(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월06일
(11) 등록번호 10-2703288
(24) 등록일자 2024년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/34 (2006.01) *C23C 16/02* (2006.01)
C23C 16/04 (2006.01) *C23C 16/14* (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01) *H01L 21/285* (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 16/34 (2013.01)
C23C 16/0272 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0024775
(22) 출원일자 2022년02월25일
심사청구일자 2022년02월25일
(65) 공개번호 10-2022-0126633
(43) 공개일자 2022년09월16일
(30) 우선권주장
JP-P-2021-037737 2021년03월09일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020200026111 A*
KR1020160006631 A*
US20010054769 A1*
KR1020170133372 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
도쿄엘렉트론가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고
(72) 발명자
다카하시, 마사후미
일본 407-0192 야마나시껭 니라사키시 호사카쵸 미쯔자와 650 도쿄 엘렉트론 테크놀로지 솔루션즈 가부시키가이샤 내
스즈키, 겐지
일본 407-0192 야마나시껭 니라사키시 호사카쵸 미쯔자와 650 도쿄 엘렉트론 테크놀로지 솔루션즈 가부시키가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 김성환, 성재동

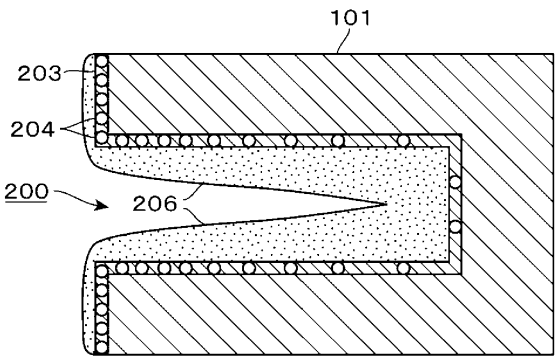
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 정석환

(54) 발명의 명칭 **텅스텐막을 성막하는 방법 및 시스템**

(57) 요 약

본 발명은, 오목부 내에서의 공극의 형성을 억제하면서 텅스텐막을 성막한다. 오목부가 형성된 기판에 대하여, 티타늄 함유 가스의 공급과, 질화 가스의 공급을 교대로 반복해서 행함으로 인한 질화티타늄의 석출과, 상기 기판에 대하여 실리콘 함유 가스의 공급과, 질화 가스의 공급을 교대로 반복해서 행함으로 인한 질화실리콘의 석출을 교대로 반복하여, 실리콘을 포함하는 질화티타늄 하지막을 성막하는 공정과, 계속해서, 상기 기판에 텅스텐 원료를 포함하는 원료 가스와, 상기 원료 가스와 반응해서 텅스텐을 석출시키는 반응 가스를 교대로 반복해서 공급하여, 상기 질화티타늄 하지막이 형성된 오목부에 텅스텐막을 성막하는 공정을 포함하고, 상기 질화티타늄 하지막은, 상기 오목부의 개구부측쪽이 안쪽부측보다도 상기 실리콘의 함유량이 많아지도록, 상기 실리콘 함유 가스의 공급 유량을 조절한다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
C23C 16/045 (2013.01)
C23C 16/14 (2013.01)
C23C 16/45531 (2013.01)
H01L 21/28562 (2013.01)
H01L 21/76843 (2013.01)
H01L 21/76877 (2013.01)

(72) 발명자
다카하시, 츠요시
일본 407-0192 야마나시껭 니라사키시 호사카쵸 미쯔자와 650 도쿄 엘렉트론 테크놀로지 솔루션즈 가부시키가이샤 내
사노, 마사키
일본 407-0192 야마나시껭 니라사키시 호사카쵸 미쯔자와 650 도쿄 엘렉트론 테크놀로지 솔루션즈 가부시키가이샤 내

명 세 서

청구범위

청구항 1

텅스텐막을 성막하는 방법에 있어서,

기판의 표면에 형성된 세로 홈 및 상기 기판의 두께 방향을 향해 배열되도록 상기 세로 홈에 형성되는 가로 홈을 포함하며, 상기 가로 홈은 상기 세로 홈의 측벽면에 개구되는 개구부를 갖고, 상기 개구부로부터 가로 방향으로 연장되는 오목부로서 형성되어 있는 기판을 준비하는 공정과,

상기 기판에 대하여, 티타늄 원료를 함유한 금속 원료 함유 가스인 티타늄 함유 가스의 공급과, 질화 가스의 공급을 교대로 반복해서 행함으로 인한 질화티타늄의 석출과, 상기 기판에 대하여 실리콘 원료를 함유한 금속 원료 함유 가스인 실리콘 함유 가스의 공급과, 질화 가스의 공급을 교대로 반복해서 행함으로 인한 질화실리콘의 석출을 교대로 반복하여, 상기 가로 홈의 오목부에 실리콘을 포함하는 질화티타늄 하지막을 성막하는 공정과,

계속해서, 상기 기판에 텅스텐 원료를 포함하는 원료 가스와, 상기 원료 가스와 반응해서 텅스텐을 석출시키는 반응 가스를 교대로 반복해서 공급하여, 상기 가로 홈의 오목부에 텅스텐이 매립되도록 텅스텐막을 성막하는 공정을 포함하고,

상기 질화티타늄 하지막은, 상기 오목부의 개구부측쪽이 안쪽부측보다도 상기 실리콘의 함유량이 많아지도록, 상기 실리콘 함유 가스의 공급 유량을 조절하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 질화티타늄 하지막을 성막하는 공정과, 상기 텅스텐막을 성막하는 공정의 사이에, 상기 기판에 텅스텐 원료를 포함하는 핵 생성용 원료 가스와, 당해 핵 생성용 가스와 반응하여, 상기 텅스텐막을 성막할 때의 핵으로 되는 텅스텐을 석출시키는 핵 생성용 반응 가스를 교대로 반복해서 공급하여 상기 질화티타늄 하지막의 표면에 텅스텐의 핵 생성층을 형성하는 공정을 포함하는, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 텅스텐의 핵은, 두께가 3㎚ 이하로 형성되는, 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 오목부는, 개구부의 폭이 30㎚ 이하인, 방법.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 오목부는, 기판의 표면에 형성된 세로 홈의 측면에 상기 개구부가 개구되도록 형성된 가로 홈인, 방법.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 실리콘 함유 가스는, 디클로로실란인, 방법.

청구항 7

텅스텐막을 성막하는 시스템에 있어서,

기판의 표면에 형성된 세로 홈 및 상기 기판의 두께 방향을 향해 배열되도록 상기 세로 홈에 형성되는 가로 홈을 포함하며, 상기 가로 홈은 상기 세로 홈의 측벽면에 개구되는 개구부를 갖고, 상기 개구부로부터 가로 방향으로 연장되는 오목부로서 형성되어 있는 기판을 준비하고, 상기 기판에 대하여, 티타늄 원료를 함유한 금속 원료 함유 가스인 티타늄 함유 가스의 공급과, 질화 가스의 공급을 교대로 반복해서 행함으로 인한 질화티타늄의 석출과, 실리콘 원료를 함유한 금속 원료 함유 가스인 실리콘 함유 가스의 공급과, 질화 가스의 공급을 교대로 반복해서 행함으로 인한 질화실리콘의 석출을 교대로 반복하여, 상기 가로 홈의 오목부에 실리콘을 포함하는 질

화티타늄 하지막을 성막하는 장치와,

상기 질화티타늄 하지막이 성막된 상기 기판에 대하여, 텅스텐을 포함하는 원료 가스와, 상기 원료 가스와 반응해서 텅스텐을 석출시키는 반응 가스를 교대로 반복해서 공급하여, 상기 가로 홈의 오목부에 텅스텐이 매립되도록 텅스텐막을 성막하는 장치를 포함하고,

상기 질화티타늄 하지막을 성막하는 장치는, 상기 질화티타늄 하지막에서의 상기 오목부의 개구부측쪽이 안쪽부측보다도 상기 실리콘의 함유량이 많아지도록, 상기 실리콘 함유 가스의 공급 유량을 조절하는 제어를 행하는, 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 질화티타늄 하지막이 성막된 후, 상기 텅스텐막이 성막되기 전의 상기 기판에 대하여, 텅스텐 원료를 포함하는 핵 생성용 원료 가스와, 당해 핵 생성용 가스와 반응하여, 상기 텅스텐막을 성막할 때의 핵으로 되는 텅스텐을 석출시키는 핵 생성용 반응 가스를 교대로 반복해서 공급하여 상기 질화티타늄 하지막의 표면에 텅스텐의 핵 생성층을 형성하는 장치를 포함하는, 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는, 텅스텐막을 성막하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 디바이스에 있어서는, 예를 들어 기판에 배선을 형성하기 위해서, 오목부에 금속을 매립한 구조가 형성되는 경우가 있다. 예를 들어 이러한 금속막으로서는, 텅스텐막이 알려져 있다.

[0003] 특허문헌 1에는, 트렌치나 홀 등의 오목부가 형성된 층간 절연막의 표면에 TiN막, TiSiN막 등의 배리어막을 형성하고, 배리어막의 표면에 텅스텐막을 형성하는 기술이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2016-145409호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 개시는, 오목부 내에서의 공극의 형성을 억제하면서 텅스텐막을 성막하는 기술을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 개시의, 기판에 텅스텐막을 성막하는 방법은, 기판에 텅스텐막을 성막하는 방법에 있어서,

[0007] 오목부가 형성된 기판에 대하여, 티타늄 원료를 함유한 금속 원료 함유 가스인 티타늄 함유 가스의 공급과, 질화 가스의 공급을 교대로 반복해서 행함으로 인한 질화티타늄의 석출과, 상기 기판에 대하여 실리콘 원료를 함유한 금속 원료 함유 가스인 실리콘 함유 가스의 공급과, 질화 가스의 공급을 교대로 반복해서 행함으로 인한 질화실리콘의 석출을 교대로 반복하여, 실리콘을 포함하는 질화티타늄 하지막을 성막하는 공정과,

[0008] 이어서, 상기 기판에 텅스텐 원료를 포함하는 원료 가스와, 상기 원료 가스와 반응해서 텅스텐을 석출시키는 반응 가스를 교대로 반복해서 공급하여, 상기 질화티타늄 하지막이 형성된 오목부에 텅스텐이 매립되도록 텅스텐막을 성막하는 공정을 포함하고,

[0009] 상기 질화티타늄 하지막은, 상기 오목부의 개구부측쪽이 안쪽부측보다도 상기 실리콘의 함유량이 많아지도록, 상기 실리콘 함유 가스의 공급 유량을 조절한다.

발명의 효과

[0010] 본 개시에 의하면, 오목부 내에서의 공극의 형성을 억제하면서 텅스텐막을 성막할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 개시의 성막 방법이 적용되는 웨이퍼의 표면의 확대 종단면도이다.

도 2는 본 개시의 성막 방법을 나타내는 제1 공정도이다.

도 3은 본 개시의 성막 방법을 나타내는 제2 공정도이다.

도 4는 본 개시의 성막 방법을 나타내는 제3 공정도이다.

도 5는 본 개시의 성막 방법을 나타내는 제4 공정도이다.

도 6은 본 개시의 성막 방법을 나타내는 제5 공정도이다.

도 7은 본 개시의 성막 방법을 나타내는 제6 공정도이다.

도 8은 본 개시에 관한 성막 방법을 실행하는 성막 시스템의 평면도이다.

도 9는 상기 성막 시스템에 마련되는 TiSiN막 성막 장치의 종단 측면도이다.

도 10은 원료 가스의 공급 사이클수에 대한 텅스텐의 핵의 두께 변화를 나타내는 그래프이다.

도 11은 원료 가스의 공급 사이클수에 대한 텅스텐막의 막 두께의 변화를 나타내는 그래프이다.

도 12는 실리콘 함유 가스의 유량에 대한 TiSiN막 중의 Si의 함유량을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 개시는, 기판인 반도체 웨이퍼에 텅스텐막을 성막함으로써, 당해 웨이퍼의 표면에 형성된 오목부에 텅스텐을 매립하는 기술에 관한 것이다. 본 개시에 관한 텅스텐막의 성막 방법의 일례에 대해서 설명한다.

[0013] 도 1에 도시하는 바와 같이, 기판인 반도체 웨이퍼(이하, 「웨이퍼」라고 함)는, 예를 들어 표면에 형성된 산화실리콘층(101)에 대하여 세로 홈(102)이 형성되어 있다. 또한 세로 홈(102)에는, 웨이퍼(100)의 두께 방향을 향해서 배열되도록 복수의 가로 홈(200)이 형성되어 있다. 이들 가로 홈(200)은, 세로 홈(102)의 측벽면에 개구되는 개구부를 갖고, 당해 개구부로부터 가로 방향으로 연장되는 오목부로서 형성되어 있다. 가로 홈(200)의 개구부의 폭은 30nm 이하, 예를 들어 20nm이다. 그리고 본 개시에 관한 성막 방법은, 웨이퍼(100)의 표면에 성막을 행함으로써, 이들 가로 홈(200) 내에 텅스텐을 매립한다.

[0014] 그런데 웨이퍼(100)의 구조의 미세화는 점점 진행되고 있다. 이 때문에, 도 1에 예시한 구성의 웨이퍼(100)에서도, 개구부의 폭에 비해서 안쪽 깊이가 긴, 애스펙트비가 큰 가로 홈(200)에의 텅스텐의 매립이 필요해지는 경우가 있다. 그러나 개구부가 좁은 가로 홈(200)에 텅스텐을 매립하도록 성막했을 때, 개구부측에 선행해서 텅스텐막이 성막됨으로써, 당해 개구부가 막혀버리는 경우가 있다. 그 결과, 가로 홈(200) 내에 공극이 남아버려, 배선 저항 증대의 요인으로 되는 경우가 있다. 본 개시에 관한 성막 방법은, 가로 홈(200) 내에서의 공극의 형성을 억제하면서 텅스텐막의 성막을 행하는 것을 목적으로 하고 있다.

[0015] 본 개시에 관한 텅스텐막의 성막 방법에서는, 가로 홈(200)에 텅스텐을 매립하기 전에, ALD(Atomic Layer Deposition)법에 의해 가로 홈(200)의 내면에 실리콘(Si)을 포함하는 질화티타늄(TiN)막(TiSiN막)의 하지막의 성막을 행한다.

[0016] 우선, 도 1에 도시하는 웨이퍼(100)를 350 내지 750℃로 가열하고, 웨이퍼(100)에, 티타늄 원료인 사염화티타늄($TiCl_4$)을 함유한 금속 원료 함유 가스인 티타늄 함유 가스(이하, 「$TiCl_4$ 가스」라고 함)를 공급한다. 이에 의해 웨이퍼(100)에 형성된 가로 홈(200)에 $TiCl_4$ 가스를 진입시켜, 가로 홈(200) 내에 $TiCl_4$를 흡착시킨다. 이어서, 질소(N_2) 가스에 의한 퍼지를 행하여, 잔존하는 $TiCl_4$ 가스를 제거한다. 이어서, 웨이퍼(100)에 질화 가스인 암모니아(NH_3) 가스를 공급하여, 가로 홈(200)에 흡착된 $TiCl_4$를 질화시킨다. 이에 의해 가로 홈(200)에 흡착된 $TiCl_4$가 질화되어서 가로 홈(200)의 표면에 TiN이 석출된다. 계속해서, N_2 가스에 의한 퍼지를 행하여,

처리 용기(10) 내에 잔존하는 NH_3 가스를 제거한다. 이상으로 설명한 TiN을 석출시키는 사이클을 교대로 X회, 예를 들어 1 내지 100회 정도 반복해서 실시함으로써, 도 2에 도시하는 바와 같이 가로 홈(200)의 내면에 TiN의 층(201)이 성막된다. 또한, 본 개시에서는, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스의 공급과 NH_3 가스의 공급을 1회씩 실시하는 경우에 대해서도, 표현의 편의상, 「교대로 반복해서 공급한다」라고 표현하는 경우가 있다(다른 가스의 공급에서도 동일함).

[0017] 이어서 웨이퍼(100)에 실리콘 원료인 디클로로실란(DCS)을 함유한 금속 원료 함유 가스인 실리콘 함유 가스(이하, 「DCS 가스」라고 함)를 공급해서 TiN의 층(201)에 DCS를 흡착시킨다. 이어서, N_2 가스에 의한 퍼지를 행하여, 잔존하는 DCS 가스를 제거한다. 이 DCS 가스를 공급하는 공정에서 DCS 가스의 공급량이나 공급 시간을 컨트롤함으로써, DCS 분자의 흡착량을 조정할 수 있다.

[0018] 도 2에 도시하는 구조의 가로 홈(200)에 있어서, 그 개구부에서는 DCS의 가스가 진입하기 쉬워, 개구부를 흐르는 DCS의 유량은 커지기 쉽다. 한편, 가로 홈(200)의 안쪽부까지는 가스가 진입하기 어려워, 당해 영역을 흐르는 DCS의 유량은 작아지기 쉽다. 이때, 후술하는 평가 시험에도 나타내는 바와 같이, DCS 가스의 유량과 DCS 분자의 흡착량의 사이에는, 정의 상관 관계가 있다(도 12). 이 특성을 이용하면, 도 3에 도시한 바와 같이, 가로 홈(200)의 개구부 부근에서는, TiN의 층(201)에 흡착되는 DCS(202)의 분자가 흡착되는 밀도를 높게 할 수 있는 한편, 안쪽부측에서는 DCS(202)의 흡착 밀도를 낮게 할 수 있다.

[0019] 이어서, 웨이퍼(100)에 질화 가스인 NH_3 가스를 공급하여, TiN의 층(201)에 흡착된 DCS(202)를 질화시킨다. 이에 의해 TiN의 층(201)의 표면에 질화실리콘(SiN)이 석출된다. 이때 가로 홈(200)의 개구부측에 흡착되어 있는 DCS(202)의 밀도가 높기 때문에, 가로 홈(200)의 개구부측에서는 SiN이 많이 형성되고, 안쪽부측에서는 SiN이 적게 형성된다. 이상으로 설명한 SiN을 형성하는 사이클을 Y회, 예를 들어 1 내지 10회 반복해서 실시함으로써 TiN의 층(201)의 표면에 원하는 양의 SiN을 형성한다.

[0020] 그리고 상술한 TiN의 석출과, SiN의 석출을 교대로 반복해서 행하여 적층하면, 막 중에 Si를 포함하는 질화티타늄 하지막(TiSiN막)(203)을 형성할 수 있다. 그리고 상술한 바와 같이, 가로 홈(200)의 개구부측에서는 Si(204)가 많고, 안쪽부측에서는 Si가 적어지도록 SiN을 석출시키고 있다. 그 결과, 도 4에 도시하는 바와 같이 가로 홈(200) 내에 형성되는 TiSiN막(203)은, 가로 홈(200)의 개구부측 부위에서는 Si(204)의 함유량이 많아지고, 안쪽부측을 향함에 따라 Si(204)의 함유량이 적어진다. 즉, 가로 홈(200)의 개구부측이 안쪽부측과 비교해서 Si(204)의 함유량이 많아진다.

[0021] 또한, 도 3 내지 도 7에서는, TiSiN막(203) 중의 Si의 농도 분포를 표현하기 위해서, 편의상 Si(204)를 입자 형상으로 표현하고 있지만, 이들 도면 중의 Si(204)의 사이즈는, TiSiN막(203) 중의 실제의 Si의 입경 사이즈를 나타내는 것은 아니다.

[0022] 계속해서 가로 홈(200)에 형성한 TiSiN막(203)의 표면에, 텅스텐막을 성막하는데, 본 개시에 관한 성막 방법은, ALD법에 의해, 먼저 TiSiN막(203)의 표면에 텅스텐의 핵으로 이루어지는 핵 생성(Nucleation)층을 형성한다. 도 4에 도시하는 가로 홈(200) 내에 TiSiN막(203)이 형성된 웨이퍼(100)를, 150 내지 450℃로 가열하고, 텅스텐 원료인 육불화텅스텐(WF_6)을 포함하는 원료 가스(이하, 「WF_6 가스」라고 함)를 공급한다. 이에 의해 TiSiN막(203)의 표면에 WF_6를 흡착시킨다. 이어서, 웨이퍼(100)에 수소 및 수소 이외의 원소로 구성된 환원 가스인 B_2H_6(디보란) 가스를 공급한다. 이에 의해 TiSiN막(203)의 표면에 흡착된 WF_6가 환원되어서 섬상으로 텅스텐의 층이 형성된다. 상술한 웨이퍼(100)에의 WF_6의 흡착과 B_2H_6 가스의 공급을 교대로 반복하는 사이클을, 예를 들어 1 내지 5사이클의 범위인 3사이클 실행한다.

[0023] 상술한 사이클에 있어서, WF_6 가스는 핵 생성용 원료 가스에 상당하고, B_2H_6 가스는 핵 생성용 반응 가스에 상당한다.

[0024] 이에 의해 도 5에 도시하는 바와 같이, TiSiN막(203)의 표면에 텅스텐의 핵 생성층(205)이 형성된다. 후술하는 검증 시험에 나타내는 바와 같이 TiSiN막(203) 중의 Si(204)의 함유량이 많아짐에 따라서, TiSiN막(203) 상에 성막되는 핵 생성층(205)의 막 두께가 얇아지는 경향, 즉, 핵 생성층(205)이 성장하기 어려워지는 경향이 있다. 따라서 도 5에 도시한 바와 같이, TiSiN막(203) 중의 Si(204)의 함유량이 높은 가로 홈(200)의 개구부 부근에서는, 핵 생성층(205)의 형성량이 적어진다. 한편 TiSiN막(203) 중의 Si(204)의 함유량이 높은 가로 홈(200)의 안쪽부측에서는, 핵 생성층(205)의 형성량이 많아진다. 또한, 도 5에 도시하는 섬상의 핵 생성층(205)에 대해

서도, 형성량의 분포를 표현하기 위해서, 편의상 입자 형상으로 표현하고 있지만, 실제의 핵 생성층(205)의 섬의 사이즈를 나타내는 것은 아니다.

[0025] 계속해서 ALD법에 의해 텅스텐막(206)을 성막한다. 웨이퍼(100)를 300 내지 550℃로 가열하고, 텅스텐 원료인 WF_6를 포함하는 원료 가스(이하, 「WF_6 가스」라고 함)를 공급한다. 이에 의해 가로 홈(200)의 내부에 WF_6 가스가 진입하여, 핵 생성층(205)의 표면에 WF_6가 흡착된다. 이어서, 웨이퍼(100)에 반응 가스인 수소(H_2) 가스를 공급하여, 가로 홈(200) 내에 흡착된 WF_6를 환원시킨다. 이에 의해 가로 홈(200) 내에 텅스텐이 석출된다. 이 웨이퍼(100)에의 WF_6의 흡착과 H_2 가스의 공급을 교대로 반복하는 사이클을, 예를 들어 1 내지 500사이클의 범위 내인 450사이클 실행한다. 이에 의해 핵 생성층(205)에 적층되도록 텅스텐막(206)이 성막된다.

[0026] 후술하는 검증 시험에 나타내는 바와 같이, TiSiN막(203) 중의 Si(204)의 함유량이 적으면 핵 생성층(205)의 형성량이 많아지기 쉬워, 그 막 두께도 두꺼워지기 쉽다. 또한, 많은 핵 생성층(205)이 형성되어 있는 영역에서는, 텅스텐막(206)의 성막 속도가 빨라진다.

[0027] 그 때문에 가로 홈(200)의 안쪽부측에서 텅스텐막(206)이 성장하기 쉬워지는 한편, 개구부측에서는, 상대적으로 텅스텐막(206)이 성장하기 어려워진다.

[0028] 따라서 도 6에 도시하는 바와 같이, 텅스텐막(206)은, 가로 홈(200)의 안쪽부측에서 선행해서 막 두께가 증가한다. 그 결과, 가로 홈(200)의 개구부측이 선행해서 막 두께가 두꺼워져, 개구부측이 막혀버리는 현상의 발생을 억제할 수 있다. 따라서, 또한 텅스텐막(206)의 성막을 계속했을 때, 도 7에 도시하는 바와 같이 가로 홈(200) 내에 공극이 남기 어려워지도록 텅스텐을 매립할 수 있다. 또한, 도 1에 도시하는 구성의 웨이퍼(100)인 경우, 가로 홈(200)에의 텅스텐의 매립에 맞춰서 세로 홈(102)에도 텅스텐이 매립된다.

[0029] 또한 후술하는 검증 시험에서 나타내는 바와 같이, 핵 생성층(205)의 성막 사이클수를 많게 하여, 핵 생성층(205)의 막 두께를 두껍게 하면, TiSiN막(203) 중의 Si(204)의 함유량에 관계없이 텅스텐막(206)의 성막 속도의 차가 작아진다. 따라서, 핵 생성층(205)의 막 두께는 3nm 이하인 것이 바람직하다. 더욱 확실하게 텅스텐막(206)의 성막 속도의 차를 크게 하기 위해서는, 핵 생성층(205)의 막 두께는 1nm 미만인 것이 바람직하다.

[0030] 또한 가로 홈(200)의 구성의 일례를 들면, 애스펙트비(깊이/개구 직경)가 20 내지 40의 범위를 예시할 수 있다. 이때, 예를 들어 1 내지 200sccm의 범위 내의 유량으로 DCS 가스를 공급함으로써, 가로 홈(200)의 개구부와 안쪽부의 사이에서 충분한 DCS 가스의 공급 유량의 차를 형성할 수 있다고 생각된다. 그 결과, 도 3 내지 도 7을 사용해서 설명한, TiSiN막(203) 중의 Si의 농도 분포를 형성할 수 있다.

[0031] 여기서, Ti 함유 가스는, 사브롬화티타늄($TiBr_4$)이나 사요오드화티타늄(TiI_4)이어도 된다. 또한 예를 들어 TDMAT(테트라키스디메틸아미노티타늄) 등의 유기계 티타늄 원료이어도 된다. 질화 가스는, 모노메틸히드라진(MMH)이어도 된다. Si 함유 가스는, 예를 들어 HCD(육염화이규소), SiH_4(모노실란) 등을 사용할 수 있다.

[0032] 또한 텅스텐을 포함하는 핵 생성층(205)이나 텅스텐막(206)의 원료 가스는, 예를 들어 육염화텅스텐(WCl_6) 가스이어도 된다. 또한 수소와 수소외의 원소로 구성된 가스는, SiH_4(실란), NH_3(암모니아) 가스이어도 된다. 또한 오목부는, 웨이퍼(100)의 표면에 개구부가 개구되는 세로 홈이어도 되고, 세로 홈에 텅스텐을 매립하도록 행하는 성막이어도 된다.

[0033] 계속해서 상술한 텅스텐막을 성막하는 방법을 실시하기 위한 기판 처리 시스템의 구성예에 대해서 설명한다. 기판 처리 시스템은, 예를 들어 멀티 챔버 시스템의 진공 처리 장치로서 구성된다. 도 8에 도시하는 바와 같이, 진공 처리 장치는, 예를 들어 N_2 가스에 의해 상압 분위기로 되는 가로로 긴 상압 반송실(62)을 구비하고 있다. 상압 반송실(62)의 앞쪽에는, 예를 들어 웨이퍼(100)를 수용한 반송 용기(C)와의 사이에서 웨이퍼(100)의 전달을 행하기 위한 로드 포트(61)가 설치되어 있다. 도 8 중의 부호 67은 상압 반송실(62)의 정면 벽에 마련된 개폐 도어이다. 상압 반송실(62) 내에는, 웨이퍼(100)를 반송하기 위한 반송 암(65)이 마련되어 있다. 또한 상압 반송실(62)의 로드 포트(61)측에서 보아 좌측벽에는, 웨이퍼(100)의 배향이나 편심의 조정을 행하는 얼라인먼트실(66)이 마련되어 있다.

[0034] 상압 반송실(62)에서의 로드 포트(61)의 반대측에는, 웨이퍼(100)를 대기시킨 상태에서 내부의 분위기를 상압 분위기와 진공 분위기의 사이에서 전환하는, 예를 들어 2개의 로드 로크실(63)이 좌우로 배열되도록 배치되어 있다. 로드 로크실(63)의 상압 반송실(62)측에서 보아 안쪽부측에는, 진공 반송실(64)이 배치되어 있다. 진공

반송실(64)에는, 게이트 밸브(70)를 통해서 상술한 로드 로크실(63)이 접속되어 있다.

[0035] 또한 진공 반송실(64)에는, 웨이퍼(100)에 하지막으로 되는 TiSiN막(203)을 성막하는 TiSiN막 성막 장치(7)가 마련되어 있다. 또한 진공 반송실(64)은, TiSiN막(203)의 표면에 핵 생성층(205)을 형성하는 핵 생성층 형성 장치(8)와, 텅스텐막(206)을 성막하여, 가로 홈(200)에 텅스텐을 매립하는 텅스텐막 성막 장치(9)를 구비하고 있다. 이 예에서는, 진공 반송실(64)에 대하여 TiSiN막 성막 장치(7)와, 핵 생성층 형성 장치(8)가 1대씩 접속되고, 텅스텐막 성막 장치(9)가 2대 접속되어 있다. 진공 반송실(64)에는, 반송 암(69)이 마련되어 있어, 반송 암(69)에 의해, 각 로드 로크실(63), TiSiN막 성막 장치(7), 핵 생성층 형성 장치(8), 텅스텐막 성막 장치(9) 사이에서 웨이퍼(100)의 전달이 행하여진다.

[0036] 진공 처리 장치에는, 예를 들어 컴퓨터로 이루어지는 제어부(90)가 마련되어 있다. 이 제어부(90)는, 프로그램, 메모리, CPU로 이루어지는 데이터 처리부 등을 구비하고 있다. 프로그램에는, 제어부(90)로부터 진공 처리 장치의 각 부에 제어 신호를 보내어, 예를 들어 TiSiN막(203), 핵 생성층(205) 및 텅스텐막(206)의 성막을 실행하는 각 스텝을 진행시키도록 명령(각 스텝)이 내장되어 있다. 이 프로그램은, 컴퓨터 기억 매체, 예를 들어 플렉시블 디스크, 콤팩트 디스크, 하드 디스크, MO(광자기 디스크) 등의 기억부에 저장되어 제어부(90)에 인스톨된다.

[0037] 계속해서 TiSiN막 성막 장치(7)에 대해서, 도 9를 참조하여 설명한다. TiSiN막 성막 장치(7)는, 웨이퍼(100)를 수용하는 처리 용기(10)를 구비하고 있고, 이 처리 용기(10)의 측벽에는 웨이퍼(100)를 반입 또는 반출하기 위한 반입출구(11)가, 게이트 밸브(12)에 의해 개폐 가능하게 형성되어 있다. 처리 용기(10)의 측벽의 상부에는, 예를 들어 내주면을 따라 슬릿(131)이 형성됨과 함께, 외벽에 배기구(132)가 형성된 원환상의 배기 덕트(13)가 배치되어 있다. 배기 덕트(13)의 상면에는, 처리 용기(10)의 상부 개구를 막도록 천장벽(14)이 마련된다. 처리 용기(10)는, 배기구(132)를 통해서, 진공 배기로(16)에 의해, 예를 들어 진공 펌프로 이루어지는 진공 배기부(17)에 접속되어, 도시하지 않은 압력 조절부에 의해 처리 용기(10) 내의 압력이 제어된다.

[0038] 처리 용기(10)의 내부에는, 웨이퍼(100)를 수평하게 지지하기 위한 적재대(2)가 마련되고, 이 적재대(2)에는, 웨이퍼(100)를 가열하기 위한 히터(21)가 매설되어 있다. 적재대(2)는, 지지 부재(241)를 통해서, 승강 기구(24)에 의해 처리 위치(도 9 중에 실선으로 나타내고 있음)와, 그 하방의 웨이퍼(100)의 전달 위치(동일하게 이점쇄선으로 나타내고 있음)의 사이에서 승강 가능하게 구성된다. 처리 용기(10) 내의 적재대(2)의 하방측에는, 웨이퍼(100)의 전달용인 3개(2개만 도시)의 지지 핀(25)이 마련되어 있다. 이들 지지 핀(25)은, 전달 위치에 있는 적재대(2)의 상면에 대하여 돌출 함몰하도록, 승강 기구(26)에 의해 승강 가능하게 마련된다. 도면 중 부호 22는 지지 핀(25)용 관통 구멍을 가리키고, 부호 27, 28은 처리 용기(10) 내의 분위기를 외기와 구획하고, 각각 적재대(2), 지지 핀(25)의 승강 동작에 따라서 신축하는 벨로우즈를 가리킨다.

[0039] 처리 용기(10)에는, 적재대(2)와 대향하도록, 처리 용기(10) 내에 처리 가스를 샤워 형상으로 공급하기 위한 샤워 헤드(3)가 마련된다. 샤워 헤드(3)는, 처리 용기(10)의 천장벽(14)에 고정된 본체부(31)와, 본체부(31) 아래에 접속된 샤워 플레이트(32)를 구비하고, 그 내부는 가스 확산 공간(33)을 이루고 있다. 샤워 플레이트(32)에는 가스 토출 구멍(34)이 형성되고, 가스 확산 공간(33)에는, 가스 도입 구멍(35)을 통해서 가스 공급계(4)가 접속되어 있다.

[0040] 가스 공급계(4)는, 사염화티타늄($TiCl_4$) 가스를 공급하는 제1 가스 공급부, 디클로로실란(SiH_2Cl_2: DCS) 가스를 공급하는 제2 가스 공급부를 구비하고 있다. 또한 질화 가스를 공급하는 질화 가스 공급부를 구비하고 있다. 이 예에서는, 질화 가스로서 암모니아(NH_3) 가스가 사용된다.

[0041] 제1 가스 공급부는, $TiCl_4$ 공급원(41) 및 공급로(411)를 포함하는 것이며, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스 공급로(411)에는, 상류측으로부터 유량 조정부(412), 저류 탱크(413) 및 밸브(V1)가 개재 설치된다. 제2 가스 공급부는, DCS 공급원(42) 및 공급로(421)를 포함하는 것이며, 예를 들어 DCS 가스 공급로(421)에는, 상류측으로부터 유량 조정부(422), 저류 탱크(423) 및 밸브(V2)가 개재 설치된다.

[0042] 또한, 질화 가스 공급부는, NH_3 공급원(43) 및 공급로(431)를 포함하는 것이며, 예를 들어 NH_3 가스 공급로(431)에는, 상류측으로부터 유량 조정부(432), 저류 탱크(433) 및 밸브(V3)가 개재 설치된다.

[0043] 이들 $TiCl_4$ 가스, DCS 가스, NH_3 가스는, 각각 저류 탱크(413, 423, 433)에 일단 저류되어, 이들 저류 탱크(413, 423, 433) 내에서 소정의 압력으로 승압된 후, 처리 용기(10) 내에 공급된다. 저류 탱크(413, 423,

433)로부터 처리 용기(10)에의 각각의 가스의 공급 및 정지는, 밸브(V1, V2, V3)의 개폐에 의해 행하여진다.

[0044] 또한, 가스 공급계(4)는, 불활성 가스 예를 들어 질소(N_2) 가스의 공급원(44, 45, 46)을 구비하고 있다. 본 예에서는, 공급원(44)으로부터 공급되는 N_2 가스는 $TiCl_4$용 퍼지 가스이며, 공급원(44)은, 퍼지 가스 공급로(441)를 통해서, $TiCl_4$ 가스의 가스 공급로(411)에서의 밸브(V1)의 하류측에 접속된다. 또한, 공급원(45)으로부터 공급되는 N_2 가스는 DCS용 퍼지 가스이며, 공급원(45)은, 퍼지 가스 공급로(451)를 통해서, DCS 가스의 가스 공급로(421)에서의 밸브(V2)의 하류측에 접속된다. 또한, 공급원(46)으로부터 공급되는 N_2 가스는 NH_3용 퍼지 가스이며, 공급원(46)은 퍼지 가스 공급로(461)를 통해서, NH_3 가스의 가스 공급로(431)에서의 밸브(V3)의 하류측에 접속된다. 또한, 도 1 중, 부호 442, 452, 462는 각각 유량 조정부를 가리키고, 부호 V4, V5, V6은 각각 밸브를 가리키고 있다.

[0045] 또한 핵 생성층 형성 장치(8) 및 텅스텐막 성막 장치(9)는, 각각 웨이퍼(100)에 공급하는 가스가 다른 것과, 웨이퍼(100)의 가열 온도가 다른 것을 제외하고, TiSiN막 성막 장치(7)와 거의 마찬가지로 구성되어 있다.

[0046] 핵 생성층 형성 장치(8)는, 처리 용기(10) 내에 퍼지 가스와 함께 WF_6 가스를 공급하는 가스 공급계(4)를 구비하도록 구성됨과 함께, 퍼지 가스와 함께 B_2H_6 가스를 공급하는 가스 공급계(4)를 구비하고 있다. 또한 적재대(2)는, 웨이퍼(100)를 가열하도록 구성되어 있다.

[0047] 또한 텅스텐막 성막 장치(9)는, 처리 용기(10) 내에 퍼지 가스와 함께 WF_6 가스를 공급하는 가스 공급계(4)를 구비함과 함께, 퍼지 가스와 함께 H_2 가스를 공급하는 가스 공급계(4)를 구비하고 있다. 또한 적재대(2)는, 웨이퍼(100)를 가열하도록 구성되어 있다.

[0048] 이러한 진공 처리 장치에 있어서, 예를 들어 도 1에 도시한 표면 구조를 갖는 웨이퍼(100)를 수납한 반송 용기(C)가, 진공 처리 장치의 로드 포트(61)에 반입된다. 또한 웨이퍼(100)는, 반송 용기(C)로부터 취출되어, 상압 반송실(62)을 통해서 얼라인먼트실(66)에 반입된다. 얼라인먼트실(66)에서 얼라인먼트가 행하여진 후, 웨이퍼(100)는, 로드 로크실(63)을 통해서 진공 반송실(64)에 반송된다. 계속해서 웨이퍼는, 반송 암(69)에 의해 TiSiN막 성막 장치(7)에 반송되어, 이미 설명한 ALD법에 의한 TiSiN막(203)의 성막 처리가 행하여진다. 그 후 웨이퍼(100)는, 반송 암(69)에 의해 취출되어 핵 생성층 형성 장치(8)에 반송되어, ALD법에 의해 핵 생성층(205)을 형성하는 처리가 행하여진다. 이어서 웨이퍼(100)는, 반송 암(69)에 의해 취출되어 텅스텐막 성막 장치(9)에 반송되어, ALD법에 의해 텅스텐막(206)의 성막 처리가 행하여진다.

[0049] 이렇게 해서 가로 홈(200)에 텅스텐막(206)이 매립된 웨이퍼(100)를, 제2 반송 암(69)에 의해 진공 분위기의 로드 로크실(63)에 반송한다. 이어서 로드 로크실(63)을 대기 분위기로 전환한 후, 웨이퍼(100)를, 반송 암(65)에 의해 예를 들어 원래의 반송 용기(C)로 되돌린다.

[0050] 여기서, 진공 처리 장치의 구성은, 도 8에 도시한 예에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 핵 생성층 형성 장치(8)와 텅스텐막 성막 장치(9)를 공통화해도 된다. 이 경우에는, TiSiN막(203)이 성막된 웨이퍼(100)를 텅스텐막 성막 장치에 반입하고, 웨이퍼(100)를 가열해서 핵 생성층(205)의 성막을 행한다. 이어서 적재대(2)의 온도를 상승시켜서 웨이퍼(100)를 가열하면서 웨이퍼(100) 텅스텐막을 성막하면 된다. 단, 이미 설명한 바와 같이 핵 생성층(205)과, 텅스텐막(206)은, 성막할 때의 웨이퍼(100)의 가열 온도가 다르다. 그 때문에 핵 생성층 형성 장치(8)와 텅스텐막 성막 장치(9)는 별도의 장치로 함으로써, 적재대(2)의 온도 조절에 요하는 시간을 삭감할 수 있다.

[0051] 금회 개시된 실시 형태는 모든 점에서 예시이며 제한적인 것은 아니라고 생각되어야 한다. 상기 실시 형태는, 첨부의 청구범위 및 그 주지를 일탈하지 않고, 다양한 형태에서 생략, 치환, 변경되어도 된다.

[0052] [검증 시험 1]

[0053] 본 개시에 관한 텅스텐을 성막하는 방법의 효과를 검증하기 위해서 이하의 시험을 행하였다.

[0054] [TiSiN막 1]

[0055] 도 8에 도시하는 진공 처리 장치를 사용하여, 실시 형태에 나타낸 텅스텐막의 성막 방법에 따라서, 오목부가 형성되어 있지 않은 시험용 웨이퍼(100)에 TiSiN막(203), 핵 생성층(205) 및 텅스텐막(206)을 이 순으로 적층한 예를 시험 1로 하였다. TiSiN막(203)의 성막에 있어서, TiN의 층(201)의 성막을 행하는 사이클수(X)와, SiN의

형성의 사이클수(Y)의 비는, X:Y=1:1로 하였다.

[0056] [TiSiN막 2]

[0057] TiSiN막(203)의 성막에 있어서, X:Y=5:1로 한 것을 제외하고, TiSiN막 1과 마찬가지의 처리를 행한 예를 TiSiN막 2로 하였다.

[0058] [TiN막 3]

[0059] TiSiN막을 성막하는 공정에서, SiN의 형성을 행하지 않는, 즉 TiN의 층(201)만을 성막한 것을 제외하고, TiSiN막 2와 마찬가지의 처리를 행한 예를 TiN막 3으로 하였다.

[0060] TiSiN막 1, 2, TiN막 3 각각에 대해서, 핵 생성층(205)의 형성 시의 사이클수를 5, 10 및 15회로 설정하고, 형성된 핵 생성층(205)의 두께를 측정하였다. 이때, 시험 1 내지 시험 3에 대해서, 핵 생성층(205)의 성막 시의 사이클수에 대한 핵 생성층(205)의 두께의 변화를 도 10에 나타내었다.

[0061] 또한 TiSiN막 1, 2, TiN막 3에 대해서, 핵 생성층(205)의 형성 시의 사이클수를 2, 3, 4, 6, 8 및 10회로 설정하고, 또한 텅스텐막(206)을 실시 형태와 마찬가지로 성막했을 때의 핵 생성층과 텅스텐막을 합친 막 두께(전체 막 두께)를 측정하였다. TiSiN막 1, 2, TiN막 3에 대해서, 핵 생성층(205)의 형성 시의 사이클수에 대한 텅스텐의 전체 막 두께의 변화를 도 11에 나타내었다.

[0062] 도 10에 도시하는 바와 같이, 핵 생성층(205)의 성막에서의 사이클수가 15회 정도로 되면, TiSiN막 1, 2, TiN막 3의 핵 생성층(205)의 막 두께에 거의 차는 보이지 않는다. 그러나 사이클수가 5회인 경우에는, 시험 1에서의 핵 생성층(205)의 막 두께가 얇아져 있는 것을 알 수 있다.

[0063] 또한 도 11에 도시하는 바와 같이, 핵 생성층(205)의 성막 시의 사이클수를 6회 이하로 함으로써, TiSiN막 1의 핵 생성층(205) 및 텅스텐막(206)이 거의 성막되지 않는 것을 알 수 있다.

[0064] 따라서, 하지막인 TiSiN막(203)에 포함되는 Si의 함유량을 변화시키면서, 적절한 양의 핵 생성층(205)을 형성함으로써, 텅스텐막(206)의 성막 속도를 조절할 수 있다고 할 수 있다.

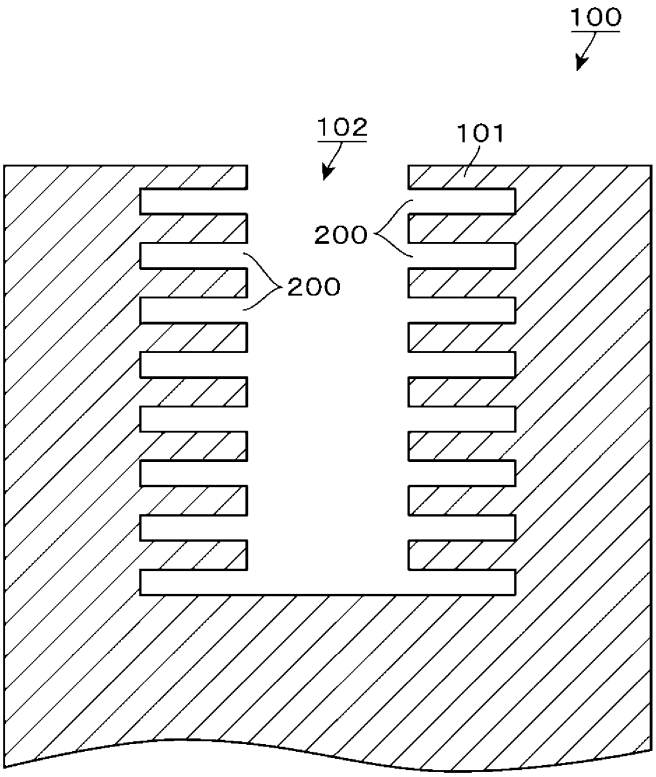
[0065] [검증 시험 2]

[0066] 또한 TiSiN막(203)을 성막하는 데 있어서, 오목부가 형성되어 있지 않은 시험용 웨이퍼(100)에 대하여, DCS 가스의 유량을 20, 30, 80, 150sccm으로 설정해서 성막하고, TiSiN막(203) 중의 Si의 함유량을 측정하였다. DCS의 유량에 대한 TiSiN막(203) 중의 Si의 함유량의 그래프를 도 12에 나타내었다.

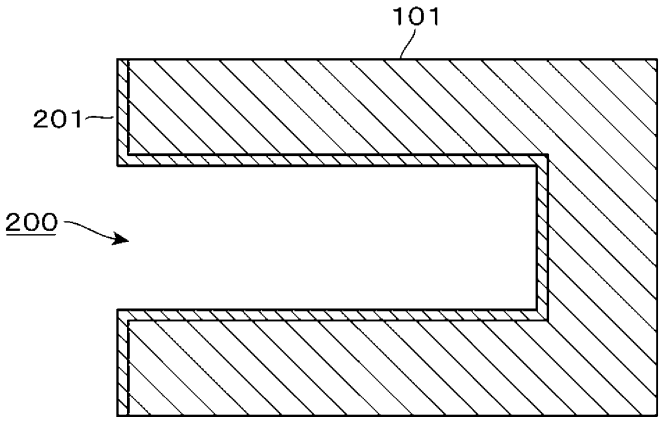
[0067] 도 12에 도시하는 바와 같이, DCS 가스의 유량이 높아짐으로써, Si의 함유량이 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서, 웨이퍼(100)에 형성된 오목부에 있어서도, 오목부의 개구부와 안쪽부의 사이에서, DCS 가스의 공급 유량에 차를 형성함으로써, 오목부의 개구부와 안쪽부에서 TiSiN막(203) 중의 Si의 함유량에 차를 형성할 수 있다고 할 수 있다.

도면

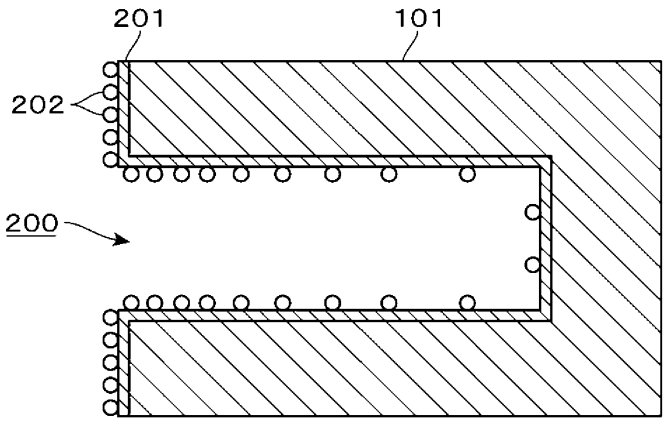
도면1



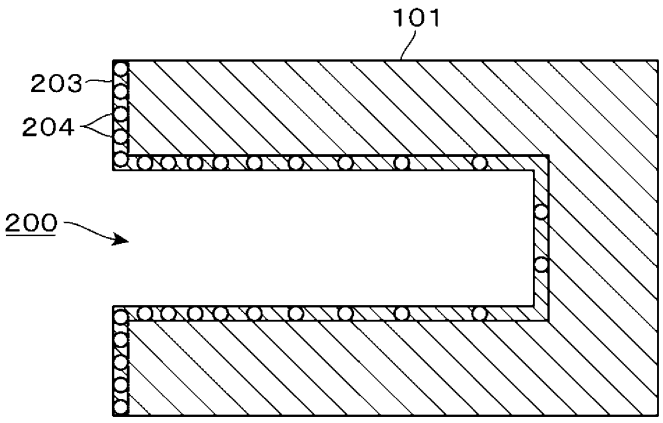
도면2



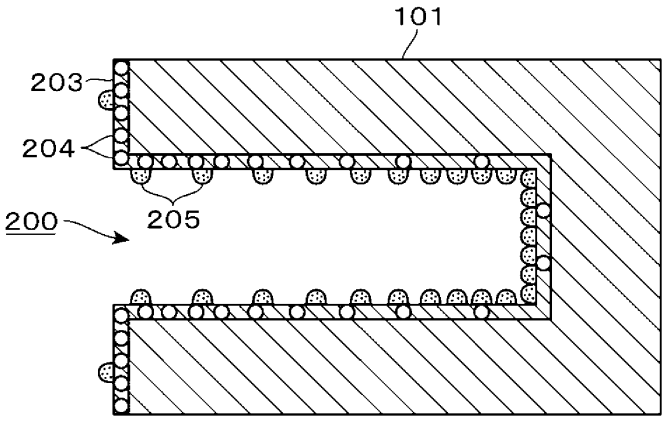
도면3



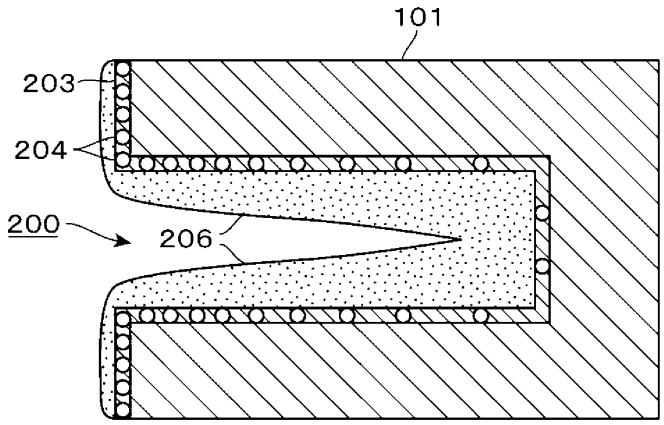
도면4



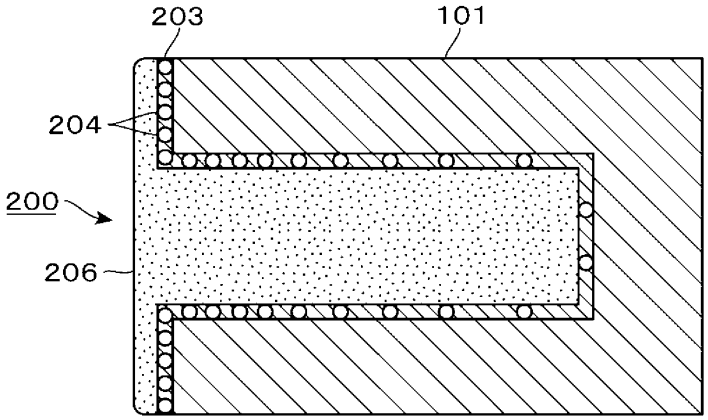
도면5



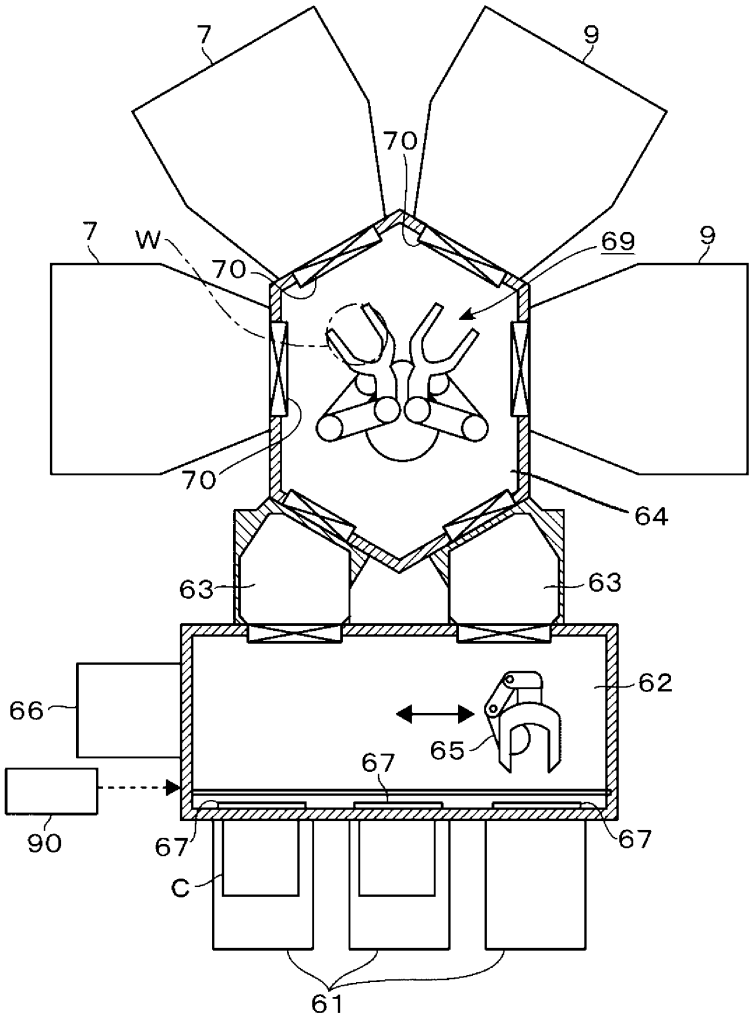
도면6



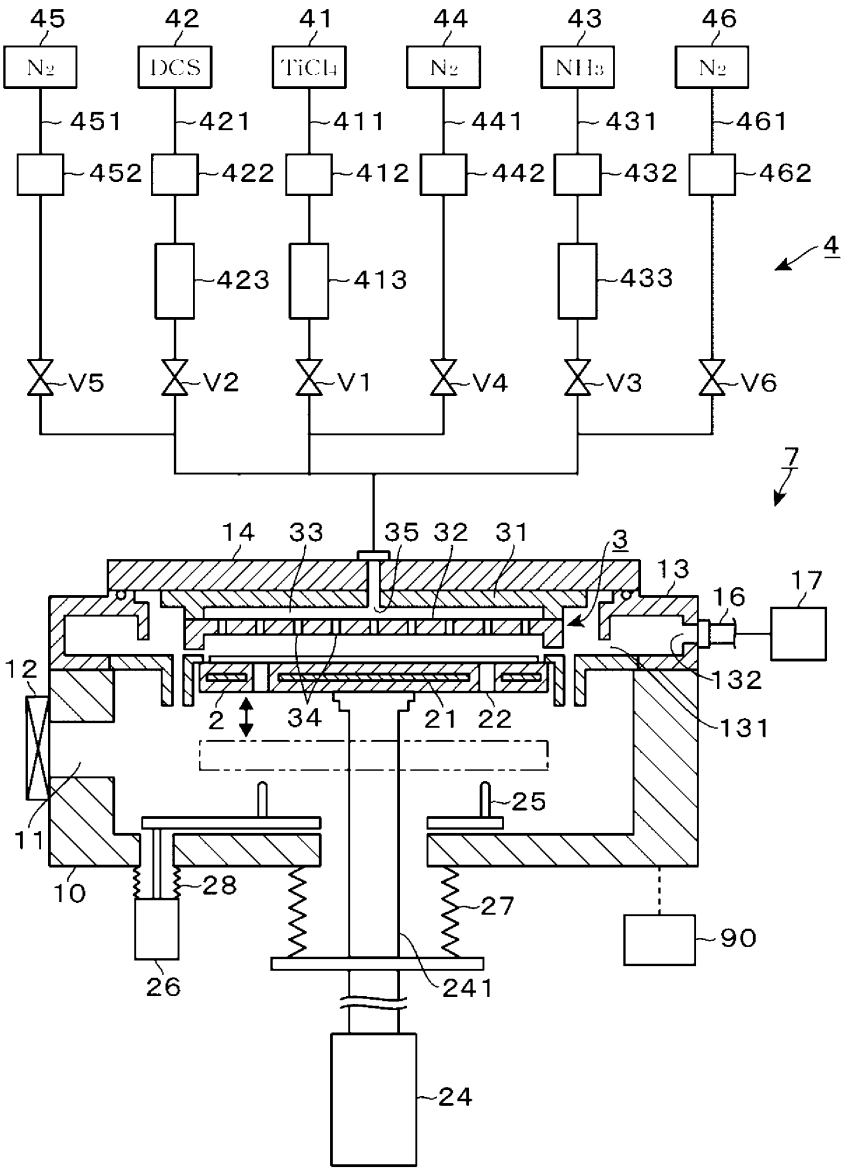
도면7



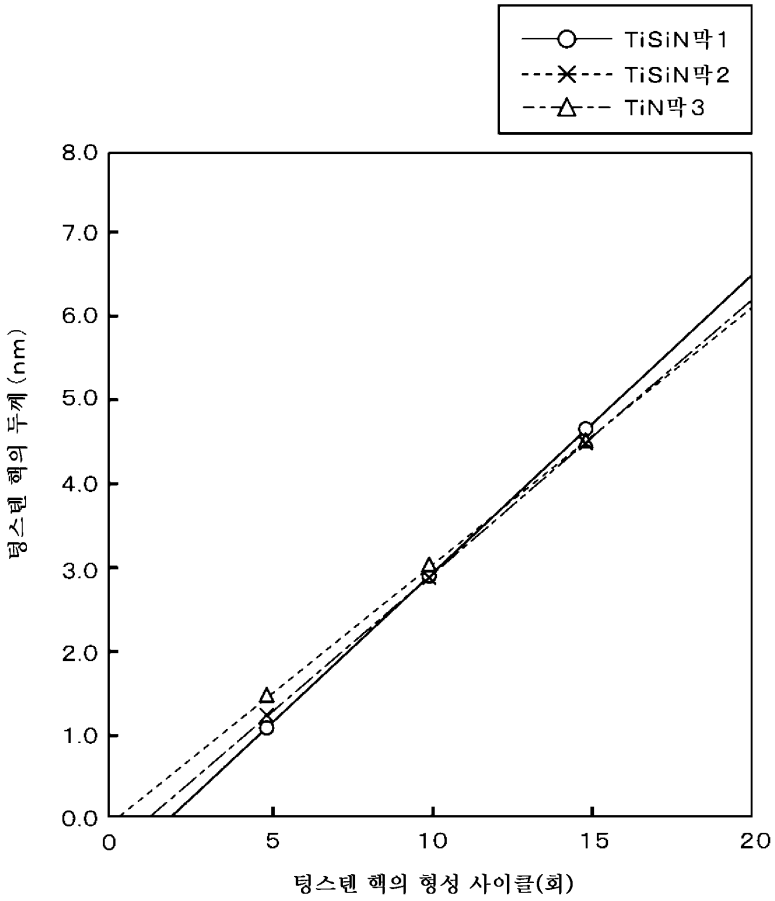
도면8



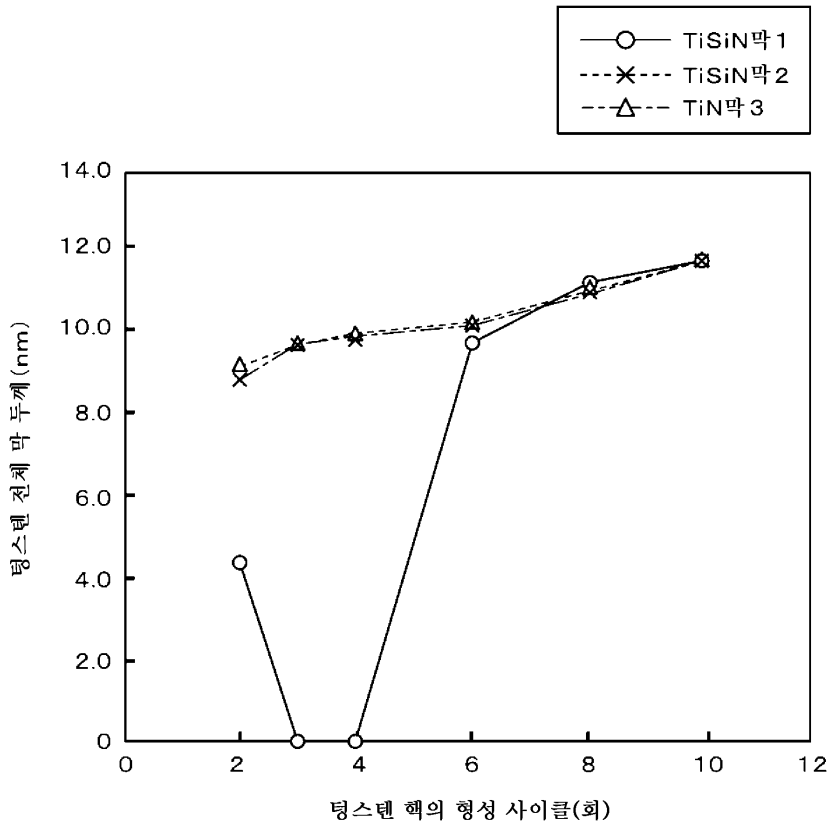
도면9


45
42
41
44
43
46
N2
DCS
TiCl4
N2
NH3
N2
451
421
411
441
431
461
452
422
412
442
432
462
423
413
433
4
V5
V2
V1
V4
V3
V6
7
14
33
35
32
31
3
13
16
17
12
132
131
2
34
21
22
25
11
10
28
27
90
26
241
24

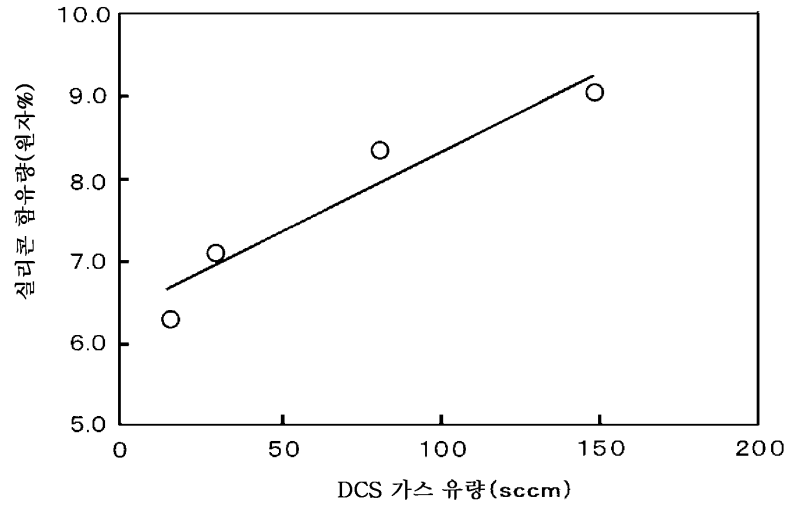
도면10


TiSiN막1
TiSiN막2
TiN막3
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
텅스텐 핵의 두께 (nm)
0
5
10
15
20
텅스텐 핵의 형성 사이클(회)

도면11


TiSiN막1
TiSiN막2
TiN막3
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0
0
2
4
6
8
10
12
텅스텐 전체 막 두께(nm)
텅스텐 핵의 형성 사이클(회)

도면12


10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
0
50
100
150
200
실리콘 함유량(원자%)
DCS 가스 유량(sccm)