



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월28일
 (11) 등록번호 10-1872434
 (24) 등록일자 2018년06월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01B 11/06 (2006.01) G01B 9/04 (2006.01)
 G06F 17/10 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G01B 11/06 (2013.01)
 G01B 9/04 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0022698
 (22) 출원일자 2017년02월21일
 심사청구일자 2017년02월21일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020080027616 A*
 KR1020070041397 A*
 JP11160029 A
 JP07098433 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 나노스코프시스템즈 주식회사
 대전광역시 유성구 테크노3로 65, 333호(관평동, 한신에스메카아파트형공장)
 (72) 발명자
 이승우
 대전광역시 유성구 지족동로 124 (지족동, 노은리 슈빌3), 105동 3002호
 송인천
 대전광역시 유성구 관평1로 12 (관평동, 대덕테크노밸리7단지아파트), 705동 701호
 전병선
 대전광역시 유성구 어은로 57 (어은동, 한빛아파트) 103동 1001호
 (74) 대리인
 특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 7 항

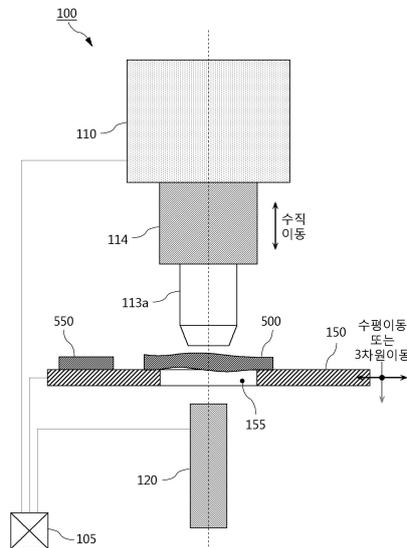
심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 **두께 측정 장치**

(57) 요약

본 발명의 목적은 광학 3차원 측정기 중 하나인 공초점 현미경의 원리를 이용하여 비접촉식으로 시편의 두께를 측정하되, 양면이 평평하지 않은 시편의 두께를 보다 정확히 측정할 수 있게 하는 두께 측정 장치를 제공함에 있다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

G01S 17/08 (2013.01)

G06F 17/10 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

수평 방향으로 연장되는 평면 형태로 형성되어 시편(500)이 배치되며, 상기 시편(500)이 배치된 위치에 상기 시편(500)보다 작은 면적을 가지는 통공(155)이 형성되고, 2차원 또는 3차원 이동이 가능하도록 이루어지는 시편 장착대(150);

광원부(111), 광측정부(112), 상기 광원부(111)에서 방출되는 광을 상기 시편(500)으로 조사시키고, 상기 시편(500)에서 반사된 광을 상기 광측정부(112)로 전달하는 광경로를 형성하도록 대물렌즈(113a)를 포함하여 이루어지는 광학계부(113), 초점면 이동을 위해 상기 대물렌즈(113a)를 수직 방향으로 이동시키는 수직 스캐너(114), 2차원 영역 영상 획득을 위해 상기 대물렌즈(113a) 초점을 수평 방향으로 이동시키는 수평 스캐너(115)를 포함하여 이루어져, 상기 시편 장착대(150)의 상기 통공(155) 상부에 구비되는 빔 스캐닝 공초점 현미경(110);

대상물까지의 거리를 측정하는 센서 형태로 이루어져, 상기 시편 장착대(150)의 상기 통공(155) 하부에 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 광축에 동일선상으로 일치하도록 배치되는 거리 측정 센서(120);

상기 시편 장착대(150)의 상기 통공(155)에 걸쳐 배치된 상기 시편(500)에 대하여, 상부의 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)으로부터 측정된 2차원 영역 프로파일 정보 및 하부의 상기 거리 측정 센서(120)로부터 측정된 거리 정보를 사용하여, 상기 시편(500)의 두께를 산출하는 제어부(105);

를 포함하여 이루어지되,

상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 2차원 영역 수평 스캐닝 과정에서, 상기 시편(500) 상측 표면의 한 지점에서 다른 지점으로 이동 시 상기 수직 스캐너(114)에 의해 상기 대물렌즈(113a)가 초점거리에 위치할 때까지 수직 방향으로 이동한 거리를 측정함으로써 상기 시편(500) 상측 표면 각 지점의 높이 정보를 산출하고, 각 지점의 상기 높이 정보를 취합하여 2차원 영역 프로파일 정보를 산출하는 것을 특징으로 하는 두께 측정 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)은,

상기 대물렌즈(113a)의 초점이 맞을 때 반사광 세기가 가장 큰 원리를 이용하여, 상기 수직 스캐너(114)에 의해 상기 대물렌즈(113a)가 초점거리에 위치할 때까지 수직 방향으로 이동한 거리를 측정하는 것을 특징으로 하는 두께 측정 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 거리 측정 센서(120)는,

초음파, 자기장, 광, 레이저 중 선택되는 어느 하나의 신호를 대상물에 조사하고, 대상물로부터 반사되어 오는 신호를 사용하여 대상물까지의 거리를 측정하는 것을 특징으로 하는 두께 측정 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 제어부(105)는,

하기의 식을 사용하여 상기 시편(500)의 두께를 산출하는 것을 특징으로 하는 두께 측정 장치.

$$T = H0 + H1 - H2 - F$$

(여기에서,

F : 초점거리,
 H0 : 초기세팅거리,
 H1 : 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값,
 H2 : 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값,
 T : 상기 시편(500)의 두께)

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 시편 장착대(150)는,
 상기 통공(155)이 형성된 위치 외의 영역에 배치 구비되는 기준시편(550)을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 두께 측정 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 제어부(105)는,
 하기의 식을 사용하여 상기 시편(500)의 두께를 산출하는 것을 특징으로 하는 두께 측정 장치.

$$T = (H1 - H2) - (H1_{ref} - H2_{ref}) + T_{ref}$$

(여기에서,

F : 초점거리,
 H0 : 초기세팅거리,
 H1_ref : 상기 기준시편(550) 측정 시 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값,
 H2_ref : 상기 기준시편(550) 측정 시 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값,
 T_ref : 상기 기준시편(550)의 두께,
 H1 : 상기 시편(500) 측정 시 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값,
 H2 : 상기 시편(500) 측정 시 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값,
 T : 상기 시편(500)의 두께)

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 제어부(105)는,
 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에 의하여 획득된 상기 시편(500)의 2차원 영역 영상을 사용하여 실시간 모니터링을 하면서, 상기 시편 장착대(150)를 수평 이동시켜 상기 시편(500)의 복수 개의 2차원 위치에서의 두께를 측정하는 것을 특징으로 하는 두께 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 두께 측정 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 광학 3차원 측정기 중 하나인 공초점 현미경의 원리를 이용하여 비접촉식으로 시편의 두께를 측정하는 두께 측정 장치에 관한 것이다. 특히 본 발명은, 양면이 평평하지 않은 시편의 두께를 보다 정확히 측정할 수 있게 하는 두께 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

[0002] 어떠한 시편의 두께를 측정하는 방식은 매우 다양한데, 크게는 접촉식 및 비접촉식으로 나눌 수 있다. 접촉식 두께 측정 방식은, 버니어 캘리퍼스나 마이크로미터 등과 같은 두께 측정 장치에 직접 시편을 끼우고, 이처럼 시편에 접촉된 장치가 위아래로 벌어진 거리를 측정함으로써 두께를 측정하는 방식을 말하며, 간단하고 개념적으로 명확한 방식이다. 그러나 이러한 접촉식 두께 측정 방식은 정확도 및 정밀도에 한계가 있으며 시편을 파손시킬 위험이 있어, 예를 들어 박막 두께 측정 등과 같은 경우에는 비접촉식 두께 측정 방식을 사용한다.

[0003] 비접촉식 두께 측정 방식은 빛, 레이저, 초음파 등을 사용하여 시편까지의 거리를 측정함으로써 두께를 산출하는 방식을 통칭하는 것이다. 예를 들어 투명 시편의 경우 빛의 반사 및 굴절 등의 특성을 이용하는 엘립소미터를 사용하기도 하며, 한국특허등록 제1594690호("멀티프로브 기반의 3차원 형상 및 박막두께의 동일위치 측정 장치 및 방법", 2016.02.05)에 엘립소미터를 사용하는 두께 측정 방식의 구체적인 예시가 개시된다. 또는 레이저를 사용하는 구체적인 예시로서 한국특허공개 제2013-0088916호("레이저간섭계를 이용한 두께측정방법", 2013.08.09) 등이 있다.

[0004] 도 1은 일반적인 비접촉식 두께 측정 방식의 개념도를 예시적으로 도시한 것이다. 일반적으로 널리 사용되고 있는 비접촉식 두께 측정 방식에서는, 빛, 레이저, 초음파 등을 시편의 표면에 조사하고 반사되어 오는 신호를 측정하고 분석하여 단차를 측정함으로써 간접적으로 두께를 측정한다. 이러한 단차 측정 방식은 마이크로미터나 나노미터 등 매우 미세한 수준까지도 측정이 가능하며, 박막의 두께를 측정하는 등과 같은 작업에 많이 사용되고 있다.

[0005] 그런데, 이러한 단차 측정 방식에는 다음과 같은 한계가 있다. 도 1(A)에 도시되어 있는 바와 같이 바닥면이 평평한 경우에는 이러한 방식으로 측정된 단차와 해당 부위의 실제 두께가 당연히 동일할 것이며, 따라서 측정된 단차를 그대로 시편 두께로 간주하여도 문제가 없다. 그러나 도 1(B)에 도시되어 있는 바와 같이 바닥면이 평평하지 않은 경우, 바닥면을 기준으로 하여 측정된 단차와 해당 부위의 실제 두께 간에는 필연적으로 차이가 나게 되어, 정확한 두께 측정이 이루어지지 못하게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 1. 한국특허등록 제1594690호("멀티프로브 기반의 3차원 형상 및 박막두께의 동일위치 측정 장치 및 방법", 2016.02.05)

(특허문헌 0002) 2. 한국특허공개 제2013-0088916호("레이저간섭계를 이용한 두께측정방법", 2013.08.09)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 광학 3차원 측정기 중 하나인 공초점 현미경의 원리를 이용하여 비접촉식으로 시편의 두께를 측정하되, 양면이 평평하지 않은 시편의 두께를 보다 정확히 측정할 수 있게 하는 두께 측정 장치를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 두께 측정 장치(100)는, 수평 방향으로 연장되는 평면 형태로 형성되어 시편(500)이 배치되되, 상기 시편(500)이 배치된 위치에 상기 시편(500)보다 작은 면적을 가지는 통공(155)이 형성되고, 2차원 또는 3차원 이동이 가능하도록 이루어지는 시편 장착대(150); 광원부(111), 광축정부(112), 상기 광원부(111)에서 방출되는 광을 상기 시편(500)으로 조사시키고, 상기 시편(500)에서 반사된 광을 상기 광축정부(112)로 전달하는 광경로를 형성하도록 대물렌즈(113a)를 포함하여 이루어지는 광학계부(113), 초점면 이동을 위해 상기 대물렌즈(113a)를 수직 방향으로 이동시키는 수직 스캐너(114), 2차원 영역 영상 획득을 위해 상기 대물렌즈(113a) 초점을 수평 방향으로 이동시키는 수평 스캐너(115)를 포함하여 이루어져, 상기 시편 장착대(150)의 상기 통공(155) 상부에 구비되는 빔 스캐닝 공초점 현미경(110); 대상물까지의 거리를 측정하는 센서 형태로 이루어져, 상기 시편 장착대(150)의 상기 통공(155) 하부에 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 광축에 동일선상으로 일치하도록 배치되는 거리 측정 센서(120); 상기 시편 장착대(150)의 상기 통공

(155)에 걸쳐 배치된 상기 시편(500)에 대하여, 상부의 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)으로부터 측정된 2차원 영역 프로파일 정보 및 하부의 상기 거리 측정 센서(120)로부터 측정된 거리 정보를 사용하여, 상기 시편(500)의 두께를 산출하는 제어부(105); 를 포함하여 이루어질 수 있다. 이 때, 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 2차원 영역 수평 스캐닝 과정에서, 상기 시편(500) 상측 표면의 한 지점에서 다른 지점으로 이동 시 상기 수직 스캐너(114)에 의해 상기 대물렌즈(113a)가 초점거리에 위치할 때까지 수직 방향으로 이동한 거리를 측정함으로써 상기 시편(500) 상측 표면 각 지점의 높이 정보를 산출하고, 각 지점의 상기 높이 정보를 취합하여 2차원 영역 프로파일 정보를 산출하도록 이루어질 수 있다.

[0009] 이 때 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)은, 상기 대물렌즈(113a)의 초점이 맞을 때 반사광 세기가 가장 큰 원리를 이용하여, 상기 수직 스캐너(114)에 의해 상기 대물렌즈(113a)가 초점거리에 위치할 때까지 수직 방향으로 이동한 거리를 측정하도록 이루어질 수 있다.

[0010] 또한 상기 거리 측정 센서(120)는, 초음파, 자기장, 광, 레이저 중 선택되는 어느 하나의 신호를 대상물에 조사하고, 대상물로부터 반사되어 오는 신호를 사용하여 대상물까지의 거리를 측정하도록 이루어질 수 있다.

[0011] 한편 상기 제어부(105)는, 하기의 식을 사용하여 상기 시편(500)의 두께를 산출하도록 이루어질 수 있다.

[0012] $T = H0 + H1 - H2 - F$

[0013] (여기에서,

[0014] F : 초점거리, H0 : 초기세팅거리, H1 : 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값, H2 : 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값, T : 상기 시편(500)의 두께)

[0015] 또는 상기 시편 장착대(150)는, 상기 통공(155)이 형성된 위치 외의 영역에 배치 구비되는 기준시편(550)을 더 포함하여 이루어질 수 있다. 이 때 상기 제어부(105)는, 하기의 식을 사용하여 상기 시편(500)의 두께를 산출하도록 이루어질 수 있다.

[0016] $T = (H1 - H2) - (H1_ref - H2_ref) + T_ref$

[0017] (여기에서, F : 초점거리, H0 : 초기세팅거리, H1_ref : 상기 기준시편(550) 측정 시 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값, H2_ref : 상기 기준시편(550) 측정 시 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값, T_ref : 상기 기준시편(550)의 두께, H1 : 상기 시편(500) 측정 시 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값, H2 : 상기 시편(500) 측정 시 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값, T : 상기 시편(500)의 두께)

[0018] 한편 상기 제어부(105)는, 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에 포함된 상기 수평 스캐너(115)로 초점을 수평 이동시키는 2차원 스캐닝 과정을 통하여, 일정 면적에 대한 NxM 행렬 형태, 또는 픽셀 형태의 H1 (및 H1_ref) 값을 얻을 수 있다. 또한 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에 의하여 획득된 상기 시편(500)의 2차원 영역 영상을 사용하여 실시간 모니터링을 하면서, 상기 시편 장착대(150)를 수평 이동시켜 상기 시편(500)의 복수 개의 2차원 위치에서의 두께를 측정하도록 이루어질 수 있어, 측정하고자 하는 위치를 정확히 지정할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 의하면, 시편의 두께를 측정함에 있어서 일측면에는 빔 스캐닝 공초점 현미경을, 타측면에는 거리 측정 센서를 사용하여 측정을 수행함으로써, 타측면이 평평하지 않은 시편의 경우에도 그 두께를 정확히 측정할 수 있다는 큰 효과가 있다.

[0020] 특히 본 발명은, 빔 스캐닝 공초점 현미경으로 측정 시 영상으로 2차원 위치를 확인하면서 측정을 수행할 수 있다는 장점이 있다. 다시 말해 본 발명에 따르면 실시간 모니터링을 하면서 원하는 위치에서의 두께를 측정할 수 있어, 결과적으로 사용자 편의성을 크게 향상시켜 준다.

[0021] 더불어 본 발명은, 상술한 바와 같이 일측면에는 빔 스캐닝 공초점 현미경을, 타측면에는 거리 측정 센서를 배치하여 장치를 구성함으로써, 양 측면에 공초점 현미경과 같은 광학 3차원 측정기를 구성하는 장치에 비해서 장치를 구성하는데 드는 비용을 저감시켜 주는 경제적 효과가 있다. 더불어 이와 같은 구성에 따라 두께 측정 알고리즘이 단순화되고 측정된 데이터로부터 두께를 산출하는데 필요한 계산량이 줄어들기 때문에, 계산용 부품들도 적절히 저성능 및 저가의 부품들로 구성할 수 있게 되어 경제적 효과가 더욱 커지는 장점 또한 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 일반적인 비접촉식 두께 측정 방식의 개념도.
- 도 2는 빔 스캐닝 공초점 현미경 구성예.
- 도 3은 공초점 현미경을 사용하는 단차 측정 원리.
- 도 4는 본 발명의 두께 측정 장치의 한 실시예.
- 도 5는 도 4의 실시예를 사용하는 두께 측정 원리.
- 도 6은 본 발명의 두께 측정 장치의 다른 실시예.
- 도 7은 도 6의 실시예를 사용하는 두께 측정 원리.
- 도 8은 본 발명의 두께 측정 장치를 사용한 불균일한 시편 두께 측정 원리.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 두께 측정 장치를 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.
- [0024] 도 2는 빔 스캐닝 공초점 현미경 구성예를 도시하고 있다. 빔 스캐닝 공초점 현미경은 광학 3차원 측정기의 한 종류로서, 여기에서 광학 3차원 측정기란 광학계를 포함하여 이루어져 광학적인 방법으로 대상물인 시편 표면의 3차원 형상을 측정하는 장치를 통칭하는 것이다. 광학 3차원 측정기의 구체적인 예를 들자면, 백색광 간섭계(WSI, white-light scanning interferometer), 광위상 간섭계(PSI, phase shifting interferometer), 모아레 간섭계(Moire interferometer), 디지털 홀로그래프 현미경(DHM, digital hologram microscope), 공초점 현미경 등이 있을 수 있다. 상술한 여러 광학 3차원 측정기의 예시적인 장치들은 모두 각각의 특징이 있으나, 시편 표면의 3차원 프로파일 정보 데이터를 최종 결과물로 산출한다는 공통된 목적으로 활용된다. 본 발명에서는 이러한 광학 3차원 측정기 중에서도 빔 스캐닝 공초점 현미경을 사용하는데, 이는 다른 광학 3차원 측정기들에 비해 보다 정밀한 측정이 가능하며 또한 두께 계산식이 보다 단순하게 도출될 수 있어 여러 가지 면에서 유리한 점이 많이 때문이다. 이러한 본 발명의 두께 측정 장치에 포함되는 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)은, 도 2에 도시된 바와 같이 광원부(111), 광측정부(112), 광학계부(113)를 포함하여 이루어진다. 여기에 더불어 수직 스캐너(114) 및 수평 스캐너(115)를 포함하여 이루어짐으로써 3차원 영상 획득을 원활하게 수행할 수 있게 된다.
- [0025] 상기 광원부(111)는 레이저로 사용되는 것이 일반적이지만, LED나 램프 등 백색광원(모든 파장의 광이 혼합되어 있는 광)이 사용될 수도 있다.
- [0026] 상기 광측정부(112)는 말 그대로 광을 측정 및 감지하는 장치로서, 일반적으로 널리 사용되는 PD(Photo Detector)로 이루어질 수 있다.
- [0027] 상기 광학계부(113)는, 상기 광원부(111)에서 방출되는 광을 상기 시편(500)으로 조사시키고, 상기 시편(500)에서 반사된 광을 상기 광측정부(112)로 전달하는 광경로를 형성하도록, 렌즈, 빔 스플리터, 미러 등과 같은 다양한 광학 부품을 포함하여 이루어진다. 앞서 언급한 바와 같이 도 2는 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 구성예를 도시한 것인데, 실제로 장치를 구현함에 있어서 장치 전체의 부피를 줄이기 위해 광경로를 좀더 짧게 형성하기 위해 미러를 더 넣을 수 있다거나, 또는 부가적인 부품을 더 구비한다거나 하는 등의 자잘한 변경 설계가 이루어질 수 있는 바, 도 2는 하나의 예시로서 이로써 상기 광학계부(113)의 구성이 한정되는 것은 아니다. 즉 상기 광학계부(113)는 상기 광원부(111)에서 방출되는 광을 상기 시편(500)으로 조사시키고, 상기 시편(500)에서 반사된 광을 상기 광측정부(112)로 전달하는 광경로를 형성하기만 한다면, 어떤 하나의 형태로 한정되지 않고 다양하게 구성될 수 있다.
- [0028] 다만 다양한 구성예로 제작되는 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 광학계부(113)에서 언제나 같은 위치에 배치되는 광학 부품으로서 대물렌즈(113a)가 있다. 상기 대물렌즈(113a)는 상기 광원부(111)에서 방출되는 광을 상기 시편(500)으로 직접 조사시키는, 즉 상기 시편(500)에 직접 대면하는 광학 부품이다. 즉 상기 대물렌즈(113a)는 모든 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서 광경로 상에서의 위치(상기 시편(500)에 직접 대면하는 위치)도 모두 공통적이게 되는 것이다.
- [0029] 상기 수직 스캐너(114)는 초점면 이동을 위해 상기 대물렌즈(113a)를 수직 방향으로 이동시키는 역할을 한다.

도 2의 예시에 도시된 바와 같이, 상기 수직 스캐너(114)는 선형 액추에이터 형태로 이루어질 수 있다.

[0030] 상기 수평 스캐너(115)는 2차원 영역 영상 획득을 위해 상기 대물렌즈(113a) 초점을 수평 방향으로 이동시키는 역할을 한다. 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서 획득하는 영상의 2차원 영역 면적은 매우 미소한 것으로, 예를 들어 280 μm x 210 μm 등과 같은 수준이며, 이 영역을 복수 개의 지점들로 쪼개어 각각의 위치에서 데이터를 측정하여 취합함으로써 해당 영역의 영상을 획득할 수 있게 된다. 이론적으로는 상기 광학계부(113) 자체는 고정적인 구조로 하고 상기 시편(500)을 수평 방향으로 움직이거나 또는 상기 광학계부(113) 전체를 수평 방향으로 움직임으로써 2차원 영역의 영상 획득이 가능하겠으나, 상술한 바와 같이 미소 수준의 이동을 기계적으로 정밀하고 정확하게 구현하는 것은 실질적으로 매우 어려우며, 상당한 시간이 소요된다. 따라서 이러한 2차원 영역의 영상 획득을 위한 상기 수평 스캐너(115)는, 광학 부품들을 회전시키는 등의 방식을 통해 상기 대물렌즈(113a)의 초점을 이동시키도록 이루어진다. 도 2에서, 상기 수평 스캐너(115)는 2개의 미러 스캐너를 포함하여 이루어지며, 이러한 미러 스캐너들이 상기 광학계부(113)에 포함된 미러들을 회전시킴에 따라 도 2의 점선으로 표시된 바와 같이 상기 대물렌즈(113a)의 초점이 상기 시편(500) 표면 상에서 2차원적으로 원활하게 이동하게 된다.

[0031] 도 3은 이와 같은 빔 스캐닝 공초점 현미경을 사용하는 단차 측정 원리를 도시하고 있다. 도 3(A)에 도시된 바와 같이, 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에 구비되어 있는 상기 대물렌즈(113a)는 기본적으로 미리 알려져 있는 초점거리를 가지고 있다. 한편 도 3(B)에 도시된 바와 같이 상기 대물렌즈(113a) 하부에 시편(500)을 배치하였을 때 초점이 맞지 않는 경우, 상기 광측정부(112)에서 측정되는 (상기 시편(500)으로부터 반사되어 나온) 반사 신호의 세기가 미약하다. 그러나 도 3(C)에 도시된 바와 같이 상기 대물렌즈(113a) 하부에 시편(500)을 배치하였을 때 초점이 딱 맞는 경우, 상기 광측정부(112)에서 측정되는 (상기 시편(500)으로부터 반사되어 나온) 반사 신호의 세기는 최대가 된다. 이는 광학적 절편(Optical Sectioning)으로 일컬어지는 일반적인 공초점 현미경의 특성이다.

[0032] 즉 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)을 사용하여 상기 시편(500) 표면에서 반사 신호를 측정하면서, 상기 수직 스캐너(114)를 사용하여 상기 대물렌즈(113a)를 수직으로 이동시키면서 초점이 딱 맞을 때 즉 반사 신호가 최대가 될 때의 대물렌즈 이동거리를 측정해 낼 수 있다. 이를 응용하면, 상기 시편(500)이 없는 부분(바닥)에 먼저 초점을 맞춘 다음, 상기 시편(500)을 배치하고 상기 시편(500) 표면에서 초점이 딱 맞을 때까지 상기 대물렌즈(113a)를 이동시키면, 이 때의 대물렌즈 이동거리가 바로 바닥에서 상기 시편(500)까지의 단차가 된다.

[0033] 이 때 상기 시편(500)이 도 3의 예시에 도시된 바와 같이 바닥면이 평평한 형태로 형성된다면, 상술한 바와 같이 측정된 단차는 그대로 상기 시편(500)의 두께가 된다. 그러나 상기 시편(500)의 바닥면이 평평하지 않은 경우에는 도 3으로 설명된 바와 같은 단차 측정 방식만으로는 실제 두께를 측정해 낼 방법이 없다.

[0034] 본 발명의 두께 측정 장치(100)는 바로 이러한 문제를 해소하기 위한 것으로, 시편(500)의 두께를 측정함에 있어서 일측면에는 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)을, 타측면에는 거리 측정 센서(120)를 사용하여 측정을 수행함으로써, 타측면이 평평하지 않은 시편(500)의 경우에도 그 두께를 정확히 측정할 수 있다. 이하에서 본 발명의 두께 측정 장치(100)의 여러 실시예를 통해 보다 상세하고 구체적으로 그 구성 및 동작 원리를 설명한다.

[0035] 도 4는 본 발명의 두께 측정 장치의 한 실시예를 도시하고 있다. 도시된 바와 같이 본 발명의 두께 측정 장치(100)는, 기본적으로 시편 장착대(150), 빔 스캐닝 공초점 현미경(110), 거리 측정 센서(120), 제어부(105)를 포함하여 이루어진다.

[0036] 상기 시편 장착대(150)는, 수평 방향으로 연장되는 평면 형태로 형성되어 시편(500)이 배치된다. 이 때 기존의 시편 장착대의 경우 상기 시편(500) 전체를 받치는 형태로 이루어졌으나, 본 발명의 시편 장착대(150)는, 상기 시편(500)이 배치된 위치에 상기 시편(500)보다 작은 면적을 가지는 통공(155)이 형성되게 하여, 상기 시편(500) 가장자리만을 받치도록 이루어진다. 이에 따라 상기 시편(500)의 가장자리(즉 상기 통공(155) 둘레에 의해 지지되는 부분) 이외에는 상기 시편(500)의 타측면이 하방으로 노출되어 있게 된다.

[0037] 상기 시편 장착대(150)는 또한, 2차원적으로 다양한 위치에서의 두께 측정이 가능하도록 2차원 이동 즉 수평 이동이 가능하도록 이루어진다. 한편 실제로 장치를 구현함에 있어서, 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110), 상기 거리 측정 센서(120), 상기 시편 장착대(150)의 상하 위치가 기본적으로 세팅되어 있는데, 상기 시편(500)이 매우 두꺼워서 기본 세팅 상태에서 초점거리가 맞춰지지 않는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우를 대비하여, 상기 시편 장착대(150)는 수직 방향으로도 어느 정도 이동할 수 있도록 이루어지는 것이 바람직하며, 이 경우 상기 시편 장착대(150)는 3차원 이동이 가능하도록 이루어지게 된다.

- [0038] 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)은, 앞서 설명한 바와 같이 광원부(111), 광측정부(112), 대물렌즈(113a)를 포함하여 이루어지는 광학계부(113), 수직 스캐너(114), 수평 스캐너(115)를 포함하여 이루어진다. 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 구체적인 구성이나 예시 등은 앞서 설명한 바와 같으므로 여기에서는 설명을 생략한다. 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)은 도시된 바와 같이 상기 시편 장착대(150)의 상기 통공(155) 상부에 구비되어, 상기 시편(500) 상부의 높이 정보를 측정한다. 즉 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)은, 도 3으로 설명된 바와 같은 상기 대물렌즈(113a)의 초점이 맞을 때 반사광 세기가 가장 큰 원리를 이용하여, 상기 수직 스캐너(114)에 의해 상기 대물렌즈(113a)가 초점거리에 위치할 때까지 수직 방향으로 이동한 거리를 측정한다.
- [0039] 상기 거리 측정 센서(120)는 대상물까지의 거리를 측정하는 센서 형태로 이루어진다. 상기 거리 측정 센서(120)는 상기 시편 장착대(150)의 상기 통공(155) 하부에 구비되어, 상기 시편(500) 하부의 높이 정보를 측정한다. 보다 구체적으로는, 상기 거리 측정 센서(120)는, 초음파, 자기장, 광, 레이저 중 선택되는 어느 하나의 신호를 대상물에 조사하고, 대상물로부터 반사되어 오는 신호를 사용하여 대상물까지의 거리를 측정하도록 이루어진다. 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)과 비교하자면, 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)은 수평 스캐너(115)를 포함하여 이루어짐으로써 2차원 영역의 영상 및 프로파일 정보를 획득할 수 있는 반면, 상기 거리 측정 센서(120)는 단일 지점까지의 거리를 측정하는 것밖에는 할 수 없다. 다만 상기 거리 측정 센서(120)는, 일반적으로 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에 비해 다소 간소한 구성으로 이루어지며, 따라서 실제 장치 구현에 있어서 장비 가격이 보다 저렴될 수 있다는 장점이 있다.
- [0040] 상기 제어부(105)는, 상기 시편 장착대(150)의 상기 통공(155)에 걸쳐 배치된 상기 시편(500)에 대하여, 상부의 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)으로부터 측정된 2차원 영역 프로파일 정보 및 하부의 상기 거리 측정 센서(120)로부터 측정된 거리 정보를 사용하여, 상기 시편(500)의 두께를 산출한다. 상술한 바와 같이 본 발명에서는, 상기 시편(500)의 일측면에는 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)을, 타측면에는 상대적으로 장치 구성 비용이 저렴한 상기 거리 측정 센서(120)를 배치하여 장치를 구성함으로써, 장치를 구성하는데 드는 전체적인 비용을 저감할 수 있다. 더불어 이와 같은 구성에 따라 두께 측정 알고리즘이 단순화되고 측정된 데이터로부터 두께를 산출하는데 필요한 계산량이 줄어들기 때문에, 계산용 부품들도 적절히 저성능 및 저가의 부품들로 구성할 수 있게 되는 장점 또한 있다.
- [0041] 도 5는 도 4의 실시예를 사용하는 두께 측정 원리를 도시하고 있다.
- [0042] 도 5(A)에 도시된 바와 같이, 상기 대물렌즈(113a)의 초점거리(F)는 미리 알려져 있는 상수이다. 또한 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110) 및 상기 거리 측정 센서(120)가 초기에 세팅된 거리, 즉 초기세팅거리(H0) 역시 설치시에 하드웨어적으로 결정되는 상수값으로서 미리 알 수 있다.
- [0043] 이러한 상태에서 상기 시편(500)을 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110) 및 상기 거리 측정 센서(120) 사이에 배치한다. 이러한 시편 배치 시점에서는 대개의 경우 도 5(B)에 도시된 바와 같이 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 초점이 시편 표면에 맞지 않는다.
- [0044] 이 때 도 5(C)에 도시된 바와 같이 상기 수직 스캐너(114)를 이용하여 상기 대물렌즈(113a)를 수직 방향으로 이동시키다가, 반사 신호가 최대가 되는 지점 즉 초점이 딱 맞는 지점에서 이동을 종료한다. 이 때 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값을 H1이라 한다. 한편 상기 시편(500) 하부에서는 상기 거리 측정 센서(120)로 거리를 측정하기만 하면 되며, 이 때 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값을 H2라 한다.
- [0045] 이 때 도 5에 보이는 바와 같이, 초기세팅거리(H0)에 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값(H1)을 더한 값은, 초점거리(F), 상기 시편(500)의 두께(T) 및 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값(H2)을 더한 값과 같다. 즉 다음과 같은 식이 성립하게 된다.
- [0046]
$$H_0 + H_1 = F + T + H_2 \quad \text{식(1)}$$
- [0047] 상기 식(1)을 상기 시편(500)의 두께(T)에 대해 정리하면, 다음의 식(2)를 얻을 수 있다.
- [0048]
$$T = H_0 + H_1 - H_2 - F \quad \text{식(2)}$$
- [0049] (여기에서, F : 초점거리, H0 : 초기세팅거리, H1 : 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값, H2 : 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값, T : 상기 시편(500)의 두께)
- [0050] 상술한 바와 같이 초점거리(F) 및 초기세팅거리(H0)는 미리 알려진 상수값이며, 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값(H1) 및 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값(H2)은 측정을 통해 알

수 있는 값이다. 이에 따라 식(2)를 사용하여 상기 시편(500)의 두께를 용이하게 산출해 낼 수 있다.

[0051] 도 6은 본 발명의 두께 측정 장치의 다른 실시예를 도시하고 있다. 도 6의 실시예에 따른 두께 측정 장치(100)는, 도 4의 실시예에 따른 두께 측정 장치(100)와 같은 구성에 더하여 상기 시편 장착대(150) 상에 기준시편(550)이 더 구비된다. 즉 도 6의 실시예에 따른 두께 측정 장치(100)에서, 상기 시편 장착대(150)는, 상기 통공(155)이 형성된 위치 외의 영역에 배치 구비되는 기준시편(550)을 더 포함하여 이루어진다. 앞서 설명한 바와 같이 상기 시편 장착대(150)는 기본적으로 2차원 이동 즉 수평 이동이 가능하도록 이루어진다. 따라서 상기 시편 장착대(150)를 적절히 수평적으로 이동시켜 줌으로써, 상기 기준시편(550)의 두께를 측정할 다음 상기 시편(500)의 두께를 측정하는 동작을 용이하게 구현할 수 있다.

[0052] 이처럼 기준시편(550)을 더 포함시키는 이유는 다음과 같다. 앞서 설명한 바와 같이 상기 대물렌즈(113a)의 초점거리(F)는 미리 알려진 상수값이다. 그런데 실제로는, 장치의 노후, 진동 등에 의한 광학 정렬상태 변동 등에 따라 이러한 초점거리(F) 값이 변화할 가능성이 있으며, 온도 등의 영향으로 초점거리(F)가 미세하게 변화하기도 한다. 이처럼 초점거리(F) 값이 부정확할 경우 앞서의 식(2)로 구해지는 상기 시편(500)의 두께 값(T) 역시 부정확해지게 된다.

[0053] 이처럼 초점거리(F)가 변화하게 되는 다양한 가능성들을 생각할 때, 이전에 측정해 놓았던 초점거리(F) 값이 정확한지 확인할 필요가 있는데, 실질적으로 초점거리(F)를 측정하는 것은 번거로우며, 특히 현장에서 정확하게 측정하기가 쉽지 않은 작업이다. 따라서 미리 알려진 두께 값을 가지고 있는 상기 기준시편(550)을 사용하여, 시편(500)의 두께 산출 계산식에서 초점거리(F)를 배제하고자 하는 것이다.

[0054] 도 7은 도 6의 실시예를 사용하는 두께 측정 원리를 도시하고 있다.

[0055] 도 7(A)에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 초기 상태는 도 5(A)에 도시된 도 4의 실시예 초기 상태와 동일하다. 즉 이 경우에도 상기 대물렌즈(113a)의 초점거리(F) 및 초기세팅거리(H0)는 상수값으로서 미리 알 수 있다.

[0056] 이러한 상태에서 도 7(B)에 도시된 바와 같이, 먼저 상기 기준시편(550)을 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110) 및 상기 거리 측정 센서(120) 사이에 배치한다. 이와 같이 하였을 때, 앞서 도 5에서와 마찬가지로, 초기세팅거리(H0)에 상기 기준시편(550) 측정 시 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값(H1_ref)을 더한 값은, 초점거리(F), 상기 기준시편(550)의 두께(T_ref) 및 상기 기준시편(550) 측정 시 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값(H2_ref)을 더한 값과 같다. 즉 다음과 같은 식이 성립하게 된다.

[0057]
$$H0 + H1_ref = F + T_ref + H2_ref \quad \text{식(3)}$$

[0058] 상기 식(3)을 초점거리(F)에 대해 정리하면, 다음의 식(4)를 얻을 수 있다.

[0059]
$$F = H0 + H1_ref - H2_ref - T_ref \quad \text{식(4)}$$

[0060] 다음으로 도 7(C)에 도시된 바와 같이, 상기 시편 장착대(150)를 수평 이동시켜 상기 시편(500)을 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110) 및 상기 거리 측정 센서(120) 사이에 배치한다. 이와 같이 하였을 때, 역시 앞서 도 5에서와 마찬가지로, 초기세팅거리(H0)에 상기 시편(500) 측정 시 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값(H1)을 더한 값은, 초점거리(F), 상기 시편(500)의 두께(T) 및 상기 시편(500) 측정 시 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값(H2)을 더한 값과 같다. 즉 다음과 같은 식이 성립하게 된다.

[0061]
$$H0 + H1 = F + T + H2 \quad \text{식(5)}$$

[0062] 상기 식(5)를 상기 시편(500)의 두께에 대해 정리하고, 여기에 상기 식(4)에서 구해진 초점거리(F)를 대입하면, 다음의 식(6)을 얻을 수 있다.

[0063]
$$T = H0 + H1 - H2 - F$$

[0064]
$$= H0 + H1 - H2 - (H0 + H1_ref - H2_ref - T_ref)$$

[0065]
$$= (H1 - H2) - (H1_ref - H2_ref) + T_ref$$

[0066]
$$T = (H1 - H2) - (H1_ref - H2_ref) + T_ref \quad \text{식(6)}$$

[0067] 상술한 바와 같이 상기 기준시편(550) 측정 시 또는 상기 시편(500) 측정 시 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에서의 대물렌즈 이동거리 측정값(H1_ref)(H1) 및 상기 기준시편(550) 측정 시 또는 상기 시편(500) 측정 시 상기 거리 측정 센서(120)에서의 측정값(H2_ref)(H2)은 측정을 통해 알 수 있는 값이다. 역시 앞서 설명한 바와 같이, 초점거리(F)는 장치의 노후, 진동 등에 의한 광학 정렬상태 변동, 온도 등 환경 변화 등에 따라 변

화될 수 있는 값인 바, 상기 시편(500)의 두께를 산출하는 식에 초점거리(F)가 들어갈 경우 부정확도가 높아질 가능성이 있다. 그러나 식 (6)을 사용하여 상기 시편(500)의 두께를 산출할 경우 두께 산출식에서 초점거리(F)가 원천적으로 배제될 뿐만 아니라, 역시 초점거리(F)와 유사한 이유로 오류를 포함할 가능성이 일부 있는 초기 세팅거리(H0)도 배제되므로, 두께 산출값의 정확도를 보다 안정적으로 확보할 수 있게 된다.

[0068] 도 8은 본 발명의 두께 측정 장치를 사용한 불균일한 시편 두께 측정 원리를 도시하고 있다. 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 상기 시편(500)의 상부에서 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)을 사용하여 일정 면적, 즉 관측 영역(field of view)에 대한 2차원 영상을 획득해 가면서 두께 측정을 수행한다. 즉 상기 제어부(105)에 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에 포함된 상기 수평 스캐너(115)로 초점을 수평 이동시키는 2차원 스캐닝 과정을 통하여, 일정 면적에 대한 NxM 행렬 형태, 또는 픽셀 형태의 H1 (및 H1_ref) 값을 얻을 수 있다. 또한 상기 제어부(105)는, 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)에 의하여 획득된 상기 시편(500)의 2차원 영역 영상을 사용하여 실시간 모니터링을 하면서, 상기 시편 장착대(150)를 수평 이동시켜 상기 시편(500)의 복수 개의 2차원 위치에서의 두께를 측정할 수 있어, 측정하고자 하는 위치를 정확히 지정할 수 있다.

[0069] 도 8(A)는 측정하고자 하는 지점들의 각 위치(P1)(P2)가 상대적으로 멀리 떨어져 있는 경우를 도시하고 있는데, 이 경우에는 상기 시편 장착대(150)를 수평 이동시켜 가면서 각 지점에서의 두께를 측정하면 된다. 본 발명에서는 2차원 영역 영상을 사용하여 실시간 모니터링을 하면서 두께 측정을 수행하기 때문에, 원하는 위치를 찾아가 이동하는 작업이 매우 용이하게 이루어질 수 있다.

[0070] 한편, 도 8(B)는 측정하고자 하는 지점들의 각 위치(Q1)(Q2)가 상대적으로 가까이 붙어 있는 경우를 도시하고 있는데, 이처럼 측정하고자 하는 지점들 간의 거리가 상기 빔 스캐닝 공초점 현미경(110)의 관측 영역(field of view)이내인 경우에는, 상기 시편 장착대(150)의 이동이 없이 한 번의 측정으로 결과를 얻을 수 있다. 단, 이 경우에는 하부 면은 균일한 것으로 가정하게 되는 셈이지만, 관측 영역 자체가 매우 미소한 면적을 가지기 때문에 하부 면은 국소적으로 평평하다고 가정하여도 무방한 경우가 많으며, 이러한 가정이 적용될 수 없는 경우라면, 측정하고자 하는 지점들 간의 거리가 관측 영역 이내이더라도 도 8(A)와 같이 관측 영역에서의 정확한 좌표 위치(예를 들면 center)로 이동시키면서 측정할 수 있다.

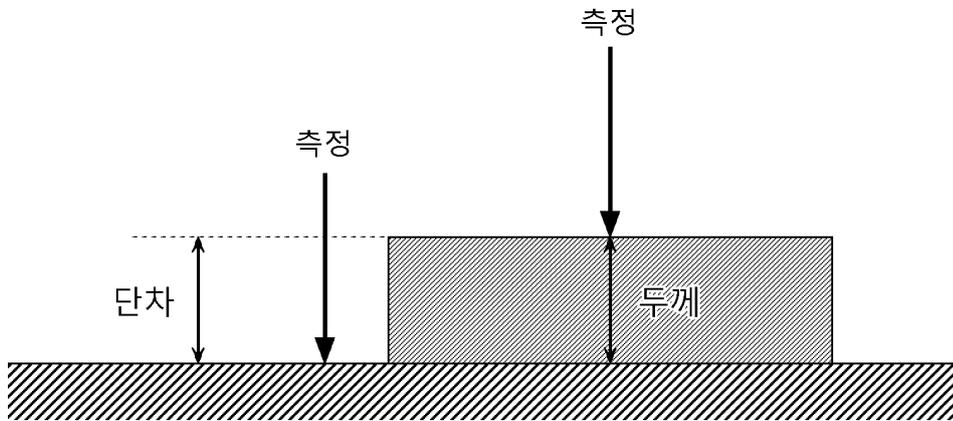
[0071] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

부호의 설명

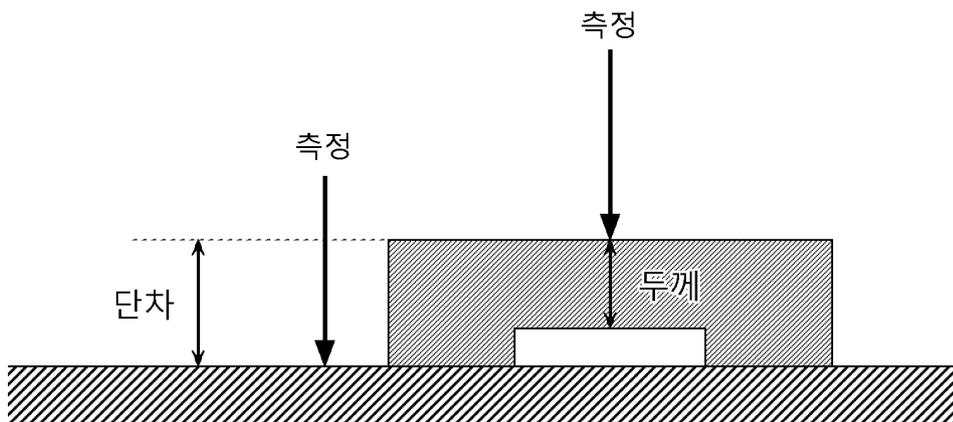
- [0072] 100: (본 발명의) 두께 측정 장치 105: 제어부
 110: 빔 스캐닝 공초점 현미경
 111: 광원부 112: 광측정부
 113: 광학계부 113a: 대물렌즈
 114: 수직 스캐너 115: 수평 스캐너
 120: 거리 측정 센서
 150: 시편 장착대 155: 통공
 500: 시편 550: 기준시편

도면

도면1

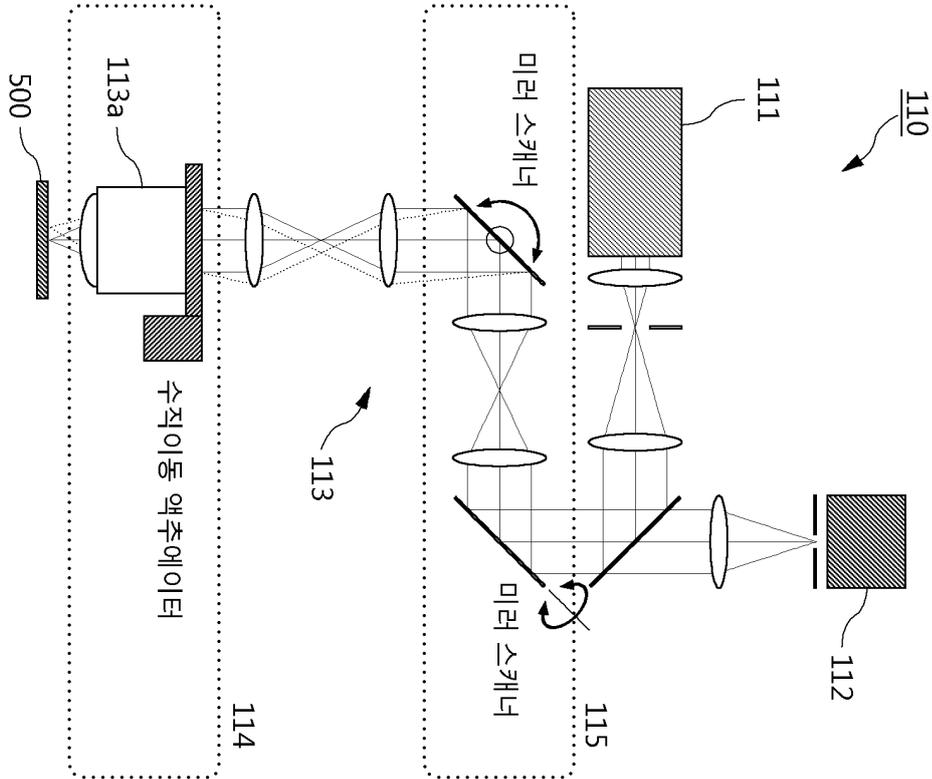


(A)

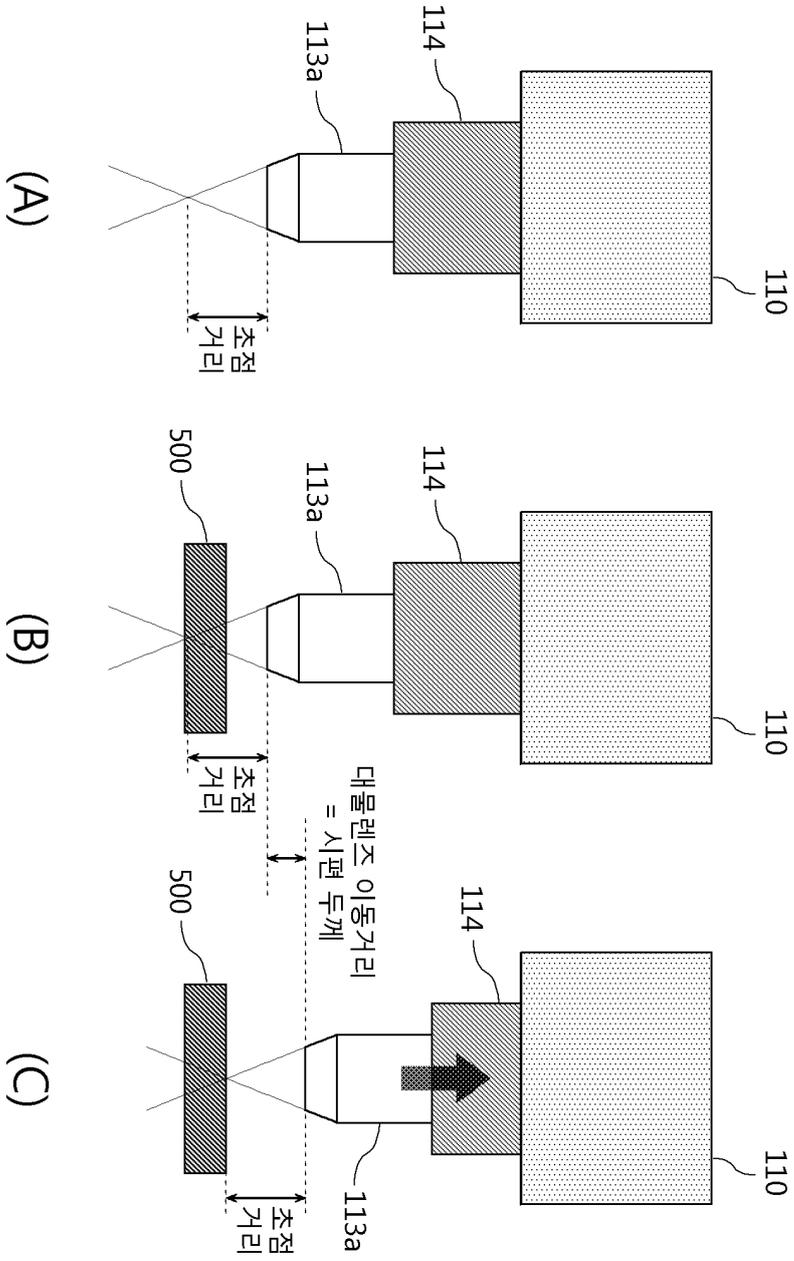


(B)

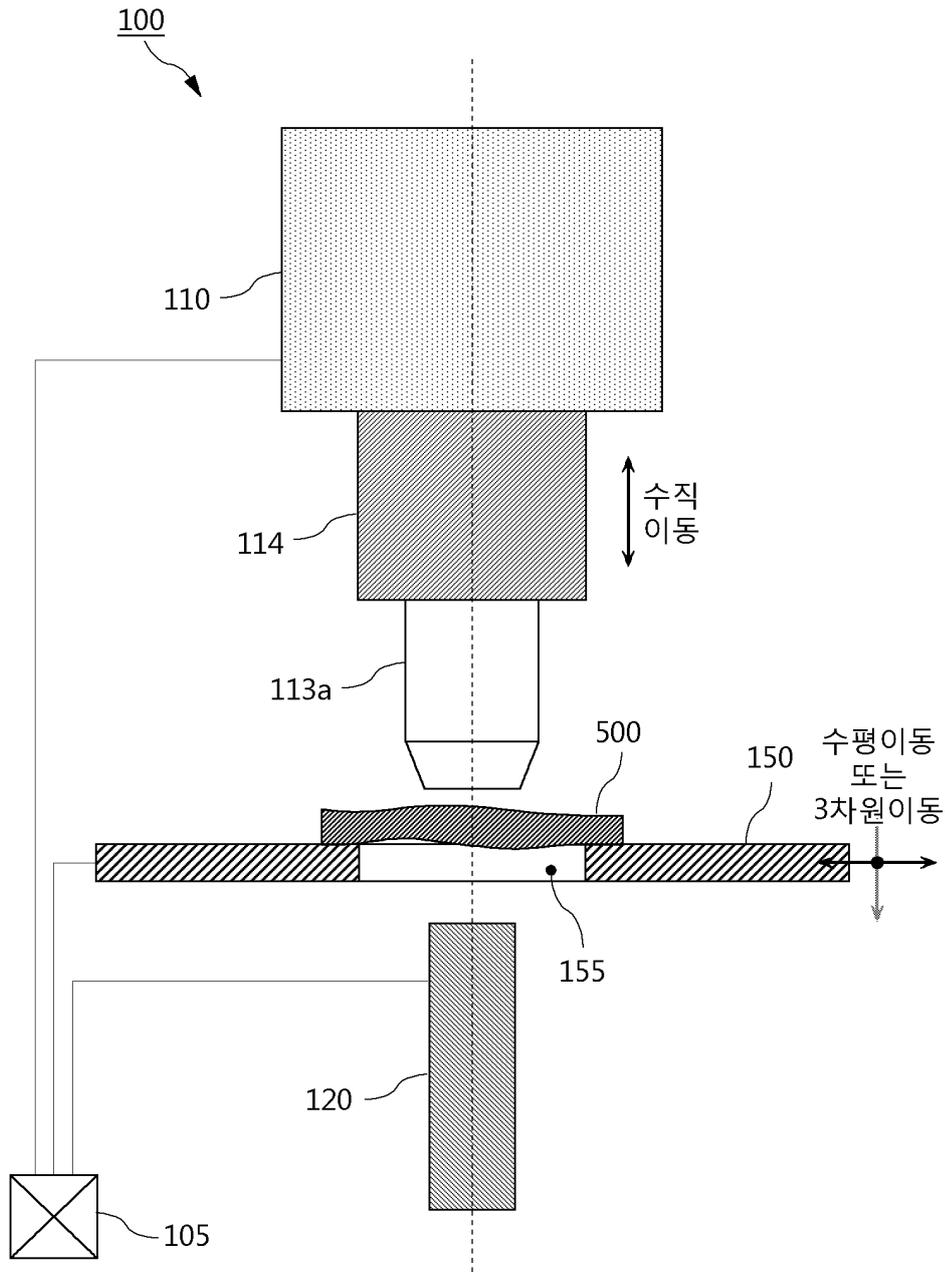
도면2



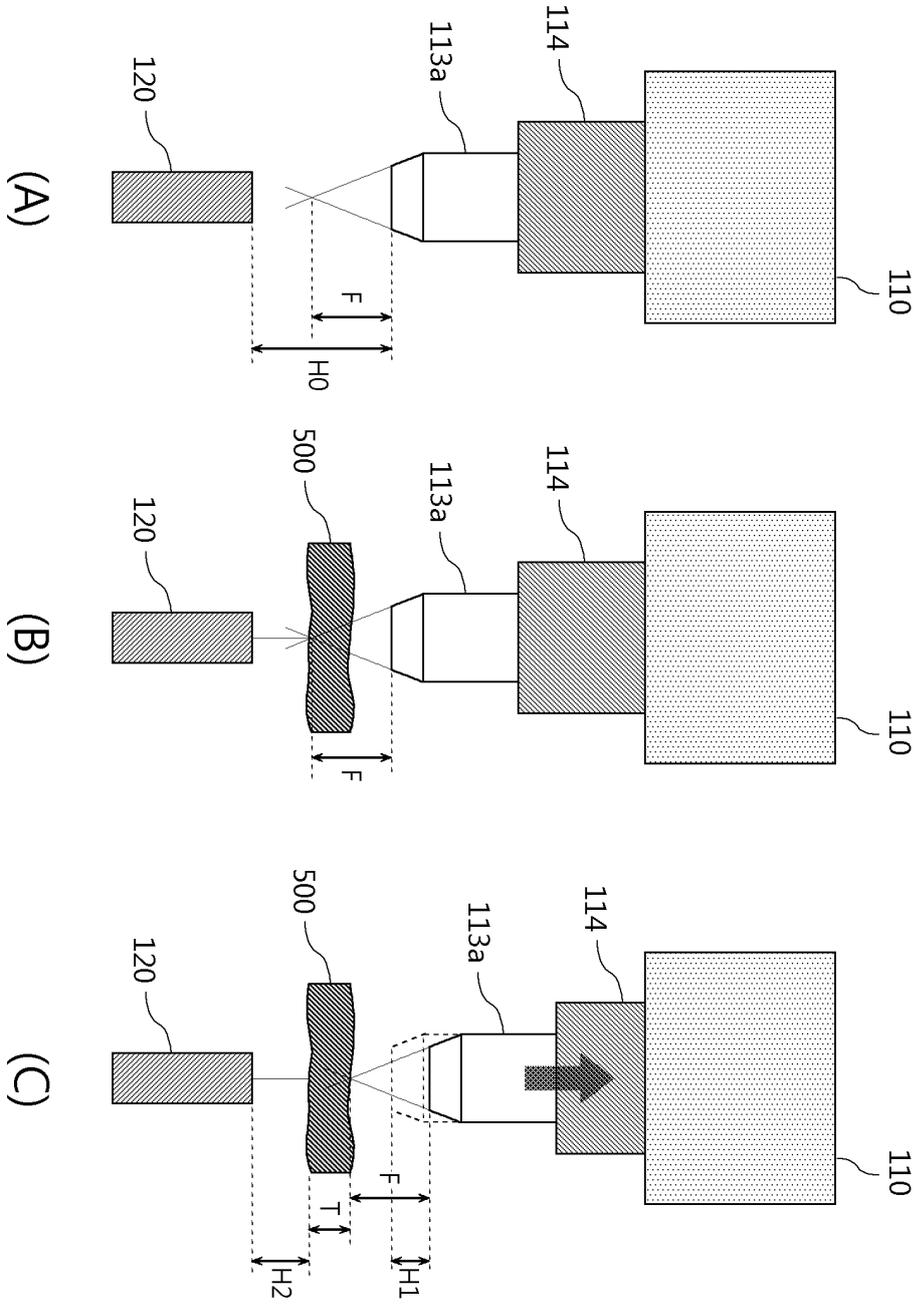
도면3



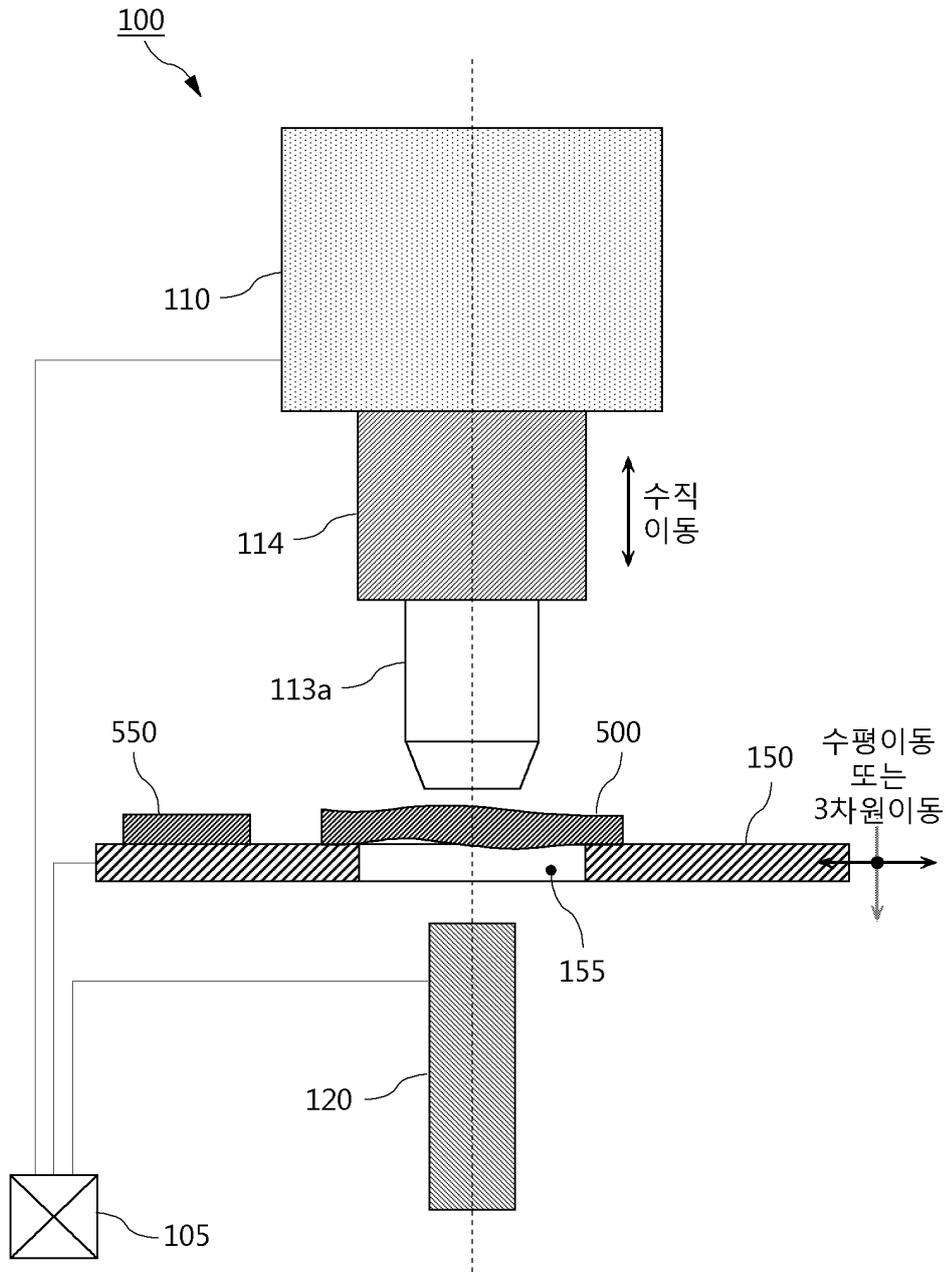
도면4



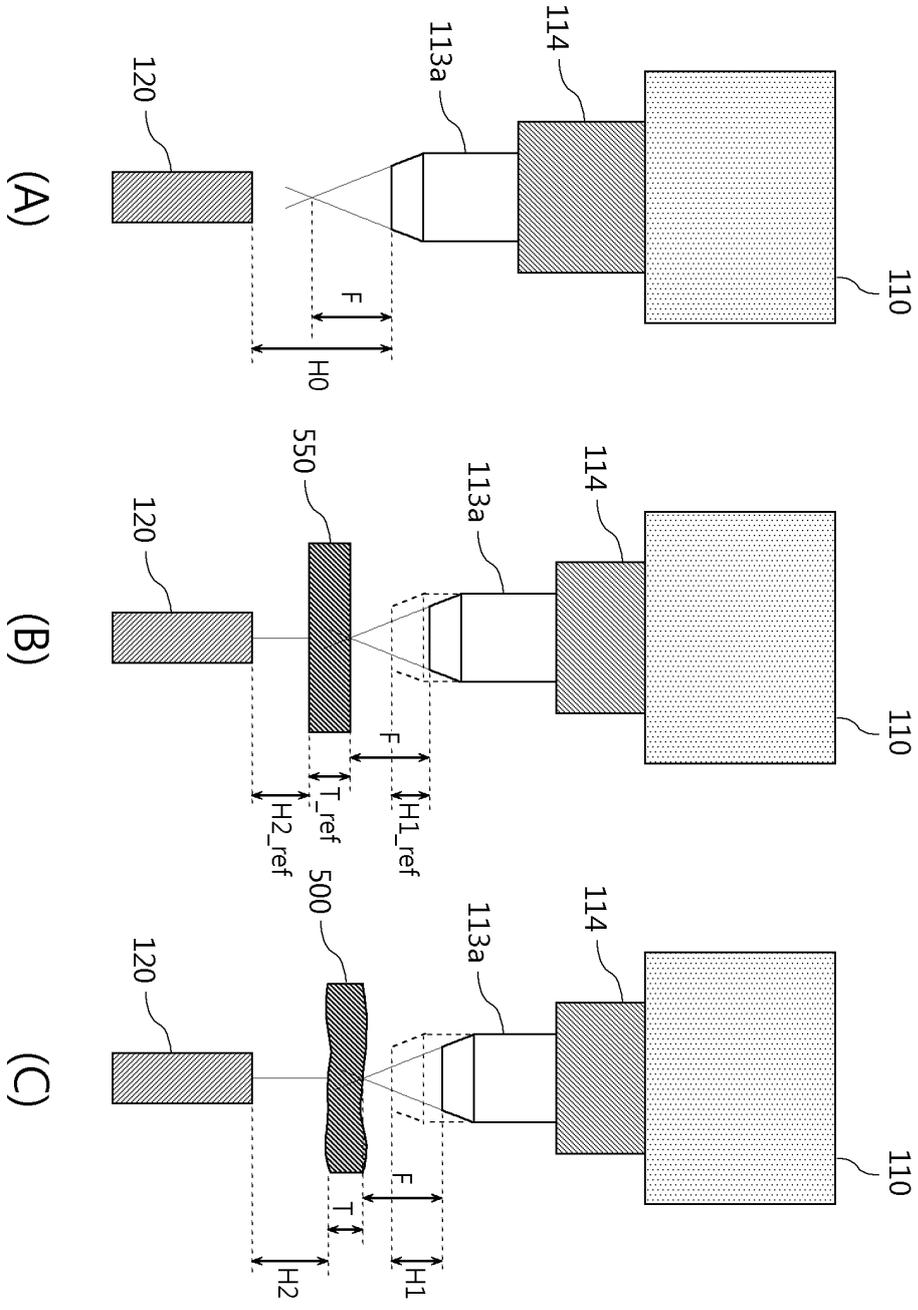
도면5



도면6



도면7



도면8

