



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월25일

(11) 등록번호 10-2772061

(24) 등록일자 2025년02월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 49/06 (2006.01) G01N 27/62 (2021.01)

(52) CPC특허분류

H01J 49/061 (2013.01)

G01N 27/62 (2023.05)

(21) 출원번호 10-2019-0009171

(22) 출원일자 2019년01월24일

심사청구일자 2021년11월10일

(65) 공개번호 10-2019-0100025

(43) 공개일자 2019년08월28일

(30) 우선권주장

JP-P-2018-028166 2018년02월20일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150026971 A\*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

가부시키가이샤 히다치 하이테크 사이언스

일본국 도쿄도 미나토쿠 도라노몬 1초메 17반 1고

(72) 발명자

야마모토 요

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시-심바시 1초메 24-14

가부시키가이샤 히다치 하이테크 사이언스 내

도리카와 쇼타

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시-심바시 1초메 24-14

가부시키가이샤 히다치 하이테크 사이언스 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

(유)한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 김기환

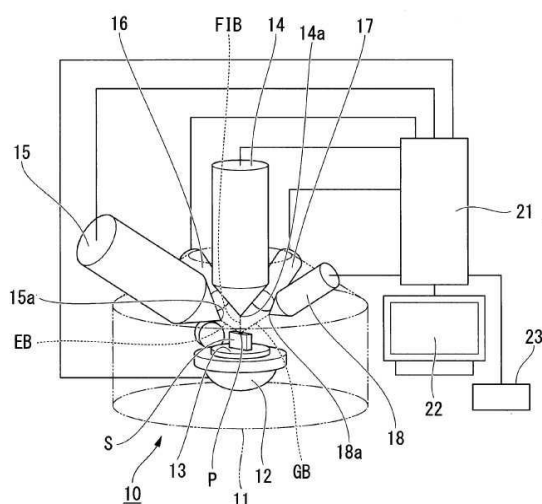
(54) 발명의 명칭 하전 입자 빔 장치, 시료 가공 관찰 방법

## (57) 요약

(과제) 갈륨 이온빔 경통과, 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈를 갖는 전자빔 경통과, 기체 이온빔 경통을 구비한 하전 입자 빔 장치에 있어서, 시료의 마무리 가공과, 시료 가공면의 고정밀도의 SEM상 취득을, 단시간에 효율적으로 행하는 것이 가능한 하전 입자 빔 장치, 및 이것을 이용한 시료 가공 관찰 방법을 제공한다.

(해결 수단) 시료를 향해 갈륨 이온빔을 조사하여 상기 시료의 단면을 형성하는 갈륨 이온빔 경통과, 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈를 갖고, 시료를 향해 전자빔을 조사하는 전자빔 경통과, 상기 시료의 단면을 향해 기체 이온빔을 조사하여, 상기 시료의 단면의 마무리 가공을 행하는 기체 이온빔 경통을 적어도 구비하고, 상기 기체 이온빔은, 상기 시료의 단면의 최대 직경보다 큰 빔 직경을 갖는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**H01J 49/067** (2013.01)

(72) 발명자

**스즈키 히데카즈**

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시-심바시 1초메 24-14  
가부시키가이샤 히다치 하이테크 사이언스 내

**스즈키 히로유키**

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시-심바시 1초메 24-14  
가부시키가이샤 히다치 하이테크 사이언스 내

**오카베 마모루**

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시-심바시 1초메 24-14  
가부시키가이샤 히다치 하이테크 사이언스 내

**아사하타 다쓰야**

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시-심바시 1초메 24-14  
가부시키가이샤 히다치 하이테크 사이언스 내

(56) 선행기술조사문헌

Recent Developments of Crystallographic  
Analysis Methods in the Scanning Electron  
Microscope for Applications in  
Metallurgy(Rafael Borrajo-Pelaez et al.  
2017.10.29)\*

JP2008053002 A\*

JP2013234855 A\*

JP2015043343 A\*

JP2017174504 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

시료를 향해 갈륨 이온빔을 조사하여 상기 시료의 단면을 형성하는 갈륨 이온빔 경통과, 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈를 갖고, 시료를 향해 전자빔을 조사하는 전자빔 경통과, 상기 시료의 단면을 향해 기체 이온빔을 조사하여, 상기 시료의 단면의 마무리 가공을 행하는 기체 이온빔 경통을 적어도 구비하고,

상기 기체 이온빔은, 상기 시료의 단면의 최대 직경보다 큰 빔 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 갈륨 이온빔, 상기 전자빔, 및 상기 기체 이온빔의 각각의 빔 광축이 한 점에서 교차하는 교점과, 상기 갈륨 이온빔 경통의 전단부, 및 상기 전자빔 경통의 전단부 사이의 거리보다, 상기 교점과 상기 기체 이온빔 경통의 전단부 사이의 거리가 긴 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 기체 이온빔 경통은, 대물 렌즈와, 상기 기체 이온빔을 편향시키는 편향 수단을 구비하고, 상기 편향 수단은, 상기 대물 렌즈보다 상기 기체 이온빔 경통의 전단부에 가까운 위치에 배치되는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 편향 수단은, 서로 대향하여 배치된 1세트 이상의 평행 평판 전극으로 이루어지고, 상기 전자빔 경통으로부터의 누설 자기장에 의해서 상기 기체 이온빔이 편향하는 편향 방향과 반대의 방향으로 상기 기체 이온빔을 편향시키는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 편향 수단은, 1.5mm 이상의 편향 능력을 갖는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 기체 이온빔은, 빔 에너지가 0.5keV 이상 1.0keV 이하이고, 또한 빔 직경이 50  $\mu\text{m}$  이상, 1000  $\mu\text{m}$  이하인 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 기체 이온빔 경통은, 상기 전자빔 경통의 외부 자기장에 의해서 편향된 상기 기체 이온빔을 차폐하는 편향 차폐판을 갖는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 장치.

#### 청구항 8

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 하전 입자 빔 장치를 이용한 시료 가공 관찰 방법으로서, 상기 기체 이온빔에

의해서 상기 시료의 단면의 마무리 가공을 행함과 동시에, 상기 전자빔 경통을 이용하여 세미 인 렌즈 모드로 상기 시료의 단면의 SEM상을 취득하는 실시간 가공 관찰 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 시료 가공 관찰 방법.

## 청구항 9

청구항 1 또는 청구항 2에 기재된 하전 입자 빔 장치를 이용한 시료 가공 관찰 방법으로서, 상기 기체 이온빔에 의해서 상기 시료의 단면의 마무리 가공을 행하는 마무리 가공 공정과, 상기 전자빔 경통을 이용하여 세미 인 렌즈 모드로 상기 시료의 단면의 SEM상을 취득하는 SEM상 취득 공정을 번갈아 행하는 것을 특징으로 하는 시료 가공 관찰 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 하전 입자 빔을 이용하여 시료의 가공을 행하기 위한 하전 입자 빔 장치, 및, 하전 입자 빔을 이용한 시료 가공 관찰 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 예를 들면, 반도체 디바이스 등의 시료의 내부 구조를 해석하거나, 입체적인 관찰을 행하거나 하는 수법의 하나로, 하전 입자 빔(Focused Ion Beam; FIB) 경통과 전자빔(Electron Beam; EB) 경통을 탑재한 하전 입자 빔 복합 장치를 이용하여, FIB에 의한 단면 형성 가공과, 그 단면을 주사형 전자현미경(Scanning Electron Microscope; SEM)에 의해 관찰을 행하는 시료 단면 가공 관찰 방법이 알려져 있다(예를 들면, 특허 문헌 1을 참조).

[0003] 이러한 하전 입자 빔 복합 장치의 하전 입자 빔으로는, 일반적으로 갈륨을 이온원으로 한 갈륨 이온빔이 사용된다. 그러나, 갈륨 이온빔은, 시료와의 화학적 반응성이 높은 것이나, 갈륨 이온의 충돌에 의해서 시료 표면에 대한 데미지가 크고, 이에 의해서 발생한 데미지층의 제거가 과제로 되고 있었다. 이러한 과제를 해결하기 위해서, 하전 입자 빔 복합 장치에, 또한 희가스 등의 기체를 이온원으로 한 기체 이온빔을 조사 가능한 기체 이온빔 경통을 구비한 트리플 빔 구성의 하전 입자 빔 복합 장치가 개발되고 있다(예를 들면, 특허 문헌 2를 참조).

[0004] 이 트리플 빔 구성의 하전 입자 빔 복합 장치에서는, 예를 들면, 갈륨 이온빔을 이용하여 효율적으로 시료의 단면 가공을 행한 후, 갈륨 이온빔에서 발생한 단면의 데미지층을 기체 이온빔으로 제거하여 마무리 가공을 행할 수 있다. 이에 의해, 데미지가 적은 시료의 관찰용 단면을 형성할 수 있다.

[0005] 또, 반도체 디바이스의 한층의 미세화에 수반해, 시료의 가공 모니터링 시의 SEM 화상의 고분해능화가 요구되고 있다. 특히, 시료 제작의 최종 단계에 있어서는, 타겟 위치를 정확하게 포착하기 위해서, 고분해능 또한 리얼타임성이 요구된다. SEM 화상의 고분해능화를 위해서, 전자빔 경통과 시료 사이에 전자 렌즈를 형성시키는 세미 인 렌즈 방식도 채용되고 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본국 특허 공개 2008-270073호 공보  
(특허문헌 0002) 일본국 특허 공개 2007-164992호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 상술한 바와 같은 하전 입자 빔 복합 장치에, 세미 인 렌즈형의 전자빔 경통을 적용한 경우, 대물 렌즈(전자 렌즈)의 자기장이 전자빔 경통의 외측에 발생한다. 그리고, 근접 배치된 기체 이온빔 경통으로부터 조사되는 기체 이온빔이, 전자빔 경통의 전자 렌즈의 자기장에 의해서 원하지 않는 방향으로 편향되어 버리는 경우가 있다.

이에 의해, 기체 이온빔을 이용하여 시료의 마무리 가공을 하면서 시료 가공면의 SEM상을 관찰하는, 리얼타임 가공 관찰을 행하는 것이 곤란했다.

[0008] 또, 기체 이온빔에 의한 시료의 마무리 가공과, 시료 가공면의 SEM상을 번갈아 행하는 경우, 시료의 마무리 가공 시에는, 전자빔 경통의 대물 렌즈의 자기장을 오프로 한다. 그러나 대물 렌즈의 자기장은 히스테리시스 현상에 의해서, 렌즈의 여자 전류를 오프로 한 것만으로는 완전하게는 소거되지 않기 때문에, 별도로, 소자 처리를 행할 필요가 있다. 따라서, 기체 이온빔의 조사와, 전자빔 경통에 의한 SEM상의 취득을 전환하기 위해서 장시간을 필요로 하는 것이 과제로 되어 있었다.

[0009] 본 발명은, 상술한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 갈륨 이온빔 경통과, 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈를 갖는 전자빔 경통과, 기체 이온빔 경통을 구비한 하전 입자 빔 장치에 있어서, 시료의 단면의 마무리 가공과, 시료의 단면의 고정밀도의 SEM상 취득을, 단시간에 효율적으로 행하는 것이 가능한 하전 입자 빔 장치, 및 이것을 이용한 시료 가공 관찰 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 실시형태의 양태는, 이하와 같은 하전 입자 빔 장치, 시료 가공 관찰 방법을 제공했다.

[0011] 즉, 본 발명의 하전 입자 빔 장치는, 시료를 향해 갈륨 이온빔을 조사하여 상기 시료의 단면을 형성하는 갈륨 이온빔 경통과, 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈를 갖고, 시료를 향해 전자빔을 조사하는 전자빔 경통과, 상기 시료의 단면을 향해 기체 이온빔을 조사하여, 상기 시료의 단면의 마무리 가공을 행하는 기체 이온빔 경통을 적어도 구비하고, 상기 기체 이온빔은, 상기 시료의 단면의 최대 직경보다 큰 빔 직경을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또, 본 발명에서는, 상기 갈륨 이온빔, 상기 전자빔, 및 상기 기체 이온빔의 각각의 빔 광축이 한 점에서 교차하는 교점과, 상기 갈륨 이온빔 경통의 전단부, 및 상기 전자빔 경통의 전단부 사이의 거리보다, 상기 교점과 상기 기체 이온빔 경통의 전단부 사이의 거리가 긴 것이 바람직하다.

[0013] 또, 본 발명에서는, 상기 기체 이온빔 경통은, 대물 렌즈와, 상기 기체 이온빔을 편향시키는 편향 수단을 구비하고, 상기 편향 수단은, 상기 대물 렌즈보다 상기 기체 이온빔 경통의 전단부에 가까운 위치에 배치되는 것이 바람직하다.

[0014] 또, 본 발명에서는, 상기 편향 수단은, 서로 대향하여 배치된 1세트 이상의 평행 평판 전극으로 이루어지고, 상기 전자빔 경통으로부터의 누설 자기장에 의해서 상기 기체 이온빔이 편향하는 편향 방향과 반대의 방향으로 상기 기체 이온빔을 편향시키는 것이 바람직하다.

[0015] 또, 본 발명에서는, 상기 편향 수단은, 1.5mm 이상의 편향 능력을 갖는 것이 바람직하다.

[0016] 또, 본 발명에서는, 상기 기체 이온빔은, 빔 에너지가 0.5keV 이상 1.0keV 이하이며, 또한 빔 직경이 50 $\mu$ m 이상, 1000 $\mu$ m 이하인 것이 바람직하다.

[0017] 또, 본 발명에서는, 상기 기체 이온빔 경통은, 상기 전자빔 경통의 외부 자기장에 의해서 편향된 상기 기체 이온빔을 차폐하는 편향 차폐판을 갖는 것이 바람직하다.

[0018] 본 발명의 시료 가공 관찰 방법은, 상기 각 항에 기재된 하전 입자 빔 장치를 이용한 시료 가공 관찰 방법으로서, 상기 기체 이온빔에 의해서 상기 시료의 단면의 마무리 가공을 행함과 동시에, 상기 전자빔 경통을 이용하여 세미 인 렌즈 모드로 상기 시료의 단면의 SEM상을 취득하는 리얼타임 가공 관찰 공정을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또, 본 발명의 시료 가공 관찰 방법은, 상기 각 항에 기재된 하전 입자 빔 장치를 이용한 시료 가공 관찰 방법으로서, 상기 기체 이온빔에 의해서 상기 시료의 단면의 마무리 가공을 행하는 마무리 가공 공정과, 상기 전자빔 경통을 이용하여 세미 인 렌즈 모드로 상기 시료의 단면의 SEM상을 취득하는 SEM상 취득 공정을 번갈아 행하는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0020] 본 발명에 의하면, 갈륨 이온빔 경통과, 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈를 갖는 전자빔 경통과, 기체 이온빔 경통을 구비한 하전 입자 빔 장치에 있어서, 시료의 단면의 마무리 가공과, 시료의 단면의 고정밀도의 SEM상 취득을, 단시간에 효율적으로 행하는 것이 가능한 하전 입자 빔 장치, 및 이것을 이용한 시료 가공 관찰 방법을

제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시형태에 따른 하전 입자 빔 장치 전체를 나타내는 개략 구성도이다.

도 2는 전자빔 경통의 구성을 나타내는 개략 구성도이다.

도 3은 기체 이온빔 경통의 구성을 나타내는 개략 구성도이다.

도 4는 마무리 가공 시의 시료의 상태를 나타내는 설명도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시형태인 하전 입자 빔 장치, 및 이것을 이용한 시료 가공 관찰 방법에 대해서 설명한다. 또한, 이하에 나타내는 각 실시형태는, 발명의 취지를 보다 잘 이해시키기 위해서 구체적으로 설명하는 것이며, 특별히 지정이 없는 한, 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또, 이하의 설명에서 이용하는 도면은, 본 발명의 특징을 알기 쉽게 하기 위해서, 편의상, 주요부가 되는 부분을 확대하여 나타내고 있는 경우가 있으며, 각 구성 요소의 치수 비율 등이 실제와 동일하다고는 한정되지 않는다.

[0023] (하전 입자 빔 장치)

[0024] 도 1은, 본 발명의 실시형태에 따른 하전 입자 빔 장치 전체를 나타내는 개략 구성도이다.

[0025] 본 발명의 실시형태에 따른 하전 입자 빔 장치(10)는, 내부를 진공 상태로 유지 가능한 시료실(11)과, 시료실(11)의 내부에 있어서, 시료(S)를 재치(載置)하기 위한 시료대(13)를 고정 가능한 스테이지(12)를 구비하고 있다.

[0026] 하전 입자 빔 장치(10)는, 시료실(11)의 내부에 있어서의 소정의 조사 영역(즉 주사 범위) 내의 조사 대상, 예를 들면 시료(S)를 향해 갈륨 이온빔을 조사하는 갈륨 이온빔 경통(14)을 구비하고 있다. 이러한 갈륨 이온빔 경통(14)은, 액체 갈륨 등을 이용한 갈륨원(도시 생략)을 구비하고 있다. 갈륨 이온빔 경통(14)의 출사단인 전단부(14a)로부터는, 예를 들면, 1 $\mu$ m 이하의 빔 직경의 갈륨 이온빔(FIB)이 조사된다. 갈륨 이온빔의 빔 에너지는, 예를 들면, 100eV 이상, 50keV 이하의 범위이다.

[0027] 하전 입자 빔 장치(10)는, 시료실(11)의 내부에 있어서의 소정의 조사 영역내의 조사 대상, 예를 들면 시료(S)를 향해서 전자빔(EB)을 조사하는 전자빔 경통(15)을 구비하고 있다. 이 전자빔 경통(15)의 보다 자세한 구성은 후술한다.

[0028] 또, 하전 입자 빔 장치(10)는, 전자빔의 조사에 의해서 시료(S)로부터 발생하는 2차 전자를 검출하는 2차 전자 검출기(16)를 구비하고 있다. 2차 전자 검출기(16)는, 시료(S) 등의 조사 대상에 전자빔이 조사되었을 때에 조사 대상으로부터 방사되는 2차 하전 입자(2차 전자)의 강도(즉, 2차 전자의 양)를 검출하고, 2차 전자의 검출량의 정보를 출력한다. 2차 전자 검출기(16)는, 시료실(11)의 내부에 있어서, 2차 전자의 양을 검출 가능한 위치, 예를 들면 조사 영역 내의 시료(S) 등의 조사 대상에 대해 비스듬한 상방의 위치 등에 배치되어 있다.

[0029] 하전 입자 빔 장치(10)는, 시료실(11)의 내부에 있어서의 소정의 조사 영역내의 조사 대상, 예를 들면 시료(S)를 향해 기체 이온빔을 조사하는 기체 이온빔 경통(18)을 구비하고 있다. 본 실시형태에서는, 기체 이온빔으로서, 희가스인 아르곤을 적용한 아르곤 이온빔(GB)을 이용하고 있다. 이 기체 이온빔 경통(18)의 보다 자세한 구성은 후술한다.

[0030] 하전 입자 빔 장치(10)는, 조사 대상, 예를 들면 시료(S)의 표면에 가스를 공급하는 가스총(17)을 구비하고 있다. 가스총(17)은, 예를 들면, 외경 200 $\mu$ m 정도의 노즐 등을 구비하고 있다. 가스총(17)은, 예를 들면, 갈륨 이온빔에 의한 시료의 에칭을 선택적으로 촉진하기 위한 에칭용 가스나, 시료(S)의 표면에 금속 또는 절연체 등의 퇴적물에 의한 디포지션막을 형성하기 위한 디포지션용 가스 등을 공급한다.

[0031] 하전 입자 빔 장치(10)는, 제어부(21)와, 표시 장치(22)와, 입력 디바이스(23)를 구비하고 있다. 제어부(21)는, 하전 입자 빔 장치(10)를 구성하는 갈륨 이온빔 경통(14), 전자빔 경통(15), 2차 전자 검출기(16), 기체 이온빔 경통(18), 가스총(17) 등을 제어하는 제어 수단이다. 제어부(21)는, 예를 들면, 퍼스널 컴퓨터, 및 인터페이스 등으로 구성된다. 표시 장치(22)는, 2차 전자 검출기(16)에 의해서 검출된 2차 전자에 의거하는 시료(S)의 화상 등을 표시한다.



- [0032] 또한, 하전 입자 빔 장치(10)는, 상술한 구성 이외에도, 스테이지(12)에 재치된 시료(S)를 이동시키는 니들 기구(도시 생략) 등이 설치되어 있다.
- [0033] 도 2는, 전자빔 경통의 구성을 나타내는 개략 구성도이다. 본 실시형태에서는, 전자빔 경통으로서, 세미 인 렌즈형의 전자빔 경통(15)을 이용하고 있다. 전자빔 경통(15)은, 전자를 발생시키는 전자원(31)과, 전자원(31)으로부터 사출된 전자빔(EB)을 집속시키는 콘덴서 렌즈(32)와, 전자빔(EB)을 편향시키는 편향기(33)와, 대물 렌즈부(34) 등을 구비하고 있다.
- [0034] 대물 렌즈부(34)는, 전자 렌즈인 제1 대물 렌즈(35)를 형성하기 위한 제1 코일(36)과, 전자 렌즈인 제2 대물 렌즈(37)를 형성하기 위한 제2 코일(38)을 구비하고 있다. 제1 대물 렌즈(35)는, 전자빔 경통(15)의 출사단인 전단부(15a)의 내측이며, 또한, 제1 코일(36), 제2 코일(38)의 외측에 형성된다. 또, 제2 대물 렌즈(37)는, 전자빔 경통(15)의 전단부(15a)의 외측, 예를 들면, 전자빔 경통(15)의 전단부(15a)와, 스테이지(12)에 재치된 시료(S) 사이에 형성된다. 시료(S)의 일부는, 예를 들면, 제2 대물 렌즈(37)의 형성 범위 안에 들어가 있다.
- [0035] 이와 같이, 전자빔 경통(15)은, 제1 대물 렌즈(35) 및 제2 대물 렌즈(37)를, 제1 코일(36) 및 제2 코일(38)과, 시료(S) 사이에 형성한, 세미 인 렌즈형으로 되어 있다. 전자빔 경통(15)의 대물 렌즈부(34)를 세미 인 렌즈형으로 함으로써, 전자빔(EB)의 초점 거리가 짧아져, 예를 들면, 아웃 렌즈형의 대물 렌즈와 비교해, 고분해능으로 시료(S)를 관찰할 수 있다. 또, 시료(S)는 제1 코일(36) 및 제2 코일(38)의 외측에 배치되므로, 제1 코일(36) 및 제2 코일(38)의 내경에 의해서 시료(S)의 사이즈가 제한되는 일이 없고, 인 렌즈형의 대물 렌즈와 비교해, 보다 사이즈가 큰 시료(S)를 관찰할 수 있다.
- [0036] 도 3은, 기체 이온빔 경통의 구성을 나타내는 개략 구성도이다. 본 실시형태에서는, 기체 이온빔 경통(18)은, 기체로서 아르곤을 적용한 아르곤 이온빔(GB)을 조사한다. 또한, 기체 이온빔 경통(18)으로부터 조사하는 기체 이온빔은, 아르곤 이온빔으로 한정되는 것은 아니고, 예를 들면, 네온, 크립톤, 크세논 등 다른 기체를 이용한 기체 이온빔이어도 된다.
- [0037] 기체 이온빔 경통(18)은, 출사단인 전단부(18a)를 향해 순서대로, 아르곤 이온원(41), 콘덴서 렌즈(42), 블랭킹 전극(43), 대물 렌즈 전극(44), 차폐판(45), 및 편향 전극(편향 수단)(46)을 구비하고 있다.
- [0038] 기체 이온빔 경통(18)은, 아르곤 가스를 이온화하여, 예를 들면, 1.0keV 정도의 저가속 전압으로 조사할 수 있다. 이러한 아르곤 이온빔(GB)은, 갈륨 이온빔(FIB)에 비해 집속성이 낮기 때문에, 시료(S)에 대한 에칭 레이트가 낮아진다. 따라서, 아르곤 이온빔(GB)은, 갈륨 이온빔에 의해서 시료(S)의 단면 형성을 행한 후, 이 단면의 정밀한 마무리 가공에 적합하다.
- [0039] 기체 이온빔 경통(18)으로부터 조사되는 아르곤 이온빔(GB)은, 빔 에너지가 0.5keV 이상 1.0keV 이하이다. 또, 빔 직경이 50  $\mu\text{m}$  이상, 1000  $\mu\text{m}$  이하, 보다 바람직하게는 100  $\mu\text{m}$  이상, 300  $\mu\text{m}$  이하이다.
- [0040] 블랭킹 전극(43)은, 통전에 의해서 아르곤 이온빔(GB)을 차폐한다.
- [0041] 대물 렌즈 전극(44)은, 내부에 전자 렌즈인 대물 렌즈(48)를 형성한다. 이러한 대물 렌즈(48)에 의해서, 아르곤 이온빔(GB)은 집속된다.
- [0042] 차폐판(45)은, 대물 렌즈 전극(44)과 편향 전극(46) 사이에 있어, 외부 자기장에 의해서 편향된 아르곤 이온빔(도 3 중의 점선 화살표 D1을 참조)을 차폐해, 기체 이온빔 경통(18)으로부터 조사되지 않도록 한다. 이 아르곤 이온빔을 편향시키는 외부 자기장은, 전자빔 경통(15)의 대물 렌즈부(34)에서 발생하는 자기장이다.
- [0043] 또한, 블랭킹 전극(43)과 차폐판(45)은, 어느 한쪽을 선택적으로 설치하는 것이 바람직하다.
- [0044] 본 실시형태와 같이, 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈부(34)를 구비한 전자빔 경통(15)에서는, 전자빔 경통(15)의 외부에 제2 코일(38)에 의한 제2 대물 렌즈(37)이 형성되므로, 기체 이온빔 경통(18)은, 이 전자빔 경통(15)의 외부 자기장의 영향을 받는다. 차폐판(45)은, 이 외부 자기장에 의해서 편향된 아르곤 이온빔(GB)의 빔 궤도에 위치하도록 배치된다. 따라서, 전자빔 경통(15)으로부터 전자빔(EB)이 조사되고 있을 때에는, 아르곤 이온빔(GB)은 기체 이온빔 경통(18)으로부터 조사되지 않는다.
- [0045] 편향 전극(편향 수단)(46)은, 대물 렌즈(48)보다 기체 이온빔 경통(18)의 전단부(18a)에 가까운 위치에 배치되어 있다. 이에 의해, 편향 전극(46)보다 사이즈(직경)가 큰 대물 렌즈 전극(44)이 시료(S)로부터 먼 위치에 배치되고, 기체 이온빔 경통(18)의 전단부(18a)의 형상을 가늘게 할 수 있으므로, 시료(S)에 대해, 갈륨 이온빔 경통(14)의 전단부(14a) 및 전자빔 경통(15)의 전단부(15a)와 함께, 기체 이온빔 경통(18)의 전단부(18a)를 시

료(S)에 대해 근접 배치할 수 있다.

- [0046] 본 실시형태의 하전 입자 빔 장치(10)는, 도 1에 나타난 바와 같이, 갈륨 이온빔(FIB), 전자빔(EB), 및 아르곤 이온빔(GB)의 각각의 빔 광축이 한 점에서 교차하는 교점(P)과, 갈륨 이온빔 경통(14)의 전단부(14a), 및 전자빔 경통(15)의 전단부(15a)와의 거리보다, 기체 이온빔 경통(18)의 전단부(18a)와의 거리가 길어지도록 배치되어 있다.
- [0047] 시료(S)와 각 경통의 전단부와와의 거리가 작은 쪽이, 각각의 빔을 좁힐(빔 직경을 작게 할) 수 있으므로, 고분해능 관찰이 요구되는 전자빔 경통(15)과, 미세 가공이 요구되는 갈륨 이온빔 경통(14)을, 보다 시료(S)에 근접시켜 배치한다. 이에 의해, 아르곤 이온빔(GB)의 빔 직경을 갈륨 이온빔(FIB)의 빔 직경보다 크게 한, 보다 브로드한 빔으로 할 수 있다. 아르곤 이온빔(GB)은, 시료(S)의 가공 단면의 최대 직경보다 큰 빔 직경이면 된다.
- [0048] 다시 도 3을 참조하여, 편향 전극(편향 수단)(46)은, 서로 대향하여 배치된 1세트 이상의 평행 평판 전극으로 구성되어 있다. 이 평행 평판 전극으로 이루어지는 편향 전극(46)은, 전자빔 경통(15)으로부터의 누설 자장에 의해 아르곤 이온빔(GB)이 편향하는 편향 방향(도 3 중의 점선 화살표 D2를 참조)과 반대의 방향으로 아르곤 이온빔(GB)을 편향시킨다.
- [0049] 이에 의해서, 외부 자기장에 의한 아르곤 이온빔(GB)의 편향량과 동일한 편향량이 되는 자기장을 발생시키는 전압을 편향 전극(편향 수단)(46)에 인가함으로써, 아르곤 이온빔(GB)을 이용한 시료(S)의 가공 시에 시야 보정을 행할 수 있다.
- [0050] 또, 편향 전극(편향 수단)(46)은, 아르곤 이온빔(GB)에 대해, 예를 들면, 1.5mm 이상의 편향 능력을 갖는다. 그리고, 편향 전극(편향 수단)(46)의 편향 능력을 1.5mm 이상으로 함으로써, 전자빔 경통(15)의 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈부(34)에서 발생하는 외부 자기장에 의한 아르곤 이온빔(GB)의 편향(예를 들면 1mm 정도)을 되돌릴 수 있다. 이에 의해, 전자빔(EB)을 조사하여 시료(S)의 가공면 등을 관찰 중에, 아르곤 이온빔(GB)에 의한 시료(S)의 마무리 가공을 행하는 것이 가능하고, 또, 가공 시에 시료(S)의 가공면의 실시간 모니터링을 실현할 수 있다.
- [0051] 또, 본 실시형태의 하전 입자 빔 장치(10)에 의하면, 세미 인 렌즈형의 대물 렌즈부(34)를 이용한 고분해능 SEM 관찰과 기체 이온빔(아르곤 이온빔)에 의한 마무리 가공을 행함으로써, 미세 구조를 갖는 시료, 즉 디바이스 치수가 작은 시료여도 높은 위치 정밀도로 마무리 가공 중점을 검출하는 것이 가능하게 된다.
- [0052] 또한, 아르곤 이온빔(GB)은, 빔 직경이 50  $\mu\text{m}$  이상, 1000  $\mu\text{m}$  이하, 보다 바람직하게는 100  $\mu\text{m}$  이상, 300  $\mu\text{m}$  이하이며, 시료(S)의 가공 부위에 비해 크게 면가공을 행하기 때문에, 빔 형상의 열화는 가공에 큰 영향을 주지 않는다. 이 때문에, 기체 이온빔 경통(18)에 편향 전극(편향 수단)(46)을 설치하지 않는 구성이어도 된다.
- [0053] (시료 가공 관찰 방법 : 제1 실시형태)
- [0054] 이상과 같은 구성의 하전 입자 빔 장치(10)를 이용한, 본 발명의 시료 가공 관찰 방법에 대해서, 도 1~4를 참조하면서 설명한다.
- [0055] 하전 입자 빔 장치(10)를 이용하여, 예를 들면, 시료(S)의 내부의 관찰 대상(관찰면)을 노출시키는 가공을 행할 때에는, 가공 전의 시료(S)를 시료대(13)에 세팅한 후, 스테이지(12)에 고정한다. 그리고, 제어부(21)를 개제하여 스테이지(12)를 움직여, 시료(S)가 최적의 가공 위치가 되도록 조정한다.
- [0056] 그리고, 우선, 갈륨 이온빔 경통(14)으로부터, 예를 들면 1  $\mu\text{m}$  이하의 빔 직경의 갈륨 이온빔(FIB)을 시료(S)를 향해 조사한다. 그리고, 도 4에 나타난 바와 같이, 시료(S)의 내부에 형성된 디바이스(M)의 일면이 노출되는 위치(관찰면(F))까지, 갈륨 이온빔(FIB)에 의해서 시료(S)를 깎아낸다. 이와 같이 하여 형성되는 관찰면(F)의 사이즈는, 예를 들면, 10  $\mu\text{m}$ ×20  $\mu\text{m}$  정도이다.
- [0057] 이러한 갈륨 이온빔(FIB)에 있어서, 시료(S)의 가공 상황을 모니터링하기 위해서, 임의의 타이밍에 전자빔 경통(15)으로부터 가공면을 향해 전자빔(EB)을 조사하여, 가공면에서 발생한 2차 전자를 2차 전자 검출기(16)에 의해서 검출하고, 가공면의 SEM 화상을 표시 장치(22)에서 확인하면 된다. 이 때, 전자빔 경통(15)은, 제1 대물 렌즈(35) 및 제2 대물 렌즈(37)가, 제1 코일(36) 및 제2 코일(38)의 외측에 형성되고, 또한, 제1 대물 렌즈(35) 및 제2 대물 렌즈(37)가 시료(S)에 대해 이격된 아웃 렌즈 모드에 의해서 전자빔(EB)을 조사한다.
- [0058] 갈륨 이온빔(FIB)에 의해서, 시료(S)를 목적의 관찰면(F)까지 가공하면, 다음에, 관찰면(F)에 존재하는 갈륨 이온빔(FIB)의 가공흔(加工痕)을 제거해, 보다 평활하게 하는 마무리 가공을 행한다. 본 실시형태에서는, 기체



이온빔 경통(18)으로부터 관찰면(F)을 향해 아르곤 이온빔(GB)을 조사하여 마무리 가공을 행하는 마무리 가공 공정과, 관찰면(F)을 향해 전자빔(EB)을 조사하여, 관찰면(F)의 SEM 화상을 취득하는 SEM상 취득 공정을 번갈아 행한다.

- [0059] 도 4에 나타낸 바와 같이, 기체 이온빔 경통(18)으로부터 조사되는 아르곤 이온빔(GB)은, 예를 들면, 빔 직경(Q)이 50  $\mu\text{m}$  이상, 1000  $\mu\text{m}$  이하이며, 갈륨 이온빔(FIB)보다 현격하게 빔 직경이 크다. 즉, 아르곤 이온빔은, 시료(S)의 관찰면(F)(가공 단면)의 최대 직경보다 큰 빔 직경을 갖는다. 이에 의해, 아르곤 이온빔(GB)을 주사하지 않고 관찰면(F) 전체를 균일한 가공량으로 마무리 가공할 수 있다.
- [0060] 디바이스(M) 등 미세 구조를 갖는 시료(S)의 가공에서는, 아르곤 이온빔(GB)에 의한 가공량은 작아도 되지만, 정확한 가공 종점 검출이 요구된다. 아르곤 이온빔(GB)은, 관찰면(F)보다 빔 직경(Q)이 크기 때문에, 빔 에너지가 0.5keV 이상 1.0keV 이하와 같은 저에너지로 가공 속도를 늦게 하면서, 관찰면(F) 전체를 일정한 가공량으로 마무리 가공할 수 있다.
- [0061] 본 실시형태에서는, 이러한 마무리 가공 공정과 번갈아 SEM상 취득 공정을 행한다. SEM상 취득 공정에서는, 아르곤 이온빔(GB)의 조사를 정지시킨 후, 전자빔 경통(15)으로부터 세미 인 렌즈 모드에 의해서 전자빔(EB)을 조사하여, 관찰면(F)에서 발생한 2차 전자를 2차 전자 검출기(16)로 검출하여 SEM 화상을 취득한다. 전자빔 경통(15)을 세미 인 렌즈 모드로 함으로써, 시료(S)가 제1 코일(36)이나 제2 코일(38)로부터 이격된 위치에 있어도, 고정밀도이고 선명한 SEM 화상을 얻을 수 있다.
- [0062] 본 실시형태에서는, 아르곤 이온빔(GB)의 빔 직경이 50  $\mu\text{m}$ ~1000  $\mu\text{m}$  정도이다. 이 아르곤 이온빔(GB)은, 거의 균일한 프로파일을 갖고 있기 때문에, 마무리 가공 시에 있어서의 위치 정밀도는, 빔 직경의 반분 정도(25  $\mu\text{m}$ ~500  $\mu\text{m}$ )이다. 또, 전자빔 경통(15)의 대물 렌즈부(34)의 여자 전류를 오프로 한 후, 잔류 히스테리시스에 의해서 제1 대물 렌즈(35)나 제2 대물 렌즈(37)의 렌즈 자기장이 완전히 소거되지 않는 경우에 있어서도, 이들 외부 자기장에 의한 아르곤 이온빔(GB)의 편향량은, 8  $\mu\text{m}$  정도이며, 마무리 가공에는 영향을 주지 않는다. 그 때문에, 제1 대물 렌즈(35)나 제2 대물 렌즈(37)의 렌즈 자기장의 소자 처리를 필요로 하지 않고, 마무리 가공 공정과 SEM상 취득 공정을 번갈아 행할 수 있다.
- [0063] (시료 가공 관찰 방법 : 제2 실시형태)
- [0064] 본 발명의 시료 가공 관찰 방법의 제2 실시형태에서는, 시료(S)의 관찰면의 마무리 가공에 있어서, 마무리 가공 공정과 SEM상 취득 공정을 동시에 행한다(실시간 가공 관찰 공정).
- [0065] 본 실시형태에서는, 시료(S)의 관찰면(F)의 마무리 가공에 이용하는 아르곤 이온빔(GB)의 빔 직경이 50  $\mu\text{m}$ ~1000  $\mu\text{m}$  정도이며, 시료(S)의 관찰면(F)의 사이즈에 비해 크고, 아르곤 이온빔(GB)을 주사시키지 않고 관찰면(F) 전체를 면가공할 수 있으므로, 아르곤 이온빔(GB)의 빔 형상의 열화가 마무리 가공 정밀도에 큰 영향을 주는 일이 없다.
- [0066] 또, 기체 이온빔 경통(18)에는, 1.5mm 이상의 빔 편향 능력을 갖는 평행 평판 전극으로 이루어지는 편향 전극(편향 수단)(46)을 구비하고 있으므로, 전자빔 경통(15)의 제1 대물 렌즈(35)나 제2 대물 렌즈(37)의 렌즈 자기장에 의한 편향(1.0mm 정도)을 되돌릴 수 있다. 이에 의해, 아르곤 이온빔(GB)의 조사에 의한 마무리 가공 공정과, 전자빔(EB)의 조사에 의한 SEM상 취득 공정을 동시에 행하는, 마무리 가공 시의 실시간 모니터링을 실현할 수 있다.
- [0067] (시료 가공 관찰 방법 : 제3 실시형태)
- [0068] 본 발명의 시료 가공 관찰 방법의 제3 실시형태에서는, 시료(S)의 관찰면의 마무리 가공에 있어서, 마무리 가공 공정과 SEM상 취득 공정을 번갈아 행한다.
- [0069] 본 실시형태에서는, SEM상 취득 공정을 행할 때에, 아르곤 이온빔(GB)을 시료(S)의 관찰면(F)에 조사하지 않도록, 빔 레도를 편향시킨다. 예를 들면, 기체 이온빔 경통(18)의 평행 평판 전극으로 이루어지는 편향 전극(편향 수단)(46)은, 전자빔 경통(15)의 제1 대물 렌즈(35)나 제2 대물 렌즈(37)의 렌즈 자기장에 의한 아르곤 이온빔(GB)의 편향 방향과 동일 방향으로 아르곤 이온빔(GB)을 편향시킨다. 이에 의해, SEM상 취득 공정에 있어서, 아르곤 이온빔(GB)의 블랭커(blanket)로서의 기능을 발휘한다.
- [0070] 또, 아르곤 이온빔(GB)에 의한 마무리 가공 공정에 있어서, 전자빔 경통(15)으로부터의 외부 자기장에 의한 아르곤 이온빔(GB)의 편향량과 동일한 편향량이 되는 전압을 편향 전극(편향 수단)(46)에 인가함으로써, 마무리

가공 공정에서의 아르곤 이온빔(GB)의 시야 보정을 행하는 것이 가능해진다.

[0071] 또한, 제3 실시형태의 변형예로서, 기체 이온빔 경통(18)에 설치한 차폐판(45)을 이용하여, SEM상 취득 공정에 있어서 전자빔 경통(15)의 대물 렌즈부(34)의 렌즈 자기장에 의한 외부 자기장에 의해서 편향된 아르곤 이온빔(도 3 중의 점선 화살표 D1을 참조)을 차폐한다. 이에 의해, 기체 이온빔 경통(18)에, 블랭킹 전극(43)을 설치하지 않아도, 전자빔 경통(15)으로부터 전자빔(EB)이 조사되면, 아르곤 이온빔의 조사가 정지되어, 고정밀도이고 선명한 SEM 화상을 취득할 수 있다.

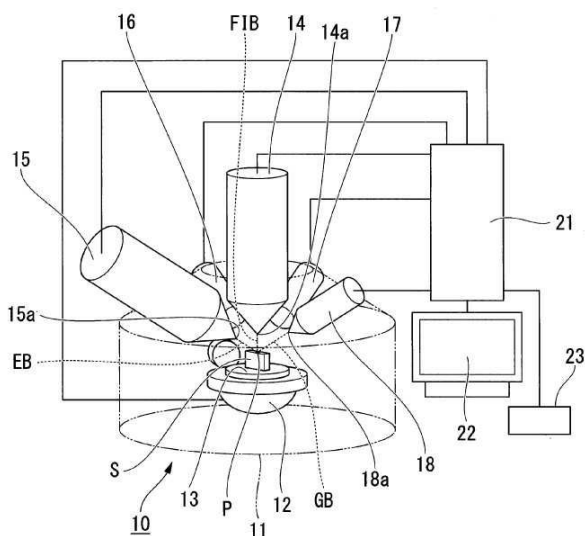
[0072] 본 발명의 실시형태를 설명했는데, 이들 실시형태는, 예로서 제시한 것이며, 발명의 범위를 한정하는 것은 의도하고 있지 않다. 이들 실시형태는, 그 외의 다양한 형태로 실시되는 것이 가능하고, 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서, 다양한 생략, 치환, 변경을 행할 수 있다. 이들 실시형태나 그 변형은, 발명의 범위나 요지에 포함되는 것과 마찬가지로 특허 청구범위에 기재된 발명과 그 균등한 범위에 포함되는 것이다.

## 부호의 설명

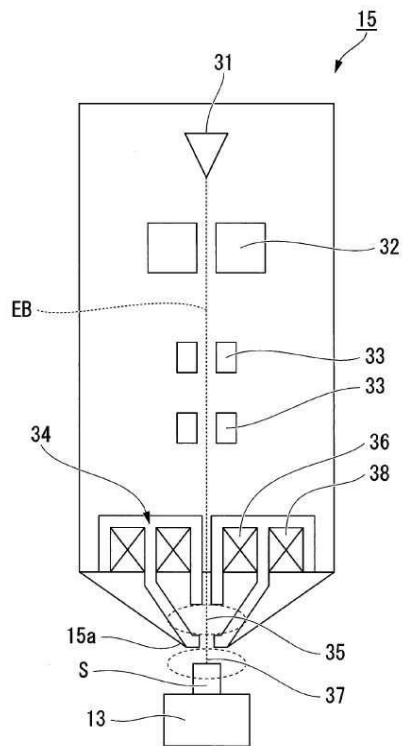
- [0073]
- 10 : 하전 입자 빔 장치
  - 11 : 시료실
  - 12 : 스테이지(시료 스테이지)
  - 13 : 시료대
  - 14 : 갈륨 이온빔 경통
  - 15 : 전자빔 경통
  - 16 : 2차 전자 검출기
  - 18 : 기체 이온빔 경통
  - 21 : 제어부
  - 22 : 표시 장치
  - 23 : 입력 디바이스
  - S : 시료

## 도면

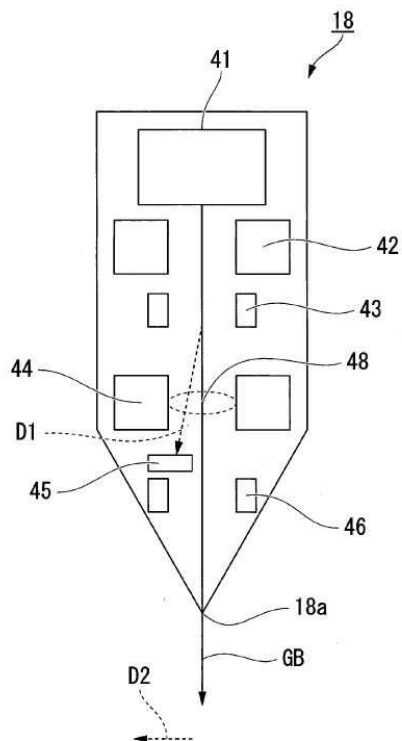
### 도면1



도면2



도면3



도면4

