



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년03월12일  
 (11) 등록번호 10-1374038  
 (24) 등록일자 2014년03월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01L 21/3205 (2006.01) C23C 16/38 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-0105240  
 (22) 출원일자 2011년10월14일  
 심사청구일자 2011년10월14일  
 (65) 공개번호 10-2012-0039491  
 (43) 공개일자 2012년04월25일  
 (30) 우선권주장 JP-P-2010-232276 2010년10월15일 일본(JP)  
 (56) 선행기술조사문헌 KR1020090067201 A\*  
 US05856236 A\*  
 US20100068891 A1  
 Journal of Applied Physics. 2002.3.15., Vol. 91, Number 6, pp. 3904-3911.\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 도쿄엘렉트론가부시키키가이샤  
 일본 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 1고  
 (72) 발명자  
 고미야 다카유키  
 일본 야마나시켄 니라사끼시 호사까쵸 미쯔자와 650 도쿄엘렉트론가부시키키가이샤 내  
 (74) 대리인  
 성재동, 장수길

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 김중희

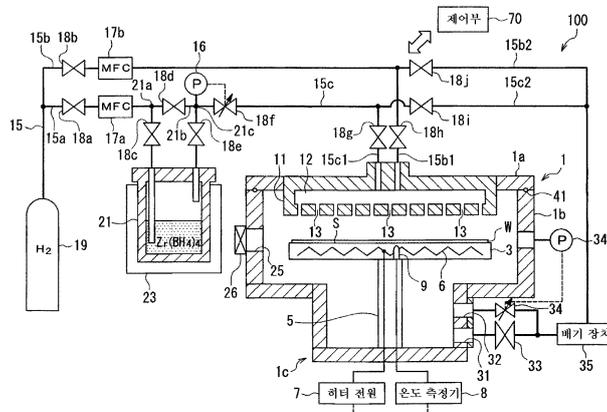
(54) 발명의 명칭 **성막 방법, 성막 장치 및 반도체 장치의 제조 방법**

**(57) 요약**

열CVD법에 의해,  $M(BH_4)_4$ (M은 Zr 또는 Hf를 의미함)를 원료로 해서 M/Zr비가 적정 범위 내이고 양질의  $MB_x$ 막(M은 상기와 동일한 의미를 갖고, x는 1.8 내지 2.5의 수를 의미함)을 성막한다.

가스 공급원(19)으로부터, 가스 공급 배관(15a)를 통해서  $H_2$  가스를 원료 용기(21) 내에 공급한다. 원료 용기(21) 내에서는, 도입된  $H_2$  가스와의 접촉에 의해, 고체 원료인  $Zr(BH_4)_4$ 가 기화한다. 그리고, 성막 가스로서의  $H_2$  가스와  $Zr(BH_4)_4$  가스의 혼합 가스가, 가스 공급 배관(15c, 15c1), 샤워 헤드(11)의 가스 확산 공간(12) 및 가스 토출 구멍(13)을 통해서 처리 용기(1) 내에 도입되어, 웨이퍼(W) 상의 절연막의 표면을 덮도록  $ZrB_x$ 막의 박막이 형성된다.

**대표도**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

피처리체를 처리 용기 내에 배치하는 공정과,

고체 원료인  $M(BH_4)_4$ (여기서, M은 Zr 또는 Hf를 의미함)가 수용된 원료 용기에, 캐리어 가스로서  $H_2$  가스를 공급해서  $M(BH_4)_4$  가스를 생성시키고,  $H_2$  가스와  $M(BH_4)_4$  가스의 혼합 가스를,  $H_2$  가스와  $M(BH_4)_4$  가스의 체적 유량비  $[H_2/M(BH_4)_4]$ 가 2 이상이 되도록 제어하면서 상기 처리 용기 내에 도입하고, 리모트 플라즈마 설비를 사용하지 않는 열CVD법에 의해 피처리체 상에  $MB_x$ 막(여기서, M은 상기와 동일한 의미를 갖고, x는 1.8 내지 2.5의 수를 의미함)을 퇴적시키는 공정을 구비한, 성막 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기  $MB_x$ 막을 퇴적시키는 공정에서는, 상기 처리 용기 내의 압력을 10 Pa 이상 300 Pa 이하의 범위 내로 설정하는, 성막 방법.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기  $MB_x$ 막을 퇴적시키는 공정에서는, 피처리체의 온도를 160℃ 이상 300℃ 이하의 범위 내로 설정하는, 성막 방법.

**청구항 4**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 원료 용기 내의 고체 원료를 -15℃ 내지 5℃의 범위 내로 냉각 유지하면서  $H_2$  가스를 공급하는, 성막 방법.

**청구항 5**

진공화 가능한 처리 용기와,

상기 처리 용기 내에 설치된, 피처리체를 적재하는 적재대와,

상기 적재대에 적재된 피처리체를 소정의 온도로 가열하는 히터와,

상기 처리 용기 내를 감압 배기하는 배기 장치와,

고체 원료인  $M(BH_4)_4$ (여기서, M은 Zr 또는 Hf를 의미함)를 유지하는 원료 용기와,

상기 원료 용기 내의 고체 원료를 냉각 혹은 보온하는 온도 조절 장치와,

상기 원료 용기 내에  $H_2$  가스를 공급하는  $H_2$  가스 공급 장치와,

상기 원료 용기로부터 상기 처리 용기 내에  $H_2$  가스와  $M(BH_4)_4$  가스의 혼합 가스를 공급하는 가스 공급관을 구비하고,

상기 원료 용기 내에 공급하는  $H_2$  가스의 유량 및 상기 원료 용기 내 압력을 조절함으로써, 상기  $H_2$  가스의 공급에 의해 기화한  $M(BH_4)_4$  가스의 유량 및  $H_2$  가스와  $M(BH_4)_4$  가스의 체적 유량비  $[H_2/M(BH_4)_4]$ 를 2 이상으로 제어하면서 상기  $H_2$  가스와  $M(BH_4)_4$  가스의 혼합 가스가 상기 처리 용기 내에 도입되고, 피처리체에 리모트 플라즈마 설비를 사용하지 않는 열CVD법에 의해  $MB_x$ 막(여기서, M은 상기와 동일한 의미를 갖고, x는 1.8 내지 2.5의 수를 의미함)을 퇴적시키는, 성막 장치.

**청구항 6**

제1항 또는 제2항에 기재된 성막 방법에 의해 피처리체의 절연막 상에 배리어막으로서의  $MB_x$ 막(여기서, M은 Zr

또는 Hf를 의미하고, x는 1.8 내지 2.5의 수를 의미함)을 퇴적시키는 공정과,  
 상기 MB<sub>x</sub>막 상에 금속막을 퇴적시키는 공정  
 을 포함하는, 반도체 장치의 제조 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 적어도, 상기 절연막에 형성된 개구부의 내벽면을 덮도록 상기 MB<sub>x</sub>막을 형성하는, 반도체 장치의 제조 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 열CVD법은 과잉의 H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스를 혼합하여 상기 처리 용기 내에 도입하여 웨이퍼 상에서 하기 화학식 2와 같은 열분해 반응을 발생시키는, 성막 방법.

[화학식 2]



**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 체적 유량비의 제어는, 원료 용기 내의 H<sub>2</sub> 가스와 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>의 증기압을 합한 전체 압력(P1)과, M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>의 증기압의 증기압(P2)과, H<sub>2</sub> 가스의 유량(F1)을 조절하여, M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량(F2)을 하기 식(i)으로 결정함으로써 행해지는, 성막 방법.

식(i):  $F2 = [P2/(P1-P2)] \times F1$

**청구항 10**

제1항에 있어서, 상기 체적 유량비가 2.5 이상 10 이하인, 성막 방법

**청구항 11**

제1항에 있어서, 상기 체적 유량비가 3.3 이상 7.7 이하인, 성막 방법

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 원료 용기 내에 H<sub>2</sub> 가스를 유지 혹은 유통하고 있는 상태에서는 -15℃ 내지 45℃의 범위 내로 원료의 온도를 유지하는, 성막 방법

**청구항 13**

제1항에 있어서, 상기 원료 용기 내의 압력을 압력계 및 압력 조정 밸브로 조정하는, 성막 방법

**청구항 14**

제1항에 있어서, 상기 피처리체를 처리 용기 내에 배치하는 공정에 이어서, 상기 처리 용기 내에 H<sub>2</sub> 가스를 공급해서 컨디셔닝 공정을 행하는, 성막 방법

**명세서**

**기술분야**

본 발명은 반도체 장치의 제조에 이용 가능한 성막 방법 및 성막 장치, 및 반도체 장치의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0001]

[0002] 반도체 장치의 제조 과정에서 성막되는 고용점 금속 화합물의 확산에 대한 배리어막으로서, ZrN막, ZrB<sub>2</sub>막 등의 Zr 화합물막이 알려져 있다. Zr 화합물은 벌크 상태에서의 저항률이 10 μΩcm 정도로 낮기 때문에, 도전성의 배리어막으로서 유망하다. 또한, Zr 화합물은 바탕막의 종류에 따라 저항률이 극단적으로 변하는 것을 이용하여, 제거 불필요한 도전성 캡막으로서 이용할 수 있는 것도 제안되어 있다(예를 들어 특허문헌 1, 2).

[0003] ZrN막의 형성에는, 열CVD(Chemical Vapor Deposition)법이 제안되어 있으나, 성막 온도가 300℃ 이상으로 높은 것이나, 원료로서 알킬아미노계 화합물 등의 탄소를 구성 원소에 포함하는 원료를 사용하기 때문에, 탄소의 잔류에 의한 고저항화나, Zr<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 등의 절연성 화합물의 생성에 주의할 필요가 있다.

[0004] 한편, ZrB<sub>2</sub>막의 형성에는, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 원료로서 사용하고, 처리 용기 내에 플라즈마로 여기된 H<sub>2</sub> 가스나 NH<sub>3</sub> 가스를 도입하는 CVD법에 의한 성막이나 ALD(Atomic Layer Deposition)법에 의한 성막이 제안되어 있다(예를 들어 비특허문헌 1, 특허문헌 3).

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제 2008-98521호 공보  
 (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제 2008-98522호 공보  
 (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제 2006-57162호 공보

#### 비특허문헌

- [0006] (비특허문헌 0001) J. Sung 등, J. Appl. Phys.Vol91, No.6, 3904-3911(2002)

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0007] 상기 비특허문헌 1이나 특허문헌 3의 제안에서는, 처리 용기 내에 원자상의 H 등을 도입하기 위해서 리모트 플라즈마 설비가 필요하다. 그로 인해, 성막 장치의 구성이 복잡해져서, 반도체 프로세스에서의 산업적인 이용에는 부적합하다. 그러나, 비특허문헌 1에서 지적되어 있는 바와 같이, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 원료로 한 열CVD법에 의한 ZrB<sub>2</sub>막의 성막에서는, 막 내의 B/Zr비가 과잉이 되어 버려, 막질이 저하한다는 문제가 있었다.

[0008] 본 발명은 상기 실정을 감안하여 이루어진 것으로서, 열CVD법에 의해, M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(여기서, M은 Zr 또는 Hf를 의미함)를 원료로 해서 B/M비가 적정 범위 내인 양질의 MB<sub>x</sub>막을 성막하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0009] 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명의 성막 방법은

[0010] 피처리체를 처리 용기 내에 배치하는 공정과,

[0011] 고체 원료인 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(여기서, M은 Zr 또는 Hf를 의미함)가 수용된 원료 용기에, 캐리어 가스로서 H<sub>2</sub> 가스를 공급해서 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스를 생성시키고, H<sub>2</sub> 가스와 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 혼합 가스를, H<sub>2</sub> 가스와 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 체적 유량비 [H<sub>2</sub>/M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>]가 2 이상이 되도록 상기 처리 용기 내에 도입하고, 열CVD법에 의해 피처리체 상에 MB<sub>x</sub>막(여기서, M은 상기와 동일한 의미를 갖고, x는 1.8 내지 2.5의 수를 의미함)을 퇴적시키는 공정을 구비하고 있다.

[0012] 본 발명의 성막 방법에 있어서, 상기 MB<sub>x</sub>막을 퇴적시키는 공정에서는, 상기 처리 용기 내의 압력을 10 Pa 이상 300 Pa 이하의 범위 내로 설정하는 것이 바람직하다.

- [0013] 또한, 본 발명의 성막 방법에 있어서, 상기 MB<sub>x</sub>막을 퇴적시키는 공정에서는, 피처리체의 온도를 160℃ 이상 300℃ 이하의 범위 내로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0014] 또한, 본 발명의 성막 방법은 상기 원료 용기 내의 고체 원료를 -15℃ 내지 5℃의 범위 내로 냉각 유지하면서 H<sub>2</sub> 가스를 공급하는 것이 바람직하다.
- [0015] 본 발명의 성막 장치는,
- [0016] 진공화 가능한 처리 용기와,
- [0017] 상기 처리 용기 내에 설치된, 피처리체를 적재하는 적재대와,
- [0018] 상기 적재대에 적재된 피처리체를 소정의 온도로 가열하는 히터와,
- [0019] 상기 처리 용기 내를 감압 배기하는 배기 장치와,
- [0020] 고체 원료인 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(여기서, M은 Zr 또는 Hf를 의미함)를 유지하는 원료 용기와,
- [0021] 상기 원료 용기 내의 고체 원료를 냉각 혹은 보온하는 온도 조절 장치와,
- [0022] 상기 원료 용기 내에 H<sub>2</sub> 가스를 공급하는 H<sub>2</sub> 가스 공급 장치와,
- [0023] 상기 원료 용기로부터 상기 처리 용기 내에 H<sub>2</sub> 가스와 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 혼합 가스를 공급하는 가스 공급관
- [0024] 을 구비하고,
- [0025] 상기 원료 용기 내에 공급하는 H<sub>2</sub> 가스의 유량 및 상기 원료 용기 내 압력을 조절함으로써, 상기 H<sub>2</sub> 가스의 공급에 의해 기화한 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량 및 H<sub>2</sub> 가스와 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 체적 유량비[H<sub>2</sub>/M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>]를 제어하면서 상기 처리 용기 내에 도입하고, 피처리체에 열CVD법에 의해 MB<sub>x</sub>막(여기서, M은 상기와 동일한 의미를 갖고, x는 1.8 내지 2.5의 수를 의미함)을 퇴적시킨다.
- [0026] 본 발명의 반도체 장치의 제조 방법은, 상기 중 어느 하나에 기재된 성막 방법에 의해 피처리체의 절연막 상에 배리어막으로서의 MB<sub>x</sub>막(여기서, M은 Zr 또는 Hf를 의미하고, x는 1.8 내지 2.5의 수를 의미함)을 퇴적시키는 공정과,
- [0027] 상기 MB<sub>x</sub>막 상에 금속막을 퇴적시키는 공정
- [0028] 을 포함하는 것이다. 이 경우, 적어도, 상기 절연막에 형성된 개구부의 내벽면을 덮도록 상기 MB<sub>x</sub>막을 형성하는 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

- [0029] 본 발명의 성막 방법에 의하면, 고체 원료인 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>에, 캐리어 가스로서 H<sub>2</sub> 가스를 공급해서 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 기화시키고, H<sub>2</sub> 가스와 M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 체적 유량비[H<sub>2</sub>/M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>]가 2 이상이 되도록 처리 용기 내에 도입함으로써, 리모트 플라즈마를 이용하지 않고 열CVD법에 의해, B/M비가 화학양론비에 가까운 적절한 범위 내 (즉, x가 1.8 내지 2.5)의 MB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있다. 따라서, 리모트 플라즈마 설비가 필요한 종래법에 비해, 성막 장치의 구성을 대폭 간소화할 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명의 성막 방법에 의하면, 절연막의 표면에 균일하게, 또한 소정의 두께로 MB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있다. 또한, 스텝 커버리지도 양호해서, 예를 들어 절연막에 형성된, 개구 직경에 대한 깊이의 비(종횡비)가 큰 고종횡비의 개구부에 있어서도, 개구부 내에 거의 균일한 막두께로 MB<sub>x</sub>막을 형성할 수 있다. 이와 같이 하여 얻어지는 MB<sub>x</sub>막은 양호한 전기적 특성과 Cu의 확산에 대한 우수한 배리어 특성을 갖는 것이다. 즉, 본 발명의 성막 방법에 의해 성막되는 MB<sub>x</sub>막은 반도체 장치에 있어서, 배선 간의 전기적 접촉을 확보하면서, 구리 배선으로부터 Cu가 절연막 내로 확산하는 것을 효과적으로 억제한다. 따라서, 배리어막으로서, 본 발명의 성막 방법에 의해 MB<sub>x</sub>막을 성막함으로써, 반도체 장치의 신뢰성을 확보할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0031] 도 1은 본 발명의 성막 방법에 이용 가능한 성막 장치의 개략 구성을 도시하는 단면도이다.
- 도 2는 도 1의 성막 장치의 제어 계통을 도시하는 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 형태에 따른 성막 방법의 수순의 일례를 도시하는 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 형태의 성막 방법의 공정 설명에 제공하는 패턴 형성된 절연막을 갖는 웨이퍼 표면의 주요부 단면도이다.
- 도 5는 도 4에 이어지는 공정도로서, ZrB<sub>x</sub>막을 성막한 상태를 나타내는 웨이퍼 표면의 주요부 단면도이다.
- 도 6은 처리 온도 160℃에서의 성막 시간과 ZrB<sub>x</sub>막의 막두께의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 처리 온도 200℃에서의 성막 시간과 ZrB<sub>x</sub>막의 막두께의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 처리 온도 250℃에서의 성막 시간과 ZrB<sub>x</sub>막의 막두께의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 처리 온도 300℃에서의 성막 시간과 ZrB<sub>x</sub>막의 막두께의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 처리 온도 180℃에서의 성막 시간과 ZrB<sub>x</sub>막의 막두께의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 11은 처리 온도 180℃에서의 성막 시간과 ZrB<sub>x</sub>막의 막두께의 관계를 나타내는 다른 그래프이다.
- 도 12는 처리 압력과 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량을 바꾼 실험에 있어서의 처리 온도 200℃에서의 성막 시간과 ZrB<sub>x</sub>막의 막두께의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 13은 처리 압력과 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량을 바꾼 실험에 있어서의 처리 온도 200℃에서의 바탕막의 종류와 성막 속도의 관계를 나타내는 그래프이다.
- 도 14는 ZrB<sub>x</sub>막의 XPS 분석 결과를 나타내는 차트이다.
- 도 15는 상이한 조건에서 성막한 ZrB<sub>x</sub>막의 B/Zr비 및 O/Zr비의 분석 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 16은 중형비가 1.5 내지 4인 홀에 관한 단차 피복성의 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 17은 중형비가 1.5 내지 4인 트렌치에 관한 단차 피복성의 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 18은 본 발명의 실시 형태의 성막 방법을 다마신 프로세스에 적용한 공정 설명에 제공하는 웨이퍼 표면의 단면도이다.
- 도 19는 도 18에 이어지는 공정도로서, ZrB<sub>x</sub>막을 성막한 상태를 나타내는 웨이퍼 표면의 주요부 단면도이다.
- 도 20은 도 19에 이어지는 공정도로서, Cu막을 매립한 상태를 나타내는 웨이퍼 표면의 주요부 단면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0032] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서, 적절히 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0033] <성막 장치의 개요>
- [0034] 우선, 본 발명의 성막 방법의 실시예에 적합한 성막 장치의 구성에 대해서 설명한다. 도 1은 본 발명의 성막 방법에 사용 가능한 성막 장치(100)의 개략 구성예를 도시하고 있다. 이 성막 장치(100)는 열CVD 장치로서 구성되어 있다. 성막 장치(100)에서는, 저유전율막 등의 절연막 상에 MB<sub>x</sub>막(여기서, M은 Zr 또는 Hf를 의미하고, x는 1.8 내지 2.5의 수를 의미함)을 형성하는 성막 처리를 행할 수 있다. 본 실시 형태에서는, 상기 M이 Zr인 ZrB<sub>x</sub>막(화학양론비에 기초하여 ZrB<sub>2</sub>막으로서 나타낼 수 있음)을 예로 들어 설명한다.
- [0035] 성막 장치(100)는 기밀하게 구성된 대략 원통 형상의 처리 용기(1)를 갖고 있다. 처리 용기(1)는, 예를 들어 알루미늄 처리(양극 산화 처리)된 알루미늄 등의 재질로 형성되어 있다. 처리 용기(1) 중에는 피처리체인 반도체 웨이퍼(이하, 간단히 「웨이퍼」라고 함)(W)를 수평하게 지지하는 적체대인 스테이지(3)가 배치되어 있다.

스테이지(3)는 원통 형상의 지지 부재(5)에 의해 지지되어 있다. 스테이지(3)에는 웨이퍼(W)를 가열하기 위해서, 가열 수단으로서의 히터(6)가 매설되어 있다. 히터(6)는 히터 전원(7)으로부터 급전됨으로써 웨이퍼(W)를 소정의 온도로 가열하는 저항 가열 히터이다. 또한, 스테이지(3)에는, 온도 측정 수단으로서의 열전대(TC)(9) 및 온도 측정기(8)가 연결되어 있어, 스테이지(3)의 온도를 실시간으로 측정하고, 히터 전원(7)에 피드백할 수 있게 되어 있다. 또한, 웨이퍼(W)의 가열 온도나 처리 온도는, 특별히 기재하지 않는 한, 열전대부 웨이퍼에 의해 실측되고, 그것에 의해 추측된 처리 중의 웨이퍼(W)의 온도를 의미한다. 웨이퍼(W)를 가열하기 위한 가열 수단으로서, 저항 가열 히터에 한하지 않고, 예를 들어 램프 가열 히터일 수도 있다.

[0036] 또한, 도시는 생략하지만, 스테이지(3)에는, 웨이퍼(W)를 지지해서 승강시키기 위한 복수의 리프트 핀이 스테이지(3)의 기관 적재면 S에 대하여 돌출 함몰 가능하게 설치되어 있다. 이들 리프트 핀은 임의의 승강 기구에 의해 상하로 변위하고, 상승 위치에서 반송 장치(도시 생략)와의 사이에서 웨이퍼(W)의 전달을 행하도록 구성되어 있다.

[0037] 처리 용기(1)의 천장판(1a)에는 샤워 헤드(11)가 설치되어 있다. 이 샤워 헤드(11)는 내부에 가스 확산 공간(12)이 설치되어 있다. 샤워 헤드(11)의 하면에는 다수의 가스 토출 구멍(13)이 형성되어 있다. 가스 확산 공간(12)은 가스 토출 구멍(13)에 연통하고 있다. 샤워 헤드(11)의 중앙부에는 가스 확산 공간(12)에 연통하는 가스 공급 배관(15b1, 15c1)이 접속되어 있다.

[0038] 가스 공급원(19)은, 수소(H<sub>2</sub>) 가스를 공급한다. H<sub>2</sub> 가스는, 고체 원료인 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 기화시켜서 처리 용기(1) 내에 운반하기 위한 캐리어 가스로서 사용된다. 또한, H<sub>2</sub> 가스는, 성막 처리 전에 처리 용기(1) 내를 컨디셔닝 할 목적으로도 사용된다. 또한, 도시는 생략하지만, 가스 공급원(19) 외에, 처리 용기(1) 내를 클리닝하기 위한 클리닝 가스의 공급원이나, 처리 용기(1) 내를 퍼지하기 위한 퍼지 가스의 공급원 등을 갖고 있어도 된다.

[0039] 가스 공급원(19)에는 가스 공급 배관(15)이 접속되어 있다. 가스 공급 배관(15)은, 가스 공급 배관(15a, 15b)으로 분기되어 처리 용기(1)에 연결된다. 가스 공급 배관(15a)에는 유량 조절을 위한 MFC(매스플로우 컨트롤러)(17a)와, 가스 공급원(9)과의 사이에 배치된 밸브(18a)가 설치되어 있다. 가스 공급 배관(15b)에는, 유량 조절을 위한 MFC(매스플로우 컨트롤러)(17b)와, 가스 공급원(9)과의 사이에 배치된 밸브(18b)가 설치되어 있다.

[0040] 원료 용기(21)에는, 가스의 입구(21a), 바이패스관(21b), 출구(21c)를 구비하고, 각각에 배치된 밸브(18c, 18d, 18e)가 설치되어 있다. 가스 공급 배관(15a)은 고체 원료인 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 수용하는 원료 용기(21) 내에 밸브(18c)를 통해서 삽입되고, H<sub>2</sub> 가스를 원료 용기(21)의 내부에 공급 가능하게 접속되어 있다. 원료 용기(21)는 내압 용기이며, 용기의 출구 밸브(18e)를 경유한 후, 압력계(16) 및 압력 조정 밸브(18f)로 그 용기 내의 압력을 조정하는 것이 가능하다. 원료 용기(21)는, 예를 들어 재킷식 열교환기 등의 온도 조절 장치(냉각 장치 혹은 보온 장치)(23)를 갖고 있으며, 내부에 수용된 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 예를 들어 -15℃ 내지 5℃의 범위 내의 온도로 냉각 유지할 수 있도록 구성되어 있다. Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>는 융점이 28.7℃이기 때문에, 보냉된 원료 용기(21) 내에서는, 고체의 상태로 존재하고 있다. 또한, 원료 용기 내에 H<sub>2</sub> 가스를 유지, 혹은 유통하고 있는 경우에는 이에 한정되지 않고, 10 내지 45℃로 유지하는 것도 가능하다. 30℃ 이상으로 유지할 경우, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>는 액체 상태로 된다.

[0041] 원료 용기의 출구인 압력 조정 밸브(18f)에 접속되어 있는 가스 공급 배관(15c)은 2개로 분기되어, 한쪽의 가스 공급 배관(15c1)은 밸브(18g)를 통해서 샤워 헤드(11)에 접속되어 있다. 다른 쪽의 가스 공급 배관(15c2)은 밸브(18i)를 통해서 배기 장치(35)에 접속되어 있다. MFC(매스플로우 컨트롤러)(17b)에 접속되어 있는 가스 공급 배관(15b)은 2개로 분기되어, 한쪽의 가스 공급 배관(15b1)은 밸브(18h)를 통해서 샤워 헤드(11)에 접속되어 있다. 다른 쪽의 가스 공급 배관(15b2)은 밸브(18j)를 통해서 가스 공급 배관(15c2)과 합류하고, 배기 장치(35)에 접속되어 있다.

[0042] 이상의 구성에 의해, 성막 장치(100)에서는, 가스 공급원(19)으로부터의 H<sub>2</sub> 가스를, 가스 공급 배관(15a)을 통해서 원료 용기(21) 내에 공급함으로써, 냉각 유지 혹은 보온된 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>에 접촉시키고, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 고체 혹은 액체의 상태에서부터 기화(승화)시킬 수 있다. 그리고, H<sub>2</sub> 가스를 캐리어 가스로 하면서, 가스 공급 배관(15c, 15c1)을 통해서 샤워 헤드(11)의 가스 확산 공간(12)에 공급하고, 가스 토출 구멍(13)으로부터 처리 용기(1) 내의 스테이지(3) 상에 배치된 웨이퍼(W)를 향해서 방출할 수 있다. 이와 같이, 본 실시 형태에서는, H<sub>2</sub> 가스는

캐리어 가스입과 동시에, 성막 가스[즉, H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 혼합 가스]의 일부분으로서도 가능하다.

[0043] 또한, 성막 장치(100)에서는, 가스 공급원(19)으로부터의 H<sub>2</sub> 가스를, 가스 공급 배관(15b, 15b1)을 통해서 샤워 헤드(11)의 가스 확산 공간(12)에 공급하고, 가스 토출 구멍(13)으로부터 처리 용기(1) 내에 공급하는 것도 가능하다.

[0044] 처리 용기(1)의 측벽(1b)에는, 이 처리 용기(1) 내에 대하여 웨이퍼(W)를 반입, 반출하기 위한 개구(25)가 설치되어 있고, 또한 개구(25)를 개폐하기 위한 게이트 밸브(26)가 설치되어 있다.

[0045] 처리 용기(1)의 저벽(1c)의 측부에는 주배기 구멍(31) 및 배기 구멍(32)이 형성되어 있다. 이 주배기 구멍(31)에는 주배기 밸브(33)를 통하여, 배기 구멍(32)에는 처리 용기(1)에 설치된 압력계(34a)에 의해 제어 가능한 압력 조정 밸브(34)를 통하여, 각각 배기 장치(35)가 접속되어 있다. 배기 장치(35)는, 예를 들어 도시하지 않은 진공 펌프나 배기 제해 장치 등을 구비하고 있고, 처리 용기(1) 내의 배기를 행해서 처리 용기(1) 내를 진공화할 수 있도록 구성되어 있다.

[0046] 처리 용기(1)를 구성하는 각 부재의 접합 부분에는, 상기 접합 부분의 기밀성을 확보하기 위해서, 시일 부재로서의 O링이 배치되어 있다. 예를 들어 도 1에서는, 대표적으로, 천장판(1a)과 측벽(1b)의 접합 부분에 배치한 환상의 O링(41)을 도시하고 있다. 또한, 다른 부위에도 O링을 배치하는 것이 가능하지만, 여기서는 도시 및 설명을 생략한다.

[0047] 성막 장치(100)를 구성하는 각 엔드 디바이스[예를 들어, 히터 전원(7), 온도 측정기(8), MFC(17a, 17b), 배기 장치(35) 등]는, 제어부(70)에 접속되어서 제어되는 구성으로 되어 있다. 성막 장치(100)에 있어서의 제어 계통의 구성예를 도 2에 도시하였다. 제어부(70)는, CPU를 구비한 컴퓨터인 컨트롤러(71)와, 이 컨트롤러(71)에 접속된 유저 인터페이스(72) 및 기억부(73)를 구비하고 있다. 유저 인터페이스(72)는 공정 관리자가 성막 장치(100)를 관리하기 위해서 커맨드의 입력 조작 등을 행하는 키보드나 터치 패널, 성막 장치(100)의 가동 상황을 가시화해서 표시하는 디스플레이 등을 갖고 있다. 기억부(73)에는, 성막 장치(100)로 실행되는 각종 처리를 컨트롤러(71)의 제어로 실현하기 위한 제어 프로그램(소프트웨어)이나 처리 조건 데이터 등이 기록된 레시피가 보존되어 있다. 그리고, 필요에 따라, 유저 인터페이스(72)로부터의 지시 등에 의해 임의의 제어 프로그램이나 레시피를 기억부(73)로부터 호출해서 컨트롤러(71)에 실행시킴으로써, 컨트롤러(71)의 제어 하에서, 성막 장치(100)의 처리 용기(1) 내에서 원하는 처리가 행해진다.

[0048] 또한, 상기 제어 프로그램이나 처리 조건 데이터 등의 레시피는 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체(74)에 저장된 상태의 것을 기억부(73)에 인스톨함으로써 이용할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체(74)로서는, 특별히 제한은 없지만, 예를 들어 CD-ROM, 하드 디스크, 플렉시블 디스크, 플래시 메모리, DVD 등을 사용할 수 있다. 또한, 상기 레시피는 다른 장치로부터, 예를 들어 전용 회선을 통해서 수시 전송시켜서 온라인으로 이용하거나 하는 것도 가능하다.

[0049] 이상과 같은 구성의 성막 장치(100)에서는, 제어부(70)의 제어에 기초하여, CVD법에 의해 ZrB<sub>x</sub>막의 성막 처리가 행해진다. 성막 처리의 수순의 일례를 들면, 우선, 게이트 밸브(26)를 개방한 상태에서, 개구(25)로부터 웨이퍼(W)를 처리 용기(1) 내에 반입하고, 스테이지(3)의 도시하지 않은 리프트 핀에 전달한다. 그리고, 리프트 핀을 하강시켜서 웨이퍼(W)를 스테이지(3)에 적재한다. 이어서, 게이트 밸브(26)를 폐쇄하고, 배기 장치(35)를 작동시켜서 처리 용기(1) 내를 진공으로 한다. 또한, 히터(6)에 의해 웨이퍼(W)를 소정 온도로 가열한다. 그리고, 샤워 헤드(11)의 가스 토출 구멍(13)으로부터 웨이퍼(W)를 향해서 성막 가스를 공급한다. 이와 같이 하여, 웨이퍼(W)의 표면에 ZrB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있다.

[0050] <성막 방법>

[0051] 이어서, 성막 장치(100)로 행해지는 성막 방법의 더욱 구체적인 내용에 대해서, 도 3 내지 도 5를 참조하면서 설명한다. 도 3은 이 성막 방법의 수순의 일례를 도시하는 흐름도이다. 도 4 및 도 5는, 본 실시 형태의 성막 방법의 주요한 공정을 도시하는 공정도이다. 본 발명의 실시 형태의 성막 방법은 예를 들어 성막 장치(100)의 처리 용기(1) 내에 패턴 형성된 절연막을 갖는 웨이퍼(W)를 배치하는 공정(STEP1)과, 처리 용기(1) 내에 H<sub>2</sub> 가스를 공급하고, 컨디셔닝하는 공정(STEP2)과, 처리 용기(1) 내에 H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 혼합 가스를 공급하고 CVD법에 의해 절연막의 표면에 ZrB<sub>x</sub>막을 퇴적시키는 공정(STEP3)을 포함할 수 있다.

- [0052] (STEP1)
- [0053] STEP1에서는, 성막 장치(100)의 처리 용기(1) 내에 피처리체로서 절연막이 설치된 웨이퍼(W)를 배치한다. 구체적으로는, 성막 장치(100)의 개구(25)로부터 웨이퍼(W)를 처리 용기(1) 내에 반입하고, 스테이지(3)의 도시하지 않은 리프트 핀에 전달한다. 그리고, 리프트 핀을 하강시켜서 웨이퍼(W)를 스테이지(3)에 적재한다. 여기서, 도 4에 도시한 바와 같이, 웨이퍼(W) 상에는, 바탕막(80)과, 그 위에 적층된 절연막(81)이 형성되어 있다. 절연막(81)에는 소정의 요철 패턴이 형성되어 있고, 개구부(트렌치 등의 오목부나 관통 구멍 등을 의미함)(83)를 갖고 있다. 또한, 개구부(83)는 하나만 도 4에 도시하고 있지만 복수이어도 된다.
- [0054] 절연막(81)은, 예를 들어 다층 배선 구조의 층간 절연막이며, 개구부(83)는, 배선 홈이나 비아 홀이 되는 부분이다. 절연막(81)으로서, 예를 들어 SiO<sub>2</sub>, SiN 이외에, SiCOH, SiOF, CF<sub>y</sub>(y는 양의 수를 의미함), BSG, HSQ, 다공질 실리카, SiOC, MSQ, 다공성 MSQ, 다공성 SiCOH 등의 저유전율막을 들 수 있다.
- [0055] (STEP2)
- [0056] 이 공정은, 처리 용기(1) 내에 H<sub>2</sub> 가스를 공급해서 컨디셔닝을 행한다. 컨디셔닝은 가스 공급원(19)으로부터, 가스 공급 배관(15b, 15b1), 샤워 헤드(11)의 가스 확산 공간(12) 및 가스 토출 구멍(13)을 통해서 처리 용기(1) 내에 H<sub>2</sub> 가스를 도입함으로써 행할 수 있다. H<sub>2</sub> 가스의 유량은 다음의 성막 공정과 마찬가지로 웨이퍼(W) 면적에 거의 비례하지만[처리 용기(1)의 용적이나 배기 장치(35)의 능력에 따라 조정할 필요가 있음], 예를 들어 직경 100 mm의 웨이퍼(W)를 처리하는 경우, 12 sccm(mL/min) 이상 64 sccm(mL/min) 이하의 범위 내로 할 수 있다. 컨디셔닝을 행함으로써 처리 용기(1) 내의 온도, 압력, 분위기를 안정화시킬 수 있으므로, 다음의 성막 공정에서 원하는 ZrB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있다. 또한, 컨디셔닝에 의해 웨이퍼 간의 처리의 편차도 적게 할 수 있다. 또한, STEP2의 컨디셔닝 공정은 임의의 공정이며, 실시하지 않아도 되지만, 성막 처리의 조건을 안정화시켜서 웨이퍼 간의 처리의 균일성을 유지하는 관점에서는 실시하는 것이 바람직하다.
- [0057] (STEP3)
- [0058] STEP3은 성막 공정으로서, 도 5에 도시한 바와 같이 절연막(81)의 표면에 CVD법에 의해 ZrB<sub>x</sub>막(87)을 형성한다. 즉, 이 공정은 처리 용기(1) 내에 H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 혼합 가스를 공급하고, 절연막(81)의 표면에 ZrB<sub>x</sub>막(87)을 퇴적시키는 공정이다. STEP3에서는, 우선, 가스 공급원(19)으로부터, 매스플로우 컨트롤러(17a)에 의해 유량 제어하면서, H<sub>2</sub> 가스를 가스 공급 배관(15a)을 통해서 원료 용기(21) 내에 공급한다. 이때, 원료 용기(21) 내는 무용한 분해 부반응이 발생하지 않도록, 고체 원료인 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>가 안정화되는 온도, 예를 들어 -15℃ 내지 5℃의 범위 내로 냉각 유지해 두는 것이 바람직하다. Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>가 H<sub>2</sub> 가스에 의해 안정화되어 있는 경우에는 현저하게 분해 반응이 일어나지 않는 45℃ 이하의 온도로 보온해도 된다. 원료 용기(21) 내에서는, 도입된 H<sub>2</sub> 가스와 접촉에 의해, 고체 원료인 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>가 기화한다. 그리고, 성막 가스로서의 H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 혼합 가스가, 가스 공급 배관(15c, 15c1), 샤워 헤드(11)의 가스 확산 공간(12) 및 가스 토출 구멍(13)을 통해서 처리 용기(1) 내에 도입되고, 웨이퍼(W)를 향해서 공급된다. 이에 의해, 처리 용기(1) 내에서는 열CVD법에 의해 절연막(81)의 표면을 덮도록 ZrB<sub>x</sub>막(87)의 박막이 형성된다.
- [0059] <성막 조건>
- [0060] 여기서, STEP3에 있어서의 CVD법에 의한 ZrB<sub>x</sub>막의 성막 처리에 있어서의 바람직한 조건에 대해서 상세하게 설명한다.
- [0061] (성막 가스)
- [0062] 본 실시 형태의 성막 방법에서는, 성막 가스로서, H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 혼합 가스를 사용한다. H<sub>2</sub> 가스의 유량은, 처리 용기(1)나 웨이퍼(W)의 크기에 따라 적절히 변경할 수 있으므로 특별히 한정되는 것은 아니나, 예를 들어 직경 100 mm의 웨이퍼(W)를 처리하는 경우, 12 sccm(mL/min) 이상 64 sccm(mL/min) 이하의 범위 내인 것이 바람직하고, 20 sccm(mL/min) 이상 40 sccm(mL/min) 이하의 범위 내인 것이 보다 바람직하다. 또한, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량은, 처리 용기(1)나 웨이퍼(W)의 크기에 따라 적절히 변경될 수 있으므로 특별히 한정되는 것은 아니나, 예를 들어 직경 100 mm의 웨이퍼(W)를 처리하는 경우, 3 sccm(mL/min) 이상 16 sccm(mL/min) 이하의 범위 내인 것이 바람직하고, 5 sccm(mL/min) 이상 8 sccm(mL/min) 이하의 범위 내인 것이 보다

바람직하다.

[0063] ZrB<sub>x</sub>막의 B/Zr비를 배리어막으로서 양호한 범위(즉, x=1.8 내지 2.5)로 유지하기 위해서는, 성막 가스의 유량 비율이 중요해진다. 이러한 관점에서, H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 체적 유량비[H<sub>2</sub>/M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>비]는 2 이상이면 되고, 2.5 내지 10이 바람직하고, 3.3 내지 7.7이 바람직하다. H<sub>2</sub>/M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>비가 2 미만이면 ZrB<sub>x</sub>막의 x가 커져(즉, B가 과잉이 되어), 화학양론비로부터 크게 벗어난 막이 되어서 배리어막으로서의 막질이 저하한다. 한편, H<sub>2</sub>/M(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>비가 10을 초과하면, ZrB<sub>x</sub>막의 x는 화학양론비인 2에 근접하지만, 성막 속도가 느려져서, 실용성이 낮아진다.

[0064] 본 실시 형태의 성막 장치(100)에서는, 고체 원료인 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>의 기화를, 온도 조절 장치(23)를 구비한 원료 용기(21) 내에서 안정된 온도 환경 하에서, H<sub>2</sub> 가스의 공급에 의해 행함으로써, 분해 부반응이 적은 상태에서 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스를 기화시켜서 처리 용기(1) 내에 공급할 수 있음과 함께, 용이하게 H<sub>2</sub>/Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>비를 2 이상으로 조정할 수 있다. 예를 들어, 어떤 유지 온도에 있어서의 원료 용기(21) 내의 H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>의 증기압을 합한 전체 압력을 P1, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>의 증기압을 P2, H<sub>2</sub> 가스의 유량을 F1로 하면, 기화시킨 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량 F2는, 하기 식 (i)로 나타낼 수 있다. 이 식으로부터 명백해진 바와 같이, 원료 용기(21) 내의 전체 압력 P1과, H<sub>2</sub> 가스의 유량 F1을 조절함으로써, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량 F2를 정하는 것이 가능하고, H<sub>2</sub>/Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>비의 제어도 용이하게 행할 수 있다.

[0065]  $F2 = [P2 / (P1 - P2)] \times F1 \dots (i)$

[0066] (처리 압력)

[0067] ZrB<sub>x</sub>막의 성막 처리에 있어서의 처리 압력은, 예를 들어 10 Pa 이상 300 Pa 이하의 범위 내가 바람직하고, 25 Pa 이상 100 Pa 이하의 범위 내가 보다 바람직하고, 30 Pa 이상 70 Pa 이하의 범위 내가 바람직하다. 처리 압력이 높을수록 성막 속도가 빨라지고, 낮을수록 성막 속도가 저하하는 경향이 있다. 따라서, 처리 압력이 10 Pa보다 낮으면 충분한 성막 속도가 얻어지지 않는 경우가 있고, 300 Pa를 초과하면 성막 속도가 너무 커져서, B/Zr비가 2.5를 초과할 우려가 있어, ZrB<sub>x</sub>막의 박리 등의 문제가 발생하는 경우가 있다.

[0068] (처리 온도)

[0069] ZrB<sub>x</sub>막의 성막 처리에 있어서의 처리 온도(웨이퍼(W)의 가열 온도)는, 예를 들어 160℃ 이상 300℃ 이하의 범위 내로 하는 것이 바람직하고, 180℃ 이상 250℃ 이하의 범위 내로 하는 것이 보다 바람직하다. 처리 온도가 높을수록 성막 속도가 빨라지고, 낮을수록 성막 속도가 저하하는 경향이 있다. 따라서, 웨이퍼(W)의 가열 온도가 160℃보다 낮으면 충분한 성막 속도가 얻어지지 않아, 처리량이 저하하는 경우가 있고, 300℃를 초과하면, 성막 속도가 너무 커져서, ZrB<sub>x</sub>막에 박리 등의 문제가 발생하는 경우가 있다.

[0070] 성막 장치(100)에서는, 상기 범위 내의 가스 유량, 처리 압력 및 처리 온도의 조건을 조합함으로써, 예를 들어 Cu막 상에서 3 nm/min 내지 80 nm/min 정도, SiO<sub>2</sub>막 상에서 1 nm/min 내지 25 nm/min 정도의 성막 속도로 ZrB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있다. 성막 조건은 제어부(70)의 기억부(73)에 레시피로서 보존해 둘 수 있다. 그리고, 컨트롤러(71)가 그 레시피를 판독해서 성막 장치(100)의 각 엔드 디바이스에 제어 신호를 송출함으로써, 성막 장치(100)에 있어서, 원하는 조건에서 성막 처리를 행할 수 있다.

[0071] 이상과 같이, STEP1 내지 STEP3의 공정을 거쳐서 형성되는 ZrB<sub>x</sub>막(87)은, 개구부(83)에 Cu 배선이나 Cu 플러그가 충전된 후에, 절연막(81) 증으로의 Cu의 확산을 억제하는 배리어막으로서 기능하는 것이다. ZrB<sub>x</sub>막(87)의 막두께로서는, 배리어성 유지와 RC값의 상승 억제의 관점에서, 예를 들어 0.5 내지 7 nm가 바람직하고, 1 내지 3 nm가 보다 바람직하다.

[0072] 또한, 본 실시 형태의 성막 방법에서는, 스텝 커버리지도 양호하다. 예를 들어 도 5에 있어서의 절연막(81)의 개구부(83) 이외의 부분에 형성된 ZrB<sub>x</sub>막(87)의 막두께(톱 막두께)를 T<sub>T</sub>, 개구부(83)의 측부에 형성된 ZrB<sub>x</sub>막(87)의 막두께(사이드막 두께)를 T<sub>S</sub>, 개구부(83)의 바닥에 형성된 ZrB<sub>x</sub>막(87)의 막두께(보텀막 두께)를 T<sub>B</sub>로 한 경우, 0.8×T<sub>T</sub>≤T<sub>S</sub>의 관계 및 0.8×T<sub>T</sub>≤T<sub>B</sub>의 관계가 성립하도록 성막을 행하는 것이 가능하다.

- [0073] 또한, 본 실시 형태의 성막 방법에 의해 성막되는  $ZrB_x$ 막(87)은, 절연막(81)과의 밀착성이 우수하다. 또한,  $ZrB_x$ 막(87)은, 절연성의 막 상에 퇴적시킨 경우에는 상대적으로 저항이 높아지고, 도전성의 막 상에 퇴적시킨 경우에는 상대적으로 저항이 낮아지는 특성을 갖고 있기 때문에, 예를 들어 개구부(83)의 바닥에 Cu막 등의 하층 배선의 금속막(도시하지 않음)이 노출되어 있는 경우에는,  $ZrB_x$ 막(87)이 개재되어도 상기 금속막과 개구부(83) 내에 매립되는 배선과의 도통을 확보할 수 있다.
- [0074] 또한, 본 실시 형태의 성막 방법은 상기 STEP1 내지 STEP3의 공정 이외에, 임의 공정으로서, 예를 들어 절연막(81)의 표면을 개질하는 공정, Ar 플라즈마에 의한 스퍼터 처리 등을 설치해도 된다.
- [0075] 이어서, 본 발명의 기초가 된 실험 결과에 대해서 설명한다.
- [0076] (처리 온도의 검토)
- [0077] 상이한 바탕막 상에 처리 온도를 바꾸어서  $ZrB_x$ 막의 성막을 행하였다. 처리 온도는, 160℃, 200℃, 250℃ 또는 300℃로 설정하였다. 성막 가스의 유량은,  $H_2$  가스를 20 mL/min(sccm),  $Zr(BH_4)_4$  가스를 6 mL/min(sccm)로 설정하였다.  $H_2/Zr(BH_4)_4$ 비는 3.3이다. 처리 압력은 50 Pa로 하였다. 바탕막은, Ta막, Cu막, Low-k막[CORAL(상표), Novellus사 제조] 및  $SiO_2$ 막으로 하였다. 도 6은 처리 온도가 160℃, 도 7은 처리 온도가 200℃, 도 8은 처리 온도가 250℃, 도 9는 처리 온도가 300℃인 결과를 도시하고 있다. 또한, 예비 실험에서 성막 속도가 너무 커졌기 때문에, 성막 온도가 300℃인 경우만,  $Zr(BH_4)_4$  가스를 2.6 mL/min(sccm)로 설정하였다. 도 6 내지 도 9에서는, 횡축에 성막 시간[min]을 취하고, 종축의 막두께[nm]를 바탕막의 종류마다 플롯하였다. 막두께가 비교적 두꺼운(약 15 nm 이상) 경우에는, SEM(주사형 전자 현미경)에 의해 막두께를 측정하고, 막두께가 비교적 얇은(약 15 nm 미만) 경우에는, XRF(형광 X선 분석)에 의해 막두께를 측정하였다.
- [0078] 우선, 도 6과 도 9로부터, 처리 온도가 160℃에서는, 어느 바탕막에서도 성막 속도가 너무 작고, 300℃[단,  $Zr(BH_4)_4$  유량은 다른 온도의 1/2]에서는, 반대로 성막 속도가 너무 커져서, 배리어막의 용도에서 0.5 내지 7 nm 정도의 막두께로 성막을 행하기에는 부적합하다는 것을 알 수 있다. 그에 비하여, 도 7과 도 8로부터, 처리 온도가 200℃ 내지 250℃는, 수 nm 내지 몇십 nm 정도의 막두께의  $ZrB_x$ 막을 성막하는데 있어서 적합한 처리 온도인 것이 확인되었다. 또한, 배리어막의 용도에서 목표로 하는 1 내지 3 nm 정도의 막두께로  $ZrB_x$ 막을 성막하기 위해서는, 200℃보다 조금 낮은 처리 온도도 바람직하다고 생각되었다.
- [0079] 이상의 결과를 근거로 하여, 상이한 바탕막 상에 처리 온도를 180℃로 고정해서  $ZrB_x$ 막의 성막을 행하였다. 바탕막은, Cu막, Ru막, Low-k막[CORAL(상표), Novellus사 제조], TiN막, SiN막, SiC막 및  $SiO_2$ 막으로 하였다. 성막 가스의 유량은,  $H_2$  가스를 20 mL/min(sccm),  $Zr(BH_4)_4$  가스를 6 mL/min(sccm)로 설정하였다.  $H_2/Zr(BH_4)_4$ 비는 3.3이다. 처리 압력은 50 Pa로 하였다. 도 10 및 도 11은, 횡축에 성막 시간[min]을 취하고, 종축의 막두께[nm]를, 바탕막의 종류마다 플롯한 그래프이다. 도 10은 SEM(주사형 전자 현미경)에 의해 막두께를 측정된 결과이며, 도 11은 XRF(형광 X선 분석)에 의해 막두께를 측정된 결과이다. 도 10 및 도 11로부터, 0.5 내지 20 nm 정도의 막두께의 범위 내에서 성막 시간에 거의 비례해서  $ZrB_x$ 막의 막두께가 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 성막 온도 180℃ 내지 250℃의 범위 내이면, 배리어막의 용도에서 목표로 하는 1 내지 3 nm 정도의 막두께의  $ZrB_x$ 막을 제어성 좋게 성막할 수 있는 것이 확인되었다.
- [0080] (처리 압력의 검토)
- [0081] 바탕막으로서, Ta막 및  $SiO_2$ 막을 사용하고, 처리 압력을 25 Pa, 50 Pa, 또는 100 Pa로 바꾸어서  $ZrB_x$ 막의 성막을 행하였다. 성막 가스의 유량은,  $H_2$  가스를 20 mL/min(sccm),  $Zr(BH_4)_4$  가스를 6 mL/min(sccm)로 설정하였다.  $H_2/Zr(BH_4)_4$ 비는 3.3이다. 처리 온도는 250℃, 성막 시간은 5분으로 하였다. 그 결과, 어느 처리 압력에서도, 바탕막 상에 금속 광택의  $ZrB_x$ 막을 성막할 수 있었지만, 100 Pa에서는 성막량이 너무 커서,  $ZrB_x$ 막의 박리가 발생하는 사례가 있었다. 또한, 처리 압력을 높게 하면 성막 속도도 커지는 경향이 있기 때문에,  $ZrB_x$ 막의 막두께의 제어성을 고려하면, 그다지 성막 속도가 커지지 않는 100 Pa이나, 그것보다 작은 처리 압력이 바람직하다고 생각된다. 따라서, 처리 압력은, 이 실험 결과로부터는 25 Pa 내지 100 Pa의 범위 내이면

ZrB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있으므로 바람직하다고 할 수 있지만, 30 Pa 내지 70 Pa의 범위 내가 가장 바람직하다고 생각된다.

[0082] (원료 가스 유량의 검토)

[0083] 바탕막으로서, Ta, Cu 및 SiO<sub>2</sub>를 사용하고, 성막 가스의 유량은, H<sub>2</sub> 가스를 20 mL/min(sccm)에 고정하고, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스를 2.6 mL/min(sccm)[H<sub>2</sub>/Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>비: 7.7], 6 mL/min(sccm)[H<sub>2</sub>/Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>비: 3.3], 또는 15.5 mL/min(sccm)[H<sub>2</sub>/Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>비: 1.3]로 설정해서 ZrB<sub>x</sub>막의 성막을 행하였다. 모두 처리 압력은 50 Pa로 설정하였다. 처리 온도는 250℃, 성막 시간은 5분으로 하였다. 그 결과, 어느 원료 유량에서도, 바탕막 상에 금속 광택의 ZrB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있었다.

[0084] (성막 조건의 검토)

[0085] 상기 처리 온도, 처리 압력 및 원료 가스 유량의 실험 결과를 근거로 하여, 성막 조건의 검토를 행하였다. 다른 바탕막 상에 성막 가스[H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스]의 유량과 압력을 바꾸어서 ZrB<sub>x</sub>막의 성막을 행하였다. 바탕막은, Ta막, Cu막 및 SiO<sub>2</sub>막으로 하였다. 또한, 처리 온도는, 200℃로 설정하였다. 성막 가스의 유량은, H<sub>2</sub> 가스의 유량을 20 mL/min(sccm)에 고정하고, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량을 2.6 mL/min(sccm) 또는 6 mL/min(sccm)로 하였다. 처리 압력은, 25 Pa 또는 50 Pa로 하였다.

[0086] 여기서, 성막 조건은 이하와 같이 설정하였다.

[0087] 표준 조건(Std): Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량이 6 mL/min(sccm), 처리 압력이 50 Pa의 조합.

[0088] 저압 조건(LP): Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량이 6 mL/min(sccm), 처리 압력이 25 Pa의 조합.

[0089] 저원료 조건(LS)은, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량이 2.6 mL/min(sccm), 처리 압력이 50 Pa의 조합.

[0090] 도 12는 횡축에 성막 시간[min]을 취하고, 종축의 막두께[nm]를 바탕막의 종류마다 플롯한 그래프이다. 또한, 도 13은, 횡축에 바탕막의 종류를 취하고, 종축을 성막 속도[nm/min]로 한 막대그래프이다. 도 12로부터, 성막 시간이 길어질수록, ZrB<sub>x</sub>막의 막두께도 두꺼워지는 경향이 있는데, 바탕막의 종류에 따라 큰 차가 있는 것을 알 수 있다. 또한, 도 13으로부터, 어느 바탕막에 있어서도, 저원료 조건(LS)보다도 저압 조건(LP)쪽이 성막 속도가 크게 되어 있고, 또한 표준 조건(Std)에서는 가장 성막 속도가 큰 것을 알 수 있다. 이와 같이, 처리 압력과 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량에 따라 성막 속도를 조절할 수 있다. 또한, 성막 속도를 고려하면, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량이 6 mL/min(sccm), 처리 압력이 50 Pa인 표준 조건(Std)이 가장 바람직한 것이 확인되었다.

[0091] (막 성분의 분석)

[0092] 이어서, 성막 장치(100)를 사용해서 Ta막, SiO<sub>2</sub>막 상에 성막한 두께 100 nm이상의 ZrB<sub>x</sub>막에 대해서, XPS(X선 광전자 분광) 분석에 의한 막의 성분 분석을 행하였다. ZrB<sub>x</sub>막은, 처리 온도 200℃에서 15분간, 250℃에서 5분간, 또는 300℃에서 2분간의 조건에서 성막하였다. H<sub>2</sub> 가스의 유량은 20 mL/min(sccm), Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량은 6 mL/min(sccm), 처리 압력은 50 Pa로 설정하였다. 또한, 표면의 자연 산화막을 제거하기 위해서, 표층을 Ar 스퍼터에 의해 제거한 샘플에 대해서도 분석을 하였다.

[0093] 도 14에, 처리 온도 250℃, 5분간으로 성막한 SiO<sub>2</sub>막 상의 ZrB<sub>x</sub>막의 XPS 분석에 의한 차트를 나타냈다. 도 14로부터, ZrB<sub>x</sub>막의 최외측 표면(Ar 스퍼터하고 있지 않은 상태)은, ZrO<sub>2</sub>, Zr(OH)<sub>x</sub> 등의 피크가 검출되어, 산화되어 있는 것을 알 수 있지만, Ar 스퍼터 후의 샘플로부터, ZrB<sub>x</sub>막의 내부는 거의 ZrB<sub>x</sub>에 의해 형성되어 있는 것이 확인되었다. 또한, 도 15에 온도 조건 및 바탕막의 종류(SiO<sub>2</sub>막, Ta막)를 바꾸어서 성막한 ZrB<sub>x</sub>막 내의 B/Zr비 및 O/Zr비를 나타냈다. 도 15의 결과로부터, 실험의 조건인 처리 온도 200℃ 내지 300℃의 범위 내에서는, B/Zr비가 2.1 내지 2.5의 범위 내이며, 화학양론비에 가까운 ZrB<sub>x</sub>막이 얻어졌다. 또한, ZrB<sub>x</sub>막 내의 산소 함유량은 약 5%였다.

[0094] (단차 피복성의 평가)

[0095] 이어서, 개구 직경 120 nm, 중형비 1.5 내지 4의 홀, 또는 개구 폭 120 nm, 중형비 1.5 내지 4의 트렌치가 형성된 SiO<sub>2</sub>막에 대하여, ZrB<sub>x</sub>막의 성막을 행함으로써 단차 피복성을 평가하였다. ZrB<sub>x</sub>막은 처리 온도 200℃에서 5분간(목표 막두께 20 내지 21 nm), 또는 처리 온도 250℃에서 5분간(목표 막두께 125 내지 130 nm), 의 조건에서 성막하였다. H<sub>2</sub> 가스의 유량은 20 mL/min(sccm), Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 유량은 6 mL/min(sccm), 처리 압력은 50 Pa로 설정하였다.

[0096] 중형비가 1.5 내지 4인 홀에 관한 단차 피복성의 측정 결과를 도 16에 나타냈다. 또한, 중형비가 1.5 내지 4의 트렌치에 관한 단차 피복성의 측정 결과를 도 17에 나타냈다. 도 16 및 도 17로부터, 톱 막두께(T<sub>T</sub>)에 대한 사이드막 두께(T<sub>S</sub>)의 비(T<sub>S</sub>/T<sub>T</sub>)는, 홀이 0.8 이상, 트렌치가 0.8 이상이며, 톱 막두께(T<sub>T</sub>)에 대한 보텀막 두께(T<sub>B</sub>)의 비(T<sub>B</sub>/T<sub>T</sub>)는, 홀이 0.9 이상, 트렌치가 0.85 이상이었다. 이와 같이, 본 실시 형태의 성막 방법은 단차 피복성이 우수한 것이 확인되었다.

[0097] <작용>

[0098] 본 실시 형태의 성막 방법에서는, H<sub>2</sub> 가스를, 고체 원료인 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 기화시켜서 처리 용기(1) 내에 유도하는 캐리어 가스로서 사용한다. 그러나, H<sub>2</sub> 가스는 단순히 캐리어 가스로서 기능할뿐만아니라, 처리 용기(1) 내를 환원 분위기로 유지함과 동시에, 성막 반응에 관여해서 성막되는 ZrB<sub>2</sub>막의 B/Zr비를 화학양론비에 근접시키는 작용을 갖고 있다. 즉, 통상, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스를 원료로 하는 열CVD법에 의한 성막에서는, 소정 온도로 가열된 웨이퍼(W) 상에서 하기 화학식 1과 같은 열분해 반응이 발생한다.

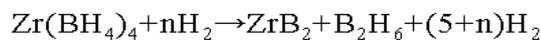
**화학식 1**



[0099]

[0100] 그러나, 본 실시 형태의 성막 방법에 있어서의 STEP3의 성막 공정에서는, 과잉의 H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스를 혼합해서 처리 용기(1) 내에 도입하는 점에서, 소정 온도로 가열된 웨이퍼(W) 상에서 하기 화학식 2와 같은 열분해 반응이 발생하는 것이라고 생각된다.

**화학식 2**



[0101]

[0102] 상기 화학식 2에 있어서의 H<sub>2</sub>의 역할은 반드시 명확하게 해명되어 있는 것은 아니지만, Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>에 대하여 과잉의 H<sub>2</sub>를 존재시킴으로써 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>의 생성(붕소의 소비)을 촉진하여, ZrB<sub>x</sub>막 중에 과잉 붕소가 잔존하는 것을 억제하는 것이라고 생각된다. 이러한 H<sub>2</sub> 가스의 첨가 효과를 충분히 끌어내기 위해서, 본 실시 형태의 성막 방법에서는, H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 체적 유량비[H<sub>2</sub>/Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>]을 2 이상(바람직하게는 2.5 내지 10, 바람직하게는 3.3 내지 7.7)으로 설정한다. 이에 의해, 300℃ 이하의 열CVD법에서는 종래 성막이 곤란했던, B/Zr비가 1.8 내지 2.5로 양호한 전기 특성이나 배리어 특성을 가지는 ZrB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있는 것이다.

[0103] 이상과 같이, 본 실시 형태의 성막 방법에서는, 고체 원료인 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>에, 캐리어 가스로서 H<sub>2</sub> 가스를 공급해서 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>를 기화시키고, H<sub>2</sub> 가스와 Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub> 가스의 체적 유량비[H<sub>2</sub>/Zr(BH<sub>4</sub>)<sub>4</sub>]가 2 이상이 되도록 처리 용기(1) 내에 도입함으로써, 리모트 플라즈마를 이용하지 않고, B/Zr비가 화학양론비에 가까운 적정한 범위 내 (즉, x가 1.8 내지 2.5)의 ZrB<sub>x</sub>막을 성막할 수 있다. 따라서, 리모트 플라즈마 설비가 필요한 종래법에 비해 성막 장치의 구성을 간소화할 수 있다.

[0104] 또한, 본 실시 형태의 성막 방법에 의하면, 절연막(81)의 표면에 균일하게, 또한 소정의 두께로 ZrB<sub>x</sub>막(87)을 성막할 수 있다. 또한, 스텝 커버리지도 양호하고, 예를 들어 절연막(81)에 형성된, 개구 직경에 대한 깊이의

비가 큰 고종횡비의 개구부(83)에 있어서도, 개구부(83) 내에 거의 균일한 막두께로  $ZrB_x$ 막(87)을 형성할 수 있다. 이와 같이 하여 얻어지는  $ZrB_x$ 막(87)은 양호한 전기적 특성과 Cu의 확산에 대한 우수한 배리어 특성을 갖는 것이다. 즉, 본 실시 형태의 성막 방법에 의해 성막되는  $ZrB_x$ 막(87)은, 반도체 장치에 있어서, 배선 간의 전기적 접촉을 확보하면서, 구리 배선으로부터 Cu가 절연막(81) 중에 확산하는 것을 효과적으로 억제한다. 따라서, 배리어막으로서, 본 실시 형태의 성막 방법에 의해  $ZrB_x$ 막(87)을 성막함으로써, 반도체 장치의 신뢰성을 확보할 수 있다.

[0105] [다마신 프로세스에의 적용예]

[0106] 이어서, 도 18 내지 도 20을 참조하면서, 상기 실시 형태의 성막 방법을, 다마신 프로세스에 응용한 적용예에 대해서 설명한다. 도 18은  $ZrB_x$ 막(87)을 성막하기 전의 적층체를 나타내는 웨이퍼(W)의 주요부 단면도이다. 바탕 배선층이 되는 층간 절연막(101) 상에는, 에칭 스톱퍼막(102), 비아층이 되는 층간 절연막(103), 에칭 스톱퍼막(104) 및 배선층이 되는 층간 절연막(105)이, 이 순서대로 형성되어 있다. 또한, 층간 절연막(101)에는 Cu가 매립된 하층 배선(106)이 형성되어 있다. 또한, 에칭 스톱퍼막(102, 104)은, 모두 구리의 확산을 방지하는 배리어 기능도 갖고 있다. 층간 절연막(103) 및 층간 절연막(105)은, 예를 들어 CVD법에 의해 성막된 저유전율막이다. 에칭 스톱퍼막(102, 104)은, 예를 들어 CVD법에 의해 성막된 탄화 규소(SiC)막, 질화 규소(SiN)막, 탄화 질화 규소(SiCN)막 등이다.

[0107] 도 18에 도시한 바와 같이, 층간 절연막(103, 105)에는, 개구부(103a, 105a)가 각각 소정의 패턴으로 형성되어 있다. 이러한 개구부(103a, 105a)는, 상법에 따라, 포토리소그래피 기술을 이용해서 층간 절연막(103, 105)을 소정의 패턴으로 에칭함으로써 형성할 수 있다. 개구부(103a)는 비아 홀이며, 개구부(105a)는 배선 홈이다. 개구부(103a)는 하층 배선(106)의 상면까지 도달해 있고, 개구부(105a)는 에칭 스톱퍼막(104)의 상면까지 도달해 있다.

[0108] 이어서, 도 19는 도 18의 적층체에 대하여, 성막 장치(100)를 사용해서 열CVD법에 의해  $ZrB_x$ 막(87)을 형성한 후의 상태를 도시하고 있다. 성막 공정에서는, 상기 성막 조건에 의해 열CVD법을 행함으로써, 개구부(103a, 105a)가 고종횡비인 경우에도, 층간 절연막(103, 105)에 대한 밀착성이 우수한  $ZrB_x$ 막(87)을, 균일한 막두께로, 또한 양호한 스텝 커버리지로 성막할 수 있다.

[0109] 이어서, 도 20에 도시한 바와 같이, 층간 절연막(105) 상으로부터, Cu를 퇴적시켜서 개구부(103a 및 105a)를 매립하는 Cu막(107)을 형성한다. 이 Cu막(107)은, 예를 들어 CVD법, PVD법, 도금법 등에 의해 성막할 수 있다. 개구부(103a) 내에 매립된 Cu막(107)은 Cu 플러그가 되고, 개구부(105a) 내에 매립된 Cu막(107)은 Cu 배선이 된다. 이후에는, 통상의 방법에 따라, CMP(화학 기계 연마)법에 의해 평탄화를 행해서 여분의 Cu막(107)을 제거함으로써, Cu 플러그 및 Cu 배선이 형성된 다층 배선 구조체를 제작할 수 있다.

[0110] 이와 같이 하여 형성된 다층 배선 구조체에 있어서,  $ZrB_x$ 막(87)은, 우수한 배리어 기능을 갖기 때문에, Cu막(107)으로부터 층간 절연막(103, 105)으로의 Cu의 확산을 억제할 수 있다. 또한,  $ZrB_x$ 막(87)은, 개구부(103a)의 저부에서는 Cu의 하층 배선(106) 상에 형성됨으로써 저저항의 막이 되기 때문에, 개구부(103a, 105a) 내에 매립된 Cu막(107)과 하층 배선(106)과의 전기적인 콘택트를 확보할 수 있다. 따라서, 신뢰성이 우수한 다층 배선 구조체를 구비한 전자 부품을 제조할 수 있다.

[0111] 이상의 설명에서는, 성막 방법을 듀얼 다마신 프로세스에 적용한 예를 들었지만, 싱글 다마신 프로세스에도 마찬가지로 적용 가능하다.

[0112] 이상, 본 발명의 실시 형태를 설명했지만, 본 발명은 상기 실시 형태에 제약되지 않고, 다양한 변형이 가능하다. 예를 들어, 상기 실시 형태에서는, 피처리체인 기판으로서 반도체 웨이퍼를 예로 들어서 설명했지만, 이것에 한정되지 않고, 예를 들어 유리 기판, LCD 기판, 세라믹 기판 등에도 본 발명을 적용할 수 있다. 또한, 상기 실시 형태에서는, 상기  $MB_x$ 막의 M이 Zr인 경우를 예로 들어서 설명했지만, M이 Hf인  $HfB_x$ 막(전 형적으로는  $HfB_2$ 막으로서 나타낼 수 있음)에 대해서도 원료의 열화학적 성질이 지극히 유사하기 때문에 동일하게 성막할 수 있다.

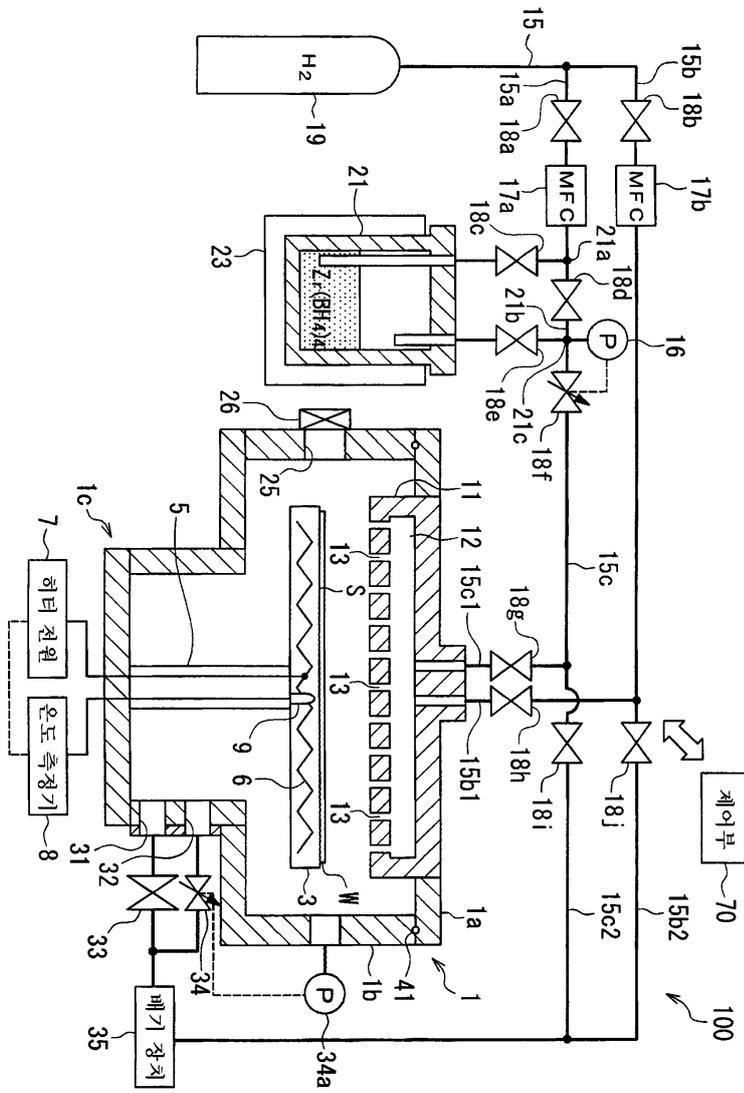
**부호의 설명**

[0113]

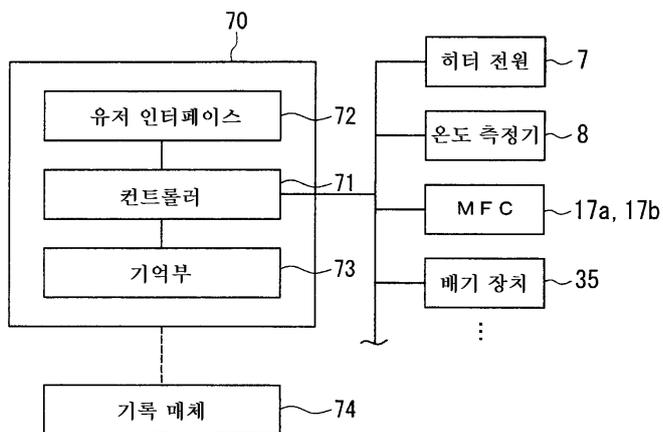
- 1: 처리 용기
- 1a: 천장판
- 1b: 측벽
- 1c: 저벽
- 3: 스테이지
- 6: 히터
- 7: 히터 전원
- 8: 온도 측정기
- 9: 열전대(TC)
- 11: 샤워 헤드
- 12: 가스 확산 공간
- 13: 가스 토출 구멍
- 15, 15a, 15b, 15c, 15b1, 15b2, 15c1, 15c2: 가스 공급 배관
- 16: 압력계
- 17a, 17b: 매스플로우 컨트롤러(MFC)
- 18a, 18b, 18c, 18d, 18e, 18g, 18h, 18i, 18j: 밸브
- 18f: 압력 조정 밸브
- 19: 가스 공급원
- 21: 원료 용기
- 23: 온도 조절 장치
- 25: 개구
- 26: 게이트 밸브
- 31: 주배기 구멍
- 32: 배기 구멍
- 33: 주배기 밸브
- 34: 압력 조정 밸브
- 34a: 압력계
- 35: 배기 장치
- 41: O링
- 70: 제어부
- 100: 성막 장치
- W: 반도체 웨이퍼(기판)

도면

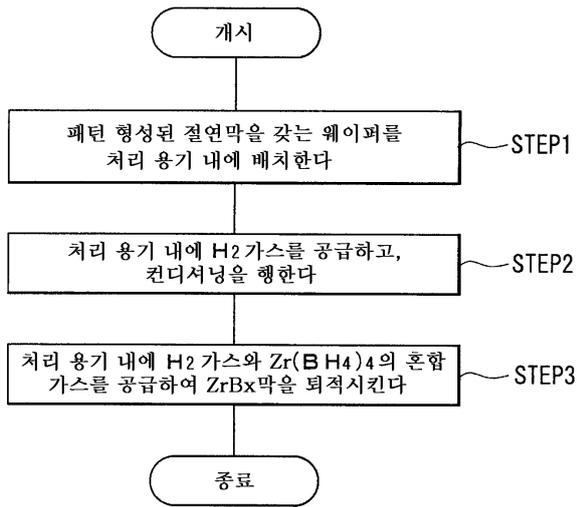
도면1



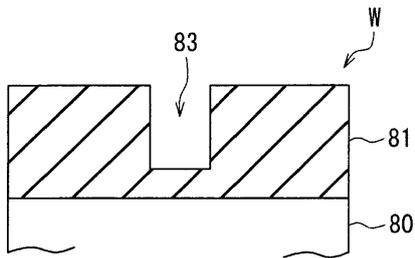
도면2



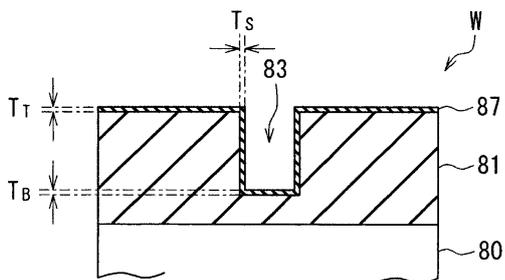
도면3



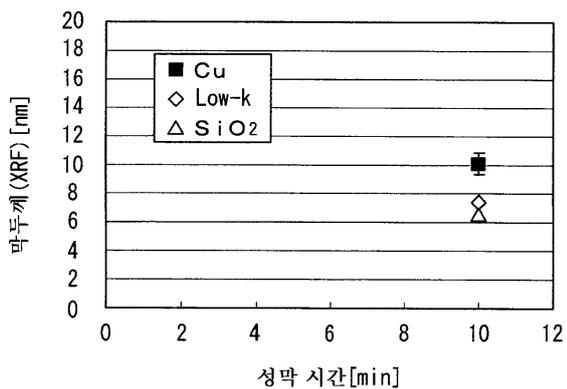
도면4



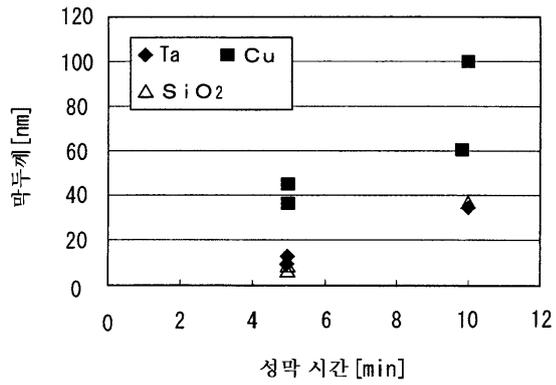
도면5



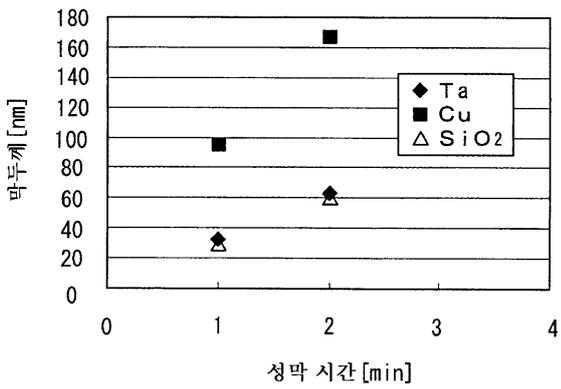
도면6



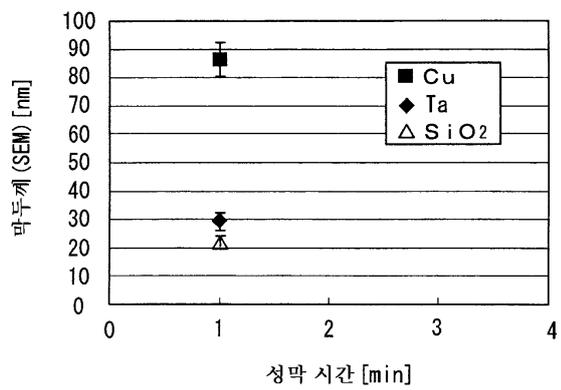
도면7



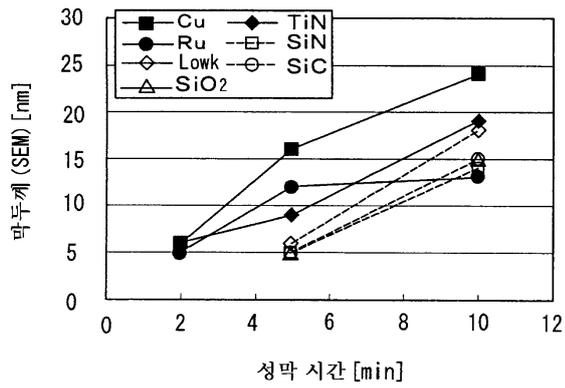
도면8



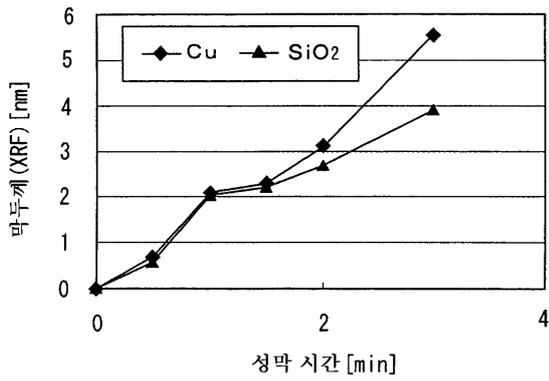
도면9



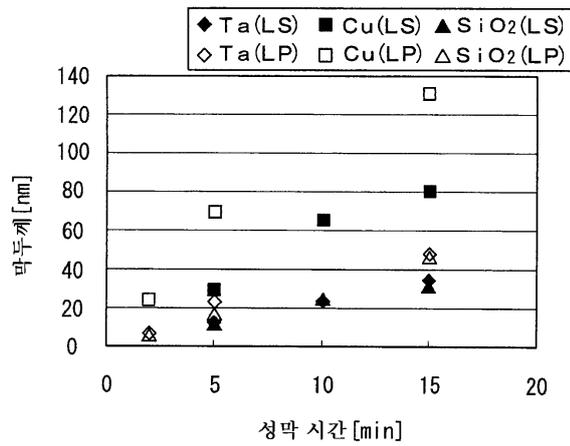
도면10



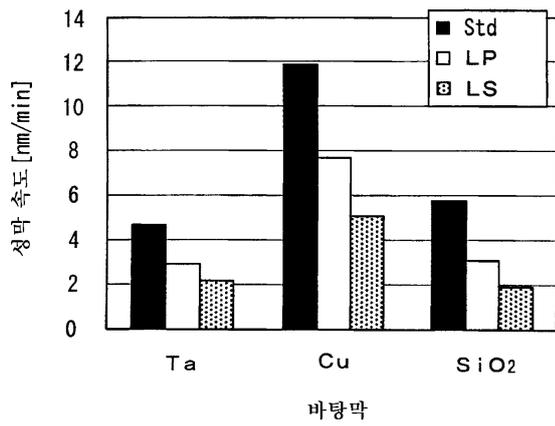
도면11



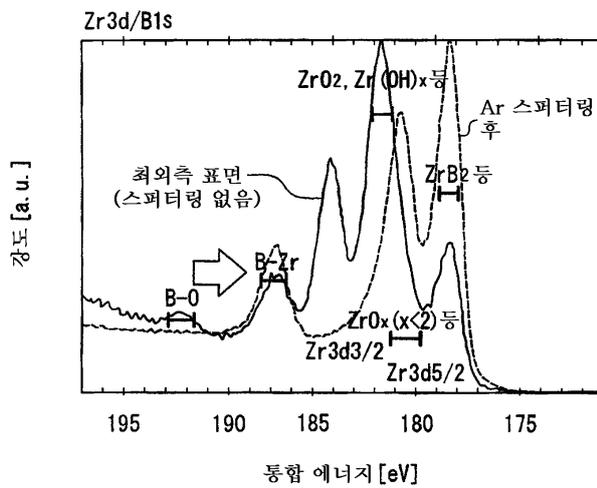
도면12



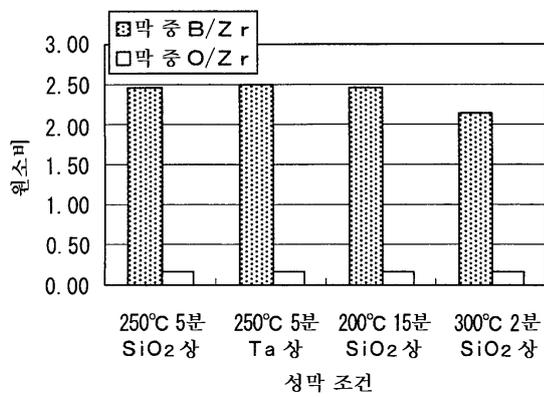
도면13



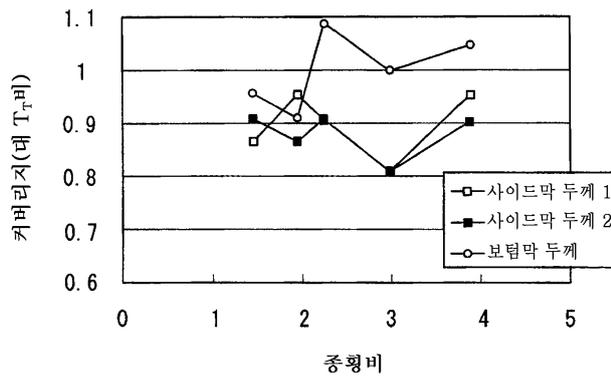
도면14



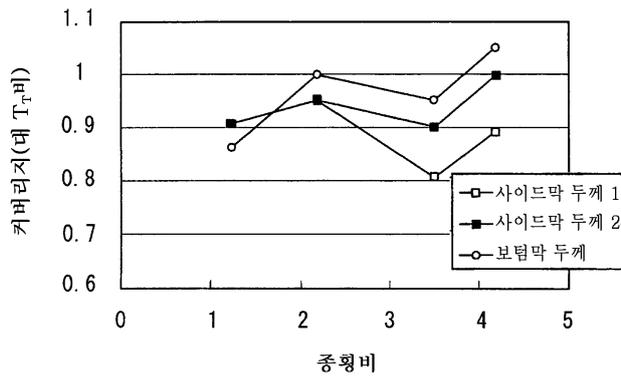
도면15



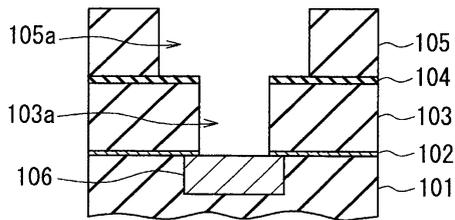
도면16



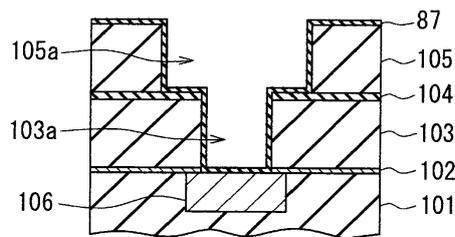
도면17



도면18



도면19



도면20

