



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0137544  
(43) 공개일자 2022년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 43/12 (2006.01) H01L 43/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 43/12 (2021.01)  
H01L 43/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2022-0037096  
(22) 출원일자 2022년03월25일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
JP-P-2021-063628 2021년04월02일 일본(JP)

(71) 출원인  
도쿄엘렉트론가부시키키가이사  
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1고  
(72) 발명자  
구보, 다쿠야  
일본 107-6325 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3-1 아카사카 비즈타워 도쿄 엘렉트론 가부시키키가이사 내  
마에하라, 히로키  
일본 107-6325 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3-1 아카사카 비즈타워 도쿄 엘렉트론 가부시키키가이사 내  
(74) 대리인  
장수길, 김성환, 성재동

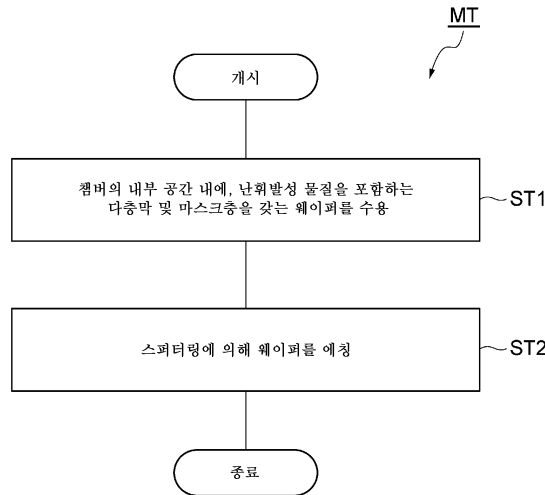
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **에칭 방법**

(57) 요약

본 발명은, 물리적 스퍼터링 현상을 사용한 가공 방법에 있어서, 스퍼터링된 원자의 에칭 측벽에의 부착을 억제하는 기술을 제공한다. 일 실시 형태의 에칭 방법에서는, 플라스마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의해 웨이퍼가 에칭된다. 웨이퍼에서는, 난휘발성 재료를 포함하는 다층막의 표면 상에서의 마스크층의 높이(h)를, 표면이 노출된 노출 공간의 일부를 구획 형성하는 인접한 마스크층의 2개의 측벽이 표면에서 이루는 간격(D)으로 나누어서 얻어지는 에스펙트비(h/D)가, 측벽과 교차하고, 표면에 수직인 수직면에 대한 측벽의 경사 각도를  $\theta$ , 스퍼터링에서 생기는 수직면에서의 이온의 입사 각도의 상한값을  $\phi$ 로 한 조건:  $h/D \geq 1/(\tan(\phi) - \tan(\theta))$ 를 충족하고, 에칭 방법에서는, 챔버의 내부 공간 내에 공급하는 처리 가스로부터 생성되는 플라스마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의해 다층막이 에칭된다.

대표도 - 도1



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

플라즈마 처리 장치에 의해 생성되는 플라즈마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의한 웨이퍼의 에칭 방법이며,

상기 웨이퍼는, 난휘발성 재료를 포함하는 다층막 및 해당 다층막의 표면 상에 마련된 마스크층을 포함하고, 해당 표면 상에는, 해당 마스크층에 의해 덮여 있지 않은 영역이며 해당 표면이 노출되어 있는 노출 공간이 마련되어 있고,

상기 표면 상에서의 상기 마스크층의 높이(h)를, 상기 노출 공간의 일부를 구획 형성하는 인접한 해당 마스크층의 2개의 측벽이 해당 표면에서 이루는 간격(D)으로 나누어서 얻어지는 에스펙트비(h/D)는, 해당 측벽과 교차하고, 해당 표면에 수직인 수직면에 대한 해당 측벽의 경사 각도를  $\theta$ 로 나타내고, 스퍼터링에서 생기는 해당 수직면에서의 이온의 입사 각도의 상한값을  $\phi$ 로 나타낸 조건:  $h/D \geq 1/(\tan(\phi) - \tan(\theta))$ 를 충족하고 있고,

상기  $\phi$ 는, 상기  $\theta$ 보다 크고,

당해 에칭 방법은,

상기 플라즈마 처리 장치의 챔버의 내부 공간 내에 상기 웨이퍼를 수용하는 공정과,

상기 내부 공간 내에 공급하는 처리 가스로부터 생성되는 플라즈마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의해, 상기 다층막을 에칭하는 공정

을 포함하는 에칭 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기  $\theta$ 가 0도인 경우, 상기 조건은,  $h/D \geq 1/\tan(10^\circ)$ 인, 에칭 방법.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 마스크층은, 패턴의 일부를 구획 형성하는 블록부 및 해당 블록부의 외주를 둘러싸는 외주 영역을 포함하고,

상기 노출 공간은, 상기 블록부 및 상기 외주 영역의 사이의 공간을 포함하고,

상기 외주 영역은, 상기 다층막을 에칭하는 상기 공정 후에 제거되는, 에칭 방법.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마스크층은, 패턴을 구획 형성하는 복수의 블록부를 갖는 패턴 영역 및 해당 패턴 영역의 외측에 마련된 외측 영역을 포함하고,

상기 노출 공간은, 상기 패턴 영역 및 상기 외측 영역의 사이의 공간을 포함하고,

상기 외측 영역은, 상기 다층막을 에칭하는 상기 공정 후에 제거되는, 에칭 방법.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 처리 가스는, 희가스를 포함하는, 에칭 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 처리 가스는, 산소 가스, 불소 가스, 플루오로카본, 알코올 가스, 할로젠 가스, 탄화수소 가스, 탄산 가스, 수소 가스 및 질소 가스를 또한 포함하는, 에칭 방법.

#### 청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 처리 가스에 포함되는 희가스는, Ar 가스, Ne 가스, Kr 가스의 적어도 하나를

포함하는, 에칭 방법.

**청구항 8**

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 다층막에 포함되는 난휘발성 재료는, Ru, Ir, Co, Fe, Mg, Pt, W, Mo, Ni로 이루어지는 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속, 합금 화합물, 금속 산화물 및 금속 질화물의 적어도 하나를 포함하고,

상기 합금 화합물은, 상기 금속군에 포함되는 2개 이상이 금속으로 이루어지는 화합물이며,

상기 금속 산화물은, 상기 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속의 산화물이며,

상기 금속 질화물은, 상기 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속의 질화물인, 에칭 방법.

**청구항 9**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마스크층의 재료는, Ti, TiN, Ta, TaN의 적어도 하나를 포함하는, 에칭 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시의 예시적 실시 형태는, 자기 저항 효과 소자의 제조에 있어서 실행되는 에칭 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 자기 터널 접합(MTJ: Magnetic Tunnel Junction)층을 포함하는 자기 저항 효과 소자는, 예를 들어 MRAM(Magneto-resistive Random Access Memory) 등의 디바이스에서 이용되고 있다. 자기 저항 효과 소자의 제조에 있어서는, 다층막의 에칭이 행하여진다. 자기 저항 효과 소자의 제조에서 실행되는 에칭은, 미세한 패턴에 기초하여 행하여지는 경우가 있다. 이러한 에칭에 대해서는, 특허문헌 1에 기재되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공표 제2014/002336호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] 본 개시는, 물리적 스퍼터링 현상을 사용한 가공 방법에 있어서, 스퍼터링된 원자의 에칭 측벽에의 부착을 억제하는 기술을 제공한다.

**과제의 해결 수단**

[0005] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 플라스마 처리 장치에 의해 생성되는 플라스마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의한 웨이퍼의 에칭 방법이 제공된다. 웨이퍼는, 난휘발성 재료를 포함하는 다층막, 및 다층막의 표면 상에 마련된 마스크층을 포함하고, 표면 상에는 마스크층에 의해 덮여 있지 않은 영역이며 표면이 노출되어 있는 노출 공간이 마련되어 있다. 표면 상에서의 마스크층의 높이(h)를, 노출 공간의 일부를 구획 형성하는 인접한 마스크층의 2개의 측벽이 표면에서 이루는 간격(D)으로 나누어서 얻어지는 에스펙트비(h/D)는, 다음 조건을 충족한다. 즉, h/D는, 측벽과 교차하고, 표면에 수직인 수직면에 대한 측벽의 경사 각도를  $\theta$ 로 나타내고, 스퍼터링에서 생기는 수직면의 이온의 입사 각도의 상한값을  $\phi$ 로 나타낸 조건:  $h/D \geq 1/(\tan(\phi) - \tan(\theta))$ 를 충족한다.  $\phi$ 는,  $\theta$ 보다 크다. 이 에칭 방법은, 하기의 2개의 공정을 포함한다. 최초의 공정은, 플라스마 처리 장치의 챔버의 내부 공간 내에 웨이퍼를 수용한다. 계속되는 공정은, 내부 공간 내에 공급하는 처리 가스로부터 생성되는 플라스마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의해 다층막을 에칭한다.

**발명의 효과**

[0006] 하나의 예시적 실시 형태에 따르면, 물리적 스퍼터링 현상을 사용한 가공 방법에 있어서, 스퍼터링된 원자의 에칭 측벽에의 부착을 억제하는 기술이 제공된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0007] 도 1은 하나의 예시적 실시 형태에 따른 에칭 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 2는 일례의 웨이퍼의 다층막 및 마스크층의 개략을 도시하는 단면도이다.
- 도 3은 도 1에 도시하는 에칭 방법의 실행에 사용하는 것이 가능한 플라즈마 처리 장치의 일례를 개략적으로 도시하는 도면이다.
- 도 4는 일례의 마스크층의 일부 형상을 평면으로 본 도면이다.
- 도 5는 다른 일례의 마스크층의 일부 형상을 평면으로 본 도면이다.
- 도 6은 다른 일례의 마스크층의 일부 형상을 평면으로 본 도면이다.
- 도 7은 다른 일례의 마스크층의 일부 형상을 평면으로 본 도면이다.
- 도 8은 일례의 마스크층의 애스펙트비를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 다층막의 스퍼터링에 의한 에칭 모습을 예시하는 도면이다.
- 도 10은 일례의 마스크층이 패턴의 일부를 구획 형성하는 블록부 및 블록부의 외주를 둘러싸는 외주 영역을 포함하는 경우에 있어서의 마스크층의 일부 형상을 평면으로 본 도면이다.
- 도 11은 다른 일례의 마스크층이 패턴의 일부를 구획 형성하는 블록부 및 블록부의 외주를 둘러싸는 외주 영역을 포함하는 경우에 있어서의 마스크층의 일부 형상을 평면으로 본 도면이다.
- 도 12는 일례의 마스크층이 패턴을 구획 형성하는 복수의 블록부를 갖는 패턴 영역 및 패턴 영역의 외측에 마련된 외측 영역을 포함하는 경우에 있어서의 마스크층의 일부 형상을 평면으로 본 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0008] 이하, 다양한 예시적 실시 형태에 대해서 설명한다.
- [0009] MRAM 디바이스의 제조에 있어서는, 기억 매체에 사용되는 전이 금속이나 자성체막의 가공에 어려움이 있을 수 있다. 즉, 아르곤 이온의 물리적 스퍼터링 현상을 이용한 가공 방법(이온 밀링)에서는, 마스크와의 선택성이 낮아, 에칭 측벽에 스퍼터링된 원자가 부착되므로, MRAM 디바이스의 미세화에는 한계를 있을 수 있다. 이 때문에, 기판을 회전시켜, 기판 상에 형성된 패턴 홈이 연장되는 방향측으로부터 입사하는 이온빔에 의한 에칭양이 경사 방향측으로부터 입사하는 이온빔에 의한 에칭양보다도 커지는 MRAM 디바이스의 제조 방법이 검토되어 있다. 이에 의해, 패턴 홈(구멍)의 저부에서 재부착막의 퇴적이 억제되어, 미세 패턴이 형성될 수 있다. 그러나, 미세화를 진척시켜 나가는 데 있어서, 경사 방향측으로부터의 이온빔은, 패턴 홈(구멍)의 저부까지 도달하지 않게 되어, 정밀도가 좋은 에칭이 곤란해질 수 있다. 이 때문에, MRAM 디바이스의 미세화를 더욱 진척시킬 수 있는 에칭 방법의 개발이 요망되고 있다.
- [0010] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 플라즈마 처리 장치에 의해 생성되는 플라즈마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의한 웨이퍼의 에칭 방법이 제공된다. 웨이퍼는, 난휘발성 재료를 포함하는 다층막, 및 다층막의 표면 상에 마련된 마스크층을 포함하고, 표면 상에는 마스크층에 의해 덮여 있지 않은 영역이며 표면이 노출되어 있는 노출 공간이 마련되어 있다. 표면 상에서의 마스크층의 높이(h)를, 노출 공간의 일부를 구획 형성하는 인접한 마스크층의 2개의 측벽이 표면에서 이루는 간격(D)으로 나누어서 얻어지는 애스펙트비(h/D)는, 다음 조건을 충족한다. 즉, h/D는, 측벽과 교차하고, 표면에 수직인 수직면에 대한 측벽의 경사 각도를  $\theta$ 로 나타내고, 스퍼터링에서 생기는 수직면의 이온의 입사 각도의 상한값을  $\phi$ 로 나타낸 조건:  $h/D \geq 1/(\tan(\phi) - \tan(\theta))$ 를 충족한다.  $\phi$ 는,  $\theta$ 보다 크다. 이 에칭 방법은, 하기의 2개의 공정을 포함한다. 최초의 공정은, 플라즈마 처리 장치의 챔버의 내부 공간 내에 웨이퍼를 수용한다. 계속되는 공정은, 내부 공간 내에 공급하는 처리 가스로부터 생성되는 플라즈마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의해 다층막을 에칭한다.
- [0011] 발명자는, 예의 연구한 결과, 상기 에칭 방법을, 상기 조건을 충족하는 고애스펙트비의 마스크층을 포함하는 웨

이퍼에 적용함으로써, 마스크의 측벽에 부착되는 퇴적막에 의한 치수 증가를 감소시킬 수 있어, 수직 가공이 가능하게 되는 것을 알아내었다.

- [0012] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서,  $\theta$ 가 0도인 경우, 조건은  $h/D \geq 1/\tan(10^\circ)$ 이다.
- [0013] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 마스크층은, 패턴의 일부를 구획 형성하는 볼록부 및 볼록부의 외주를 둘러싸는 외주 영역을 포함한다. 노출 공간은, 볼록부 및 외주 영역의 사이의 공간을 포함한다. 외주 영역은, 다층막을 에칭하는 공정 후에 제거된다.
- [0014] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 마스크층은, 패턴을 구획 형성하는 복수의 볼록부를 갖는 패턴 영역 및 패턴 영역의 외측에 마련된 외측 영역을 포함한다. 노출 공간은, 패턴 영역 및 외측 영역의 사이의 공간을 포함한다. 외측 영역은, 다층막을 에칭하는 공정 후에 제거된다.
- [0015] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 처리 가스는 희가스를 포함한다.
- [0016] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 처리 가스는, 탄산 가스, 탄화수소 가스, 수소 가스, 산소 가스, 불소 가스 및 질소 가스를 또한 포함한다.
- [0017] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 처리 가스에 포함되는 희가스는, Ar 가스, Ne 가스, Kr 가스의 적어도 하나를 포함한다.
- [0018] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 다층막에 포함되는 난휘발성 재료는, Ru, Ir, Co, Fe, Mg, Pt, W, Mo, Ni로 이루어지는 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속, 합금 화합물, 금속 산화물 및 금속 질화물의 적어도 하나를 포함한다. 합금 화합물은, 금속군에 포함되는 2개 이상의 금속으로 이루어지는 화합물이다. 금속 산화물은, 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속의 산화물이다. 금속 질화물은, 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속의 질화물이다.
- [0019] 하나의 예시적 실시 형태에 있어서, 마스크층의 재료는, Ti, TiN, Ta, TaN의 적어도 하나를 포함한다.
- [0020] 이하, 도면을 참조하여 다양한 예시적 실시 형태에 대해서 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일하거나 또는 상당하는 부분에 대해서는, 동일한 부호를 부여하는 것으로 한다.
- [0021] 도 1은 일 실시 형태에 따른 에칭 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 1에 도시하는 에칭 방법(이하, 「방법(MT)」이라고 함)은, 플라즈마 처리 장치에 의해 생성되는 플라즈마 중의 이온을 사용한 스퍼터링에 의한 웨이퍼의 에칭 방법이며, 일례로서, 자기 저항 효과 소자의 제조에서 실행될 수 있다.
- [0022] 도 2는 일례의 웨이퍼 다층막 및 마스크층의 개략을 도시하는 단면도이다. 방법(MT)은, 도 2에 도시하는 웨이퍼(W)의 다층막(L2)의 에칭을 위해서 실행될 수 있다. 일 실시 형태에 있어서, 웨이퍼(W)는 MRAM 디바이스이다. 도 2에 도시하는 바와 같이, 웨이퍼(W)는, 마스크층(L1), 다층막(L2) 및 하지층(L3)을 갖는다. 하지층(L3) 상에 다층막(L2)이 마련되고, 다층막(L2)의 표면(SF) 상에 마스크층(L1)이 마련되어 있다. 표면(SF) 상에는 마스크층(L1)에 의해 덮여 있지 않은 영역이며 표면(SF)이 노출되어 있는 노출 공간(OP)이 마련되어 있다.
- [0023] 마스크층(L1)은, 웨이퍼(W)에 형성하는 패턴을 구획 형성하는 형상을 갖는다. 마스크층(L1)의 재료는, 예를 들어 Ti, TiN, Ta, TaN의 적어도 하나를 포함한다.
- [0024] 다층막(L2)은, 적어도 자기 터널 접합층(MTJ층) 및 전극층을 포함한다. 다층막(L2)은, 난휘발성 재료를 포함한다. 다층막(L2)에 포함되는 난휘발성 재료는, 예를 들어 Ru, Ir, Co, Fe, Mg, Pt, W, Mo, Ni로 이루어지는 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속, 합금 화합물, 금속 산화물 및 금속 질화물의 적어도 하나를 포함한다. 상기 합금 화합물은, 상기 금속군에 포함되는 2개 이상이 금속으로 이루어지는 화합물이다. 상기 금속 산화물은, 상기 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속의 산화물이다. 상기 금속 질화물은, 상기 금속군에 포함되는 어느 하나의 금속의 질화물이다. 일 실시 형태에 있어서, 다층막(L2)으로부터는, MRAM 디바이스의 MTJ 필러, 라인·엔드·스페이스 구조, 홀 등이 형성될 수 있다.
- [0025] 하지층(L3)은, SiO<sub>2</sub>, SiN 등의 재료에 의해 구성되어 있다.
- [0026] 이하에서는, 도 2에 도시한 웨이퍼(W)에 적용되는 경우를 예로 해서, 방법(MT)의 설명을 행한다. 방법(MT)에서는, 플라즈마 처리 장치가 사용된다. 도 3은, 도 1에 도시하는 에칭 방법의 실행에 사용하는 것이 가능한 플라즈마 처리 장치의 일례를 개략적으로 도시하는 도면이다. 도 3에는, 플라즈마 처리 장치의 종단면 구조가 개략

적으로 도시되어 있다. 도 3에 도시하는 플라즈마 처리 장치(10)는, 용량 결합형 플라즈마 처리 장치이다.

- [0027] 플라즈마 처리 장치(10)는, 챔버 본체(12)를 구비하고 있다. 챔버 본체(12)는, 대략 원통 형상을 갖고 있다. 챔버 본체(12)는, 그 내측의 공간을 내부 공간(12c)으로서 제공하고 있다. 챔버 본체(12)는, 예를 들어 알루미늄으로 형성되어 있다. 챔버 본체(12)는 접지 전위에 접속되어 있다. 챔버 본체(12)의 내벽면, 즉, 내부 공간(12c)을 구획 형성하는 벽면에는, 내플라스마성을 갖는 막이 형성되어 있다. 이 막은, 양극 산화 처리에 의해 형성된 막, 또는 산화이트륨으로 형성된 막과 같은 세라믹스체의 막일 수 있다. 챔버 본체(12)의 측벽(12s)에는, 개구(12g)가 형성되어 있다. 웨이퍼(W)는, 내부 공간(12c)에 반입될 때, 및 내부 공간(12c)으로부터 반출될 때, 개구(12g)를 통과한다. 개구(12g)는, 게이트 밸브(14)에 의해 개폐 가능하다. 게이트 밸브(14)는, 측벽(12s)을 따라 마련되어 있다.
- [0028] 내부 공간(12c) 내에는 지지부(15)가 마련되어 있다. 지지부(15)는, 챔버 본체(12)의 저부로부터 상방으로 연장되어 있다. 지지부(15)는, 대략 원통 형상을 갖고 있다. 지지부(15)는, 석영과 같은 절연 재료로 형성되어 있다. 내부 공간(12c) 내에는 스테이지(16)가 또한 마련되어 있다. 스테이지(16)는 지지부(15)에 의해 지지되어 있다. 스테이지(16)는, 그 위에 탑재된 웨이퍼(W)를 지지하도록 구성되어 있다. 웨이퍼(W)는, 웨이퍼와 같이 원반 형상을 가질 수 있다. 스테이지(16)는, 하부 전극(18) 및 정전 척(20)을 포함하고 있다.
- [0029] 하부 전극(18)은, 제1 플레이트(18a) 및 제2 플레이트(18b)를 포함하고 있다. 제1 플레이트(18a) 및 제2 플레이트(18b)는, 예를 들어 알루미늄과 같은 금속으로 형성되어 있다. 제1 플레이트(18a) 및 제2 플레이트(18b) 각각은, 대략 원반 형상을 갖고 있다. 제2 플레이트(18b)는 제1 플레이트(18a) 상에 마련되어 있고, 제1 플레이트(18a)에 전기적으로 접속되어 있다.
- [0030] 제2 플레이트(18b) 상에는 정전 척(20)이 마련되어 있다. 정전 척(20)은, 절연층 및 당해 절연층 내에 내장된 전극을 갖고 있다. 정전 척(20)의 전극에는, 직류 전원(22)이 스위치(23)를 통해서 전기적으로 접속되어 있다. 정전 척(20)의 전극에 직류 전원(22)으로부터의 직류 전압이 인가되면, 정전 척(20)과 웨이퍼(W)의 사이에서 정전 인력이 발생한다. 발생한 정전 인력에 의해, 웨이퍼(W)는 정전 척(20)에 끌어 당겨져서, 정전 척(20)에 의해 보유 지지된다.
- [0031] 제2 플레이트(18b)의 주연부 상에는, 웨이퍼(W)의 에지 및 정전 척(20)을 둘러싸도록 포커스 링(24)이 배치된다. 포커스 링(24)은, 플라즈마 처리의 균일성을 향상시키기 위해서 마련되어 있다. 포커스 링(24)은, 플라즈마 처리에 따라서 적절히 선택되는 재료로 구성되어 있고, 예를 들어 석영으로 형성된다.
- [0032] 제2 플레이트(18b)의 내부에는 유로(18f)가 마련되어 있다. 유로(18f)에는, 챔버 본체(12)의 외부에 마련된 칠러 유닛으로부터 배관(26a)을 통해서 냉매가 공급된다. 유로(18f)에 공급된 냉매는, 배관(26b)을 통해서 칠러 유닛으로 되돌려진다. 즉, 칠러 유닛과 유로(18f)의 사이에서는 냉매가 순환된다. 이 냉매의 온도를 칠러 유닛에 의해 제어함으로써, 정전 척(20)에 의해 지지된 웨이퍼(W)의 온도가 제어된다.
- [0033] 플라즈마 처리 장치(10)에는, 가스 공급 라인(28)이 마련되어 있다. 가스 공급 라인(28)은, 전열 가스 공급 기구로부터의 전열 가스, 예를 들어 He 가스를, 정전 척(20)의 상면과 웨이퍼(W)의 이면의 사이에 공급한다.
- [0034] 플라즈마 처리 장치(10)는 상부 전극(30)을 또한 구비하고 있다. 상부 전극(30)은, 스테이지(16)의 상방에 마련되어 있고, 하부 전극(18)에 대하여 대략 평행하게 마련되어 있다. 상부 전극(30)은, 부재(32)와 함께 챔버 본체(12)의 상부 개구를 닫고 있다. 부재(32)는 절연성을 갖고 있다. 상부 전극(30)은, 이 부재(32)를 통해서 챔버 본체(12)의 상부에 지지되어 있다.
- [0035] 상부 전극(30)은, 천장판(34) 및 지지체(36)를 포함하고 있다. 천장판(34)은 내부 공간(12c)에 면하고 있다. 천장판(34)에는, 복수의 가스 토출 구멍(34a)이 마련되어 있다. 이 천장판(34)은, 한정되는 것은 아니지만, 예를 들어 실리콘으로 구성되어 있다. 혹은, 천장판(34)은, 알루미늄계 모재의 표면에 내플라스마성의 막을 마련한 구조를 가질 수 있다. 또한, 이 막은, 양극 산화 처리에 의해 형성된 막 또는 산화이트륨으로 형성된 막과 같은 세라믹스체 막일 수 있다.
- [0036] 지지체(36)는, 천장판(34)을 착탈 가능하게 지지하도록 구성되어 있다. 지지체(36)는, 알루미늄과 같은 도전성 재료로 형성될 수 있다. 지지체(36)의 내부에는, 가스 확산실(36a)이 마련되어 있다. 가스 확산실(36a)로부터는, 복수의 가스 구멍(36b)이 하방으로 연장되어 있다. 복수의 가스 구멍(36b)은, 복수의 가스 토출 구멍(34a)에 각각 연통하고 있다. 지지체(36)에는, 가스 확산실(36a)에 가스를 유도하는 가스 도입구(36c)가 형성되어 있다. 가스 도입구(36c)에는, 가스 공급관(38)이 접속되어 있다.

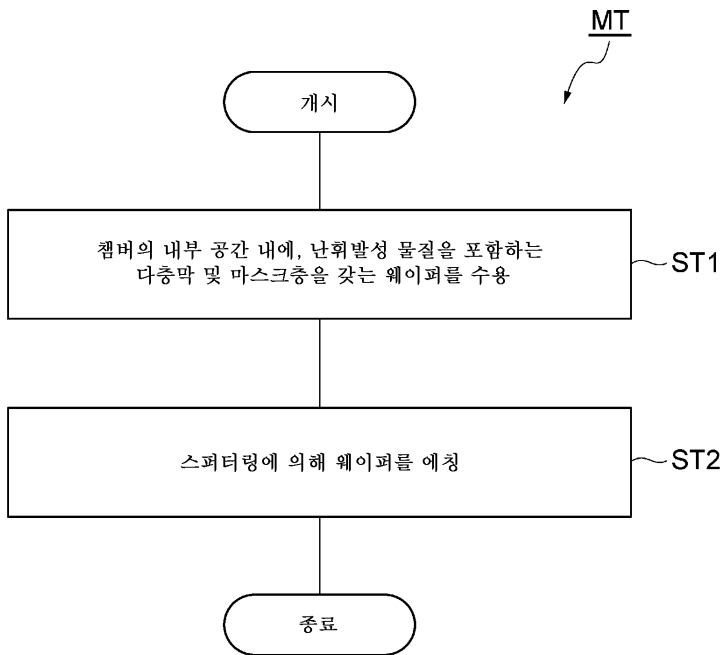
- [0037] 가스 공급관(38)에는, 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 통해서, 가스 소스군(40)이 접속되어 있다. 가스 소스군(40)은, 제1 가스, 제2 가스, 제3 가스 및 클리닝 가스를 위한 복수의 가스 소스를 갖고 있다. 제1 가스, 제2 가스, 제3 가스 및 클리닝 가스에 대해서는 후술한다.
- [0038] 밸브군(42)은, 복수의 밸브를 포함하고 있고, 유량 제어기군(44)은, 매스 플로 컨트롤러와 같은 복수의 유량 제어기를 포함하고 있다. 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스 각각은, 밸브군(42)의 대응 밸브 및 유량 제어기군(44)의 대응 유량 제어기를 통해서, 가스 공급관(38)에 접속되어 있다. 이 플라즈마 처리 장치(10)는, 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스 중 선택된 하나 이상의 가스 소스로부터의 가스를, 개별로 조정된 유량으로 내부 공간(12c)에 공급하는 것이 가능하다.
- [0039] 지지부(15)와 챔버 본체(12)의 측벽(12s)의 사이에는, 배플 플레이트(48)가 마련되어 있다. 배플 플레이트(48)는, 예를 들어 알루미늄제 모재에 산화이트륨 등의 세라믹스를 피복함으로써 구성될 수 있다. 이 배플 플레이트(48)에는, 다수의 관통 구멍이 형성되어 있다. 배플 플레이트(48)의 하방에서는, 배기관(52)이 챔버 본체(12)의 저부에 접속되어 있다. 이 배기관(52)에는 배기 장치(50)가 접속되어 있다. 배기 장치(50)는, 자동 압력 제어 밸브와 같은 압력 제어기 및 터보 분자 펌프와 같은 진공 펌프를 갖고 있어, 내부 공간(12c)을 감압할 수 있다.
- [0040] 플라즈마 처리 장치(10)는, 제1 고주파 전원(62)을 또한 구비한다. 제1 고주파 전원(62)은, 플라즈마 생성용의 제1 고주파를 발생시키는 전원이다. 제1 고주파의 주파수는, 27 내지 100[MHz]의 범위 내의 주파수이며, 예를 들어 60MHz이다. 제1 고주파 전원(62)은, 정합기(63)를 통해서 상부 전극(30)에 접속되어 있다. 정합기(63)는, 제1 고주파 전원(62)의 출력 임피던스와 부하측(상부 전극(30)측)의 입력 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖고 있다. 또한, 제1 고주파 전원(62)은, 정합기(63)를 통해서 하부 전극(18)에 접속되어 있어도 된다. 제1 고주파 전원(62)이 하부 전극(18)에 접속되어 있는 경우에는, 상부 전극(30)은 접지 전위에 접속된다.
- [0041] 플라즈마 처리 장치(10)는, 제2 고주파 전원(64)을 또한 구비하고 있다. 제2 고주파 전원(64)은, 웨이퍼(W)에 이온을 인입하기 위한 바이어스용의 제2 고주파를 발생시키는 전원이다. 제2 고주파의 주파수는, 제1 고주파의 주파수보다도 낮다. 제2 고주파의 주파수는, 400kHz 내지 13.56MHz의 범위 내의 주파수이며, 예를 들어 400kHz이다. 제2 고주파 전원(64)은, 정합기(65)를 통해서 하부 전극(18)에 접속되어 있다. 정합기(65)는, 제2 고주파 전원(64)의 출력 임피던스와 부하측(하부 전극(18)측)의 입력 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖고 있다.
- [0042] 일 실시 형태에서는, 플라즈마 처리 장치(10)는, 제어부(Cnt)를 또한 구비할 수 있다. 제어부(Cnt)는, 프로세서, 기억 장치, 입력 장치, 표시 장치 등을 구비하는 컴퓨터이며, 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다. 구체적으로, 제어부(Cnt)는, 기억 장치에 기억되어 있는 제어 프로그램을 실행하여, 당해 기억 장치에 기억되어 있는 레시피 데이터에 기초해서 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다. 이에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 레시피 데이터에 의해 지정된 프로세스를 실행하도록 되어 있다. 예를 들어, 제어부(Cnt)는, 방법(MT)용 레시피 데이터에 기초하여, 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다.
- [0043] 이 플라즈마 처리 장치(10)를 사용한 플라즈마 처리의 실행 시에는, 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스 중 선택된 가스 소스로부터의 가스가, 내부 공간(12c)에 공급된다. 또한, 배기 장치(50)에 의해 내부 공간(12c)이 감압된다. 그리고, 내부 공간(12c)에 공급된 가스가, 제1 고주파 전원(62)으로부터의 고주파에 의해 발생하는 고주파 전계에 의해 여기된다. 그 결과, 내부 공간(12c) 내에서 플라즈마가 생성된다. 또한, 하부 전극(18)에 제2 고주파가 공급된다. 그 결과, 플라즈마 중의 이온이 웨이퍼(W)를 향해서 가속된다. 이렇게 가속된 이온, 및/또는, 라디칼이 웨이퍼(W)에 조사됨으로써, 웨이퍼(W)가 에칭된다.
- [0044] 도 4, 도 5, 도 6 및 도 7을 참조하여, 방법(MT)이 실시되는 도 2에 도시하는 마스크층(L1)의 형상에 대해서 또한 설명한다. 도 4 내지 도 7에는, 도 2에 도시하는 마스크층(L1)의 평면으로 보았을 때의 형상의 일례가 각각 도시되어 있다. 도 4 내지 도 7에 도시하는 마스크층(L1)은, 복수의 볼록부(K1)를 갖는다. 복수의 볼록부(K1)는, 다층막(L2)의 표면(SF)에서 평면으로 보아 병진 대칭으로 배치되어 있다.
- [0045] 도 4 및 도 6 각각에 도시하는 마스크층(L1)은, 평면으로 보아 원 형상의 볼록부(K1)를 갖는다. 도 4 및 도 6 각각에 도시하는 볼록부(K1)는, 주상을 이루고 있고, 원 형상의 단면을 갖는다. 도 4에 도시하는 복수의 볼록부(K1)는, 정방 격자를 따라 배치되고, 도 6에 도시하는 복수의 볼록부(K1)는, 삼각 격자를 따라 배치되어 있다.

- [0046] 도 5에 도시하는 마스크층(L1)은, 평면으로 보아 육각 형상의 블록부(K1)를 갖는다. 도 5에 도시하는 블록부(K1)는, 주상을 이루고 있고, 육각 형상의 단면을 갖는다. 도 7에 도시하는 마스크층(L1)은, 라인·앤드·스페이스 형상으로 마련되어 있다. 도 7에 도시하는 복수의 블록부(K1)는, 평면으로 보아 복수의 라인 형상으로 마련되어 있다.
- [0047] 또한, 마스크층(L1)은, 도 4 내지 도 7에 도시하는 것에 한하지 않고, 다양한 단면 형상의 블록부(K1)를 가질 수 있는 것이며, 병진 대칭성의 배향도 다양한 방향일 수 있다.
- [0048] 마스크층(L1)의 블록부(K1)의 애스펙트비를, 도 8을 참조하여 설명한다. 블록부(K1)의 애스펙트비는, 이온(I<sup>+</sup>N)이 측벽(SW)에 충돌할 수 있도록 설정된다. 다층막(L2)의 표면(SF) 상에서의 마스크층(L1)의 높이를 h[nm]로 한다. 노출 공간(OP)의 일부를 구획 형성하는 인접한 마스크층(L1)의 2개의 측벽(SW)이 표면(SF)에서 이루는 간격을 D[nm]로 한다. h를 D로 나누어서 얻어지는 블록부(K1)의 애스펙트비(h/D)는, 조건:  $h/D \geq 1/(\tan(\phi) - \tan(\theta))$ 를 충족한다.  $\theta$ 는, 측벽(SW)과 교차하고, 표면(SF)에 수직인 수직면(SP)에 대한 측벽(SW)의 경사 각도를 나타낸다.  $\phi$ 는, 스퍼터링에서 생기는 수직면(SP)에의 이온의 입사 각도의 상한값을 나타낸다. 입사 각도( $\phi$ )는, 경사 각도( $\theta$ )보다 크다. 특히, 경사 각도( $\theta$ )가 0도인 경우, 상기 조건은  $h/D \geq 1/\tan(\phi)$ 이다. 또한, 성긴 패턴에서의 에칭(RIE)의 경우, 가공 한계 각도는 10도( $\phi=10$ 도)일 수 있으므로,  $\phi$ 는  $0 \leq \phi \leq 10$ 도를 충족할 수 있다. 따라서,  $\theta=0$ 도이며 가공 한계 각도가 10도( $\phi=10$ 도)인 경우에 있어서, h/D는,  $h/D \geq 1/\tan(10^\circ)$ 의 조건을 충족할 수 있다.
- [0049] 도 1 및 도 9를 참조한다. 일 실시 형태에 따른 방법(MT)은, 주로 공정 ST1 및 공정 ST2를 포함하고, 일례로서 도 3에 도시하는 구성의 플라즈마 처리 장치(10)에 의해 실행된다. 공정 ST1에서는, 웨이퍼(W)가 내부 공간(12c) 내에 수용된다. 웨이퍼(W)는, 스테이지(16)의 정전 척(20) 상에 적재되어, 정전 척(20)에 의해 보유 지지된다.
- [0050] 계속되는 공정 ST2에서는, 내부 공간(12c) 내에 공급하는 처리 가스로부터 생성되는 플라즈마 중의 이온(IN)을 사용한 스퍼터링에 의해, 다층막(L2)이 에칭된다. 처리 가스는 희가스를 포함한다. 희가스는, Ar 가스, Ne 가스, Kr 가스의 적어도 하나를 포함할 수 있다. 처리 가스는, 희가스와 함께, 산소 가스, 불소 가스, 플루오로카본, 알코올 가스, 할로젠 가스, 탄화수소 가스, 탄산 가스, 수소 가스 및 질소 가스를 또한 포함할 수 있다.
- [0051] 공정 ST2에서는, 처리 가스가 가스 소스군(40)으로부터 내부 공간(12c)에 공급된다. 또한, 내부 공간(12c) 내의 압력이 지정된 압력으로 배기 장치(50)에 의해 설정된다. 또한, 플라즈마의 생성을 위해서, 제1 고주파가 제1 고주파 전원(62)으로부터 공급된다. 공정 ST2에서는, 내부 공간(12c) 내에서, 제1 고주파에 기초하는 고주파 전계에 의해 처리 가스가 여기되어, 처리 가스의 플라즈마가 생성된다. 공정 ST2에서는, 제2 고주파 전원(64)으로부터 제2 고주파가 하부 전극(18)에 공급된다. 제2 고주파가 하부 전극(18)에 공급됨으로써, 플라즈마 중의 이온(IN)이 웨이퍼(W)에 인입되어, 당해 웨이퍼(W)에 조사된다.
- [0052] 공정 ST2에서는, 처리 가스로부터 생성되는 플라즈마로부터의 이온(IN)이 다층막(L2)에 충돌함으로써, 다층막(L2)이 에칭된다. 즉, 공정 ST2에서는, 이온(IN)의 스퍼터링에 의해 다층막(L2)이 에칭된다. 이 공정 ST2의 실행에 의해, 마스크층(L1)으로부터 노출되어 있는 노출 공간(OP)에서 다층막(L2)이 에칭되고, 마스크층(L1)의 패턴이 다층막(L2)에 전사된다. 이온(IN)의 스퍼터링에 의해, 난휘발성 재료를 포함하는 다층막(L2)이 깎여짐으로써 난휘발성 재료가 마스크층(L1)의 측벽(SW)(에칭에 의해 다층막(L2)에 형성된 측벽을 포함함. 이하 마찬가지로)에 부착됨으로써 퇴적막(DP1)이 형성된다.
- [0053] 퇴적막(DP1)에 의해, 마스크층(L1)의 인접하는 2개의 블록부(K1)의 간격이 좁아질 수 있다. 그러나, 이온(IN)이 퇴적막(DP1)에 충돌하고, 나아가 다층막(L2)으로부터 깎여져 튀어나간 난휘발성 재료가 다층막(L2)으로부터 튀어나가는 과정에서 퇴적막(DP1)에 복수회 충돌함으로써, 퇴적막(DP1)이 깎여진다. 따라서, 퇴적막(DP1)의 두께의 증가는 충분히 억제될 수 있다. 또한, 퇴적막(DP1)의 표면은, 이온(IN)의 충돌, 나아가 다층막(L2)으로부터 튀어나간 난휘발성 재료의 충돌에 의해 개질되어, 개질층(DP2)이 형성된다.
- [0054] MRAM의 MTJ의 스퍼터링에 의한 종래의 에칭에서는, 필러 등의 난휘발성 재료가 깎여지므로, 깎여진 난휘발성 재료의 퇴적층이 마스크층의 측벽을 포함하는 에칭홈의 측벽에 형성된다. 스퍼터링에 의한 에칭에 있어서 난휘발성 재료의 필러 등을 수직 가공할 수 있으면, 충분한 마스크 잔막과 가공 치수의 미세화의 양립이 가능하게 되지만, 가공 형상에는 테이퍼 각도가 마련되므로, 충분한 마스크 잔막과 가공 치수의 미세화의 양립이 곤란해진다. 또한, 대용량 MRAM에 요구되는 고밀도의 필러 등에 있어서, 이온 밀링에 있어서도 수직 가공은 곤란하다.

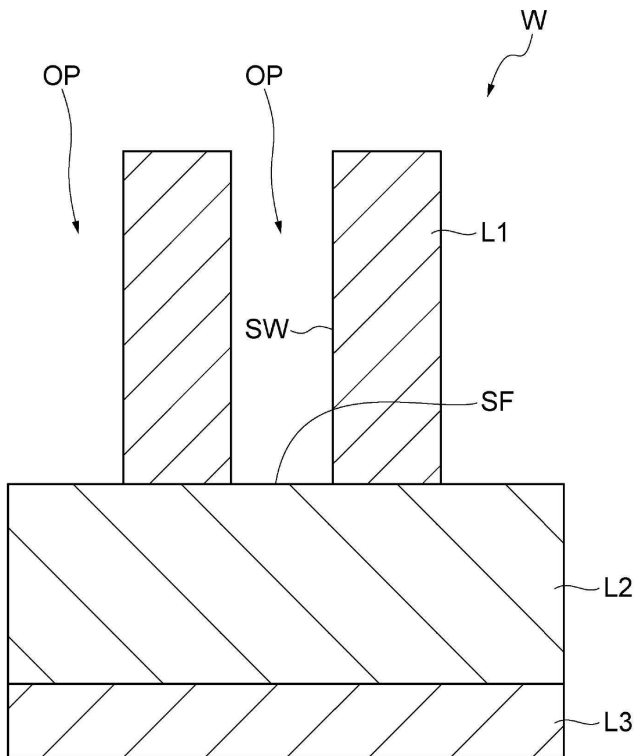
- [0055] 이에 반해, 일 실시 형태에 따른 방법(MT)에 의하면, 고에스펙트비의 마스크층(L1)에 의해, 측벽(SW)에 부착되는 퇴적막(DP1)에 의한 치수 증가를 감소시킬 수 있어, 블록부(K1)의 에칭에 의한 수직 가공이 가능하게 된다. 예를 들어, 본 방법(MT)는 MRAM의 필러간을 좁게 하는 고밀도의 MRAM의 MTJ 가공에도 대응할 수 있다. 또한 방법(MT)을 사용함으로써, MRAM의 MTJ 이외의 난휘발성 재료의 금속, 절연물, 그것들을 포함하는 다층막의 필러, 라인 앤드 스페이스, 홀, 링상 마스크, 더미 측벽의 수직 가공이 가능하게 된다.
- [0056] 또한, 희가스를 포함하는 처리 가스에 또한 산소 가스, 알코올 가스, 탄산 가스, 불소 가스 및 질소 가스를 함유시켜서 유량 조정함으로써 절연성 화합물이 이루어짐으로써, 쇼트 대책이 가능하게 된다. 또한 수소 가스, 플루오로카본, 불소 가스, 할로겐 가스를 함유시킴으로써 실리콘 및 실리콘 화합물을 포함하는 다층막의 가공의 연속 처리가 가능하게 된다.
- [0057] 또한, SiO<sub>2</sub>, SiN 등의 하지층(L3)에 의해, 다층막(L2)으로부터 방법(MT)에 의해 형성되는 필러 등의 측벽을 SiO<sub>2</sub>, SiN 등으로 덮을 수 있으므로, 디바이스의 표면의 불활성화가 가능하게 된다.
- [0058] 이상, 다양한 예시적 실시 형태에 대해서 설명해 왔지만, 상술한 예시적 실시 형태에 한정되지 않고, 다양한 추가, 생략, 치환 및 변경이 이루어져도 된다. 또한, 다른 실시 형태에서의 요소를 조합해서 다른 실시 형태를 형성하는 것이 가능하다.
- [0059] 예를 들어, 도 10 및 도 11에 도시한 바와 같이, 마스크층(L1)은, 패턴의 일부를 구획 형성하는 블록부(K1) 및 블록부(K1)의 외주를 둘러싸는 외주 영역(K2)을 포함할 수 있다. 노출 공간(OP)은, 블록부(K1) 및 외주 영역(K2)의 사이의 공간을 포함한다. 인접하는 2개의 블록부(K1)의 간격(D)이 비교적 커서, 블록부(K1)의 에스펙트비에 관한 상기 조건이 충족되지 않는 경우에도, 외주 영역(K2)과, 외주 영역(K2)에 의해 둘러싸이는 블록부(K1)의 간격(D)이 상기 조건을 충족하도록 외주 영역(K2)을 마련할 수 있다. 이러한 외주 영역(K2)에 의해 둘러싸이는 블록부(K1)에서는, 에칭에 의한 수직 가공이 가능하게 된다. 외주 영역(K2)은, 공정 ST2 후에, 에칭에 의해 최종적으로 제거된다.
- [0060] 또한, 도 12에 도시하는 바와 같이, 마스크층(L1)은, 패턴을 구획 형성하는 복수의 블록부(K1)를 갖는 패턴 영역(K3) 및 패턴 영역(K3)의 외측에 마련된 외측 영역(K4)을 포함할 수 있다. 노출 공간(OP)은, 패턴 영역(K3) 및 외측 영역(K4)의 사이의 공간을 포함한다. 패턴 영역(K3)의 외주 영역에는 인접하는 2개의 블록부(K1)가 마련되어 있지 않은 경우가 있어, 블록부(K1)의 에스펙트비에 관한 상기 조건이 충족되지 않는 경우가 있을 수 있다. 이러한 경우에도, 패턴 영역(K3)의 외주 영역에 있어서, 외측 영역(K4)에 인접하는 블록부(K1)와 외측 영역(K4)의 간격(D)이 상기 조건을 충족하도록 외측 영역(K4)을 마련할 수 있다. 외측 영역(K4)에 인접하는 블록부(K1)에서는, 에칭에 의한 수직 가공이 가능하게 된다. 외측 영역(K4)은, 공정 ST2 후에, 에칭에 의해 최종적으로 제거된다.
- [0061] 이상의 설명으로부터, 본 개시의 다양한 실시 형태는, 설명의 목적으로 본 명세서에서 설명되어 있으며, 본 개시의 범위 및 주지로부터 이탈하지 않고 다양한 변경을 이룰 수 있음이 이해될 것이다. 따라서, 본 명세서에 개시한 다양한 실시 형태는 한정하는 것을 의도하고 있지 않으며, 첨부된 범위와 주지는, 첨부된 특허 청구 범위에 의해 나타내진다.

도면

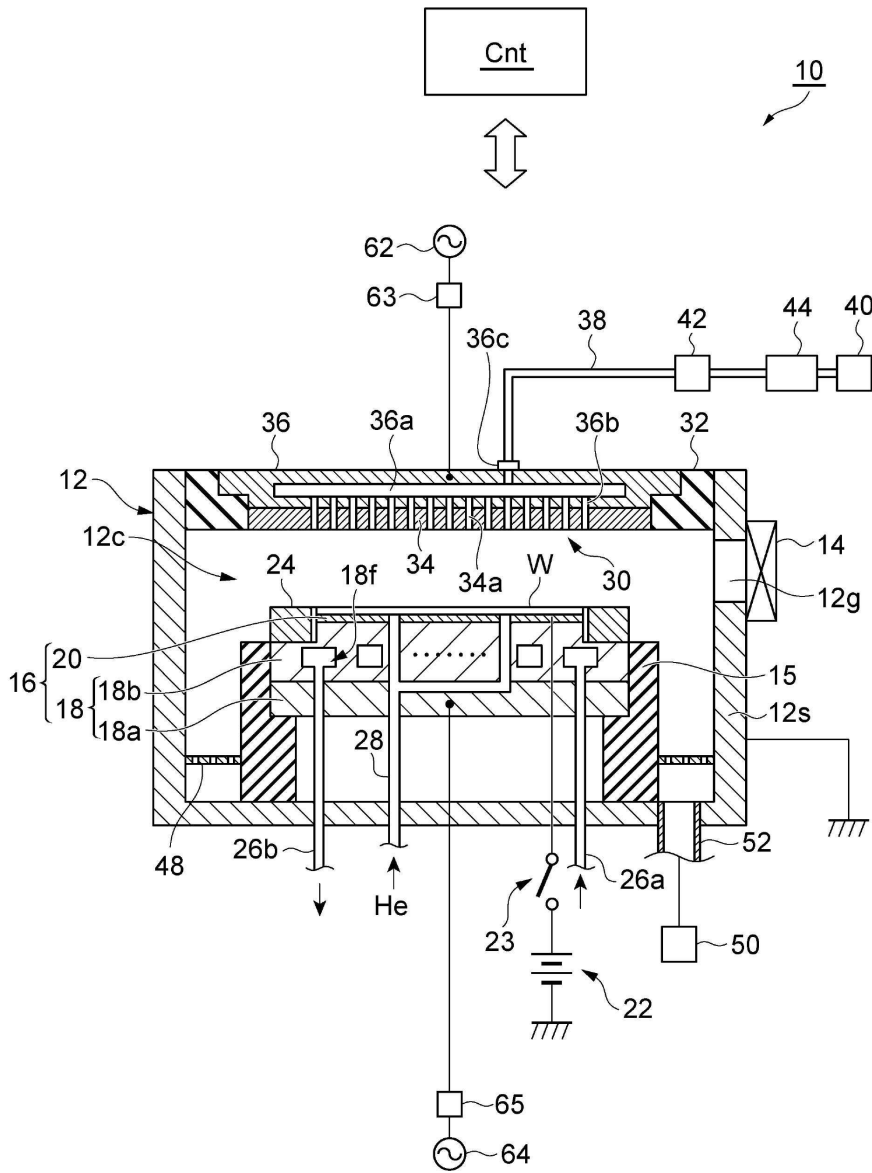
도면1



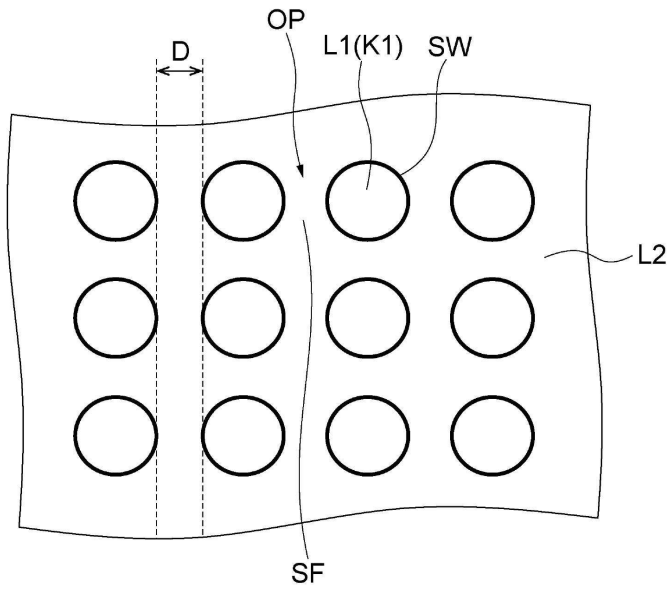
도면2



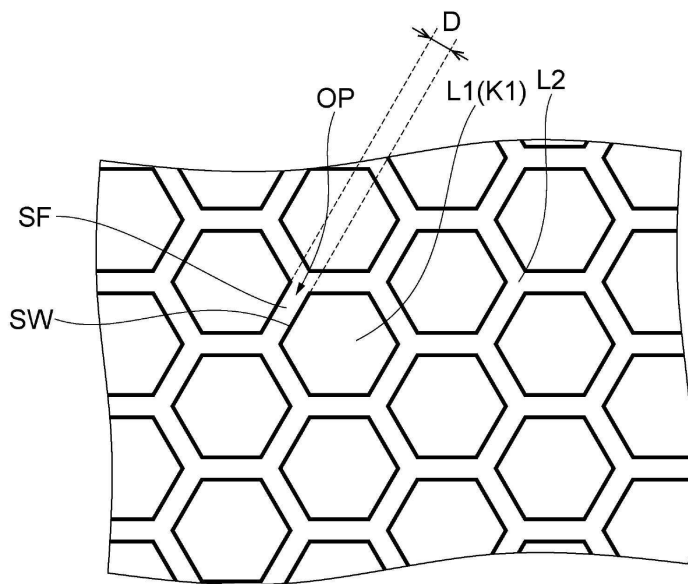
도면3



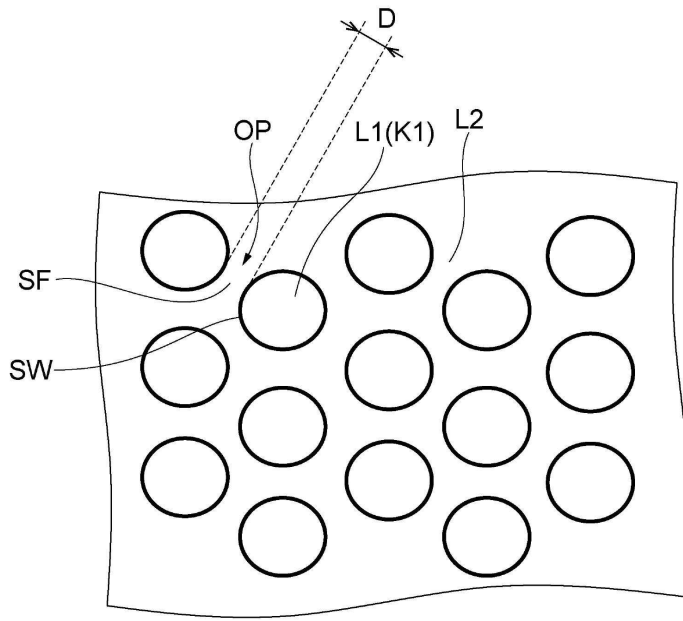
도면4



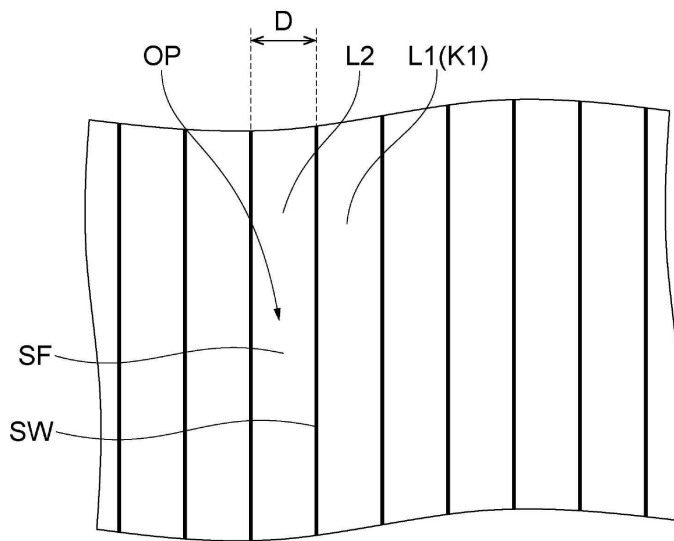
도면5



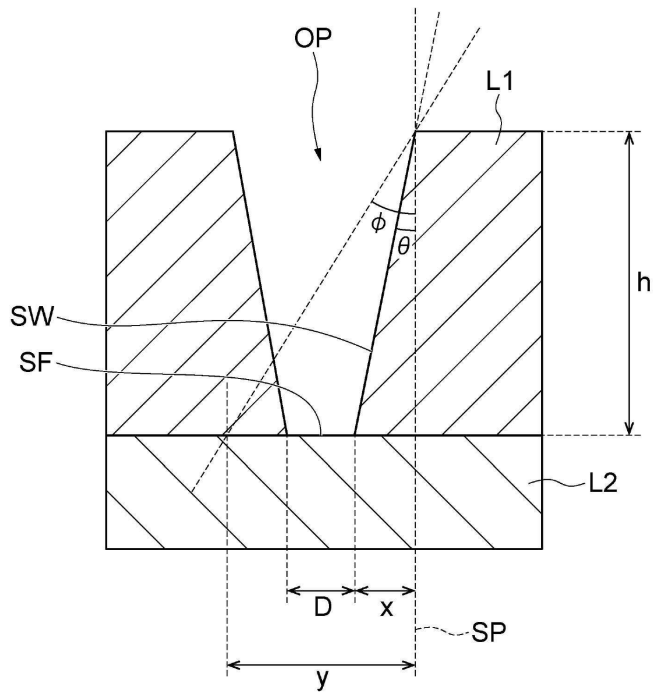
도면6



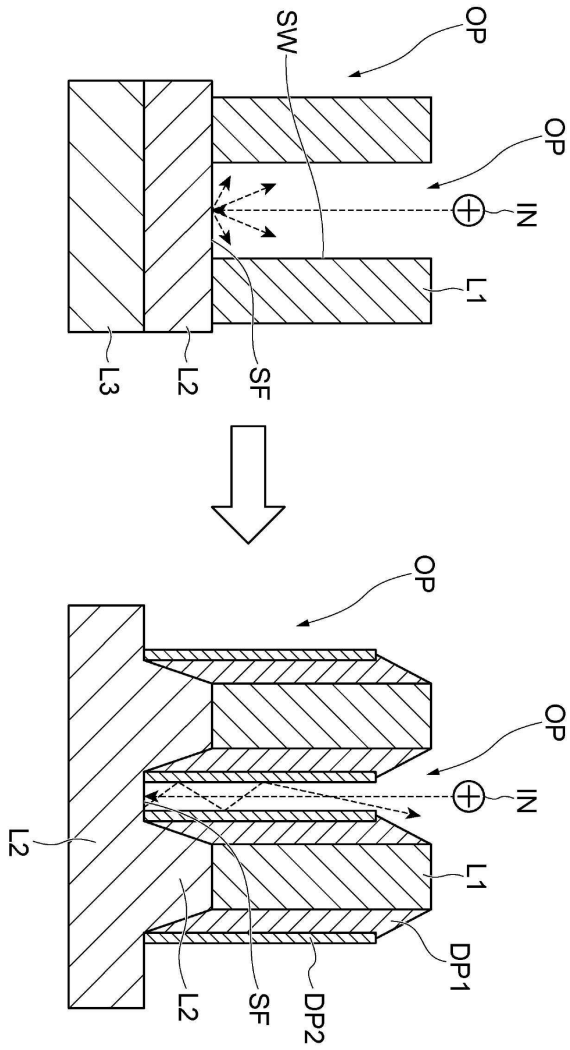
도면7



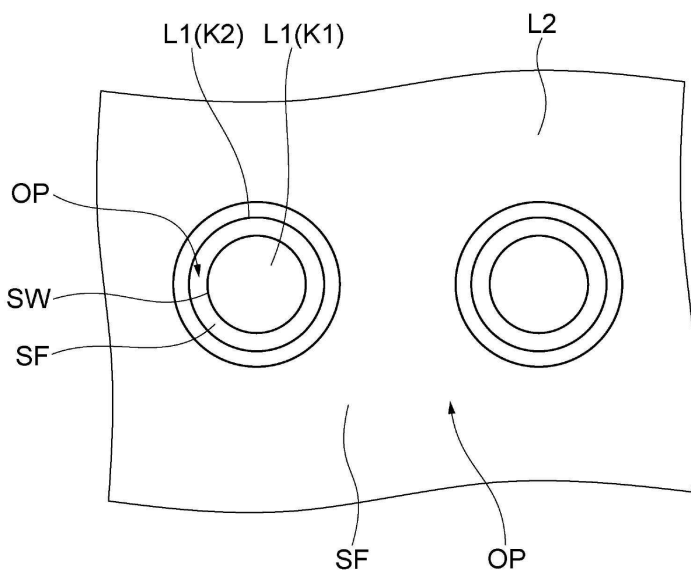
도면8



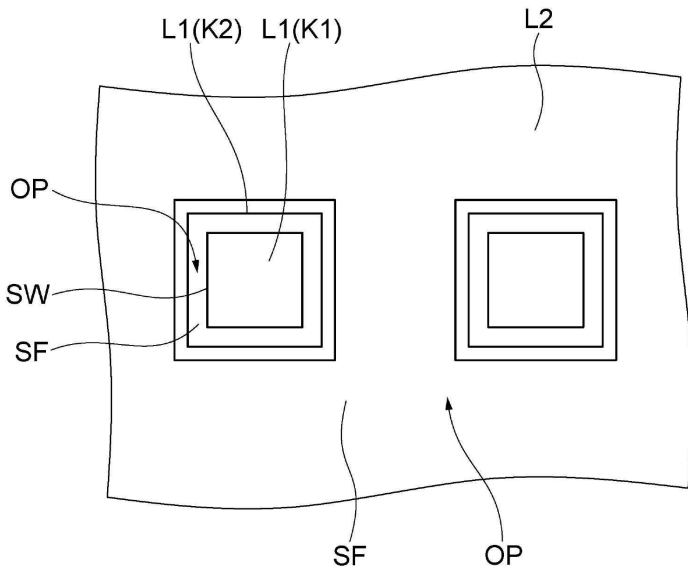
도면9



도면10



도면11



도면12

