

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.⁷
H01L 21/28

(45) 공고일자 2005년12월16일
(11) 등록번호 10-0537320
(24) 등록일자 2005년12월12일

(21) 출원번호 10-2002-0068451
(22) 출원일자 2002년11월06일

(65) 공개번호 10-2003-0040061
(43) 공개일자 2003년05월22일

(30) 우선권주장 JP-P-2001-00348325 2001년11월14일 일본(JP)
JP-P-2002-00027738 2002년02월05일 일본(JP)
JP-P-2002-00044289 2002년02월21일 일본(JP)
JP-P-2002-00044296 2002년02월21일 일본(JP)

(73) 특허권자 미츠비시 주교교 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 미나토구 고난 2초메 16방 5고

(72) 발명자 사카모토히로시
일본가나가와켄요코하마시가나자와꾸사찌우라1초메8-1미츠비시주교교가부시키키가이샤센신기쥬쓰겐쥬센터나이

야하타나오끼
일본효고켄다카사고시신하마2초메아라이쥬1-1미츠비시주교교가부시키키가이샤다카사고겐쥬쇼나이

마쓰다류이찌
일본효고켄다카사고시신하마2초메아라이쥬1-1미츠비시주교교가부시키키가이샤다카사고겐쥬쇼나이

오오바요시유키
일본가나가와켄요코하마시가나자와꾸사찌우라1초메8-1미츠비시주교교가부시키키가이샤센신기쥬쓰겐쥬센터나이

니시모리도시히코
일본효고켄다카사고시신하마2초메아라이쥬1-1미츠비시주교교가부시키키가이샤다카사고겐쥬쇼나이

(74) 대리인 특허법인코리아나

심사관 : 박준영

(54) 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법

요약

챔버 내부의 기관과 금속 부재 사이에서 Cl_2 가스 플라즈마를 발생시킨다. Cl_2 가스 플라즈마에 의해 금속 부재를 에칭하여 전구체를 형성한다. 기관을 수용하는 챔버와 분리된 방식으로 질소 가스를 여기시킨다. 여기된 질소와 전구체 사이의 반응에 의해 금속 질화물을 형성하고, 기관 상에 막으로 형성한다. 금속 질화물의 막형성 이후에, 기관의 금속 질화물 상에 전구체의 금속 성분을 막으로 형성한다. 이 방식으로, 매립 특성이 우수하고 두께가 매우 작으면서도, 금속의 확산을 억제하고 금속과의 밀착성을 향상시킨 배리어 금속막이 제조된다.

배리어 금속막의 매트릭스의 내부에 비하여 배리어 금속막의 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행한다. 그 결과, 표면에 산화물층이 형성되어 젖음성이 향상되고, 표면에 수산기가 형성되어 친수성이 증가된다. 따라서, 매립 특성이 우수하고 두께가 매우 작으면서도, 그 위에 형성될 금속과의 밀착성을 증진시킨 배리어 금속막이 고속으로 제조된다.

배리어 금속막의 표면 TaN 층에서 N 원자들을 제거하여 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행한다. 그 결과, 표면층에는 실질적으로 금속층이 형성되고, 실질적인 금속층과 금속 질화물층은 단일층 두께로 형성된다. 이 방식으로, 두께가 매우 작으면서도 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막이 제조되므로, 금속 배선 공정을 안정화시킨다.

대표도

도 1

색인어

배리어 금속막, 금속막, 금속 배선, 반도체

명세서

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명의 제 1 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 2 는 배리어 금속막이 제조되어 있는 기관의 상세 도면.

도 3 은 본 발명의 제 2 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 4 는 도 3 의 화살표로 표시한 라인 IV-IV 을 따라 절취한 도면.

도 5 는 도 4 의 화살표로 표시한 라인 V-V 를 따라 절취한 도면.

도 6 은 본 발명의 제 3 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 7 은 본 발명의 제 4 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 8 은 본 발명의 제 5 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 9 는 본 발명의 제 6 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 10 은 본 발명의 제 7 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 11 은 본 발명의 제 8 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 12 는 본 발명의 제 9 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 13 은 배리어 금속막을 설명하는 기관의 단면도.

- 도 14 는 탈질화 처리시 배리어 금속막의 개념도.
- 도 15 는 탈질화 처리시 배리어 금속막의 개념도.
- 도 16 은 산화물층 형성을 위한 처리시 배리어 금속막의 개념도.
- 도 17 은 구리 입자의 접촉각과 기관의 산소 농도 사이의 관계를 나타내는 그래프.
- 도 18 은 수산화기 형성을 위한 처리시 배리어 금속막의 개념도.
- 도 19 는 희석 가스 공급 수단의 다른 예를 나타내는 개략 구성도.
- 도 20 은 본 발명의 제 10 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 구성도.
- 도 21 은 본 발명의 제 10 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치에 의해 배리어 금속막을 제조하는 일례를 나타내는 개념도.
- 도 22 는 본 발명의 제 11 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.
- 도 23 은 본 발명의 제 12 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.
- 도 24 는 도 23 의 화살표로 표시한 라인 XII-XII 를 따라 절취한 도면.
- 도 25 는 도 24 의 화살표로 표시한 라인 XIV-XIV 를 따라 절취한 도면.
- 도 26 은 본 발명의 제 13 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.
- 도 27 은 본 발명의 제 14 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도.
- 도 28 은 막 형성 공정을 위한 장치의 개략 도면.
- 도 29 는 본 발명의 제 15 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도.
- 도 30 은 희석 가스 공급 수단의 다른 예를 나타내는 개략 구성도.
- 도 31 은 배리어 금속막을 설명하는 기관의 단면도.
- 도 32 는 탈질화 처리시 배리어 금속막의 개념도.
- 도 33 은 탈질화 처리시 배리어 금속막의 개념도.
- 도 34 는 본 발명의 제 16 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도.
- 도 35 는 도 34 의 화살표로 표시한 라인 VIII-VIII 을 따라 절취한 도면.
- 도 36 은 도 35 의 화살표로 표시한 라인 IX-IX 를 따라 절취한 도면.
- 도 37 은 본 발명의 제 17 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도.
- 도 38 은 본 발명의 제 18 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도.
- 도 39 는 본 발명의 제 19 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도.

도 40 은 본 발명의 제 20 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개념 구성도.

도 41 은 탈질화 처리시 배리어 금속막의 개념도.

도 42 는 본 발명의 제 21 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 구성도.

도 43 은 Si 의 핵 형성시 배리어 금속막의 개념도.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

챔버 : 1, 101, 201, 251

지지대 : 2, 102, 202, 252

기관 : 3, 103, 203, 253

온도 제어 수단 : 6, 106

금속 부재 : 7, 107, 207, 257

진공 장치 : 8, 108, 208, 258

플라즈마 안테나 : 9, 17, 34, 45, 109, 146, 209, 245, 259

노즐 : 12, 112, 114, 212, 262

여기 챔버 : 16, 44, 133, 153, 244, 266

전구체 : 22, 120, 215, 272

금속 질화물 박막 : 24

금속 박막 : 25

배리어 금속막 : 26, 123, 223

배기구 : 27, 117, 217

천장판 : 30, 141, 230

피에칭 부재 : 31, 41, 142, 148, 231, 241

링부 : 32, 143, 232

돌출부 : 33, 144, 233

금속층 : 123a, 223a

금속 질화물층 : 123b, 223b

산화물층 : 124

Cu 박막 : 216

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 기관의 표면에 금속막을 형성할 때 기관으로의 금속 확산을 방지하고 금속의 밀착성을 유지하기 위해, 기관의 표면 상에 형성되는 배리어 금속막의 제조 장치 및 제조 방법에 관한 것이다.

또한, 본 발명은, 기관 상에 제조된 배리어 금속막의 표면을 처리함으로써, 금속 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 금속막을 형성할 수 있는 금속막의 제조 방법 및 금속막의 제조 장치에 관한 것이다.

전기 배선을 갖는 반도체에서는, 스위칭 속도를 증가시키고 전송 손실을 감소시키고 고밀도화를 실현하기 위한 배선용 재료로, 구리를 사용하는 것이 점점 증가하고 있다. 구리 배선을 적용하는 경우에는, 표면에 배선용 오목부를 갖는 기관 상에서 기상 성장법 또는 도금법들을 수행하여, 오목부를 포함하는 기관 상에 구리막을 형성하는 것이 일반적인 방법이었다.

기관의 표면에 구리막을 형성할 때에, 기관으로의 구리 확산을 방지하고 구리의 밀착성을 유지하기 위해 기관의 표면에 미리 배리어 금속막 (예를 들어, 탄탈륨 질화물, 텅스텐 질화물, 티타늄 질화물 또는 실리콘 질화물) 을 형성한다. 도금법을 사용하는 경우, 배리어 금속막 상에 물리 기상 증착법 또는 화학 기상 증착법으로 구리 실드층을 형성하여 전극으로 사용한다. 배리어 금속막은 스퍼터링 등의 물리 기상 증착법으로 형성한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

기관의 표면에 형성되는 배선용 오목부는 그 크기가 작아지는 경향이 있고, 배리어 금속막의 두께는 더욱 감소시키는 것이 요구되고 있다. 그러나, 스퍼터링을 사용하여 배리어 금속막을 제조하는 경우, 그 방향성이 균일하지 않다. 따라서, 기관 표면의 오목부가 작아짐에 따라, 오목부의 내부에 막이 형성되기 전에 오목부의 입구에 막이 형성되어, 오목부를 충분히 매립하지 못하게 된다. 또한, 기관도 손상된다.

또한, 기관으로의 구리 확산을 방지하고 구리의 밀착성을 유지하는 목적으로 배리어 금속막을 제조한다. 따라서, 구리의 확산을 방지하기 위한 제 1 층으로 탄탈륨 질화물, 텅스텐 질화물 또는 티타늄 질화물을 형성하고, 구리의 밀착성을 유지하기 위한 제 2 층으로 탄탈륨, 텅스텐 또는 티타늄 등의 활성 금속을 형성한다. 그러나, 배리어 금속막이 너무 얇아, 현재의 상태로는 기관으로의 구리 확산을 방지하고 구리의 밀착성을 유지하는 기능을 모두 수행하기 어렵다. 이러한 2 가지 기능을 수행할 수 있는 배리어 금속막의 출현이 요구되고 있다.

특히, 기관의 표면에 형성된 배선 오목부가 점점 작아지는 경향이 있으므로, 배리어 금속막도 좀더 박막화하는 것이 요구된다. 그러나, 탄탈륨 질화물, 텅스텐 질화물 또는 티타늄 질화물을 구리 확산을 방지하기 위한 제 1 층으로 형성하고 탄탈륨, 텅스텐 또는 티타늄 등의 활성 금속을 구리의 밀착성을 유지하기 위한 제 2 층으로 형성하는 2 층 구조로 배리어막을 구성하는 경우, 필요한 최소 두께가 증가했다.

본 발명은 상술한 관점에서 이루어졌다. 본 발명의 목적은, 매립 특성이 우수하고 두께가 매우 작은 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있는 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 제공하는 것이다. 본 발명의 다른 목적은 기관의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있는 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 제공하는 것이다. 본 발명의 또 다른 목적은, 매우 얇으면서도 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 형성할 수 있는 금속막 제조 방법 및 금속막 제조 장치를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재 내에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 형성 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 플라즈마를 사용하여 금속을 형성함으로써, 금속 질화물의 막을 포함하고 확산을 억제하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 따라서, 기관에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재 내에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 형성 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하고, 상기 금속 질화물의 막형성 후에는, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 플라즈마에 의해 금속을 형성함으로써, 금속 질화물로 된 막을 포함하며 확산을 억제하고 밀착성을 향상시킨 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 따라서, 기관에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 질소 함유 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마와 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 전구체와 상기 질소를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 플라즈마에 의해 금속을 형성함으로써, 금속 질화물로 된 막과 금속막을 포함하고 확산을 억제하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 또한, 가스용 공급 라인을 간략화할 수 있고 플라즈마원의 개수를 감소시킬 수 있어, 제조 비용을 절감할 수 있다. 따라서, 기관에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 그리고 저가로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 질소 함유 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마와 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 전구체와 상기 질소를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성한 후, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 플라즈마에 의해 금속을 형성함으로써, 금속 질화물로 된 막과 금속막을 포함하여 확산을 억제하고 밀착성을 향상시킨 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 또한, 가스용 공급 라인을 간략화할 수 있고 플라즈마원의 개수를 감소시킬 수 있어, 제조 비용을 절감할 수 있다. 따라서, 기관에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 그리고 저가로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 단계;

상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 단계; 및

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 플라즈마에 의해 금속을 형성함으로써, 금속 질화물로 된 막과 금속막을 포함하고 확산을 억제하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 따라서, 기판에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기판과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 단계;

상기 기판을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기판의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기판 상에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계; 및

상기 금속 질화물의 막형성 후에, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기판의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기판의 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 플라즈마에 의해 금속을 형성함으로써, 금속 질화물로 된 막과 금속막을 포함하여 확산을 억제하고 밀착성을 향상시킨 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 따라서, 기판에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기판과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마와 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 전구체와 상기 질소를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 단계; 및

상기 기판의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기판 상에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 플라즈마에 의해 금속을 형성함으로써, 금속 질화물로 된 막을 포함하고 확산을 억제하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 또한, 가스용 공급 라인을 간략화할 수 있고 플라즈마원의 개수를 감소시킬 수 있어, 제조 비용을 절감할 수 있다. 따라서, 기판에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 그리고 저가로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기판과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마와 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 전구체와 상기 질소를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계; 및
 상기 금속 질화물의 막형성 후에, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 플라즈마에 의해 금속을 형성함으로써, 금속 질화물로 된 막과 금속막을 포함하며 확산을 억제하고 밀착성을 향상시킨 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 또한, 가스용 공급 라인을 간략화할 수 있고 플라즈마원의 개수를 감소시킬 수 있어, 제조 비용을 절감할 수 있다. 따라서, 기관에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 그리고 저가로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부에 질소를 함유하는 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 배리어 금속막으로 금속 질화물을 형성하는 제어 수단;

상기 기관 표면의 상부 위치에 희 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자를 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 표면 처리 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않고 금속 질화물층과 금속층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 배리어 금속막 제조 장치에 의해, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

상기 배리어 금속막 제조 장치는, 상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 더 구비할 수 있다.

이에 따라, 산화물층으로 인해, 배리어 금속막의 표면에 금속이 증착되는 경우, 금속에 의해 젖음성이 양호해져, 밀착성을 증진시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부에 질소를 함유하는 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 배리어 금속막으로 금속 질화물을 형성하는 제어 수단;

상기 기관 표면의 상부 위치에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 산소 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자를 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행함과 동시에, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층과 금속층을 포함하는 배리어 금속막을 최소한의 노즐 구성으로 제조할 수 있고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성을 양호하게 할 수 있다. 따라서, 배리어 금속막 제조 장치에 의해 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부에 질소를 함유하는 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 배리어 금속막으로 사용하기 위한 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성이 완료되기 직전에 상기 챔버 내로 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

그에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성을 양호하게 할 수 있다. 따라서, 배리어 금속막 제조 장치에 의해, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

기판을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기판과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부에 질소를 함유하는 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 기판의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기판의 표면에 금속 질화물을 막으로 형성한 후, 상기 기판의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하고 상기 질소 함유 가스 공급 수단으로부터 상기 질소를 함유하는 가스의 공급을 중단하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층과 금속층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성을 양호하게 할 수 있다. 따라서, 배리어 금속막 제조 장치에 의해, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

기판을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기판과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 형성 수단;

상기 기판의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기판 상에 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 상기 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성을 양호하게 할 수 있으며, 질소 함유 가스 플라즈마에 기관이 노출되지 않게 할 수 있다. 따라서, 배리어 금속막 제조 장치에 의해, 기관에 질소 함유 가스 플라즈마에 의한 영향을 주지 않으면서 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체를 반응시켜 금속 질화물을 형성하는 형성 수단;

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하고, 상기 금속 질화물의 막형성 후에, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위한 상기 기관의 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성을 양호하게 할 수 있으며, 질소 함유 가스 플라즈마에 기관이 노출되지 않게 할 수 있다. 따라서, 배리어 금속막 제조 장치에 의해, 기관에 질소 함유 가스 플라즈마에 의한 영향을 주지 않으면서 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

상기 배리어 금속막 제조 장치는, 상기 챔버 내에 수소를 공급하는 수소 공급 수단; 및 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 수소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 산화물층 상에 수산화기를 형성하는 수산화기 플라즈마 발생 수단을 더 구비할 수도 있다.

이에 따라, 수산화기가 형성되므로, 친수성이 증가하여 표면에 증착되는 금속과의 밀착성을 더욱 증가시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 배리어 금속막으로서 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 챔버 내부의 상기 기관 표면의 상부 위치에 희 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자를 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층 및 금속층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 배리어 금속막 제조 방법에 의해, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

배리어 금속막 제조 방법은, 상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버에 산소 가스를 공급하는 단계; 및 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 단계를 더 포함할 수도 있다.

이에 따라, 산화물층으로 인해, 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성이 양호해지므로, 금속과의 밀착성을 증진시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 배리어 금속막으로서 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관 표면의 상부 위치에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 산소 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자를 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행함과 동시에, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 최소한의 노즐 구성으로 금속 질화물층 및 금속층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 되고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성이 양호해진다. 따라서, 배리어 금속막 제조 방법에 의해, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내부에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 되고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성이 양호해진다. 따라서, 배리어 금속막 제조 방법에 의해, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 막으로 형성한 후, 상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하고 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위한 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내부에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층 및 금속층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 되고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성이 양호해진다. 따라서, 배리어 금속막 제조 방법에 의해, 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 기관 표면의 상부 위치에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 되며, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성이 양호해지고, 질소 함유 가스 플라즈마에 기관이 노출되지 않도록 할 수 있다. 따라서, 배리어 금속막 제조 방법에 의해, 기관에 질소 함유 가스 플라즈마에 의한 영향을 주지 않으면서 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하고, 상기 금속 질화물의 막형성 후에, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위한 상기 기관의 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 기관 표면의 상부 위치에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 막 두께를 증가시키지 않으면서 금속 질화물층을 포함하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 되고, 산화물층에 의해 배리어 금속막의 표면에 증착되는 금속에 의한 젖음성이 양호해지고, 질소 함유 가스 플라즈마에 기관이 노출되지 않도록 할 수 있다. 따라서, 배리어 금속막 제조 방법에 의해, 기관에 질소 함유 가스 플라즈마에 의한 영향을 주지 않으면서 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 배리어 금속막의 표면에 막으로 형성되는 금속과의 밀착성이 우수한 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다.

상기 배리어 금속막 제조 방법은, 상기 챔버 내에 수소 가스를 공급하는 단계; 및 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 상기 수소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 산화물층 상에 수산화기를 형성하는 단계를 더 포함할 수도 있다.

이에 따라, 친수성이 증가되므로, 표면에 증착되는 금속과의 밀착성을 더욱 향상시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관의 표면을 처리하는 것을 포함하는 금속막 제조 방법으로서,

상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시켜, 상기 표면층 상에 실질적으로 금속막을 형성하는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 단일층 두께로 형성할 수 있고, 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 기관 표면에 형성된 금속 질화물로 된 배리어 금속막의 표면층에 실질적으로 형성된 금속층을 구비하는 금속막으로서,

상기 금속층은 상기 배리어 금속막의 상기 표면층에서 질소 원자들을 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행함으로써 형성되는 것을 특징으로 하는 금속막이 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 형성된 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 포함하고, 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하도록 제조된 배리어 금속막을 갖는 금속막이 얻어지므로, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기판의 표면을 처리하는 것을 포함하는 금속막 제조 방법으로서,

상기 기판 표면의 상기 배리어 금속막을 희 가스 플라즈마로 에칭하여 상기 배리어 금속막을 평탄화하는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 금속의 확산을 방지하면서 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기판의 표면을 처리하는 것을 포함하는 금속막 제조 방법으로서,

상기 기판 표면의 상기 배리어 금속막을 희 가스 플라즈마로 에칭하여 상기 배리어 금속막을 평탄화 하고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는, 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 형성할 수 있고, 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하면서 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기판과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 기판을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기판의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기판 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계; 및

상기 기판 표면의 배리어 금속막을 희 가스 플라즈마로 에칭하여 상기 배리어 금속막을 평탄화하는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 배리어 금속막을 형성한 후 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하기 위한 처리를 수행하여 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기판과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 기판을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계; 및

상기 기관 표면의 배리어 금속막을 희 가스 플라즈마로 에칭하여 상기 배리어 금속막을 평탄화하고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 배리어 금속막을 형성한 후, 단일층 두께로 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 형성할 수 있게 된다. 그러므로, 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 매우 작은 두께로 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관을 수용하는 챔버 내부에서 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 에칭하여, 상기 배리어 금속막을 평탄화하는 표면 처리를 수행하는 단계;

상기 챔버 내에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 금속으로 제조된 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 상기 챔버 내부에 전구체를 형성하는 단계; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 평탄화된 배리어 금속막을 갖는 상기 기관 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 처리가 수행된 배리어 금속막을 제조함으로써, 금속을 막으로 형성할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관을 수용하는 챔버 내부에서 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 에칭하여, 상기 배리어 금속막을 평탄화하고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거하여 상기 배리어 금속막 매트릭스의 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 단계;

상기 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 금속으로 제조된 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 상기 챔버 내부에 전구체를 형성하는 단계; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 평탄화되고 상기 표면층의 질소 함량이 상대적으로 감소된 배리어 금속막을 갖는 상기 기관 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 형성할 수 있게 된다. 그러므로, 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하면서 매우 작은 두께를 갖는 배리어 금속막을 제조함으로써, 금속을 막으로 형성할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

상기 금속막 제조 방법은, 상기 배리어 금속막을 평탄화하고, 상기 표면층의 질소 함량을 상대적으로 감소시킨 후에, 상기 배리어 금속막의 최표면층의 금속 원자들을 치밀화하는 치밀화 처리를 적용하는 단계를 더 포함할 수도 있다.

이에 따라, 금속막 성분의 확산을 확실히 방지할 수 있게 된다.

상기 금속막 제조 방법에서는, 희 가스 플라즈마로 아르곤 가스 플라즈마를 사용할 수 있다. 따라서, 저렴한 가스를 사용하여 확실하게 처리를 수행할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면,

기판을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기판과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버의 내부의 상기 기판과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 할로젠 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 상기 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 배리어 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 형성 수단;

상기 기판의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기판 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 기판 표면의 상부 위치에 희 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 기판 표면의 상기 배리어 금속막을 에칭하여 상기 배리어 금속막을 평탄화하는 표면 처리 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 처리가 수행된 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

기판을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기판과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버의 내부의 상기 기판과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 할로젠 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 상기 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 배리어 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 형성 수단;

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 기관 표면의 상부 위치에 희 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 에칭하여 상기 배리어 금속막을 평탄화하고, 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 표면 처리 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 형성할 수 있게 된다. 그러므로, 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 형성할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내부의 상기 기관 표면의 상부 위치에 희 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 에칭하여 상기 배리어 금속막을 평탄화하는 표면 처리 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버 내부에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 할로젠 함유 원료 가스를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 평탄화된 배리어 금속막 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 처리가 수행된 배리어 금속막을 제조함으로써 금속막을 형성할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내부의 상기 기관 표면의 상부 위치에 희 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 희 가스 플라즈마를 발생시켜 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막이 에칭되도록 하여 상기 배리어 금속막을 평탄화하고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버 내부에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 할로젠을 함유하는 원료 가스를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 평탄화되고 상기 표면층의 질소 함량이 상대적으로 감소된 배리어 금속막 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 형성할 수 있게 된다. 그러므로, 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하면서 매우 작은 두께를 갖는 배리어 금속막을 제조함으로써, 금속막을 형성할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

상기 금속막 제조 장치는, 상기 배리어 금속막을 평탄화하고 상기 표면층의 질소 농도를 상대적으로 감소시킨 후에 상기 표면층의 금속 원자들을 치밀화하는 치밀화 처리 수단을 더 구비할 수도 있다. 이에 따라, 금속막 성분의 확산을 확실하게 방지할 수 있게 된다.

상기 금속막 제조 장치에서는, 희 가스 플라즈마로 아르곤 가스 플라즈마를 사용할 수 있다. 이에 따라, 저렴한 가스를 사용하여 확실하게 처리를 수행할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의하면, 기관 표면의 금속 질화물로 된 배리어 금속막을 희 가스 플라즈마로 에칭하여 평탄화함으로써 형성된 것을 특징으로 하는 금속막이 제공된다.

이에 따라, 최종 금속막은 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 갖게 되어, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 기관 표면의 금속 질화물로 된 배리어 금속막을 희 가스 플라즈마로 에칭하여 평탄화하고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 금속막이 제공된다.

이에 따라, 단일층의 두께로 형성된 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 포함하여, 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하도록 제조된 배리어 금속막을 갖는 금속막이 얻어지므로, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관의 표면을 처리하는 것을 포함하는 금속막 제조 방법으로서,

상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 환원 가스 분위기에서 반응시켜, 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거함으로써, 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 단일층의 두께로 형성된 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 포함하여, 금속의 확산을 방지하면서 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소를 함유하는 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계; 및

상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 환원 가스 분위기에서 반응시켜 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거함으로써, 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 형성된 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 포함하여 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관을 수용하는 챔버 내에서, 상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 환원 가스 분위기에서 반응시켜 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거함으로써, 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 것을 포함하는 표면 처리를 수행하는 단계;

상기 챔버로 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 금속제 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 상기 챔버 내부에 전구체를 형성하는 단계; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 평탄화된 배리어 금속막을 갖는 상기 기관 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 형성된 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 포함하여 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내의 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 할로젠 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재 내에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 배리어 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소를 함유하는 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 형성 수단;

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 기관 표면의 상부 위치에 환원 가스를 공급하는 환원 가스 공급 수단; 및

상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 환원 가스 분위기에서 반응시켜 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거함으로써, 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 형성된 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 포함하여 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관을 수용하는 챔버;

상기 기관 표면의 상부 위치에 환원 가스를 공급하는 환원 가스 공급 수단;

상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막을 환원 가스 분위기에서 반응시켜 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거함으로써, 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리 수단;

상기 챔버 내에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 할로젠을 함유하는 원료 가스를 플라즈마화하여 상기 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 표면층의 수소 함량이 상대적으로 감소된 상기 배리어 금속막 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 형성된 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 포함하여 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 제조함으로써 금속막을 형성할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 기관 표면의 금속 질화물로 된 배리어 금속막을 환원 가스 분위기에서 반응시켜 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거함으로써, 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시킨 것을 특징으로 하는 금속막이 제공된다.

이에 따라, 단일층 두께로 형성된 실질적인 금속층과 금속 질화물층을 포함하고 매우 작은 두께로 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하도록 제조된 배리어 금속막을 갖는 금속막이 얻어지므로, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 금속 질화물로 된 배리어 금속막을 갖는 기관의 표면을 처리하는 것을 포함하는 금속막 제조 방법으로서,

상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막의 표면에, 실리콘을 함유하는 가스 플라즈마에 의해 실리콘 원자들의 핵을 형성하는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 매우 작은 두께로 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소를 함유하는 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계; 및

상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막의 표면에, 실리콘을 함유하는 가스 플라즈마에 의해 실리콘 원자들의 핵을 형성하는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막을 매우 작은 두께로 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관을 수용하는 챔버 내에서, 상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막의 표면에 실리콘을 함유하는 가스 플라즈마에 의해 실리콘 원자들의 핵을 형성하는 것을 포함하는 표면 처리를 수행하는 단계;

상기 챔버 내로 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 금속제 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 상기 챔버 내부에 전구체를 형성하는 단계; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 배리어 금속막의 표면에 형성되어 있는 상기 실리콘 원자들의 핵을 갖는 상기 기관 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 방법이 제공된다.

이에 따라, 금속과의 밀착성을 유지하고 매우 작은 두께를 갖는 배리어 금속막을 제조하여 금속막을 형성할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 할로젠 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 배리어 플라즈마 형성 수단;

상기 챔버로부터 분리된 방식으로 질소를 함유하는 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 형성 수단;

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 배리어 금속막으로 사용하기 위해 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 기관 표면의 상부 위치에 실리콘을 함유하는 가스를 공급하는 실리콘 함유 가스 공급 수단; 및

실리콘을 함유하는 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 기관 표면의 상기 배리어 금속막의 표면에 실리콘 원자들의 핵을 형성하는 표면 처리 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 금속과의 밀착성을 유지하면서 매우 작은 두께를 갖는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면,

금속 질화물로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기판을 수용하는 챔버;

상기 기판 표면의 상부 위치에 실리콘을 함유하는 가스를 공급하는 실리콘 함유 가스 공급 수단;

실리콘을 함유하는 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 기판 표면의 상기 배리어 금속막의 표면에 실리콘 원자들의 핵을 형성하는 표면 처리 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버 내부에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기판과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 할로젠을 함유하는 원료 가스를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단; 및

상기 기판의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 실리콘 원자들의 핵이 표면에 형성된 상기 배리어 금속막 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 금속막 제조 장치가 제공된다.

이에 따라, 금속과의 밀착성을 유지하면서 매우 작은 두께를 갖는 배리어 금속막을 제조하여 금속막을 형성할 수 있게 된다. 따라서, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

또한, 본 발명에 의하면, 기판 표면의 금속 질화물로 된 배리어 금속막에 대하여, 실리콘을 함유하는 가스 플라즈마에 의해 상기 기판 표면의 상기 배리어 금속막의 표면에 실리콘 원자들의 핵을 형성하는 표면 처리를 적용하여 형성된 것을 특징으로 하는 금속막이 제공된다.

이에 따라, 금속과의 밀착성을 유지하면서 매우 작은 두께를 갖는 배리어 금속을 갖는 금속막이 얻어지므로, 금속 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

이하에 주어진 상세한 설명과 본 발명을 설명하기 위해 주어진 첨부된 도면들로부터 본 발명을 좀더 완전히 이해할 수 있지만, 본 발명이 그에 한정되는 것은 아니다.

도 1 및 도 2 를 참조하여, 본 발명의 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법의 제 1 실시예를 설명한다. 도 1 은 본 발명의 제 1 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 2 는 배리어 금속막이 형성되어 있는 기판의 세부를 나타낸다.

도 1 및 도 2 에 나타낸 바와 같이, 예를 들어, 세라믹 (절연 재료) 으로 제조된 원통형 챔버 (1) 의 저부 근처에 지지대 (2) 가 설치되고, 지지대 (2) 상에 기판 (3) 이 놓인다. 지지대 (2) 내에는 히터 (4) 와 냉매 유통 수단 (5) 을 구비하는 온도 제어 수단 (6) 이 설치되어, 온도 제어 수단 (6) 에 의해 지지대 (2) 는 소정 온도 (예를 들어, 기판 (3) 이 100 내지 200 °C 로 유지되는 온도) 로 제어된다.

챔버 (1) 의 상면은 개구부이고, 금속 (예를 들어, W, Ti, Ta 또는 TiSi) 으로 제조된 피에칭 부재인 금속 부재 (7) 로 밀폐된다. 금속 부재 (7) 로 밀폐된 챔버 (1) 의 내부는 진공 장치 (8) 에 의해 소정 압력으로 유지된다. 챔버 (1) 의 원통형 부분 둘레에는 플라즈마 발생 수단의 코일상 권선 안테나 (9) 인 플라즈마 안테나 (9) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (9) 에는 매칭 기구 (10) 및 전원 (11) 이 접속되어 전력이 공급된다.

금속 부재 (7) 하부의 챔버 (1) 의 원통형 부분에는 챔버 (1) 내부에 할로젠으로 염소를 함유하는 원료 가스 (He 또는 Ar 로 염소 농도가 50 % 이하, 바람직하게는 약 10 % 정도로 희석된 Cl₂ 가스) 를 공급하는 노즐 (12) 이 접속된다. 노즐 (12) 은 수평 방향으로 개구되어 있고, 원료 가스는 유량 제어기 (13) 를 통하여 노즐 (12) 에 공급된다. 또한, 원료 가스에 함유되는 할로젠으로는 불소 (F), 브롬 (Br) 또는 요오드 (I) 를 사용할 수 있다.

챔버 (1) 의 원통형 부분에서 하부 둘레의 복수의 위치 (예를 들어, 4 개의 위치) 에 슬릿형 개구부들 (14) 이 형성되고, 각 개구부 (14) 에는 관형 통로 (15) 의 일 단부가 고정된다. 통로 (15) 의 중간부에는 절연체로 제조된 관형 여기 챔버 (16) 가 설치되고, 여기 챔버 (16) 의 둘레에는 코일상 플라즈마 안테나 (17) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (17) 에는 매칭 기구 (18) 와 전원 (19) 이 접속되어 전력이 공급된다. 플라즈마 안테나 (17), 매칭 기구 (18) 및 전원 (19) 은 여기 수단을 구성한다. 통로 (15) 의 다른 단부에는 유량 제어기 (20) 가 접속되고, 유량 제어기 (20) 를 통해 통로 (15) 내에 질소 함유 기체로서 암모니아 가스 (NH₃ 가스) 가 공급된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (12) 을 통하여 챔버 (1) 의 내부로 원료 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (9) 로부터 챔버 (1) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 21) 가 발생한다. Cl₂ 가스 플라즈마 (21) 에 의해 금속 부재 (7) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y : M 은 W, Ti, Ta 또는 TiSi 등의 금속, 22) 가 형성된다.

이와는 별도로, 유량 제어기 (20) 를 통하여 통로 (15) 내로 NH₃ 가스를 공급하여 여기 챔버 (16) 내로 주입한다. 플라즈마 안테나 (17) 로부터 여기 챔버 (16) 로 전자기파를 입사시켜, NH₃ 가스를 이온화하여 NH₃ 가스 플라즈마 (23) 를 발생시킨다. 진공 장치 (8) 에 의해 챔버 (1) 내의 압력과 여기 챔버 (16) 내의 압력 사이에 소정의 압력 차이가 설정되어 있으므로, 여기 챔버 (16) 내의 NH₃ 가스 플라즈마 (23) 중 여기된 암모니아는 개구부 (14) 를 통하여 챔버 (1) 내의 전구체 (M_xCl_y, 22) 에 공급된다.

즉, 챔버 (1) 와 분리된 여기 챔버 (16) 내에서 질소 함유 가스를 여기시키기 위한 여기 수단이 구성되어 있다. 이 구성에 의해, 전구체 (M_xCl_y, 22) 의 금속 성분과 암모니아가 반응하여 금속 질화물 (MN) 이 형성된다 (형성 수단). 이때, 금속 부재 (7) 와 여기 챔버 (16) 는 플라즈마에 의해 기판 (3) 의 온도보다 더 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 (1) 내부에서 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송되고, 그로 인해 기판 (3) 의 표면에 MN 박막 (24) 이 형성된다. MN 박막 (24) 이 형성된 이후, NH₃ 가스의 공급과 전원 (19) 에서의 전력 공급이 중단된다. 그러면, 전구체 (M_xCl_y, 22) 는 금속 부재 (7) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송된다. 기판 (3) 측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y, 22) 는 환원 반응에 의해 금속 (M) 이온들만으로 되고, 기판 (3) 으로 향하여 기판의 MN 박막 (24) 상에 M 박막 (25) 이 형성된다. 배리어 금속막 (26) 은 MN 박막 (24) 과 M 박막 (25) 으로 구성된다 (도 2 참조).

MN 박막 (24) 의 형성 반응은,



로 나타낼 수 있다.

M 박막 (25) 의 형성 반응은,



로 나타낼 수 있다.

반응에 참여하지 않는 가스들과 에칭 생성물들은 배기구 (27) 를 통하여 배출된다.

원료 가스로부터는, 예를 들어, He 또는 Ar 로 희석된 Cl₂ 가스를 예로 하여 설명하였다. 그러나, Cl₂ 가스를 단독으로 사용할 수도 있고, 또한 HCl 가스를 사용할 수도 있다. HCl 가스를 사용하는 경우, 원료 가스 플라즈마로 HCl 가스 플라즈마가 발생한다. 따라서, 원료 가스는 염소를 함유하는 어떤 가스일 수도 있고, HCl 및 Cl₂ 의 가스 혼합물일 수도 있다. 금속 부재 (7) 용 재료로는 Ag, Au, Pt 또는 Si 등 산업상 응용 가능한 금속을 사용할 수 있다.

배리어 금속막 (26) 이 형성되어 있는 기관 (3) 을 막 형성 장치에서 처리하여, 배리어 금속막 (26) 상에 구리 (Cu) 박막 또는 알루미늄 (Al) 박막을 형성한다. 배리어 금속막 (26) 이 존재하므로, 예를 들어, MN 박막 (24) 은 기관 (3) 으로의 Cu 의 확산을 방지하고, M 박막 (25) 은 Cu 의 밀착성을 보장하는 이점이 생긴다.

막으로 형성될 재료가 밀착성의 면에서 문제가 없는 재료 (예를 들어, Al) 이거나 질화물이 밀착성을 유지할 수 있는 금속인 경우에는, 배리어 금속막 (26) 에서 M 박막 (25) 을 생략할 수 있다. 또한, 환원 반응은 온도 차이에 의해 발생한다. 그러나, 별도로 환원 가스 플라즈마를 발생시켜 환원 반응을 일으킬 수도 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 플라즈마에 의해 금속을 형성하여 배리어 금속막 (26) 을 제조한다. 따라서, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막 (26) 을 형성할 수 있다. 그러므로, 기관 (3) 에 형성되어 있는, 예를 들어 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막 (26) 을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

도 3 내지 도 5 를 참조하여, 본 발명의 제 2 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 3 은 본 발명의 제 2 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 4 는 도 3 의 화살표로 표시한 라인 IV-IV 를 따라 절취한 도면이다. 도 5 는 도 4 의 화살표로 표시한 라인 V-V 를 따라 절취한 도면이다. 도 1 에서 설명한 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호를 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

챔버 (1) 의 상면은 개구부이고, 절연 재료 (예를 들어, 세라믹) 로 제조된 디스크형 천장판 (30) 으로 밀폐된다. 챔버 (1) 상면의 개구부와 천장판 (30) 사이에는 금속 (예를 들어, W, Ti, Ta 또는 TiSi) 으로 제조된 피에칭 부재 (31) 가 개재된다. 피에칭 부재 (31) 는 챔버 (1) 상면의 개구부에 고정되는 링부 (32) 를 구비한다. 링부 (32) 의 내측 둘레에는, 챔버 (1) 의 반경 방향으로 중심부 근처까지 연장하고 동일한 폭을 갖는 복수 (본 실시예에서는 12 개) 의 돌출부 (33) 가 원주 방향으로 제공된다.

돌출부 (33) 들은 링부 (32) 에 일체형으로 또는 제거 가능하게 부착되어 있다. 천장판 (30) 과 챔버 (1) 내부의 사이에는, 돌출부들 (33) 사이에 형성된 노치들 (공간, 35) 이 존재한다. 링부 (32) 는 어스되고, 복수의 돌출부 (33) 는 전기적으로 함께 접속되어 동일 전위로 유지된다. 피에칭 부재 (31) 에는 히터 등의 온도 제어 수단 (미도시) 이 설치되어, 피에칭 부재 (31) 의 온도를, 예를 들어, 200 내지 400 °C 로 제어한다.

돌출부들 (33) 사이에는 돌출부들 (33) 보다 반경 방향으로 더 짧은 제 2 돌출부들이 배치될 수도 있다. 또한, 돌출부들 (33) 과 제 2 돌출부들 사이에는 짧은 돌출부들이 더 배치될 수도 있다. 이와 같이 함으로써, 유도 전류를 억제하여 에칭되는 대상인 구리의 면적을 확보할 수 있다.

천장판 (30) 의 상측에는 챔버 (1) 의 내부 분위기를 플라즈마화하기 위한 평면 권선형 플라즈마 안테나 (34) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (34) 는 천장판 (30) 의 표면과 평행하게 평면 링 형태로 형성된다. 플라즈마 안테나 (34) 에는 매칭 기구 (10) 와 전원 (11) 이 접속되어 전력이 공급된다. 피에칭 부재 (31) 는 링부 (32) 의 내측 둘레에서 원주 방향으로 제공된 복수의 돌출부들 (33) 을 갖고, 돌출부들 (33) 사이에 형성된 노치들 (공간, 35) 을 포함한다. 따라서, 돌출부들 (33) 은 플라즈마 안테나 (34) 의 전기의 흐름 방향에 대해 불연속적인 상태로 기관 (3) 과 천장판 (30) 사이에 배치된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (12) 을 통하여 챔버 (1) 의 내부로 원료 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (34) 로부터 챔버 (1) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 21) 가 발생한다. 플라즈마 안테나 (34) 의 하부에는 전기 전도체인 피에칭 부재 (31) 가 존재한다. 그러나, 이하의 작용에 의해, 피에칭 부재 (31) 와 기관 (3) 의 사이, 즉 피에칭 부재 (31) 의 하측에는 안정적으로 Cl₂ 가스 플라즈마 (21) 가 발생한다.

피에칭 부재 (31) 의 하측에서 Cl_2 가스 플라즈마 (21) 를 발생시키는 작용을 설명한다. 도 5 에 나타난 바와 같이, 평면 링 형태인 플라즈마 안테나 (34) 의 전기 흐름 (A) 은 돌출부 (33) 들을 가로지르게 된다. 이때, 플라즈마 안테나 (34) 와 대향하는 돌출부 (33) 의 표면에서 유도 전류 (B) 가 발생한다. 피에칭 부재 (31) 내에는 노치들 (공간, 35) 이 존재하므로, 유도 전류 (B) 는 각 돌출부 (33) 의 하부면으로 흘러, 플라즈마 안테나 (34) 의 전기 흐름 (A) 과 동일한 방향으로 흐르게 된다 (패러데이 실드 (Faraday shield)).

따라서, 기관 (3) 으로부터 피에칭 부재 (31) 를 보는 경우, 플라즈마 안테나 (34) 의 전기 흐름 (A) 을 상쇄시키는 방향으로 흐르는 흐름이 존재하지 않는다. 또한, 링부 (32) 는 어스되고 돌출부들 (33) 은 동일 전위로 유지된다. 따라서, 전기 전도체인 피에칭 부재 (31) 가 존재하는 경우에도, 전자기파는 플라즈마 안테나 (34) 로부터 챔버 (1) 로 확실히 입사된다. 그러므로, 피에칭 부재 (31) 의 하측에 Cl_2 가스 플라즈마 (21) 가 안정적으로 발생한다.

또한, 지지대 (2) 의 상부에는 통로 (15), 여기 챔버 (16), 및 플라즈마 안테나 (17) 로 구성되는 플라즈마 발생 수단이 제공된다.

Cl_2 가스 플라즈마 (21) 에 의해 피에칭 부재 (31) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y : M 은 W, Ti, Ta 또는 TiSi 등 금속) 가 형성된다. 여기 챔버 (16) 에서는, NH_3 가스가 이온화되어 NH_3 가스 플라즈마 (23) 가 발생한다. 여기 챔버 (16) 내의 NH_3 가스 플라즈마 (23) 중 여기된 암모니아는 개구부 (14) 를 통하여 챔버 (1) 내부의 전구체 (M_xCl_y , 22) 로 공급된다. 이러한 구성으로 인해, 전구체 (M_xCl_y , 22) 의 금속 성분과 암모니아가 반응하여 금속 질화물 (MN) 이 형성된다 (형성 수단). 이때, 피에칭 부재 (31) 와 여기 챔버 (16) 는 플라즈마에 의해 기관 (3) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 (1) 내부에 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기관 (3) 측으로 이송되고, 그로 인해 기관 (3) 의 표면에 MN 박막 (24) 이 형성된다. MN 박막 (24) 이 형성된 이후, NH_3 가스의 공급과 전원 (19) 에서의 전력 공급이 중단된다. 그러면, 전구체 (M_xCl_y , 22) 는 피에칭 부재 (31) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기관 (3) 측으로 이송된다. 기관 (3) 측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y , 22) 는 환원 반응에 의해 금속 (M) 이온들만으로 되고, 기관 (3) 측으로 향해 기관 (3) 의 MN 박막 (24) 상에 M 박막 (25) 이 형성된다. 배리어 금속막 (26) 은 MN 박막 (24) 과 M 박막 (25) 으로 구성된다 (도 2 참조). 반응에 참여하지 않는 가스들과 에칭 생성물들은 배기구 (27) 를 통해 배출된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 제 1 실시예와 유사하게, 플라즈마에 의해 금속을 형성하여 배리어 금속막 (26) 을 제조한다. 따라서, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막 (26) 을 형성할 수 있다. 그러므로, 기관 (3) 에 형성되어 있는, 예를 들어 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖도록 배리어 금속막 (26) 을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 피에칭 부재 (31) 는 링부 (32) 의 내측 둘레에서 원주 방향으로 제공된 복수의 돌출부들 (33) 을 갖고, 돌출부들 (33) 사이에 형성된 노치들 (공간, 35) 을 포함한다. 이에 따라, 피에칭 부재 (31) 에서 발생된 유도 전류는, 기관 (3) 측으로부터 보았을 때, 플라즈마 안테나 (34) 에서 전기가 흐르는 방향과 동일한 방향으로 흐른다. 그러므로, 플라즈마 안테나 (34) 의 하부에 전기 전도체인 피에칭 부재 (31) 가 존재하는 경우에도, 전자기파는 플라즈마 안테나 (34) 로부터 챔버 (1) 로 확실하게 입사된다. 따라서, 피에칭 부재 (31) 의 하측에서 Cl_2 가스 플라즈마 (21) 가 안정적으로 발생할 수 있다.

도 6 을 참조하여, 본 발명의 제 3 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 6 은 본 발명의 제 3 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 1 및 도 3 에서 나타난 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호를 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

챔버 (1) 상부의 개구부는, 예를 들어, 세라믹 (절연 재료) 으로 제조된 천장판 (30) 으로 밀폐된다. 천장판 (30) 의 하면에는, 금속 (예를 들어, W, Ti, Ta 또는 TiSi) 으로 제조된 피에칭 부재 (41) 가 설치되는데, 피에칭 부재 (41) 는 사각 피라미드형이다. 챔버 (1) 의 원통형 부분의 상부 둘레에는 복수의 위치들 (예를 들어, 4 개의 위치들) 에 슬릿형 제 2 개구부들 (42) 이 형성되고, 제 2 개구부 (42) 에는 관형 제 2 통로 (43) 의 일 단부가 고정된다.

제 2 통로 (43) 의 중간부에는 절연체로 제조된 관형 제 2 여기 챔버 (44) 가 설치되고, 제 2 여기 챔버 (44) 둘레에는 코일상 제 2 플라즈마 안테나 (45) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (45) 에는 매칭 기구 (48) 및 전원 (49) 이 접속되어 전력이 공급된다. 제 2 플라즈마 안테나 (45), 매칭 기구 (48), 및 전원 (49) 은 플라즈마 발생 수단을 구성한다.

제 2 통로 (43) 의 다른 단부에는 유량 제어기 (46) 가 접속되고, 유량 제어기 (46) 를 통하여 통로 (43) 내로 염소 함유 원료 가스 (He 또는 Ar 로 염소 농도가 50 % 이하, 바람직하게는 약 10 % 정도로 희석된 Cl₂ 가스) 가 공급된다. 제 2 플라즈마 안테나 (45) 로부터 제 2 여기 챔버 (44) 로 전자기파를 입사시켜, Cl₂ 가스를 이온화하여 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 47) 를 발생시킨다. Cl₂ 가스 플라즈마 (47) 가 발생되므로, 여기된 염소가 제 2 개구부 (42) 를 통하여 챔버 (1) 로 공급되고, 피에칭 부재 (41) 가 여기된 염소에 의해 에칭된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 유량 제어기 (46) 를 통하여 제 2 통로 (43) 로 원료 가스를 공급하고 제 2 여기 챔버 (44) 로 주입한다. 제 2 플라즈마 안테나 (45) 로부터 제 2 여기 챔버 (44) 로 전자기파를 입사시켜, Cl₂ 가스를 이온화하여 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 47) 를 발생시킨다. 진공 장치 (8) 에 의해 챔버 (1) 내부의 압력과 제 2 여기 챔버 (44) 내부의 압력 사이에 소정 압력 차이가 설정되어 있으므로, 제 2 여기 챔버 (44) 의 Cl₂ 가스 플라즈마 (47) 중 여기된 염소는 제 2 개구부 (42) 를 통하여 챔버 (1) 내부의 피에칭 부재 (41) 로 공급된다. 여기된 염소에 의해 피에칭 부재 (41) 의 에칭 반응이 발생하여, 챔버 (1) 내부에 전구체 (M_xCl_y, 22) 가 형성된다. 이때, 피에칭 부재 (41) 는 천장판 (30) 에 제공된 히터 (50) 에 의해 기판 (3) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

여기 챔버 (16) 에서는, NH₃ 가스가 이온화되어 NH₃ 가스 플라즈마 (24) 가 발생한다. 여기 챔버 (16) 내의 NH₃ 가스 플라즈마 (23) 중 여기된 암모니아는 개구부 (14) 를 통하여 챔버 (1) 내부의 전구체 (M_xCl_y, 22) 로 공급된다. 그 결과, 전구체 (M_xCl_y, 22) 의 금속 성분과 암모니아가 반응하여 금속 질화물 (MN) 을 형성한다. 이때, 여기 챔버 (16) 는 플라즈마에 의해 기판 (3) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 (1) 의 내부에 형성되는 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송되어, 기판 (3) 의 표면 상에 MN 박막 (24) 이 형성된다. MN 박막 (24) 이 형성된 이후, NH₃ 가스의 공급과 전원 (19) 에서의 전력 공급이 중단된다. 그러면, 전구체 (M_xCl_y, 22) 는 피에칭 부재 (41) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송된다. 기판 (3) 측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y, 22) 는 환원 반응에 의해 금속 (M) 이온들만으로 되고, 기판 (3) 으로 향하여 기판 (3) 상에 형성된 MN 박막 (24) 상에 M 박막 (25) 이 형성된다. 배리어막 (26) 은 MN 박막 (24) 과 M 박막 (25) 으로 구성된다 (도 2 참조). 반응에 참여하지 않는 가스들과 에칭 생성물들은 배기구 (27) 를 통하여 배출된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 제 1 실시예 및 제 2 실시예와 유사하게, 플라즈마에 의해 금속을 형성하여 배리어 금속막 (26) 을 제조한다. 따라서, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막 (26) 을 형성할 수 있다. 그러므로, 기판 (3) 에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막 (26) 을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, Cl₂ 가스 플라즈마 (47) 는 챔버 (1) 와 분리된 제 2 여기 챔버 (44) 에서 발생된다. 따라서, 기판 (3) 이 플라즈마에 더 이상 노출되지 않으므로, 기판 (3) 이 플라즈마에 의해 손상되지 않게 된다.

제 2 여기 챔버 (44) 에서 Cl₂ 가스 플라즈마 (47) 를 발생시키는 수단, 즉, 원료 가스를 여기된 원료 가스로 변환하기 위해 원료 가스를 여기시키는 수단으로, 마이크로파, 레이저, 전자선 또는 싱크로트론 방사를 사용할 수 있다. 또한, 금속 필라멘트를 고온으로 가열하여 전구체를 형성하는 것도 가능하다. Cl₂ 가스 플라즈마 (47) 를 기판 (3) 과 분리시키는 구성은, 상술한 바와 같이, 통로 (43) 에 제 2 여기 챔버 (44) 를 설치하는 구성일 수도 있고, 예를 들어, 챔버 (1) 를 분리하는 다른 구성일 수도 있다.

도 7 을 참조하여, 본 발명의 제 4 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 7 은 본 발명의 제 4 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 1 에서 나타난 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호들을 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

도 1에 나타난 제 1 실시예의 배리어 금속막 제조 장치와 비교하면, 챔버 (1)의 원통형 부분 둘레에 플라즈마 안테나 (9)가 설치되지 않으며, 금속 부재 (7)에 매칭 기구 (10) 및 전원 (11)이 접속되어 금속 부재 (7)에 전력이 공급된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (12)을 통하여 챔버 (1)내로 원료 가스를 공급하고, 금속 부재 (7)로부터 챔버 (1)로 전자기파를 입사시켜, Cl_2 가스를 이온화하여 Cl_2 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 21)를 발생시킨다. Cl_2 가스 플라즈마 (21)에 의해 금속 부재 (7)의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y , 22)가 형성된다. 이때, 금속 부재 (7)는, 온도 제어 수단 (미도시)에 의해, 기판 (3)의 온도보다 더 높은 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C)로 유지된다.

여기 챔버 (16)에서는, NH_3 가스를 이온화시켜 NH_3 가스 플라즈마 (23)를 발생시킨다. 여기 챔버 (16)내의 NH_3 가스 플라즈마 (23)중 여기된 암모니아는 개구부 (14)를 통하여 챔버 (1)내부의 전구체 (M_xCl_y , 22)에 공급된다. 그 결과, 전구체 (M_xCl_y , 22)의 금속 성분과 암모니아가 반응하여 금속 질화물 (MN)이 형성된다. 이때, 여기 챔버 (16)는 플라즈마에 의해 기판 (3)의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C)로 유지된다.

챔버 (1)내부에서 형성된 금속 질화물 (MN)은 낮은 온도로 제어된 기판 (3)측으로 이송되고, 그로 인해 기판 (3)의 표면에 MN 박막 (24)이 형성된다. MN 박막 (24)이 형성된 이후, NH_3 가스의 공급과 전원 (19)에서의 전력의 공급이 중단된다. 그러면, 전구체 (M_xCl_y , 22)가 금속 부재 (7)의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (3)측으로 이송된다. 기판 (3)측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y , 22)는 환원 반응에 의해 금속 (M)이온들만으로 되고, 기판 (3)으로 향하여 기판 (3)에 형성된 MN 박막 (24)상에 M 박막 (25)을 형성한다. 배리어 금속막 (26)은 MN 박막 (24)과 M 박막 (25)으로 구성된다 (도 2 참조). 반응에 참여하지 않는 가스들과 에칭 생성물들은 배기구 (27)를 통하여 배출된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 제 3 실시예와 동일하게, 플라즈마에 의해 금속을 형성하여 배리어 금속막 (26)을 제조한다. 따라서, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막 (26)을 형성할 수 있다. 그러므로, 기판 (3)에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막 (26)을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 금속 부재 (7) 자체가 플라즈마 발생을 위한 전극으로 사용된다. 따라서, 챔버 (1)의 원통형 부분 둘레에 플라즈마 안테나 (9)가 설치될 필요가 없으므로, 주변 구성의 자유도를 증가시킬 수 있다.

도 8을 참조하여, 본 발명의 제 5 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 8은 본 발명의 제 5 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 1에서 나타난 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호를 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

도 1에 나타난 제 1 실시예와 비교하면, 도 8에 나타난 배리어 금속막 제조 장치에는, 개구부 (14), 통로 (15), 여기 챔버 (16), 플라즈마 안테나 (17), 매칭 기구 (18), 전원 (19) 및 유량 제어기 (20)가 설치되지 않는다. 챔버 (1)의 내부로 원료 가스 (Cl_2 가스)와 질소 함유 가스인 질소 가스 (N_2 가스)의 가스 혼합물을 공급하는 노즐 (12)이 챔버 (1)의 원통형 부분에 접속된다. Cl_2 가스와 N_2 가스는 혼합 가스 유량 제어기 (81)내에서 혼합되고, 혼합 가스 유량 제어기 (81)를 통해 Cl_2 가스와 N_2 가스의 가스 혼합물이 노즐 (12)로 공급된다. 다른 구성은 제 1 실시예와 동일하다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (12)을 통하여 챔버 (1)의 내부로 Cl_2 가스와 N_2 가스를 포함하는 혼합 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (9)로부터 챔버 (1)로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl_2 가스와 N_2 가스가 이온화되어 Cl_2 가스/ N_2 가스 플라즈마 (82)가 발생한다. Cl_2 가스/ N_2 가스 플라즈마 (82)에 의해 금속 부재 (7)의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y : M은 W, Ti, Ta 또는 TiSi 등의 금속임, 22)가 형성된다. 또한, 전구체 (22)와 N_2 가 반응하여 금속 질화물 (MN)이 형성된다. 이때, 금속 부재 (7)는 플라즈마 (또는 온도 제어 수단 (미도시))에 의해 기판 (3)의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C)로 유지된다.

챔버 내부에서 형성된 금속 질화물 (MN)은 낮은 온도로 제어된 기판 (3)측으로 이송되고, 그로 인해 기판 (3)의 표면에 MN 박막 (24)이 형성된다. MN 박막 (24)이 형성된 이후에, 혼합 가스 유량 제어기 (81)로의 N_2 가스의 공급이 중단된

다. 그러면, 전구체 (M_xCl_y , 22) 가 금속 부재 (7) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송된다. 기판 (3) 측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y , 22) 는 환원 반응에 의해 금속 (M) 이온들만으로 되고, 기판 (3) 으로 향하여 기판 (3) 의 표면에 M 박막 (25) 이 형성된다. 배리어 금속막 (26) 은 MN 박막 (24) 과 M 박막 (25) 으로 구성된다 (도 2 참조).

배리어 금속막 (26) 이 형성되어 있는 기판 (3) 은, 막 형성 장치에 의해 배리어 금속막 (26) 상에 구리 (Cu) 박막 또는 알루미늄 (Al) 박막을 갖게 된다. 배리어 금속막 (26) 이 존재하므로, 예를 들어, MN 박막 (24) 에 의해서는 기판 (3) 으로의 Cu 확산이 방지되고, M 박막 (25) 에 의해서는 Cu 의 밀착성이 보장된다는 이점이 생긴다.

막으로 형성될 재료가 밀착성의 면에서 문제가 없는 재료 (예를 들어, Al) 이거나 질화물이 밀착성을 유지할 수 있는 금속인 경우, 배리어 금속막 (26) 에서 M 박막 (25) 을 생략할 수 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 제 1 실시예와 동일한 효과가 얻어진다. 또한, 가스용 공급 라인을 단순화시킬 수 있고, 플라즈마원의 개수도 감소시킬 수 있다. 따라서, 제조 비용을 절감할 수 있다.

도 9 를 참조하여, 본 발명에 의한 배리어 금속막 제조 장치와 배리어 금속막 제조 방법의 제 6 실시예를 설명한다. 도 9 는 본 발명의 제 6 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 3 내지 도 5 및 도 8 에 나타난 제 2 및 제 5 실시예와 동일한 부재들에는 동일 도면 부호들을 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

도 3 에 나타난 제 2 실시예와 비교하면, 도 9 에 나타난 배리어 금속 제조 장치에는, 개구부 (14), 통로 (15), 여기 챔버 (16), 플라즈마 안테나 (17), 매칭 기구 (18), 전원 (19) 및 유량 제어기 (20) 가 설치되지 않는다. 챔버 (1) 내부에 원료 가스 (Cl_2 가스) 와 질소 함유 가스인 질소 가스 (N_2 가스) 의 가스 혼합물을 공급하는 노즐 (12) 이 챔버 (1) 의 원통형 부분에 접속된다. Cl_2 가스 와 N_2 가스는 혼합 가스 유량 제어기 (81) 에서 혼합되고, 혼합 가스 유량 제어기 (81) 를 통하여 노즐 (12) 에 Cl_2 가스 와 N_2 가스의 가스 혼합물이 공급된다. 다른 구성은 제 2 실시예와 동일하다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (12) 을 통하여 챔버 (1) 의 내부로 Cl_2 가스 와 N_2 가스를 포함하는 혼합 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (34) 로부터 챔버 (1) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl_2 가스 와 N_2 가스가 이온화하여 Cl_2 가스/ N_2 가스 플라즈마 (82) 가 발생한다. 플라즈마 안테나 (34) 의 하부에는 전기 전도체인 피에칭 부재 (31) 가 존재한다. 하지만, 전술한 바와 같이, Cl_2 가스/ N_2 가스 플라즈마 (82) 는 피에칭 부재 (31) 와 기판 (3) 의 사이, 즉 피에칭 부재 (31) 의 하측에서 안정하게 발생한다.

Cl_2 가스/ N_2 가스 플라즈마 (82) 에 의해 피에칭 부재 (31) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y : M 은 W, Ti, Ta 또는 TiSi 등의 금속임, 22) 가 형성된다. 또한, 전구체 (22) 와 N_2 가 반응하여 금속 질화물 (MN) 이 형성된다. 이때, 피에칭 부재 (31) 는 플라즈마 (또는 온도 제어 수단 (미도시)) 에 의해 기판 (3) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 내부에서 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송되고, 그로 인해 기판 (3) 의 표면에 MN 박막 (24) 이 형성된다. MN 박막 (24) 이 형성된 이후에, 혼합 가스 유량 제어기 (81) 로 N_2 가스의 공급이 중단된다. 그러면, 전구체 (M_xCl_y , 22) 가 피에칭 부재 (31) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송된다. 기판 (3) 측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y , 22) 는 환원 반응에 의해 금속 (M) 이온들만으로 되고, 기판 (3) 으로 향하여 기판 (3) 의 MN 박막 (24) 상에 M 박막 (25) 이 형성된다. 배리어 금속막 (26) 은 MN 박막 (24) 과 M 박막 (25) 으로 구성된다 (도 2 참조).

배리어 금속막 (26) 이 형성되어 있는 기판 (3) 은, 막 형성 장치에 의해 배리어 금속막 (26) 상에 형성된 구리 (Cu) 박막 또는 알루미늄 (Al) 박막을 갖게 된다. 배리어 금속막 (26) 이 존재하므로, 예를 들어, 얇은 MN 막 (24) 에 의해 기판 (3) 으로의 Cu 확산이 방지되고, M 박막 (25) 에 의해 Cu 의 밀착성이 보장되는 이점이 생긴다.

막으로 형성될 재료가 밀착성의 면에서 문제가 없는 재료 (예를 들어, Al) 이거나 질화물이 밀착성을 유지할 수 있는 금속인 경우, 배리어 금속막 (26) 에서 M 박막 (25) 을 생략할 수 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 제 2 실시예와 동일한 효과가 얻어진다. 또한, 가스용 공급 라인을 단순화시킬 수 있고, 플라즈마원의 개수도 감소시킬 수 있다. 따라서, 제조 비용을 절감할 수 있다.

도 10 을 참조하여, 본 발명에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법의 제 7 실시예를 설명한다. 도 10 은 본 발명의 제 7 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 6 및 도 8 에 나타낸 제 3 및 제 5 실시예와 동일한 부재들에는 동일 도면 부호들을 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

도 6 에 나타낸 제 3 실시예와 비교하면, 도 10 에 나타낸 배리어 금속막 제조 장치에는, 개구부 (14), 통로 (15), 여기 챔버 (16), 플라즈마 안테나 (17), 매칭 기구 (18), 전원 (19) 및 유량 제어기 (20) 가 설치되지 않는다. 원료 가스 (Cl_2 가스) 와 질소 함유 가스인 질소 가스 (N_2 가스) 의 가스 혼합물이 혼합 가스 유량 제어기 (81) 로부터 제 2 여기 챔버 (44) 로 공급된다. 다른 구성은 제 3 실시예와 동일하다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 혼합 가스 유량 제어기 (81) 를 통하여 제 2 통로 (43) 로 Cl_2 가스와 N_2 가스를 포함하는 혼합 가스를 공급하여, 제 2 여기 챔버 (44) 에 주입한다. 제 2 플라즈마 안테나 (45) 로부터 제 2 여기 챔버 (44) 에 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl_2 가스와 N_2 가스가 이온화되어 Cl_2 가스/ N_2 가스 플라즈마 (82) 가 발생한다. 진공 장치 (8) 에 의하여 챔버 (1) 내부의 압력과 제 2 여기 챔버 (44) 내부의 압력 사이에 소정의 압력 차이가 설정되어 있으므로, 제 2 여기 챔버 (44) 내의 Cl_2 가스/ N_2 가스 플라즈마 중 여기된 염소와 여기된 질소는 제 2 개구부 (42) 를 통하여 챔버 (1) 내부의 피에칭 부재 (41) 에 공급된다. 여기된 염소에 의해 피에칭 부재 (41) 의 에칭 반응이 발생하여, 챔버 (1) 내부에 전구체 (M_xCl_y , 22) 가 형성된다. 또한, 전구체 (22) 와 여기된 질소가 반응하여 금속 질화물 (MN) 이 형성된다. 이때, 피에칭 부재 (41) 는 천장판 (30) 에 제공된 히터 (50) 에 의해, 기판 (3) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 내부에서 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 으로 이송되고, 그로 인해 기판 (3) 의 표면 상에 MN 박막 (24) 이 형성된다. MN 박막 (24) 이 형성된 이후에, 혼합 가스 유량 제어기 (81) 로의 N_2 가스의 공급을 중단한다. 그러면, 전구체 (M_xCl_y , 22) 가 피에칭 부재 (41) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송된다. 기판 (3) 측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y , 22) 는 환원 반응에 의해 금속 (M) 이온들만으로 되고, 기판 (3) 으로 향하여 기판 (3) 의 MN 박막 (24) 상에 M 박막 (25) 이 형성된다. 배리어 금속막 (26) 은 MN 박막 (24) 과 M 박막 (25) 으로 구성된다 (도 2 참조).

배리어 금속막 (26) 이 형성되어 있는 기판 (3) 은, 막 형성 장치에 의해 배리어 금속막 (26) 상에 형성된 구리 (Cu) 박막 또는 알루미늄 (Al) 박막을 갖는다. 배리어 금속막 (26) 이 존재하므로, 예를 들어, MN 박막 (24) 에 의해 기판 (3) 으로의 Cu 확산이 방지되고, M 박막 (25) 에 의해 Cu 의 밀착성이 보장되는 이점이 생긴다.

막으로 형성될 재료가 밀착성의 면에서 문제가 없는 재료 (예를 들어, Al) 이거나 질화물이 밀착성을 유지할 수 있는 금속인 경우, 배리어 금속막 (26) 에서 M 박막 (25) 을 생략할 수 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 제 3 실시예와 동일한 효과가 얻어진다. 또한, 가스용 공급 라인을 단순화시킬 수 있고, 플라즈마원의 개수도 감소시킬 수 있다. 따라서, 제조 비용을 절감할 수 있다.

도 11 을 참조하여, 본 발명에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법의 제 8 실시예를 설명한다. 도 11 은 본 발명의 제 8 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 7 및 도 8 에 나타낸 제 4 및 제 5 실시예와 동일한 부재들에는 동일 도면 부호들을 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

도 7 에 나타낸 제 4 실시예와 비교하면, 도 11 에 나타낸 배리어 금속막 제조 장치에는, 개구부 (14), 통로 (15), 여기 챔버 (16), 플라즈마 안테나 (17), 매칭 기구 (18), 전원 (19) 및 유량 제어기 (20) 가 설치되지 않는다. 챔버 (1) 내부에 원료 가스 (Cl_2 가스) 와 질소 함유 가스인 질소 가스 (N_2 가스) 의 가스 혼합물을 공급하는 노즐 (12) 이 챔버 (1) 의 원통형 부분에 접속된다. Cl_2 가스와 N_2 가스는 혼합 가스 유량 제어기 (81) 에서 혼합되고, 혼합 가스 유량 제어기 (81) 를 통하여 노즐 (12) 에 Cl_2 가스와 N_2 가스의 가스 혼합물이 공급된다. 다른 구성은 제 4 실시예와 동일하다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 챔버 (1) 의 내부로 노즐 (12) 을 통하여 Cl₂ 가스와 N₂ 가스를 포함하는 혼합 가스를 공급하고, 금속 부재 (7) 에서 챔버 (1) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl₂ 가스와 N₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스/N₂ 가스 플라즈마 (82) 가 발생한다. Cl₂ 가스/N₂ 가스 플라즈마 (82) 에 의해 금속 부재 (7) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y : M 은 W, Ti, Ta 또는 TiSi 등의 금속, 22) 가 형성된다. 또한, 전구체 (22) 와 N₂ 가스가 반응하여 금속 질화물 (MN) 이 형성된다. 이때, 금속 부재 (7) 는 플라즈마 (또는 온도 제어 수단 (미도시)) 에 의해 기판 (3) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 내부에서 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송되고, 그로 인해 기판 (3) 의 표면 상에 MN 박막 (24) 이 형성된다. MN 박막 (24) 이 형성된 이후에, 혼합 가스 유량 제어기 (81) 로의 N₂ 가스의 공급이 중단된다. 그러면, 전구체 (M_xCl_y, 22) 가 피에칭 부재 (31) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (3) 측으로 이송된다. 기판 (3) 측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y, 22) 는 환원 반응에 의해 금속 (M) 이온들만으로 되고, 기판 (3) 으로 향하여 기판 (3) 의 MN 박막 (24) 상에 M 박막 (25) 을 형성한다. 배리어 금속막 (26) 은 MN 박막 (24) 과 M 박막 (25) 으로 구성된다 (도 2 참조).

배리어 금속막 (26) 이 형성되어 있는 기판 (3) 은, 막 형성 장치에 의해 배리어 금속막 (26) 상에 형성된 구리 (Cu) 박막 또는 알루미늄 (Al) 박막을 갖게 된다. 배리어 금속막 (26) 이 존재하므로, 예를 들어, MN 박막 (24) 에 의해서는 기판 (3) 으로 Cu 확산이 방지되고, M 박막 (25) 에 의해서는 Cu 의 밀착성이 보장되는 이점이 생긴다.

막으로 형성될 재료가 밀착성의 면에서 문제가 없는 재료 (예를 들어, Al) 이거나 질화물이 밀착성을 유지할 수 있는 금속인 경우, 배리어 금속막 (26) 에서 M 박막 (25) 을 생략할 수 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 제 4 실시예와 동일한 효과가 얻어진다. 또한, 가스용 공급 라인을 단순화시킬 수 있고, 플라즈마원의 개수도 감소시킬 수 있다. 따라서, 제조 비용을 절감할 수 있다.

전술한 제 5 내지 제 8 실시예에서는, 혼합 가스 유량 제어기 (81) 내에서 N₂ 가스가 Cl₂ 가스를 혼합하고, 가스 혼합물을 챔버 (1) 로 공급한다. 그러나, N₂ 가스와 Cl₂ 가스는 별도의 노즐을 통하여 공급할 수도 있다. 또한, 질소 함유 가스로서 암모니아 가스를 사용할 수도 있다.

도 12 내지 도 18 을 참조하여, 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법의 제 9 실시예를 설명한다. 도 12 는 본 발명의 제 9 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 13 은 배리어 금속막을 설명하는 기판의 단면 상태를 나타낸다. 도 14 및 도 15 는 탈질화 처리시 배리어 금속막의 개념 상태를 나타낸다. 도 16 은 산화물층 형성시 배리어 금속막의 개념 상태를 나타낸다. 도 17 은 구리 입자의 접촉 각도와 기판의 산소 농도 사이의 관계를 나타낸다. 도 18 은 수산화기 형성시의 배리어 금속막의 개념 상태를 나타낸다. 도 19 는 회 가스 공급 수단의 다른 예를 나타내는 구성을 개략적으로 도시한 것이다.

도 12 에 나타낸 바와 같이, 예를 들어, 세라믹 (절연 재료) 으로 제조된 원통형 챔버 (101) 의 저부 근처에 지지대 (102) 가 설치되고, 지지대 (102) 상에 기판 (103) 이 놓인다. 지지대 (102) 에는 히터 (104) 및 냉매 유통 수단 (105) 이 구비된 제어 수단으로서 온도 제어 수단 (106) 이 설치되어, 온도 제어 수단 (106) 에 의해 지지대 (102) 는 소정 온도 (예를 들어, 기판 (103) 이 100 내지 200 °C 로 유지되는 온도) 로 제어된다.

챔버 (1) 의 상면은 개구부이고, 금속 (예를 들어, W, Ti, Ta 또는 TiSi) 으로 제조된 피에칭 부재인 금속 부재 (107) 로 밀폐된다. 금속 부재 (107) 에 의해 밀폐된 챔버 (101) 의 내부는 진공 장치 (108) 에 의해 소정 압력으로 유지된다. 플라즈마 발생 수단의 코일상 권선 안테나인 플라즈마 안테나 (109) 는 챔버 (101) 의 원통형 부분의 둘레에 제공된다. 플라즈마 안테나 (109) 에는 매칭 기구 (110) 와 전원 (111) 이 접속되어 전력이 공급된다.

금속 부재 (107) 하부의 챔버 (101) 의 원통형 부분에는 챔버 (101) 의 내부에 할로젠으로 염소를 함유하는 원료 가스 (He 또는 Ar 로 염소 농도가 50 % 이하, 바람직하게는 약 10 % 정도로 희석된 Cl₂ 가스) 를 공급하기 위한 원료 가스 공급 수단인 노즐 (112) 이 접속된다. 노즐 (112) 에는 유량 제어기 (113) 를 통하여 원료 가스가 공급된다. 노즐 (112) 로부터 원료

가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시키면, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마가 발생한다 (플라즈마 발생 수단). 또한, 원료 가스에 함유되는 할로겐으로 불소 (F), 브롬 (Br) 또는 요오드 (I) 를 사용할 수 있다.

금속 부재 (107) 하부의 챔버 (101) 의 원통형 부분에는, 챔버 (101) 의 내부에 질소 함유 가스로서 암모니아 가스 (NH₃ 가스) 를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단인 노즐 (114) 이 접속된다. 노즐 (114) 로부터 NH₃ 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시키면, NH₃ 가스가 이온화되어 NH₃ 가스 플라즈마가 발생한다 (플라즈마 발생 수단).

챔버 (101) 내부의 기관 (103) 의 표면 상부에 희 가스로서 Ar 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단인 희 가스 노즐 (121) 이 제공된다. 희 가스 노즐 (121) 로부터 Ar 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스를 이온화하여 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다 (표면 처리 플라즈마 발생 수단).

상술한 바와 같이, 희 가스 공급 수단은 Cl₂ 가스에 대한 희석 가스로서 Ar 가스를 사용한다. 이 경우, 도 19 에 나타낸 바와 같이, 원료 가스 (Cl₂ 가스) 와 희석 가스 (Ar 가스) 사이의 합류 지점에 제어 밸브 (122) 가 설치되어, Ar 가스 플라즈마가 발생하는 동안 Cl₂ 가스는 차단되고, Ar 가스만 노즐 (112) 을 통하여 공급되도록 할 수 있다. 이 구성에 의하면, 희 가스 노즐 (121) 이 제공될 필요가 없으므로, 공간면에서 이점이 있다.

챔버 (101) 내부의 기관 (103) 의 표면 상부로 산소 가스 (O₂ 가스) 를 공급하는 산소 가스 공급 수단인 산소 가스 노즐 (115) 이 제공된다. 산소 가스 노즐 (115) 로부터 O₂ 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 전자기파를 입사시키면, O₂ 가스가 이온화되어 O₂ 가스 플라즈마가 발생한다 (산소 플라즈마 발생 수단).

또한, 챔버 (101) 내부의 기관 (103) 의 표면 상부로 수소 가스 (H₂ 가스) 를 공급하는 수소 가스 공급 수단인 수소 가스 노즐 (116) 이 제공된다. 수소 가스 노즐 (116) 을 통하여 H₂ 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, H₂ 가스를 이온화하여 H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다 (수산기 플라즈마 발생 수단)

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 챔버 (101) 내부로 노즐 (112) 을 통하여 원료 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마) 가 발생한다. Cl₂ 가스 플라즈마에 의해 금속 부재 (107) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y : M 은 W, Ti, Ta 또는 TiSi 등의 금속, 120) 가 형성된다. 금속 부재 (107) 는 플라즈마에 의해 기관 (103) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

또한, 챔버 (101) 내부로 노즐 (114) 을 통하여 NH₃ 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그러면, NH₃ 가스가 이온화되어 NH₃ 가스 플라즈마가 발생하고, NH₃ 가스 플라즈마로 인해 전구체 (120) 의 환원 반응이 발생하여, 금속 질화물 (MN) 이 형성된다. 챔버 (101) 의 내부에 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기관 (103) 측으로 이송되고, 기관 (103) 의 표면에 MN 막이 형성되어 배리어 금속막 (123) 이 제조된다 (도 13 참조).

배리어 금속막 (123) 의 형성 반응은,



로 나타낼 수 있다.

반응에 참여하지 않는 가스들과 반응 생성물들은 배기구 (117) 를 통하여 배출된다.

배리어 금속막 (123) 이 형성된 후에, 희 가스 노즐 (121) 을 통하여 Ar 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. 기관 (103) 의 표면에는, 도 14 에 나타낸 바와 같

이, MN 으로 된 배리어 금속막 (123) 이 형성되어 있다. 따라서, Ar 가스 플라즈마가 발생하면, Ar⁺ 에 의해 기관 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 이 에칭되므로, 표면층의 MN 에서 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (123) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소되는 처리 (탈질화 처리 (denitrification)) 가 수행된다.

도 14 에 나타낸 바와 같이, 배리어 금속막 (123) 은 비정질 상태의 M 과 N 을 포함한다. 이 상태에서, Ar⁺ 에 의해 질량이 작은 N 이 우선적으로 제거되므로, 배리어 금속막 (123) 의 표면층 (예를 들어, 전체 막 두께의 1/2 이상, 바람직하게는 약 1/3 정도) 이 탈질화된다. 그 결과, 도 15 에 나타낸 바와 같이, 실질적으로 M 으로 구성된 금속층 (123a) 과 MN 층 (123b) 으로 이루어진 2 층 구조인 배리어 금속막 (123) 으로 된다. 이 경우, 배리어 금속막 (123) 의 전체 막 두께는 단일층을 갖는 막 두께가 그대로 유지된다.

배리어 금속막 (123) 의 최표면층의 형성을 종료하기 직전에, 산소 가스 노즐 (115) 을 통하여 챔버 (101) 내로 미량의 O₂ 가스를 공급한다. 동시에, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, O₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 도 16 에 나타낸 바와 같이, 실질적으로 M 으로 이루어진 금속층 (123a) 의 표면에 산화물층 (124) 이 형성된다. 산화물층 (124) 이 형성되므로, 배리어 금속막 (123) 의 표면에 금속 (예를 들어, 구리) 이 증착되는 경우, 금속과의 젖음성이 양호하게 되어, 밀착성을 증가시킬 수 있다.

구체적으로, 도 17 에 나타낸 바와 같이, 기관 (103) 의 산소 농도가 높아지면 구리 입자의 접촉각 θ (기관을 고체로 생각하고 구리를 액체로 생각했을 때 표면 장력이 균형을 이룬 상태에서 최소 표면 에너지를 갖는 각도) 는 더 작아진다. 즉, 기관 (103) 의 산소 농도가 증가함에 따라, 구리 입자는 기관 (103) 의 표면에 붕괴된 상태 (젖음성이 높은 상태) 로 부착된다. 따라서, O₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 금속층 (123a) 의 표면 상에 산화물층 (124) 을 형성한다. 이와 같이 함으로써, 기관 (103) 의 산소 농도를 증가시켜, 막으로 형성될 금속 (구리) 과의 젖음성을 양호하게 할 수 있다.

금속층 (123a) 의 표면에 산화물층 (124) 을 형성한 후, 수소 가스 노즐 (116) 로부터 챔버 (101) 내로 H₂ 가스를 공급하고, 플라즈마 (109) 안테나로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 도 18 에 나타낸 바와 같이, 산화물층 (124) 의 표면에 수산기 (OH 기) 가 형성된다. 이 수산기들은 친수성을 증가시키므로, 막으로 형성될 금속 (구리) 의 밀착성을 더욱 향상시킬 수 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 플라즈마에 의해 금속을 형성하여 배리어 금속막 (123) 을 제조한다. 따라서, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수 있다. 그 결과, 기관 (103) 에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막 (123) 을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, Ar 가스 플라즈마로 질소 원자들을 제거함으로써, 배리어 금속막 (123) 의 탈질화 처리를 수행한다. 따라서, 배리어 금속막 (123) 은 실질적으로 M 으로 구성된 금속층 (123a) 과 MN 층 (123b) 으로 이루어진 2 층 구조로 될 수 있다. 또한, 전체 막 두께는 단일층으로 구성된 막 두께가 그대로 유지될 수 있다. 이에 따라, 막 두께가 두꺼워지지 않으면서 2 층 구조인 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수 있게 된다. 2 층 중에서, 금속층 (123a) 은 그 표면에 막으로 형성될 금속과의 밀착성을 유지할 수 있게 하고, MN 층 (123b) 은 금속의 확산을 방지할 수 있게 한다. 따라서, 금속의 확산을 방지하고 형성될 금속막과의 양호한 밀착성을 갖는 배리어 금속막을 제조할 수 있다.

또한, O₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 금속층 (123a) 의 표면 상에 산화물층 (124) 을 형성한다. 따라서, 배리어 금속막 (123) 의 표면에 금속이 막으로 형성될 때, 금속과의 젖음성이 양호해지고, 금속의 밀착성도 증가될 수 있다. 또한, H₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 산화물층 (124) 의 표면에 수산기 (OH 기) 를 형성한다. 따라서, 친수성이 향상되므로 막으로 형성될 금속과의 밀착성을 더욱 증가시킬 수 있다.

H₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 산화물층 (124) 의 표면에 수산기 (OH 기) 를 형성하는 단계를 생략할 수도 있다. 또한, O₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 금속층 (123a) 의 표면에 산화물층 (124) 을 형성하는 단계를 생략할 수도 있다.

도 20 을 참조하여, 본 발명의 제 10 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 20 은 본 발명의 제 10 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 구성을 개략적으로 나타낸다. 도 12 에 나타낸 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호를 부여하고, 중복된 설명은 생략한다. 도 21 은 본 발명의 제 10 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치로 배리어 금속막을 제조하는 일례의 개념 상태를 나타낸다.

도 12에 나타낸 제 9 실시예의 배리어 금속막 제조 장치와 비교하면, 도 20에 나타낸 제 10 실시예의 배리어 금속막 제조 장치에는 희 가스 노즐 (121) 이 설치되지 않는다. 제 9 실시예에서는, 희 가스 노즐 (121) 로부터 Ar 가스를 공급하여 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. Ar 가스 플라즈마를 사용하여, Ar⁺ 에 의해 기판 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 을 에칭함으로써, 표면층의 MN 중 질소 원자 (N) 를 제거하여 배리어 금속막 (123) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 수소 함량을 감소시키는 처리를 수행한다 (탈질화 처리). 한편, 제 10 실시예에서는, 탈질화 처리를 수행하고자 하는 경우에, 산소 가스 노즐 (115) 로부터 O₂ 가스를 공급하여 O₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. O₂⁺ 에 의해 기판 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 이 에칭되어 탈질화 처리가 수행된다. 탈질화 처리 이후에, O₂ 가스량을 감소시켜 산화물층 (124, 도 16 참조) 을 형성한다. 다른 구성과 작용은 제 9 실시예와 동일하다.

제 10 실시예에서는, 가스를 공급하는 노즐의 개수를 감소시킬 수 있으므로, 공간면에서 이점이 있다.

제 10 실시예의 배리어 금속막 제조 장치에서, O₂ 가스 플라즈마는 에칭에는 사용되지 않고 산화물층 (124, 도 16 참조) 의 형성에만 사용될 수 있다. 이 경우, 배리어 금속막 (123) 은 MN 층 (123b) 만의 단일층으로 된다. 예를 들어, 기판 (103) 상에 막으로 형성될 금속이 밀착성의 면에서 문제가 없는 금속 (예를 들어, Al) 이라면, 에칭에 의해 금속층 (123a) 를 형성하는 처리를 생략할 수 있다.

또한, 제 10 실시예의 배리어 금속막 제조 장치에서, 상술한 바와 유사하게 유사하게 O₂ 가스 플라즈마는 에칭에는 사용되지 않고 산화물층 (124, 도 16 참조) 의 형성에만 사용될 수 있다. 그러나, 이 경우에는, MN 층 (123b) 이 형성된 이후에, 노즐 (114) 로부터 NH₃ 가스의 공급을 중단하여 전구체 (120) 와 NH₃ 가스 플라즈마와의 반응을 종료시킨다. 그러면, 도 21에 나타낸 바와 같이, 전구체 (120) 의 금속 성분이 MN 층 (123b) 상에 적층되므로, 금속층 (123a) 이 형성될 수 있다.

전구체 (120) 의 금속 성분으로부터 금속층 (123a) 을 형성하는 반응은,



로 나타낼 수 있다.

도 22를 참조하여, 본 발명의 제 11 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 22는 본 발명의 제 11 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 구성을 개략적으로 나타낸다. 도 12에 나타낸 배리어 금속막 제조 장치와 동일한 부재들에는 동일 도면 부호를 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

도 22에 나타낸 바와 같이, 챔버 (101) 의 저부 근처에 지지대 (102) 가 설치되고, 지지대 (102) 상에는 기판 (103) 이 놓인다. 지지대 (102) 에는 히터 (104) 와 냉매 유통 수단 (5) 을 구비하는 제어 수단으로서 온도 제어 수단 (106) 이 설치되어, 온도 제어 수단 (106) 에 의해 지지대 (102) 는 소정 온도 (예를 들어, 기판 (103) 이 100 내지 200 °C 에서 유지되도록 하는 온도) 로 제어된다. 챔버 (101) 의 상면은 개구부이고, 금속 부재 (107, 예를 들어, W, Ti, Ta 또는 TiSi) 로 밀폐된다. 금속 부재 (107) 로 밀폐된 챔버 (101) 의 내부는 진공 장치 (108) 에 의해 소정 압력으로 유지된다. 챔버 (101) 의 원통형 부분의 둘레에는 플라즈마 안테나 (109) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (109) 에는 매칭 수단 (110) 과 전원 (111) 이 접속되어 전력이 공급된다.

금속 부재 (107) 하부의 챔버 (101) 의 원통형 부분에는 원료 가스를 공급하는 노즐 (112) 이 접속된다. 노즐 (112) 로부터 원료 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시키면, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마가 발생한다 (플라즈마 발생 수단).

챔버 (101) 의 내부로 Ar 가스를 공급하는 희 가스 노즐 (121) 이 제공된다. 또한, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그러면, Ar 가스가 이온화되어 Ar 가스 플라즈마가 발생한다 (표면 처리 플라즈마 발생 수단). Cl₂ 가스의 희석 가스로 Ar 가스를 사용하는 경우, 희 가스 공급 수단은, 제 9 실시예와 유사하게, 노즐 (112) 로부터 Ar 가스만 공급하는 구성일 수도 있다.

챔버 (101) 의 내부에 산소 가스 (O_2 가스) 를 공급하는 산소 가스 노즐이 제공된다. 또한, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그러면, O_2 가스가 이온화되어 O_2 가스 플라즈마가 발생한다 (산소 플라즈마 발생 수단). 그리고, 챔버 (101) 내부로 수소 가스 (H_2 가스) 를 공급하는 수소 가스 노즐 (116) 이 제공된다. 또한, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그러면, H_2 가스가 이온화되어 H_2 가스 플라즈마가 발생한다 (수소 플라즈마 발생 수단).

챔버 (101) 의 원통형 부분의 하측 주변의 복수의 위치들 (예를 들어, 4 개의 위치들; 도면에는 그 위치들 중 하나만 도시되어 있음) 에 슬릿형 개구부 (131) 가 형성되고, 개구부 (131) 에는 관형 통로 (132) 의 일 단부가 고정된다. 통로 (132) 의 중간에는 절연체로 제조된 관형 여기 챔버 (133) 가 설치되고, 여기 챔버 (133) 의 둘레에는 코일상 플라즈마 안테나 (134) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (134) 에는 매칭 기구 (135) 와 전원 (136) 이 접속되어 전력이 공급된다. 플라즈마 안테나 (134), 매칭 기구 (135), 및 전원 (136) 은 여기 수단을 구성한다. 통로 (132) 의 다른 단부에는 유량 제어기 (137) 가 접속되고, 유량 제어기 (137) 를 통해 통로 (132) 내로 질소 함유 가스인 암모니아 가스 (NH_3 가스) 가 공급된다.

이와는 별도로, 유량 제어기 (137) 를 통하여 통로 (132) 로 NH_3 가스를 공급하여 여기 챔버 (133) 로 주입한다. 플라즈마 안테나 (134) 로부터 챔버 (133) 로 전자기파를 입사시켜, NH_3 가스를 이온화하여 NH_3 가스 플라즈마 (138) 를 발생시킨다. 진공 장치 (108) 에 의해 챔버 (101) 내부의 압력과 여기 챔버 (133) 내부의 압력 사이에 소정의 압력 차이가 설정되어 있으므로, 여기 챔버 (133) 내의 NH_3 가스 플라즈마 (138) 중 여기된 암모니아가 개구부 (131) 를 통하여 챔버 (101) 내측의 전구체 (M_xCl_y , 120) 에 공급된다.

즉, 챔버 (101) 와는 분리된 여기 챔버 (133) 에서 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단이 구성되어 있다. 이 구성에 의해, 전구체 (M_xCl_y , 120) 의 금속 성분과 암모니아가 반응하여 금속 질화물 (MN) 이 형성된다 (형성 수단). 이때, 금속 부재 (107) 와 여기 챔버 (133) 는 플라즈마에 의해 기관 (103) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (112) 을 통하여 챔버 (101) 의 내부로 원료 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl_2 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마) 가 발생한다. Cl_2 가스 플라즈마에 의해 금속 부재 (107) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y , 120) 가 형성된다. 금속 부재 (107) 는 플라즈마에 의해 기관 (103) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

여기 챔버 (133) 내의 NH_3 가스 플라즈마 (138) 중 여기된 암모니아는 개구부 (131) 를 통하여 챔버 (101) 내측의 전구체 (M_xCl_y , 120) 에 공급된다. 그러면, 챔버 (101) 내부에 금속 질화물 (MN) 이 형성된다. 형성된 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어되는 기관 (103) 측으로 이송되므로, 기관 (103) 의 표면 상에 배리어 금속막 (23) 이 형성된다. 반응에 참여하지 않는 가스와 에칭 생성물들은 배기구 (117) 를 통하여 배출된다.

배리어 금속막 (123) 이 형성된 후에, 희 가스 노즐 (121) 로부터 Ar 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. Ar 가스 플라즈마를 사용하여, Ar^+ 에 의해 기관 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 을 에칭함으로써, 표면층의 MN 막 중 질소 원자 (N) 를 제거하여 배리어 금속막 (123) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 수소 함량을 감소시키는 처리를 수행한다 (탈질화 처리). 그 결과, 실질적으로 M 으로 구성된 금속층 (123a) 과 MN 층 (123b) 으로 이루어진 2 층 구조의 배리어 금속막 (123) 이 형성된다.

배리어 금속막 (123) 의 최표면층의 형성을 종료하기 직전에, 산소 가스 노즐 (115) 을 통하여 챔버 (101) 내로 미량의 O_2 가스를 공급한다. 동시에, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, O_2 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 실질적으로 M 으로 이루어진 금속층 (123a) 의 표면에 산화물층 (124) 이 형성된다 (도 16 참조). 산화물층 (124) 이 형성되므로, 배리어 금속막 (123) 의 표면에 금속 (예를 들어, 구리) 이 증착되면 (막으로 형성되면), 금속과의 젖음성이 양호하게 되어, 밀착성을 증가시킬 수 있다.

금속층 (123a) 의 표면에 산화물층 (124) 을 형성한 후에, 수소 가스 노즐 (116) 로부터 챔버 (101) 내로 H₂ 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 산화물층 (124) 의 표면 상에 수산기 (OH 기) 가 형성된다 (도 18 참조). 이 수산기들은 친수성을 증가시키므로, 막으로 형성될 금속 (구리) 의 밀착성을 더욱 향상시킬 수 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 제 9 실시예와 동일하게, 매우 작은 두께로 매립 특성이 우수한 배리어 금속막 (123) 을 고속으로 형성할 수 있다. 또한, 전체 막 두께는 단일층으로 구성된 막 두께 그대로 유지할 수 있다. 이 상태로, 금속의 확산을 방지하고 막으로 형성될 금속과의 밀착성을 양호하게 하는 배리어 금속막을 제조할 수 있게 된다.

또한, 배리어 금속막 (123) 의 표면에 금속이 막으로 형성될 때, 금속과의 젖음성이 양호해지고, 금속의 밀착성도 증가될 수 있다. 또한, 친수성이 향상되어, 막으로 형성될 금속과의 밀착성이 더욱 증가될 수 있다.

또한, 챔버 (101) 와 분리된 여기 챔버 (133) 내에서 NH₃ 가스 플라즈마가 발생한다. 따라서, NH₃ 가스 플라즈마 (138) 가 기관 (103) 의 표면에 영향을 미치지 않는다.

H₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 산화물층 (124) 의 표면 상에 수산기 (OH 기) 를 형성하는 단계를 생략할 수도 있다. 또한, O₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 금속층 (123a) 의 표면에 산화물층 (124) 을 형성하는 단계를 생략할 수도 있다.

도 22 에 나타낸 제 11 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치는, 희 가스 노즐 (121) 이 설치되지 않는 구성을 가질 수도 있다. 제 11 실시예에서는, 희 가스 노즐 (121) 로부터 Ar 가스를 공급하여 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. Ar⁺ 에 의해 기관 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 이 에칭되므로, 그로 인해 표면층에서 MN 의 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (123) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소된다 (탈질화 처리). 탈질화 처리를 수행하고자 하는 경우에는, 산소 가스 노즐 (115) 로부터 O₂ 가스를 공급하여 O₂ 가스 플라즈마를 발생시키고, O₂⁺ 가스에 의해 기관 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 이 에칭되도록 하여, 탈질화 처리를 수행한다. 탈질화 처리 이후에는, O₂ 가스량을 감소시켜 산화물층 (124, 도 16 참조) 을 형성한다.

이 경우, 가스를 공급하는 노즐의 개수를 감소시킬 수 있으므로, 공간면에서 이점이 있다.

O₂ 가스 플라즈마는 에칭에는 사용되지 않고 산화물층 (124, 도 16 참조) 의 형성에만 사용될 수 있다. 이 경우, 배리어 금속막 (123) 은 MN 층 (123b) 만의 단일층으로 된다. 예를 들어, 기관 (103) 상에 막으로 형성될 금속이 밀착성면에서 문제가 없는 금속 (예를 들어, Al) 인 경우, 에칭에 의해 금속층 (123a) 을 형성하는 처리는 생략할 수 있다.

또한, 이와 동일하게, O₂ 가스 플라즈마는 에칭에는 사용되지 않고 산화물층 (124, 도 16 참조) 의 형성에만 사용될 수 있다. MN 층 (123b) 이 형성된 이후에, NH₃ 가스의 공급과 전원 (136) 에서의 전력 공급이 중단된다. 그 결과, 전구체 (M_xCl_y, 120) 가 금속 부재 (107) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기관 (103) 측으로 이송된다. 기관 (103) 측으로 이송된 전구체 (M_xCl_y, 120) 는 환원 반응에 의해 금속 (M) 이온들만으로 되어, 기관 (3) 으로 향한다. 따라서, 기관 (103) 의 MN 층 (123b) 상에 금속층 (123a) 이 적층된다. 이 방식으로, 금속층 (123a) 이 형성될 수 있다 (도 21 참조).

도 23 내지 도 25 를 참조하여, 본 발명의 제 12 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 23 은 본 발명의 제 12 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 24 는 도 23 의 화살표로 나타낸 라인 XIII-XIII 를 따라 절취한 도면이다. 도 25 는 도 24 의 화살표로 나타낸 라인 XIV-XIV 를 따라 절취한 도면이다. 도 12 내지 도 22 에 나타낸 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호를 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

챔버 (101) 의 상면은 개구부이고, 절연 재료 (예를 들어, 세라믹) 로 제조된 디스크형 천장판 (141) 으로 밀폐된다. 챔버 (101) 상면의 개구부와 천장판 (141) 사이에는 금속 (예를 들어, W, Ti, Ta 또는 TiSi) 으로 제조된 피에칭 부재 (142) 가 개재된다. 피에칭 부재 (142) 는 챔버 (101) 상면의 개구부에 고정되는 링부 (143) 를 구비한다. 링부 (143) 의 내측 둘레에는, 챔버 (101) 의 반경 방향으로 중심부 근처까지 연장하고 동일한 폭을 갖는 복수의 (본 실시예에서는 12 개) 의 돌출부 (144) 가 원주 방향으로 제공된다.

돌출부 (144) 들은 링부 (143) 에 일체형으로 또는 제거 가능하게 부착되어 있다. 천장판 (141) 과 챔버 (101) 내부의 사이에는, 돌출부들 (144) 사이에 형성된 노치들 (145, 공간) 이 존재한다. 링부 (143) 는 어스되고, 복수의 돌출부 (144) 는 전기적으로 함께 접속되어 동일 전위로 유지된다. 피에칭 부재 (142) 에는 히터 등의 온도 제어 수단 (미도시) 이 설치되어, 피에칭 부재 (142) 의 온도를, 예를 들어, 200 내지 400 °C 로 제어한다.

돌출부들 (144) 사이에는, 돌출부들 (144) 보다 반경 방향으로 더 짧은 제 2 돌출부들이 배치될 수도 있다. 또한, 돌출부들 (144) 과 제 2 돌출부들 사이에는 짧은 돌출부들이 더 배치될 수도 있다. 이와 같이 함으로써, 유도 전류를 억제하여 에칭 되는 대상인 피에칭 부재의 면적을 확보할 수 있다.

천장판 (141) 의 상측에는 챔버 (101) 내부의 분위기를 플라즈마화하기 위한 평면 권선형 플라즈마 안테나 (146) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (146) 는 천장판 (141) 의 표면과 평행하게 평면 링 형태로 형성된다. 플라즈마 안테나 (146) 에는 매칭 기구 (110) 와 전원 (111) 이 접속되어 전력이 공급된다. 피에칭 부재 (142) 는 링부 (143) 의 내측 둘레에서 원주 방향으로 제공된 복수의 돌출부들 (144) 을 갖고, 돌출부들 (144) 사이에 형성된 노치들 (공간, 145) 을 포함한다. 따라서, 플라즈마 안테나 (146) 에서 전기가 흐르는 방향에 대해 불연속적인 상태로 기관 (103) 과 천장판 (141) 사이에 돌출부들 (144) 이 배치된다.

챔버 (101) 의 원통형 부분에는, 챔버 (101) 내로 원료 가스를 공급하는 노즐 (112), 챔버 (101) 내로 NH₃ 가스를 공급하는 노즐 (114), 챔버 (101) 내로 Ar 가스를 공급하는 희 가스 노즐 (121), 챔버 (101) 내로 O₂ 가스를 공급하는 산소 가스 노즐 (115), 및 챔버 (101) 내로 H₂ 가스를 공급하는 수소 가스 노즐 (116) 이 제공된다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (112) 을 통하여 챔버 (101) 의 내부로 원료 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (146) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마) 가 발생한다. 플라즈마 안테나 (146) 의 하부에는 전기 전도체인 피에칭 부재 (142) 가 존재한다. 그러나, 이하의 작용에 의해, 피에칭 부재 (142) 와 기관 (103) 의 사이, 즉 피에칭 부재 (142) 의 하측에는 안정적으로 Cl₂ 가스 플라즈마가 발생한다.

이하, 피에칭 부재 (142) 의 하측에서 Cl₂ 가스 플라즈마를 발생시키는 작용을 설명한다. 도 25 에 나타낸 바와 같이, 평면 링 형태인 플라즈마 안테나 (146) 의 전기 흐름 (A) 은 돌출부 (144) 들을 가로지르게 된다. 이때, 플라즈마 안테나 (146) 와 대향하는 돌출부 (144) 의 표면에서 유도 전류 (B) 가 발생한다. 피에칭 부재 (142) 내에는 노치들 (공간, 145) 이 존재하므로, 유도 전류 (B) 는 각 돌출부 (144) 의 하부면으로 흘러, 플라즈마 안테나 (146) 의 전기의 흐름 (A) 과 동일한 방향으로 흐르게 된다 (패러데이 싯드).

따라서, 기관 (103) 으로부터 피에칭 부재 (142) 를 보는 경우, 플라즈마 안테나 (146) 의 전기 흐름 (A) 을 상쇄시키는 방향으로는 흐름이 존재하지 않는다. 또한, 링부 (143) 는 어스되고 돌출부들 (144) 은 동일 전위로 유지된다. 따라서, 전기 전도체인 피에칭 부재 (142) 가 존재하는 경우에도, 전자기파는 플라즈마 안테나 (146) 로부터 챔버 (101) 로 확실히 입사된다. 그러므로, 피에칭 부재 (142) 의 하측에 Cl₂ 가스 플라즈마를 안정적으로 발생시킬 수 있다.

Cl₂ 가스 플라즈마에 의해 피에칭 부재 (142) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y: M 은 W, Ti, Ta 또는 TiSi 등의 금속, 120) 가 형성된다.

이와는 별도로, 노즐 (114) 을 통하여 챔버 (101) 의 내부로 NH₃ 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (146) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그러면, NH₃ 가스가 이온화되어 NH₃ 가스 플라즈마가 발생하고, NH₃ 가스 플라즈마는 전구체 (120) 와 환원 반응을 일으켜, 금속 질화물 (MN) 이 형성된다. 챔버 (101) 내부에 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기관 (103) 측으로 이송되고, 기관 (103) 의 표면에 MN 이 막으로 형성되어 배리어 금속막 (123, 도 13 참조) 이 제조된다.

배리어 금속막 (123) 을 형성한 이후에, 희 가스 노즐 (121) 로부터 Ar 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (146) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. Ar 가스 플라즈마의 발생으로 인해, 기관 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 이 에칭되므로, 배리어 금속막 (123) 표면층의 MN 중 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (123) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소되는 탈질화 처리가 수행된다.

배리어 금속막 (123) 의 최표면층의 형성을 종료하기 직전에, 산소 가스 노즐 (115) 을 통하여 챔버 (101) 내로 미량의 O₂ 가스를 공급한다. 동시에, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, O₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 실질적으로 M 으로 이루어진 금속층 (123a, 도 16 참조) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16 참조) 이 형성된다. 산화물층 (124) 이 형성되어 있으므로, 배리어 금속막 (123) 의 표면에 금속 (예를 들어, 구리) 이 증착되는 (막으로 형성되는) 경우, 금속과의 젖음성이 양호하게 되어, 밀착성을 증가시킬 수 있다.

금속층 (123a, 도 16 참조) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16 참조) 을 형성한 이후, 수소 가스 노즐 (116) 을 통하여 챔버 (101) 내로 H₂ 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (146) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 산화물층 (124, 도 18 참조) 의 표면에 수산기 (OH 기) 가 형성된다. 이 수산기는 친수성을 증가시키므로, 막으로 형성될 금속 (구리) 의 밀착성을 더욱 향상시킬 수 있다.

H₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 산화물층 (124, 도 18 참조) 의 표면에 수산기 (OH 기) 를 형성하는 단계를 생략할 수도 있다. O₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 금속층 (123a, 도 16) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16) 을 형성하는 단계를 생략할 수도 있다. 또한, 금속층 (123a) 을 적층하여 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수도 있다. 또한, 금속층 (123a) 이 없는 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수도 있다.

더욱이, 희 가스 노즐 (121) 을 생략하는 제 10 실시예 (도 20 참조) 와 동일한 노즐 구성은, 피에칭 부재 (142) 와 플라즈마 안테나 (146) 를 제외하고 전구체 (120) 를 형성하는 구성으로 변경될 수도 있다. 또한, 노즐 (114) 대신에, 여기 챔버 (133) 등을 갖는 제 11 실시예 (도 22 참조) 와 동일한 구성은, 피에칭 부재 (142) 와 플라즈마 안테나 (146) 를 제외하는 구성으로 변경될 수도 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수 있다. 그 결과, 기판 (103) 에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막 (123) 을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 피에칭 부재 (142) 는 링부 (143) 의 내측 둘레에서 원주 방향으로 제공된 복수의 돌출부들 (144) 을 갖고, 돌출부들 (144) 사이에 형성된 노치들 (공간, 145) 을 포함한다. 그로 인해, 피에칭 부재 (142) 에서 발생된 유도 전류는, 기판 (103) 측에서 보았을 때, 플라즈마 안테나 (146) 에서 전기가 흐르는 방향과 동일한 방향으로 흐른다. 따라서, 전기 전도체인 피에칭 부재 (142) 가 플라즈마 안테나 (146) 하부에 위치하는 경우에도, 전자기파는 플라즈마 안테나 (146) 로부터 챔버 (101) 로 확실히 입사된다. 그러므로, 피에칭 부재 (142) 의 하측에 Cl₂ 가스 플라즈마를 안정적으로 발생시킬 수 있다.

도 26 을 참조하여, 본 발명의 제 13 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 26 은 본 발명의 제 13 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 12 내지 도 25 에 나타난 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 번호들을 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

챔버 (101) 상부의 개구부는 천장판 (141) 으로 밀폐된다. 천장판 (141) 의 하면에는 금속 (예를 들어, W, Ti, Ta 또는 TiSi) 으로 제조된 피에칭 부재 (148) 가 설치되고, 피에칭 부재 (148) 는 사각 피라미드형이다. 챔버 (101) 의 원통형 부분의 상부 둘레에는 복수의 위치들 (예를 들어, 4 개의 위치들, 도면에는 그 위치들 중 하나만 도시되어 있음) 에 슬릿형 개구부들 (151) 이 형성되고, 개구부 (151) 에는 관형 통로 (152) 의 일 단부가 고정된다. 통로 (152) 의 중간부에는 절연체로 제조된 관형 여기 챔버 (153) 가 설치되고, 여기 챔버 (153) 둘레에는 코일상 플라즈마 안테나 (154) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (154) 에는 매칭 기구 (157) 와 전원 (158) 이 접속되어 전력이 공급된다.

통로 (152) 의 다른 단부에는 유량 제어기 (155) 가 접속되고, 유량 제어기 (155) 를 통하여 통로 (152) 내로 염소 함유 원료 가스 (He 또는 Ar 로 염소 농도가 50 % 이하, 바람직하게는 약 10 % 정도로 희석된 Cl₂ 가스) 가 공급된다. 플라즈마 안테나 (154) 로부터 여기 챔버 (153) 로 전자기파를 입사시켜, Cl₂ 가스를 이온화하여 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 156) 를 발생시킨다. Cl₂ 가스 플라즈마 (156) 가 발생하므로, 여기된 염소가 개구부 (151) 를 통하여 챔버 (101) 로 공급되고, 피에칭 부재 (148) 가 여기된 염소에 의해 에칭된다.

챔버 (101) 의 원통형 부분에는, 챔버 (101) 내로 NH₃ 가스를 공급하는 노즐 (114), 챔버 (101) 내로 Ar 가스를 공급하는 희 가스 노즐 (121), 챔버 (101) 내로 O₂ 가스를 공급하는 산소 가스 노즐 (115), 및 챔버 (101) 내로 H₂ 가스를 공급하는 수소 가스 노즐 (116) 이 제공된다. 챔버 (101) 둘레에는 플라즈마 안테나 (109), 매칭 기구 (110) 및 전원 (111) 이 설치되어, NH₃ 가스 플라즈마, Ar 가스 플라즈마, O₂ 가스 플라즈마, 및 H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 유량 제어기 (155) 를 통하여 통로 (152) 로 원료 가스를 공급하여, 여기 챔버 (153) 로 주입한다. 플라즈마 안테나 (154) 로부터 여기 챔버 (153) 로 전자기파를 입사시켜, Cl₂ 가스를 이온화하여 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 156) 를 발생시킨다. 진공 장치 (108) 에 의해 챔버 (101) 내부의 압력과 여기 챔버 (153) 내부의 압력 사이에 소정 압력 차이가 설정되어 있으므로, 여기 챔버 (153) 의 Cl₂ 가스 플라즈마 (156) 중 여기된 염소는 개구부 (151) 를 통하여 챔버 (101) 내측의 피에칭 부재 (148) 로 공급된다. 여기된 염소에 의해 피에칭 부재 (148) 의 에칭 반응이 발생하여, 챔버 (101) 내측에 전구체 (120) 가 형성된다. 이때, 피에칭 부재 (148) 는 천장판 (141) 에 제공된 히터 (150) 에 의해 기판 (103) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

이와는 별도로, 노즐 (114) 을 통하여 챔버 (101) 내로 NH₃ 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그러면, NH₃ 가스가 이온화되어 NH₃ 가스 플라즈마가 발생하고, NH₃ 가스 플라즈마에 의해 전구체 (120) 의 환원 반응이 일어나, 금속 질화물 (MN) 이 형성된다. 챔버 (101) 의 내부에 형성되는 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기판 (103) 측으로 이송되고, 기판 (103) 의 표면 상에 MN 이 막으로 형성되어 배리어 금속막 (123, 도 13 참조) 이 제조된다.

배리어막 (123) 을 형성한 이후에, 희 가스 노즐 (121) 로부터 Ar 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. Ar 가스 플라즈마의 발생으로 인해 기판 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 이 에칭되므로, 배리어 금속막 (123) 의 표면층의 MN 중 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (123) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소되는 탈질화 처리가 수행된다.

배리어 금속막 (123) 의 최표면층의 형성을 종료하기 직전에, 산소 가스 노즐 (115) 을 통하여 챔버 (101) 내로 미량의 O₂ 가스를 공급한다. 동시에, 플라즈마 안테나 (109) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, O₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 실질적으로 M 으로 이루어진 금속층 (123a, 도 16 참조) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16 참조) 이 형성된다. 산화물층 (124) 이 형성되므로, 배리어 금속막 (123) 의 표면에 금속 (예를 들어, 구리) 이 증착되는 (막으로 형성되는) 경우, 금속과의 젖음성이 양호하게 되어, 밀착성을 증가시킬 수 있다.

금속층 (123a, 도 16 참조) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16 참조) 을 형성한 이후, 수소 가스 노즐 (116) 로부터 챔버 (101) 내로 H₂ 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (146) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 산화물층 (124, 도 18 참조) 의 표면에 수산기 (OH 기) 가 형성된다. 이 수산기는 친수성을 증가시키므로, 막으로 형성될 금속 (구리) 의 밀착성을 더욱 향상시킨다.

H₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 산화물층 (124, 도 18 참조) 의 표면에 수산기 (OH 기) 를 형성하는 단계를 생략할 수도 있다. O₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 금속층 (123a, 도 16) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16) 을 형성하는 단계를 생략할 수도 있다. 또한, 금속층 (123a) 을 적층하여 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수도 있다. 또한, 금속층 (123a) 이 없는 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수도 있다.

더욱이, 희 가스 노즐 (121) 을 생략하는 제 10 실시예 (도 20 참조) 와 동일한 노즐 구성은, 피에칭 부재 (148), 개구부 (151), 통로 (152), 여기 챔버 (153), 플라즈마 안테나 (154), 유량 제어기 (155), 매칭 기구 (157) 및 전원 (158) 을 제외하고 전구체 (120) 를 형성하는 구성으로 변경될 수도 있다. 또한, 노즐 (114) 대신에, 여기 챔버 (133) 를 갖는 제 11 실시예 (도 22 참조) 와 동일한 구성은, 전구체 (120) 를 형성하는 다른 구성으로 변경될 수도 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수 있다. 따라서, 기판 (103) 에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막 (123) 을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 챔버 (101) 와 분리된 여기 챔버 (153) 내에서 Cl_2 가스 플라즈마가 발생한다. 따라서, Cl_2 가스 플라즈마에 의해 기관 (103) 이 더 이상 노출되지 않으므로, 기관 (103) 이 Cl_2 가스 플라즈마 (156) 에 의해 손상되지 않는다.

여기 챔버 (153) 내에서 Cl_2 가스 플라즈마 (156) 를 발생시키는 수단, 즉 원료 가스를 여기서 여기된 원료 가스로 하는 수단으로는, 마이크로파, 레이저, 전자빔 또는 싱크로트론 방사를 사용할 수 있다. 또한, 금속 필라멘트를 고온으로 가열하여 전구체를 형성할 수도 있다. 기관 (103) 으로부터 Cl_2 가스 플라즈마를 분리시키는 구성은, 통로 (152) 에 여기 챔버 (153) 를 설치하는 것일 수도 있고, 예를 들어, 챔버 (101) 를 분리시키는 것과 같은 다른 구성일 수도 있다.

도 27 을 참조하여, 본 발명의 제 14 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법을 설명한다. 도 27 은 본 발명의 제 14 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 12 내지 도 26 에 나타낸 부재와 동일한 부재에는 동일 도면 부호를 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

제 14 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 도 12 에 나타낸 제 9 실시예에 의한 배리어 금속막 제조 장치와 달리, 챔버 (101) 의 원통형 부분 둘레에 플라즈마 안테나 (9) 가 설치되지 않고, 금속 부재 (107) 에는 매칭 기구 (110) 와 전원 (111) 이 접속되어 전력이 공급된다.

챔버 (101) 의 원통형 부분에는, 챔버 (101) 내로 NH_3 가스를 공급하는 노즐 (114), 챔버 (101) 내로 Ar 가스를 공급하는 희 가스 노즐 (121), 챔버 (101) 내로 O_2 가스를 공급하는 산소 가스 노즐 (115), 및 챔버 (101) 내로 H_2 가스를 공급하는 수소 가스 노즐 (116) 이 제공된다. 금속 부재 (107) 에 전력을 공급함으로써, NH_3 가스 플라즈마, Ar 가스 플라즈마, O_2 가스 플라즈마 및 H_2 가스 플라즈마를 발생시킨다. NH_3 가스 플라즈마, Ar 가스 플라즈마, O_2 가스 플라즈마 및 H_2 가스 플라즈마를 발생시키기 위해, 챔버 (101) 의 원통형 부분에 코일상의 플라즈마 안테나가 별도로 설치되고, 플라즈마 안테나에 매칭 기구를 통하여 전원이 접속될 수도 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (112) 로부터 챔버 (101) 로 원료 가스를 공급하고, 금속 부재 (107) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킴으로써, Cl_2 가스를 이온화하여 Cl_2 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마) 를 발생시킨다. Cl_2 가스 플라즈마에 의해 금속 부재 (107) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y , 120) 가 제조된다. 이때, 금속 부재 (107) 는 온도 제어 수단 (미도시) 에 의해 기관의 온도보다 높은 온도인 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

이와는 별도로, 노즐 (114) 을 통하여 챔버 (101) 의 내부로 NH_3 가스를 공급하고, 금속 부재 (107) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시킨다. 그러면, NH_3 가스가 이온화되어 NH_3 가스 플라즈마가 발생하고, NH_3 가스 플라즈마에 의해 전구체 (120) 의 환원 반응이 일어나, 금속 질화물 (MN) 이 형성된다. 챔버 (101) 내부에 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기관 (103) 측으로 이송되고, 기관 (103) 의 표면에 MN 이 막으로 형성되어 배리어 금속막 (123, 도 13 참조) 이 제조된다.

배리어 금속막 (123) 을 형성한 이후에, 희 가스 노즐 (121) 로부터 Ar 가스를 공급하고 금속 부재 (107) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. Ar 가스 플라즈마가 발생하여, 기관 (103) 표면의 배리어 금속막 (123) 이 에칭되므로, 배리어 금속막 (123) 표면층의 MN 중 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (123) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소되는 탈질화 처리가 수행된다.

배리어 금속막 (123) 의 최표면층의 형성을 종료하기 직전에, 산소 가스 노즐 (115) 을 통하여 챔버 (101) 내로 미량의 O_2 가스를 공급한다. 동시에, 금속 부재 (107) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, O_2 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 실질적으로 M 으로 이루어진 금속층 (123a, 도 16 참조) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16 참조) 이 형성된다. 산화물층 (124) 이 형성되어 있으므로, 배리어 금속막 (123) 의 표면에 금속 (예를 들어, 구리) 이 증착되는 (막으로 형성되는) 경우, 금속과의 젖음성이 양호하게 되어, 밀착성을 증가시킬 수 있다.

금속층 (123a, 도 16 참조) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16 참조) 을 형성한 이후, 수소 가스 노즐 (116) 로부터 챔버 (101) 내로 H₂ 가스를 공급하고, 금속 부재 (107) 로부터 챔버 (101) 로 전자기파를 입사시켜, H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그 결과, 산화물층 (124, 도 18 참조) 의 표면에 수산기 (OH 기) 가 형성된다. 이 수산기는 친수성을 증가시키므로, 막으로 형성될 금속 (구리) 의 밀착성을 더욱 향상시킨다.

H₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 산화물층 (124, 도 18 참조) 의 표면에 수산기 (OH 기) 를 형성하는 단계를 생략할 수도 있다. O₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 금속층 (123a, 도 16) 의 표면에 산화물층 (124, 도 16) 을 형성하는 단계를 생략할 수도 있다. 또한, 금속층 (123a) 을 적층하여 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수도 있다. 또한, 금속층 (123a) 이 없는 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수도 있다.

더욱이, 희 가스 노즐 (121) 을 생략하는 제 10 실시예 (도 20 참조) 와 동일한 노즐 구성은, 금속 부재 (107), 매칭 기구 (110) 및 전원 (111) 을 제외하고 전구체 (120) 를 형성하는 구성으로 변경될 수도 있다. 또한, 노즐 (114) 대신에, 여기 챔버 (133) 등을 갖는 제 11 실시예 (도 22 참조) 와 동일한 구성은, 전구체 (120) 를 형성하는 다른 구성으로 변경될 수도 있다.

상술한 배리어 금속막 제조 장치에서는, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막 (123) 을 형성할 수 있다. 따라서, 기관 (103) 에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막 (123) 을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 금속 부재 (107) 자체가 플라즈마 발생을 위한 전극으로 적용된다. 따라서, 챔버 (101) 의 원통형 부분 둘레에 플라즈마 안테나를 설치할 필요가 없으므로, 주변 구성의 자유도를 증가시킬 수 있다.

첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명에 의한 금속막 제조 방법 및 금속막 제조 장치를 설명한다. 본 발명의 금속막 제조 방법은, 기관으로의 확산을 방지하기 위해 기관의 표면 상에 형성된, 예를 들어, 탄탈륨 질화물 (TaN) 로 된 배리어 금속막의 밀착성을 향상시키는 처리를 포함한다.

본 발명의 제 1 실시형태에 의하면, TaN 로 된 배리어 금속막의 표면을 희 가스 (예를 들어, 아르곤: Ar) 플라즈마로 에칭하여 배리어 금속막을 평탄화한다. 또한, Ar⁺ 를 사용하여 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자들을 제거함으로써, 배리어 금속막의 매트릭스의 내부에 비하여 표면층의 질소 함량을 감소시킨다 (이하, 이러한 표면 처리를 탈질화 처리라 한다). 탈질화 처리로 인해 단일층 배리어 금속막의 표면층에 금속 (Ta) 으로 된 막이 실질적으로 형성된다. 이 방식으로, 높은 질량수를 갖는 저가의 가스를 사용하여, 금속의 확산을 방지하고 금속의 밀착성을 유지할 수 있는 배리어 금속막이, 매우 효율적이고 확실하게 박막 상태로 제조된다.

배리어 금속막용 재료에 따라, 플라즈마의 파워 및 전력 인가 시간을 제어하면서, 희 가스 플라즈마 (예를 들어, 아르곤: Ar) 로 에칭하여 표면을 평탄화하는 처리만을 수행할 수 있다. 이와 같이 하여, 밀착성을 향상시킬 수 있다. 배리어 금속막으로는, TaN 외에도 텅스텐 질화물 또는 티타늄 질화물을 사용할 수 있다. 희 가스로는, 아르곤 외에도 헬륨, 크립톤 또는 네온을 사용할 수 있다.

본 발명의 제 1 실시형태에 의한 장치의 구체적인 구성은 다음과 같을 수 있다. 기관과 Ta 로 제조된 피에칭 부재 사이의 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스 (예를 들어, 염소 함유 가스) 를 공급하고, 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 염소 가스 플라즈마를 발생시킨다. 염소 가스 플라즈마에 의해 피에칭 부재가 에칭되어, 피에칭 부재 내에 함유된 Ta 성분과 염소 가스를 포함하는 전구체가 형성된다. 또한, 질소 함유 기체가 여기되고, 여기된 질소와 전구체와의 반응으로 금속 질화물인 TaN 이 형성된다. 이와 같이 형성된 TaN 은 낮은 온도로 유지되는 기관 상에 막으로 형성되어 배리어 금속막으로 형성된다. 이 공정은 배리어 금속막 제조 장치를 사용하여 수행된다. 이 방식으로 배리어 금속막을 제조한 후에, 챔버 내에서 Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 에칭과 탈질화 처리를 수행한다.

또는, 제 1 실시형태의 구체적인 장치 구성은 다음과 같을 수도 있다. 챔버 내로 염소 가스를 공급하고, 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 염소 가스 플라즈마를 발생시킨다. 구리 (Cu) 로 제조된 피에칭 부재가 염소 가스 플라즈마에 의해 에칭되어 피에칭 부재에 함유된 Cu 성분과 염소를 포함하는 전구체가 챔버 내부에 형성된다. 기관의 온도를 피에칭 부재의

온도보다 낮은 온도로 유지하여 기판 상에 전구체의 Cu 성분으로 된 막을 형성한다. 이 공정은 금속막 제조 장치를 사용하여 수행된다. TaN 으로 된 배리어 금속막이 형성된 기판을 챔버 내에 수용하여 배리어 금속막 상에 Cu 성분을 막으로 형성하기 전에, Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 에칭과 탈질화 처리를 수행한다.

도 28 은 Cu 막을 형성하는 막 형성 공정을 위한 장치의 개요를 나타낸다. 예를 들어, 도 28 에 나타낸 바와 같이, 기판을 운반하는 핸들링 로봇 (401) 이 중심 위치에 장착된다. 로봇 (401) 주변에는, 기판을 수용하는 수용 장치 (402), 기판 상에 배리어 금속막을 형성하는 배리어 금속 CVD (403), 및 Cu 막을 형성하는 Cu-CVD (404) 가 구비된다. 로봇 (401) 은 수용 장치 (402) 로부터 배리어 금속 CVD (403) 로, 배리어 금속 CVD (403) 로부터 Cu-CVD (404) 로, Cu-CVD (404) 로부터 수용 장치 (402) 로 기판을 운반한다. 그러한 막 형성 공정을 위한 장치에서, 제 1 실시형태에 의한 금속막 제조 장치는 Cu-CVD (404) 에 구비된다.

배리어 금속 CVD (403) 에 제 1 실시형태의 금속막 제조 장치가 구비될 수도 있고, 전용 제 1 실시형태에 의한 금속막 제조 장치가 로봇 (401) 주변에 구비될 수도 있다.

첨부된 도면들을 참조하여, 제 1 실시형태에 의한 금속막 제조 방법 및 금속막 제조 장치의 실시예들을, 그 장치가 Cu-CVD (404) 에 구비된 경우를 예로 들어 설명한다.

도 29 는 본 발명의 제 14 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 30 은 회 가스 공급 수단의 다른 예를 나타내는 개략 구성도이다. 도 31 은 배리어 금속막을 설명하는 기판의 단면 상태를 나타낸다. 도 32 와 도 33 은 탈질화 처리시 배리어 금속막의 개념 상태를 나타낸다. 도시된 금속막 제조 장치는 도 28 에 나타낸 Cu-CVD (404) 에 대응한다.

도 29 에 나타낸 바와 같이, 예를 들어, 세라믹 (절연 재료) 으로 제조된 원통형 챔버 (201) 의 저부 근처에 지지대 (202) 가 제공되고, 지지대 (202) 상에 기판 (203) 이 놓인다. 지지대 (202) 에는 히터 (204) 와 냉매 유통 수단 (205) 을 구비하는 제어 수단으로서 온도 제어 수단 (206) 이 설치되어, 온도 제어 수단 (206) 에 의해 지지대 (202) 는 소정 온도 (예를 들어, 기판 (203) 이 100 내지 200 °C 로 유지되는 온도) 로 제어된다.

챔버 (201) 의 상면은 개구부이고, 금속으로 제조된 피에칭 부재인 구리판 부재 (207) 로 밀폐된다. 구리판 부재 (207) 로 밀폐된 챔버 (201) 의 내부는 진공 장치 (208) 에 의해 소정 압력으로 유지된다. 챔버 (201) 의 원통형 부분 둘레에는 코일 상 플라즈마 안테나 (209) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (209) 에는 매칭 기구 (210) 와 전원 (211) 이 접속되어 전력이 공급된다. 플라즈마 안테나 (209), 매칭 기구 (210) 및 전원 (211) 은 플라즈마 발생 수단을 구성한다.

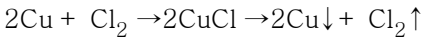
지지대 (202) 상부의 챔버 (201) 의 원통형 부분에는 챔버 (201) 의 내부로 할로젠으로 염소를 함유하는 원료 가스 (He 또는 Ar 로 염소 농도가 50 % 이하, 바람직하게는 약 10 % 정도로 희석된 Cl₂ 가스) 를 공급하는 노즐 (212) 이 접속된다. 노즐 (212) 에는 유량 제어기 (213) 를 통하여 원료 가스가 주입된다. 챔버 (201) 내부에서, 원료 가스는 구리판 부재 (207) 측으로 주입된다 (원료 가스 공급 수단). 또한, 원료 가스에 함유된 할로젠 가스로서 불소 (F), 브롬 (Br) 또는 요도드 (I) 가 적용될 수도 있다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (212) 로부터 챔버 (201) 로 원료 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (209) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시킴으로써, Cl₂ 가스를 이온화하여 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 214) 를 발생시킨다. 진공 장치 (208) 에 의해 설정되는 챔버 (201) 내부의 압력은, Cl₂ 가스 플라즈마 (214) 의 플라즈마 밀도가 챔버 (201) 내부에서 벽면측으로 더 높아지도록 고압으로 한다. 벽면측으로 Cl₂ 가스 플라즈마 (214) 의 플라즈마 밀도를 증가시키는 수단으로서, 전원 (211) 의 주파수를 증가시킬 수도 있다.

Cl₂ 가스 플라즈마 (214) 는 구리판 부재 (207) 에 에칭 반응을 일으켜 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 를 형성한다. 이때, 구리판 부재 (207) 는 Cl₂ 가스 플라즈마 (214) 에 의해 기판 (203) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 (201) 내부에 형성된 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 는 구리판 부재 (207) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (203) 측으로 이송된다. 기판 (203) 측으로 이송된 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 는 환원 반응에 의해 Cu 이온들만으로 되고, 기판 (203) 으로 향하여 기판 (203) 의 표면 상에 Cu 박막 (216) 이 형성된다.

그 반응은,



로 나타낼 수 있다.

반응에 참여하지 않는 가스들과 에칭 생성물들은 배기구 (217) 를 통하여 배출된다.

원료 가스로부터, 예를 들어, He 또는 Ar 등으로 희석된 Cl_2 가스를 사용하는 예를 설명하였다. 그러나, Cl_2 가스를 단독으로 사용할 수도 있고, HCl 가스를 사용할 수도 있다. HCl 가스를 사용하는 경우, HCl 가스 플라즈마가 원료 가스 플라즈마로서 발생한다. 그러나, 구리판 부재 (207) 의 에칭에 의해 형성되는 전구체는 Cu_xCl_y 이다. 따라서, 원료 가스는 염소를 함유하는 어느 가스일 수도 있고, HCl 가스와 Cl_2 가스의 가스 혼합물을 사용할 수도 있다. 구리판 부재 (207) 용 재료는 구리에 한정되지는 않으며, 할로겐화물을 형성하는 금속, 바람직하게는 Ag, Au, Pt, Ta, Ti 또는 W 등의 염화물을 형성하는 금속을 사용할 수 있다. 이 경우, 형성되는 전구체는 Ag, Au, Pt, Ta, Ti 또는 W 의 할로겐화물 (염화물) 이고, 기관 (203) 의 표면에 형성되는 박막은 Ag, Au, Pt, Ta, Ti 또는 W 으로 된 막이다.

상술한 바와 같이 구성된 금속막 제조 장치는 Cl_2 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 214) 를 사용하므로, 반응 효율이 현저히 증가되고 막 형성 속도가 빨라지게 된다. 또한, 원료 가스로부터 Cl_2 가스를 사용하면, 비용을 현저히 감소시킬 수 있다. 더욱이, 온도 제어 수단 (206) 을 사용하여 기관 (203) 을 구리판 부재 (207) 의 온도보다 낮은 온도로 제어한다. 이에 따라, Cu 박막 (216) 중에 남아 있는 염소 등의 불순물의 양을 감소시킬 수 있어, 고품질의 Cu 박막 (216) 을 제조할 수 있게 된다.

또한, Cl_2 가스 플라즈마 (214) 의 플라즈마 밀도는 벽면측에서 더 높아진다. 따라서, 고밀도의 Cl_2 가스 플라즈마를 발생시킬 수 있어, 막 형성 속도를 현저히 빨라지게 할 수 있다. 큰 챔버 (201) 를 사용하는 경우, 즉, 큰 기관 (203) 에 대해서도 Cu 박막 (216) 을 형성할 수 있다.

챔버 (201) 의 내부의 기관 (203) 의 표면 상부로 희 가스로서 Ar 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단으로서 희 가스 노즐 (221) 이 제공된다. 희 가스 노즐 (221) 로부터 Ar 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (209) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시킴으로써, Ar 가스를 이온화하여 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다 (표면 처리 플라즈마 발생 수단). 지지대 (202) 에는 바이어스 전원 (220) 이 접속되어, 지지대 (202) 상에서 기관 (203) 을 지지하기 위해 바이어스 전압이 인가된다.

희 가스 공급 수단과 관련하여, Cl_2 가스에 대한 희석 가스로 Ar 가스를 사용하는 경우에는, 도 30 에 나타낸 바와 같이, 원료 가스 (Cl_2 가스) 와 희석 가스 (Ar 가스) 사이의 합류 위치에 제어 밸브 (222) 를 설치할 수 있다. 그러면, Ar 가스 플라즈마의 발생 동안 Cl_2 가스를 중단시키고 노즐 (212) 을 통하여 Ar 가스만을 공급할 수 있게 된다. 이 구성에 의하면, 희 가스 노즐 (221) 이 구비될 필요가 없으므로, 공간면에서 이점이 있다.

상술한 금속막 제조 장치로 반입된 기관 (203) 의 표면에는, 도 31 에 나타낸 바와 같이, TaN 으로 된 배리어 금속막 (223) 이 형성되어 있다. Ar 가스 플라즈마를 발생시키면, Ar^+ 에 의해 기관 (203) 표면의 배리어 금속막 (223) 이 에칭되어 배리어 금속막 (223) 이 평탄화된다. 또한, 배리어 금속막 (223) 의 표면층에서 TaN 중의 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (223) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소되는 탈질화 처리가 수행된다. 또한, 배리어 금속막 (223) 으로서는 WN 또는 TiN 을 사용할 수도 있다.

Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 배리어 금속막 (223) 을 평탄화 처리하고 탈질화 처리하는 것은, 전술한 Cu 박막 (216) 을 형성하기 전에 수행한다. 즉, TaN 으로 된 배리어 금속막 (223) 이 형성되어 있는 기관 (203) 이 지지대 (202) 상에 반입되면, Cu 박막 (216) 을 형성하기 이전에 희 가스 노즐 (221) 로부터 Ar 가스를 공급한다. 동시에, 플라즈마 안테나 (209) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시켜 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다.

Ar 가스 플라즈마가 발생하면, 배리어 금속막 (223) 의 표면은 Ar^+ 로 에칭되어 평탄화된다. 도 32 에 나타난 바와 같이, 배리어 금속막 (223) 은 비정질 상태인 Ta 과 N 을 포함한다. 이 상태에서, Ar^+ 에 의해 질량이 더 작은 N 이 우선적으로 제거되어, 배리어 금속막 (223) 의 표면층 (예를 들어, 전체 막 두께의 1/2 까지, 바람직하게는 약 1/3 까지) 이 탈질화 처리된다. 그 결과, 도 33 에 나타난 바와 같이, 실질적으로 Ta 로 구성된 금속층 (223a) 과 TaN (223b) 으로 이루어진 2 층 구조의 배리어 금속막 (223) 이 형성된다. 이 경우에, 배리어 금속막 (223) 의 전체 막 두께는 단일층을 갖는 막 두께 그대로 유지된다.

Ar^+ 의 발생량을 증가시키기 위해, 플라즈마 안테나 (209) 에 인가하는 전압을 증가시키거나 Ar 가스의 유량을 증가시키는 제어를 실시한다. Ar^+ 를 기관측으로 끌어당기기 위해, 바이어스 전원 (220) 을 제어하여 기관의 전위를 마이너스측으로 낮춘다. 이를 위해서는, 미리 설정된 스케줄에 따라 스케줄 제어를 실시하는 것이 용이하다. 탈질화 처리를 수행하면서, 금속층 (223a) 의 깊이 분포를 측정한다. 그 측정 결과에 기초하여, 플라즈마 안테나 (209) 의 전압 또는 Ar 가스의 유량에 대한 제어, 또는 바이어스 전원 (220) 에 대한 제어를 실시할 수도 있다.

탈질화 처리를 수행한 이후에는, 제거된 N 의 위치가 보이드로 되므로, 원자 레벨에서 불규칙성이 발생한다. 따라서, 남아 있는 Ta 원자들을 치밀화하는 것이 바람직하다. Ta 원자들을 치밀화하기 위해, 본 실시예에서는 히터 (204) 를 사용하여 기관 (203) 을 가열하는 열처리를 수행함으로써 Ta 원자들을 치밀화한다 (치밀화 수단). 열처리는 원자들이 결정 구조로 되지 않을 정도 (원자들은 비정질 상태로 유지됨) 로 수행된다. 치밀화 수단은 기관 (203) 을 가열하는 플라즈마 가열일 수도 있다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 배리어 금속막 (223) 이 형성된 기관 (203) 이 수용된 챔버 (201) 내부에서 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. Ar 가스 플라즈마에 의해 배리어 금속막 (223) 이 에칭되어 평탄화된다. 또한, Ar 가스 플라즈마에 의해 질소 원자들이 제거되어 배리어 금속막 (223) 이 탈질화 처리된다. 이에 따라, 배리어 금속막 (223) 은 실질적으로 Ta 로 구성된 금속막 (223a) 과 TaN 층 (223b) 으로 이루어진 2 층 구조를 갖게 된다. 또한, 전체 막 두께는 단일층의 막 두께 그대로 유지된다. 따라서, 막 두께를 두껍게 하지 않으면서 2 층 구조 상태인 배리어 금속막 (223) 을 형성할 수 있고, 금속층 (223a) 에 의해 Cu 박막 (216) 과의 밀착성을 유지하는 한편, TaN 층 (223b) 에 의해 Cu 의 확산을 방지할 수 있게 된다. 그러므로, 밀착성이 양호하고 기관 (203) 으로의 확산이 없는 Cu 박막 (216) 을 형성할 수 있어, Cu 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

도 34 내지 도 36 을 참조하여, 본 발명의 제 16 실시예에 의한 금속막 제조 방법 및 금속막 제조 장치를 설명한다. 도 34 는 본 발명의 제 16 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 35 는 도 34 에서 화살표로 나타낸 라인 VIII-VIII 을 따라 절취한 단면이다. 도 36 은 도 35 에서 화살표로 나타낸 라인 IX-IX 을 따라 절취한 단면이다. 도 29 에 나타난 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호를 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

챔버 (201) 의 상면은 개구부이고, 절연 재료 (예를 들어, 세라믹) 으로 제조된 디스크형 천장판 (230) 으로 밀폐된다. 챔버 (201) 상면의 개구부와 천장판 (230) 사이에는 금속 (구리, Cu) 로 제조된 피에칭 부재 (231) 가 개재된다. 피에칭 부재 (231) 는 챔버 (201) 상면의 개구부에 고정되는 링부 (232) 를 구비한다. 링부 (232) 의 내측 둘레에는, 챔버 (201) 의 반경 방향으로 중심부 근처까지 연장하고 동일한 폭을 갖는 복수의 (본 실시예에서는 12 개) 의 돌출부 (233) 가 원주 방향으로 제공된다.

돌출부 (233) 들은 링부 (232) 에 대하여 일체형으로 또는 제거 가능하게 부착되어 있다. 천장판 (230) 과 챔버 (201) 내부의 사이에는, 돌출부들 (233) 사이에 형성된 노치들 (공간, 235) 이 존재한다. 링부 (232) 는 어스되고, 복수의 돌출부 (233) 는 전기적으로 함께 접속되어 동일 전위로 유지된다. 피에칭 부재 (231) 에는 히터 등의 온도 제어 수단 (미도시) 이 설치되어, 피에칭 부재 (231) 의 온도를, 예를 들어, 200 내지 400 °C 로 제어한다.

돌출부들 (233) 사이에는 돌출부들 (233) 보다 반경 방향으로 더 짧은 제 2 돌출부들이 배치될 수도 있다. 또한, 돌출부들 (233) 과 제 2 돌출부들 사이에는 짧은 돌출부들이 더 배치될 수도 있다. 이와 같이 함으로써, 유도 전류를 억제하여 에칭되는 대상인 구리의 면적을 확보할 수 있다.

천장판 (230) 의 상측에는 챔버 (201) 의 내부 분위기를 플라즈마화하기 위한 평면 권선형 플라즈마 안테나 (234) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (234) 는 천장판 (230) 의 표면과 평행하게 평면 링 형태로 형성된다. 플라즈마 안테나 (234) 에는 매칭 기구 (210) 와 전원 (211) 이 접속되어 전력이 공급된다. 피에칭 부재 (231) 는 링부 (232) 의 내측 둘레에서 원주 방

향으로 제공된 복수의 돌출부들 (233) 을 갖고, 돌출부들 (233) 사이에 형성된 노치들 (공간, 235) 을 포함한다. 따라서, 돌출부들 (233) 은 플라즈마 안테나 (234) 에서 전기가 흐르는 방향에 대해 불연속적인 상태로 기관 (203) 과 천장판 (230) 사이에 배치된다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (212) 을 통하여 챔버 (201) 의 내부로 원료 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (234) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl_2 가스가 이온화되어 Cl_2 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 214) 가 발생한다. 플라즈마 안테나 (234) 하부에는 전기 전도체인 피에칭 부재 (231) 가 존재한다. 그러나, 이하의 작용에 의해, 피에칭 부재 (231) 와 기관 (203) 의 사이, 즉 피에칭 부재 (231) 의 하측에는 안정적으로 Cl_2 가스 플라즈마 (214) 가 발생한다.

피에칭 부재 (231) 의 하측에서 Cl_2 가스 플라즈마 (214) 를 발생시키는 작용을 설명한다. 도 36 에 나타낸 바와 같이, 평면 링 형태인 플라즈마 안테나 (234) 에서의 전기 흐름 (A) 은 돌출부 (233) 들을 가로지르게 된다. 이때, 플라즈마 안테나 (234) 와 대향하는 돌출부 (233) 의 표면에서 유도 전류 (B) 가 발생한다. 피에칭 부재 (231) 내에는 노치들 (공간, 235) 이 존재하므로, 유도 전류 (B) 는 각 돌출부 (233) 의 하부면으로 흘러, 플라즈마 안테나 (234) 에서의 전기 흐름 (A) 과 동일한 방향으로 흐르게 된다 (패러데이 실험).

따라서, 기관 (203) 으로부터 피에칭 부재 (231) 를 보는 경우, 플라즈마 안테나 (234) 의 전기 흐름 (A) 을 상쇄시키는 방향으로 흐름이 존재하지 않는다. 또한, 링부 (232) 는 어스되고 돌출부들 (233) 은 동일 전위로 유지된다. 따라서, 전기 전도체인 피에칭 부재 (231) 가 존재하는 경우에도, 전자기파는 플라즈마 안테나 (234) 로부터 챔버 (201) 로 확실히 입사된다. 그러므로, 피에칭 부재 (231) 의 하측에 Cl_2 가스 플라즈마 (214) 를 안정적으로 발생시킬 수 있다.

Cl_2 가스 플라즈마 (214) 에 의해 구리로 제조된 피에칭 부재 (231) 의 에칭 반응을 발생하여, 전구체 (Cu_xCl_y , 215) 가 형성된다. 이때, 피에칭 부재 (231) 는 Cl_2 가스 플라즈마 (214) 에 의해 기관 (203) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다. 챔버 (201) 내부에 형성된 전구체 (Cu_xCl_y , 215) 는 피에칭 부재 (231) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기관 (203) 측으로 이송된다. 기관 (203) 측으로 이송된 전구체 (Cu_xCl_y , 215) 는 환원 반응에 의해 Cu 이온들만으로 되고, 기관 (203) 으로 향하여 기관 (203) 의 표면에 Cu 박막 (216) 이 형성된다.

그 반응들은 상술한 제 15 실시예와 동일하다. 반응에 참여하지 않는 가스들과 반응 생성물들은 배기구 (217) 를 통하여 배출된다.

상술한 바와 같이 구성된 금속막 제조 장치는 Cl_2 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 214) 를 사용하므로, 반응 효율이 현저히 증가되고 막 형성 속도가 빨라지게 된다. 또한, 원료 가스로부터 Cl_2 가스를 사용하므로, 비용을 현저히 감소시킬 수 있다. 더욱이, 온도 제어 수단 (206) 을 사용하여 기관 (203) 은 피에칭 부재 (231) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된다. 그러면, Cu 박막 (216) 중에 남아 있는 염소 등의 불순물 양을 감소시킬 수 있어, 고품질의 Cu 박막 (216) 을 제조할 수 있게 된다.

또한, 피에칭 부재 (231) 는 링부 (232) 의 내부 둘레에 원주 방향으로 제공된 복수의 돌출부들 (233) 을 갖고, 돌출부들 (233) 사이에 형성된 노치들 (공간들, 235) 을 포함한다. 이에 따라, 피에칭 부재 (231) 에서 발생된 유도 전류는, 기관 (203) 측으로부터 보았을 때, 플라즈마 안테나 (234) 에서 전기가 흐르는 방향과 동일한 방향으로 흐른다. 그러므로, 플라즈마 안테나 (234) 의 하부에 전기 전도체인 피에칭 부재 (231) 가 존재하는 경우에도, 전자기파는 플라즈마 안테나 (234) 로부터 챔버 (201) 로 확실하게 입사된다. 따라서, 피에칭 부재 (231) 의 하측에 Cl_2 가스 플라즈마 (214) 를 안정적으로 발생시킬 수 있다.

기관 (203) 의 표면 상부의 챔버 (201) 내부에, 희 가스인 Ar 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단로 희 가스 노즐 (221) 이 제공된다. 희 가스 노즐 (221) 로부터 Ar 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (234) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스를 이온화하여 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다 (표면 처리 플라즈마 발생 수단). 지지대 (202) 에는 바이어스 전원 (220) 이 접속되어, 지지대 (202) 상의 기관 (203) 을 지지하기 위해 지지대 (202) 에 바이어스 전압이 인가된다.

상술한 금속막 제조 장치에 반입된 기관 (203) 의 표면에는, 도 31 에 나타낸 바와 같이, TaN 으로 된 배리어 금속막 (223) 이 형성되어 있다. Ar 가스 플라즈마를 발생시키면, Ar^+ 에 의해 기관 (203) 표면의 배리어 금속막 (223) 이 에칭되어 배

리어 금속막 (223) 이 평탄화된다. 또한, 배리어 금속막 (223) 의 표면층에서 TaN 중의 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (223) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소되는 탈질화 처리가 수행된다. 또한, 배리어 금속막 (223) 으로는 WN 또는 TiN 을 사용할 수도 있다.

Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 배리어 금속막 (223) 을 평탄화 처리하고 탈질화 처리하는 것은, 전술한 Cu 박막 (216) 을 형성하기 전에 수행된다. 배리어 금속막 (223) 을 평탄화 처리하고 탈질화 처리하는 세부 공정들은 제 15 실시예와 동일하므로, 그에 관한 설명은 생략한다.

전술한 금속막 제조 장치에서는, 제 15 실시예와 동일하게, 막 두께를 두껍게 하지 않으면서 배리어 금속막 (223) 을 2 층 구조 상태로 할 수 있고, 금속층 (223a) 에 의해 Cu 박막 (216) 과의 밀착성을 유지하면서, TaN 층 (223b) 에 의해 Cu 의 확산을 방지할 수 있게 된다. 따라서, 밀착성이 양호하고 기판 (203) 으로의 확산이 없는 Cu 박막 (216) 을 형성할 수 있어, Cu 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

도 37 을 참조하여, 본 발명의 제 17 실시예에 의한 금속막 제조 방법 및 금속막 제조 장치를 설명한다. 도 37 은 본 발명의 제 17 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 29 및 도 34 에 나타낸 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호들을 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

챔버 (201) 상부의 개구부는, 예를 들어, 세라믹 (절연 재료) 으로 제조된 천장판 (230) 으로 밀폐된다. 천장판 (230) 의 하 면에는 금속 (구리, Cu) 으로 제조된 피에칭 부재 (241) 가 설치되고, 피에칭 부재 (241) 는 사각 피라미드형이다. 챔버 (201) 의 원통형 부분의 상부 둘레에서 복수의 위치들 (예를 들어, 4 개의 위치들) 에 슬릿형 개구부들 (242) 이 형성되고, 각각의 개구부 (242) 에는 관형 통로 (243) 의 일 단부가 고정된다. 통로 (243) 의 중간부에는 절연체로 제조된 관형 여기 챔버 (244) 가 설치되고, 여기 챔버 (244) 둘레에는 코일상 플라즈마 안테나 (245) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (245) 에는 매칭 기구 (248) 및 전원 (249) 이 접속되어 전력이 공급된다. 플라즈마 안테나 (245), 매칭 기구 (248), 및 전원 (249) 은 플라즈마 발생 수단을 구성한다.

통로 (243) 의 다른 단부에는 유량 제어기 (246) 가 접속되고, 유량 제어기 (246) 를 통하여 통로 (243) 내로 염소 함유 원 료 가스 (He 또는 Ar 로 염소 농도가 50 % 이하, 바람직하게는 약 10 % 정도로 희석된 Cl₂ 가스) 가 공급된다. 플라즈마 안 테나 (245) 로부터 여기 챔버 (244) 로 전자기파를 입사시키면, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 247) 가 발생한다. Cl₂ 가스 플라즈마 (247) 가 발생하므로, 여기된 염소가 개구부 (242) 를 통하여 챔버 (201) 로 공 급되고, 여기된 염소에 의해 피에칭 부재 (241) 가 에칭된다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 원료 가스가 유량 제어기 (246) 를 통하여 통로 (243) 로 공급되어, 여기 챔버 (244) 에 주 입된다. 플라즈마 안테나 (245) 로부터 여기 챔버 (244) 로 전자기파를 입사시키면, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 247) 가 발생한다. 진공 장치 (208) 에 의해 챔버 (201) 내부의 압력과 여기 챔버 (244) 내부의 압력 사이에 소정 압력 차이가 설정되어 있으므로, 여기 챔버 (244) 내의 Cl₂ 가스 플라즈마 (247) 중 여기된 염소는 개구 부 (242) 를 통하여 챔버 (201) 내부의 피에칭 부재 (241) 로 공급된다. 여기된 염소에 의해 피에칭 부재 (241) 의 에칭 반 응이 일어나, 챔버 (201) 내부에 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 가 형성된다.

이때, 피에칭 부재 (241) 는 히터 (250) 에 의해 기판 (203) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다. 챔버 (201) 내부에 형성된 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 는 피에칭 부재 (241) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기판 (203) 측으로 이송된다. 기판 (203) 측으로 이송된 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 는 환원 반응에 의해 Cu 이온들만으로 되고, 기 판 (203) 으로 향하여 기판 (203) 의 표면에 Cu 박막 (216) 이 형성된다.

이 경우의 반응들은 전술한 제 15 실시예와 동일하고, 반응에 참여하지 않는 가스들과 에칭 생성물들은 배기구 (217) 를 통하여 배출된다.

상술한 금속막 제조 장치에서, Cl₂ 가스 플라즈마 (247) 는 챔버 (201) 와 분리된 여기 챔버 (244) 에서 발생한다. 따라서, 기판 (203) 이 플라즈마에 더 이상 노출되지 않으므로, 기판 (203) 이 플라즈마에 의해 손상되지 않는다. 여기 챔버 (244) 에서 Cl₂ 가스 플라즈마 (247) 를 발생시키는 수단으로는, 마이크로파, 레이저, 전자선 또는 싱크로트론 방사를 사용할 수

있다. 또한, 금속 필라멘트를 고온으로 가열하여 전구체를 형성할 수도 있다. Cl₂ 가스 플라즈마 (247) 를 기관 (203) 과 분리시키는 구성은, 통로 (243) 에 여기 챔버 (244) 를 설치하는 구성일 수도 있고, 예를 들어, 챔버 (201) 를 분리하는 다른 구성일 수도 있다.

상술한 금속막 제조 장치에는, 챔버 (201) 내부의 기관 (203) 의 표면 상부로 희 가스인 Ar 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단으로 희 가스 노즐 (221) 이 제공된다. 챔버 (201) 의 원통형 부분에는 코일상 표면 처리 플라즈마 안테나 (236) 가 제공된다. 표면 처리 플라즈마 안테나에는 매칭 기구 (237) 와 전원 (238) 이 접속되어 전력이 공급된다. 희 가스 노즐 (236) 로부터 Ar 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (236) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스를 이온화하여 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다 (표면 처리 플라즈마 발생 수단). 지지대 (202) 에는 바이어스 전원 (220) 이 접속되어, 기관 (203) 을 지지대 (220) 상에서 지지하기 위해 지지대 (202) 에 바이어스 전압이 인가된다.

상술한 금속막 제조 장치로 반입된 기관 (203) 의 표면에는, 도 31 에 나타낸 바와 같이, TaN 으로 된 배리어 금속막 (223) 이 형성되어 있다. Ar 가스 플라즈마를 발생시키면, Ar⁺ 에 의해 기관 (203) 표면의 배리어 금속막 (223) 이 에칭되어 배리어 금속막 (223) 이 평탄화된다. 또한, 배리어 금속막 (223) 의 표면층에서 TaN 중의 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (223) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소되는 탈질화 처리가 수행된다. 또한, 배리어 금속막 (223) 으로는 WN 또는 TiN 을 사용할 수도 있다.

Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 배리어 금속막 (223) 을 평탄화 처리하고 탈질화 처리하는 것은, 전술한 Cu 박막 (216) 을 형성하기 전에 수행한다. 배리어 금속막 (223) 을 평탄화 처리하고 탈질화 처리하는 세부 공정들은 제 15 실시예와 동일하므로, 그에 관한 설명은 생략한다.

전술한 금속막 제조 장치에서는, 막 두께를 두껍게 하지 않으면서 배리어 금속막 (223) 을 2 층 구조 상태로 할 수 있고, 금속층 (223a, 도 33 참조) 에 의해 Cu 박막 (216) 과의 밀착성을 유지하면서, TaN 층 (223b, 도 33 참조) 에 의해 Cu 의 확산을 방지할 수 있게 된다. 따라서, 밀착성이 양호하고 기관 (203) 으로의 확산이 없는 Cu 박막 (216) 을 형성할 수 있어, Cu 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

도 38 을 참조하여, 본 발명의 제 18 실시예에 의한 금속막 제조 방법 및 금속막 제조 장치를 설명한다. 도 38 은 본 발명의 제 18 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개략 단면도이다. 도 29, 도 34 및 도 37 에 나타낸 부재들과 동일한 부재들에는 동일 도면 부호들을 부여하고, 중복된 설명은 생략한다.

도 29 에 나타낸 제 15 실시예의 금속막 제조 장치와 비교하면, 챔버 (201) 의 원통형 부분 둘레에 플라즈마 안테나 (209) 가 설치되지 않고, 매칭 기구 (210) 와 전원 (211) 이 구리관 부재 (207) 에 접속되어 구리 관부재 (207) 로 전력이 공급된다. 상술한 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (212) 을 통하여 챔버 (201) 내부로 원료 가스를 공급하고, 구리관 부재 (207) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시켜, Cl₂ 가스를 이온화하여 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 214) 를 발생시킨다. Cl₂ 가스 플라즈마 (214) 에 의해 구리관 부재 (207) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 가 형성된다. 이때, 구리관 부재 (207) 는 Cl₂ 가스 플라즈마 (214) 에 의해 기관 (203) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 (201) 내에 형성된 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 는 구리관 부재 (207) 의 온도보다 낮은 온도로 제어된 기관 (203) 측으로 이송된다. 기관 (203) 측으로 이송된 전구체 (Cu_xCl_y, 215) 는 환원 반응에 의해 Cu 이온들만으로 되고, 기관 (203) 으로 향하여 기관 (203) 의 표면에 Cu 박막 (216) 이 형성된다. 이 경우의 반응들은 전술한 제 15 실시예와 동일하고, 반응에 참여하지 않는 가스들과 반응 생성물들은 배기구 (217) 를 통하여 배출된다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 구리관 부재 (207) 자체가 플라즈마 발생을 위한 전극으로 사용된다. 따라서, 챔버 (201) 의 원통형 부분 둘레에 Cu 박막 (216) 을 제조하기 위한 플라즈마 안테나 (209) 가 설치될 필요가 없다.

상술한 금속막 제조 장치에는, 챔버 (201) 내부의 기관 (203) 상부로 희 가스인 Ar 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단으로 희 가스 노즐 (221) 이 제공된다. 노즐 (212) 을 통한 원료 가스의 공급을 중단하고, 희 가스 노즐 (221) 로부터 Ar 가스를 공급하고, 구리관 부재 (207) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시킨다. 그러면, Ar 가스가 이온화되어 Ar 가스 플라즈마가 발생한다 (표면 처리 플라즈마 발생 수단). 지지대 (202) 에는 바이어스 전원 (220) 이 접속되고, 기관 (203) 을 지지대 (202) 상에서 지지하기 위해 바이어스 전압이 지지대 (202) 에 인가된다.

상술한 금속막 제조 장치로 반입된 기관 (203) 의 표면에는, 도 31 에 나타낸 바와 같이, TaN 으로 된 배리어 금속막 (223) 이 형성되어 있다. Ar 가스 플라즈마를 발생시키면, Ar⁺ 에 의해 기관 (203) 표면의 배리어 금속막 (223) 이 에칭되어 배리어 금속막 (223) 이 평탄화된다. 또한, 배리어 금속막 (223) 의 표면층에서 TaN 중의 질소 원자 (N) 가 제거되어 배리어 금속막 (223) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소되는 탈질화 처리가 수행된다. 또한, 배리어 금속막 (223) 으로는 WN 또는 TiN 을 사용할 수도 있다. 표면 처리 플라즈마 발생 수단으로서, 챔버 (201) 의 원통형 부분에 코일상 표면 처리 플라즈마 안테나를 설치하고, 매칭 기구와 전원을 통하여 전력을 공급하여, Ar 가스 플라즈마를 발생시킬 수도 있다.

Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 배리어 금속막 (223) 을 평탄화 처리하고 탈질화 처리하는 것은, 전술한 Cu 박막 (216) 을 형성하기 전에 수행된다. 배리어 금속막 (223) 을 평탄화 처리하고 탈질화 처리하는 것의 세부 공정들은 제 15 실시예와 동일하므로, 그에 관한 설명은 생략한다.

전술한 금속막 제조 장치에서는, 막 두께를 두껍게 하지 않으면서 배리어 금속막 (223) 을 2 층 구조 상태로 할 수 있고, 금속층 (223a, 도 33 참조) 에 의해 Cu 박막 (216) 과의 밀착성을 유지하면서, TaN 층 (223b, 도 33 참조) 에 의해 Cu 의 확산을 방지할 수 있게 된다. 따라서, 밀착성이 양호하고 기관 (203) 으로의 확산이 없는 Cu 박막 (216) 을 형성할 수 있어, Cu 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

다음, 도 39 를 참조하여, 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 금속막 제조 방법 및 금속막 제조 장치의 실시예들이 배리어 금속 CVD (403) 에서 제공되는 일례를 설명한다. 도 39 는 본 발명의 제 19 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 단면을 개략적으로 나타낸다.

도 39 에 나타낸 바와 같이, 예를 들어, 세라믹 (절연 재료) 으로 제조된 원통형의 챔버 (251) 의 저부 근처에 지지대 (252) 가 설치되고, 지지대 (252) 상에 기관 (253) 이 놓인다. 지지대 (252) 내에는 히터 (254) 와 냉매 유통 수단 (255) 을 구비하는 온도 제어 수단 (256) 이 설치되어, 지지대 (252) 는 온도 제어 수단 (256) 에 의해 소정 온도 (예를 들어, 기관 (253) 이 100 내지 200 °C 로 유지되는 온도) 로 제어된다.

챔버 (251) 의 상면은 개구부이고, 금속 (예를 들어, W, Ti, Ta 또는 TiSi) 으로 제조된 피에칭 부재인 금속 부재 (257) 로 밀폐된다. 금속 부재 (257) 로 밀폐된 챔버 (251) 의 내부는 진공 장치 (258) 에 의해 소정 압력으로 유지된다. 챔버 (251) 의 원통형 부분 둘레에는 플라즈마 발생 수단으로 코일상 권선 안테나인 플라즈마 안테나 (259) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (259) 에는 매칭 기구 (260) 및 전원 (261) 이 접속되어 전력이 공급된다.

금속 부재 (257) 하부의 챔버 (251) 의 원통형 부분에는 챔버 (251) 의 내부에 할로젠으로 염소를 함유하는 원료 가스 (He 또는 Ar 로 염소 농도가 50 % 이하, 바람직하게는 약 10 % 이하 정도로 희석된 Cl₂ 가스) 를 공급하기 위한 노즐 (262) 이 접속된다. 노즐 (262) 은 수평 방향으로 개구되어 있고, 유량 제어기 (263) 를 통하여 원료 가스가 공급된다 (할로젠 가스 공급 수단). 또한, 원료 가스에 함유되는 할로젠으로는 불소 (F), 브롬 (Br) 또는 요오드 (I) 를 사용할 수 있다.

챔버 (251) 의 원통형 부분의 하부의 주변에서 복수의 위치들 (예를 들어, 4 개의 위치) 에 슬릿형 개구부들 (264) 이 형성되고, 각 개구부 (264) 에는 관형 통로 (265) 의 일 단부가 고정된다. 통로 (265) 의 중간부에는 절연체로 제조된 관형 여기 챔버 (266) 가 설치되고, 여기 챔버 (266) 의 둘레에는 코일상 플라즈마 안테나 (267) 가 제공된다. 플라즈마 안테나 (267) 에는 매칭 기구 (268) 와 전원 (269) 이 접속되어 전력이 공급된다. 플라즈마 안테나 (267), 매칭 기구 (268) 및 전원 (269) 은 여기 수단을 구성한다. 유량 제어기 (270) 는 통로 (265) 의 다른 단부에 접속되고, 유량 제어기 (270) 를 통해 통로 (265) 내에 질소 함유 가스로서 암모니아 가스 (NH₃ 가스) 가 공급된다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 노즐 (262) 을 통하여 챔버 (251) 의 내부로 원료 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (259) 로부터 챔버 (251) 로 전자기파를 입사시킨다. 그 결과, Cl₂ 가스가 이온화되어 Cl₂ 가스 플라즈마 (원료 가스 플라즈마, 271) 가 발생한다. Cl₂ 가스 플라즈마 (271) 로 인해 금속 부재 (257) 의 에칭 반응이 발생하여, 전구체 (M_xCl_y : M 은 W, Ti, Ta 또는 TiSi 등의 금속, 272) 가 형성된다.

이와는 별도로, 유량 제어기 (270) 를 통하여 통로 (265) 내로 NH₃ 가스를 공급하여 여기 챔버 (266) 내로 주입한다. 플라즈마 안테나 (267) 로부터 여기 챔버 (266) 로 전자기파를 입사시켜, NH₃ 가스를 이온화하여 NH₃ 가스 플라즈마 (263)

를 발생시킨다. 진공 장치 (258) 에 의해 챔버 (251) 내측의 압력과 여기 챔버 (266) 내측의 압력 사이에 소정의 압력 차이가 설정되어 있으므로, 여기 챔버 (266) 내의 NH₃ 가스 플라즈마 (273) 중 여기된 암모니아는 개구부 (264) 를 통하여 챔버 (251) 내의 전구체 (M_xCl_y, 272) 로 공급된다.

즉, 챔버 (251) 와 분리된 여기 챔버 (266) 내에서 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단이 구성되어 있다. 이 구성으로 인해, 전구체 (M_xCl_y, 272) 의 금속 성분과 암모니아가 반응하여 금속 질화물 (MN) 이 형성된다 (형성 수단). 이때, 금속 부재 (257) 와 여기 챔버 (266) 는 플라즈마에 의해 기관 (253) 의 온도보다 높은 소정 온도 (예를 들어, 200 내지 400 °C) 로 유지된다.

챔버 (251) 의 내부에서 형성된 금속 질화물 (MN) 은 낮은 온도로 제어된 기관 (253) 측으로 이송되고, 그로 인해 기관 (253) 의 표면에 MN 박막 (274, Ta 로 된 금속 부재 (257) 가 사용되는 경우에는 TaN 막) 이 형성된다.

MN 박막 (274) 의 형성 반응은,



로 나타낼 수 있다.

반응에 참여하지 않는 가스들과 에칭 생성물들은 배기구 (217) 를 통하여 배출된다.

원료 가스로부터는, 예를 들어, He 또는 Ar 로 희석된 Cl₂ 가스를 예로 하여 설명하였다. 그러나, Cl₂ 가스를 단독으로 사용할 수도 있고, HCl 가스를 사용할 수도 있다. HCl 가스를 사용하는 경우, 원료 가스 플라즈마로 HCl 가스 플라즈마가 발생한다. 따라서, 원료 가스는 염소를 함유하는 어떤 가스일 수도 있고, HCl 가스 및 Cl₂ 가스의 가스 혼합물을 사용할 수도 있다. 금속 부재 (257) 용 재료로는 Ag, Au, Pt 또는 Si 등 산업상 응용 가능한 금속을 사용할 수 있다. 또한, 통로 (265) 내로 NH₃ 가스를 공급하여 여기 챔버 (266) 로 주입한다. 동시에, 플라즈마 안테나 (267) 로부터 여기 챔버 (266) 로 전자기파를 입사시켜 NH₃ 가스 플라즈마를 발생시킨다. 그러나, 챔버 (251) 내에 NH₃ 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (259) 에 전력을 공급하여, 챔버 (251) 내부에서 NH₃ 가스 플라즈마를 발생시킬 수도 있다. 이 경우에, 통로 (265), 여기 챔버 (266), 플라즈마 안테나 (267), 매칭 기구 (268), 및 전원 (269) 을 생략할 수도 있다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 플라즈마에 의해 금속을 형성하여 배리어 금속막으로 MN 박막 (274) 을 제조한다. 따라서, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있다. 그러므로, 기관 (253) 에 형성되어 있는, 예를 들어, 수백 나노미터 폭의 작은 오목부의 내부에도, 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

상술한 금속막 제조 장치에는, 챔버 (251) 내부의 기관 (253) 의 표면 상부로 희 가스인 Ar 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단으로 희 가스 노즐 (276) 이 제공된다. 희 가스 노즐 (276) 로부터 Ar 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (259) 로부터 챔버 (251) 로 전자기파를 입사시켜, Ar 가스를 이온화하여 Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다 (표면 처리 플라즈마 발생 수단). 지지대 (252) 에는 바이어스 전원 (277) 이 접속되어, 기관 (253) 을 지지대 (252) 상에 지지하기 위해 지지대 (252) 에 바이어스 전압이 인가된다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 배리어 금속막으로 MN 박막 (274) 을 형성한 후, Ar 가스 플라즈마를 발생시킨다. Ar 가스 플라즈마를 발생시키면, 기관 (253) 표면의 배리어 금속막이 Ar⁺ 로 인해 에칭되어 배리어 금속막이 평탄화 처리된다. 또한, 배리어 금속막의 표면층에서 TaN 중 질소 원자들 (N) 이 제거되는 탈질화 처리가 수행된다. 배리어 금속막을 평탄화하고 표면층의 TaN 중의 질소 원자들 (N) 을 제거하여 탈질화 처리를 한 후, 막 형성 장치에 의해 배리어 금속막 상에 구리 (Cu) 박막 또는 알루미늄 (Al) 박막을 형성한다. Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 배리어 금속막을 평탄화 처리하고 탈질화 처리하는 세부 공정들은 제 15 실시예와 동일하다. 따라서, 그에 관한 설명은 생략한다.

진술한 금속막 제조 장치에서는, 제 15 실시예와 동일하게, 막 두께를 두껍게 하지 않으면서 배리어 금속막을 2 층 구조 상태로 할 수 있고, 이에 따라 형성된 금속막으로 인해 후속 단계에서의 막 형성에 의해 형성되는 금속 박막과의 밀착성을 유

지할 수 있다. 한편, TaN 층은 후속 단계에서의 막 형성 동안 금속의 확산을 방지할 수 있게 한다. 따라서, 후속 단계의 막 형성 동안 밀착성이 양호하고 기판 (253) 으로의 확산이 없는 금속 박막 (Cu 박막) 을 형성할 수 있으므로, Cu 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

배리어 금속막을 제조하는 금속막 제조 장치의 구성으로는, 용량 결합 플라즈마를 발생시키는 유형의 장치 또는 막 형성 챔버와는 분리된 방식으로 플라즈마를 발생시키는 리모트 (remote) 유형의 장치를 채용할 수 있다.

다음, 본 발명의 제 2 실시형태를 설명한다. 제 2 실시형태에 의하면, TaN 으로 된 배리어 금속막에 대하여, 환원성 가스 (예를 들어, 수소 가스) 분위기 (수소 가스 플라즈마) 에서 배리어 금속막을 반응시켜 배리어 금속막의 표면 층에서 질소 원자를 제거함으로써, 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 농도를 감소시키는 표면 처리 (이후, 이러한 처리를 탈질화 처리라 함) 를 실시한다. 탈질화 처리로 인해, 단일층 배리어 금속막의 표면층에 실질적으로 금속 (Ta) 으로 된 막이 형성된 상태가 된다. 이 방식으로, 금속의 확산을 방지하고 금속의 밀착성을 유지할 수 있는 배리어 금속막이, 매우 효율적이고 확실하게 박막 상태로 제조된다.

환원 가스로는, 수소 가스 이외에도 질소 가스를 사용할 수 있고, 일산화탄소 가스를 사용할 수도 있다. 일산화탄소 가스를 사용하는 경우에는, 플라즈마를 발생시키지 않고 일산화탄소 가스 분위기에서 탈질화 처리를 수행할 수 있다.

본 발명의 제 2 실시형태에 의한 장치의 구체적인 구성은 다음과 같을 수 있다. 챔버 내부에서 기판과 Ta 로 된 피에칭 부재 사이에 할로젠 을 함유하는 원료 가스 (예를 들어, 염소-함유 가스) 를 공급하고 챔버 내의 분위기를 플라즈마화하여 염소 가스 플라즈마를 발생시킨다. 염소 가스 플라즈마에 의해 피에칭 부재가 에칭되어, 피에칭 부재에 함유된 Ta 성분과 염소 가스를 포함하는 전구체가 형성된다. 또한, 질소 함유 가스가 여기되고, 여기된 질소와 전구체 사이의 반응으로 인해 금속 질화물인 TaN 이 형성된다. 이와 같이 형성된 TaN 이 낮은 온도로 유지되는 기판 상에 막으로 형성되어 배리어 금속막이 제조된다. 이 공정은 배리어 금속막 제조 장치를 사용하여 수행된다. 이러한 방식으로 배리어 금속막을 제조한 후에, 챔버 내부에 수소 가스 플라즈마 (또는 질소 가스 플라즈마) 를 발생시키고 라디칼인 수소와 질소를 반응시켜 탈질화 처리를 수행한다. 즉, 도 39 에 나타난 배리어 금속막 제조 장치를 적용할 수 있다.

또는, 제 2 실시형태에 의한 장치의 구체적인 구성은 다음과 같을 수 있다. 챔버 내부로 염소 가스를 공급하고, 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 염소 가스 플라즈마를 발생시킨다. 염소 가스 플라즈마에 의해 구리 (Cu) 로 제조된 피에칭 부재가 에칭되어 챔버 내부에 피에칭 부재에 함유된 Cu 성분과 염소를 함유하는 전구체가 형성된다. 기판의 온도를 피에칭 부재의 온도보다 낮은 온도로 유지하여 기판에 전구체의 Cu 성분으로 된 막을 형성한다. 이 공정은 금속막 형성 장치를 사용하여 수행된다. TaN 으로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기판을 챔버 내에 수용하고 배리어 금속막 상에 Cu 성분으로 막을 형성하기 전에, 챔버 내부에서 수소 가스 플라즈마 (또는 질소 가스 플라즈마) 를 발생시키고 라디칼인 수소와 질소를 반응시켜 탈질화 처리를 수행한다. 즉, 예를 들어, 도 29, 도 34, 도 37 및 도 38 에 나타난 금속막 제조 장치를 적용할 수 있다.

본 발명의 제 2 실시형태에 의한 금속막 제조 방법과 금속막 제조 장치의 실시예들을, 그 장치가 Cu-CVD (404, 도 28 참조) 에 구비된 경우를 예로 들어 설명한다.

도 40 은 본 발명의 제 20 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개념 구성을 나타낸다. 도 41 은 탈질화 처리시의 배리어 금속막의 개념 상태를 나타낸다. 도시된 금속막 제조 장치는 도 29 에 나타난 제 15 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개념 구성을 갖고, 노즐 (212) 을 통해 공급되는 가스가 달라진다. 따라서, 금속막 제조 장치에서 Cu 박막을 형성하는 것은 동일하므로, 이하 그 설명은 생략한다.

도 40 에 나타난 바와 같이, 챔버 (201) 내부의 기판 (203) 의 표면 상부에 환원 가스인 수소 가스 (H₂ 가스) 를 공급하는 환원 가스 공급 수단으로 환원 가스 노즐 (225) 이 제공된다. 환원 가스 노즐 (225) 로부터 H₂ 가스를 공급하고 플라즈마 안테나 (209) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시켜, H₂ 가스를 이온화하여 H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다 (표면 처리 수단). 도시된 금속막 제조 장치 내로 반입된 기판 (203) 의 표면에는, TaN 으로 된 배리어 금속막 (223, 도 31 참조) 이 형성되어 있다. H₂ 가스 플라즈마를 발생시키면, 기판 (203) 의 표면층에서 TaN 중 질소 원자들 (N) 이 수소 라디칼들 H* 과 반응하여 암모니아 NH₃ 가 형성되고 배출된다. 따라서, 표면층의 질소 원자들 (N) 이 제거되어 배리어 금속막 (223) 의 매트릭스 내부에 비하여 표면층의 질소 함량이 감소된다 (탈질화 처리).

H₂ 가스 플라즈마를 발생시켜 배리어 금속막 (223, 도 31 참조) 을 탈질화 처리하는 것은, 도 29 의 제 15 실시예에서 설명한 Cu 박막 (216) 을 형성하기 이전에 수행된다. 즉, 지지대 (202) 상으로 TaN 으로 된 배리어 금속막 (223, 도 31 참조) 이 형성된 기관 (203) 이 반입되면, Cu 박막 (216, 도 31 참조) 을 형성하기 이전에 환원 가스 노즐 (225) 로부터 H₂ 가스를 공급한다. 동시에, 플라즈마 안테나 (209) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시켜, H₂ 가스 플라즈마를 발생시킨다.

H₂ 가스 플라즈마를 발생시키면, 수소 라디칼 H* 이 기관 (203) 의 표면층에서 TaN 중 질소 원자들 (N) 과 반응하여, 암모니아 NH₃ 가 형성되고 배출된다. 수소 라디칼 H* 은 금속에는 영향을 주지 않고 질소 원자들 (N) 에 대해서만 반응하여, 암모니아 NH₃ 가 형성된다.



이 반응에 의해 암모니아 NH₃ 가 형성되고 배출된다.

도 41 에 나타낸 바와 같이, 배리어 금속막 (223) 은 비정질 상태인 Ta 와 N 으로 구성된다. 이 상태에서, 수소 라디칼 H* 이 N 와 반응하여, 암모니아 NH₃ 가 형성되고 배출된다. 이 방식으로, 배리어 금속막 (223) 의 표면층 (예를 들어, 전체 막 두께의 1/2 까지, 바람직하게는 1/3 까지) 이 탈질화 처리된다. 그 결과, 도 33 에 나타낸 바와 같이, 실질적으로 Ta 로 구성된 금속층 (223a) 과 TaN 층 (223b) 으로 이루어진 2 층 구조의 배리어 금속막 (223) 이 형성된다. 이 경우에, 배리어 금속막 (223) 의 전체 막 두께는 단일층에 의해 구성된 막 두께 그대로 유지된다.

수소 라디칼 H* 은 수명이 짧고 좁은 영역으로 침투한다. 따라서, 챔버 (201) 내부의 압력을 낮춰 밀도를 감소시키거나 기관 (203) 의 온도를 제어함으로써, 수소 라디칼 H* 을 증가시키거나 (서로 충돌하지 않도록 함) 실질적으로 Ta 로 구성된 금속층 (223a, 도 33) 의 깊이를 제어할 수 있다. 압력의 설정은 수소 라디칼 H* 이 충돌하기 전까지 이동하는 거리의 값인 평균 자유 행로 (mean free pass; MFP) 를 증가시킴으로써 수행될 수 있다. 일반적으로, 플라즈마의 중심으로부터 기관 (203) 까지의 거리는 장치에 의존한다. 평균 자유 행로를 증가시키기 위해서는, 챔버 (201) 내부의 압력을 낮추는 제어가 수행된다. 장치가 상하 방향으로 이동 가능한 지지대 (202) 를 갖은 경우에는, 압력을 저하시키지 않고 지지대 (202) 상을시켜, 기관 (203) 을 플라즈마의 중심까지 근접시킴으로써, 평균 자유 행로를 상대적으로 증가시킬 수 있다.

진술한 금속막 제조 장치에서는, 배리어 금속막 (223) 이 형성되어 있는 기관 (203) 을 수용하는 챔버 (201) 내부에 수소 가스 플라즈마를 발생시킨다. 수소 라디칼 H* 이 질소 원자들 (N) 과 반응하여 암모니아 NH₃ 가 형성되고 배출되어, 탈질화 처리가 수행된다. 따라서, 배리어 금속막 (223) 이 실질적으로 Ta 로 구성된 금속층 (223a, 도 33 참조) 과 TaN 층 (223b, 도 33 참조) 으로 이루어진 2 층 구조를 갖도록 할 수 있다. 또한, 전체 막 두께는 단일층의 막 두께를 그대로 유지할 수 있다. 따라서, 막 두께를 두껍게 하지 않으면서 2 층 구조인 배리어 금속막 (223) 을 형성할 수 있고, 금속층 (223a, 도 33 참조) 에 의해 Cu 박막 (216, 도 29 참조) 과의 밀착성을 유지하면서, TaN 층 (223b, 도 33 참조) 에 의해 Cu 의 확산을 방지할 수 있게 된다. 그러므로, 밀착성이 양호하고 기관 (203) 으로의 확산이 없는 Cu 박막 (216, 도 29 참조) 을 형성할 수 있어, Cu 배선 공정을 안정화시킬 수 있다. 또한, 매우 효율적으로 탈질화 처리를 수행할 수 있다.

환원성 가스로 수소 가스를 예로 들어 설명하였다. 수소 분위기를 사용할 수 없는 금속막 제조 장치의 경우에는, 환원성 가스로 질소 가스를 사용할 수 있다. 이 경우에, 질소 가스 플라즈마를 발생시키면, N* 가 배리어 금속막 (223) 의 질소 원자들 (N) 과 반응한다. 그 결과, N + N* → N₂ 로 되어 배출된다. 질소 가스를 사용하는 것은, 환원성 가스의 사용에 제약이 있는 경우에도, 용이하게 탈질화 처리를 수행할 수 있게 한다.

또는, 환원성 가스로서 일산화탄소를 사용할 수도 있다. 이 경우, 플라즈마를 발생시키지 않고, 변화가 없는 분위기에서, CO 가 배리어 금속막 (223) 의 질소 원자들 (N) 과 2N + 2CO → 2CN + O₂ 와 같이 반응하여 배출된다. 일산화탄소를 사용하는 것은, 플라즈마를 발생시키지 않고 기관 (203) 의 온도 제어만으로 간단히 탈질화 처리를 수행할 수 있게 한다. 따라서, 전력 소비를 감소시킬 수 있다.

상술한 제 20 실시예는 도 34, 도 37 및 도 38 에 나타낸 제 16 내지 제 18 실시예의 금속막 제조 장치에도 적용될 수 있다. 또한, 도 39 에 나타낸 제 19 실시예의 배리어 금속막 제조 장치에도 적용될 수 있다. 또한, 제 15 내지 제 19 실시예에서

Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 Ar^+ 로 표면을 평탄화 처리하는 것과 환원성 가스 플라즈마를 사용하여 탈질화 처리하는 것을 조합할 수도 있다. 이 경우, Ar 가스와 환원성 가스를 혼합하여 챔버 (1) 로 공급하거나 Ar 가스와 환원성 가스를 순차적으로 공급할 수도 있다.

다음, 본 발명의 제 3 실시형태를 설명한다. 제 3 실시형태에 의하면, TaN 으로 된 배리어 금속막에 대하여 실리콘 함유 가스 (예를 들어, 실리콘의 수소화물인 실란, SiH_4) 의 플라즈마를 사용하여 표면을 에칭하고 실리콘 원자들의 핵을 형성하는 처리를 수행한다. 이물질이 아닌 실리콘은 금속과의 양호한 밀착성을 가지며, 표면에 실리콘 원자들의 핵을 형성하는 것은 배리어 금속막의 금속과 그 위에 막으로 형성되는 금속 사이의 밀착성을 증가시킬 수 있다. 이 방법에 의해, 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막이 매우 효율적이면서도 성능의 저하없이 제조된다.

실리콘 함유 가스로는 SiH_4 가스 이외에도 디실란 (Si_2H_6) 또는 트리실란 (Si_3H_8) 을 사용할 수 있다. 수소를 사용할 수 없는 경우에는, $SiCl_4$ 가스, SiH_2Cl_2 가스, 또는 $SiHCl_3$ 가스를 사용할 수 있다. 그러한 가스들은 희 가스로 희석하여 공급할 수 있다. 가스의 희석 비율 또는 유량을 제어하거나 가스 플라즈마의 전력을 제어함으로써, 표면의 에칭 깊이 또는 실리콘 원자들의 핵의 크기를 제어할 수 있다.

본 발명의 제 3 실시형태에 의한 구체적인 장치의 구성은 다음과 같을 수 있다. 배리어 금속막 제조 장치를 사용하여, 챔버 내부의 기관과 Ta 로 된 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스 (예를 들어, 염소 함유 가스) 를 공급하고, 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 염소 가스 플라즈마를 발생시킨다. 염소 가스 플라즈마에 의해 피에칭 부재가 에칭되어, 피에칭 부재에 함유된 Ta 성분과 염소 가스를 포함하는 전구체가 형성된다. 또한, 질소 함유 가스가 여기되고, 여기된 질소와 전구체가 반응하여 금속 질화물인 TaN 이 형성된다. 형성된 TaN 이 낮은 온도로 유지된 기관 상에 막으로 형성되어, 배리어 금속막이 제조된다. 이 방식으로 배리어 금속막을 제조한 후에, 챔버 내부에서 실리콘 함유 가스인 SiH_4 가스 플라즈마를 발생시켜, Si 의 결정 그래인들을 형성한다. 즉, 예를 들어, 도 39 에 나타낸 배리어 금속막 제조 장치를 적용할 수 있다.

선택적으로는, 본 발명의 제 3 실시형태에 의한 구체적인 장치 구성은 다음과 같을 수도 있다. 챔버로 염소 가스를 공급하고, 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 염소 가스 플라즈마를 발생시킨다. 염소 가스 플라즈마에 의해 구리 (Cu) 로 제조된 피에칭 부재가 에칭되어, 피에칭 부재 내에 함유된 Cu 성분과 염소를 포함하는 전구체가 챔버 내측에 형성된다. 기관의 온도가 피에칭 부재의 온도보다 낮게 유지되어, 기관 상에 전구체의 Cu 성분으로 된 막이 형성된다. 이 공정은 금속막 형성 장치를 사용하여 수행한다. TaN 으로 된 배리어 금속막이 형성되어 있는 기관을 챔버 내에 수용한다. Cu 성분을 막으로 형성하기 전에, 챔버 내부에서 실리콘 함유 가스의 플라즈마를 발생시켜 Si 의 결정 그래인들을 형성한다. 즉, 예를 들어, 도 29, 도 34, 도 37 또는 도 38 에 나타낸 금속막 제조 장치를 적용할 수 있다.

제 3 실시형태에 의한 금속막 제조 방법과 금속막 제조 장치의 실시예를, 그 장치가 Cu-CVD (404, 도 28 참조) 에 구비된 경우를 예로 들어 설명한다.

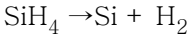
도 42 는 본 발명의 제 21 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개념 구성을 나타낸다. 도 43 은 Si 의 핵을 형성할 때 배리어 금속막의 개념 상태를 나타낸다. 도시된 금속막 제조 장치는 도 29 에 나타낸 제 15 실시예에 의한 금속막 제조 장치의 개념 구성을 갖고, 노즐 (212) 을 통하여 공급되는 가스가 달라진다. 따라서, 금속막 제조 장치에서 Cu 박막을 형성하는 것은 동일하므로, 이하 그 설명은 생략한다.

도 42 에 나타낸 바와 같이, 챔버 (201) 내부의 기관 (203) 의 표면 상부에 실리콘 함유 가스인 실란 가스 (SiH_4 가스) 를 공급하는 실리콘 함유 가스 공급 수단으로 실리콘 함유 가스 노즐 (228) 이 제공된다. 실리콘 함유 가스 노즐 (228) 을 통하여 수소로 희석된 SiH_4 가스를 공급하고, 플라즈마 안테나 (209) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시켜, 수소로 희석된 SiH_4 가스를 이온화하여 SiH_4 가스 플라즈마를 발생시킨다 (표면 처리 플라즈마 수단). 도시된 금속막 제조 장치 내로 반입된 기관 (203) 의 표면 상에는 TaN 으로 된 배리어 금속막 (223, 도 31 참조) 이 형성되어 있다. SiH_4 가스 플라즈마를 발생시키면 Si 의 결정 그래인들이 성장하고 H_2 가 발생한다. 막 형성이 진행되면서, H_2 의 에칭 작용에 의해 Si 의 결정 그래인들은 기관 (203) 의 표면층에서 핵으로 형성된다.

SiH_4 가스 플라즈마를 발생시켜 Si 의 핵을 형성하는 것은, 도 29 의 제 15 실시예에서 설명한 Cu 박막 (216) 의 형성 이전에 수행된다. 즉, TaN 으로 된 배리어 금속막 (223, 도 31 참조) 이 형성되어 있는 기관 (203) 이 지지대 (202) 상으로 반

입되면, Cu 박막 (216, 도 29 참조) 을 형성하기 이전에 실리콘 함유 가스 노즐 (228) 을 통하여 수소로 희석된 SiH_4 가스를 공급한다. 또한, 플라즈마 안테나 (209) 로부터 챔버 (201) 로 전자기파를 입사시켜, SiH_4 가스 플라즈마를 발생시킨다. 수소로 희석된 SiH_4 가스에서 수소에 대한 SiH_4 의 비율은, 예를 들어, $\text{SiH}_4/\text{수소} \leq 5/100$ 로 설정된다. 희석 가스로는 수소 이외에도 아르곤, 헬륨, 네온 또는 다른 희 가스를 적용할 수 있다.

SiH_4 가스 플라즈마가 발생할 때, 그 반응은



와 같이 진행된다. 그 결과, 막 형성이 진행되면서, 도 43 에 나타낸 바와 같이, H_2 의 에칭 작용에 의해 Si 의 결정 그래인이 배리어 금속막 (223) 의 표면층에서 핵으로 형성된다. Si 핵의 크기는 플라즈마에 대한 조건, 수소 희석의 비율, 가스의 유량 등을 제어함으로써 적절히 제어될 수 있다. H_2 의 에칭 작용은 배리어 금속막 (223) 의 질소 원자들 (N) 을 제거하여, 배리어 금속막 (223) 의 상태가 실질적으로 Ta 로 구성된 금속층 (223a, 도 33 참조) 과 TaN 층 (도 33 참조) 으로 이루어진 2 층 구조를 갖게 할 수 있다.

SiH_4 가스를 수소로 희석하므로, Si 의 결정성을 향상시킬 수 있고, 그 핵을 용이하게 형성할 수 있다. 이물질이 아닌 실리콘은 Ta 와 Cu 와의 밀착성이 양호하므로, 배리어 금속막 (223) 의 표면에서 Si 의 핵을 형성하여 배리어 금속막 (223) 의 Ta 와 그 위에 형성될 Cu 사이의 밀착성을 증진시킬 수 있다. 이 방법에 의해, 금속의 확산을 방지하고 금속과의 밀착성을 유지하는 배리어 금속막 (223) 이 매우 효율적이면서도 성능의 저하없이 제조된다.

상술한 금속막 제조 장치에서는, 배리어 금속막 (223) 이 형성되어 있는 기관 (203) 을 수용한 챔버 (201) 내부에서 SiH_4 가스 플라즈마를 발생시켜, 배리어 금속막 (223) 의 표면층에 Si 결정 그래인들이 핵으로 형성되도록 한다. 따라서, Ta 및 Cu 와의 밀착성을 향상시킬 수 있다. 그러므로, 막 두께를 두껍게 하지 않으면서 밀착성이 양호하고 확산 방지 특성을 갖는 배리어 금속막 (223) 을 형성할 수 있으므로, Cu 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

상술한 제 21 실시예는 도 34, 도 37 및 도 38 에 나타낸 제 16 내지 제 18 실시예의 금속막 제조 장치에 적용할 수 있다. 또한, 도 39 에 나타낸 제 19 실시예의 배리어 금속막 제조 장치에 적용할 수도 있다. 또한, 제 15 내지 제 19 실시예들에서 Ar 가스 플라즈마를 발생시켜 Ar^+ 에 의해 표면을 평탄화 처리하는 것과 배리어 금속막 (223) 의 표면층에 Si 결정 그래인들을 핵으로 형성하는 것을 조합할 수도 있다. 이 경우에, SiH_4 가스를 Ar 가스로 희석함으로써 공통 노즐을 사용할 수도 있고, Ar 가스의 유량을 제어하여 표면의 평탄화 처리와 Si 핵의 형성 처리를 용이하게 전환할 수도 있다.

본 발명을 전술한 실시예들에 의해 설명하였지만, 본 발명은 그 실시예들에 의해 한정되지는 않으며, 다수의 다른 방법들로 변형될 수 있다. 그러한 변형들은 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나는 것으로 간주되지 않아야 하며, 당업자들에게 명확한 그러한 모든 변형들은 첨부된 특허청구범위의 범위 내에 포함된다.

발명의 효과

본 발명에 의한 배리어 금속막 제조 장치 및 배리어 금속막 제조 방법에 의하면, 작은 두께로 균일하게 배리어 금속막을 형성할 수 있으므로, 기관에 형성되어 있는 작은 오목부의 내부에도 매우 작은 두께로 우수한 매립 특성을 갖는 배리어 금속막을 고속으로 매우 정밀하게 형성할 수 있게 된다.

또한, 본 발명에 의한 금속막 제조 장치 및 금속막 제조 방법에 의하면, 막 두께를 두껍게 하지 않으면서 배리어 금속막을 금속층과 금속 질화물층으로 이루어진 2 층 구조 상태로 할 수 있으므로, 금속층에 의해 Cu 박막과의 밀착성을 유지하면서 금속 질화물층에 의해 Cu 의 확산을 방지할 수 있게 된다. 이에 따라, 밀착성이 양호하고 기관으로의 확산이 없는 Cu 박막을 형성할 수 있어, Cu 배선 공정을 안정화시킬 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재 내에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 형성 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 2.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재 내에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 형성 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하고, 상기 금속 질화물의 막형성 후에는, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 3.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 질소 함유 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마와 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 전구체와 상기 질소 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 4.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 상기 기관과 상기 피에칭 부재 사이에 질소 함유 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마와 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 전구체와 상기 질소 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성한 후, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 제어 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 5.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 플라즈마 발생 수단은 상기 챔버 둘레에 배치된 코일상 권선 안테나를 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 6.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 할로젠을 함유하는 원료 가스는 염소를 함유하는 원료 가스인 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 7.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 질소 함유 가스는 암모니아를 함유하는 가스인 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 8.

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 피에칭 부재는 할로겐화물을 형성하는 금속인 탄탈륨, 텅스텐, 티타늄 또는 실리콘으로 제조되는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 9.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로겐을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 단계;

상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계; 및

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 10.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로겐을 함유하는 원료 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 단계;

상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계; 및

상기 금속 질화물의 막형성 후에, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 11.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로겐을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마와 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 전구체와 상기 질소 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계; 및

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 12.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마와 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 전구체와 상기 질소 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 금속 질화물을 막으로 형성하는 단계; 및

상기 금속 질화물의 막형성 후에, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 막으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 13.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내에 질소를 함유하는 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 배리어 금속막으로서 형성하는 제어 수단;

상기 기관 표면의 상부 위치에 희 가스를 공급하는 희 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자를 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 표면 처리 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 15.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내에 질소를 함유하는 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 배리어 금속막으로서 형성하는 제어 수단;

상기 기관 표면의 상부 위치에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 산소 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자를 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행함과 동시에, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 16.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내에 질소를 함유하는 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 배리어 금속막으로 사용하기 위해 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 17.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내에 질소를 함유하는 가스를 공급하는 질소 함유 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 막으로 형성한 후, 상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하고 상기 질소 함유 가스 공급 수단으로부터 상기 질소를 함유하는 가스의 공급을 중단하여, 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 배리어 금속막으로 사용하기 위해 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 18.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내부에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 형성 수단;

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 배리어 금속막으로 사용하기 위해 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 상기 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 19.

기관을 수용하는 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관과 대향하는 위치에 제공된 금속제 피에칭 부재;

상기 챔버 내에 할로젠을 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하는 플라즈마 발생 수단;

상기 챔버와 분리된 방식으로 질소 함유 가스를 여기시키는 여기 수단;

상기 여기 수단에 의해 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 형성 수단;

상기 기관의 온도를 상기 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하고, 상기 금속 질화물의 막형성 후에, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 배리어 금속막으로 사용하기 위해 막으로 형성하는 제어 수단;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 산소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 산소 플라즈마 발생 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 20.

제 14 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 챔버 내에 수소 가스를 공급하는 수소 가스 공급 수단; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 수소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 산화물층 상에 수산화기를 형성하는 수산화기 플라즈마 발생 수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 21.

제 13 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 할로젠을 함유하는 원료 가스는 염소를 함유하는 원료 가스인 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 22.

제 13 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 질소를 함유하는 가스는 암모니아를 함유하는 가스인 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 23.

제 13 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 피에칭 부재는 할로겐화물 형성 금속인 탄탈륨, 텅스텐, 티타늄 또는 실리콘으로 제조되는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 장치.

청구항 24.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 배리어 금속막으로서 형성하는 단계;

상기 챔버 내부의 상기 기관 표면의 상부 위치에 희 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 희 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 희 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자를 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 25.

제 24 항에 있어서,

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 26.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 배리어 금속막으로서 형성하는 단계;

상기 기관 표면의 상부 위치에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 산소 가스 플라즈마에 의해 상기 배리어 금속막의 표면층에서 질소 원자를 제거하여 상기 배리어 금속막의 매트릭스 내부에 비하여 상기 표면층의 질소 함량을 감소시키는 표면 처리를 수행함과 동시에, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 27.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 배리어 금속막으로 사용하기 위해 막으로 형성하는 단계;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내부에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 28.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 질소 함유 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 표면에 금속 질화물을 막으로 형성한 후, 상기 기관의 온도를 상기 플라즈마 발생 수단의 온도보다 낮아지게 하고 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하여, 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 배리어 금속막으로 사용하기 위해 막으로 형성하는 단계;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 챔버 내부에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층 상에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 29.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 상기 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물을 형성하는 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 배리어 금속막으로 사용하기 위해 막으로 형성하는 단계;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 기관 표면의 상부 위치에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 30.

챔버 내부의 기관과 금속제 피에칭 부재 사이에 할로젠을 함유하는 원료 가스와 질소 함유 가스를 공급하는 단계;

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 원료 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 원료 가스 플라즈마에 의해 상기 피에칭 부재를 에칭하여, 상기 피에칭 부재에 함유된 금속 성분과 상기 원료 가스로부터 전구체를 형성하고, 상기 기관을 수용하는 상기 챔버와 분리된 방식으로 상기 질소 함유 가스를 여기시키는 단계;

상기 여기된 질소와 상기 전구체 사이의 반응으로 금속 질화물을 형성하는 단계;

상기 기관의 온도를 상기 금속 질화물 형성 수단의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관 상에 상기 금속 질화물을 막으로 형성하고, 상기 금속 질화물의 막형성 후에, 상기 질소 함유 가스의 공급을 중단하고 상기 기관의 온도를 상기 피에칭 부재의 온도보다 낮아지게 하여, 상기 기관의 상기 금속 질화물 상에 상기 전구체의 금속 성분을 배리어 금속막으로 사용하기 위해 막으로 형성하는 단계;

상기 배리어 금속막의 최표면층의 형성을 완료하기 직전에, 상기 기관 표면의 상부 위치에 산소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 산소 가스 플라즈마를 발생시키고, 상기 배리어 금속막의 최표면층에 산화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 31.

제 25 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 챔버 내에 수소 가스를 공급하는 단계; 및

상기 챔버 내부의 분위기를 플라즈마화하여 수소 가스 플라즈마를 발생시켜, 상기 산화물층 상에 수산화기를 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 32.

제 24 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 할로젠을 함유하는 원료 가스는 염소를 함유하는 원료 가스인 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 33.

제 24 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 질소 함유 가스는 암모니아 함유 가스인 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 34.

제 24 항 내지 제 30 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 피에칭 부재는 할로젠화물을 형성하는 금속인 탄탈륨, 텅스텐, 티타늄 또는 실리콘으로 제조되는 것을 특징으로 하는 배리어 금속막 제조 방법.

청구항 35.
삭제

청구항 36.
삭제

청구항 37.
삭제

청구항 38.
삭제

청구항 39.
삭제

청구항 40.
삭제

청구항 41.
삭제

청구항 42.
삭제

청구항 43.
삭제

청구항 44.
삭제

청구항 45.
삭제

청구항 46.
삭제

청구항 47.
삭제

청구항 48.
삭제

청구항 49.
삭제

청구항 50.
삭제

청구항 51.

삭제

청구항 52.

삭제

청구항 53.

삭제

청구항 54.

삭제

청구항 55.

삭제

청구항 56.

삭제

청구항 57.

삭제

청구항 58.

삭제

청구항 59.

삭제

청구항 60.

삭제

청구항 61.

삭제

청구항 62.

삭제

청구항 63.

삭제

청구항 64.

삭제

청구항 65.

삭제

청구항 66.

삭제

청구항 67.

삭제

청구항 68.

삭제

청구항 69.

삭제

청구항 70.

삭제

청구항 71.

삭제

청구항 72.

삭제

청구항 73.

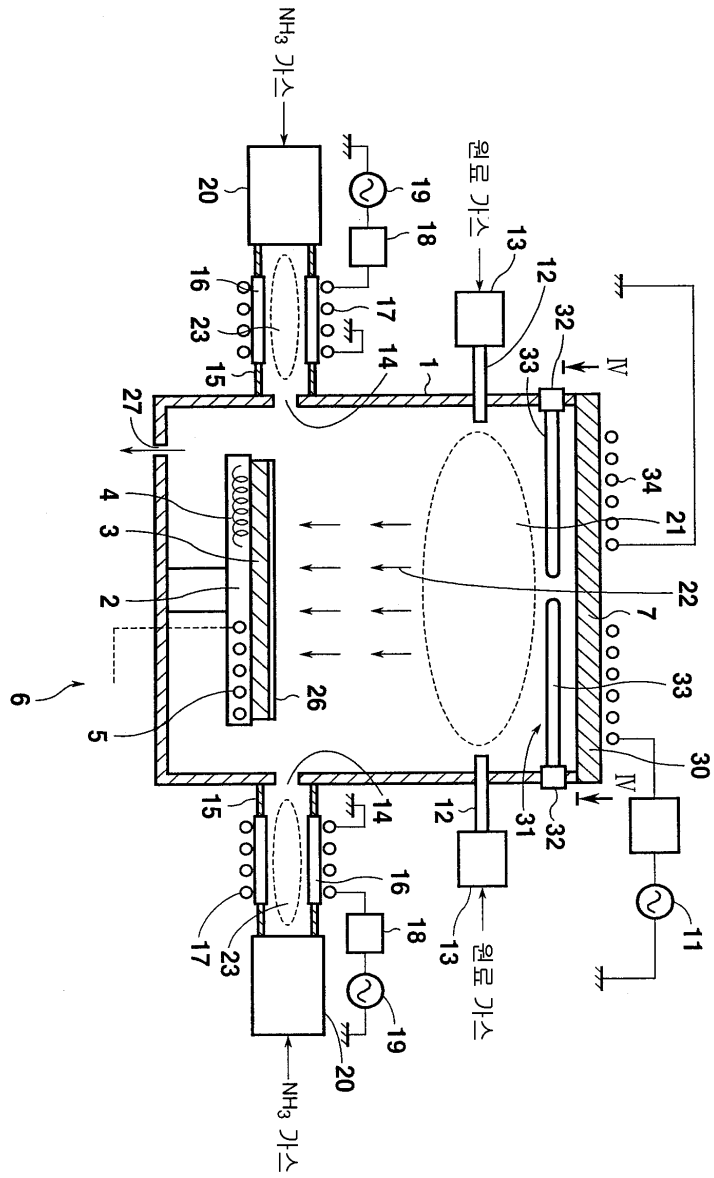
삭제

청구항 74.

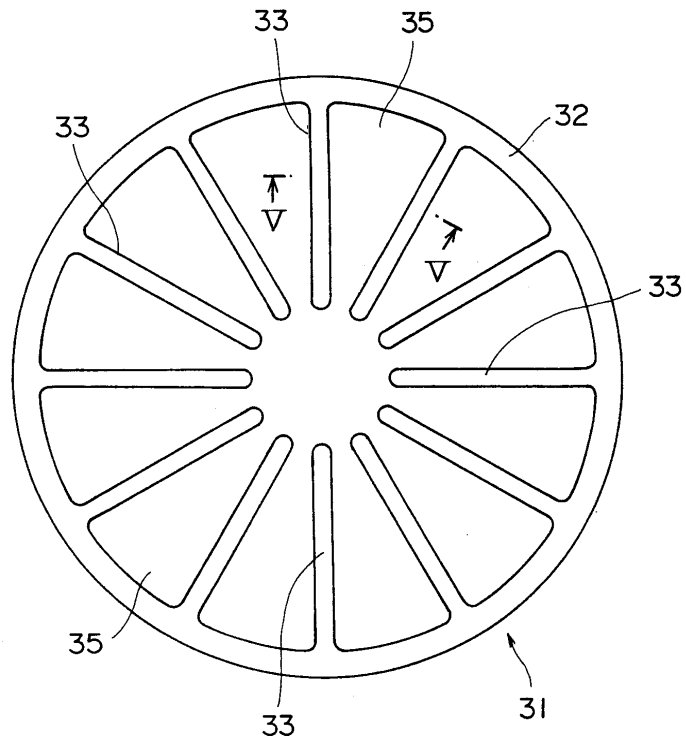
삭제

도면

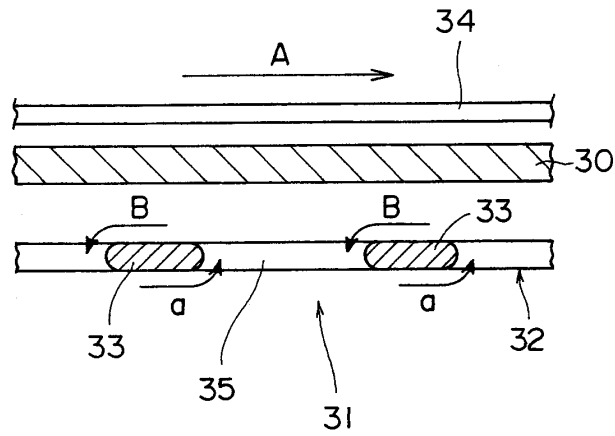
도면3



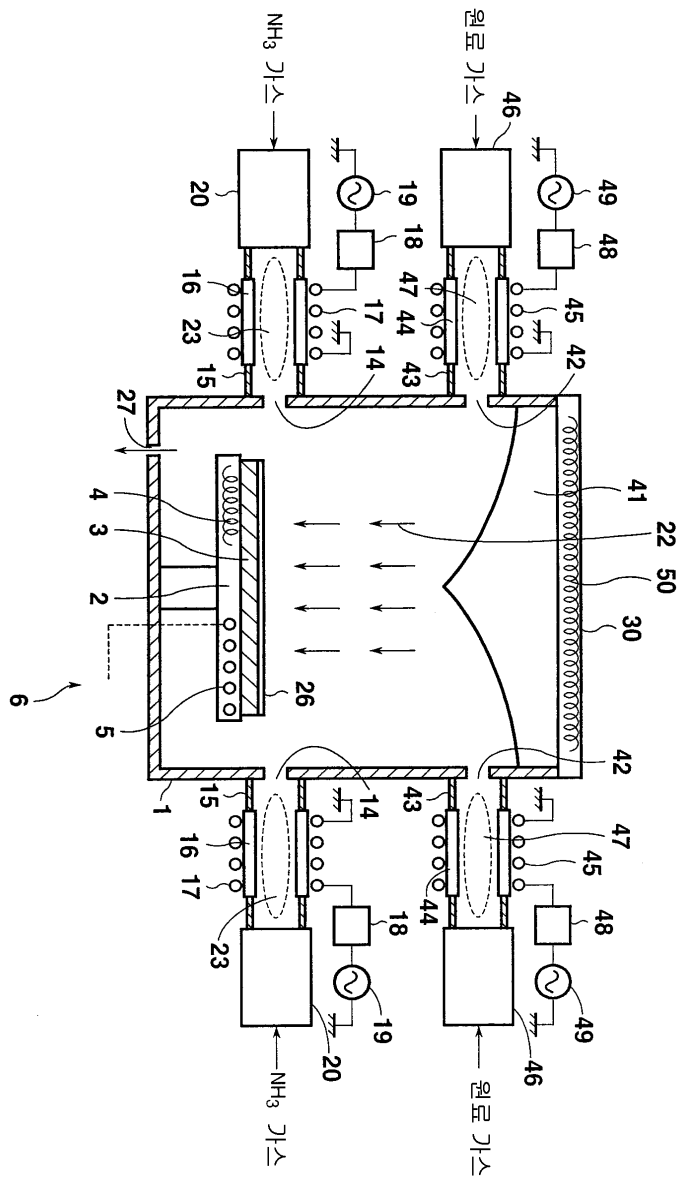
도면4



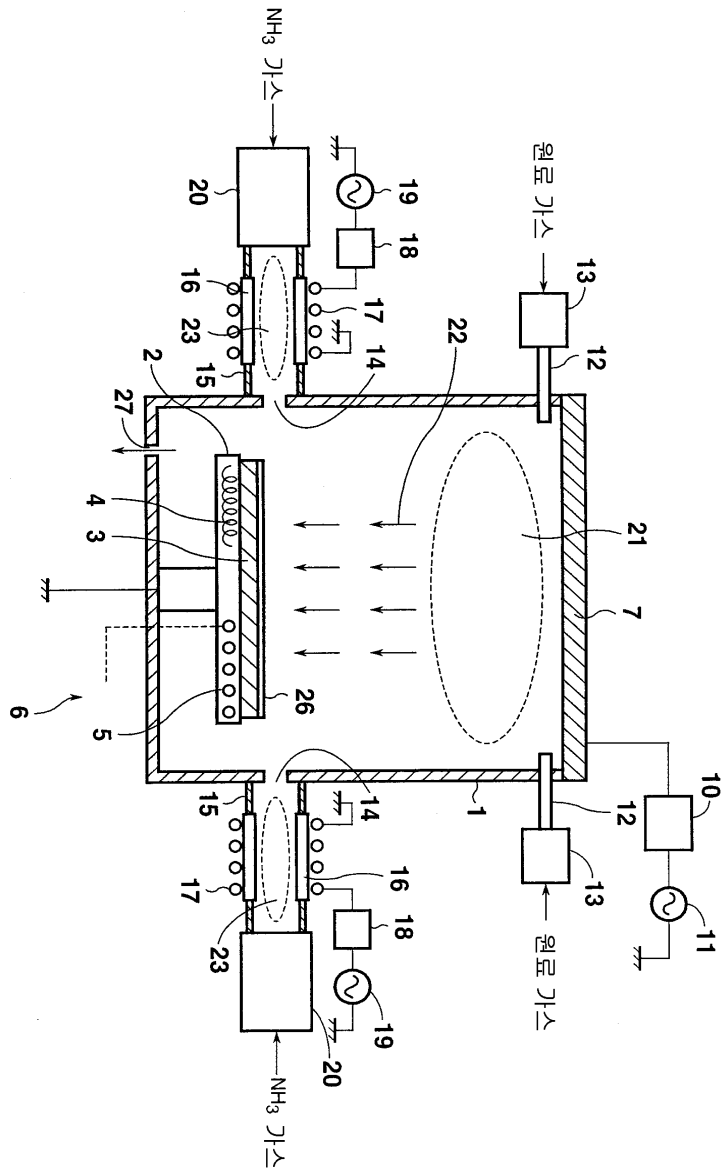
도면5



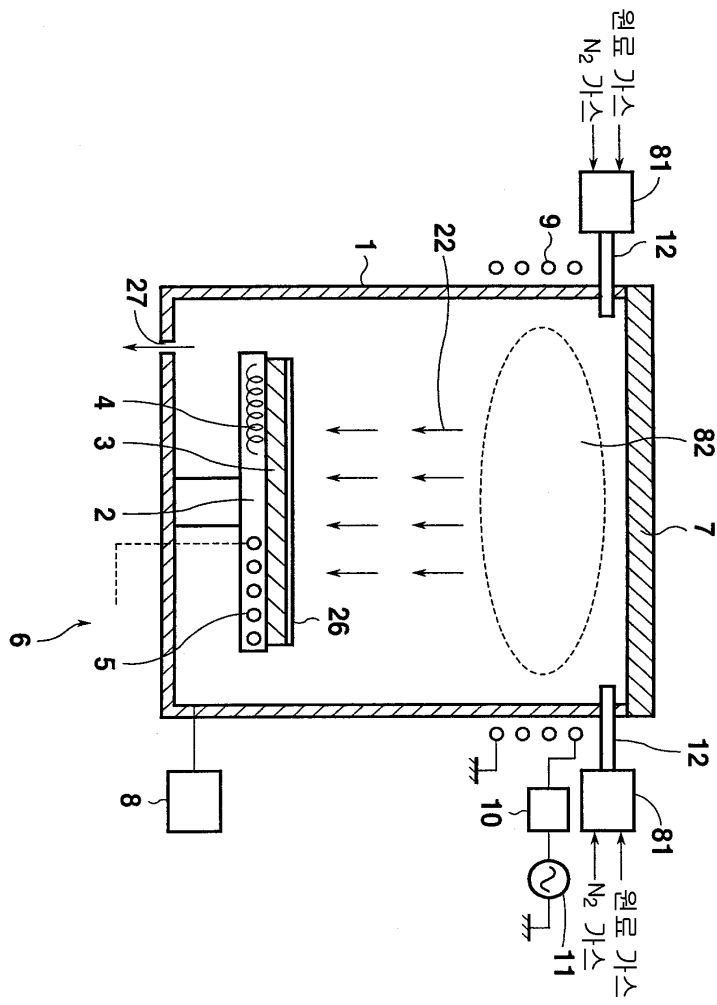
도면6



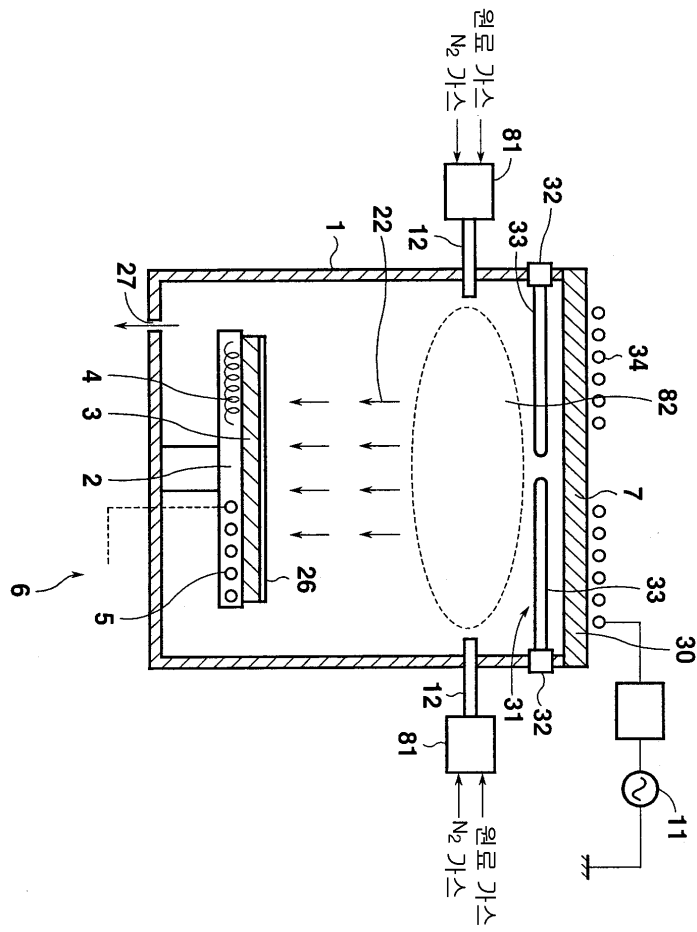
도면7



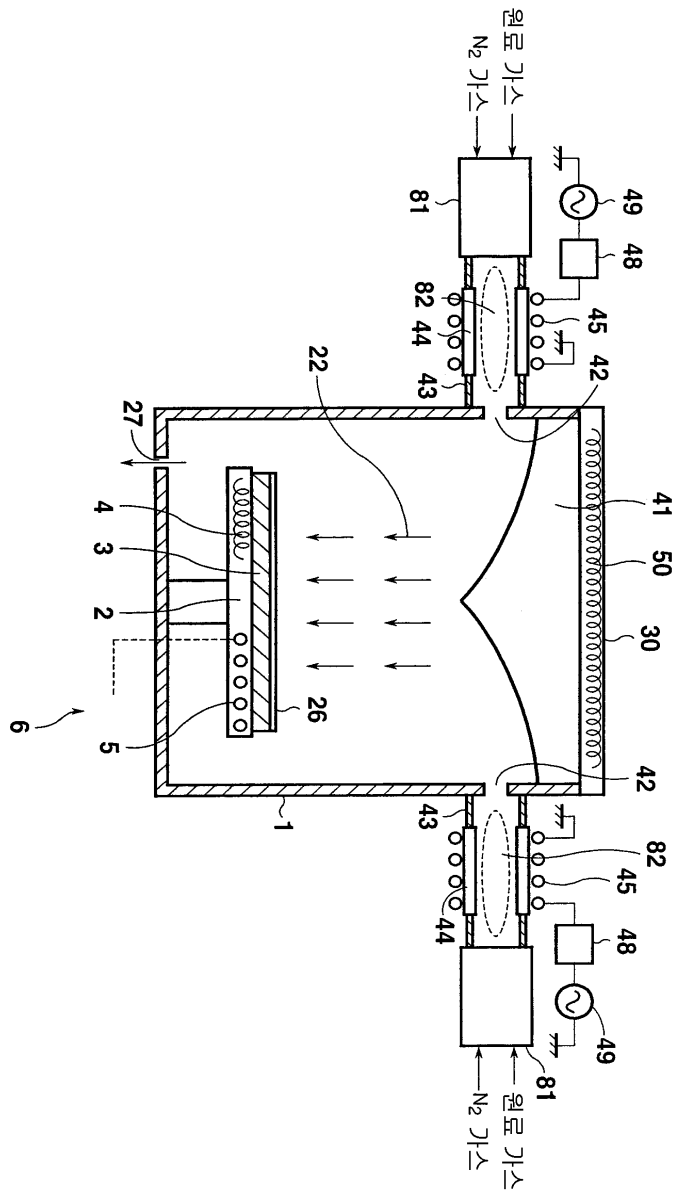
도면8



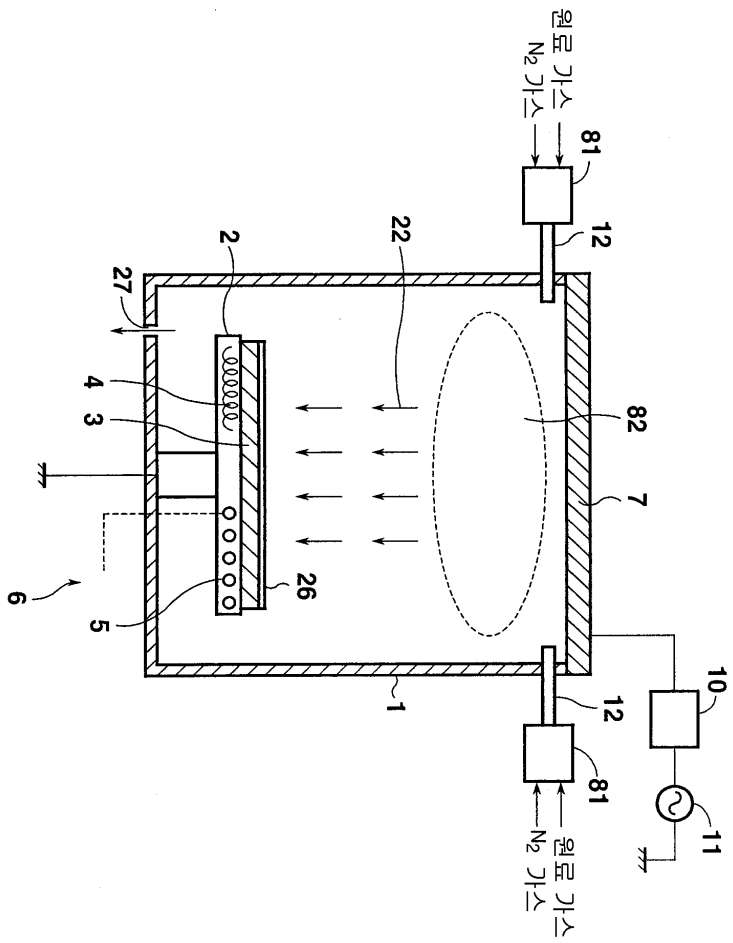
도면9



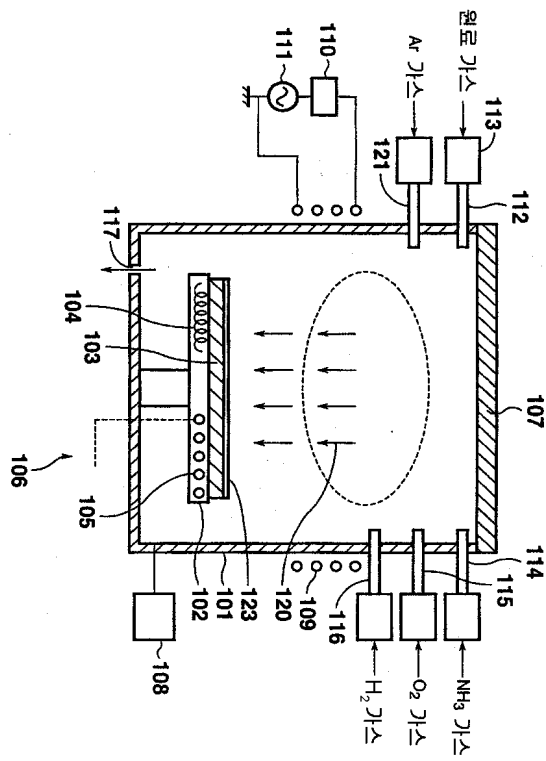
도면10



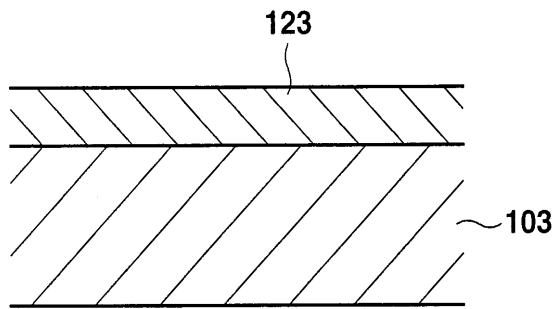
도면11



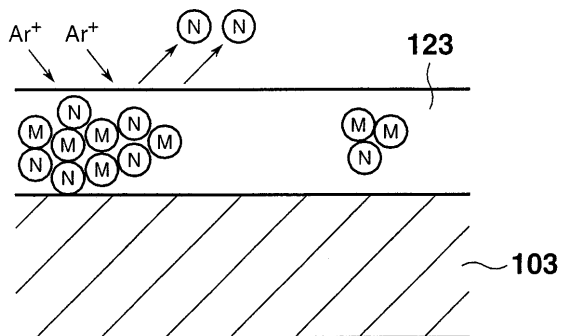
도면12



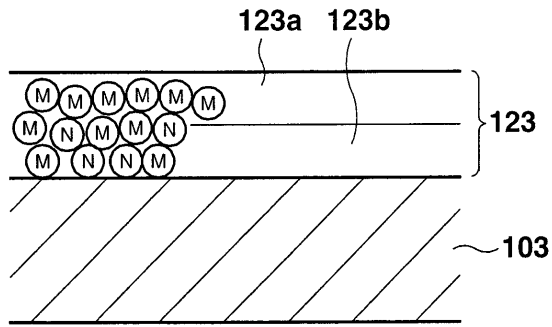
도면13



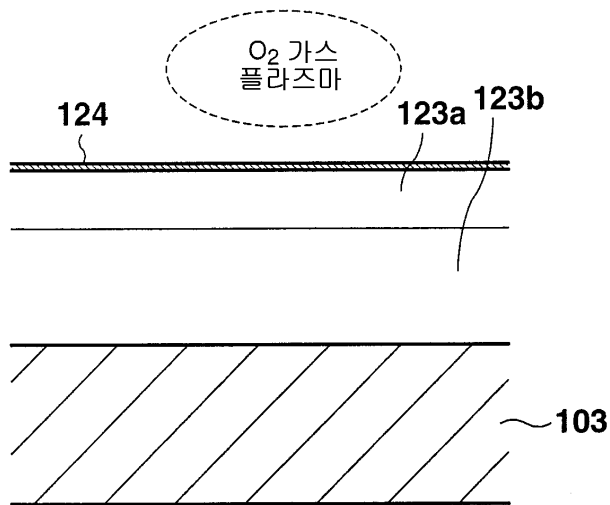
도면14



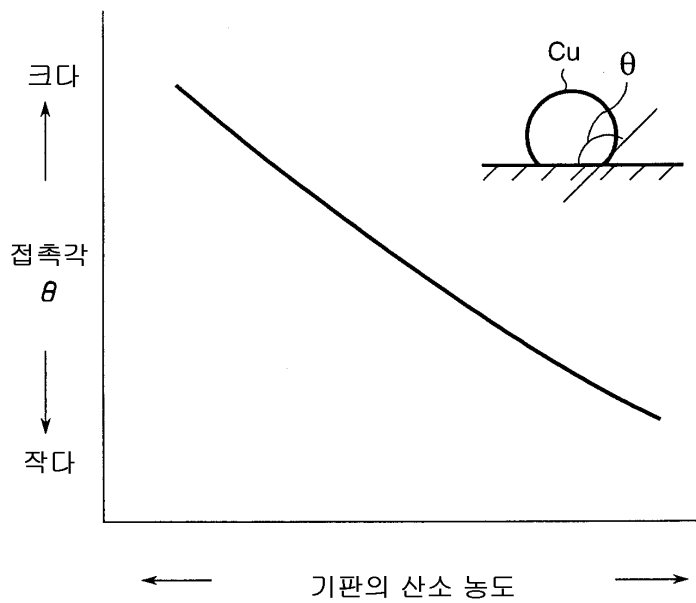
도면15



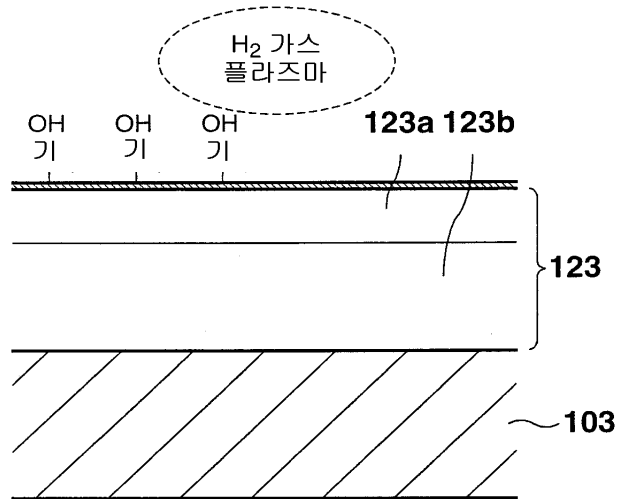
도면16



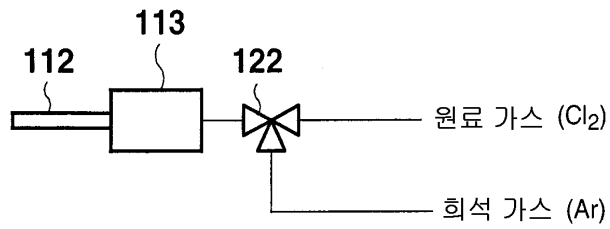
도면17



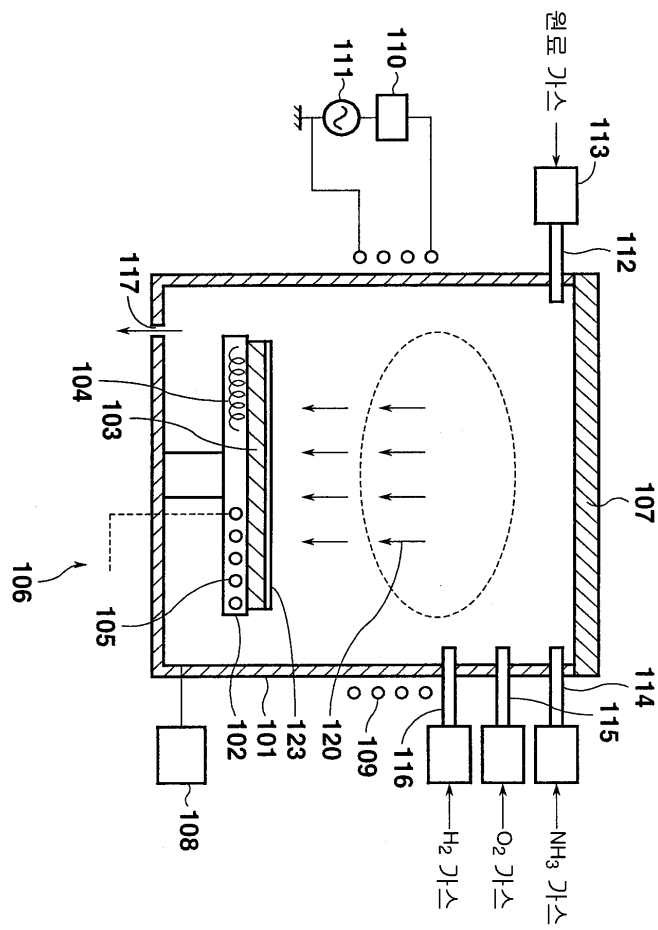
도면18



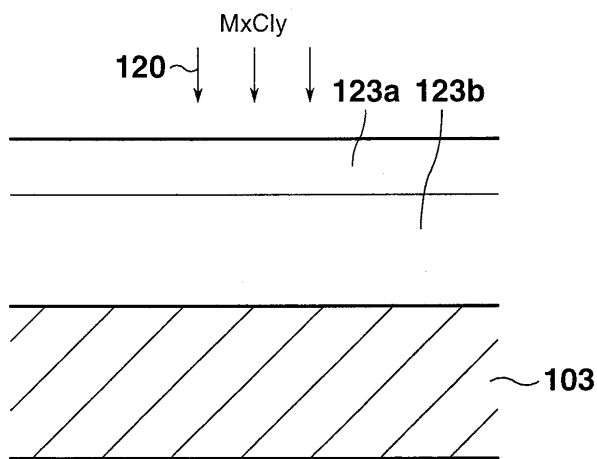
도면19



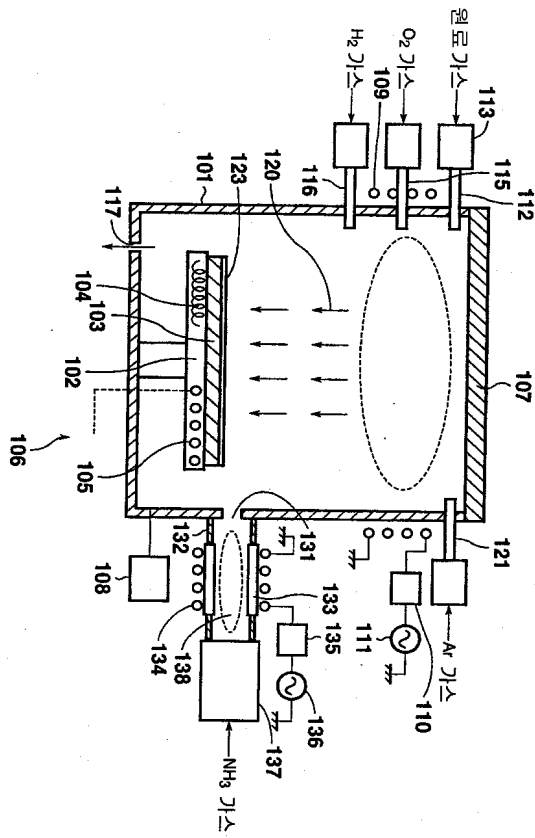
도면20



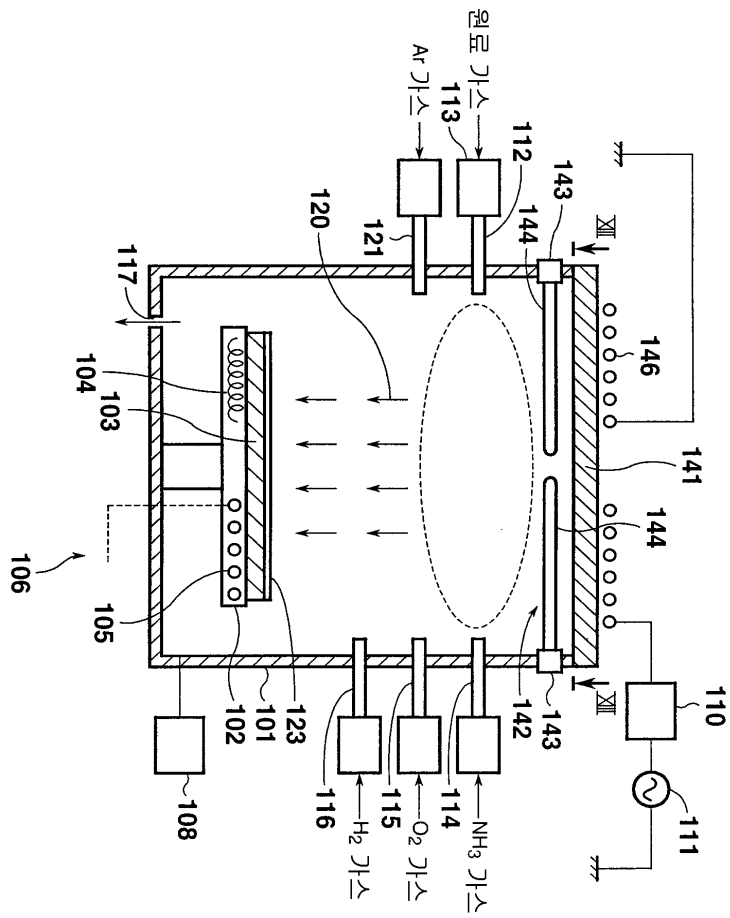
도면21



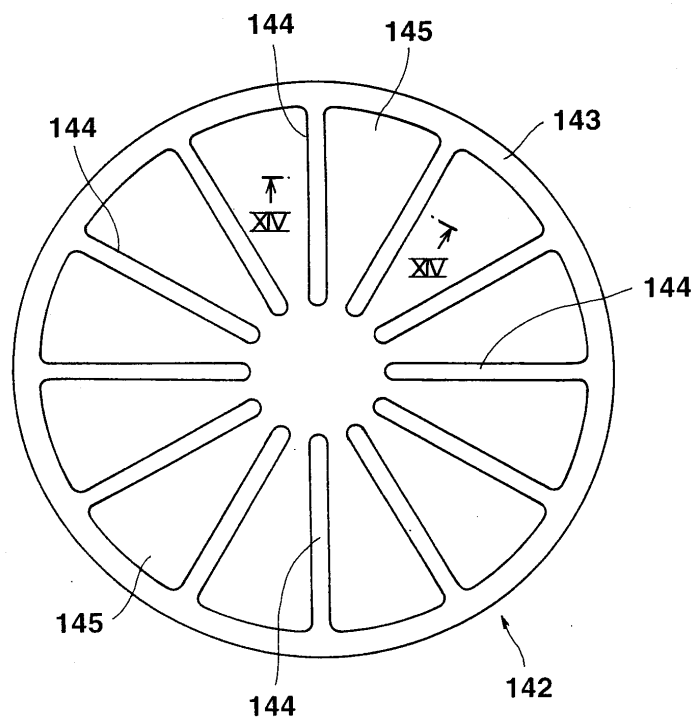
도면22



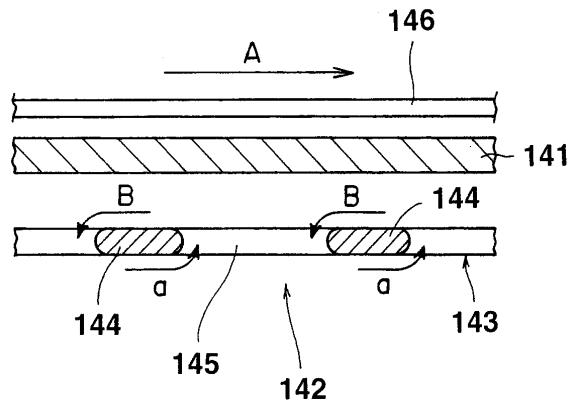
도면23



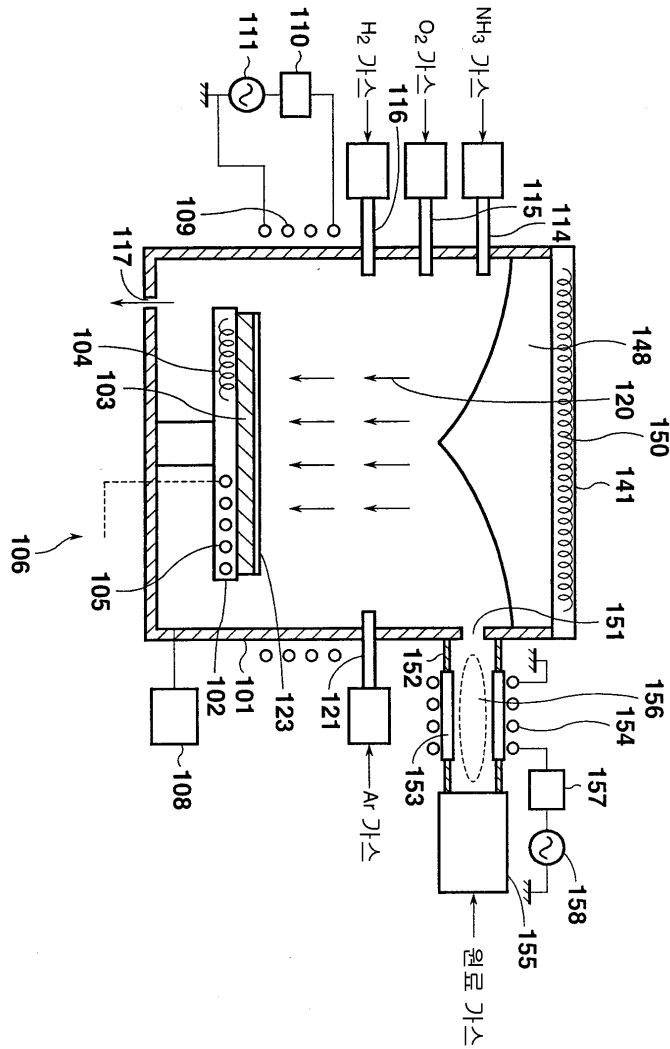
도면24



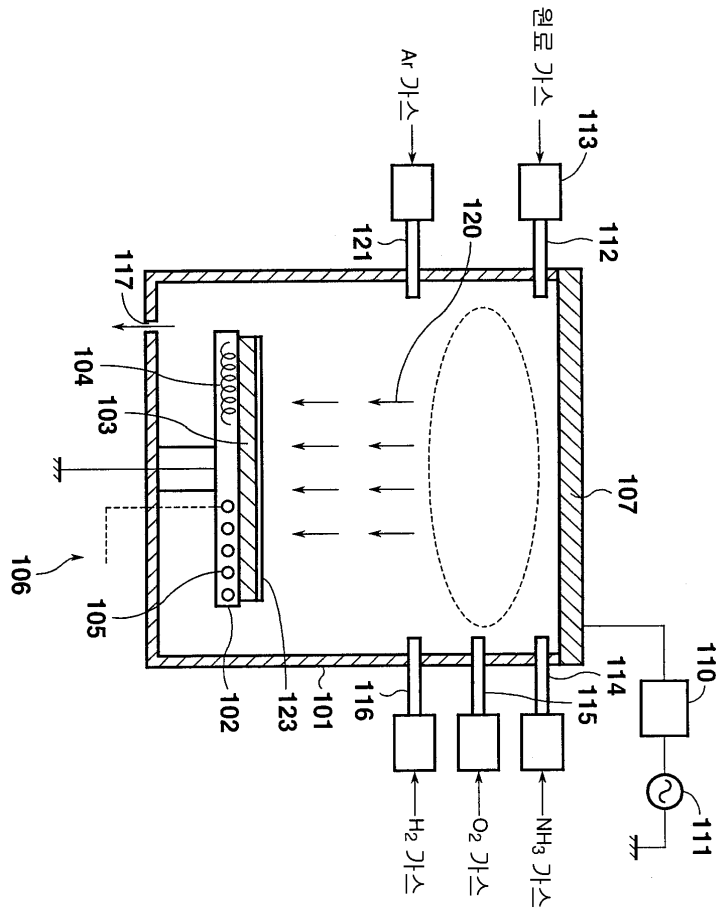
도면25



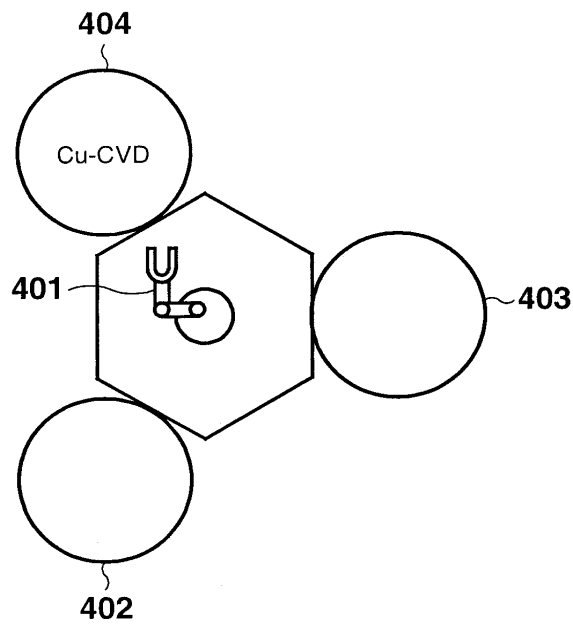
도면26



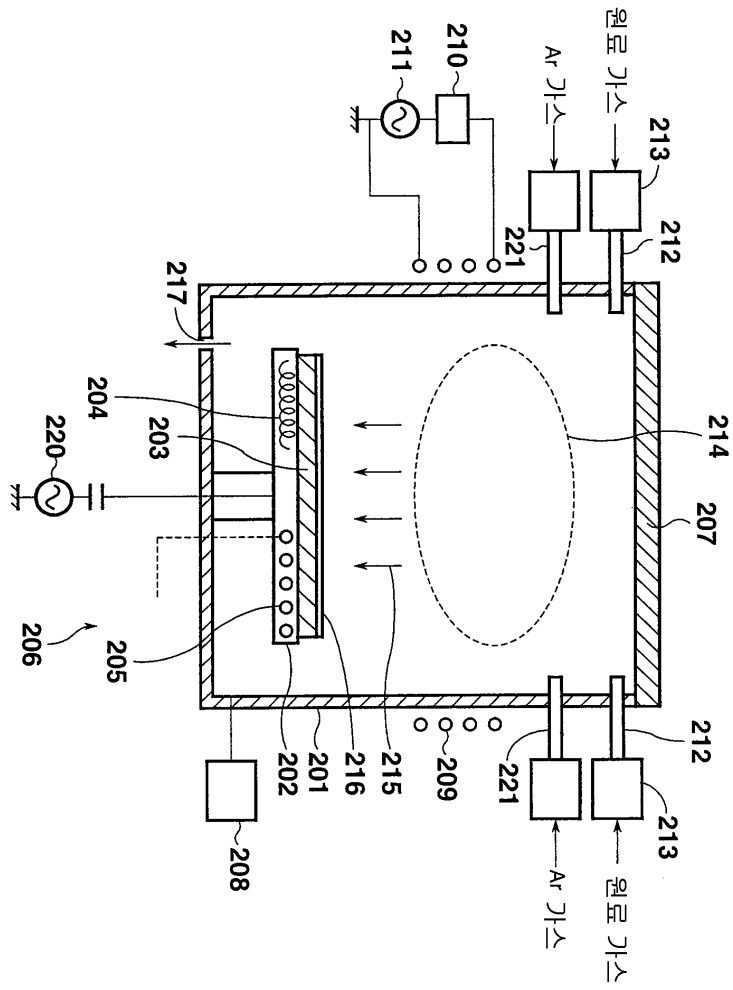
도면27



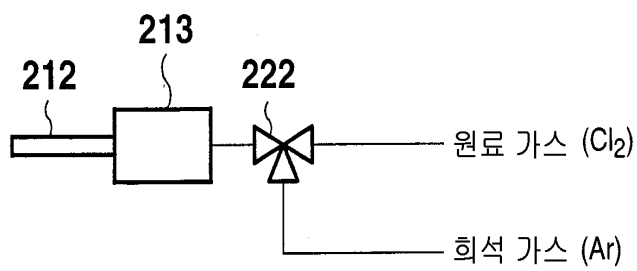
도면28



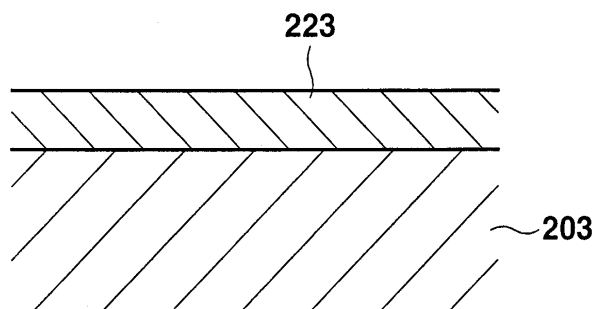
도면29



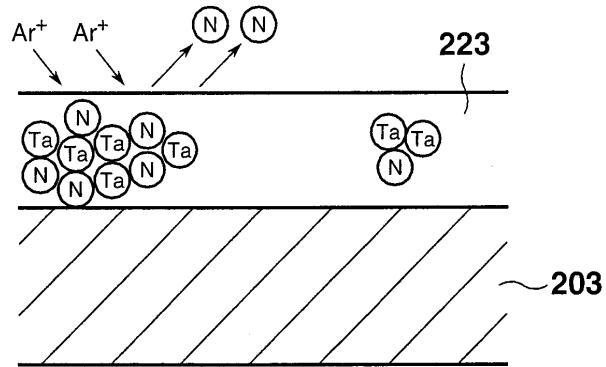
도면30



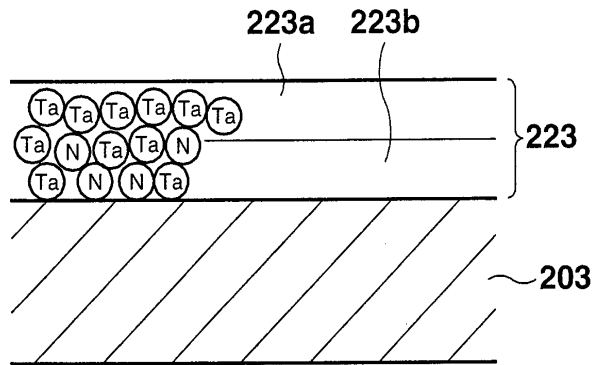
도면31



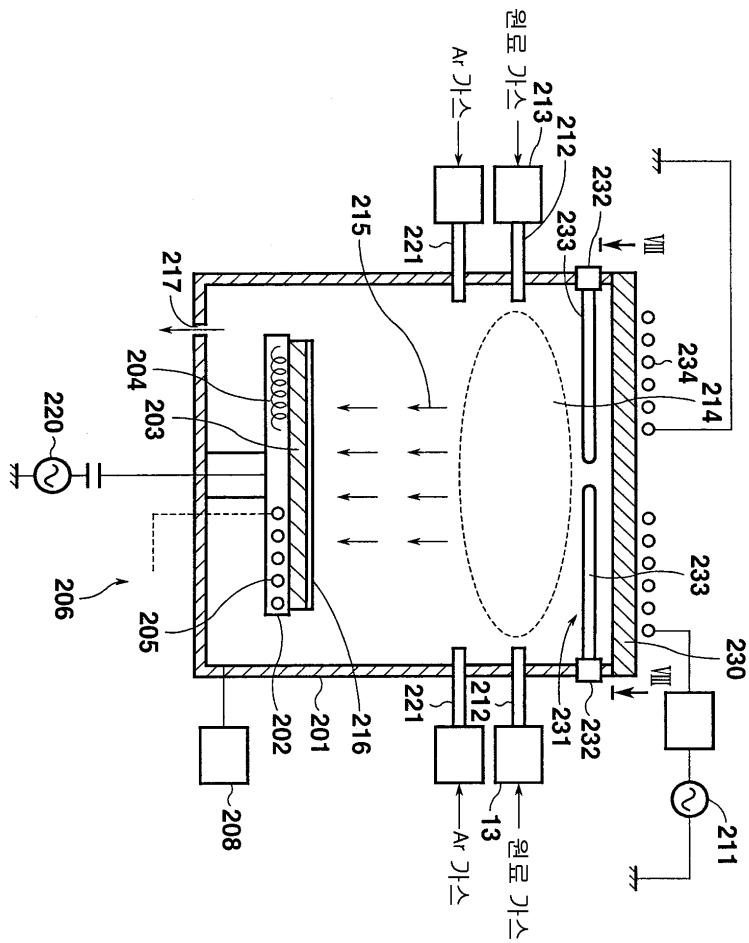
도면32



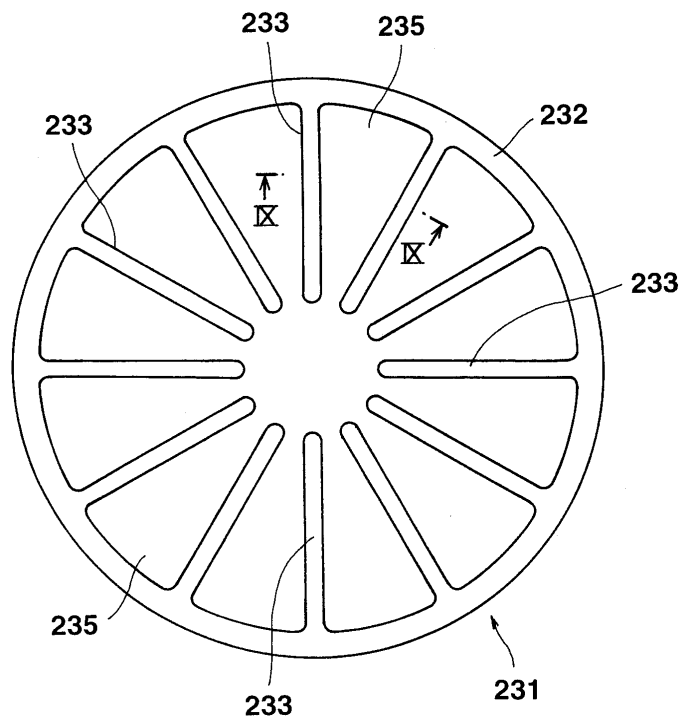
도면33



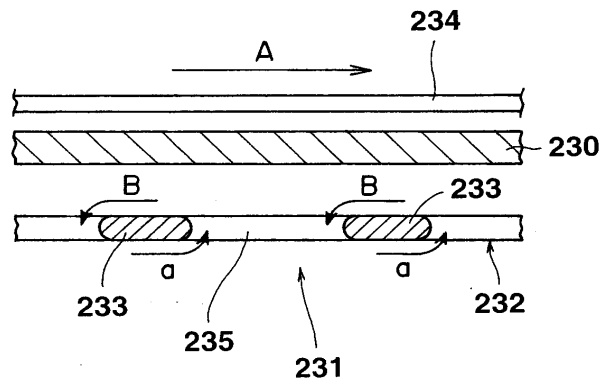
도면34



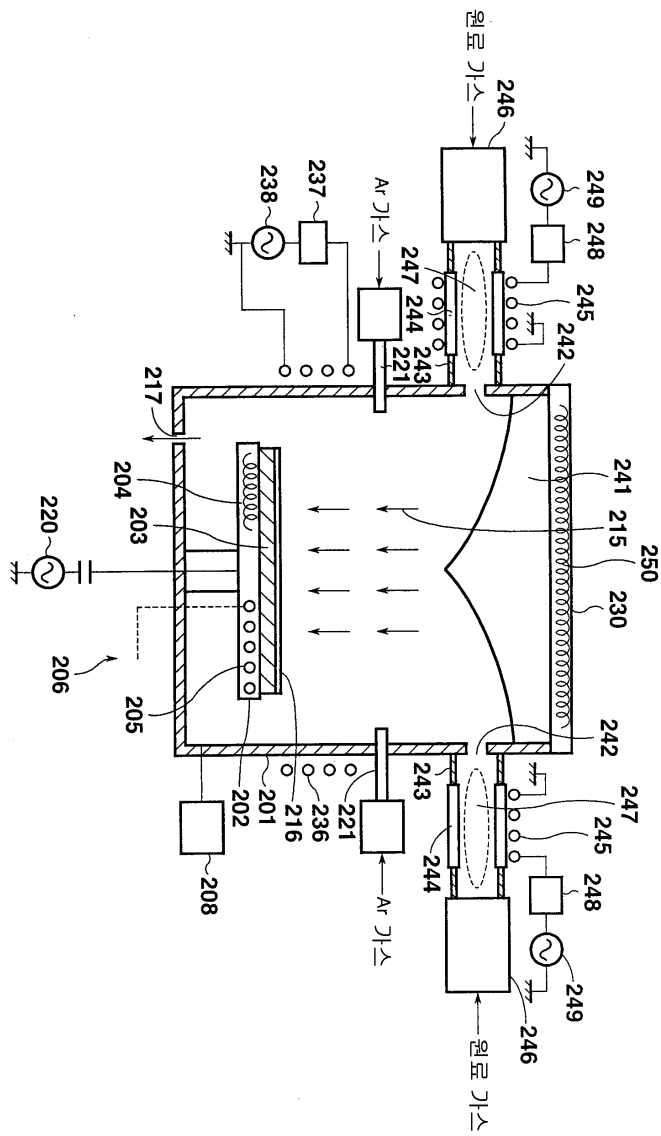
도면35



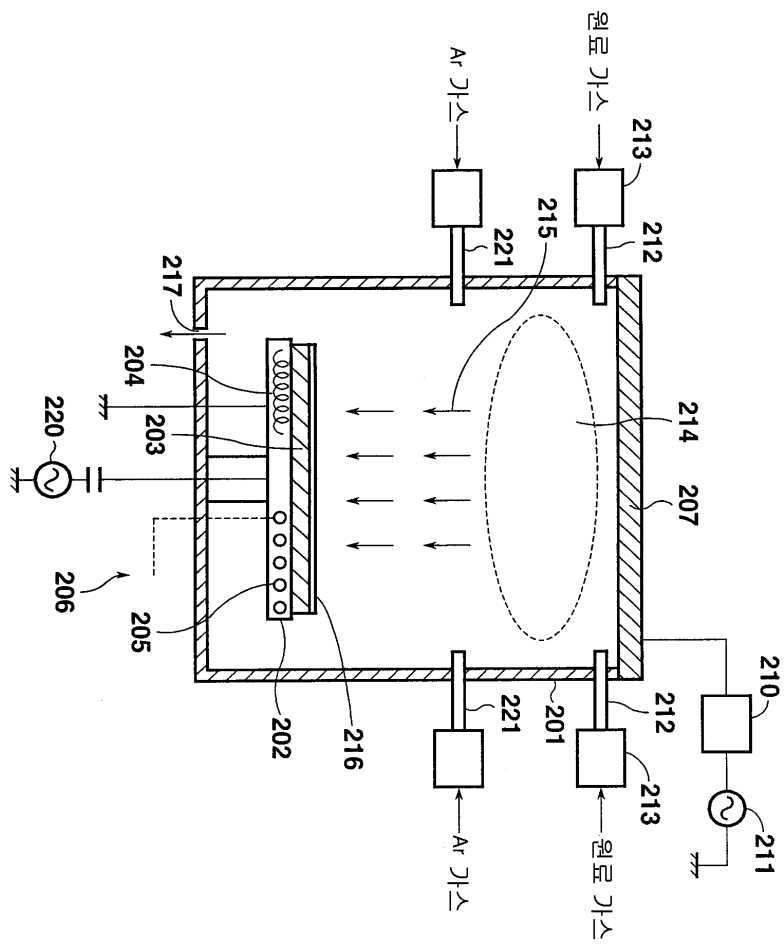
도면36



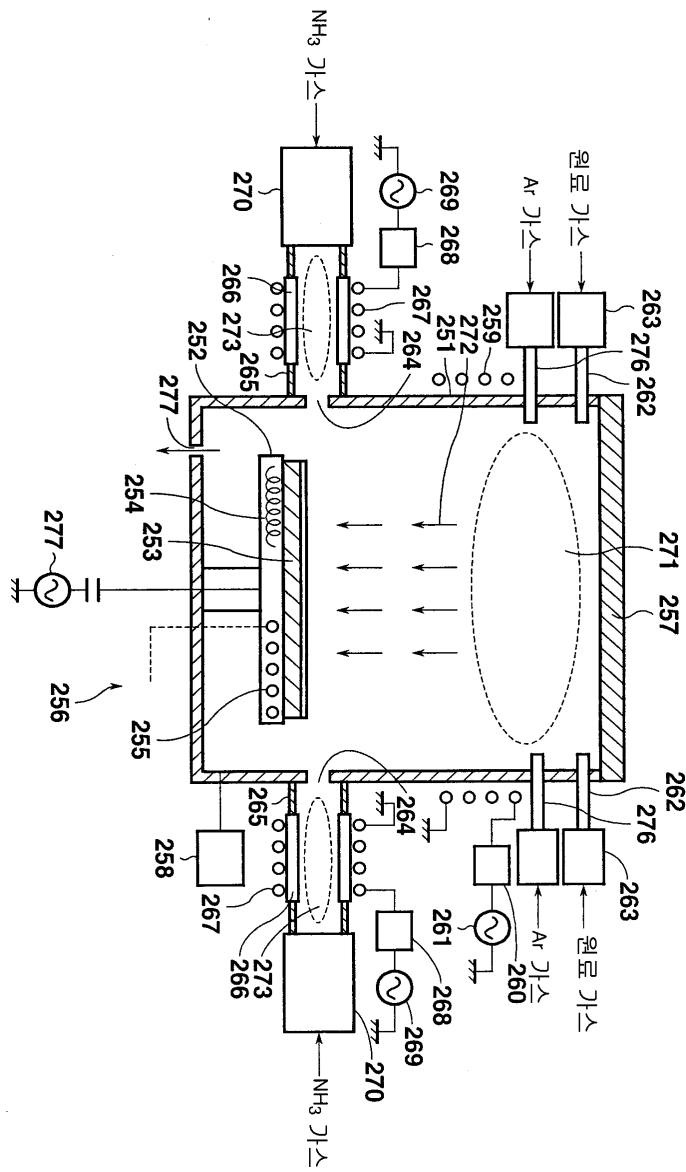
도면37



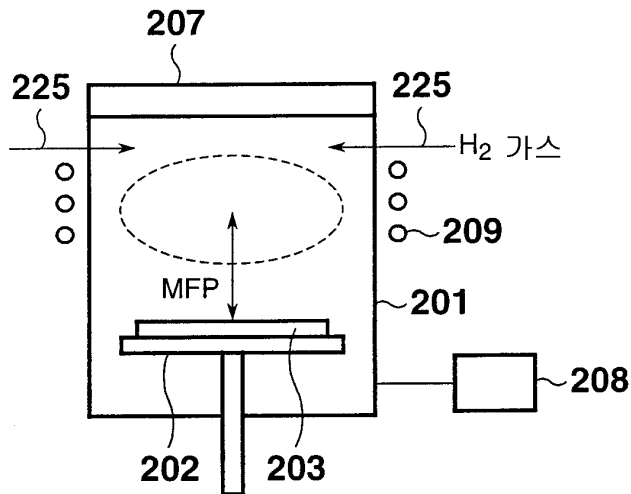
도면38



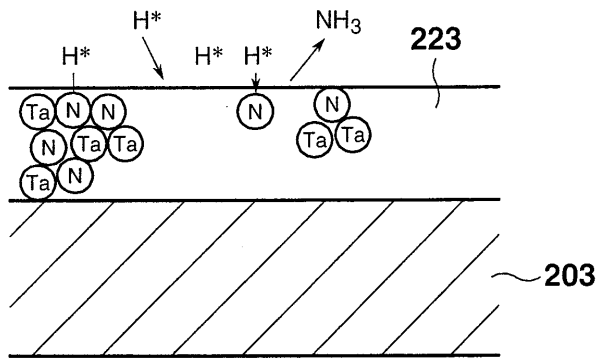
도면39



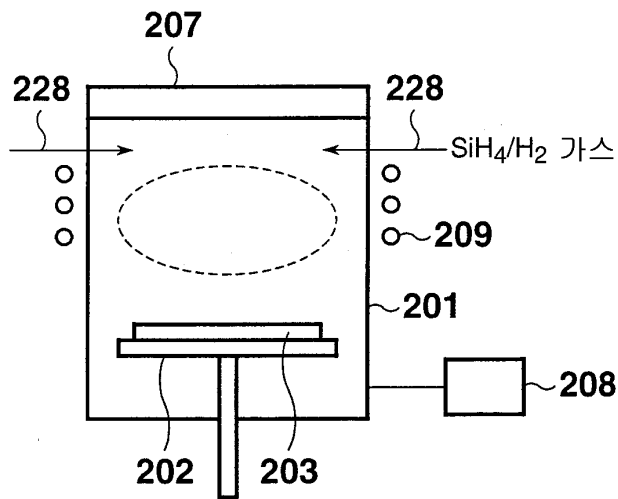
도면40



도면41



도면42



도면43

