



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0022983
(43) 공개일자 2015년03월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/20 (2006.01) *H01J 37/28* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7000314
- (22) 출원일자(국제) 2013년07월03일
심사청구일자 2015년01월07일
- (85) 번역문제출일자 2015년01월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2013/068201
- (87) 국제공개번호 WO 2014/041876
국제공개일자 2014년03월20일
- (30) 우선권주장
JP-P-2012-202188 2012년09월14일 일본(JP)

- (71) 출원인
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14
- (72) 발명자
오미나미 유스케
일본국 도쿄도 미나토구 니시 심바시 1-24-14 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내
스즈키 히로유키
일본국 도쿄도 미나토구 니시 심바시 1-24-14 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
문두현, 문기상

전체 청구항 수 : 총 17 항

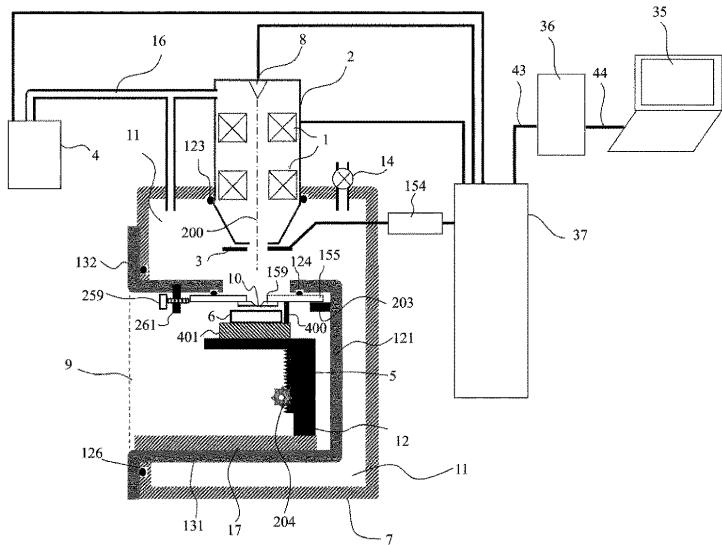
(54) 발명의 명칭 하전 입자선 장치 및 시료 관찰 방법

(57) 요약

종래의 하전 입자선 장치는, 모두 대기압하 또는 대기압과 거의 동등한 압력의 가스 분위기하에서의 관찰 전용으로 제조된 장치이며, 통상의 고진공형 하전 입자 현미경을 사용하여 대기압 또는 대기압과 거의 동등한 압력의 가스 분위기하에서의 관찰을 간편하게 행할 수 있는 장치는 존재하지 않았다. 또한, 종래 기술의 방법으로는, 격막과 시료의 거리를 제어하는 방법이 없고, 격막을 파손할 가능성이 높다는 문제점이 있다.

그래서, 본 발명은, 시료가 탑재된 공간의 압력이 상기 하우징 내부의 압력보다 크게 유지되도록 시료가 탑재된 공간을 격리하고, 1차 하전 입자선을 투과 또는 통과시키는 착탈 가능한 격막과, 시료와 격막과의 접촉을 방지하는 접촉 방지 부재와, 접촉 방지 부재의 적어도 일부를 하전 입자 광학경통의 광축방향으로 이동 가능하게 하는 조정 기구를 구비하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도



(72) 발명자

가와니시 신스케

일본국 도쿄도 미나토구 니시 심바시 1-24-14 가부
시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내

아지마 마사히코

일본국 도쿄도 미나토구 니시 심바시 1-24-14 가부
시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내

특허청구의 범위

청구항 1

1차 하전 입자선을 시료 상에 조사하는 하전 입자 광학경통과, 진공 펌프를 구비하는 하전 입자선 장치에 있어서,

상기 하전 입자선 장치의 일부를 이루고, 내부가 상기 진공 펌프에 의해 진공 배기되는 하우징과,

상기 시료가 탑재된 공간의 압력이 상기 하우징 내부의 압력보다 크게 유지되도록 상기 시료가 탑재된 공간을 격리하고, 상기 1차 하전 입자선을 투과 또는 통과시키는 착탈 가능한 격막과,

상기 시료와 상기 격막의 접촉을 방지하는 접촉 방지 부재와,

상기 접촉 방지 부재의, 상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재와 접촉하는 위치를, 상기 하전 입자 광학경통의 광축방향으로 이동 가능하게 하는 조정 기구를 구비하는 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 하전 입자선 장치의 일부를 이루고 내부가 상기 진공 펌프에 의해 진공 배기되는 제1 하우징과,

상기 제1 하우징의 측면, 또는 내벽면, 또는 상기 하전 입자 광학경통에 위치가 고정되는, 상기 시료를 내부에 격납(格納)하는 제2 하우징을 구비하고,

상기 격막은 상기 제2 하우징의 상면 측에 마련되고,

상기 제2 하우징 내부의 압력이 상기 제1 하우징 내부의 압력과 동등하거나, 상기 제2 하우징 내부의 압력을 상기 제1 하우징 내부의 압력보다도 높은 상태로 유지하는 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 접촉 방지 부재가, 상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재에 구비되는 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 접촉 방지 부재는 미세조정용 부재를 가지고,

상기 접촉 방지 부재가 상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재에 상기 미세조정용 부재를 개재하여 접촉함으로써, 상기 시료대와 상기 격막을 유지하는 부재 사이의 거리가 상기 접촉 방지 부재에 의해 일정하게 제한된 상태 그대로, 상기 시료대를 상기 하전 입자 광학경통의 광축의 수직 방향으로 구동 가능한 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 미세조정용 부재는 볼베어링인 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 접촉 방지 부재가 상기 격막을 유지하는 부재에 접촉한 것을 검지하는 검지 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 시료가 탑재된 공간의 적어도 하나의 측면을 형성하도록 설치되는 덮개 부재를 가지고,

상기 덮개 부재에, 상기 시료의 위치를 변경하는 시료 스테이지가 설치되는 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 시료가 탑재된 공간을 소망의 가스 분위기 및 소망의 압력으로 하는 것이 가능한 가스 도입 출구를 구비하는 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 9

1차 하전 입자선을 투과 또는 통과시키는 착탈 가능한 격막에 의해, 상기 시료가 탑재된 공간의 압력이 상기 하전 입자 광학경통 내부의 압력보다 크게 유지되도록 상기 시료가 탑재된 공간이 격리된 상태에서, 상기 시료에 상기 1차 하전 입자선을 조사함으로써 상기 시료를 관찰하는 시료 관찰 방법에 있어서,

상기 시료와 상기 격막의 접촉을 방지하는 접촉 방지 부재의, 상기 시료의 표면에 대한 높이를 조정하는 스텝과,

상기 시료를 상기 격막의 바로 아래에 배치하는 스텝과,

상기 격막의 바로 아래에 배치된 시료를 상기 하전 입자선 광학경통의 광축방향으로 이동시켜서 상기 격막에 접근시키는 스텝과,

상기 접촉 방지 부재에 의해 상기 격막으로부터 상기 시료의 표면까지의 거리를 일정하게 유지하는 스텝과,

상기 시료와 상기 격막이 비접촉된 상태에서 상기 1차 하전 입자선을 상기 시료에 조사하는 스텝을 구비하는 것을 특징으로 하는 시료 관찰 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재에 상기 접촉 방지 부재를 접촉시킴으로써 상기 격막으로부터 상기 시료의 표면까지의 거리를 일정하게 유지하는 것을 특징으로 하는 시료 관찰 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 격막으로부터 상기 시료의 표면까지의 거리를 일정하게 유지한 상태 그대로, 상기 시료를 상기 하전 입자 광학경통의 광축의 수직 방향으로 구동하는 스텝을 갖는 것을 특징으로 하는 시료 관찰 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 접촉 방지 부재는, 상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재와 복수의 점에서 접촉하는 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 접촉 방지 부재는, 상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재에 있어서의 복수의 점에서 접촉함으로써, 상기 격막으로부터 상기 시료의 표면까지의 거리를 일정하게 유지하는 것을 특징으로 하는 시료 관찰 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 접촉 방지 부재는, 상기 시료를 유지하는 시료대의 주위를 둘러싸도록 마련되는 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 접촉 방지 부재는, 상기 시료를 유지하는 시료대의 주위를 둘러싸도록 마련되는 것을 특징으로 하는 시료 관찰 방법.

청구항 16

제4항에 있어서,

상기 미세조정용 부재의, 상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재에 접촉하는 위치가, 상기 하전 입자 광학경통의 광축의 수직면 내에서 이동 가능한 것을 특징으로 하는 하전 입자선 장치.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 접촉 방지 부재는 미세조정용 부재를 개재하여 상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재에 접촉하고,

상기 미세조정용 부재의, 상기 시료를 유지하는 시료대 또는 상기 격막을 유지하는 부재에 접촉하는 위치가, 상기 하전 입자 광학경통의 광축의 수직면 내에서 이동 가능한 것을 특징으로 하는 시료 관찰 방법.

명세서**기술 분야**

[0001]

본 발명은, 시료를 대기압 또는 소정의 압력하에서 관찰 가능한 하전 입자선 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

물체의 미소한 영역을 관찰하기 위해서, 주사형 전자 현미경(SEM)이나 투과형 전자 현미경(TEM) 등이 사용된다. 일반적으로, 이들의 장치에서는 시료를 배치하기 위한 하우징을 진공 배기하고, 시료 분위기를 진공 상태로 하여 시료를 활성화한다. 그러나, 생물 화학 시료나 액체 시료 등은 진공에 의해 데미지를 받거나, 또는 상태가 바뀌어 버린다. 한편, 이러한 시료를 전자 현미경으로 관찰하고자 하는 니즈(needs)는 크고, 최근, 관찰 대상 시료를 대기압하에서 관찰 가능한 SEM 장치나 시료 유지 장치 등이 개발되고 있다.

[0003]

이들 장치는, 원리적으로는 전자 광학계와 시료 사이에 전자선이 투과 가능한 격막 또는 미소한 관통 구멍을 마련하여 진공 상태와 대기 상태를 구분하는 것이며, 모두 시료와 전자 광학계 사이에 격막을 마련하는 점에서 공통된다.

[0004]

예를 들면, 특허문헌 1에는, 전자 광학경통의 전자원 측을 하향으로, 또한 대물 렌즈 측을 상향으로 배치하고, 전자 광학경통 말단의 전자선의 출사 구멍 상에 O링을 개재하여 전자선을 투과할 수 있는 격막을 마련한 SEM이 개시되어 있다. 당해 문헌에 기재된 발명에서는, 관찰 대상 시료를 격막 상에 직접 탑재하고, 시료의 하면으로부터 1차 전자선을 조사하고, 반사 전자 또는 2차 전자를 검출하여 SEM 관찰을 행한다. 시료는, 격막의 주위에 설치된 환상 부재와 격막에 의해 구성되는 공간 내에 유지되며, 또한 이 공간 내에는 물 등의 액체가 채워져 있다.

선행기술문헌**특허문헌**

[0005] (특허문현 0001) 일본국 특개2009-158222호 공보(미국 특허출원 공개 제2009/0166536호 명세서)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 종래의 하전 입자선 장치는, 모두 대기압하 또는 대기압과 거의 동등한 압력의 가스 분위기하에서의 관찰 전용으로 제조된 장치이며, 통상의 고진공형 하전 입자 현미경을 사용하여 대기압 또는 대기압과 거의 동등한 압력의 가스 분위기하에서의 관찰을 간편하게 행할 수 있는 장치는 존재하지 않았다.

[0007] 예를 들면, 특허문현 1에 기재된 SEM은 구조적으로 매우 특수한 장치이며, 통상의 고진공 분위기에서의 SEM 관찰은 실행 불가능하다.

[0008] 또한, 종래 기술의 방법으로는, 격막과 시료의 거리를 제어하는 방법이 없고, 격막을 파손할 가능성이 높다는 문제점이 있다.

[0009] 본 발명은, 이러한 문제를 감안하여 이루어진 것으로서, 종래의 고진공형 하전 입자 현미경의 구성을 크게 변경하지 않고, 시료를 대기 분위기 또는 가스 분위기에서 관찰하는 것이 가능한 하전 입자선 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 과제를 해결하기 위해서, 예를 들면 특허청구범위에 기재된 구성을 채용한다.

[0011] 본원은 상기 과제를 해결하는 수단을 복수 포함하고 있지만, 그 일례를 들면, 시료와 1차 하전 입자선을 투과 또는 통과시키는 착탈 가능한 격막과의 접촉을 방지하는 접촉 방지 부재의 적어도 일부를 하전 입자 광학경통의 광축방향으로 이동 가능하게 하는 조정 기구를 구비하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 의하면, 종래의 고진공형 하전 입자 현미경의 구성을 크게 변경하지 않고, 시료를 대기 분위기 또는 가스 분위기에서 관찰하는 것이 가능하며, 또한 격막과 시료가 비접촉된 상태에서 관찰이 가능한 하전 입자선 장치를 제공할 수 있다.

[0013] 상기한 이외의 과제, 구성 및 효과는, 이하의 실시형태의 설명에 의해 밝혀진다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 실시예1의 하전 입자 현미경의 전체 구성도.

도 2는 격막의 상세도.

도 3은 접촉 방지 부재의 설명도.

도 4는 접촉 방지 부재의 설명도.

도 5는 접촉 방지 부재의 설명도.

도 6은 접촉 방지 부재의 설명도.

도 7은 접촉 방지 부재의 설명도.

도 8은 실시예2의 하전 입자 현미경의 구성도.

도 9는 실시예2의 하전 입자 현미경의 구성도.

도 10은 실시예2의 하전 입자 현미경의 구성도.

도 11은 실시예3의 하전 입자 현미경의 구성도.

도 12는 실시예4의 하전 입자 현미경의 구성도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 도면을 사용하여 각 실시형태에 대해서 설명한다.

[0016] 이하에서는, 하전 입자선 장치의 일례로서, 하전 입자선 현미경에 대해서 설명한다. 단, 이것은 본 발명의 단순한 일례이며, 본 발명은 이하 설명하는 실시형태에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은, 주사 전자 현미경, 주사 이온 현미경, 주사 투과 전자 현미경, 이들과 시료 가공 장치의 복합 장치, 또는 이들을 응용한 해석·검사 장치에도 적용 가능하다.

[0017] 또한, 본 명세서에 있어서 「대기압」이란 대기 분위기 또는 소정의 가스 분위기이며, 대기압 또는 약간의 부압(負壓) 혹은 가압(加壓) 상태의 압력 환경을 의미한다. 구체적으로는 약 10^5 Pa(대기압)~ 10^3 Pa 정도이다.

실시예1

[0019] 본 실시예에서는, 기본적인 실시형태에 대해서 설명한다. 도 1에는, 본 실시예의 하전 입자 현미경의 전체 구성도를 나타낸다. 도 1에 나타낸 하전 입자 현미경은, 주로, 하전 입자 광학경통(2), 하전 입자 광학경통을 장치 설치면에 대하여 지지하는 제1 하우징(7)(이하, 진공실이라고 하는 경우도 있음), 제1 하우징(7)에 삽입하여 사용되는 제2 하우징(121)(이하, 어태치먼트라고 하는 경우도 있음) 및 이들을 제어하는 제어계에 의해 구성된다. 하전 입자 현미경의 사용 시에는 하전 입자 광학경통(2)과 제1 하우징(7)의 내부는 진공 펌프(4)에 의해 진공 배기된다. 진공 펌프(4)의 기동 및 정지 동작도 제어계에 의해 제어된다. 도면 중, 진공 펌프(4)는 하나만 나타내고 있지만, 두 개 이상 있어도 된다.

[0020] 하전 입자 광학경통(2)은, 하전 입자선을 발생시키는 하전 입자원(8), 발생한 하전 입자선을 접속하여 경통하부로 도입하고, 1차 하전 입자선으로서 시료(6)를 주사하는 광학 렌즈(1) 등의 요소에 의해 구성된다. 하전 입자 광학경통(2)은 제1 하우징(7) 내부로 돌출하도록 설치되어 있으며, 진공 밀봉 부재(123)를 개재하여 제1 하우징(7)에 고정되어 있다. 하전 입자 광학경통(2)의 단부에는, 상기 1차 하전 입자선의 조사에 의해 얻어지는 2차 하전 입자(2차 전자 또는 반사 전자 등)를 검출하는 검출기(3)가 배치된다.

[0021] 본 실시예의 하전 입자 현미경은, 제어계로서, 장치 사용자가 사용하는 컴퓨터(35), 컴퓨터(35)와 접속되어 통신을 행하는 상위 제어부(36), 상위 제어부(36)로부터 송신되는 명령에 따라 진공 배기계나 하전 입자 광학계 등의 제어를 행하는 하위 제어부(37)를 구비한다. 컴퓨터(35)는, 장치의 조작 화면(GUI)이 표시되는 모니터와, 키보드나 마우스 등의 조작 화면에의 입력 수단을 구비한다. 상위 제어부(36), 하위 제어부(37) 및 컴퓨터(35)는, 각각 통신선(43, 44)에 의해 접속된다.

[0022] 하위 제어부(37)는 진공 펌프(4), 하전 입자원(8)이나 광학 렌즈(1) 등을 제어하기 위한 제어 신호를 송수신하는 부위이며, 또한 검출기(3)의 출력 신호를 디지털 화상 신호로 변환하여 상위 제어부(36)로 송신한다. 도면에서는 검출기(3)로부터의 출력 신호를, 프리앰프 등의 증폭기(154)를 경유하여 하위 제어부(37)에 접속하고 있다. 만약, 증폭기가 불필요하면 없어도 된다.

[0023] 상위 제어부(36)와 하위 제어부(37)에서는 아날로그 회로나 디지털 회로 등이 혼재하고 있어도 되며, 또한 상위 제어부(36)와 하위 제어부(37)가 하나로 통일되어 있어도 된다. 또, 도 1에 나타낸 제어계의 구성은 일례에 지나지 않고, 제어 유닛이나 벨브, 진공 펌프 또는 통신용의 배선 등의 변형예는, 본 실시예에서 의도하는 기능을 만족시키는 한, 본 실시예의 하전 입자선 현미경의 범주에 속한다.

[0024] 제1 하우징(7)에는, 일단이 진공 펌프(4)에 접속된 진공 배관(16)이 접속되어, 내부를 진공 상태로 유지할 수 있다. 동시에, 하우징 내부를 대기 개방하기 위한 리크 벨브(14)를 구비하고, 메인더너스 시 등에, 제1 하우징(7)의 내부를 대기 개방할 수 있다. 리크 벨브(14)는 없어도 되며, 두 개 이상 있어도 된다. 또한, 제1 하우징(7)에 있어서의 리크 벨브(14)의 배치 개소는, 도 1에 나타낸 장소에 한정되지 않고, 제1 하우징(7) 상의 다른 위치에 배치되어 있어도 된다. 또한, 제1 하우징(7)은, 측면에 개구부를 구비하고 있으며, 이 개구부를 통하여 상기 제2 하우징(121)이 삽입된다.

[0025] 제2 하우징(121)은, 직방체 형상의 본체부(131)와 맞춤부(132)로 구성된다. 후술하는 바와 같이 본체부(131)의 직방체 형상의 측면 중 적어도 일측면은 개방면(9)으로 되어 있다. 본체부(131)의 직방체 형상의 측면 중 격막 유지 부재(155)가 설치되는 면 이외의 면은, 제2 하우징(121)의 벽에 의해 구성되어 있어도 되며, 제2 하우징(121) 자체에는 벽이 없고 제1 하우징(7)에 조립된 상태에서 제1 하우징(7)의 측벽에 의해 구성되어도 된다. 제2 하우징(121)은 제1 하우징(7)의 측면 또는 내벽면 또는 하전 입자 광학경통에 위치가 고정된다. 본체부

(131)는, 상기의 개구부를 통과하여 제1 하우징(7) 내부에 삽입되고, 제1 하우징(7)에 조립된 상태에서 관찰 대상인 시료(6)를 격납하는 기능을 갖는다. 맞춤부(132)는, 제1 하우징(7)의 개구부가 마련된 측면 측의 외벽면과의 맞춤면을 구성하고, 진공 밀봉 부재(126)를 개재하여 상기 측면 측의 외벽면에 고정된다. 이것에 의해, 제2 하우징(121) 전체가 제1 하우징(7)에 끼워 맞춰진다. 상기의 개구부는, 하전 입자 현미경의 진공 시료실에 원래 갖추어져 있는 시료의 반입·반출용의 개구를 이용하여 제조하는 것이 가장 간편하다. 즉, 원래 열려 있는 구멍의 크기에 맞춰서 제2 하우징(121)을 제조하고, 구멍의 주위에 진공 밀봉 부재(126)를 장착하면, 장치의 개조가 필요 최소한으로 끝난다. 또한, 제2 하우징(121)은 제1 하우징(7)으로부터 제거도 가능하다.

[0026] 제2 하우징(121)의 상면 측에는, 제2 하우징(121) 전체가 제1 하우징(7)에 끼워 맞춰진 경우에 상기 하전 입자 광학경통(2)의 바로 아래가 되는 위치에 격막(10)을 구비한다. 이 격막(10)은, 하전 입자 광학경통(2)의 하단으로부터 방출되는 1차 하전 입자선을 투과 또는 통과시키는 것이 가능하며, 1차 하전 입자선은, 격막(10)을 통하여 최종적으로 시료(6)에 도달한다.

[0027] 시료(6)에 도달한 하전 입자선에 의해 시료 내부 또는 표면으로부터 반사 하전 입자나 투과 하전 입자 등의 2차 하전 입자선을 방출한다. 이 2차 하전 입자를 검출기(3)로 검출한다. 검출기(3)는 하전 입자가 조사된 시료면 측에 있어서, 시료 표면의 정보를 취득할 수 있다. 검출기(3)는 수 keV로부터 수십 keV의 에너지로 날아오는 하전 입자를 검지할 수 있는 검출 소자이다. 또한, 이 검출 소자는 신호의 증폭 수단을 가지고 있어도 된다. 본 검출 소자는 장치 구성의 요구로부터, 얇고 평평한 것이 바람직하다. 예를 들면, 실리콘 등의 반도체 재료로 만들어진 반도체 검출기나, 유리면 또는 내부에서 하전 입자 신호를 광으로 변환하는 것이 가능한 신틸레이터(scintillator) 등이다.

[0028] 도 1에 나타낸 바와 같이 제2 하우징(121)의 측면은 대기 공간과 적어도 시료의 출입이 가능한 크기의 면으로 연통한 개방면(9)이며, 제2 하우징(121)의 내부(도면의 점선으로부터 우측; 이후, 제2 공간이라고 함)에 격납되는 시료(6)는, 관찰 중, 대기압 상태에 두어진다. 또, 도 1은 광축과 평행 방향의 장치 단면도이기 때문에 개방면(9)은 한 면만이 도시되어 있지만, 도 1의 지면 안쪽 방향 및 앞쪽 방향의 제1 하우징의 측면에 의해 진공 밀봉되어 있으면, 제2 하우징(121)의 개방면(9)은 한 면으로 한정되지 않는다. 제2 하우징(121)이 제1 하우징(7)에 조립된 상태에서 적어도 개방면이 한 면 이상 있으면 된다. 한편, 제1 하우징(7)에는 진공 펌프(4)가 접속되어 있으며, 제1 하우징(7)의 내벽면과 제2 하우징의 외벽면 및 격막(10)에 의해 구성되는 폐공간(이하, 제1 공간이라고 함)을 진공 배기 가능하다. 제2 공간의 압력을 제1 공간의 압력보다 크게 유지하도록 격막이 배치됨으로써, 본 실시예에서는, 제2 공간을 압력적으로 격리할 수 있다. 즉, 격막(10)에 의해 제1 공간(11)이 고 진공으로 유지되는 한편, 제2 공간(12)은 대기압 또는 대기압과 거의 동등한 압력의 가스 분위기로 유지되므로, 장치의 동작 중, 하전 입자 광학경통(2)이나 검출기(3)를 진공 상태로 유지할 수 있고, 또한 시료(6)를 대기압으로 유지할 수 있다.

[0029] 격막(10)의 상세도를 도 2에 나타낸다. 격막(10)은 토대(159) 상에 성막 또는 증착되어 있다. 격막(10)은 카본재, 유기재, 실리콘나이트라이드, 실리콘카바이드, 산화실리콘 등이다. 토대(159)는 예를 들면 실리콘과 같은 부재이며, 웨트 에칭 등의 가공에 의해 도면과 같이 테이퍼 구멍(165)이 파여 있으며, 도 2 중 하면에 격막(10)이 구비되어 있다. 격막(10)부는 복수 배치된 다창(多窓)이어도 된다. 1차 하전 입자선을 투과 또는 통과시키는 것이 가능한 격막의 두께는 수 μm ~수 μm 정도이다. 격막 대신에, 1차 하전 입자선의 통과 구멍을 구비하는 어페쳐(aperture) 부재를 사용해도 되며, 그 경우의 구멍 직경은, 현실적인 진공 펌프로 차동 배기 가능이라는 요청으로부터, 면적 1mm^2 정도 이하인 것이 바람직하다. 하전 입자선이 이온인 경우에는, 격막을 파손시키지 않고 관통시키는 것이 곤란하기 때문에, 면적 1mm^2 정도 이하의 어페쳐를 사용한다. 격막(10)의 중심이 하전 입자 광학경통(2)의 광축(도 1 중의 일점 쇄선)의 축 상에 일치하도록 격막(10)의 위치가 조정된다. 이것에 의해 격막(10)과 하전 입자 광학경통(2)의 광축(도 1 중의 일점 쇄선)은 동축에 배치된다. 시료(6)와 격막(10)의 거리는, 적당한 높이의 시료대(17)를 두고 조정한다. 단, 격막(10)부가 복수 마련한 다창인 경우, 시료가 잘못해서 격막에 접촉하여 파손할 확률이 늘어난다. 그 때문에, 격막(10)은 한 곳만 배치해도 된다.

[0030] 격막은 대기압과 진공을 분리하기 위한 차압하에서 파손되지 않을 것이 필요하다. 그 때문에, 격막(10)의 면적은 수 μm 로부터 크더라도 수 mm 정도의 크기이다. 격막(10)의 형상은 정방형이 아니며, 장방형 등과 같은 형상이어도 된다. 형상에 관해서는 어떤 형상이어도 상관없다. 도 2에 나타낸 측, 즉, 테이퍼부(165)가 있는 측이 진공측(도면 중 상측)에 배치된다. 이것은 시료로부터 방출된 2차 하전 입자를 검출기(3)로 효율적으로 검출하기 위함이다.

[0031] 국소적으로 대기 분위기로 유지할 수 있는 환경 셀과 같은 종래 기술에서는, 대기압/가스 분위기에서의 관찰을

행하는 것은 가능하지만, 셀에 삽입 가능한 사이즈의 시료밖에 관찰할 수 없고, 대형 시료의 대기압/가스 분위기에서의 관찰을 할 수 없다는 문제가 있었다. 또한 환경 셀의 경우, 다른 시료를 관찰하기 위해서는, SEM의 진공 시료실로부터 환경 셀을 취출하고, 시료를 바꾸어 다시 진공 시료실 내에 반입해야 하고, 시료 교환이 번잡하다는 문제도 있었다. 한편, 본 실시예의 방식에 의하면, 제2 하우징(121)의 일측면이 개방되어 있으며, 넓은 대기압 공간인 제2 공간(12) 중에 시료(6)가 탑재되므로, 반도체 웨이퍼 등의 대형 시료여도 대기압하에서 관찰할 수 있다. 특히 본 실시예의 제2 하우징은, 시료실의 측면으로부터 삽입하는 방식 때문에 대형화가 용이하며, 따라서 환경 셀에는 봉입할 수 없는 대형의 시료여도 관찰이 가능해진다. 또한, 제2 하우징(121)에 개방면이 있으므로, 관찰 중에 제2 공간(12)의 내부와 외부 사이를 시료 이동시킬 수 있고, 시료 교환을 용이하게 행할 수 있다.

[0032] 또한, 액체를 채운 격막 상부에 시료를 유지하는 종래 기술로는, 한번 대기압 관찰을 행하면 시료가 젖어버리기 때문에, 같은 상태의 시료를 대기 분위기 및 고진공 분위기의 양쪽에서 관찰하는 것은 매우 곤란했다. 또한, 액체가 격막에 항상 접촉하고 있기 때문에, 격막이 파손될 가능성이 매우 높다는 문제도 있었다. 한편, 본 실시예의 방식에 의하면, 시료(6)는 격막(10)과 비접촉의 상태에서 배치되는 것이기 때문에, 시료의 상태를 바꾸지 않고 고진공하에서도 대기압에서도 관찰할 수 있다. 또한, 시료가 격막 상에 탑재되지 않으므로 시료에 의해 격막이 파손해 버릴 가능성은 저감할 수 있다.

[0033] 격막을 통과한 하전 입자선은 대기 공간에 의해 산란된다. 대기압하의 경우, 하전 입자선의 평균 자유 공정은 매우 짧다. 그 때문에, 격막(10)과 시료(6)의 거리는 보다 짧은 것이 바람직하다. 구체적으로는 $1000\mu\text{m}$ 정도 이하로 할 필요가 있다. 그러나, 격막(10)과 시료(6)를 접근시켰을 때에, 격막(10)과 시료(6)가 잘못해서 접촉하면 격막(10)이 파손될 우려가 있다.

[0034] 그래서, 본 실시예에서는 격막(10)과 시료(6)가 접촉되는 것을 방지하는 접촉 방지 부재를 구비한다. 이하에서, 접촉 방지 부재에 관하여 도 3을 사용하여 설명한다. 도면에서는 설명의 간략화를 위해, 격막 주변부와 시료 주변부에만 관하여 도시하고 있다. 본 실시예에서는, 시료(6)와 격막(10) 사이에 접촉 방지 부재(400)가 구비된다. 접촉 방지 부재는 시료대로부터 돌기하도록 마련되고, 도 3(a)에서 나타낸 바와 같이, 접촉 방지 부재(400)의 선단이 항상 시료(6)보다도 격막 측에 배치되어 있다. 그리고, 도 3(b)에서 나타낸 바와 같이, 시료대(401)의 위치를 격막(10) 방향으로 접근시켰을 때에, 접촉 방지 부재(400)가 격막 유지 부재(155)에 접촉하는 것에 의해, 격막(10)과 시료(6)가 접촉하는 것을 방지하는 것이 가능해진다. 한편, 시료(6)의 높이(B)는 시료에 따라 바뀌는 경우가 있다. 그 때문에, 시료(B)의 높이에 따라 접촉 방지 부재(400)의 높이(A)를 조정할 수 있는 조정 기구를 가질 필요가 있다. 그래서, 예를 들면, 접촉 방지 부재(400)는 수나사이며, 시료대(401) 측을 암나사(402)로 하는 것에 의해, 접촉 방지 부재(400)의 나사부를 돌림으로써 접촉 방지 부재(400)의 높이(A)를 변경하는 것이 가능해진다. 또, 조정 기구는, 접촉 방지 부재(400)에 있어서의 시료와 격막이 접촉하는 위치를 하전 입자 광학경통의 광축방향으로 이동 가능하게 하는 것으면 된다.

[0035] 시료대(401)로부터 시료까지의 거리를 B로 하고, 격막 유지 부재(155)와 격막(10)의 거리를 C로 한 경우, 접촉 방지 부재(400)를 격막 유지 부재(155)에 접촉시켰을 경우의 격막과 시료 간 거리 Z는 다음식이 된다.

[수식 1] $Z=(A-B)-C$

[0037] 상기한 바와 같이, 하전 입자선의 평균 자유 공정의 관점으로부터 격막과 시료 간의 거리 Z는 $1000\mu\text{m}$ 이하로 짧은 것이 바람직하다. 또한, 격막(10)과 시료(6)가 접촉하지 않기 위해서는 다음식에 따를 필요가 있다.

[수식 2] $Z=A-B>C$

[0039] 격막 유지 부재(155)와 격막(10) 사이에서 진공 밀봉하기 위해서 진공 밀봉 부재(407)가 구비되어 있는 모양을 도시하고 있다. 진공 밀봉 부재(407)는 예를 들면 접착제나 양면 테이프 등이다. 만약, 상기 격막 유지 부재(155)와 격막(10) 사이에 당해 진공 밀봉 부재가 존재하고 있는 경우에는, 상기 거리 C는 격막 유지 부재(155)와 격막(10)의 진공 밀봉 부재 및 격막(10)의 두께를 적산한 거리가 된다.

[0040] 각 거리 A, B, C가 기지(既知)가 아닌 경우에는, 시료(6)가 탑재된 시료대(401)와 격막(10)이 유지된 격막 유지 부재(155)를 장치 외부 등에서, 레이저나 광을 사용한 높이를 측정할 수 있는 기기를 사용하여 A, B, C의 거리를 관측할 수 있다. 시료(6)와 격막(10)이 항상 같은 높이인 것을 사용하는 것에, 일단, 시료대(401)로부터 접촉 방지 부재(400)까지의 거리 A를 결정하면, 접촉 방지 부재(400)를 다시 조정할 필요는 없다. 이상과 같이, 접촉 방지 부재는, 격막 유지 부재에 접촉 방지 부재를 접촉한 상태로 함으로써 상기 격막으로부터 상기 시료의 표면까지의 거리를 일정하게 유지할 수 있다는 효과도 갖는다.

[0041]

여기에서, 시료 탑재로부터 하전 입자선의 조사까지의 일련의 흐름을 나타낸다. 처음에, 시료대(401)에 시료(6)를 탑재한다. 다음으로, 암나사(402)에 접촉 방지 부재(400)를 삽입한다. 여기에서, 시료(6) 표면으로부터 접촉 방지 부재(400) 상부와의 거리는 [수식 1] 또는 [수식 2]에서 나타내는 (A-B)의 항이 된다. 상기한 바와 같이, 거리 (A-B)를 정확히 알고자 하는 경우에는 레이저나 광을 사용한 높이를 측정할 수 있는 기기를 사용하여 측정 혹은 기록한다. 다음으로, 당해 접촉 방지 부재(400) 및 시료(6)가 구비된 채의 시료대를 격막(10) 직하의 시료 스테이지(5) 상에 배치한다. 다음으로, 시료 스테이지(5)를 사용하여 격막(10)과 시료(6)를 접근시키는 것에 의해, 당해 접촉 방지 부재(400)와 격막 유지 부재(155)를 접촉시킨다. 이에 따라, 하전 입자선을 격막(10) 경유로 시료(6)에 조사시키는 것이 가능해진다. 또, 하전 입자선의 조사는 시료(6)가 접근 전에 행해도 된다. 당해 접촉 방지 부재(400)와 격막 유지 부재(155)를 접촉하면 격막 유지 부재(155)가 움직이므로, 접촉한 것을 하전 입자선 조사에 의한 관찰로 인식하는 것도 가능하다.

[0042]

도 4는 접촉 방지 부재(400)를 복수 마련한 예이다. 도 4(a)에는 측면 단면도를, 도 4(b)에는 사시도를 나타낸다. 도 3에서는 접촉 방지 부재(400)는 하나만으로 하고 있지만, 도 4와 같이 2개소 배치되어 있어도 된다. 2 개소 배치되어 있는 것에 의해, 1개소만 배치되어 있을 때와 비교하여, 시료대가 격막에 대하여 경사져 있을 때 등에 의해 격막(10)과 시료(6)가 접촉해 버리는 확률을 줄일 수 있다.

[0043]

또한, 도 5와 같이 볼베어링(406)을 접촉 방지 부재(400) 상에 배치해도 된다. 이 경우, 이 볼베어링(406)이 격막 유지 부재(155)에 접촉하게 된다. 접촉 방지 부재(400)의 선단에 볼베어링(406)이 배치되어 있으면, 접촉 방지 부재(400)가 격막 유지 부재(155)에 접촉한 상태에서, 도면 중 횡방향이나 지면 방향으로 시료를 이동시키는 것이 가능해진다. 여기에서, 시료대와 격막 유지 부재(155) 사이의 거리(또는 시료 표면과 격막 사이의 거리)가 접촉 방지 부재(400)에 의해 일정하게 제한된 상태 그대로, 시료대를 하전 입자 광학경통의 광축의 수직 방향으로 구동 가능한 구조이면, 볼베어링에 한정되지 않고, 이 부재를 미세조정용 부재라고 한다. 접촉 방지 부재(400)와 격막 유지 부재(155) 사이와의 마찰이 적은 것이라면 이 미세조정용 부재는 볼베어링이 아니어도 상관없다. 예를 들면, 폴리테트라플루오로에틸렌을 대표로 하는 불소 수지 등의 유기물 등 중 마찰계수가 적은 재료를 사용해도 되며, 접촉 면적을 매우 작게 하는 것에 의해 접촉 방지 부재(400)와 격막 유지 부재(155) 사이의 미끄럼을 좋게 해도 된다.

[0044]

또한 도 6에 다른 예를 나타낸다. 도 6(a)에는 측면 단면도를, 도 6(b)에는 사시도를 나타낸다. 이와 같이 시료대(401)의 외측 전체에 접촉 방지 부재(400)를 배치해도 된다. 이 경우, 예를 들면, 시료대(401)의 외주(外周)가 수나사로 되어 있으며, 접촉 방지 부재(400)의 내측을 암나사로 하는 것에 의해, 시료대(401)를 접촉 방지 부재(400)에 대하여 회전시키는 것에 의해, 시료(6) 표면보다도 높은 위치에 접촉 방지 부재(400)를 배치하는 것이 가능해진다. 또한, 상기 나사가 풀려서 경계(403)부에 위치 어긋남이 발생하는 일이 없도록, 시료대(401)와 접촉 방지 부재(400) 사이에 고무 등의 어긋남 방지 부재(404)를 배치해도 된다. 본 구성의 경우, 도 4 등과 비교하여 접촉 방지 부재(400)의 부위가 크기 때문에 간단히 조정할 수 있는 것이 특징이다. 또한, 도시하지 않지만 도 6의 접촉 방지 부재(400)의 상측에 볼베어링(406)이나 돌기 부재를 더 추가해도 되며, 본 실시예에서 의도하는 기능을 만족시키는 한, 본 실시예의 하전 입자선 현미경의 범주에 속한다.

[0045]

또한, 도 7과 같이 접촉 방지 부재(400)는 격막 유지 부재(155)에 구비되어 있어도 된다. 이 경우에는, 시료대(401)의 높이를 바꾸면 시료대(401)에 격막 유지 부재(155)에 구비된 접촉 방지 부재(400)가 접촉하게 된다. 이 경우에는, 일반적으로 시판되고 있는 하전 입자 현미경용의 평탄한 시료대를 그대로 유용하는 것이 가능해진다.

[0046]

또한, 도시하지 않지만, 접촉 방지 부재(400)가 격막 유지 부재(155)와 접촉했을 때를 검지하는 검지 수단을 마련해도 된다. 검지 수단으로서는, 예를 들면, 시료대(401) 및 접촉 방지 부재(400)와 격막 유지 부재(155)의 사이가 비접촉의 경우에는 비도통 상태로 해두고, 접촉했을 때에 도통시키는 전기적인 검지 수단이 있다. 또한, 시료대(401) 및 접촉 방지 부재(400)와 격막 유지 부재(155)가 접촉했을 때에, 상기 어느 부재가 기계적인 스위치를 갖는 기계적인 검지 수단이여도 된다.

[0047]

또한, 접촉 방지 부재(400)는 착탈 가능하게 한다. 시료 탑재 시 또는 교환 시에 접촉 방지 부재(400)와 시료가 간섭하는 경우에는, 접촉 방지 부재(400)를 일단 제거하고, 시료를 탑재한 후, 접촉 방지 부재(400)를 다시 장착해도 된다.

[0048]

실시예2

[0049]

본 실시예에서는, 하전 입자 현미경에의 적용예에 대해서 설명한다. 또, 하전 입자 현미경으로서는 구체적으로

는 주사 전자 현미경, 이온 현미경 등을 들 수 있다. 이하에서는, 실시예1과 같은 부분에 대해서는 설명을 생략한다.

[0050] 도 8에는, 본 실시예의 하전 입자 현미경의 전체 구성도를 나타낸다. 실시예1과 같이, 본 실시예의 하전 입자 현미경도, 하전 입자 광학경통(2), 당해 하전 입자 광학경통을 장치 설치면에 대하여 지지하는 제1 하우징(진공 실)(7), 제1 하우징(7)에 삽입하여 사용되는 제2 하우징(어태치먼트)(121), 제어계 등에 의해 구성된다. 이들의 각 요소의 동작·기능 혹은 각 요소에 부가되는 부가 요소는, 실시예1과 거의 같으므로, 상세한 설명은 생략한다.

[0051] 격막 유지 부재(155)는, 제2 하우징(121)의 상면 측, 보다 구체적으로는 천정판의 하면 측에, 진공 밀봉 부재를 개재하여 착탈 가능하게 고정된다. 격막(10)은, 하전 입자선이 투과하는 요청상, 두께 수 μm ~수 μm 이하로 매우 얇기 때문에, 경시 열화 또는 관찰 준비 시에 파손될 가능성 있다. 또한, 격막(10)은 얇기 때문에 직접 핸들링하는 것이 매우 곤란하다. 본 실시예와 같이, 격막(10)을 직접하지 않고 격막 유지 부재(155)를 개재하여 핸들링할 수 있으므로, 격막(10)의 취급(특히 교환)이 매우 용이해진다. 즉, 격막(10)이 파손됐을 경우에는, 격막 유지 부재(155)마다 교환하면 되며, 만일 격막(10)을 직접 교환해야 하는 경우에도, 격막 유지 부재(155)를 장치 외부로 취출하고, 격막(10)의 교환을 장치 외부에서 행할 수 있다. 또, 격막을 대신하여, 면적 1mm^2 이하 정도의 구멍을 갖는 어퍼쳐 부재를 사용할 수 있는 점은, 실시예1과 같다.

[0052] 또한, 본 실시예의 시료대(401)에는 상술의 접촉 방지 부재(400)를 구비한다. 시료(6)는 시료대(401) 및 접촉 방지 부재(400)마다 장치 외부로 제거하는 것이 가능하다.

[0053] 또한 본 실시예의 하전 입자 현미경의 경우, 제2 공간의 적어도 하나의 측면(제2 하우징(121)의 개방면)을 덮개 부재(122)로 덮을 수 있도록 되어 있으며, 각종의 기능을 실현할 수 있다. 이하에서는 그것에 대해서 설명한다.

[0054] 본 실시예의 하전 입자 현미경에 있어서는, 제2 하우징 내에 치환 가스를 공급하는 기능을 구비하고 있다. 하전 입자 광학경통(2)의 하단으로부터 방출된 하전 입자선은, 고진공으로 유지된 제1 공간(11)을 통과하고, 도 8에 나타낸 격막(10)(혹은 어퍼쳐 부재)을 통과하고, 또한, 대기압 또는 소망의 압력 상태나 가스 상태로 유지된 제2 공간(12)에 침입한다. 제2 공간의 분위기는 대기압 또는 대기압과 같은 정도의 압력이며, 적어도 제1 공간 보다 진공도가 나쁜(저진공도의) 상태이다. 진공도가 낮은 공간에서는 하전 입자선은 기체 분자에 의해 산란되며 때문에, 평균 자유 행정은 짧아진다. 즉, 격막(10)과 시료(6)의 거리가 크면 하전 입자선 또는 상기 하전 입자선 조사에 의해 발생하는 2차 전자, 반사 전자 혹은 투과 전자가 시료 및 검출기(3)까지 오지 않게 된다. 한편, 전자선의 산란 확률은, 기체 분자의 질량수에 비례한다. 따라서, 대기보다도 질량수가 가벼운 가스 분자로 제2 공간(12)을 치환하면, 하전 입자선의 산란 확률이 저하하고, 하전 입자선이 시료에 도달할 수 있게 된다. 또한, 제2 공간의 전체가 아니어도, 적어도 제2 공간 중의 전자선의 통과 경로의 대기를 가스 치환할 수 있으면 된다. 치환 가스의 종류로서는, 질소나 수증기 등, 대기보다도 가벼운 가스이면 화상 S/N의 개선 효과가 보이지만, 질량이 보다 가벼운 헬륨 가스나 수소 가스 쪽이, 화상 S/N의 개선 효과가 크다.

[0055] 이상의 이유로부터, 본 실시예의 하전 입자 현미경에서는, 덮개 부재(122)에 가스 공급관(100)의 장착부(가스 도입부)를 마련하고 있다. 가스 공급관(100)은 연결부(102)에 의해 가스봄배(103)와 연결되어 있으며, 이에 따라 제2 공간(12) 내에 치환 가스가 도입된다. 가스 공급관(100)의 도중에는, 가스 제어용 밸브(101)가 배치되어 있으며, 관내를 흐르는 치환 가스의 유량을 제어할 수 있다. 이 때문에, 가스 제어용 밸브(101)로부터 하위 제어부(37)로 신호선이 뻗어 있으며, 장치 유저는, 컴퓨터(35)의 모니터 상에 표시되는 조작 화면에서, 치환 가스의 유량을 제어할 수 있다. 또한, 가스 제어용 밸브(101)는 수동으로 조작하여 개폐해도 된다.

[0056] 치환 가스는 경원소 가스이기 때문에, 제2 공간(12)의 상부에 모이기 쉽고, 하측은 치환하기 어렵다. 그래서, 덮개 부재(122)로 가스 공급관(100)의 장착 위치보다도 하측에 제2 공간의 내외를 연통하는 개구를 마련하면 된다. 예를 들면 도 6에서는 압력 조정 밸브(104)의 장착 위치에 개구를 마련한다. 이에 따라, 가스 도입부로부터 도입된 경원소 가스에 밀려서 대기 가스가 하측의 개구로부터 배출되기 때문에, 제2 하우징(121) 내를 효율적으로 가스로 치환할 수 있다. 또, 이 개구를 후술하는 러프 배기 포트와 겸용해도 된다.

[0057] 제2 하우징(121) 또는 덮개 부재(122)에 진공 배기 포트를 마련하고, 제2 하우징(121) 내를 한번 진공 배기하여 약간의 부압 상태로 해도 된다. 이 경우의 진공 배기는, 제2 하우징(121) 내부에 잔류하는 대기 가스 성분을 일정량 이하로 줄이면 되므로 고진공 배기를 행할 필요는 없고, 러프 배기로 충분하다. 러프 배기한 후에 가스 공급관(100)으로부터 가스를 도입해도 된다. 진공도로서는 $10^5\text{Pa} \sim 10^3\text{Pa}$ 등이다. 가스의 도입을 하지 않는 것

이라면, 가스봄베(103)를 진공 펌프로 치환해도 약간의 부압 상태의 형성이 가능하다.

[0058] 단, 생체 시료 등 수분을 포함하는 시료 등을 관찰하는 경우, 한번 진공 상태에 두어진 시료는, 수분이 증발하여 상태가 변화된다. 따라서, 상술한 바와 같이, 대기 분위기로부터 직접 치환 가스를 도입하는 편이 바람직하다. 치환 가스의 도입 후, 상기의 개구를 덮개 부재로 닫는 것에 의해, 치환 가스를 효과적으로 제2 공간(12) 내에 가둘 수 있다.

[0059] 상기 개구의 위치에 3방향 밸브를 장착하면, 이 개구를 러프 배기 포트 및 대기 리크용 배기구와 겸용할 수 있다. 즉, 3방향 밸브의 한쪽을 덮개 부재(122)에 장착하고, 한쪽을 러프 배기용 진공 펌프에 접속하고, 나머지 하나에 리크 밸브를 장착하면, 상기의 겸용 배기구를 실현할 수 있다.

[0060] 상술의 개구 대신에 압력 조정 밸브(104)를 마련해도 된다. 당해 압력 조정 밸브(104)는, 제2 하우징(121)의 내부 압력이 1기압 이상이 되면 자동적으로 밸브가 열리는 기능을 갖는다. 이러한 기능을 갖는 압력 조정 밸브를 구비함으로써, 경원소 가스의 도입 시, 내부 압력이 1기압 이상이 되면 자동적으로 열려서 질소나 산소 등의 대기 가스 성분을 장치 외부로 배출하고, 경원소 가스를 장치 내부에 충만시키는 것이 가능해진다. 또, 도시한 가스봄베(103)는, 하전 입자 현미경에 구비되는 경우도 있으며, 장치 유저가 사후적으로 장착하는 경우도 있다.

[0061] 이와 같이 본 실시예에서는, 시료가 탑재된 공간을 대기압(약 10^5 Pa)으로부터 약 10^3 Pa까지의 임의의 진공도로 제어할 수 있다. 종래의 소위 저진공 주사 전자 현미경에서는, 전자선 칼럼과 시료실이 연통하고 있으므로, 시료실의 진공도를 내려서 대기압에 가까운 압력으로 하면 전자선 칼럼 중의 압력도 연동하여 변화해 버려서, 대기압(약 10^5 Pa)~약 10^3 Pa의 압력으로 시료실을 제어하는 것은 곤란했다. 본 실시예에 의하면, 제2 공간과 제1 공간을 박막에 의해 격리하고 있으므로, 제2 하우징(121) 및 덮개 부재(122)에 둘러싸인 제2 공간 중의 분위기의 압력 및 가스 종류는 자유롭게 제어할 수 있다. 따라서, 지금까지 제어하는 것이 어려웠던 대기압(약 10^5 Pa)~약 10^3 Pa의 압력으로 시료실을 제어할 수 있다. 또한, 대기압(약 10^5 Pa)에서의 관찰뿐만 아니라, 그 근방의 압력으로 연속적으로 변화시켜서 시료의 상태를 관찰하는 것이 가능해진다.

[0062] 다음으로, 시료(6)의 위치 조정 방법에 대해서 설명한다. 본 실시예의 하전 입자 현미경은, 관찰 시야의 이동 수단으로서 시료 스테이지(5)를 구비하고 있다. 시료 스테이지(5)에는, 면내 방향으로의 XY 구동 기구 및 높이 방향으로의 Z축 구동 기구를 구비하고 있다. 덮개 부재(122)에는 시료 스테이지(5)를 지지하는 바닥판이 되는 지지판(107)이 장착되어 있으며, 시료 스테이지(5)는 지지판(107)에 고정되어 있다. 지지판(107)은, 덮개 부재(122)의 제2 하우징(121)에의 대향면을 향해서 제2 하우징(121)의 내부를 향하여 연신하도록 장착되어 있다. Z 축 구동 기구 및 XY 구동 기구로부터는 각각 지축이 뻗어 있으며, 각각 조작 손잡이(108) 및 조작 손잡이(109)와 연결되어 있다. 장치 유저는, 이들의 조작 손잡이(108 및 109)를 조작하는 것에 의해, 시료(6)의 제2 하우징(121) 내에서의 위치를 조정한다.

[0063] 다음으로, 시료(6)의 교환을 위한 기구에 대해서 설명한다. 본 실시예의 하전 입자 현미경은, 제1 하우징(7)의 바닥면 및 덮개 부재(122)의 하면에, 덮개 부재용 지지 부재(19), 바닥판(20)을 각각 구비한다. 덮개 부재(122)는 제2 하우징(121)에 진공 밀봉 부재(125)를 개재하여 제거 가능하게 고정된다. 한편, 덮개 부재용 지지 부재(19)도 바닥판(20)에 대하여 제거 가능하게 고정되어 있으며, 도 9에 나타낸 바와 같이, 덮개 부재(122) 및 덮개 부재용 지지 부재(19)를 통째로 제2 하우징(121)으로부터 제거하는 것이 가능하다. 또, 본 도면에서는 전기 배선 등은 생략하고 있다.

[0064] 바닥판(20)에는, 제거 시에 가이드로서 사용되는 지주(18)를 구비한다. 통상의 관찰 시의 상태에서는, 지주(18)는 바닥판(20)에 마련된 격납부에 격납되어 있으며, 제거 시에 덮개 부재(122)의 인출 방향으로 연신하도록 구성된다. 동시에, 지주(18)는 덮개 부재용 지지 부재(19)에 고정되어 있으며, 덮개 부재(122)를 제2 하우징(121)으로부터 제거했을 때에, 덮개 부재(122)와 하전 입자 현미경 본체가 완전하게는 분리하지 않도록 되어 있다. 이에 따라, 시료 스테이지(5) 또는 시료(6)의 낙하를 방지할 수 있다.

[0065] 제2 하우징(121) 내에 시료를 반입하는 경우에는, 우선 시료 스테이지(5)의 Z축 조작 손잡이를 돌려서 시료(6)를 격막(10)으로부터 멀리한다. 다음으로, 압력 조정 밸브(104)를 개방하고, 제2 하우징 내부를 대기 개방한다. 그 후, 제2 하우징 내부가 감압 상태 또는 극단적인 여압 상태가 되어 있지 않은 것을 확인 후, 덮개 부재(122)를 장치 본체와는 반대 측으로 당긴다. 이에 따라 시료(6)가 교환 가능한 상태가 된다. 시료 교환 후에는, 덮개 부재(122)를 제2 하우징(121) 내로 가압하고, 도시하지 않은 체결 부재로 덮개 부재(122)를 맞춤부(132)에 고정 후, 필요에 따라 치환 가스를 도입한다. 이상의 조작은, 전자 광학경통(2) 내부의 광학 렌즈

(2)에 고전압을 인가하고 있는 상태나 하전 입자선원(8)으로부터 전자선이 방출하고 있는 상태 시에도 실행할 수 있다. 그 때문에, 본 실시예의 하전 입자 현미경은, 시료 교환 후, 신속하게 관찰을 개시할 수 있다. 본 방식의 경우에도, 실시예1과 마찬가지로 시료대(401) 상에 접촉 방지 부재(400)를 구비한다. 시료(6)는 시료대(401) 및 접촉 방지 부재(400)마다 장치 외부로 제거하는 것이 가능하다.

[0066] 본 실시예의 하전 입자 현미경은, 통상의 고진공 SEM으로서 사용하는 것도 가능하다. 도 10에는, 고진공 SEM으로서 사용한 상태에서의, 본 실시예의 하전 입자 현미경의 전체 구성도를 나타낸다. 도 10에 있어서, 제어계는 도 8과 같으므로 도시는 생략하고 있다. 도 10은, 덮개 부재(122)를 제2 하우징(121)에 고정한 상태에서, 가스 공급관(100)과 압력 조정 밸브(104)를 덮개 부재(122)로부터 제거한 후, 가스 공급관(100)과 압력 조정 밸브(104)의 장착 위치를 덮개 부재(130)로 막은 상태의 하전 입자 현미경을 나타내고 있다. 이 전후의 조작으로, 격막(10) 및 격막 유지 부재(155)를 제2 하우징(121)으로부터 제거해 두면, 제1 공간(11)과 제2 공간(12)을 연결할 수 있고, 제2 하우징 내부를 진공 펌프(4)로 진공 배기하는 것이 가능해진다. 이에 따라, 제2 하우징(121)을 장착한 상태에서, 고진공 SEM 관찰이 가능해진다.

[0067] 이상 설명한 바와 같이, 본 실시예에서는, 시료 스테이지(5) 및 그 조작 손잡이(108, 109), 가스 공급관(100), 압력 조정 밸브(104)가 모두 덮개 부재(122)에 접약하여 장착되어 있다. 따라서 장치 유저는, 상기 조작 손잡이(108, 109)의 조작, 시료의 교환 작업, 또는 가스 공급관(100), 압력 조정 밸브(104)의 탈착 작업을 제1 하우징의 동일 면에 대하여 행할 수 있다. 따라서, 상기 구성물이 시료실의 다른 면에 따로 장착되어 있는 구성의 하전 입자 현미경에 비하여, 대기압하에서의 관찰용의 상태와 고진공하에서의 관찰용의 상태를 전환할 때의 조작성이 매우 향상하고 있다.

[0068] 이상 설명한 구성에 더해, 제2 하우징(121)과 덮개 부재(122)의 접촉 상태를 검지하는 접촉 모니터를 마련하여, 제2 공간이 닫혀 있거나 또는 열려 있는 것을 감시해도 된다.

[0069] 또한, 2차 전자 검출기나 반사 전자 검출기에 대해서, X선 검출기나 광 검출기를 마련하여, EDS 분석이나 형광선의 검출을 할 수 있도록 해도 된다. X선 검출기나 광 검출기는, 제1 공간(11) 또는 제2 공간(12) 중 어딘가에 배치되어도 된다.

[0070] 또한, 시료 스테이지(5)에 전압을 인가해도 된다. 시료(6)나 전압을 인가하면 시료(6)로부터의 방출 전자나 투과 전자에 고에너지로 갖게 할 수 있고, 신호량을 증가시키는 것이 가능해지고, 화상 S/N이 개선된다.

[0071] 이상, 본 실시예에 의해, 실시예1의 효과에 더해, 고진공 SEM으로서도 사용 가능하며, 또한 대기압 또는 약간의 부압 상태의 가스 분위기하에서의 관찰을 간편하게 행할 수 있는 SEM이 실현된다. 또한, 치환 가스를 도입하여 관찰을 실행할 수 있기 때문에, 본 실시예의 하전 입자 현미경은, 실시예1의 하전 입자 현미경보다도 S/N의 좋은 화상 취득이 가능하다.

[0072] 또, 본 실시예에서는 탁상형 전자 현미경을 의도한 구성예에 대해서 설명했지만, 본 실시예를 대형의 하전 입자 현미경에 적용하는 것도 가능하다. 탁상형 전자 현미경의 경우에는, 장치 전체 또는 하전 입자 광학경통이 하우징에 의해 장치 설치면에 지지되지만, 대형의 하전 입자 현미경의 경우에는, 장치 전체를 가대에 탑재하면 되며, 따라서, 제1 하우징(7)을 가대에 탑재하면, 본 실시예에서 설명한 구성을 그대로 대형의 하전 입자 현미경에 전용할 수 있다.

실시예3

[0073] 도 11에 제3 실시예를 나타낸다. 이하에서는, 실시예1, 2와 같은 부분에 대해서는 설명을 생략한다.

[0074] 본 실시예에서는, 하전 입자 광학경통(2)과 접속된 지지하는 하우징(진공실)(7), 대기 분위기하에 배치되는 시료 스테이지(5), 및 이들을 제어하는 제어계에 의해 구성된다. 하우징(진공실)(7)의 하부에는 격막(10)이 배치되어 있다. 하전 입자 현미경의 사용 시에는 하전 입자 광학경통(2)과 제1 하우징의 내부는 진공 펌프(4)에 의해 진공 배기된다.

[0075] 하우징(7)에 구비된 격막(10)의 하부에는 대기 분위기하에 배치된 시료 스테이지(5)를 구비한다. 시료 스테이지(5)에는 적어도 시료(6)를 격막(10)에 접근시키는 것이 가능한 높이 조정 기능을 구비한다. 예를 들면, 조작 부(204)를 돌리는 등 하여 시료(6)를 격막(10) 방향으로 접근시킬 수 있다. 당연히, 시료 면내 방향으로 움직이는 XY 구동 기구를 구비해도 된다. 본 방식의 경우에도, 실시예1과 실시예2와 마찬가지로 시료대(401) 상에 접촉 방지 부재(400)를 구비한다. 시료(6)는 시료대(401) 및 접촉 방지 부재(400)마다 장치 외부로 제거하는 것이 가능하다.

[0077] 본 장치 구성의 경우, 시료를 배치하는 공간이 완전한 대기 공간이므로, 상술의 실시예와 비교하여 비교적 큰 시료여도 시료 도입 및 관찰하는 것이 가능하다.

실시예4

[0079] 본 실시예에서는, 실시예1의 변형예인 하전 입자 광학경통(2)이 격막(10)에 대하여 하측에 있는 구성에 관하여 설명한다. 도 12에, 본 실시예의 하전 입자 현미경의 구성도를 나타낸다. 진공 펌프나 제어계 등은 생략하여 도시한다. 또한, 진공실인 하우징(7)이나 하전 입자 광학경통(2)은 장치 설치면에 대하여 기둥이나 받침 등에 의해 지지되어 있는 것으로 한다. 각 요소의 동작·기능 혹은 각 요소에 부가되는 부가 요소는, 상술의 실시예와 거의 같으므로, 상세한 설명은 생략한다.

[0080] 시료(6)와 격막(10)을 비접촉으로 하기 위해서 시료 스테이지(5)가 격막 상에 구비된다. 즉, 도면 중 시료(6) 하측의 시료가 관찰되게 된다. 시료 스테이지(5)를 조작하기 위한 조작부(204)를 사용하는 것에 의해, 시료의 도면 중 하측면을 격막(10)부에 접근시키는 것이 가능하다. 또한, 상술의 실시예와 같이 시료대(401) 상에 접촉 방지 부재(400)를 구비하기 위해서, 시료와 격막의 접촉 방지 및 거리 제어를 행하는 것이 가능하다.

[0081] 또, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되는 것은 아니며, 각종 변형예가 포함된다. 예를 들면, 상기한 실시예는 본 발명을 이해하기 쉽게 설명하기 위해서 상세하게 설명한 것이며, 반드시 설명한 모든 구성은 구비하는 것에 한정되는 것은 아니다. 또한, 어느 실시예의 구성의 일부를 다른 실시예의 구성으로 치환하는 것이 가능하며, 또한, 어느 실시예의 구성에 다른 실시예의 구성을 더하는 것도 가능하다. 또한, 각 실시예의 구성의 일부에 대해서, 다른 구성의 추가·삭제·치환을 하는 것이 가능하다. 또한, 상기의 각 구성, 기능, 처리부, 처리 수단 등은, 그들의 일부 또는 전부를, 예를 들면 접촉 회로로 설계하는 등에 의해 하드웨어로 실현해도 된다. 또한, 상기의 각 구성, 기능 등은, 프로세서가 각각의 기능을 실현하는 프로그램을 해석하고, 실행하는 것에 의해 소프트웨어로 실현해도 된다.

[0082] 각 기능을 실현하는 프로그램, 테이블, 파일 등의 정보는, 메모리나, 하드디스크, SSD(Solid State Drive) 등의 기록장치, 또는, IC 카드, SD 카드, DVD 등의 기록 매체에 둘 수 있다.

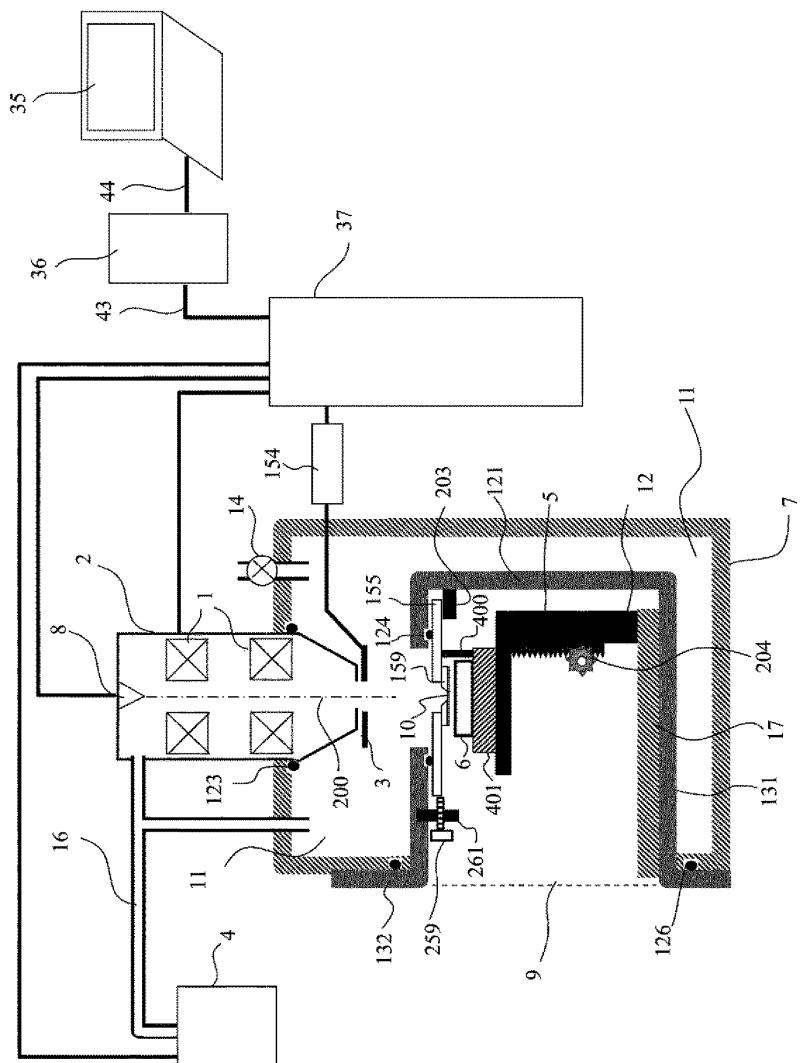
[0083] 또한, 제어선이나 정보선은 설명상 필요하다고 생각되는 것을 나타내고 있으며, 제품상 반드시 모든 제어선이나 정보선을 나타내고 있다고는 할 수 없다. 실제로는 거의 모든 구성이 서로 접속되어 있다고 생각해도 된다.

부호의 설명

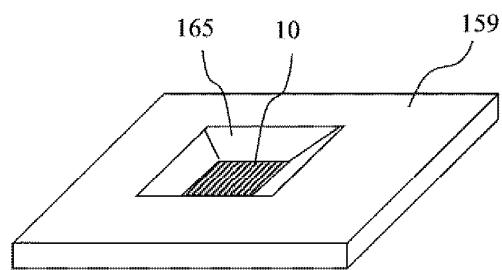
[0084] 1 : 광학 렌즈, 2 : 전자 광학(하전 입자 광학)경통, 3 : 검출기, 4 : 진공 펌프, 5 : 시료 스테이지, 6 : 시료, 7 : 제1 하우징, 8 : 전자원(하전 입자원), 9 : 개방면, 10 : 격막, 11 : 제1 공간, 12 : 제2 공간, 14 : 리크 벨브, 16 : 진공 배관, 17 : 시료대, 18 : 지주, 19 : 덮개 부재용 지지 부재, 20 : 바닥판, 35 : 컴퓨터, 36 : 상위 제어부, 37 : 하위 제어부, 43, 44 : 통신선, 100 : 가스 공급관, 101 : 가스 제어용 벨브, 102 : 연결부, 103 : 가스봄베, 104 : 압력 조정 벨브, 105 : 제한 부재, 106 : 카메라, 107 : 지지판, 108, 109 : 조작 손잡이, 121 : 제2 하우징, 122, 130 : 덮개 부재, 123, 124, 125, 126, 128, 129 : 진공 밀봉 부재, 131 : 본체부, 132 : 맞춤부, 152 : 신호 증폭기, 155 : 격막 유지 부재, 156, 157, 158 : 신호선, 159 : 1차 하전 입자선, 165 : 테이퍼부, 400 : 접촉 방지 부재, 401 : 시료대, 402 : 암나사, 403 : 경계, 404 : 미끄럼 방지 재, 405 : 접촉 방지 부재, 406 : 볼베어링, 407 : 진공 밀봉 부재

도면

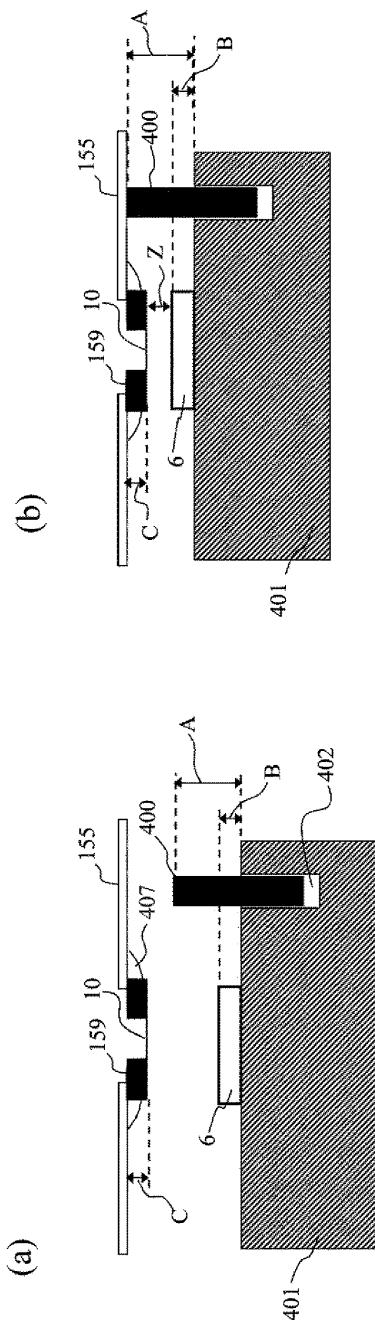
도면1



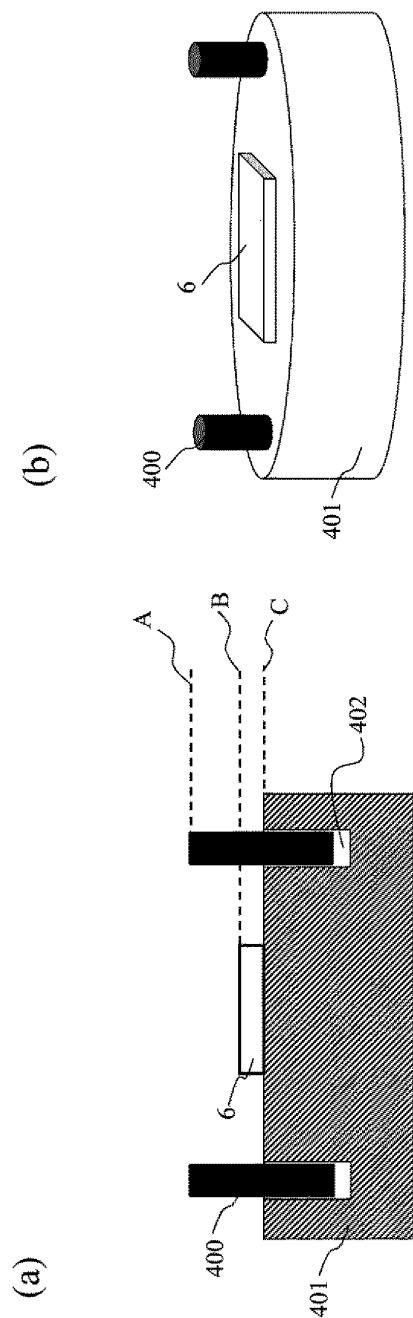
도면2



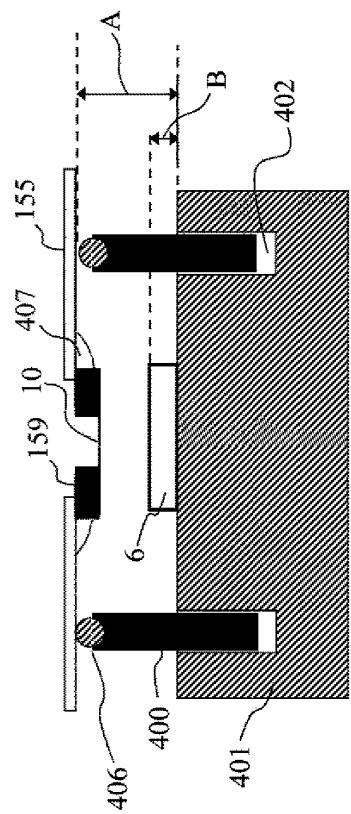
도면3



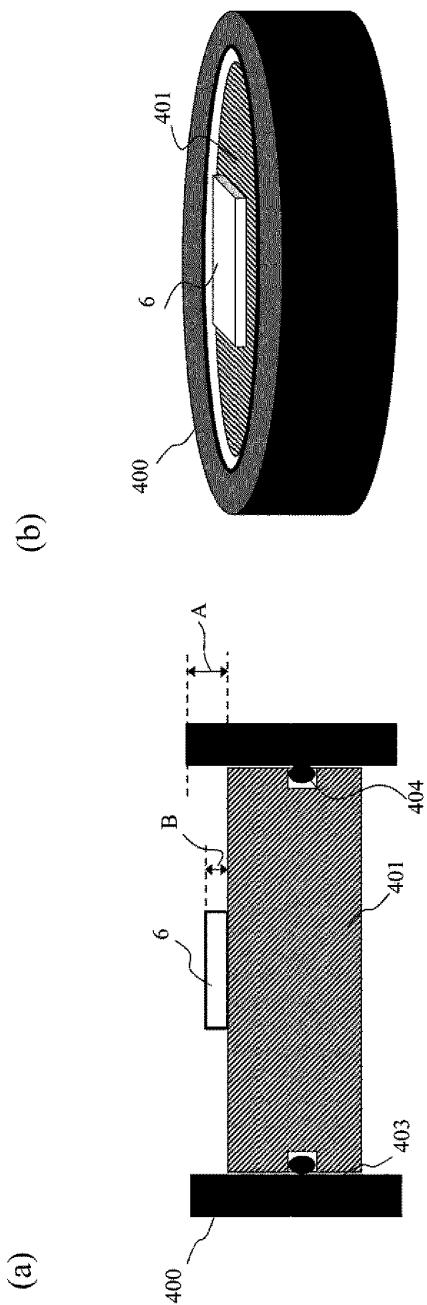
도면4



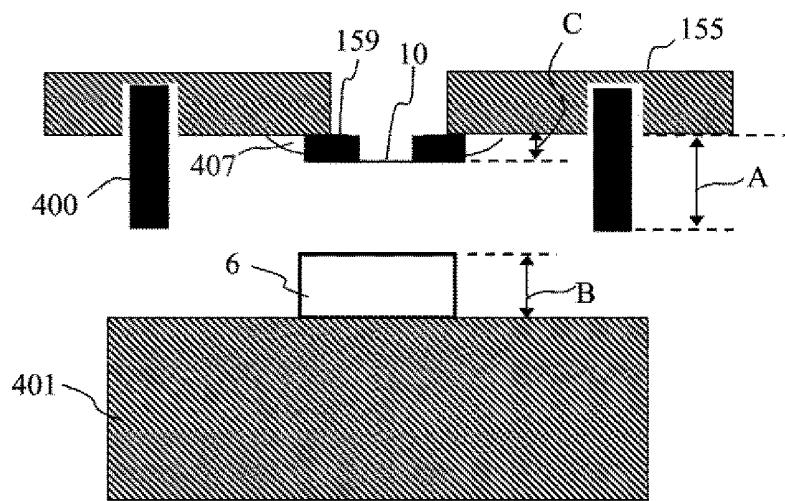
도면5



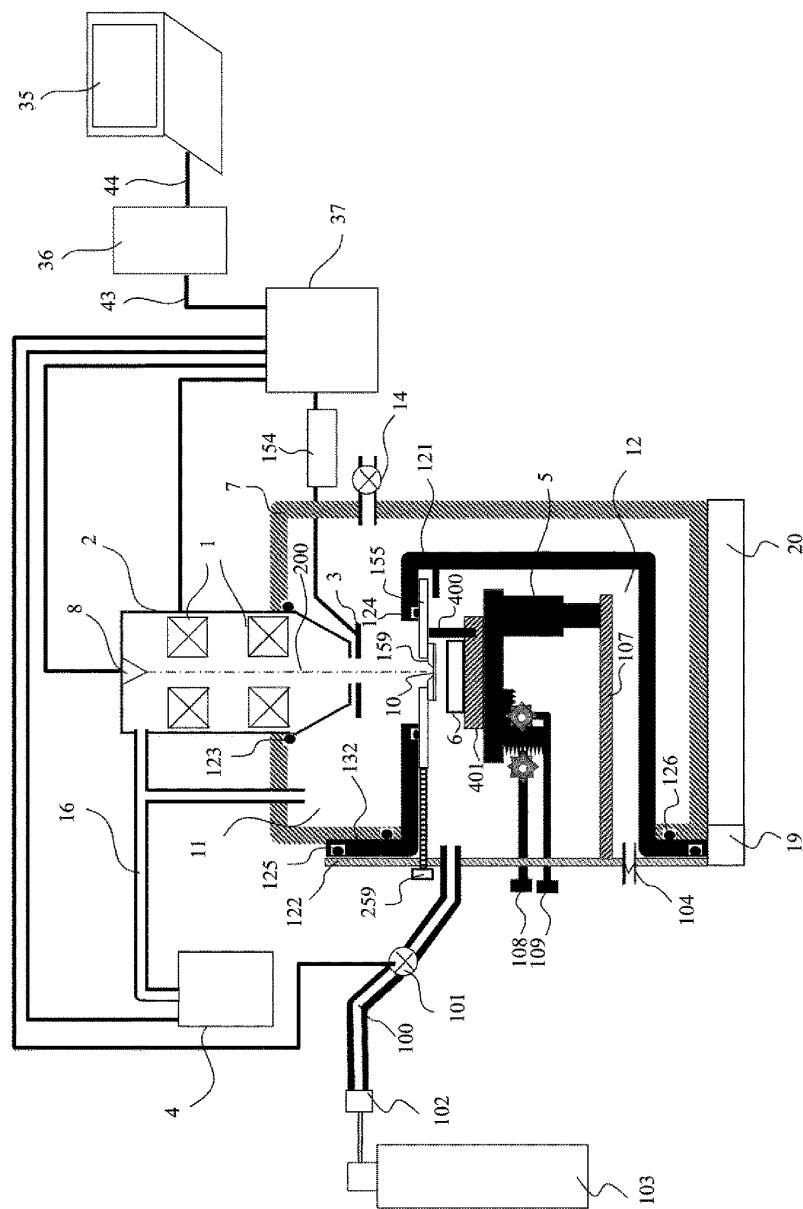
도면6



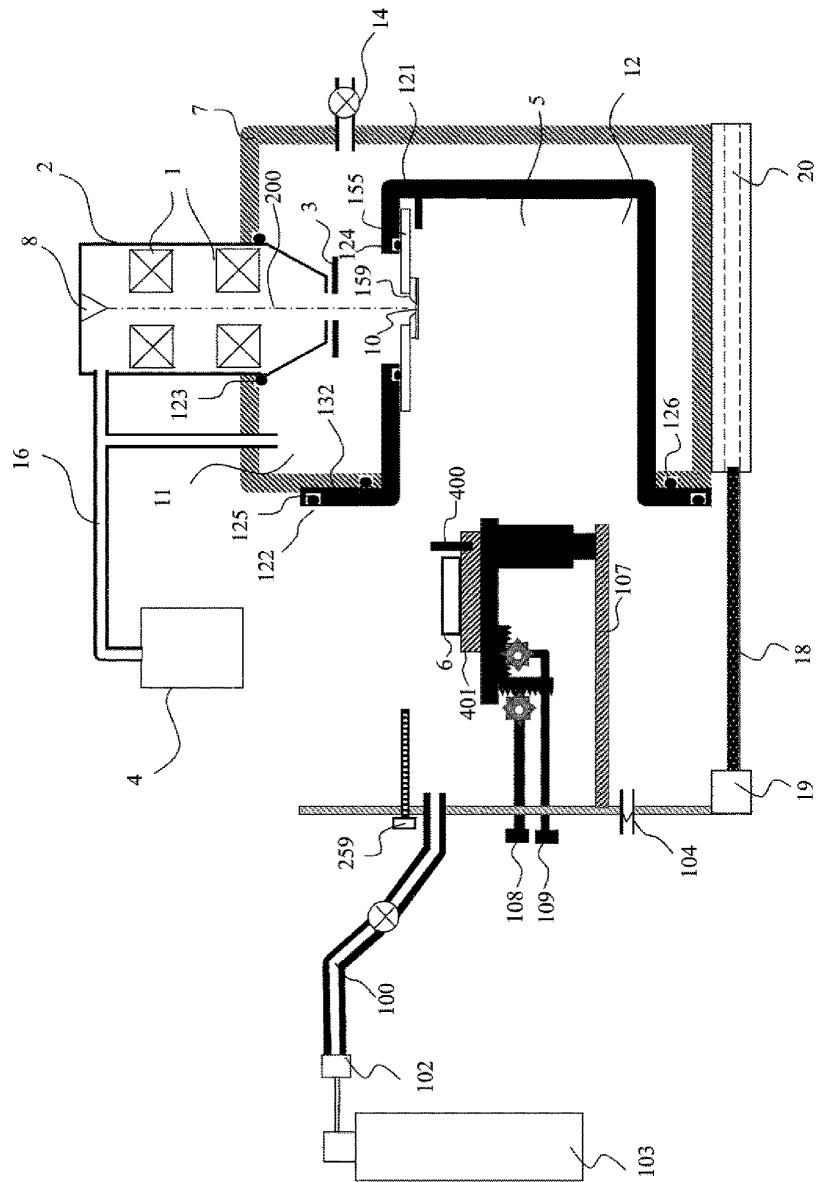
도면7



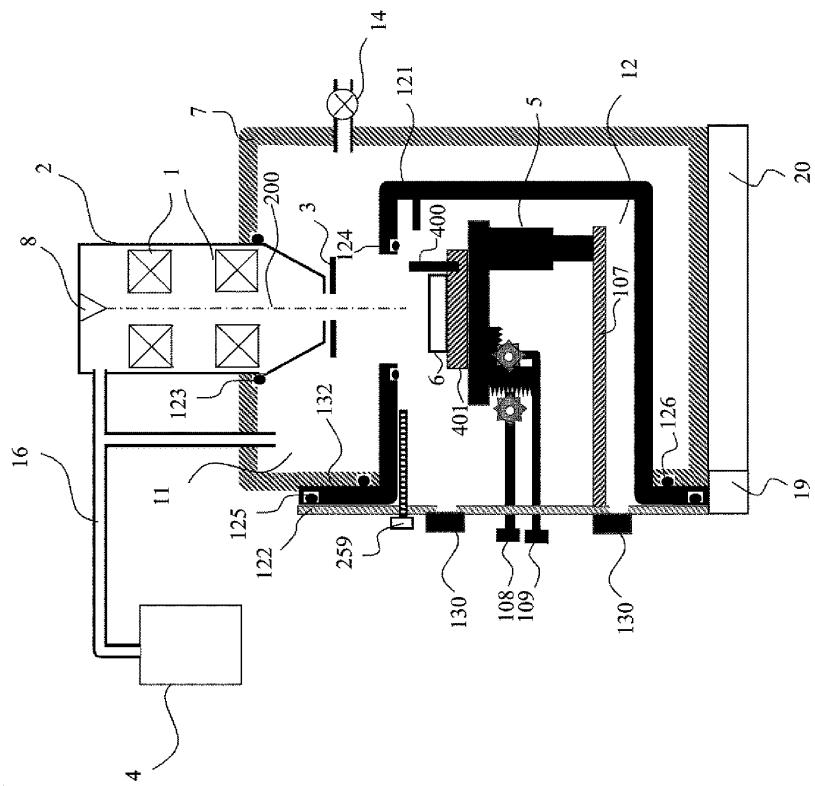
도면8



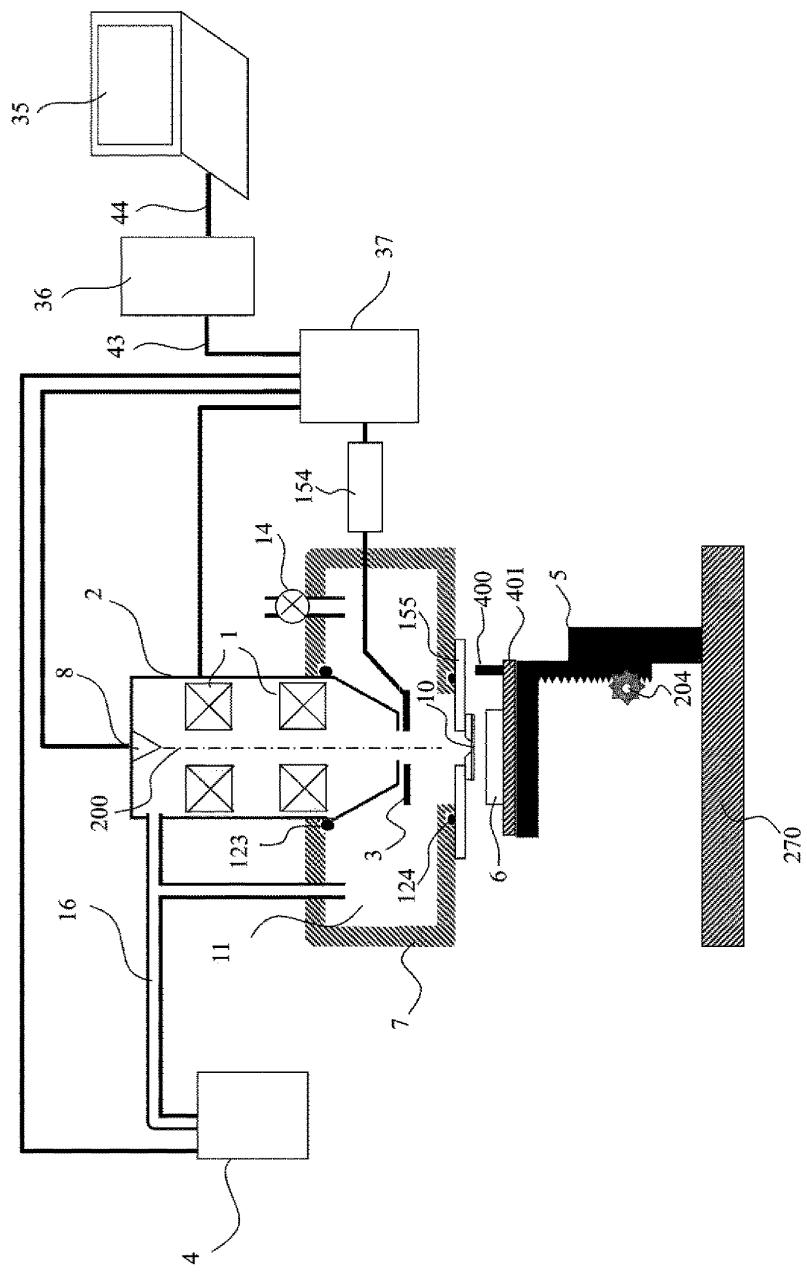
도면9



도면10



도면11



도면12

