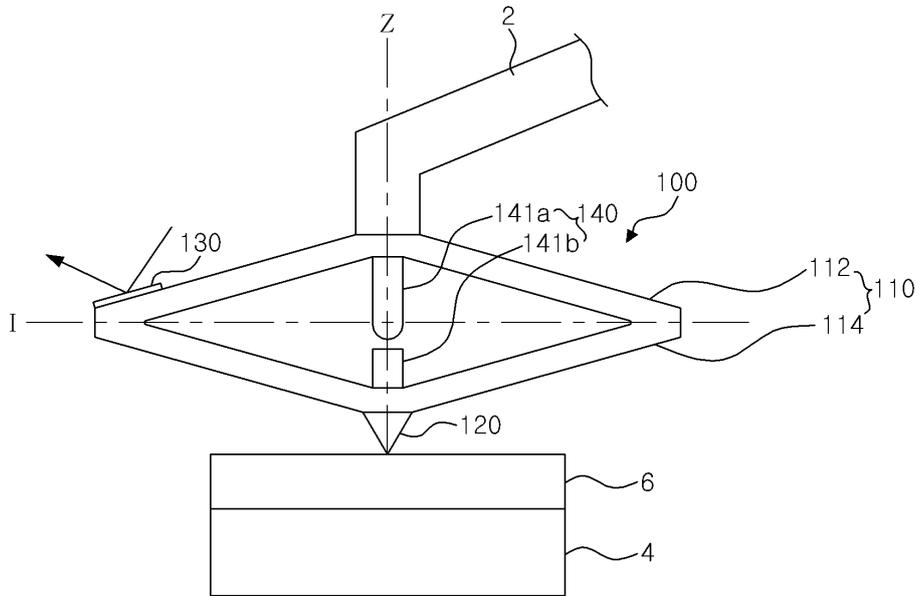
110: 중공 프레임

<10> 120: AFM팁

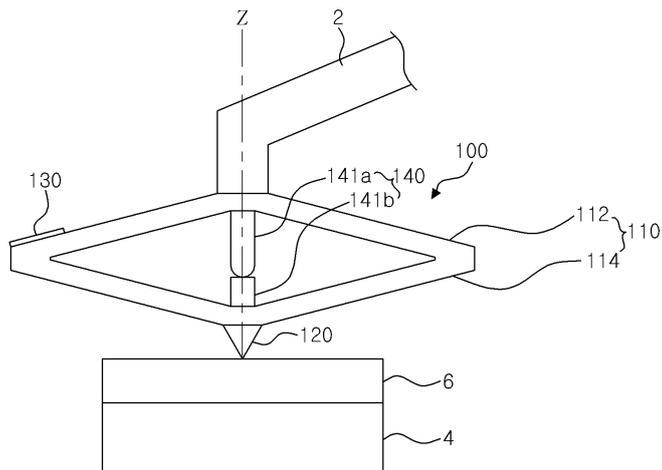
140: 스톱퍼

도면

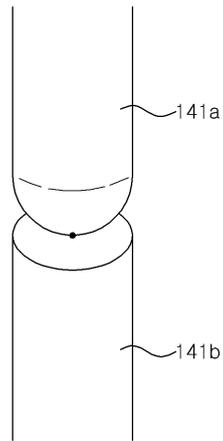
도면1



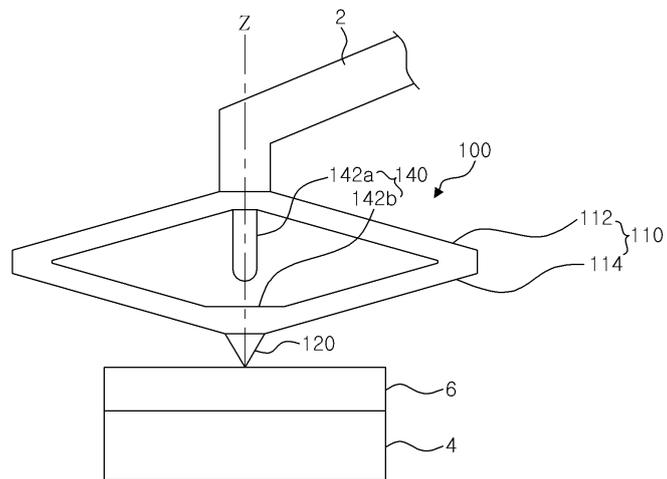
도면2



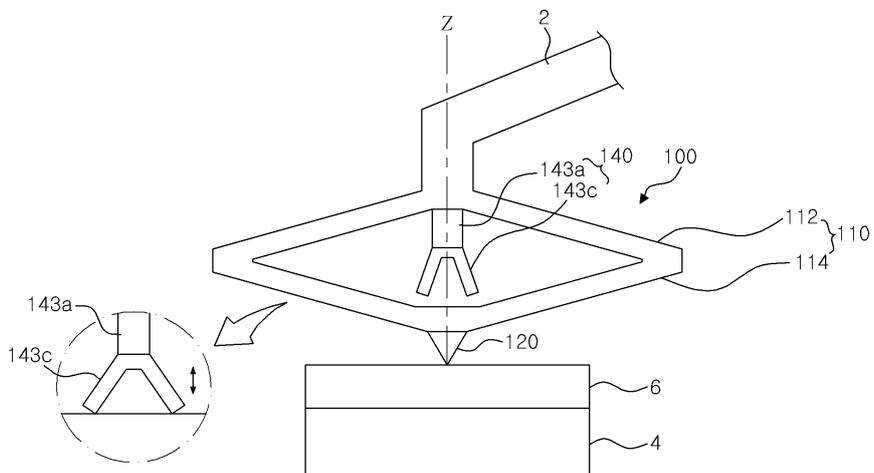
도면3



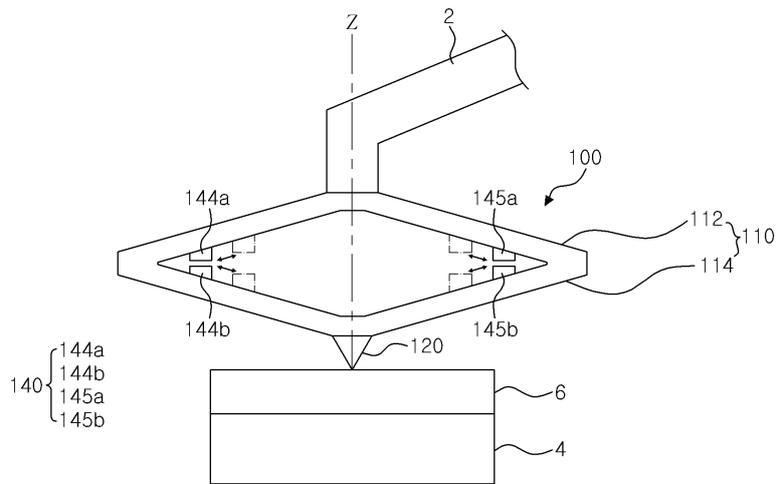
도면4



도면5



도면6



도면7

