



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월19일  
(11) 등록번호 10-2626928  
(24) 등록일자 2024년01월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01Q 10/04 (2010.01) G01Q 20/04 (2010.01)  
G01Q 60/08 (2010.01) G01Q 60/50 (2010.01)  
(52) CPC특허분류  
G01Q 10/045 (2013.01)  
G01Q 20/04 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0102185  
(22) 출원일자 2021년08월03일  
심사청구일자 2021년08월03일  
(65) 공개번호 10-2023-0020623  
(43) 공개일자 2023년02월13일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2004309347 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
파크시스템스 주식회사  
경기도 수원시 영통구 광교로 109 , 나노소자특화  
팹센터 4층 (이의동)  
(72) 발명자  
박상일  
경기도 수원시 영통구 광교로 109 한국나노기술원  
4층  
윤태석  
경기도 수원시 팔달구 중부대로 223번길 27, 선경  
아파트 102동 1109호  
김상준  
서울특별시 관악구 낙성대역길 71 601호  
(74) 대리인  
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 권준형

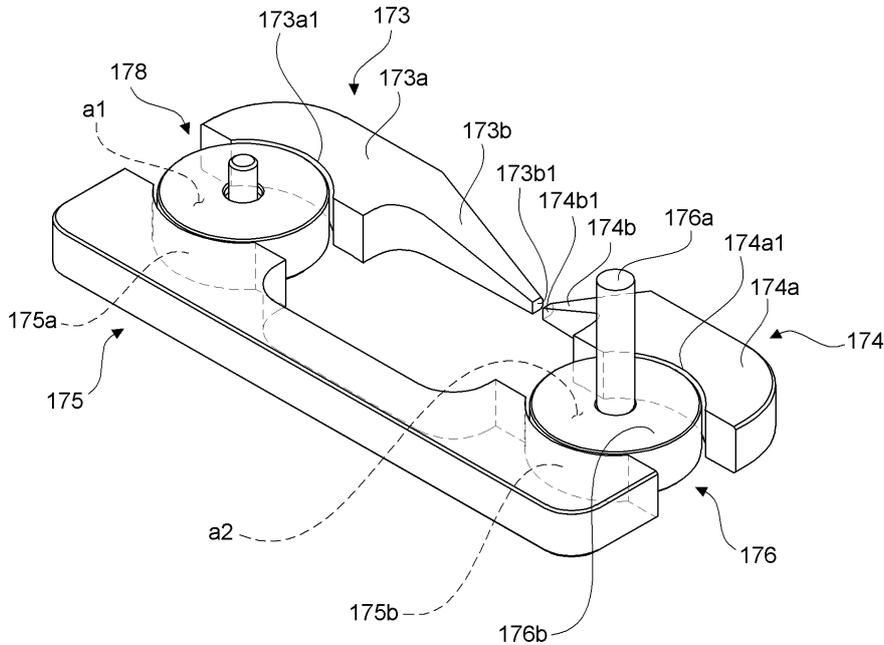
(54) 발명의 명칭 자기장 생성 장치 및 이를 가지는 원자 현미경

(57) 요약

시료 표면의 자기적인 특성을 매핑하는 MFM(Magnetic Force Microscopy)모드에 활용하기 위한 자기장 생성 장치 및 이를 가지는 원자 현미경을 개시한다.

본 발명의 일 실시예에 따른 원자 현미경은, 측정 대상의 표면을 스캔하기 위한 캔틸레버를 가지는 헤드; 및 상 (뒷면에 계속)

대표도 - 도5



기 헤드에 장착되어 적어도 상기 캔틸레버 및 상기 측정 대상의 표면에 자기장을 형성하도록 구성되는 자기장 생성 장치; 를 포함하고, 상기 자기장 생성 장치는, 제1 폴피스; 상기 캔틸레버를 사이에 두고 상기 제1 폴피스와 이격 배치되는 제2 폴피스; 상기 제1 폴피스 및 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결 가능하게 배치되는 제3 폴피스; 상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 배치되는 고정 자석;과, 상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 회전 가능하게 배치되는 회전 자석;을 포함하고, 상기 회전 자석의 회전에 의해, 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 조절되도록 구성된다.

(52) CPC특허분류

*G01Q 60/08* (2013.01)

*G01Q 60/50* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2005129098 A\*

KR102209820 B1\*

KR102182721 B1

KR1020060065466 A

US06291822 B1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

측정 대상의 표면을 스캔하기 위한 캔틸레버를 가지는 헤드; 및

상기 헤드에 장착되어 적어도 상기 캔틸레버 및 상기 측정 대상의 표면에 자기장을 형성하도록 구성되는 자기장 생성 장치; 를 포함하고, 상기 자기장 생성 장치는,

제1 폴피스;

상기 캔틸레버를 사이에 두고 상기 제1 폴피스와 이격 배치되는 제2 폴피스;

상기 제1 폴피스 및 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결 가능하게 배치되는 제3 폴피스;

상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 배치되는 고정 자석;과,

상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 회전 가능하게 배치되는 회전 자석;을 포함하고,

상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에는 상기 고정 자석이 수용되는 제1 수용부가 형성되고,

상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에는 상기 회전 자석이 수용되는 제2 수용부가 형성되며,

상기 제1 폴피스는, 상기 제1 수용부의 적어도 일 부분을 형성하는 제1 홈을 가지는 제1 폴피스 바디와, 상기 제1 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향해 연장되는 제1 돌기와, 상기 제1 돌기의 일단에 마련되는 제1 작용면을 포함하고,

상기 제2 폴피스는, 상기 제2 수용부의 적어도 일 부분을 형성하는 제2 홈을 가지는 제2 폴피스 바디와, 상기 제2 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향해 연장되는 제2 돌기와, 상기 제2 돌기의 일단에 마련되고 상기 제1 작용면과 마주하는 제2 작용면을 포함하며,

상기 회전 자석의 회전에 의해, 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 조절되도록 구성되는 원자 현미경.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,

상기 캔틸레버의 적어도 일 부분은 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이에 형성되는 자기 경로 상에 배치되는 원자 현미경.

**청구항 3**

제 1항에 있어서,

상기 캔틸레버의 적어도 일 부분은 상기 고정 자석과 상기 회전 자석 사이에 배치되는 원자 현미경.

**청구항 4**

제 1항에 있어서,

상기 회전 자석은, 그 N극이 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결됨과 함께 S극이 상기 제3 폴피스와 자기적으로 연결되는 제1 위치와, 그 N극이 상기 제3 폴피스와 자기적으로 연결됨과 함께 그 S극이 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결되는 제2 위치 사이에서 회전 가능한 원자 현미경.

**청구항 5**

제 4항에 있어서,

상기 자기장 생성 장치는, 상기 회전 자석이 상기 제1 위치에 배치된 상태에서 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴

피스 사이의 자기력이 최대가 되고, 상기 회전 자석이 상기 제2 위치에 배치된 상태에서 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 최소가 되도록 구성되는 원자 현미경.

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

제 1항에 있어서,

상기 캔틸레버는 상기 제1 작용면과 상기 제2 작용면 사이에 배치되는 원자 현미경.

**청구항 9**

제 1항에 있어서,

상기 제1 돌기는 상기 제1 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소하는 원자 현미경.

**청구항 10**

제 1항에 있어서,

상기 제2 돌기는 상기 제2 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소하는 원자 현미경.

**청구항 11**

원자 현미경의 캔틸레버 및 측정 대상의 표면에 자기장을 생성하는 자기장 생성 장치에 있어서, 상기 자기장 생성 장치는,

제1 폴피스;

상기 캔틸레버를 사이에 두고 상기 제1 폴피스와 이격 배치되는 제2 폴피스;

상기 제1 폴피스 및 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결 가능하게 배치되는 제3 폴피스;

상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 배치되는 고정 자석;

상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 회전 가능하게 배치되는 조절 자석;을 포함하고,

상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에는 상기 고정 자석이 수용되는 제1 수용부가 형성되고,

상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에는 상기 조절 자석이 수용되는 제2 수용부가 형성되며,

상기 제1 폴피스는, 상기 제1 수용부의 적어도 일 부분을 형성하는 제1 홈을 가지는 제1 폴피스 바디와, 상기 제1 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향해 연장되는 제1 돌기와, 상기 제1 돌기의 일단에 마련되는 제1 작용면을 포함하고,

상기 제2 폴피스는, 상기 제2 수용부의 적어도 일 부분을 형성하는 제2 홈을 가지는 제2 폴피스 바디와, 상기 제2 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향해 연장되는 제2 돌기와, 상기 제2 돌기의 일단에 마련되고 상기 제1 작용면과 마주하는 제2 작용면을 포함하며,

상기 조절 자석의 회전에 의해, 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 조절되도록 구성되는 자기장 생성 장치.

**청구항 12**

제 11항에 있어서,

상기 제1 폴피스와, 상기 제2 폴피스와, 상기 제3 폴피스 중 일부 또는 전부를 내부에 수용하는 하우징,  
 상기 하우징에 회전 가능하게 결합되는 다이얼과,  
 상기 다이얼의 회전력을 상기 조절 자석으로 전달하는 동력전달요소들을 포함하는 자기장 생성 장치.

**청구항 13**

제 11항에 있어서,  
 상기 자기장 생성 장치는 상기 원자 현미경의 헤드에 장착되도록 구성되는 자기장 생성 장치.

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

측정 대상의 표면을 스캔하기 위한 캔틸레버를 가지는 헤드; 및  
 상기 헤드에 장착되어 적어도 상기 캔틸레버 및 상기 측정 대상의 표면에 자기장을 형성하도록 구성되는 자기장 생성 장치; 를 포함하고, 상기 자기장 생성 장치는,

제1 폴피스;

상기 캔틸레버를 사이에 두고 상기 제1 폴피스와 이격 배치되는 제2 폴피스;

상기 제1 폴피스 및 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결 가능하게 배치되는 제3 폴피스;

상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 배치되는 고정 자석;과,

상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 회전 가능하게 배치되는 회전 자석;을 포함하고,

상기 제1 폴피스는 상기 제2 폴피스와 마주하는 단부가 상기 캔틸레버를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소하는 형상으로 이루어지고,

상기 제2 폴피스는 상기 제1 폴피스와 마주하는 단부가 상기 캔틸레버를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소하는 형상으로 이루어지며,

상기 회전 자석의 회전에 의해, 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 조절되도록 구성되는 원자 현미경.

**청구항 17**

원자 현미경의 캔틸레버 및 측정 대상의 표면에 자기장을 생성하는 자기장 생성 장치에 있어서, 상기 자기장 생성 장치는,

제1 폴피스;

상기 캔틸레버를 사이에 두고 상기 제1 폴피스와 이격 배치되는 제2 폴피스;

상기 제1 폴피스 및 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결 가능하게 배치되는 제3 폴피스;

상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 배치되는 고정 자석;

상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 회전 가능하게 배치되는 조절 자석;을 포함하고,

상기 제1 폴피스는 상기 제2 폴피스와 마주하는 단부가 상기 캔틸레버를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소하는 형상으로 이루어지고,

상기 제2 폴피스는 상기 제1 폴피스와 마주하는 단부가 상기 캔틸레버를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소하는 형상으로 이루어지며,

상기 조절 자석의 회전에 의해, 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 조절되도록 구성되는 자기장 생성 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 시료 표면의 자기적인 특성을 매핑하는 MF(Magnetic Force Microscopy)모드에 활용하기 위한 자기장 생성 장치 및 이를 가지는 원자 현미경에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 주사탐침 현미경(SPM, Scanning Probe Microscope)은 MEMS공정 등을 통하여 제작된 미세한 프로브를 시료의 표면 위로 훑고 지나가게 하면서 (Scanning), 그 시료의 표면 특성을 측정하여 3D 이미지로 보여주는 현미경을 일컫는다. 이러한 주사탐침 현미경은 측정 방식에 따라, 원자 현미경 (AFM, Atomic Force Microscope), 주사터널링 현미경 (STM, Scanning Tunneling Microscope) 등으로 세분화될 수 있다.

[0003] 원자 현미경의 경우 캔틸레버 팁(cantilever tip)이 형성된 프로브를 사용하는데, 캔틸레버 팁에 특정 처리를 함으로써 토포그래피(topography) 이외에도 시료의 표면의 다양한 물리적 성질을 매핑할 수 있다. 대표적으로 EFM (Electric Force Microscopy), MF(Magnetic Force Microscopy) 등이 있는데, EFM은 시료 표면의 전기적 특성, MF는 자기적 특성을 매핑하는 원자 현미경 고유의 측정 방식이다.

[0004] 이 중 MF는 캔틸레버 팁이 시료 표면에 접촉하지 않고 시료 표면 위를 선회하는 동안 캔틸레버 팁과 시료 표면 사이의 자기력을 측정하여 시료 표면의 자기적 특성을 매핑하는 측정 방식이다.

[0005] 시료와의 자기적인 상호 작용을 위해 MF 측정 방식에 사용되는 캔틸레버 팁은 자성을 가져야 한다. 이외에도 시료 자체에 자기장을 인가시키기 위해 시료에 자기장을 인가하면서 MF 모드로 이미지를 얻는 방식이 사용될 수 있다.

[0006] 이때, 시료 자체에 자기장을 인가시키기 위한 자기장 형성 구조는 N극을 띄는 폴피스와 S극을 띄는 폴피스를 포함해야 하며, 양 폴피스 간의 거리가 너무 크면 자기장 형성이 약하게 되기 때문에, 이 거리는 특정 거리 이내로 제한된다. 이에 따라, 시료의 크기도 제한될 수 있기 때문에, 시료의 크기 제한을 최소화하면서 MF 모드로 이미지를 얻을 수 있는 새로운 구조가 요구된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명의 목적은 시료의 크기에 구애받지 않고 MF 모드로 이미지를 얻을 수 있도록 시료를 자기장 내에 위치시킬 수 있는 자기장 생성 장치 및 이를 가지는 원자 현미경을 제공한다.

[0008] 또한 시료 주위의 자기장의 세기를 정밀하게 조절할 수 있도록 개선된 자기장 생성 장치 및 이를 가지는 원자 현미경을 제공한다.

[0009] 본 발명의 과제는 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 원자 현미경은, 측정 대상의 표면을 스캔하기 위한 캔틸레버를 가지는 헤드; 및 상기 헤드에 장착되어 적어도 상기 캔틸레버 및 상기 측정 대상의 표면에 자기장을 형성하도록 구성되는 자기장 생성 장치; 를 포함하고, 상기 자기장 생성 장치는, 제1 폴피스; 상기 캔틸레버를 사이에 두고 상기 제1 폴피스와 이격 배치되는 제2 폴피스; 상기 제1 폴피스 및 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결 가능하게 배치되는 제3 폴피스; 상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 배치되는 고정 자석;과, 상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에 회전 가능하게 배치되는 회전 자석;을 포함하고, 상기 회전 자석의 회전에 의해, 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 조절되도록 구성된다.

[0011] 상기 캔틸레버의 적어도 일 부분은 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이에 형성되는 자기 경로 상에 배치될

수 있다.

- [0012] 상기 캔틸레버의 적어도 일 부분은 상기 고정 자석과 상기 회전 자석 사이에 배치될 수 있다.
- [0013] 상기 회전 자석은, 그 N극이 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결됨과 함께 S극이 상기 제3 폴피스와 자기적으로 연결되는 제1 위치와, 그 N극이 상기 제3 폴피스와 자기적으로 연결됨과 함께 그 S극이 상기 제2 폴피스와 자기적으로 연결되는 제2 위치 사이에서 회전 가능할 수 있다.
- [0014] 상기 자기장 생성 장치는, 상기 회전 자석이 상기 제1 위치에 배치된 상태에서 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 최대가 되고, 상기 회전 자석이 상기 제2 위치에 배치된 상태에서 상기 제1 폴피스와 상기 제2 폴피스 사이의 자기력이 최소가 되도록 구성될 수 있다.
- [0015] 상기 제1 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에는 상기 고정 자석이 수용되는 제1 수용부가 형성되고, 상기 제2 폴피스와 상기 제3 폴피스 사이에는 상기 회전 자석이 수용되는 제2 수용부가 형성될 수 있다.
- [0016] 상기 제1 폴피스는, 상기 제1 수용부의 적어도 일 부분을 형성하는 제1 홈을 가지는 제1 폴피스 바디와, 상기 제1 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향해 연장되는 제1 돌기와, 상기 제1 돌기의 일단에 마련되는 제1 작용면을 포함하고, 상기 제2 폴피스는, 상기 제2 수용부의 적어도 일 부분을 형성하는 제2 홈을 가지는 제2 폴피스 바디와, 상기 제2 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향해 연장되는 제2 돌기와, 상기 제2 돌기의 일단에 마련되고 상기 제1 작용면과 마주하는 제2 작용면을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 캔틸레버는 상기 제1 작용면과 상기 제2 작용면 사이에 배치될 수 있다.
- [0018] 상기 제1 돌기는 상기 제1 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소할 수 있다.
- [0019] 상기 제2 돌기는 상기 제2 폴피스 바디로부터 상기 캔틸레버를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소할 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 자기장 생성 장치는, 원자 현미경의 캔틸레버 및 측정 대상의 표면에 자기장을 생성하는 자기장 생성 장치에 있어서, 상기 자기장 생성 장치는, 상기 캔틸레버 및 상기 측정 대상의 표면에 자기장이 형성되도록 배치되는 복수의 폴피스들; 상기 복수의 폴피스들 사이에 회전 가능하게 배치되어 상기 캔틸레버 주위의 자기장의 세기를 조절하도록 구성되는 조절 자석을 포함한다.
- [0021] 상기 자기장 생성 장치는, 상기 복수의 폴피스들 중 일부 또는 전부를 내부에 수용하는 하우징, 상기 하우징에 회전 가능하게 결합되는 다이얼과, 상기 다이얼의 회전력을 상기 조절 자석으로 전달하는 동력전달요소들을 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 자기장 생성 장치는 상기 원자 현미경의 헤드에 장착되도록 구성될 수 있다.
- [0023] 상기 복수의 폴피스들은, 상기 캔틸레버 및 상기 측정 대상의 표면에 자기력을 작용시키는 한 쌍의 작용 폴피스들과, 상기 작용 폴피스들을 자기적으로 연결시키는 연결 폴피스를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 조절 자석은 상기 한 쌍의 작용 폴피스들 중 어느 하나와 상기 연결 폴피스 사이에 배치될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0025] 본 발명에 따른 자기장 생성 장치 및 이를 가지는 원자 현미경에 따르면, 시료의 크기에 구애받지 않고 시료를 자기장 내에 위치시킴으로써 MFM 모드로 시료의 자기적 특성을 매핑할 수 있다.
- [0026] 또한 영구 자석의 회전각 조절을 통해 캔틸레버 팁 주위의 자기장의 세기가 정밀하게 조절될 수 있으므로, 시료의 자기적인 특성에 맞추어 고품질의 자기적인 매핑 정보를 얻을 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 원자현미경의 구조를 나타내는 개략적인 사시도이다.
- 도 2는 캔틸레버의 힘을 측정하는 원리를 설명한 개념도이다.
- 도 3은 원자현미경을 사용하여 표면 특성을 측정하는 방법을 설명한 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 자기장 생성 장치를 도시한 도면이다.

도 5은 도 4에 도시된 자기장 생성 장치의 주요 구성을 발췌하여 도시한 도면이다.

도 6a는 조절 자석이 제1 위치에 배치된 상태에서 조절 자석, 고정 자석 및 폴피스들 사이에 형성되는 자기 흐름을 도시한 도면이다.

도 6b는 조절 자석이 제2 위치에 배치된 상태에서 조절 자석, 고정 자석 및 폴피스들 사이에 형성되는 자기 흐름을 도시한 도면이다.

도 7은 조절 자석의 회전각에 따른 자기장의 세기를 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0028] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 다양한 실시 예를 보다 상세하게 설명한다. 본 명세서에 기재된 실시 예는 다양하게 변형될 수 있다. 특정한 실시예가 도면에서 묘사되고 상세한 설명에서 자세하게 설명될 수 있다. 그러나, 첨부된 도면에 개시된 특정한 실시 예는 다양한 실시 예를 쉽게 이해하도록 하기 위한 것일 뿐이다. 따라서, 첨부된 도면에 개시된 특정 실시 예에 의해 기술적 사상이 제한되는 것은 아니며, 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 균등물 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0029] 본 명세서에서, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소 “상”에 형성되어 있다고 기재된 경우는, 상기 어떤 구성 요소 및 상기 다른 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 있는 경우를 배제하지 않는다. 즉, 상기 어떤 구성 요소는 상기 다른 구성 요소와 직접 접촉하여 형성되거나, 또는 상기 어떤 구성 요소 및 상기 다른 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 개재될 수 있다.
- [0030] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이러한 구성요소들은 상술한 용어에 의해 한정되지는 않는다. 상술한 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0031] 본 명세서에서, “포함한다” 또는 “가지다” 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 “연결되어” 있다거나 “접속되어” 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 “직접 연결되어” 있다거나 “직접 접속되어” 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0032] 한편, 본 명세서에서 사용되는 구성요소에 대한 “모듈” 또는 “부”는 적어도 하나의 기능 또는 동작을 수행한다. 그리고, “모듈” 또는 “부”는 하드웨어, 소프트웨어 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합에 의해 기능 또는 동작을 수행할 수 있다. 또한, 특정 하드웨어에서 수행되어야 하거나 적어도 하나의 프로세서에서 수행되는 “모듈” 또는 “부”를 제외한 복수의 “모듈들” 또는 복수의 “부들”은 적어도 하나의 모듈로 통합될 수도 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0033] 그 밖에도, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그에 대한 상세한 설명은 축약하거나 생략한다.
- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참고로 하여 본 발명의 자기력 제어 장치의 실시예에 대해 설명한다.
- [0035] 본 발명의 자기력 제어 장치는 작용면에서의 자기 특성을 변화시킴으로써 자기력을 발생시키거나 발생시키지 않도록 제어하는 장치이다. 본 발명의 자기력 제어 장치는 자성체 홀딩 장치, 동력 장치 등에 포괄적으로 활용 가능하다. 이하에서는, 자기력 제어 장치가 자성체 홀딩 장치로서 활용되는 것을 예시하여 설명하나, 자기력 제어 장치의 활용 용도가 이에 국한되는 것은 아니다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 원자현미경의 구조를 나타내는 개략적인 사시도이고, 도 2는 캔틸레버의 휨을 측정하는 원리를 설명한 개념도이며, 도 3은 원자현미경을 사용하여 표면 특성을 측정하는 방법을 설명한 순서도이다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 원자 현미경(10)은, 측정 대상(1)의 표면을 접촉 또는 비접촉 상태로 이동 가능한 캔틸레버(110, 도 2 참조)와, 측정 대상(1)을 XY 평면에서 X 방향 및 Y 방향으로 스캔하는 XY 스캐너(120)와, 캔틸레버(110)와 연결되어 캔틸레버(110)를 Z 방향으로 상대적으로 작은 변위로 이동시키는 Z

스캐너(130)와, 캔틸레버(110)와 Z 스캐너(130)를 상대적으로 큰 변위로 Z 방향으로 이동시키는 Z 스테이지(140)와, XY 스캐너(120)와 Z 스테이지(140)를 고정하는 고정 프레임(150)을 포함한다.

- [0038] 여기서, 헤드(H)는 Z 스캐너(130)를 포함하고, 도 2에 도시된 광학 시스템(160)을 구비한다. 또한, 헤드(H)에는 캔틸레버(110) 및 측정 대상(1)의 표면에 자기장을 형성하도록 구성되는 자기장 생성 장치(170)를 구비한다.
- [0039] 광학 시스템(160)은 레이저 빔(L)을 생성하여 캔틸레버(110)에 주사하는 레이저 장치(162)와, 캔틸레버(110)에 의해 반사된 레이저 빔(L)을 센싱하는 포토다이오드 센서(164)를 포함한다. 이러한 광학 시스템(160)은 개략적인 개념만 나타낸 것으로서, 구체적인 구성은 공지의 기술을 따르면 된다.
- [0040] 자기장 생성 장치(170)의 자세한 구성 및 기능은 후술한다.
- [0041] 원자 현미경(10)은 측정 대상(1)의 표면을 캔틸레버(110)로 스캔하여(구체적으로는 캔틸레버(110)의 팁(112)이 측정 대상(1)의 표면을 추종하도록 하여) 토포그래피 등의 이미지를 얻는다. 측정 대상(1)의 표면과 캔틸레버(110)의 수평 방향의 상대이동은 XY 스캐너(120)에 의해 수행될 수 있으며, 측정 대상(1)의 표면을 따르도록 캔틸레버(110)를 상하로 이동시키는 것은 Z 스캐너(130)에 의해 수행될 수 있다.
- [0042] 도 2를 참조하면, 캔틸레버(110)의 휨(deflection)은 광학 시스템(160)에 의해 측정될 수 있는데, 구체적으로 휨 측정은 캔틸레버(110)에 주사되어 반사되는 레이저 빔(L)을 포토다이오드 센서(164)가 센싱함으로써 수행될 수 있다. 이러한 포토다이오드 센서(164)에 의해 측정될 수 있는 것은 캔틸레버(110)의 휨 정보 뿐만이 아니라, 캔틸레버(110)가 진동하고 있는 경우에는 그 진폭이나 위상일 수도 있다.
- [0043] 이에 따라 토포그래피 신호를 얻는 경우, 캔틸레버(110)를 측정 대상(1)의 표면에 접촉하도록 한 상태로 XY 스캐너(120)에 의해 측정 대상(1)을 스캔 경로를 따라 스캔하면서 캔틸레버(110)의 휨 정도를 측정함으로써 토포그래피 이미지를 얻는 접촉 모드(contact mode) 및 캔틸레버(110)를 공진 주파수로 진동시키면서 측정 대상(1)의 표면과 접촉시키지 않은 채로 캔틸레버(110)의 진동의 변동(예를 들어, 주파수, 진폭, 위상 등)을 피드백함으로써 토포그래피 이미지를 얻는 비접촉 모드(non-contact mode)가 도 2에 도시된 시스템으로서 구현 가능하다.
- [0044] 도 3을 참조하면, 측정 대상(1)은 스캔 경로를 따라 표면 특성이 변화되는 표면을 가지고(S10), 이에 따라 캔틸레버 팁(112)과 측정 대상(1)의 표면 간의 상호 힘(interaction force)이 변화된다(S20). 이러한 변화는 캔틸레버(110)의 휨(접촉 모드일 경우) 또는 캔틸레버(110)의 진동의 진폭 및 위상의 변화(비접촉 모드일 경우)를 일으킨다(S30). 이로 인하여, 포토다이오드 센서(164)에 의해 측정되는 레이저 신호가 변화되게 되며(S40), 변화되는 레이저 신호가 전기적 신호로 컨트롤러로 송신된다(S50). 이 전기적 신호를 처리하여 2차원 혹은 3차원의 이미지가 생성되며(S60), 이에 따라 측정 대상(1)의 표면의 표면 특성이 매핑된다.
- [0045] 도 3에서 설명한 바와 같이, 전기적 신호를 통해 표면 특성을 매핑할 수도 있지만, 통상적으로는 전기적 신호를 통해 캔틸레버의 휨를 피드백하여 표면 특성을 매핑한다. 이러한 기술적 선택은 다양한 공지의 기술로서 얻어 낼 수 있다.
- [0046] 여기서, 표면 특성이란 토포그래피(topography), 전기적 특성, 자기적 특성 등일 수 있는데, 기본적으로는 이러한 특성을 매핑하는 방식은 도 3의 측정 방식을 기본적으로 따르게 된다. 특히, 자화된 팁을 가진 캔틸레버를 활용한다면 토포그래피 이외에 측정 대상(1)의 표면의 자기적 특성에 팁이 반응하기 때문에, 측정 대상(1)의 표면의 자기적 특성을 매핑할 수 있다. 이를 MFM 모드라고 하며, 이는 공지의 기술이므로 자세한 설명은 생략한다.
- [0047] 특히 MFM 모드로 측정 대상(1)의 표면의 자기적 특성을 측정할 때에, 측정 대상(1)의 표면에 자기장을 인가해야 할 필요가 있을 수 있다. 측정 대상(1)의 표면에 자기장을 인가하기 위해서 자기장 생성 장치(170)가 필요하다.
- [0048] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 자기장 생성 장치를 도시한 도면이고, 도 5은 도 4에 도시된 자기장 생성 장치의 주요 구성을 발췌하여 도시한 도면이다.
- [0049] 도 4를 참조하면, 헤드(H)는 헤드 본체(180)와 Z 스캐너(130)를 포함한다. 헤드 본체(180)는 도브 테일 방식으로 Z 스테이지(140)와 결합되도록 홈(181)이 형성될 수 있다. Z 스캐너(130)는 헤드 본체(180)에 결합되고, 도면 번호를 부여하지 않았지만 프로브 아암(probe arm)에 의해 캔틸레버(110)와 연결된다. 도 2에 도시된 광학 시스템(160)은 도면 번호를 부여하지 않았지만 헤드 본체(180)로부터 전면으로 돌출된 부분에 실장된다.

- [0050] 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 자기장 생성 장치(170)는 하우징(172)과, 하우징(172)의 내측에 일부 또는 전부가 수용되고, 캔틸레버(110) 및 측정 대상(1)의 표면에 자기장이 형성되도록 배치되는 복수의 폴피스들(173, 174, 175)과, 복수의 폴피스들(173, 174, 175) 사이에 회전 가능하게 배치되어 캔틸레버(110) 및 측정 대상(1)의 표면 주위의 자기장의 세기를 조절하도록 구성되는 조절 자석(176)과, 복수의 폴피스들(173, 174, 175) 사이에 고정되어 조절 자석(176)과 함께 자기 페루프를 형성하도록 구성되는 고정 자석(178)을 포함한다.
- [0051] 하우징(172)은 자기장 생성 장치(170)의 구성들을 수용한다. 자기장 생성 장치(170)의 구성들은 하우징(172)에 수용되어 지지 및 고정된다.
- [0052] 하우징(172)은 원자 현미경(10)의 헤드(H)에 착탈 가능하게 결합된다. 하우징(172)은 그 상면 일측으로부터 상방으로 돌출된 체결돌기(172a)를 가진다. 체결돌기(172a)는 헤드(H)의 하면에 형성된 체결홈(h1)에 슬라이드 방식으로 착탈 가능하게 체결될 수 있다. 즉, 도브 테일(dovetail) 결합으로 자기장 생성 장치(170)가 헤드(H)에 결합될 수 있다.
- [0053] 하우징(172)이 헤드(H)에 고정된 상태에서 하우징(172)이 헤드(H)로부터 이탈되지 않도록 체결돌기(172a)는 양측면이 경사진 썸기 형상을 가질 수 있다. 체결홈(h1)은 체결돌기(172a)의 썸기 형상에 대응되는 형상으로 마련된다.
- [0054] 도시하지는 않았지만 하우징(172)이 헤드(H)에 착탈 가능하게 결합되는 구조는 상기 돌기 - 홈 체결구조 이외에 다양한 구조가 적용될 수도 있다. 예를 들어 볼트나 리벳 등의 별도의 체결 요소들을 통해 하우징(172)이 헤드(H)에 착탈 가능하게 체결되거나, 자석 등을 통해 하우징(172)이 헤드(H)에 착탈 가능하게 체결되는 구조 등이 적용될 수도 있다.
- [0055] 이와 같이, 자기장 생성 장치(170)가 원자 현미경(10)의 헤드(H)에 직접 장착되므로, 측정 과정에서 자기장 생성 장치(170)와 측정 대상(1)이 서로 간섭될 우려가 없으며, 측정 대상(1)의 크기와 관계없이 측정 대상(1)의 표면에 자기장을 인가하여 측정 대상(1)의 표면의 자기적인 특성을 매핑할 수 있다.
- [0056] 복수의 폴피스들(173, 174, 175)은 캔틸레버(110)를 사이에 두고 서로 이격 배치되는 제1 폴피스(173)와 제2 폴피스(174), 그리고 제1 폴피스(173) 및 제2 폴피스(174)와 자기적으로 연결 가능하게 배치되는 제3 폴피스(175)를 포함한다.
- [0057] 제1 폴피스(173)는 자기가 흐를 수 있는 경로를 형성할 수 있도록 철과 같은 강자성체로 구성되고, 제1 폴피스 바디(173a)와 제1 폴피스 바디(173a)로부터 연장되는 제1 돌기(173b)를 포함한다.
- [0058] 제1 폴피스 바디(173a)의 일측면에는 고정 자석(178)의 적어도 일 부분을 수용하기 위한 제1 홈(173a1)이 마련된다.
- [0059] 제1 돌기(173b)는 제1 폴피스 바디(173a)의 다른 일측면으로부터 캔틸레버(110)를 향해 연장된다. 제1 돌기(173b)의 단부에는 제1 작용면(173b1)이 마련된다.
- [0060] 제1 돌기(173b)는 제1 폴피스 바디(173a)로부터 캔틸레버(110)를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소하는 형상을 가지는 것이 바람직하다. 이에 따라, 자기력을 제1 돌기(173b)의 제1 작용면(173b1)에 집중시킬 수 있어, 강력한 자기장 형성에 용이하다.
- [0061] 제2 폴피스(174)는 캔틸레버(110)를 사이에 두고 제1 폴피스(173)와 이격 배치된다.
- [0062] 제2 폴피스(174)는 자기가 흐를 수 있는 경로를 형성할 수 있도록 철과 같은 강자성체로 구성되고, 제2 폴피스 바디(174a)와 제2 폴피스 바디(174a)로부터 연장되는 제2 돌기(174b)를 포함한다.
- [0063] 제2 폴피스 바디(174a)의 일측면에는 조절 자석(176)의 적어도 일 부분을 수용하기 위한 제2 홈(174a1)이 마련된다.
- [0064] 제2 돌기(174b)는 제2 폴피스 바디(174a)의 다른 일측면으로부터 캔틸레버(110)를 향해 연장된다. 제2 돌기(174b)의 단부에는 제2 작용면(174b1)이 마련된다. 제2 작용면(174b1)은 제1 작용면(173b1)과 대향하도록 배치된다.
- [0065] 제2 돌기(174b)는 제2 폴피스 바디(174a)로부터 캔틸레버(110)를 향하는 방향으로 연장됨에 따라 그 단면적이 감소하는 형상을 가지는 것이 바람직하다. 이에 따라, 자기력을 제2 돌기(174b)의 제2 작용면(174b1)에 집중시

킬 수 있어, 강력한 자기장 형성에 용이하다.

- [0066] 제1 작용면(173b1)과 제2 작용면(174b1) 사이에 자기 흐름이 형성되면, 그 자기 흐름이 형성하는 자기장 내에 캔틸레버(110) 및 측정 대상(1)의 표면이 위치될 수 있다. 제2 작용면(174b1)은, 캔틸레버(110) 및 측정 대상(1)의 표면에 자기장이 효율적으로 형성될 수 있도록, 제1 작용면(173b1)과 수평으로 나란하게 배치되는 것이 바람직하다.
- [0067] 앞서 설명한 바와 같이, 제1 돌기(173b)와 제2 돌기(174b)는 각각 캔틸레버(110)를 향하는 방향으로 그 단면적이 감소하는 형상을 가지는 것이 바람직하다. 따라서 제1 작용면(173b1)과 제2 작용면(174b1) 사이에 자속이 집중되어 적은 에너지로도 강한 자기장을 형성할 수 있다.
- [0068] 제1 폴피스(173)와 제2 폴피스(174) 사이에 원하는 자기장을 형성하도록 구성된다. 따라서 제1 폴피스(173)와 제2 폴피스(174)는 캔틸레버(110) 주변 그리고 측정 대상(1)의 표면에 자기력을 작용시키는 작용 폴피스로 볼 수 있다.
- [0069] 제3 폴피스(175)는 고정 자석(178)을 사이에 두고 제1 폴피스(173)와 이격되고, 조절 자석(176)을 사이에 두고 제2 폴피스(174)와 이격된다. 제3 폴피스(175)는 제1 폴피스(173) 및 제2 폴피스(174)의 전방에 배치된다.
- [0070] 제3 폴피스(175)는 자기가 흐를 수 있는 경로를 형성할 수 있도록 철과 같은 강자성체로 구성되고, 제1 폴피스(173)와 함께 고정 자석(178)을 수용하는 제1 수용부(a1)를 형성하고, 제2 폴피스(174)와 함께 조절 자석(176)을 수용하는 제2 수용부(a2)를 형성한다.
- [0071] 제3 폴피스(175)는 제1 홈(173a1)과 함께 제1 수용부(a1)를 형성하는 제3 홈(175a)과, 제2 홈(174a1)과 함께 제2 수용부(a2)를 형성하는 제4 홈(175b)을 포함한다. 제3 홈(175a)과 제4 홈(175b)은 제3 폴피스(175)의 일측면에 이격 배치된다.
- [0072] 제3 폴피스(175)는 자기장을 형성시키는 과정에서 자기장 생성 장치(170)에 자기 페루프가 형성될 수 있도록 제1 폴피스(173)와 제2 폴피스(174)를 자기적으로 연결시킨다. 따라서 제3 폴피스(175)는 연결 폴피스로 볼 수 있다.
- [0073] 도 4 및 도 5에서는 제3 폴피스(175)가 제1 폴피스(173)와 별개로 마련되고, 제3 폴피스(175)와 제1 폴피스(173) 사이에 고정 자석(178)이 배치되는 구조를 예시하였으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 고정 자석(178)이 생략되고, 제3 폴피스(175)와 제1 폴피스(173)가 일체로 형성되는 구조도 적용이 가능하다. 이 경우, 제3 폴피스(175)와 제1 폴피스(173)는 하나의 몸체로 형성되고, 상기 하나의 몸체의 일단은 제2 폴피스(174)의 일측과 이격되어 조절 자석(176)을 사이에 두고 배치되고, 상기 하나의 몸체 타단은 캔틸레버(110)를 사이에 두고 제2 폴피스(174)의 제2 작용면(174b1)과 이격 배치된다.
- [0074] 고정 자석(178)은 영구 자석으로 마련되고, 고정 자석(178)의 S극은 제1 폴피스(173)의 제1 홈(173a1)에 대향하고, 고정 자석(178)의 N극은 제3 폴피스(175)의 제3 홈(175a)에 대향한다. (도 6a, 6b 참조) 이와 반대로 고정 자석(178)의 N극이 제1 폴피스(173)의 제1 홈(173a1)에 대향하고, 고정 자석(178)의 S극이 제3 폴피스(175)의 제3 홈(175a)에 대향하는 구조도 적용 가능하다.
- [0075] 고정 자석(178)은 제1 폴피스(173) 및 제3 폴피스(175)와 자기적으로 연결될 수 있도록 제1 폴피스(173) 및 제3 폴피스(175)와 이격 배치된다.
- [0076] 고정 자석(178)이 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)와 "자기적으로 연결된다"는 것은, 고정 자석(178)이 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)와 직접적, 물리적으로 접촉되지 않더라도 고정 자석(178)에 의해 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)에 자기적인 흐름이 형성될 수 있을 정도로 이격된 것을 포함한다.
- [0077] 예를 들어, 고정 자석(178)이 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)와 접촉할 때 발생하는 자기 흐름의 세기에 비해, A% 이상의 세기의 자기 흐름이 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)에 형성되는 경우, 고정 자석(178)과 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)는 자기적으로 연결되었다고 할 수 있다. 여기서, A는 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 등일 수 있다.
- [0078] 한편, 고정 자석(178)이 제1 폴피스(173) 및/또는 제3 폴피스(175)와 접촉하여 고정될 수도 있다. 다만, 조절 자석(176)과 대칭을 이루도록 고정 자석(178)을 구성하는 것이 자기장 조절에 용이하므로, 상술한 바와 같이 고정 자석(178)이 제1 폴피스(173) 및 제3 폴피스(175)와 이격 배치되는 것이 바람직하다.
- [0079] 도 4 및 도 5에서는 고정 자석(178)이 그 단면이 대략 원형인 원통 형상을 가지는 구조를 예시하였으나, 고정

자석(178)의 형상이 원통 형상에 한정되지는 않으며, 원통 형상 이외의 다각 형상을 가질 수도 있다.

- [0080] 조절 자석(176)은 그 단면이 대략 원형인 원통 형상으로 마련된다. 조절 자석(176)은 회전 가능하게 배치되는 회전축(176a)과, 영구 자석(176b)을 포함한다. 영구 자석(176b)은 회전축(176a)을 중심으로 회전 가능하게 배치된다.
- [0081] 조절 자석(176)은 그 N극이 제1 폴피스(173)에 근접하여 제1 폴피스(173)와 자기적으로 연결되고, 그 S극이 제3 폴피스(175)에 근접하여 제3 폴피스(175)와 자기적으로 연결되는 제1 위치(도 6a 참조)와, 그 S극이 제1 폴피스(173)에 근접하여 제1 폴피스(173)와 자기적으로 연결되고, 그 N극이 제3 폴피스(175)에 근접하여 제3 폴피스(175)와 자기적으로 연결되는 제2 위치(도 7B 참조) 사이에서 회전 가능하게 배치된다.
- [0082] 조절 자석(176)이 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)와 "자기적으로 연결된다"는 것은, 조절 자석(176)이 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)와 직접적, 물리적으로 접촉되지 않더라도 조절 자석(176)에 의해 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)에 자기적인 흐름이 형성될 수 있을 정도로 이격된 것을 포함한다.
- [0083] 예를 들어, 조절 자석(176)이 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)와 접촉할 때 발생하는 자기 흐름의 세기에 비해, A% 이상의 세기의 자기 흐름이 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)에 형성되는 경우, 조절 자석(176)과 제1 폴피스(173) 또는 제3 폴피스(175)는 자기적으로 연결되었다고 할 수 있다. 여기서, A는 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 등일 수 있다.
- [0084] 조절 자석(176)은 고정 자석(178)과 수평한 방향으로 이격 배치된다. 따라서 전체적으로 자기장 생성 장치(170)의 높이(H)가 감소하면서도 컴팩트하며, 강한 자기장을 생성할 수 있게 된다.
- [0085] 자기장 생성 장치(170)는 하우징(172)에 회전 가능하게 결합되는 다이얼(170a)과 다이얼(170a)과 조절 자석(176)을 연결하는 동력전달요소들을 더 포함한다.
- [0086] 다이얼(170a)은 하우징(172)의 전면에 회전 가능하게 배치된다.
- [0087] 동력전달요소들은 다이얼(170a)의 후면에 마련되는 웜(worm)(170b)과 웜(worm)(170b)과 맞물리고 하우징(172)의 내부에 회전 가능하게 배치되는 웜휠(170c)을 포함한다. 웜휠(170c)은 영구 자석(176b)의 회전축(176a)과 동축상에 배치된다. 웜휠(170c)은 연결관(170d)을 통해 영구 자석(176b)의 회전축(176a)과 연결된다.
- [0088] 외력에 의해 다이얼(170a)이 회전하면, 다이얼(170a)과 함께 웜(170b)이 회전하고, 웜(170b)이 회전하면 웜(170b)과 맞물린 웜휠(170c)이 회전하면서, 웜(170b)의 회전 방향을 수직 방향으로 전환시킨다. 웜휠(170c)이 회전하면 웜휠(170c)과 연결관(170d)을 통해 연결된 영구 자석(176b)의 회전축(176a) 및 영구 자석(176b)이 회전하게 된다.
- [0089] 웜(170b)과 웜휠(170c)을 채택함으로써, 자기력에 의해 조절 자석(176)이 도 6a와 같은 제1 위치나 도 6b와 같은 제2 위치로 돌아가는 것이 방지될 수 있다. 즉, 웜(170b)과 웜휠(170c)을 채택함으로써, 고정 자석(178)과 조절 자석(176) 간의 자기력에 의해 조절 자석(176)의 회전축(176a)에 인가되는 힘을 이겨내고, 특정 위치에 조절 자석(176)을 고정할 수 있다.
- [0090] 또한, 연결관(170d)은 조절 자석(176)의 회전 정도를 외부에 시인 가능하게 표시하는 척도로 기능한다. 미도시 하였으나, 연결관(170d)의 측면에는 눈금을 표시하여 조절 자석(176)의 회전 정도를 외부에서 알 수 있고, 이를 통해 자기장 생성 장치(170)에서 형성하는 자기장의 크기를 가늠할 수 있다.
- [0091] 이하에서는 도 6a, 6b 및 도 7을 참조하여, 자기장의 세기를 조절하는 원리에 대해서 설명한다.
- [0092] 도 6a는 조절 자석이 제1 위치에 배치된 상태에서 조절 자석, 고정 자석 및 폴피스들 사이에 형성되는 자기 흐름을 도시한 도면이고, 도 6b는 조절 자석이 제2 위치에 배치된 상태에서 조절 자석, 고정 자석 및 폴피스들 사이에 형성되는 자기 흐름을 도시한 도면이다. 도 7은 조절 자석의 회전각에 따라 형성되는 자기장의 세기를 도시한 도면이다.
- [0093] 도 6a를 참조하면, 제1 폴피스(173)에서 고정 자석(178)의 S극과 인접한 부분은 N극을 띄고, 고정 자석(178)의 N극과 상대적으로 먼 부분, 즉 캔틸레버(110)의 팁(112)과 인접한 부분은 S극을 띈다.
- [0094] 제3 폴피스(175)에서 고정 자석(178)의 N극과 인접한 부분은 S극을 띄고, 고정 자석(178)의 N극과 상대적으로 먼 부분은 N극을 띈다.
- [0095] 조절 자석(176)이 회전되어 제1 위치에 배치되면, 조절 자석(176)의 N극이 제2 폴피스(174)에 근접하여 제2 폴

피스(174)와 자기적으로 연결되고, 조절 자석(176)의 S극이 제3 폴피스(175)에 근접하여 제3 폴피스(175)와 자기적으로 연결된다.

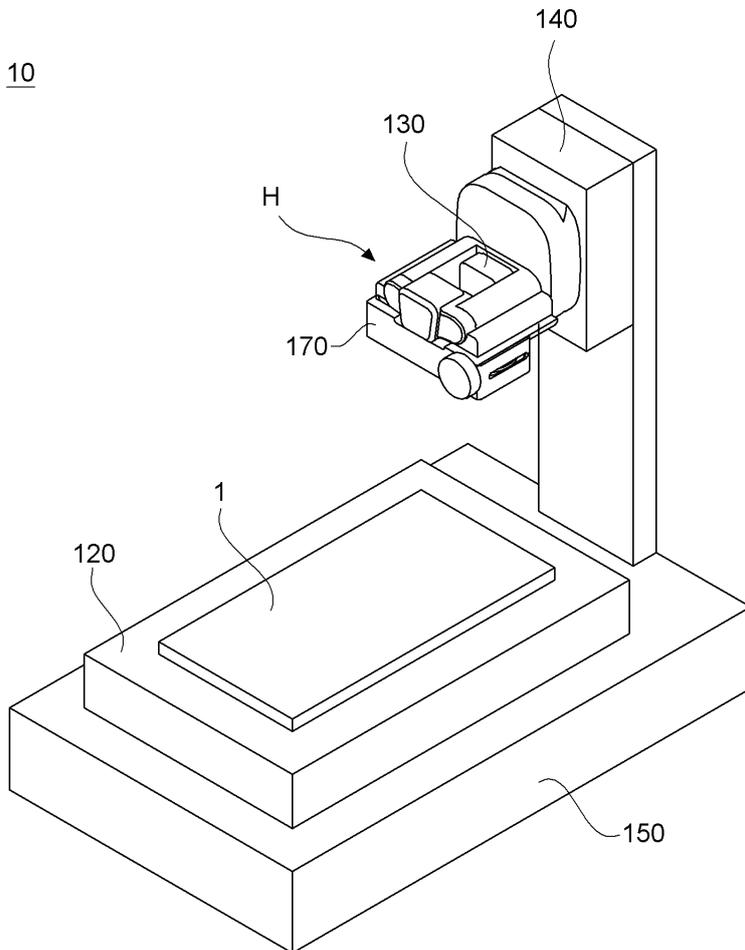
- [0096] 조절 자석(176)의 N극과 근접한 제2 폴피스(174)에서 조절 자석(176)의 N극과 인접한 부분은 S극을 띄게 되고 조절 자석(176)의 N극과 상대적으로 먼 부분, 즉 캔틸레버(110)의 팁(112)과 인접한 부분은 N극을 띄게 된다.
- [0097] 조절 자석(176)의 S극과 근접한 제3 폴피스(175)에서 조절 자석(176)의 S극과 인접한 부분은 N극을 띄게 되고, 조절 자석(176)의 S극과 상대적으로 먼 부분은 S극을 띄게 된다.
- [0098] 따라서 도 6a에 도시된 점선과 같이, 조절 자석(176), 제2 폴피스(174), 제1 폴피스(173), 고정 자석(178) 및 제3 폴피스(175)를 따라 하나의 자기 폐루프(M1)가 형성된다.
- [0099] 제2 폴피스(174)의 제2 작용면(174b1)으로부터 제1 폴피스(173)의 제1 작용면(173b1)을 향해 자기 흐름이 형성된다. 즉, 한쪽은 N극, 그리고 다른 한쪽은 S극을 띄는 자기흐름이 제1 작용면(173b1)과 제2 작용면(174b1) 사이에 형성된다.
- [0100] 도 6b를 참조하면, 조절 자석(176)이 제1 위치에서 180도 회전되어 제2 위치에 배치되면, 조절 자석(176)의 S극이 제2 폴피스(174)에 근접하여 제2 폴피스(174)와 자기적으로 연결되고, N극이 제3 폴피스(175)에 근접하여 제3 폴피스(175)와 자기적으로 연결된다.
- [0101] 조절 자석(176)의 S극과 근접한 제2 폴피스(174)에서 조절 자석(176)의 S극과 인접한 부분은 N극을 띄게 되고 조절 자석(176)의 S극과 상대적으로 먼 부분, 즉 캔틸레버(110)의 팁(112)과 인접한 부분은 S극을 띄게 된다.
- [0102] 조절 자석(176)의 N극과 근접한 제3 폴피스(175)에서 조절 자석(176)의 N극과 인접한 부분은 S극을 띄게 되고, 조절 자석(176)의 N극과 상대적으로 먼 부분은 N극을 띄게 된다.
- [0103] 따라서 도 6b에 도시된 점선들과 같이, 고정 자석(178)과 조절 자석(176) 주위의 각각 별개의 자기 흐름들(M2, M3)이 형성된다(다만, 간격이 크므로 세기는 매우 작을 것임). 또한 제1 폴피스(173)의 제1 작용면(173b1)과 제2 폴피스(174)의 제2 작용면(174b1)이 모두 S극을 띄게 되므로, 제1 폴피스(173)의 제1 작용면(173b1)과 제2 폴피스(174)의 제2 작용면(174b1) 사이에 의미 있는 자기적인 흐름이 형성되지 않는다. 다시 말해, 즉, 양쪽 모두 S극을 띄게 됨에 따라 제1 작용면(173b1)과 제2 작용면(174b1) 간에 연결된 자기 흐름이 형성되지 않는다.
- [0104] 조절 자석(176)은 도 6a에 도시된 제1 위치와 도 6b에 도시된 제2 위치 사이에서 회전 가능하게 배치된다. 따라서 조절 자석(176)을 회전 자석으로 볼 수 있다.
- [0105] 도 7에 도시된 바와 같이, 조절 자석(176)의 회전각에 따라 제1 폴피스(173)의 제1 작용면(173b1)과 제2 폴피스(174)의 제2 작용면(174b1) 사이에 인가되는 자기장의 세기는 변화한다.
- [0106] 즉, 조절 자석(176)이 제2 위치에 배치된 상태에서 제1 폴피스(173)의 제1 작용면(173b1)과 제2 폴피스(174)의 제2 작용면(174b1) 사이의 자기장의 세기는 최소가 되고, 조절 자석(176)이 제2 위치에서 제1 위치로 회전됨에 따라 제1 폴피스(173)의 제1 작용면(173b1)과 제2 폴피스(174)의 제2 작용면(174b1) 사이의 자기장의 세기는 Sine 곡선의 형태로 증가하다가 조절 자석(176)이 제1 위치에 배치된 상태에서 최대가 된다. 조절 자석(176)이 제2 위치에서 제1 위치로 회전됨에 따라 제1 폴피스(173)의 제1 작용면(173b1)과 제2 폴피스(174)의 제2 작용면(174b1) 사이의 자기장의 세기는 Sine 곡선의 형태로 감소하다가 조절 자석(176)이 제2 위치에 배치된 상태에서 다시 최소가 된다.
- [0107] 즉, 작업자는 조절 자석(176)의 회전각 조절을 통해, 캔틸레버(110) 및 측정 대상(1)의 표면에 인가되는 자기장의 세기를 정밀하게 조절할 수 있다. 따라서, 본 발명의 자기장 생성 장치(170)는, 측정 대상(1)의 표면에 자기장을 원하는 정도로 인가하면서 원하는 환경 하에서 자기적인 매핑을 가능하게 한다.
- [0108] 또한, 측정 대상(1)의 표면에 자기장의 강도를 정밀하게 조절할 수 있으므로, 고품질의 자기적인 매핑 정보를 획득할 수 있다.
- [0109] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안 될 것이다.

**부호의 설명**

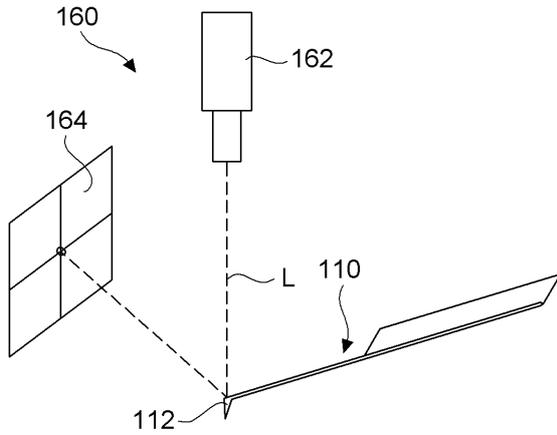
- [0110] 10. 원자 현미경
- 110. 캔틸레버
- 120. XY 스캐너
- 130. Z 스캐너
- 140. Z 스테이지
- 150. 고정 프레임
- 160. 광학 시스템
- 170. 자기장 생성 장치
- 173. 제1 폴피스
- 174. 제2 폴피스
- 175. 제3 폴피스
- 176. 조절 자석
- 178. 고정 자석

**도면**

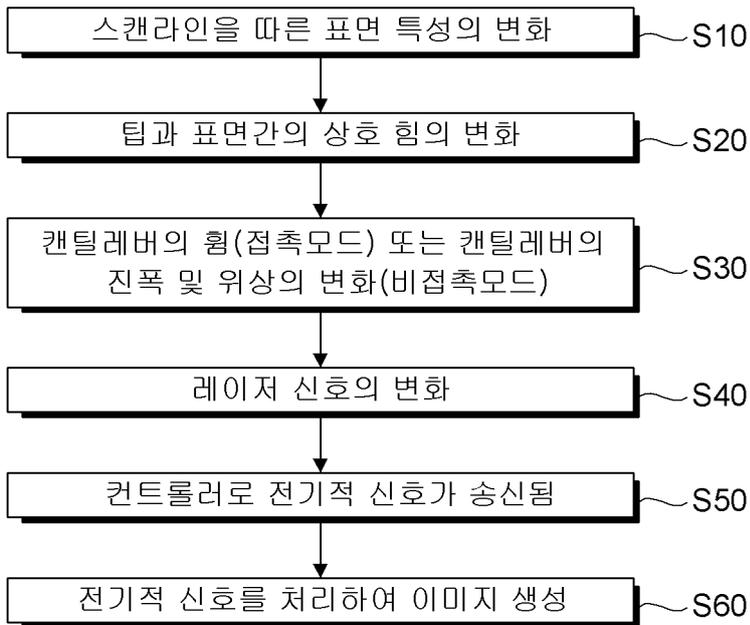
**도면1**



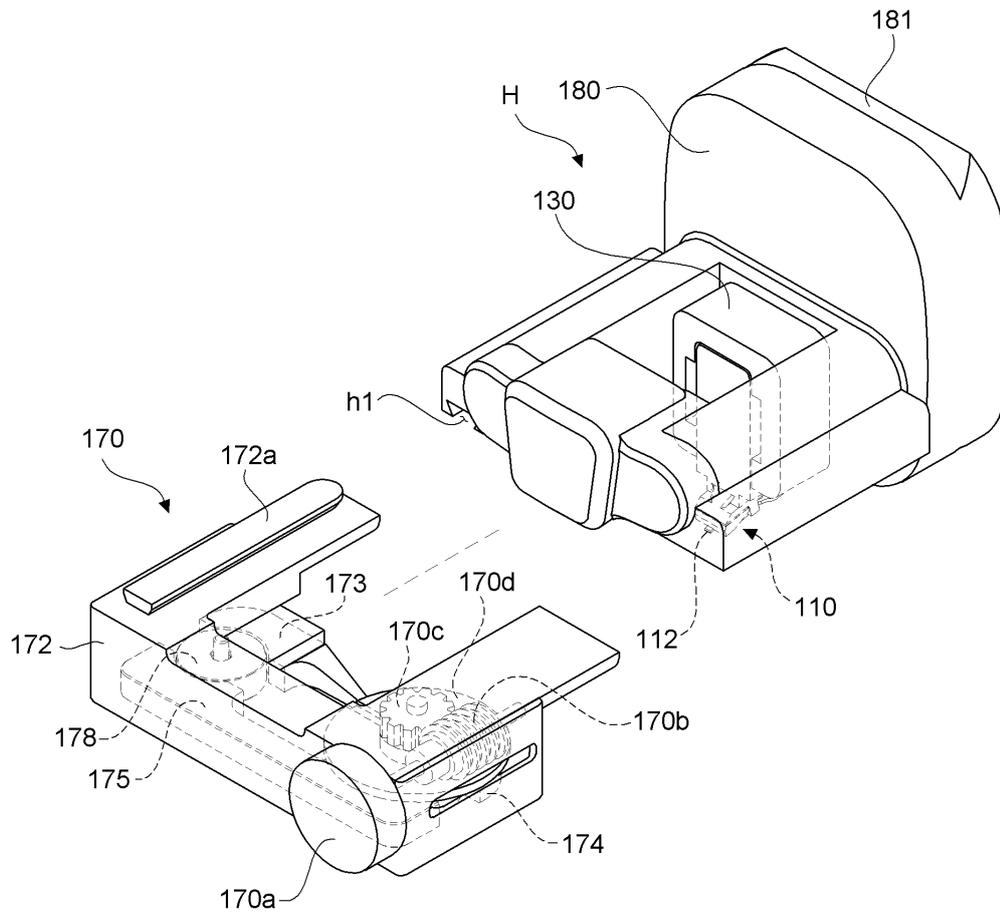
도면2



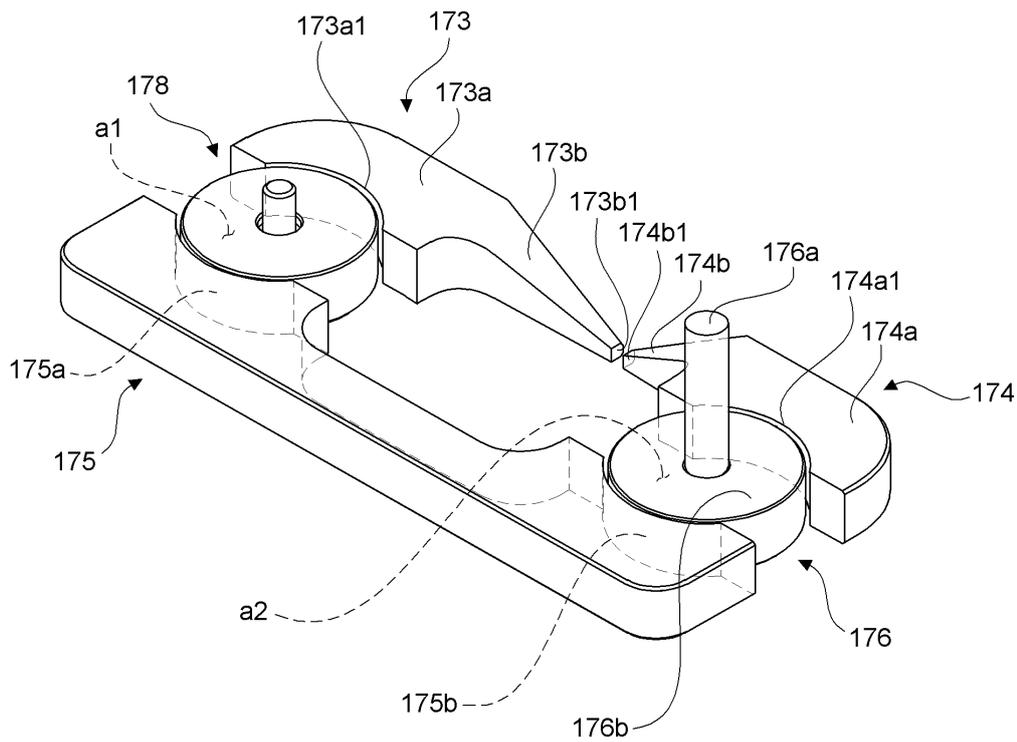
도면3



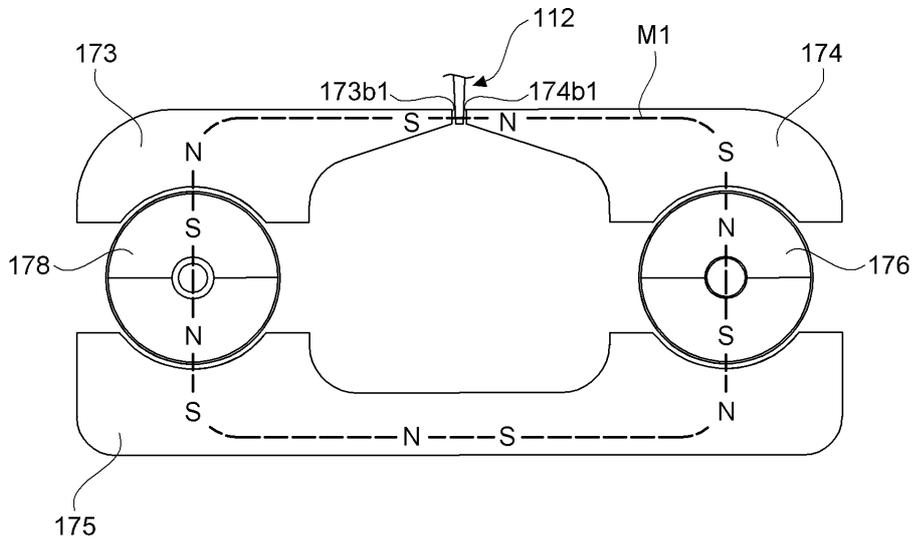
도면4



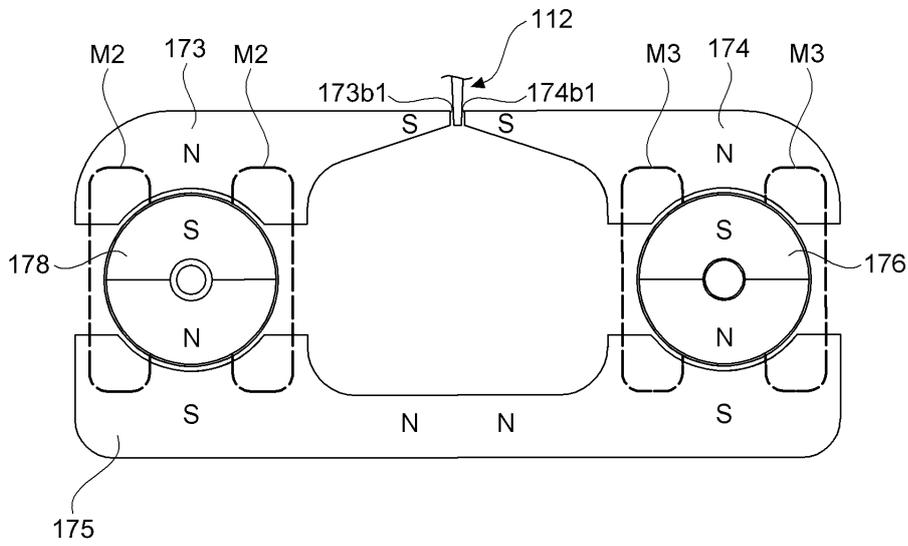
도면5



도면6a



도면6b



도면7

