



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년09월07일
(11) 등록번호 10-1550921
(24) 등록일자 2015년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/00 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0015729
(22) 출원일자 2009년02월25일
심사청구일자 2013년11월05일
(65) 공개번호 10-2009-0093839
(43) 공개일자 2009년09월02일
(30) 우선권주장
JP-P-2008-047577 2008년02월28일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006294614 A*
JP2006023249 A*
JP2002318178 A
US20030183776 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히타치 하이테크 사이언스
일본국 도쿄도 미나토쿠 니시신바시 1쵸메 24반 14고
에스아이아이 나노테크놀로지 유에스에이 아이엔시
유에스에이, 캘리포니아주, 노스리취 노드호프 스트리트 19865(우편번호:91324)
(72) 발명자
후지이 토시아키
일본국 치바켄 치바시 미하마쿠 나카세 1쵸메 8
에스아이아이 나노 테크놀로지 가부시키가이샤 내
타시로 준이치
일본국 치바켄 치바시 미하마쿠 나카세 1쵸메 8
에스아이아이 나노 테크놀로지 가부시키가이샤 내
마이클 하셀-쉬어러
유에스에이, 캘리포니아주, 노스리취 노드호프 스트리트 19865 (우편번호:91324) 에스아이아이 나노테크놀로지 유에스에이 아이엔시 내
(74) 대리인
최달용

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 계원호

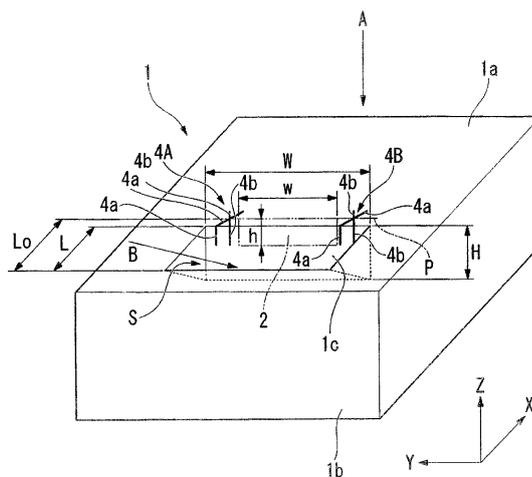
(54) 발명의 명칭 단면 가공 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 단면 가공 방법 및 장치에 있어서, 단면 가공의 가공 효율을 향상할 수 있도록 하기 위한 것으로서, 상기 과제를 해결하기 위한 해결 수단에 있어서, 관찰 목표 단면(2), 또는 관찰 목표 단면(2)을 포함하는 관찰 영역에서, 시료(1)의 단면을 관찰하기 위해, 시료(1)에 대해 순차 제거 가공을 시행함에 의해 가공 위치를 이동

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



시켜서 가공면(1c)을 형성하는 단면 가공 방법으로서, 관찰 목표 단면(2)의 부근에서 가공면(1c)이 형성 가능한 범위에, 제거 가공에 의해 가공 가능하고, 또한 가공면(1c) 내에서 마크 형상이 식별 가능하게 되는 마크부(4A, 4B)를 형성하는 마크부 형성 공정과, 상기 마크부 형성 공정에서 형성된 마크부(4A, 4B)를 포함하는 범위에서, 시료(1) 및 마크부(4A, 4B)에 대해 제거 가공을 시행하여, 가공면(1c)을 형성하는 단면 형성 공정과, 상기 단면 형성 공정에서 형성 중이거나 또는 형성 후의 시료(1)의 단면의 관찰상을 취득하는 관찰상 취득 공정을 구비한다.

특허청구의 범위

청구항 1

미리 결정된 관찰 목표 단면, 또는 상기 관찰 목표 단면을 포함하는 관찰 영역에서 시료의 단면을 관찰하기 위해 제거 가공시에 가공 위치를 미리 결정된 관찰 목표에 순차적으로 이동시켜서 관찰용 단면을 형성하는 단면 가공 방법에 있어서,

상기 관찰 목표 단면의 부근에서 상기 관찰용 단면을 형성할 수 있는 범위 내에 상기 제거 가공에 의해 가공될 수 있고 또한 상기 관찰용 단면에서 마크 형상을 식별할 수 있는 마크부를 형성하는 마크부 형성 공정과,

상기 마크부 형성 공정에 의해 형성된 상기 마크부를 포함하는 범위 내에 상기 제거 가공시에 가공 위치를 상기 마크부 및 상기 미리 결정된 관찰 목표에 순차적으로 이동시켜서 상기 관찰용 단면을 형성하는 단면 형성 공정과,

상기 단면 형성 공정에 의해 형성 중이거나 또는 형성된 후의 상기 관찰용 단면의 관찰상을 취득하는 관찰상 취득 공정을 구비하고,

상기 마크부 형성 공정에서, 상기 마크부는 상기 단면 형성 공정에 의해 형성되는 상기 관찰용 단면의 상기 가공 위치에 대응하여, 상기 마크 형상 및 상기 관찰용 단면 내에서의 상기 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나를 변화시키는 형상에 의해 형성되고,

상기 관찰상 취득 공정에서 취득된 상기 관찰상으로부터 상기 마크부의 상기 마크 형상 및 상기 관찰용 단면 내에서의 상기 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나를 취득하여, 상기 마크부의 상기 마크 형상 및 상기 관찰용 단면 내에서의 상기 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나로부터, 상기 관찰상에 대응하는 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보를 취득하는 가공 위치 정보 취득 공정과,

상기 가공 위치 정보 취득 공정에 의해 취득된 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보에 대응하여, 다음의 관찰용 단면이 형성되는지의 여부를 판정함과 함께, 다음의 관찰용 단면이 형성되는 경우에는 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보에 의거하여, 다음의 단면 형성 공정에서의 제거 가공량을 설정하는 단면 가공 제어 공정을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 단면 가공 방법.

청구항 2

제 1의 집속 빔에 의해 시료를 가공하는 제 1의 집속 빔 장치와, 상기 제 1의 집속 빔 장치의 가공 위치를 제 2의 집속 빔에 의해 관찰하는 제 2의 집속 빔 장치를 구비한 단면 가공 장치에 있어서,

상기 시료의 표면상의 적어도 2개소에, 단면 가공을 진행함에 따라 마크 형상 및 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나가 수축하는 수축부를 갖는 마크부를 상기 수축부가 미리 결정된 관찰 목표 단면의 위치 또는 상기 위치의 부근에 오도록, 형성하기 위한 제어 정보를 생성하는 마크 형성 제어부를 가지며,

상기 제 1의 집속 빔 장치를 이용하여, 상기 제어 정보에 의거하여 에칭 또는 디포지션에 의해 상기 적어도 2개소의 마크부를 형성한 후, 상기 마크부의 각각의 수축부를 잇는 방향과 평행 방향으로 상기 제 1의 집속 빔을 주주사(mainly scanning)하여 상기 관찰 목표 단면으로부터 떨어진 위치로부터 상기 관찰 목표 단면에 접근하면서 단면 가공함과 함께, 상기 마크부의 가공 단면을 상기 제 2의 집속 빔 장치로 관찰하고, 상기 수축부 또는 그 부근에 도달한 때에 단면 가공을 종료하는 것을 특징으로 하는 단면 가공 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 단면(section) 가공 방법 및 장치에 관한 것이다. 예를 들면, 반도체 칩 내부의 결함을 관찰하는 경우 등에, 시료에 순차 제거 가공을 시행함에 의해 가공 위치를 이동시켜서 관찰용 단면을 형성하는 단면 가공 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래 기술에 있어서, 예를 들면, 반도체 칩 내부의 불량 등을 관찰하는 경우, 집속 이온 빔에 의해 시료를 파단(rupturing)하여 관찰용 단면을 형성하고, 이 단면을 전자현미경에 의해 관찰하는 것이 행해지고 있다. 이와 같은 관찰용 단면은 예를 들면, 시료의 결함의 위치를 결함 검사 장치 등에 의해 특정하고, 그 위치 정보에 의거하여 단면 가공이 행하여진다. 즉, 집속 이온 빔을 시료에 조사하여, 순차 제거 가공을 반복하고, 가공면을 결함이 존재하는 위치까지 이동시킨다. 관찰하여야 할 결함은 극히 미소하기 때문에, 결함이 존재하는 위치의 부근에서는 가공면의 이동량도 미소하여, 예를 들면, 주사형 전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 등으로, 가공면을 관찰하면서 단면 가공을 진행할 필요가 있다.

[0003] 또한, 투과형 전자현미경(Transmission Electron Microscope, TEM)으로 관찰하기 위한 TEM 시료를 작성하는 경우도 마찬가지이다.

[0004] 이와 같은 단면 가공을 정밀도 좋게 효율적으로 행하기 위해, 시료에 마크를 시행하고, 마크의 위치를 검출하면서, 단면 가공을 진행하는 것이 알려져 있다.

[0005] 이와 같은 단면 가공 방법 및 장치로서, 예를 들면, 특허 문헌 1에는 TEM 시료의 작성에 앞서서, TEM 시료의 가공 영역의 외측에 TEM 시료의 중심선인 관찰선을 나타내는 십자형상의 2개의 마크를 집속 이온 빔 장치로 형성하고, 이들의 마크 위치를 검출하여, 가공 대상의 위치 결정이나 단면 가공을 행하는 시료 평가·처리 관찰 시스템이 기재되어 있다. 이 시스템에서는 마크는 집속 이온 빔에 의해 TEM 시료의 관찰면과 개략 직교하는 비가공면(non-processing face)상에 형성된다.

[0006] 또한, 특허 문헌 2에는 시료의 가공면에 이온 빔을 조사하여 시료 가공을 행함과 함께, 그 시료 가공부의 주변에 마크를 형성하도록 한 시료 제작 방법 및 장치에 있어서, 마크로부터 보아 어느 방향에 시료 가공부가 있는지를 알 수 있도록 마크를 형성하는 기술이 기재되어 있다. 특허 문헌 2에 기재된 시료 제작 방법에서는 TEM 시료 제작의 경우에는 가공 대상인 시료 블록에 있어서, 이온 빔을 조사하는 가공면과, TEM 시료를 관찰하는 방향의 표면에 각각 형상이 다른 마크가 형성되고, 마크가 형성된 면에 대한 시료 가공부의 방향을 알 수 있도록 되어 있다.

[0007] 특허 문헌 1 : JP-A-10-64473

[0008] 특허 문헌 2 : JP-A-2005-114578

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0009] 그러나, 상기한 바와 같은 종래의 단면 가공 방법 및 장치에는 이하와 같은 문제가 있다.
 - [0010] 특허 문헌 1에 기재된 기술에서는 마크가 TEM 시료의 가공 영역의 외측의 관찰선의 선상, 즉, TEM 시료의 관찰면과 개략 직교하는 비가공면상에 형성되기 때문에, 가공면의 관찰과, 마크 위치의 검출을 동시에 행할 수가 없다. 또한, 마크의 검출을 집중 이온 빔을 이용하여 행하는 경우에도, 마크가 가공 영역으로부터 떨어져 있기 때문에, 가공 위치와 다른 위치를 주사하거나, 포커스를 각각의 위치에 맞추어 구치거나 할 필요가 있기 때문에, 단면 가공이란 별개 공정이 된다.
 - [0011] 따라서 하나의 가공면을 단면 가공한 후에, 가공면의 관찰과 마크의 검출을 제각기 행하여야 하기 때문에, 가공 시간이 증대하여 버린다는 문제가 있다.
 - [0012] 특허 문헌 2에 기재된 기술에서는 특허 문헌 1과 마찬가지로 가공면에 마련된 마크의 외에 TEM 시료를 관찰하는 방향으로 마크를 형성하기 때문에, 가공면을 단면 가공한 후, 가공면의 관찰과 같은 방향에서, 마크를 관찰할 수는 있지만, 마크는 시료 가공부의 방향을 나타낼 뿐이기 때문에, 가공면에 마련된 마크에 대한 가공면의 거리 정보를 취득할 수가 없다. 따라서 가공면이 목표 위치까지 진행되었는지의 여부는 가공면측의 마크를 관찰하여야 하기 때문에, 역시 특허 문헌 1과 마찬가지로 문제가 있다.
 - [0013] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 단면 가공의 가공 효율을 향상할 수 있는 단면 가공 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- 과제 해결수단**
- [0014] 상기한 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 단면 가공 방법은 미리 결정된 관찰 목표 단면, 또는 상기 관찰 목표 단면을 포함하는 관찰 영역에서, 시료의 단면을 관찰하기 위해, 상기 시료에 대해 순차 제거 가공을 시행함에 의해 가공 위치를 이동시켜서 관찰용 단면을 형성하는 단면 가공 방법으로서, 상기 관찰 목표 단면의 부근에서 상기 관찰용 단면이 형성 가능한 범위에, 상기 제거 가공에 의해 가공 가능, 또한 상기 관찰용 단면 내에서 마크 형상이 식별 가능하게 되는 마크부를 형성하는 마크부 형성 공정과, 상기 마크부 형성 공정에서 형성된 상기 마크부를 포함하는 범위에서, 상기 시료 및 상기 마크부에 대해 제거 가공을 시행하여, 상기 관찰용 단면을 형성하는 단면 형성 공정과, 상기 단면 형성 공정에서 형성중 또는 형성 후의 상기 관찰용 단면의 관찰상을 취득하는 관찰상 취득 공정을 구비하는 방법으로 한다.
 - [0015] 본 발명에 의하면, 우선, 마크부 형성 공정에서, 미리 결정된 관찰 목표 단면의 부근에서 관찰용 단면이 형성 가능한 범위에, 제거 가공에 의해 가공 가능, 또한 관찰용 단면 내에서 마크 형상이 식별 가능한 마크부를 형성한다. 다음에, 단면 형성 공정에서는 마크부 형성 공정에서 형성된 마크부를 포함하는 범위에서, 시료 및 마크부에 대해 제거 가공을 시행하여, 관찰용 단면을 형성한다. 그리고, 관찰상 형성 공정에서는 단면 형성 공정에서 형성중 또는 형성 후의 관찰용 단면의 관찰상을 취득한다.
 - [0016] 상기 관찰용 단면의 관찰상에는 마크부의 마크 형상이 식별 가능하게 나타나기 때문에, 관찰용 단면을 단지 관찰함에 의해서 단면의 가공 위치가 마크부가 마련된 위치에 도달한 것을 검지할 수 있다. 따라서, 단면의 관찰 이외에 떨어진 장소에 있는 마크부를 빔으로 주사하거나, 포커스를 각각의 위치에 맞추어 고치거나 할 필요가 없다. 또한, 마크부를 관찰 목표 단면을 포함하는 평면으로부터 일정한 거리 또는 거리 범위만큼 떨어진 위치에 마련하여 둠으로써, 관찰 목표 단면으로부터 일정한 거리 또는 거리 범위의 위치에 도달한 것을 검지할 수가 있다. 이로 인해 다음의 단면 형성 공정으로의 가공 위치를 적절하게 설정할 수 있다.
 - [0017] 또한, 본 발명의 단면 가공 방법에서는 상기 마크부 형성 공정에서는 상기 마크부를 상기 단면 형성 공정에서 형성되는 상기 관찰용 단면의 상기 가공 위치에 응하여, 상기 마크 형상 및 상기 관찰용 단면 내에서의 상기 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나가 변화하는 형상으로 형성하는 것이 바람직하다.
 - [0018] 이 경우, 마크부가 단면 형성 공정에서 형성되는 관찰용 단면의 가공 위치에 응하여, 마크 형상 및 관찰용 단면 내에서의 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나가 변화하기 때문에, 관찰상 취득 공정에서 취득한, 마크부의 마크 형상 및 그 위치의 적어도 어느 하나의 변화에 의해, 가공 위치의 변화를 확인하면서, 단면 가공을 행할 수가 있다.
 - [0019] 또한, 본 발명의 단면 가공 방법으로서, 마크부를 단면 형성 공정에서 형성되는 관찰용 단면의 가공 위치에 응하여, 마크 형상 및 관찰용 단면 내에서의 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나가 변화하는 형상으로 형성하는 단면 가공 방법에서는 상기 관찰상 취득 공정에서 취득된 상기 관찰상으로부터, 상기 마크부의 상기 마크 형상 및 상기 관찰용 단면 내에서의 상기 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나를 취득하여, 상기 마크부의 상기 마

크 형상 및 상기 관찰용 단면 내에서의 상기 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나로부터, 상기 관찰상에 대응하는 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보를 취득하는 가공 위치 정보 취득 공정을 구비하는 것이 바람직하다.

[0020] 이 경우, 가공 위치 정보 취득 공정에 의해, 관찰상에 대응하는 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보를 취득할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 가공 위치 정보 취득 공정을 구비하는 단면 가공 방법에서는 상기 가공 위치 정보 취득 공정에 의해 취득된 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보에 대응하여, 다음의 관찰용 단면을 형성하는지의 여부를 판정함과 함께, 다음의 관찰용 단면을 형성하는 경우에는 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보에 의거하여, 다음의 단면 형성 공정에서의 제거 가공량을 설정하는 단면 가공 제어 공정을 구비하는 것이 바람직하다.

[0022] 이 경우, 단면 가공 제어 공정에 의해, 다음의 관찰용 단면을 형성하는지의 여부를 판정함과 함께, 다음의 관찰용 단면을 형성하는 경우에는 관찰용 단면의 가공 위치의 정보에 의거하여, 다음의 단면 형성 공정에서의 제거 가공량을 설정하기 때문에, 자동 가공에 알맞은 방법이 된다.

[0023] 본 발명의 단면 가공 장치는 미리 결정된 관찰 목표 단면, 또는 상기 관찰 목표 단면을 포함하는 관찰 영역에서, 시료의 단면을 관찰하기 위해, 상기 시료에 순차 제거 가공을 시행함에 의해 가공 위치를 이동시켜서 관찰용 단면을 형성하는 단면 가공 장치로서, 상기 관찰 목표 단면 또는 상기 관찰 목표 단면을 포함하는 관찰 영역의 부근에서 상기 관찰용 단면이 형성 가능한 위치에, 상기 제거 가공에 의해 가공 가능하며 또한 상기 관찰용 단면 내에서의 마크 형상이 식별 가능한 마크부를 형성하기 위한 제어 정보를 생성하는 마크부 형성 제어부와, 상기 마크부 형성 제어부의 제어 정보에 의거하여 형성된 상기 마크부를 포함하는 범위에서, 상기 마크부에 제거 가공을 시행하여, 상기 관찰용 단면을 형성하는 단면 형성 제어부와, 상기 단면 형성 제어부에서 형성된 상기 관찰용 단면의 관찰상을 취득하는 관찰상 취득 제어부를 구비하는 구성으로 한다.

[0024] 본 발명에 의하면, 본 발명의 단면 가공 방법에 이용할 수 있는 단면 가공 장치로 되어 있기 때문에, 본 발명의 단면 가공 방법과 같은 작용 효과를 구비한다.

[0025] 또한, 본 발명의 단면 가공 장치에서는 상기 관찰상 취득 제어부에서 취득된 상기 관찰상으로부터, 상기 마크부의 상기 마크 형상 및 상기 관찰용 단면 내에서의 상기 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나를 취득하여, 상기 마크부의 상기 마크 형상 및 상기 관찰용 단면 내에서의 상기 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나로부터, 상기 관찰상에 대응하는 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보를 취득하는 가공 위치 정보 취득부를 구비하는 것이 바람직하다.

[0026] 이 경우, 본 발명의 가공 위치 정보 취득 공정을 구비하는 단면 가공 방법에 이용할 수 있는 단면 가공 장치로 되어 있기 때문에, 본 발명의 가공 위치 정보 취득 공정을 구비하는 단면 가공 방법과 같은 작용 효과를 구비한다.

[0027] 또한, 본 발명의 단면 가공 장치에서는 상기 가공 위치 산출부에 의해 취득된 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보에 대응하여, 다음의 관찰용 단면을 형성하는지의 여부를 판정함과 함께, 다음의 관찰용 단면을 형성하는 경우에는 상기 관찰용 단면의 가공 위치의 정보에 의거하여, 다음의 단면 형성 공정에서의 제거 가공량을 설정하는 단면 가공 제어 유닛을 구비하는 것이 바람직하다.

[0028] 이 경우, 본 발명의 가공 위치 정보 취득 공정을 구비하는 단면 가공 방법에 이용할 수 있는 단면 가공 장치로 되어 있기 때문에, 본 발명의 가공 위치 정보 취득 공정을 구비하는 단면 가공 방법과 같은 작용 효과를 구비한다.

[0029] 본 발명의 단면 가공 장치는 시료를 제 1의 집속 빔에 의해 가공하는 제 1의 집속 빔 장치와, 상기 제 1의 집속 빔 장치의 가공 위치를 제 2의 집속 빔에 의해 관찰하는 제 2의 집속 빔 장치를 구비한 단면 가공 장치로서, 상기 시료의 표면상의 적어도 2개소에, 단면 가공을 진행함에 따라 마크 형상 및 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나가 수축하는 수축부를 갖는 마크부를 상기 수축부가 미리 결정된 관찰 목표 단면의 위치 또는 그 위치의 부근에 오도록 형성하기 위한 제어 정보를 생성하는 마크 형성 제어부를 가지며, 상기 제 1의 집속 빔 장치를 이용하여, 상기 제어 정보에 의거하여 에칭 또는 디포지션에 의해 상기 적어도 2개소의 마크부를 형성한 후, 상기 마크부의 각 수축부를 잇는 방향과 평행 방향으로 상기 제 1의 집속 빔을 주주사(mainly scanning)하여 상기 관찰 목표 단면으로부터 떨어진 위치로부터 상기 관찰 목표 단면에 접근하면서 단면 가공함과 함께, 상기 마크부의 가공 단면을 상기 제 2의 집속 빔 장치로 관찰하고, 상기 수축부 또는 그 부근에 도달한 때에 단면 가공을 종료하는 구성으로 한다.

[0030] 본 발명에 의하면, 본 발명의 단면 가공 방법에 이용할 수 있는 단면 가공 장치로 되어 있기 때문에, 본 발명의 단면 가공 방법과 같은 작용 효과를 구비한다.

효 과

[0031] 본 발명의 단면 가공 방법 및 장치에 의하면, 관찰용 단면의 관찰상을 취득할 뿐으로, 가공 위치를 검지할 수 있기 때문에, 단면 가공의 가공 효율을 향상할 수 있다는 효과를 이룬다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0032] 이하에서는 본 발명의 실시예에 관해 첨부 도면을 참조하여 설명한다.

[0033] 우선, 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치에 관해 설명한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 모식적인 사시도이다. 도 2는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 모식적인 단면도이다. 도 3은 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치에 의해 가공중의 시료의 양상을 도시하는 모식적인 사시도이다. 도 4는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치의 제어 유닛의 기능 블록도이다. 또한, 도면중에 기재된 XYZ좌표계는 방향 참조의 편리를 위해 각 도면 공통으로 마련한 것으로, 각각, Z축 정방향이 연직 방향의 상측을 나타내고, XY평면이 수평면을 나타낸다.

[0035] 본 실시예의 단면 가공 장치(100)는 도 1, 2에 도시하는 바와 같이 진공실(13)과, 이온 빔 조사계(20)와, 시료(1)를 지지하는 시료대(14)와, 시료대(14)를 가동 지지하는 시료 스테이지(16)와, 주사형 전자현미경(이하, SEM이라고 약칭한다)(18)과, 가스총(11)과, 제어 유닛(30)(단면 가공 제어 유닛)과, 표시부(38)를 구비하고 있다.

[0036] 진공실(13)은 내부를 소정의 진공도까지 감압 가능하게 되어 있고, 상기 제어 유닛(30) 및 표시부(38)를 제외한 각 구성품은 그들의 일부 또는 전부가 진공실(13) 내에 배치되어 있다.

[0037] 단면 가공 장치(100)는 이들의 구성에 의해, 미리 결정된 관찰 목표 단면, 또는 이 관찰 목표 단면을 포함하는 관찰 영역에서, 시료(1)의 단면을 관찰하기 위해, 시료(1)에 순차 제거 가공을 시행함에 의해 가공 위치를 이동시켜서 관찰용 단면을 형성하는 것이다.

[0038] 도 3은 시료(1)를 처리하는 양상의 한 예를 도시한다.

[0039] 시료(1)는 미리 결정된 관찰 목표 단면(2) 또는 관찰 목표 단면(2)을 포함하는 부근의 관찰 영역에서, 단면 관찰을 행하기 위한 것으로, 예를 들면, 결함을 갖는 반도체 칩 등으로 이루어진다.

[0040] 도 3의 예에서는 이온 빔 조사계(20)의 광축에 일치하는 화살표(A)에 직교하여 배치된 가공면(1a)을 갖는 관찰상 부재로 이루어진다.

[0041] 그리고, 시료 스테이지(16)에 의해 시료(1)를 이동시키면서 이온 빔 조사계(20)로부터 이온 빔(20A)(제 1의 집속 빔)을 조사함에 의해, 시료(1)를 제거 가공하여 관찰 방향에 대치하는 가공면(1c)을 형성할 수 있도록 되어 있다. 가공면(1c)의 부근은 가공면(1a)으로부터 가공면(1c)의 하단(도시한 Z축 부(negative)방향측)을 향하여 경사하는 경사면이 형성되어 있다. 그리고 SEM(18)에 의해, 이 경사면에 따른 관찰 방향(화살표(B) 방향)으로부터, 가공면(1c)의 전체를 관찰할 수 있도록 되어 있다. 즉, 가공면(1c)은 관찰용 단면을 구성하고 있다.

[0042] 관찰 목표 단면(2)은 예를 들면, 결함 검사 장치(도시 생략) 등에 의해 취득되는 시료(1)의 결함의 위치 정보가 의거하여 위치 및 크기를 미리 정하여 둔다. 또한, 결함 검사 장치에 있어서, 결함의 검출 위치 오차가 고려되는 경우나 결함이 크고 복수 단면의 관찰이 필요한 경우, 또는 결함의 주위의 정상 부분의 화상도 관찰하고 싶은 경우에는 관찰 목표 단면을 포함하는 3차원적인 관찰 영역을 설정하고, 이 관찰 영역내를 순차로 관찰하여 갈 수 있다.

[0043] 이하에서는 관찰 목표 단면(2)은 시료(1)상의 일정 위치, 예를 들면, 가공면(1a)과 경사면과의 교선이 형성된 위치를 기준 위치로 하여, 거리(L0)의 단면 내의 폭(w)×높이(h)의 사각형형상의 영역인 것으로 하여 설명한다. 즉, 관찰 목표 단면(2)은 관찰 방향에 있어서 거리(L0)에 위치하고 있다. 관찰 목표 단면(2)과 가공면(1a)의 교선을 관찰 목표선(P)이라고 부르기로 한다.

[0044] 마크부(4A, 4B)는 관찰 목표 단면(2)의 위치를 직접적 또는 간접적으로 나타내는 것으로, 단면 가공 장치(100)에 의해 단면 가공에 앞서서 시료(1)에 형성되는 것이다.

- [0045] 이하, 단면 가공 장치(100)의 각각의 구성에 관해 설명한다.
- [0046] 이온 빔 조사계(20)는 본 실시예에서는 광축이 연직 방향에 따라 배치된 집속 이온 빔 경통을 구비하고 있고, 진공실(13) 내의 시료대(14)의 상방에 배치되어 있다. 그 때문에, 시료대(14)상에 재치된 시료(1)에 대해 연직 상방(도시한 Z축 정(positive)방향)으로부터 이온 빔(20A)을 조사함으로써, 시료(1)를 연직 하방(도시한 Z축 부(negative)방향)을 향하여 에칭할 수 있도록 되어 있다.
- [0047] 또한, 이온 빔 조사계(20)는 제어 유닛(30)과 전기적으로 접속되고, 제어 유닛(30)의 제어 신호에 의해 이온 빔(20A)의 조사 위치나 조사 조건의 제어가 행하여진다.
- [0048] 이온 빔 조사계(20), 및 제어 유닛(30)은 제 1의 집속 빔 장치를 구성하고 있다.
- [0049] 이온 빔 조사계(20)는 집속 이온 빔 경통 내에, 이온을 발생시킴과 함께 유출시키는 가스 필드 이온원(21)과, 가스 필드 이온원(21)으로부터 인출된 이온을 집속 이온 빔인 이온 빔(20A)으로 성형한 이온 광학계(25)를 구비하고 있다.
- [0050] 가스 필드 이온원(21)은 특히 도시하지 않지만, 예를 들면, 고진공 상태로 유지된 이온 발생실, 선단이 원자 레벨로 첨예화된 피라미드형상을 이루고, 텅스텐이나 폴리브텐으로 이루어지는 침형상의 기체에, 백금, 팔라듐, 이리듐, 로듐, 금 등의 귀금속을 피복하여 이루어지는 이미터, 이온실에 미량의 희유가스(예를 들면 Ar가스)를 공급하는 가스 공급원, 인출 전극, 및 냉각 장치 등의 구성을 구비한다.
- [0051] 이와 같은 구성에 의해, 가스 필드 이온원(21)은 이미터와 인출 전극 사이에 전압을 인가함으로써, 희유가스 이온이 발생시켜지고(전계 이온화), 상기 희유가스 이온에 의한 이온 빔을 이온 광학계(25)를 향하여 사출할 수 있도록 되어 있다.
- [0052] 이온 광학계(25)는 예를 들면, 가스 필드 이온원(21)측으로부터 진공실(13)측을 향하여 가스 필드 이온원(21)으로부터의 이온 빔을 집속하는 콘덴서 렌즈와, 이온 빔을 조이는 조리개와, 이온 빔의 광축을 조정하는 얼라이너와, 이온 빔을 시료에 대해 집속하는 대물 렌즈와, 시료상에서 이온 빔을 주사한 편향기가 이 순서로 배치되고 구성된다.
- [0053] 이와 같은 구성의 이온 빔 조사계(20)에서는 소스 사이즈 1nm 이하, 이온 빔의 에너지 퍼짐도 1eV 이하로 할 수 있기 때문에, 집속 이온 빔의 빔 지름을 예를 들면, 1nm 이하에 조일 수 있다. 또한, 가스 필드 이온원(21)을 이용한 집속 이온 빔은 SEM(18) 대신에 가공면(1c)의 관찰에 이용하는 것도 가능하다.
- [0054] 시료 스테이지(16)는 도 2에 도시하는 바와 같이 X축, Y축 주위의 틸트 이동을 행하는 틸트 기구(16a)와, X축, Y축, Z축에 따른 평행 이동을 행하는 XYZ 이동 기구(16b)와, Z축 주위의 회전 이동을 행하는 로테이션 기구(16c)로 이루어지고, 틸트 기구(16a)상에, 시료대(14)가 지지되어 있다.
- [0055] 또한, 틸트 기구(16a), XYZ 이동 기구(16b), 로테이션 기구(16c)는 각각, 제어 유닛(30) 도시 통신 가능하게 접속되고, 제어 유닛(30)으로부터의 제어 신호에 의해 이동량이 제어된다.
- [0056] SEM(18)(제 2의 집속 빔 장치)은 시료대(14)상의 시료(1)에 있어서, 이온 빔(20A)에 의해 형성된 가공면(관찰용 단면)의 관찰상을 취득하는 것이다. 본 실시예에서는 전자총, 집속 렌즈, 주사 코일, 대물 렌즈 등 주지의 구성을 구비하고, 시료(1)상에서 전자 프로브(제 2의 집속 빔)를 주사하는 SEM 본체(18a)와, 시료(1)상으로부터 방출되는 2차 전자를 검출하는 2차 전자 검출기(18b)로 이루어진다.
- [0057] 본 실시예에서는 관찰용 단면을 도 1, 2의 YZ평면에 평행하게 형성하기 때문에, SEM 본체(18a)의 광축을 관찰 방향에 따라 배치한다.
- [0058] 2차 전자 검출기(18b)는 도 1, 도 2에서는 시료(1)의 경사 상방에 배치되어 있지만, 시료(1)로부터 방출된 2차 전자를 검출할 수 있으면 배치 위치는 특히 한정되지 않는다.
- [0059] 또한, SEM(18)은 제어 유닛(30)과 전기적으로 접속되고, 제어 유닛(30)의 제어 신호에 의해 관찰상의 취득 동작이 제어되도록 되어 있다.
- [0060] 2차 전자 검출기(18b)의 검출 출력은 전자 프로브의 주사 위치와 동기 가능한 상태로 제어 유닛(30)에 송출된다. 또한, SEM(18)은 2차 전자 검출기(18b)의 검출 출력을 아날로그 표시하기 위한 CRT를 구비하고 있어도 좋다.
- [0061] 가스총(11)은 시료(1)의 부근에, 이온 빔(20A)에 의한 에칭의 에칭 레이트를 높이기 위한 에칭 레이트 증대용의

가스나, 후술하는 마크부를 디포지션에 의해 형성하는 경우의 디포지션용 가스 등의 가스를 공급하는 것이다.

- [0062] 가스총(11)으로부터 디포지션용 가스를 공급하면서, 시료(1)에 이온 빔(20A)을 조사하면, 가스 어시스트 디포지션을 행할 수가 있고, 시료(1)상에 금속이나 절연체의 퇴적물 또는 성막물을 형성할 수 있다.
- [0063] 제어 유닛(30)은 단면 가공 장치(100)의 제어 전반을 행하는 것으로, 예를 들면, 이온 빔 조사계(20), 시료 스테이지(16), SEM(18) 등, 단면 가공 장치(100)를 구성하는 각 부분과 전기적으로 접속되어 있다.
- [0064] 또한, 제어 유닛(30)에는 2차 전자 검출기(18b)로부터 보내진 화상 데이터에 의거하여 시료(1)의 관찰용 단면의 화상을 표시하거나, 그 화상에, 예를 들면 가공면의 위치 정보 등의 문자나 기호를 겹쳐서 표시하거나 하기 위한 모니터로 이루어지는 표시부(38)가 접속되어 있다.
- [0065] 제어 유닛(30)의 기능 구성은 도 4에 도시하는 바와 같이 화상 취입부(31), 기억부(32), 연산 처리부(34)(가공 위치 정보 취득부), 장치 제어부(33), 및 마크부 형성 제어부(35)로 이루어진다.
- [0066] 화상 취입부(31)는 2차 전자 검출기(18b)로부터의 검출 출력을 전자 프로브의 주사 위치마다의 휘도 데이터로서 받아들이고, 2차원 화상 데이터를 생성하여, 기억부(32)에 송출하는 것이다.
- [0067] 기억부(32)는 화상 취입부(31)가 받아들인 시료(1)의 관찰용 단면의 화상 데이터를 기억함과 함께, 연산 처리부(34)의 연산에 필요한 정보나 연산 결과 등을 기억하는 것이다.
- [0068] 연산 처리부(34)는 기억부(32)에 기억된 화상 데이터를 화상 처리하여, 단면 내에 나타난 후술하는 마크부의 마크 형상을 검출하고, 그 마크부의 마크 형상 및 단면 내에서의 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나를 산출하고, 미리 기억부(32)에 기억된 마크부의 형상 및 형성 위치의 정보로부터, 화상 데이터가 취득된 단면의 가공 위치를 산출한 것이다.
- [0069] 장치 제어부(33)는 화상 취입부(31) 및 연산 처리부(34)의 동작 타이밍을 제어함과 함께, 제어 유닛(30)에 접속된 장치 각 부분의 동작 제어를 행하는 것이다.
- [0070] 마크부 형성 제어부(35)는 이온 빔 조사계(20)에 의해, 관찰용 단면 내에서의 마크 형상이 식별 가능한 마크부를 형성하기 위한 제어 정보를 장치 제어부(33)에 송출하는 것이다.
- [0071] 제어 유닛(30)의 장치 구성은 전용의 하드웨어를 이용하여도 좋지만, 본 실시예에서는 CPU, 메모리, 외부 기억 장치, 입출력 인터페이스 등을 구비한 컴퓨터에 의해, 연산용, 제어용의 프로그램을 실행시킴으로써 실현하고 있다.
- [0072] 이와 같이 본 실시예의 단면 가공 장치(100)는 시료를 제 1의 집속 빔에 의해 가공하는 제 1의 집속 빔 장치와, 제 1의 집속 빔 장치의 가공 위치를 제 2의 집속 빔에 의해 관찰하는 제 2의 집속 빔 장치를 구비한 복합 집속 빔 장치로 구성된다.
- [0073] 다음에, 단면 가공 장치(100)의 동작에 관해 설명한다.
- [0074] 도 5는 도 3에서의 A로 본 부분 확대도이다. 도 6(a), (b), (c), (d), (e)는 가공면이 각각 도 5에서의 C-C선, D-D선, E-E선, F-F선에 따른 단면에 도달한 때의, 도 3에서의 B로 본 방향의 부분 확대도이다. 도 7(a)는 본 발명의 실시예에 관한 마크부의 마크 형상의 한 예를 도시하는 모식적인 부분 단면도이다.
- [0075] 단면 가공 장치(100)를 이용한 본 실시예의 단면 가공 방법은 마크부 형성 공정, 단면 형성 공정, 관찰상 취득 공정, 가공 위치 정보 취득 공정, 및 단면 가공 제어 공정을 이 순서로 행하는 것이다.
- [0076] 그러나, 단면 가공 제어 공정에서의 관정에 의해서는 단면 형성 공정으로부터 단면 가공 제어 공정까지의 공정을 반복하여 행한다. 또한, 단면 형성 공정과 관찰상 취득 공정은 병행하여 실행하여도 좋다.
- [0077] 마크부 형성 공정에서는 마크부 형성 제어부(35)로부터 장치 제어부(33)에 마크부를 형성하기 위한 제어 정보를 송출하여, 관찰 목표 단면(2)의 부근에서 관찰용 단면이 형성 가능한 범위에, 이온 빔(20A)에 의한 제거 가공에 의해 가공 가능, 또한 관찰용 단면 내에서 마크 형상이 식별 가능한 마크부를 형성한다. 본 실시예에서는 시료 상면에서 보아, 단면 형성 진행 방향에 대해, 가위표 형상의 크로스 마크를 마련하고 있다.
- [0078] 예를 들면, 도 3, 5, 6(a)에 도시하는 예에서는 관찰 목표 단면(2)의 폭방향의 외측 부근에, 각각, 가공면(1a)으로부터 시료(1)의 내측에 일정한 깊이로 마련된 길이(M)의 홈(4a, 4b)이 가공면(1a)상에서 각각의 중점(middle point)에서, X자형상으로 교차한 형상으로 가공하기 위한 제어 정보를 마크부 형성 제어부(35)로부터

장치 제어부(33)에 송출함으로써 마크부(4A, 4B)를 형성하고 있다.

- [0079] 마크부(4A, 4B)의 관찰 방향의 위치는 각각의 홈(4a, 4b)이 교차한 교차부(4c)(수축부, 도 5를 참조)의 중심이 관찰 목표선(P)상에 위치하도록 마련하고 있다. 또한, 각각의 홈(4a, 4b)은 관찰 목표선(P)에 대해 각도(θ)만큼 경사하고 있다. 여기에서, 각도(θ)는 관찰 목표선(P)에 대한 홈(4a, 4b)이 이루는 각도 중 예각이 되는 각도이다.
- [0080] 또한, 마크부(4A, 4B)의 X축방향의 형성 범위는 적어도 관찰 영역의 X축방향 폭 이상으로 되도록 설정한다.
- [0081] 홈(4a, 4b)은 가공면(1c)에서 가공되면, 도 7(a)에 도시하는 바와 같이 가공면(1c)상에서 폭(t), 중심 사이 거리(d)의 채널 형상 또는 U자형상의 예지가 홈에 따라 나타나기 때문에, SEM(18)에 의해 식별 가능하다.
- [0082] 이와 같은 마크부(4A, 4B)는 시료의 표면상의 적어도 2개소에, 단면 가공을 진행함에 따라 마크 형상 및 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나가 수축하는 수축부를 갖는 마크부로 되어 있다.
- [0083] 마크부(4A, 4B)는 다음과 같이 하여 형성된다.
- [0084] 우선, 예를 들면, 결합 검사 장치 등에 의한 검사에서 취득된 관찰 목표 단면(2)의 위치 정보가 시료(1)상의 좌표 정보로서 제어 유닛(30)의 장치 제어부(33)에 적절한 수단으로 통지된다. 예를 들면, 이 위치 정보는 도시하지 않은 조작부에서 수동 입력함으로써, 장치 제어부(33)에 통지하여도 좋고, 단면 가공 장치(100)와 결합 검사 장치가 통신 회선으로 접속되어 있는 경우에는 통신 회선을 통하여 장치 제어부(33)에 자동적으로 통지되어도 좋다.
- [0085] 다음에, 장치 제어부(33)는 관찰 목표 단면(2)의 위치 정보, 크기의 정보로부터, 폭(W)×높이(H)(단, $W > w$, $H > h$)의 사각형형상 영역인 SEM(18)의 관찰 가능 범위(전자 프로브의 주사 가능 범위)의 위치를 관찰 목표 단면(2)의 전체가 포함되고, 관찰 목표 단면(2)이 관찰 가능 범위의 폭방향의 개략 중앙부에 위치하도록, 시료 스테이지(16)를 구동하여, YZ평면 내의 SEM(18)과 시료대(14)에 지지된 시료(1)와의 위치맞춤을 행한다.
- [0086] 한편, 마크부 형성 제어부(35)는 장치 제어부(33)가 취득한 관찰 목표 단면(2)의 위치 정보로부터, 관찰 목표선(P)상에서 교차부(4c)를 형성하는 좌표를 산출하고, 이온 빔 조사계(20)로부터 출사되는 이온 빔(20A)이 시료(1)상에서, 마크부(4A, 4B)의 각 홈(4a), 홈(4b)의 궤적을 그리도록 이온 빔 조사계(20)를 제어하는 정보를 생성하여 장치 제어부(33)에 송출한다.
- [0087] 홈(4a, 4b)의 깊이 및 홈 폭은 홈(4a, 4b)이 단면 형성 공정으로 가공된 때, 마크 형상이 SEM(18)으로 양호하게 관찰될 수 있다면 특히 제한되지 않는다. 즉, 가공면(1c)에 있어서의 마크 형상의 예지 위치나 홈 폭 등이 정밀도 좋게 해상(resolving)되고, 또한 시료(1) 내의 다른 부분의 화상으로부터 구별하여 인식할 수 있는 크기라면 좋다. 그러나, 가공시간을 단축하기 위해서는 깊이 폭 함께 가능한 한 작은 것이 바람직하다.
- [0088] 장치 제어부(33)는 마크부 형성 제어부(35)로부터 송출된 정보에 의거하여, 이온 빔 조사계(20)를 제어하고, 가공면(1a)을 향하여 이온 빔(20A)을 조사시킨다. 이로써 이온 빔(20A)에 의해 시료(1)가 에칭되고, 마크부(4A)의 홈(4a, 4b)이 형성된다.
- [0089] 다음에, 마찬가지로 하여 마크부(4B)를 형성한다. 이상으로 마크부 형성 공정이 종료된다.
- [0090] 다음에, 단면 형성 공정을 행한다(도 3의 A는 이온 빔 방향이다).
- [0091] 본 공정은 마크부(4A, 4B)를 포함하는 폭(W)×높이(H)의 범위에서, 시료(1) 및 마크부(4A, 4B)에 대해 이온 빔(20A)에 의한 제거(removal) 가공을 시행하여, 가공면(1c)을 형성하는 공정이다.
- [0092] 본 실시예의 예에서는 마크부(4A, 4B)는 관찰 목표 단면(2)의 위치를 결정하는 기준 위치로부터 거리(L)의 위치에 형성되기 때문에, 최초의 단면 형성 공정은 마크부(4A, 4B)의 단부가 가공면(1c)에서 가공될 때까지 제거 가공을 행한다. 즉, 도 3에 도시하는 바와 같이 가공면(1a)으로부터, 관찰 목표 단면(2)을 향하여 비스듬하게 경사한 오목부로 이루어지는 공간(S)을 형성하여 가고, 기준 위치에서 X축 정방향을 향하여 L의 위치에서, 폭(W)×높이(H)의 가공면(1c)을 형성하는 가공을 행한다.
- [0093] 우선, 이온 빔 조사계(20)의 광축을 가공면(1a)의 기준 위치상으로 이동시킨다. 그리고, 이온 빔(20A)을 조사하여, 시료(1)를 폭(W)의 범위에서 Y축방향으로 왕복 이동시키면서, 시료(1)를 X축 부방향측으로 거리(L)의 위치까지 이동하여 간다.
- [0094] 이로써, 가공면(1a)상에서 이온 빔(20A)이 래스터 주사되고 공간(S)에 대응하는 영역이 제거 가공되고, 도 3에

도시하는 상태가 얻어진다.

- [0095] 이와 같은 단면 형성 공정에서, 이온 빔 조사계(20) 및 제어 유닛(30)은 단면 형성 제어부를 구성하고 있다.
- [0096] 이 제거 가공은 마크부(4A, 4B)의 X축방향의 단부가 가공 정밀도에 비하여 관찰 목표선(P)으로부터 충분히 떨어져 있고 있는 경우에는 가공 도중의 가공면(1c)을 SEM(18)에 의해 관찰하는 일 없이 행할 수 있다.
- [0097] 상기 제거 가공에서는 관찰 목표 단면(2)의 관찰에 지장이 있는 불순물이 박힐 우려가 없다면, 에칭 레이트를 향상하기 위해, 가스총(11)으로부터 에칭 레이트 증대용의 가스를 공급하여 가스 어시스트 에칭을 행하여도 좋다.
- [0098] 다음에, 관찰상 취득 공정을 행한다(도 3의 B는 전자 프로브 방향이다).
- [0099] 본 공정은 SEM(18)에 의해, 단면 형성 공정에서 형성된 가공면(1c)의 관찰상을 취득하는 공정이다.
- [0100] 즉, SEM 본체(18a)에 의해 생성되는 전자 프로브를 가공면(1c)상에서 래스터 주사시키고, 각각의 주사 위치에서 가공면(1c)으로부터 방사되는 2차 전자를 2차 전자 검출기(18b)에 의해 검출한다.
- [0101] 2차 전자 검출기(18b)는 2차 전자의 검출 출력을 전자 프로브의 주사 위치와의 동기를 취하는 동기 신호와 함께 제어 유닛(30)의 화상 취입부(31)에 송출한다.
- [0102] 화상 취입부(31)는 동기 신호에 의거하여, 송출된 2차 전자 검출기(18b)로부터의 검출 출력을 전자 프로브의 주사 위치마다의 휘도 데이터로서 받아들이고, 2차원 화상 데이터를 생성하여, 기억부(32)에 송출한다. 기억부(32)에 기억된 2차원 화상 데이터는 장치 제어부(33)에 의해, 표시부(38)에 영상 신호로서 송출되고, 표시부(38)에 표시된다.
- [0103] 다음에, 가공 위치 정보 취득 공정을 행한다.
- [0104] 본 공정은 관찰상 취득 공정에서 취득된 관찰상인 2차원 화상 데이터로부터, 가공면(1c) 내에서의 마크부(4A, 4B)의 마크 형상 및 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나를 취득하여, 이 마크 형상 및 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나로부터, 2차원 화상에 대응하는 가공면(1c)의 가공 위치의 정보를 취득하는 공정이다.
- [0105] 본 실시예에서는 가공 위치의 정보는 연산 처리부(34)에 의해 2차원 화상 데이터를 화상 처리하여 취득한다. 예를 들면, 마크 형상인 채널 형상 또는 U자형상의 홈형상을 에지 추출 등의 화상 처리에 의해 추출하고, 홈 내면의 Y축방향의 위치, 홈의 폭, 홈 중심의 위치 등을 산출한다.
- [0106] 그러나, 필요한 가공 위치의 정보의 정밀도에 의해서는 표시부(38)에 표시된 화상을 가공자가 관찰하여 표시부(38)의 화상으로부터 개략적으로 가공 위치를 파악할 뿐이라도 좋다.
- [0107] 가공면(1c)의 위치 정보는 가공면(1c)에서 가공된 홈(4a, 4b)의 마크 형상의 중심 사이 거리로부터 일의적으로 구해진다. 예를 들면, 도 6(a)에 도시하는 바와 같이 마크부(4A, 4B)가 홈(4a, 4b)의 단부에서 가공된 경우, 마크 형상의 중심 사이 거리를 d1이라고 하면, 다음 식과 같이 관찰 목표선(P)까지의 거리(L0-L)를 알 수 있다.
- [0108]
$$L_0 - L = (d_1 \cdot \tan \theta) / 2 \dots (1)$$
- [0109] 이 관계는 기억부(32)에 미리 기억하여 둔다.
- [0110] 가공면(1c)의 관찰 방향의 위치가 도 5에 도시하는 C-C선, D-D선, F-F선과 같이 변화하면, 그것에 응하여, 중심 사이 거리가 d2, d3, d4와 같이 변화한다. 이들과 d1과의 비를 취하면, 상사비(relationship of similarity ratio)의 관계로부터, 각각의 위치에 있어서의 관찰 목표선(P)까지의 거리를 산출할 수 있다. 예를 들면, 중심 사이 거리가 d2로 된 경우, 관찰 목표선(P)까지의 거리(x)는 $x = (L_0 - L) \cdot (d_2 / d_1)$ 가 된다.
- [0111] 가공면(1c)이 관찰 목표선(P)에 근접하면, 홈(4a, 4b)은 합체하고 마크 형상은 하나의 홈이 된다. 가공면(1c)과 관찰 목표선(P)인 일치한 경우에는 도 6(d)에 도시하는 바와 같이 교차부(4c)가 파단되고, 홈(4a, 4b)의 폭 및 각도(θ)에 응하여 미리 알려진 최소폭의 홈 형상이 나타난다.
- [0112] 따라서, 본 공정에서는 마크부(4A)(4B)의 위치에 2개의 홈의 마크 형상이 나타났던 경우는 그들의 중심 사이 거리를 산출함에 의해, 또한, 마크부(4A)(4B)의 위치에 하나의 홈의 마크 형상이 나타난 경우는 그 홈 폭을 산출함에 의해 가공면(1c)으로부터 관찰 목표선(P)까지의 거리를 구할 수 있다. 즉, 본 실시예는 가공 위치 정보 취득 공정에서, 마크부의 마크 형상 및 마크 형상의 위치를 취득하여, 가공면(1c)의 위치의 정보를 취득하는 경우의 예로 되어 있다.

- [0113] 또한, 본 실시예에서는 마크부(4A, 4B)를 동일 형상으로 형성하기 때문에, 마크부(4A)로부터 취득된 가공면(1c)의 위치 정보와, 마크부(4B)로부터 취득된 가공면(1c)의 위치 정보가 다른 경우, 가공면(1c)이 관찰 목표선(P)에 대해 비평행하게 형성되어 있는 것을 검출할 수 있고, 관찰 목표선(P)에 대한 교차각을 산출할 수 있다.
- [0114] 다음에, 단면 가공 제어 공정을 행한다.
- [0115] 본 공정은 가공 위치 정보 취득 공정에 의해 취득된 가공면(1c)의 위치 정보에 대응하여, 다음의 관찰용 단면을 형성하는지의 여부를 판정함과 함께, 다음의 관찰용 단면을 형성하는 경우에는 현재의 가공면(1c)의 위치 정보에 의거하여, 다음의 단면 형성 공정에서의 제거 가공량을 설정하는 것이다.
- [0116] 본 실시예에서는 관찰 목표 단면(2)의 부근의 관찰 영역이 미리 설정되고, 관찰 목표 단면(2)을 포함하는 복수의 단면을 관찰하도록 하고 있다. 그 때문에, 장치 제어부(33)는 가공 위치 정보 취득 공정에 의해 취득된 가공면(1c)의 위치로부터, 관찰 영역의 가장 X축 정방향측에 도달하던지, 관찰 영역의 범위 외가 되었다고 판정할 경우에는 단면 가공을 종료하는 제어를 행한다.
- [0117] 그 이외의 경우는 장치 제어부(33)는 연산 처리부(34)에 의해 관찰 목표선(P)까지의 거리로부터, 관찰 목표선(P)을 초과하지 않는 범위의 제거 가공량을 산출한다. 그리고, 이 제거 가공량에 응하여, 필요에 응하여 이온 빔(20A)의 빔 지름 등 바꾸어서, 상기한 바와 마찬가지로 단면 형성 공정을 행하고, 또한, 관찰상 취득 공정, 가공 위치 정보 취득 공정, 및 단면 가공 제어 공정을 반복하는 제어를 행한다. 이로써, 시료(1)에 대한 단면 가공을 자동 가공에 의해 행할 수 있다.
- [0118] 제거 가공량은 관찰 목표선(P)까지의 사이 및 관찰 목표선(P)을 초과하고 나서 관찰한 단면의 수에 응하여, 적절한 량이 되도록, 연산식이나 테이블 테이블의 형태로, 기억부(32)에 기억하여 둔다. 또한, 제거 가공량의 설정은 가공면(1c)이 관찰 목표선(P)에 대해 경사하고 있는 경우에는 이온 빔(20A)의 주사 방향을 보정하고, XY평면상으로 사다리꼴의 영역을 제거 가공하는 설정도 포함하는 것으로 한다.
- [0119] 그러나, 단면 가공의 정지, 속행의 판단, 또는 제거 가공량의 설정은 가공 위치 정보 취득 공정에서 취득된 가공면(1c)의 가공 위치의 정보에 의거하여, 가공자가 판단하고, 수동으로 제거 가공량을 설정하여도 좋다.
- [0120] 이와 같이 단면 가공 장치(100)에 의하면, 관찰 목표 단면(2)을 포함하여, 관찰 목표 단면(2)의 부근의 관찰 영역에서의 시료(1)의 단면 관찰을 행할 수가 있다.
- [0121] 그 때, 관찰상 취득 공정에서 취득되는 관찰상에는 마크부(4A, 4B)의 마크 형상이 포함되기 때문에, 가공 위치 정보 취득 공정에 의해, 이들 마크 형상 및 마크 형상의 위치로부터 관찰된 가공면(1c)의 위치 정보를 취득할 수 있고, 단면 가공 제어 공정에 의해, 관찰 목표 단면(2)을 포함하는 관찰 영역 내의 단면 관찰을 확실하게 행할 수 있다. 즉, 가공면(1c)의 위치 정보를 얻기 위해, 종래 기술과 같이 예를 들면 가공면(1a)의 화상을 취득하는 공정 등을 마련하지 않아도 되기 때문에, 종래에 비하여 단면 가공의 가공 효율을 향상할 수 있다.
- [0122] 또한, 단면 관찰상 취득 제어부로서, SEM(18)을 이용하기 때문에, 단면 관찰상 취득 공정을 단면 형성 공정과 병행하여 행하도록 하면, 더욱 가공 효율을 향상할 수 있다.
- [0123] 다음에, 본 실시예의 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 변형례에 관해 설명한다. 이들의 마크부는 전부, 상기 실시예의 마크부(4A, 4B)에 대신하여 이용할 수 있다.
- [0124] 도 7(b)는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 1 변형례의 마크 형상을 도시하는 모식적인 부분 단면도이다. 도 8(a), (b)는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 2 변형례의 모식적인 평면도(조사 방향에서 본) 및 정면도(관찰 방향에서 본)이다. 도 9(a), (b)는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 3 변형례의 모식적인 평면도 및 정면도이다. 도 10(a), (b)는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 4 변형례의 모식적 이음 평면도 및 정면도이다. 도 10(c)는 도 10(b)에서의 G-G 단면도이다. 도 11(a), (b)는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 5 변형례의 모식적인 평면도 및 정면도이다.
- [0125] 제 1 변형례의 마크부(40)는 도 7(b)에 도시하는 바와 같이 상기한 마크부(4A)(4B)를 형성한 후, 홈(4a, 4b), 교차부(4c)가 적절한 재질에 의해 메워진 디포지션부(5)를 형성하여 이루어지는 것이다.
- [0126] 디포지션부(5)의 재질은 관찰상 취득 제어부에 의해 마크 형상이 식별 가능하면 특히 한정되지 않는다.
- [0127] 디포지션은 가스총(11)으로부터 디포지션용 가스를 공급하여 이온 빔(20A)을 조사함으로써 행할 수 있다.

- [0128] 제 2 변형례의 마크부(6)는 도 8(a)에 도시하는 바와 같이 관찰 목표선(P)에 대해, 각도(θ)로 교차하는 홈(6a, 6b)이 관찰 방향에서 관찰 목표선(P)측을 향하여 오그라드는 산(山)형상에 마련하고, 관찰 목표선(P)상에 산형의 정부(top portion)(6c)(수축부)를 형성하는 것이다.
- [0129] 본 변형례의 마크부(6)는 관찰 목표 단면(2)에 도달하기까지의 사이를 관찰 영역으로 하는 경우에 알맞은 것이다.
- [0130] 본 변형례에서는 가공 위치 정보 취득 공정은 상기 실시예와 완전히 마찬가지로 하여 행할 수 있다.
- [0131] 제 3 변형례의 마크부(7)는 도 9(a), (b)에 도시하는 바와 같이 저면(7c)상에, 관찰 목표선(P)에 대해 각각 각도(θ)로 교차하고 관찰 목표선(P)측을 향하여 오그라드는 내측면(7a, 7b)을 구비하는 삼각주(triangular pillar)형상의 홈으로 이루어진다. 내측면(7a, 7b)의 교선(intersection)은 수축부를 구성한다.
- [0132] 본 변형례의 마크부(7)에 의하면, 단면 형성 공정에 의해 가공됨으로서, 도 9(b)에 도시하는 바와 같이 가공면(1c)상에 채널 형상을 이루는 에지(La, Lc, Lb)가 형성되고, SEM(18)에 의해 식별 가능해진다. 그리고, 가공면(1c)의 위치는 상기 실시예의 홈(4a, 4b)의 중심 사이 거리(d)에 대신하여, 에지(La, Lb)의 거리(d)를 이용함으로써, 상기한 바와 마찬가지로 하여 산출할 수 있다.
- [0133] 또한, 본 변형례는 상기 제 2 변형례와 마찬가지로, 관찰 목표 단면(2)에 도달하기까지의 사이를 관찰 영역으로 하는 경우에 알맞은 것이다.
- [0134] 본 변형례에서는 가공 위치 정보 취득 공정은 상기 실시예와 완전히 마찬가지로 하여 행할 수 있다.
- [0135] 제 4 변형례의 마크부(8)는 도 10(a), (b), (c)에 도시하는 바와 같이 관찰 목표선(P)에 교차하고, 관찰 목표선(P)으로부터의 거리에 응하여 깊이가 변화한 홈으로 이루어지는 것이다. 예를 들면, 내측면(8a, 8b)에 끼여지고, 가공면(1c)에서 깊이(k)로 관찰 방향으로 진행됨에 따라 깊이가 작아지고, 관찰 목표선(P)과 교차한 위치에서, 깊이가 k0이 되는 경사 저면(8c)을 갖는 삼각 슬릿형상의 것을 채용할 수 있다.
- [0136] 본 변형례의 마크부(8)에 의하면, 단면 형성 공정에 의해 가공됨으로써 가공면(1c)에 나타나는 마크 형상인 경사 저면(8c)의 에지의 위치가 변화하기 때문에, 가공면(1c)의 위치 정보를 산출할 수 있다.
- [0137] 본 변형례에서는 가공면(1c)의 위치는 내측면(8a, 8b)의 위치나 형상에는 관계가 없기 때문에, 2차원 화상 데이터로부터 경사 저면(8c)에 의한 에지 위치만을 취득하면 좋다. 따라서 연산 처리부(34)에서의 화상 처리가 간소화된다.
- [0138] 또한, 본 변형례는 가공 위치 정보 취득 공정에서, 마크부의 마크 형상의 위치만을 취득하여 관찰용 단면의 가공 위치의 정보를 취득하는 경우의 예로 되어 있다. 또한, 수축부를 갖지 않는 마크부의 예로 되어 있다.
- [0139] 또한, 본 변형례는 도 10에 도시하는 바와 같이 경사 저면(8c)이 삼각 슬릿의 사면(斜邊)을 구성하는 경사 평면으로 이루어지는 경우의 예로 설명하였지만, 경사 저면(8c)의 깊이로부터, 관찰 목표선(P)에 대한 가공면(1c)의 위치를 구할 수 있으면, 경사 저면(8c)은 만곡면이라도 좋다.
- [0140] 제 5 변형례의 마크부(9)는 도 11(a), (b)에 도시하는 바와 같이 각각, 길이가 다르고, 가공면(1c)으로부터 관찰 목표선(P)까지의 사이에서, 가공 위치에 의해 마크 형상의 개수가 변화하도록 길이를 바꾸어서 마련된 홈(9a, 9b, 9c, 9d, 9e, 9f, 9e, 9g)으로 이루어진다. 본 예에서는 홈(9d)이 관찰 목표선(P)까지 도달하고, 다른 것은 모두 관찰 방향의 홈 길이가 홈(9d)보다도 짧은 구성으로 되어 있다.
- [0141] 본 변형례의 마크부(9)에 의하면, 단면 형성 공정에 의해 가공됨으로서 가공면(1c)에 나타나는 마크 형상의 개수가 7개로부터 0개까지 변화하고, 개수가 적어질수록, 관찰 목표선(P)에 근접한 것을 검출할 수 있도록 되어 있다. 이 때문에, 가공면(1c)의 위치 정보를 가공면(1c)이 존재한 위치 범위의 정보로서 취득할 수 있다.
- [0142] 본 변형례는 홈의 개수를 셀 수 있으면 좋기 때문에, 마크 형상의 위치를 정확하게 구할 필요는 없다. 그 때문에, 가공 위치 정보 취득 공정에서, 마크부의 마크 형상만을 취득하여 관찰용 단면의 가공 위치의 정보를 취득하는 경우의 예로 되어 있다.
- [0143] 상기 여러가지의 마크부의 예에 관해 설명하였지만, 이들의 마크부로 한하지 않고, 단면 가공을 진행함에 따라 마크 형상 및 마크 형상의 위치의 적어도 어느 하나가 목표 단면을 향하여 수축하는 마크부는 어떤 형상이라도 채용할 수 있다. 또한, 관찰 목표선(P)에 근접한 것을 검출할 수 있다면, 수축부를 갖지 않는 마크부라도 좋다.
- [0144] 또한, 상기한 설명에서는 마크부(4A, 4B)의 교차부(4c)나, 마크부(6)의 정부(6c)나, 마크부(7)의 내측면(7a,

7b)의 교차 위치를 각각 관찰 목표선(P)상에 배치하는 경우의 예로 설명하였지만, 이들의 배치 위치는 관찰 목표선(P)의 관찰 방향 앞쪽측의 일정 위치에 설정하여도 좋다.

[0145] 또한, 상기한 설명에서는 가공면(1c)을 형성하여 SEM(18)으로 단면 관찰을 행하는 경우의 예로 설명하였지만, 관찰 목표 단면(2)의 부근까지 파단한 후, 관찰 방향의 역방향으로부터 관찰 목표선(P)을 향하여 단면 가공을 행하고, 관찰 목표 단면(2)을 포함하는 박판을 형성하여, 시료(1)로부터 잘라내고, TEM에 의해, 관찰 목표 단면(2)의 단면 관찰을 행하도록 하여도 좋다.

[0146] 즉, 본 실시예의 단면 가공 방법은 TEM 시료를 작성한 경우에도 알맞은 단면 가공 방법으로 되어 있다.

[0147] 또한, 상기한 설명에서는 관찰상 취득 공정의 후에, 가공 위치 정보 취득 공정과, 단면 가공 제어 공정을 행하는 경우의 예로 설명하였지만, 마크부를 파단하는 정도의 관찰 목표 단면의 부근 위치를 관찰할 뿐으로 좋은 경우에는 관찰상 취득 공정에서, 마크부가 파단되어 들어가는 것을 알 수 있으면, 또한 단면 형성 공정을 계속하지 않아도 좋기 때문에, 가공 위치 정보 취득 공정, 단면 가공 제어 공정을 생략하여도 좋다.

[0148] 또한, 상기에 설명한 실시예, 변형례에 기재된 모든 구성 요소는 기술적으로 가능하면, 본 발명의 기술적 사상의 범위에서, 치환하거나, 조합시키거나 하여 실시할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0149] 도 1은 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 모식적인 사시도.

[0150] 도 2는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 모식적인 단면도.

[0151] 도 3은 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치에 의해 가공중의 시료의 양상을 도시하는 모식적인 사시도.

[0152] 도 4는 발명의 실시예에 관한 단면 가공 장치의 제어 유닛의 기능 블록도.

[0153] 도 5는 도 3에서의 A로 본 부분 확대도.

[0154] 도 6은 가공면이 각각 도 5에서의 C-C선, D-D선, E-E선, F-F선에 따른 단면에 도달한 때의, 도 3에서의 B로 본 방향의 부분 확대도.

[0155] 도 7은 본 발명의 실시예에 관한 마크부의 마크 형상의 한 예 및 제 1 변형례의 마크 형상을 도시하는 모식적인 부분 단면도.

[0156] 도 8은 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 2 변형례의 모식적인 평면도(조사 방향에서 본) 및 정면도(관찰 방향에서 본).

[0157] 도 9는 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 3 변형례의 모식적인 평면도 및 정면도.

[0158] 도 10은 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 4 변형례의 모식적인 평면도 및 정면도.

[0159] 도 11은 본 발명의 실시예에 관한 단면 가공 방법에 이용하는 마크부의 제 5 변형례의 모식적인 평면도 및 정면도.

[0160] (부호의 설명)

[0161] 1 : 시료

[0162] 1c : 가공면(관찰용 단면)

[0163] 2 : 관찰 목표 단면

[0164] 4A, 4B, 6, 7, 8, 9 : 마크부

[0165] 4c : 교차부(수축부)

[0166] 6c : 정부(수축부)

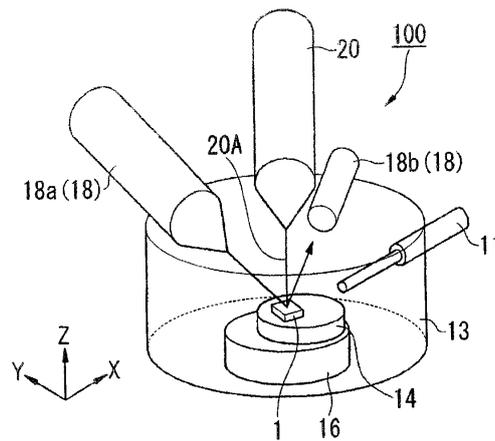
[0167] 14 : 시료대

[0168] 16 : 시료 스테이지

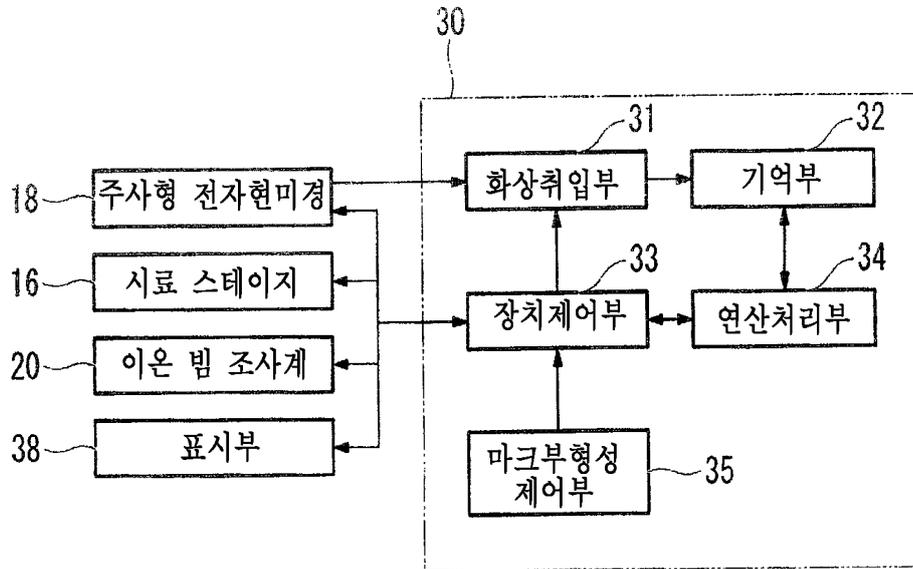
- [0169] 18 : 주사형 전자현미경(SEM, 제 2의 집속 빔 장치)
- [0170] 18a : SEM 본체
- [0171] 18b : 2차 전자 검출기
- [0172] 20 : 이온 빔 조사계(제 1의 집속 빔 장치)
- [0173] 20A : 이온 빔(제 1의 집속 빔)
- [0174] 30 : 제어 유닛(단면 가공 제어 유닛, 제 1의 집속 빔 장치)
- [0175] 33 : 장치 제어부
- [0176] 34 : 연산 처리부(가공 위치 정보 취득부)
- [0177] 35 : 마크부 형성 제어부
- [0178] 38 : 표시부
- [0179] 100 : 단면 가공 장치
- [0180] P : 관찰 목표선

도면

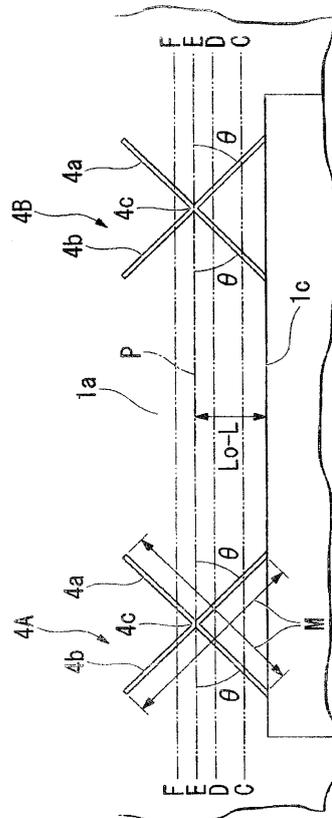
도면1



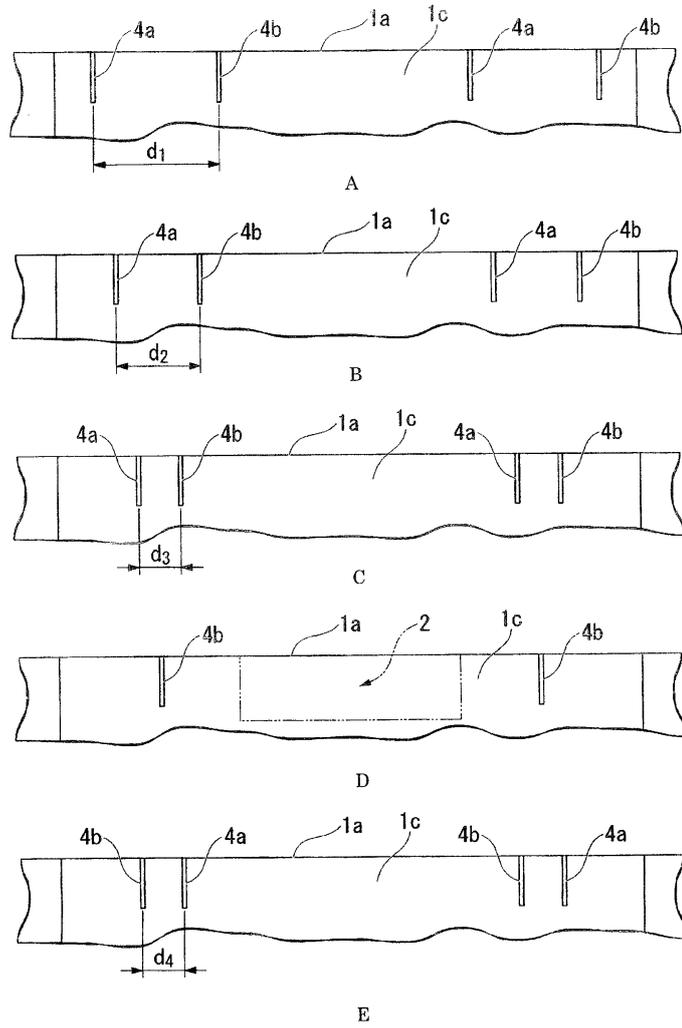
도면4



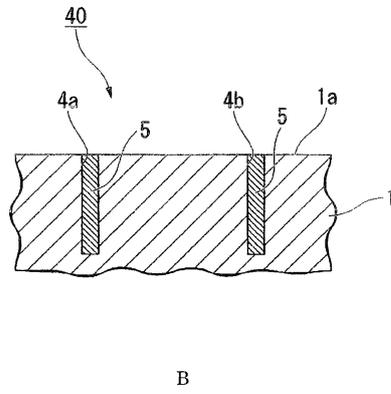
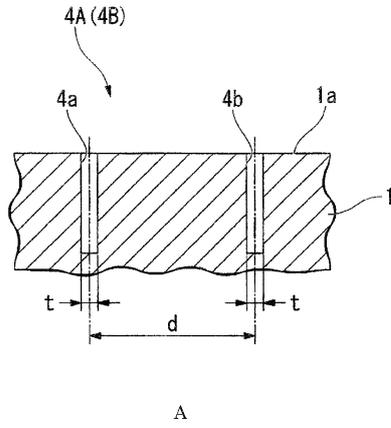
도면5



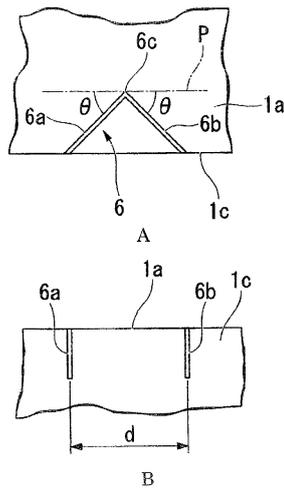
도면6



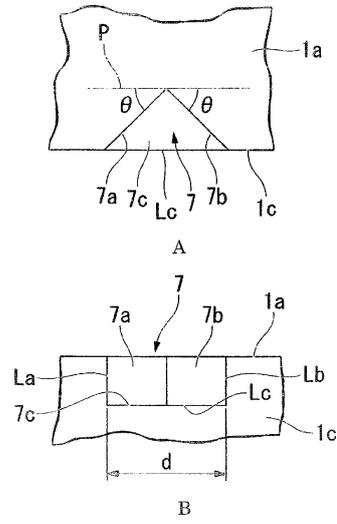
도면7



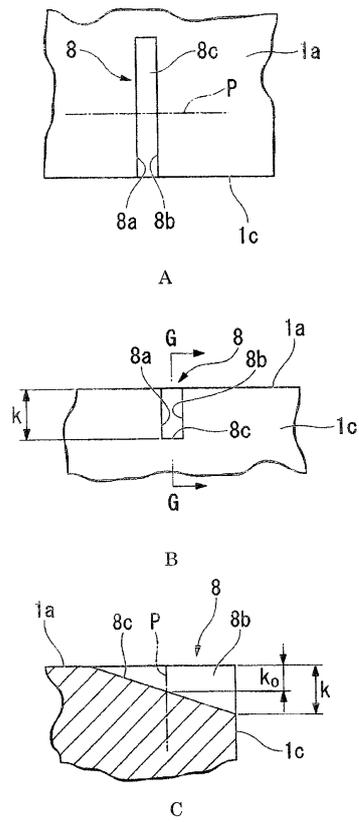
도면8



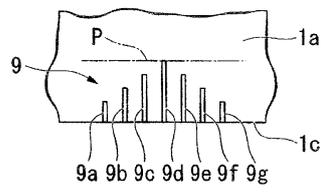
도면9



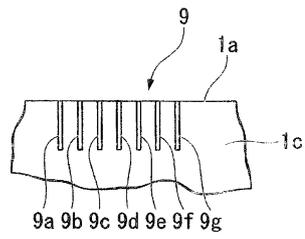
도면10



도면11



A



B