



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0015932
 (43) 공개일자 2010년02월12일

- (51) Int. Cl.
 C23C 16/08 (2006.01) C23C 16/509 (2006.01)
 C23C 16/52 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2009-7022392
 (22) 출원일자 2008년04월15일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2009년10월26일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2008/057315
 (87) 국제공개번호 WO 2008/136260
 국제공개일자 2008년11월13일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2007-118301 2007년04월27일 일본(JP)

- (71) 출원인
 도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
 일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1코
- (72) 발명자
 나루시마 겐사쿠
 일본 야마나시켄 니라사키시 호사카쵸 미즈자와 650 도쿄엘렉트론에이티가부시키키가이샤 내
 와카바야시 사토시
 일본 야마나시켄 니라사키시 호사카쵸 미즈자와 650 도쿄엘렉트론에이티가부시키키가이샤 내
- 젠코 데츠
 일본 야마나시켄 니라사키시 호사카쵸 미즈자와 650 도쿄엘렉트론에이티가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인
 김창세

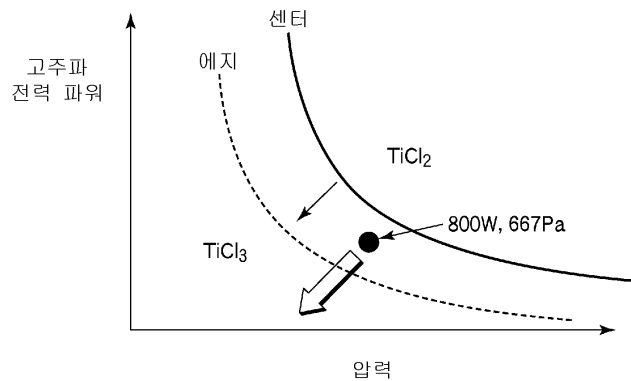
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) Ti 막의 성막 방법

(57) 요약

Ti 막의 성막 방법은 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기판을 배치하는 것과, 피 처리 기판을 가열하는 것과, 챔버 내를 소정의 압력으로 하는 것과, 챔버 내로 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기판의 표면에서 상기 TiCl₄ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하고, 그 반응에 의해 피 처리 기판의 Si 부분에 Ti막을 성막할 때에 피 처리 기판의 Si 부분에서의 TiSi의 생성 반응이 억제되도록 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 제어한다.

대표도 - 도6



특허청구의 범위

청구항 1

피 처리 기판을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기판을 탑재하는 탑재대와, 탑재대상의 기판을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대상의 피 처리 기판의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해, Si 부분을 갖는 피 처리 기판의 Si 함유 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법으로서,

상기 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기판을 배치하는 것과, 피 처리 기판을 가열하는 것과, 챔버 내를 소정의 압력으로 하는 것과, 챔버 내에 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기판의 표면에서 상기 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하고,

상기 반응에 의해 피 처리 기판의 Si 부분에 Ti막을 성막할 때에 피 처리 기판의 Si 부분에서의 $TiSi$ 의 생성 반응이 억제되도록 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 제어하는 Ti막의 성막 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

피 처리 기판의 온도가 $550^{\circ}C$ 근방에서, 프리커서로서 $TiCl_3$ 이 주체가 되는 성막 반응이 생기도록 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 제어하는 Ti막의 성막 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

기판 온도가 300 내지 $670^{\circ}C$ 인 Ti막의 성막 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

기판 온도가 $500^{\circ}C \pm 20^{\circ}C$ 인 Ti막의 성막 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

피 처리 기판은 Si 부분 외에 SiO_2 부분을 가지고, Si 부분과 SiO_2 부분의 양쪽에 Ti막을 성막하는 Ti막의 성막 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

피 처리 기판의 Si 부분에 Ti막이 형성되는 것에 의해 그 계면이 실리사이드화되는 Ti막의 성막 방법.

청구항 7

피 처리 기판을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기판을 탑재하는 탑재대와, 탑재대상의 기판을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대상의 피 처리 기판의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해, Si 부분을 갖는 피 처리 기판의 Si 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법으로서,

상기 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기판을 배치하는 것과, 피 처리 기판을 가열하는 것과, 챔버 내 압력을

진공 흡인하는 것과, 챔버 내에 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하여 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기관의 표면에서 상기 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하고,

챔버 내 압력이 266 내지 1,333Pa인 범위, 고주파 전력 파워가 200 내지 1,000W인 범위 내에서, 챔버 내 압력을 x (Pa), 고주파 전력 파워를 y (W)로 했을 때에 $(y-333)<160,400/(x-266)$ 을 만족시키는 Ti막의 성막 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

기관 온도가 300 내지 670℃인 Ti막의 성막 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

기관 온도가 $500℃ \pm 20℃$ 인 Ti막의 성막 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

피 처리 기관은 Si 부분 외에 SiO_2 부분을 가지고, Si 부분과 SiO_2 부분의 양쪽에 Ti막을 성막하는 Ti막의 성막 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막이 형성되는 것에 의해 그 계면이 실리사이드화되는 Ti막의 성막 방법.

청구항 12

피 처리 기관을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기관을 탑재하는 탑재대와, 탑재대상의 기관을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대상의 피 처리 기관의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해, Si 부분을 갖는 피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법으로서,

상기 탑재대에 Si 함유 부분을 갖는 피 처리 기관을 배치하는 것과, 피 처리 기관을 가열하는 것과, 챔버 내 압력을 300 내지 800Pa의 범위로 하는 것과, 챔버 내에 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단의 고주파 전력 파워를 300 내지 600W로하여 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기관의 표면에서 상기 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하는 Ti막의 성막 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

기관 온도가 300 내지 670℃인 Ti막의 성막 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

기관 온도가 $500℃ \pm 20℃$ 인 Ti막의 성막 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

피 처리 기판은 Si 부분 외에 SiO₂ 부분을 가지고, Si 부분과 SiO₂ 부분의 양쪽에 Ti막을 성막하는 Ti막의 성막 방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

피 처리 기판의 Si 부분에 Ti막이 형성되는 것에 의해 그 계면이 실리사이드화되는 Ti막의 성막 방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

피 처리 기판의 Si 부분에 Ti막이 형성되는 것에 의해 그 계면이 실리사이드화되는 Ti막의 성막 방법.

청구항 18

피 처리 기판을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기판을 탑재하는 탑재대와, 탑재대상의 기판을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대상의 피 처리 기판의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해, Si 부분을 갖는 피 처리 기판의 Si 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법으로서,

상기 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기판을 배치하는 것과, 피 처리 기판을 가열하는 것과, 챔버 내를 소정의 압력으로 하는 것과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스 및 불활성 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기판의 표면에서 상기 TiCl₄ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하고,

TiCl₄ 가스 및 환원 가스 및 불활성 가스를 상기 챔버 내에 도입한 후에, 고주파 전계를 형성하여 플라즈마를 생성하는 Ti막의 성막 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

챔버 내 압력이 266 내지 1,333Pa인 범위, 고주파 전력 파워가 200 내지 1,000W인 범위내에서, 챔버 내 압력을 x(Pa), 고주파 전력 파워를 y(W)로 했을 때에 $(y-333) < 160,400 / (x-266)$ 를 만족시키는 Ti막의 성막 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

챔버 내 압력이 300 내지 800Pa의 범위, 고주파 전력 파워가 300 내지 600 W의 범위인 Ti막의 성막 방법.

청구항 21

제 18 항에 있어서,

기판 온도가 300 내지 670℃인 Ti막의 성막 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

기판 온도가 620 내지 650℃인 Ti막의 성막 방법.

청구항 23

제 18 항에 있어서,

피 처리 기판은 Si 부분 외에 SiO₂ 부분을 가지고, Si 부분과 SiO₂ 부분의 양쪽에 Ti막을 성막하는 Ti막의 성막

방법.

청구항 24

제 18 항에 있어서,

피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막이 형성되는 것에 의해 그 계면이 실리사이드화되는 Ti막의 성막 방법.

청구항 25

컴퓨터상에서 동작하며 성막 장치를 제어하는 프로그램이 기억된 기억 매체로서,

상기 제어 프로그램은 실행 시에,

피 처리 기관을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기관을 탑재하는 탑재대와, 탑재대상의 기관을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대상의 피 처리 기관의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해, Si 부분을 갖는 피 처리 기관의 Si 함유 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법이고,

상기 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기관을 배치하는 것과, 피 처리 기관을 가열하는 것과, 챔버 내를 소정의 압력으로 하는 것과, 챔버 내에 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기관의 표면에서 상기 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하며,

상기 반응에 의해 피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막을 성막할 때에, 피 처리 기관의 Si 부분에서의 $TiSi$ 의 생성 반응이 억제되도록 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 제어하는 Ti막의 성막 방법이 실시되도록, 컴퓨터로 상기 성막 장치를 제어시키는 기억 매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 챔버 내에서 $TiCl_4$ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하여, 챔버 내의 탑재대 상에 탑재된 Si 함유 부분을 갖는 피 처리 기관의 Si 함유 부분에 Ti막을 성막(成膜)하는 Ti막의 성막 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 반도체 디바이스의 제조에 있어서는, 최근의 고밀도화 및 고집적화의 요청에 대응하여 회로 구성을 다층 배선 구조로 하는 경향이 있고, 이 때문에 하층의 반도체 디바이스와 상층의 배선층의 접속부인 콘택트 홀이나, 상하의 배선층끼리의 접속부인 비아홀 등의 층간의 전기적 접속을 위한 매립 기술이 중요해지고 있다.

[0003] 이러한 콘택트 홀이나 비아홀의 매립에는 일반적으로 Al(알루미늄)이나 W(텅스텐) 또는 이들을 주체로 하는 합금이 사용되지만, 이러한 금속이나 합금과 하층의 Si 기판이나 poly-Si 층의 콘택트를 형성하기 위해서, 이들의 매립에 앞서서 Ti막을 형성하는 것에 의해 베이스의 Si와 반응시켜 콘택트 홀의 밑바닥의 Si 확산층 상에 $TiSi_2$ 를 선택 성장시켜, 양호한 옴 저항을 얻고 있다(예컨대 일본 특허 공개 평5-67585호 공보).

[0004] CVD-Ti막을 성막하는 경우에는 원료 가스로서 $TiCl_4$ 가스가 일반적으로 사용되고, 환원 가스로서 H_2 가스 등이 사용되지만, 이 $TiCl_4$ 가스의 결합에너지는 꽤 높고, 열에너지 단독으로는 1,200℃ 정도의 고온이 아니면 분해되지 않기 때문에, 플라즈마 에너지를 병용하는 플라즈마 CVD에 의해서, 보통 프로세스 온도 650℃ 정도에서 성막을 실시하고 있다. 또한, 반응을 촉진하는 관점에서, 비교적 높은 압력 및 고주파 전력 파워를 채용하여 플라즈마를 형성하고 있다.

[0005] 그런데, 최근 게이트 전극의 폴리실리콘상의 메탈과의 콘택트 층으로서 Ti막이 사용되고 있어, 종래의 650℃ 부근의 성막 온도에서는 온도가 지나치게 높기 때문에, 550℃ 부근의 저온에서의 Ti막의 성막이 검토되고 있다.

- [0006] 그러나, 550℃ 부근에서 성막을 실시하는 경우에는 피 처리 기관인 반도체 웨이퍼의 온도를 균일하게 해도, 웨이퍼면 내에서의 실리사이드화에 편차가 생겨버려 면내의 막질 균일성이 악화되게 된다. 또한, 플라즈마에 의해, 웨이퍼에 대한 차징 손상이나 챔버에 대한 이상방전 등의 플라즈마 손상이 발생해 버린다.
- [0007] 한편, 현행의 Ti막 성막에 있어서는, 플라즈마화의 용이성의 관점에서 먼저 Ar 가스 및 환원 가스인 H₂ 가스를 챔버 내에 도입하여 플라즈마화하고나서 TiCl₄ 가스를 도입하고 있지만, 뒤에서 TiCl₄ 가스를 도입함으로써 일시적으로 방전 상태가 변화하여 챔버 내에서 이상방전이 생기거나, 웨이퍼에의 플라즈마 손상이 생겨버린다.
- [0008] (발명의 개시)
- [0009] 본 발명의 목적은 피 처리 기관 면내에서의 실리사이드화를 균일하게 진행시킬 수 있는 Ti막의 성막 방법을 제공하는 것에 있다.
- [0010] 또한, 본 발명의 다른 목적은, 피 처리 기관이나 챔버에 대한 플라즈마 손상이 생기기 어려운 Ti막의 성막 방법을 제공하는 것에 있다.
- [0011] 본 발명의 제 1 관점에 의하면, 피 처리 기관을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기관을 탑재하는 탑재대와, 탑재대 상의 기관을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대 상의 피 처리 기관의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해 Si 부분을 갖는 피 처리 기관의 Si 함유 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법으로서, 상기 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기관을 배치하는 것과, 피 처리 기관을 가열하는 것과, 챔버 내를 소정의 압력으로 하는 것과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기관의 표면에서 상기 TiCl₄ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하고, 상기 반응에 의해 피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막을 성막할 때에, 피 처리 기관의 Si 부분에서의 TiSi의 생성 반응이 억제되도록 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 제어하는 Ti막의 성막 방법이 제공된다.
- [0012] 이 경우에, 피 처리 기관의 온도 550℃ 근방에서, 프리커서로서 TiCl₃이 주체가 되는 성막 반응이 생기도록 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 제어하는 것이 바람직하다.
- [0013] 본 발명의 제 2 관점에 의하면, 피 처리 기관을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기관을 탑재하는 탑재대와, 탑재대 상의 기관을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대 상의 피 처리 기관의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해, Si 부분을 갖는 피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법으로서, 상기 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기관을 배치하는 것과, 피 처리 기관을 가열하는 것과, 챔버 내 압력을 진공 흡인하는 것과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하여 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기관의 표면에서 상기 TiCl₄ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하고, 챔버 내 압력이 266 내지 1,333Pa인 범위, 고주파 전력 파워가 200 내지 1,000W인 범위 내에서, 챔버 내 압력을 x(Pa), 고주파 전력 파워를 y(W)로 했을 때에 $(y-333) < 160,400 / (x-266)$ 을 만족시키는 Ti막의 성막 방법이 제공된다.
- [0014] 본 발명의 제 3 관점에 의하면, 피 처리 기관을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기관을 탑재하는 탑재대와, 탑재대 상의 기관을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대 상의 피 처리 기관의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해 Si 부분을 갖는 피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법으로서, 상기 탑재대에 Si 함유 부분을 갖는 피 처리 기관을 배치하는 것과, 피 처리 기관을 가열하는 것과, 챔버 내 압력을 300 내지 800Pa의 범위로 하는 것과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단의 고주파 전력 파워 300 내지 600W로 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기관의 표면에서 상기 TiCl₄ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하는 Ti막의 성막 방법이 제공

된다.

- [0015] 상기 제 1 내지 제 3 관점에서, 기관 온도가 300 내지 670°C의 범위로 할 수 있다. 특별히, 기관 온도가 500°C ±20°C인 경우에 유효하다.
- [0016] 본 발명의 제 4 관점에 의하면, 피 처리 기관을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기관을 탑재하는 탑재대와, 탑재대 상의 기관을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대 상의 피 처리 기관의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해, Si 부분을 갖는 피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법으로서,
- [0017] 상기 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기관을 배치하는 것과, 피 처리 기관을 가열하는 것과, 챔버 내를 소정의 압력으로 하는 것과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스 및 불활성 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기관의 표면에서 상기 TiCl₄ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하고, TiCl₄ 가스 및 환원 가스 및 불활성 가스를 상기 챔버 내에 도입한 후에, 고주파 전계를 형성하여 플라즈마를 생성하는 Ti막의 성막 방법이 제공된다.
- [0018] 상기 본 발명의 제 4 관점에서, 챔버 내 압력이 266 내지 1,333Pa인 범위, 고주파 전력 파워가 200 내지 1,000W인 범위 내에서, 챔버 내 압력을 x(Pa), 고주파 전력 파워를 y(W)로 했을 때에 $(y-333) < 160,400 / (x-266)$ 을 만족시키는 것이 바람직하다.
- [0019] 또한, 챔버 내 압력이 300 내지 800Pa인 범위, 고주파 전력 파워가 300 내지 600W인 범위인 것이 특히 바람직하다.
- [0020] 상기 제 4 관점에서 기관 온도가 300 내지 670°C인 범위로 할 수 있다. 특히, 기관 온도가 620 내지 650°C인 경우에 유효하다.
- [0021] 상기 제 1 내지 제 4 관점에서, 피 처리 기관은 Si 부분 외에 SiO₂ 부분을 가지고, Si 부분과 SiO₂ 부분의 양쪽에 Ti막을 성막하도록 할 수 있다.
- [0022] 상기 제 1 내지 제 4 관점에서, 피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막이 형성되는 것에 의해 그 계면이 실리사이드화되는 것이 바람직하다.
- [0023] 본 발명의 제 5 관점에 의하면, 컴퓨터 상에서 동작하고 성막 장치를 제어하는 프로그램이 기억된 기억 매체로서, 상기 제어 프로그램은 실행 시에, 피 처리 기관을 수용하는 챔버와, 챔버 내에서 피 처리 기관을 탑재하는 탑재대와, 탑재대 상의 기관을 가열하는 가열 수단과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 탑재대 상의 피 처리 기관의 상방의 공간에 고주파 전계를 형성하는 고주파 전계 형성 수단과, 상기 챔버 내를 배기하는 배기 수단을 갖는 성막 장치에 의해, Si 부분을 갖는 피 처리 기관의 Si 함유 부분에 Ti막을 형성하는 Ti막의 성막 방법이고, 상기 탑재대에 Si 부분을 갖는 피 처리 기관을 배치하는 것과, 피 처리 기관을 가열하는 것과, 챔버 내를 소정의 압력으로 하는 것과, 챔버 내에 TiCl₄ 가스 및 환원 가스를 포함하는 처리 가스를 도입하는 것과, 상기 고주파 전계 형성 수단에 의해 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 것과, 피 처리 기관의 표면에서 상기 TiCl₄ 가스 및 환원 가스에 의한 반응을 생기게 하는 것을 포함하며, 상기 반응에 의해 피 처리 기관의 Si 부분에 Ti막을 성막할 때에, 피 처리 기관의 Si 부분에서의 TiSi의 생성 반응이 억제되도록 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 제어하는 Ti막의 성막 방법이 실시되도록, 컴퓨터로 상기 성막 장치를 제어시키는 기억 매체가 제공된다.
- [0024] 현행의 Ti막 성막에 있어서는 반응을 촉진하는 관점에서 챔버 내 압력을 667Pa 정도, 고주파 전력 파워를 800W 정도로 비교적 높게 설정하여 성막 처리를 하고 있지만, 이러한 조건으로 성막하는 경우, 피 처리 기관의 온도 550°C 부근에서 실리사이드화의 편차가 생긴다. 본 발명자들이 그 원인을 조사한 결과, 이 온도 부근에서, Si 상에서 반응에 의해 생성되는 상이 Ti로부터 TiSi로 전이하여 실리사이드화의 편차가 생기게 쉬운 것이 밝혀졌다. 그리고, TiSi는 고온에서 생성되는 TiSi₂나 저온에서의 Ti보다 저항이 높고, 성막 거동도 다르기 때문에, Ti로부터 TiSi로의 전이점 부근에서는 막 두께나 막질의 편차가 생기게 되는 것이다.

[0025] 그래서, 본 발명자들이 550℃ 부근이더라도 이러한 편차가 생기기 어려운 조건을 검토한 결과, 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 제어함으로써 TiSi를 생성하기 어렵게 하여, Ti와 TiSi의 전이점을 실질적으로 소멸시킬 수 있고, 그로 인해 상술한 바와 같은 550℃ 부근에서의 편차를 회피하는 것이 가능하다는 것이 발견되었다. 전형적으로는, 챔버 내 압력 및 인가되는 고주파 전력의 파워를 저하시키는 것에 의해 Ti와 TiSi의 전이점을 실질적으로 소멸시킬 수 있고, 550℃ 부근에서의 막 두께나 막질의 편차를 회피할 수 있음과 동시에, 파워 저하에 동반하여 플라즈마 손상을 저감할 수 있다.

[0026] 또한, 먼저 TiCl₄ 가스를 챔버 내로 도입하고 나서 고주파 전계를 형성함으로써 이상방전의 발생을 억제할 수 있고, 플라즈마 손상을 저감할 수 있다. 이 때문에, 압력 및 고주파 전력 파워를 저하시키는 것에 더하여, 추가로 플라즈마의 생성에 앞서 TiCl₄ 가스를 도입하도록 함으로써, 저온에서부터 고온까지 플라즈마 손상이 생기지 않고, 또한 안정성 및 균일성이 높은 Ti막 성막을 실시할 수 있다.

발명의 상세한 설명

[0046] (발명을 실시하기 위한 최선의 형태)

[0047] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시 형태에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0048] 도 1은 본 발명의 하나의 실시 형태에 따른 Ti막의 성막 방법의 실시에 이용하는 Ti막 성막 장치의 일례를 나타내는 개략적인 단면도이다. 이 Ti막 성막 장치(100)는 평행 평판 전극에 고주파 전계를 형성하는 것에 의해 플라즈마를 형성하면서 CVD 성막을 행하는 플라즈마 CVD 성막 장치로 구성된다.

[0049] 이 Ti막 성막 장치(100)는 대략 원통상의 챔버(1)를 갖고 있다. 챔버(1)의 내부에는 피 처리 기판인 웨이퍼(W)를 수평으로 지지하기 위한 AIN으로 구성된 서셉터(Susceptor; 2)가 그 중앙 하부에 설치된 원통상의 지지부재(3)에 의해 지지된 상태로 배치되어 있다. 서셉터(2)의 외연부에는 웨이퍼(W)를 가이드하기 위한 가이드 링(4)이 설치되어 있다. 또한, 서셉터(2)에는 몰리브덴 등의 고융점 금속으로 구성된 히터(5)가 설치되어 있고, 이 히터(5)는 히터 전원(6)으로부터 급전되는 것에 의해 피 처리 기판인 웨이퍼(W)를 소정의 온도로 가열한다. 서셉터(2)의 표면 근방에는 평행 평판 전극의 하부 전극으로서 기능하는 전극(8)이 매설되어 있고, 이 전극(8)은 접지되어 있다.

[0050] 챔버(1)의 천벽(1a)에는 절연 부재(9)를 통해서 평행 평판 전극의 상부 전극으로서도 기능하는 샤워 헤드(10)가 설치되어 있다. 이 샤워 헤드(10)는 상단 블록체(10a), 중단 블록체(10b), 하단 블록체(10c)로 구성되어 있고, 대략 원반상을 하고 있다. 상단 블록체(10a)는 중단 블록체(10b) 및 하단 블록체(10c)와 동시에 샤워 헤드 본체부를 구성하는 수평부(10d)와 이 수평부(10d)의 외주 상방으로 연속되는 환상 지지부(10e)를 가지며, 오목한 형상으로 형성되어 있다. 그리고, 이 환상 지지부(10e)에 의해 샤워 헤드(10) 전체가 지지되어 있다. 그리고, 하단 블록체(10c)에는 가스를 토출하는 토출 구멍(17)과 토출 구멍(18)이 교대로 형성되어 있다. 상단 블록체(10a)의 상면에는 제 1 가스 도입구(11)와 제 2 가스 도입구(12)가 형성되어 있다. 상단 블록체(10a) 안에서는 제 1 가스 도입구(11)로부터 다수의 가스 통로(13)가 분기되어 있다. 중단 블록체(10b)에는 가스 통로(15)가 형성되어 있고, 상기 가스 통로(13)가 수평으로 연장된 연통로(13a)를 통해서 이들 가스 통로(15)에 연통되어 있다. 또한, 이 가스 통로(15)가 하단 블록체(10c)의 토출 구멍(17)에 연통되어 있다. 또한, 상단 블록체(10a) 안에서는 제 2 가스 도입구(12)로부터 다수의 가스 통로(14)가 분기되어 있다. 중단 블록체(10b)에는 가스 통로(16)가 형성되어 있고, 상기 가스 통로(14)가 이들 가스 통로(16)에 연통되어 있다. 또한, 이 가스 통로(16)가 중단 블록체(10b) 내에 수평으로 연장되는 연통로(16a)에 접속되어 있고, 이 연통로(16a)가 하단 블록체(10c)의 다수의 토출 구멍(18)에 연통되어 있다. 그리고, 상기 제 1 및 제 2 가스 도입구(11, 12)는 가스 공급 기구(20)의 가스 라인에 접속되어 있다.

[0051] 가스 공급 기구(20)는 클리닝 가스인 ClF₃ 가스를 공급하는 ClF₃ 가스 공급원(21), Ti 화합물 가스인 TiCl₄ 가스를 공급하는 TiCl₄ 가스 공급원(22), Ar 가스를 공급하는 Ar 가스 공급원(23), 환원 가스인 H₂ 가스를 공급하는 H₂ 가스 공급원(24), 질화 가스(22)인 NH₃ 가스를 공급하는 NH₃ 가스 공급원(25), N₂ 가스를 공급하는 N₂ 가스 공급원(26)을 갖고 있다. 그리고, ClF₃ 가스 공급원(21)에는 ClF₃ 가스 공급 라인(27) 및 ClF₃ 가스 공급 라인(30b)가, TiCl₄ 가스 공급원(22)에는 TiCl₄ 가스 공급 라인(28)이, Ar 가스 공급원(23)에는 Ar 가스 공급 라인(29)이, H₂ 가스 공급원(24)에는 H₂ 가스 공급 라인(30)이, NH₃ 가스 공급원(25)에는 NH₃ 가스 공급 라인(30a),

N₂ 가스 공급원(26)에는 N₂ 가스 공급 라인(30c)이 각각 접속되어 있다. 그리고, 각 가스 라인에는 매스 플로우 컨트롤러(32) 및 매스 플로우 컨트롤러(32)를 사이에 둔 2개의 밸브(31)가 설치되어 있다.

[0052] 상기 제 1 가스 도입구(11)에는 TiCl₄ 가스 공급원(22)으로부터 연장된 TiCl₄ 가스 공급 라인(28)이 접속되어 있고, 이 TiCl₄ 가스 공급 라인(28)에는 ClF₃ 가스 공급원(21)으로부터 연장된 ClF₃ 가스 공급 라인(27) 및 Ar 가스 공급원(23)으로부터 연장된 Ar 가스 공급 라인(29)이 접속되어 있다. 또한, 상기 제 2 가스 도입구(12)에는 H₂ 가스 공급원(24)으로부터 연장된 H₂ 가스 공급 라인(30)이 접속되어 있고, 이 H₂ 가스 공급 라인(30)에는 NH₃ 가스 공급원(25)으로부터 연장된 NH₃ 가스 공급 라인(30a), N₂ 가스 공급원(26)으로부터 연장되는 N₂ 가스 공급 라인(30c) 및 ClF₃ 가스 공급원(21)으로부터 연장되는 ClF₃ 가스 공급 라인(30b)이 접속되어 있다. 따라서, 프로세스시에는 TiCl₄ 가스 공급원(22)으로부터의 TiCl₄ 가스가, Ar 가스 공급원(23)으로부터의 Ar 가스와 동시에 TiCl₄ 가스 공급 라인(28)을 통해서 샤워 헤드(10)의 제 1 가스 도입구(11)로부터 샤워 헤드(10)내에 이르고, 가스 통로(13, 15)를 지나서 토출 구멍(17)으로부터 챔버(1)내로 토출되는 한편, H₂ 가스 공급원(24)으로부터의 H₂ 가스가, H₂ 가스 공급 가스 라인(30)을 통해서 샤워 헤드(10)의 제 2 가스 도입구(12)로부터 샤워 헤드(10)내에 이르고, 가스 통로(14, 16)를 지나서 토출 구멍(18)으로부터 챔버(1)내로 토출된다. 즉, 샤워 헤드(10)는 TiCl₄ 가스와 H₂ 가스가 완전히 독립하여 챔버(1)내로 공급되는 포스트 믹스 타입으로 되어 있고, 이들은 토출 후에 혼합되어 반응이 이루어진다. 한편, 이에 한하지 않고 TiCl₄와 H₂가 혼합된 상태로 이들을 챔버(1)내에 공급하는 프리 믹스 타입이어도 좋다.

[0053] 샤워 헤드(10)에는 정합기(33)을 통하여 고주파 전원(34)이 접속되어 있고, 이 고주파 전원(34)으로부터 샤워 헤드(10)에 고주파 전력이 공급되도록 되어 있다. 고주파 전원(34)으로부터 고주파 전력을 공급함으로써 샤워 헤드(10)를 통해 챔버(1) 내에 공급된 가스를 플라즈마화하여 성막 처리를 행한다.

[0054] 또한, 샤워 헤드(10)의 상단 블록체(10a)의 수평부(10d)에는 샤워 헤드(10)를 가열하기 위한 히터(45)가 설치되어 있다. 이 히터(45)에는 히터 전원(46)이 접속되어 있고, 히터 전원(46)으로부터 히터(45)로 급전되는 것에 의해 샤워 헤드(10)가 원하는 온도로 가열된다. 상단 블록체(10a)의 오목부에는 히터(45)에 의한 가열 효율을 높이기 위해서 단열 부재(47)가 설치되어 있다.

[0055] 챔버(1)의 저벽(底壁; 1b)의 중앙부에는 원형의 구멍(35)이 형성되어 있고, 저벽(1b)에는 이 구멍(35)을 덮도록 아래쪽으로 향하여 돌출된 배기실(36)이 설치되어 있다. 배기실(36)의 측면에는 배기관(37)이 접속되어 있고, 이 배기관(37)에는 배기 장치(38)가 접속되어 있다. 그리고 이 배기 장치(38)를 작동시키는 것에 의해 챔버(1) 내를 소정의 진공도까지 감압하는 것이 가능해진다.

[0056] 서셉터(2)에는 웨이퍼(W)를 지지하여 승강시키기 위한 3개(2개만 도시)의 웨이퍼 지지 핀(39)이 서셉터(2)의 표면에 대하여 돌출(突出) 가능하도록 설치되어 있고, 이들 웨이퍼 지지 핀(39)은 지지 판(40)에 고정되어 있다. 그리고, 웨이퍼 지지 핀(39)은 에어 실린더 등의 구동 기구(41)에 의해 지지 판(40)을 통해서 승강된다.

[0057] 챔버(1)의 측벽에는 챔버(1)와 인접하여 설치된 웨이퍼 반송실(도시하지 않음)과의 사이에서 웨이퍼(W)의 반입 반출을 하기 위한 반입 출구(42)와, 이 반입 출구(42)를 개폐하는 게이트 밸브(43)가 설치되어 있다.

[0058] Ti막 성막 장치(100)의 구성부인 히터 전원(6 및 46), 밸브(31), 매스 플로우 컨트롤러(32), 정합기(33), 고주파 전원(34) 등은 컴퓨터로 이루어지는 제어부(50)에 접속되어 제어되는 구성으로 이루어져 있다. 또한, 제어부(50)에는 공정 관리자가 Ti막 성막 장치(100)를 관리하기 위해서 명령의 입력 조작 등을 행하는 키보드나, Ti막 성막 장치(100)의 가동 상황을 가시화하고 표시하는 디스플레이 등으로 이루어지는 사용자 인터페이스(51)가 접속되어 있다. 또한, 제어부(50)에는 Ti막 성막 장치(100)에서 실행되는 각종 처리를 제어부(50)의 제어로서 실현하기 위한 제어 프로그램이나, 처리 조건에 따라 Ti막 성막 장치(100)의 각 구성부에 처리를 실행시키기 위한 프로그램, 즉 레시피가 격납된 기억부(52)가 접속되어 있다. 레시피는 기억부(52) 중의 기억 매체에 기억되어 있다. 기억 매체는 하드디스크나 반도체 메모리여도 좋고, CDROM, DVD 등의 이동 가능한 것이어도 좋다. 또한, 다른 장치로부터, 예컨대 전용회선을 통해서 레시피를 적절히 전송시키도록 하여도 좋다. 그리고, 필요에 따라 사용자 인터페이스(51)로부터의 지시 등으로 임의의 레시피를 기억부(52)로부터 호출하여 제어부(50)로 실행시키는 것으로서, 제어부(50)의 제어 하에 Ti막 성막 장치(100)에서의 원하는 처리가 행하여진다.

[0059] 다음으로, 이상과 같은 Ti막 성막 장치(100)에 있어서의 본 실시 형태에 따른 Ti막 성막 처리 방법에 대하여 설

명한다.

- [0060] 본 실시 형태에 있어서 대상으로 삼는 웨이퍼(W)는 Si 부분이 노출되어 있는 것이고, Si 부분으로서는 Si 기판 이어도 좋고, 그 위에 형성된 폴리실리콘막이더라도 좋으며, 그 위에 Ti막이 형성된다. 보통은 층간 절연막으로서 SiO₂막(또는 Low-k 막) 등의 SiO₂ 부분을 포함하고 있고, Si 부분과 SiO₂ 부분의 양쪽에 Ti막이 형성된다.
- [0061] 한편, 이하의 설명에 있어서, 가스의 유량의 단위는 mL/min을 이용하고 있지만, 가스는 온도 및 기압에 의해 부피가 크게 변화되기 때문에, 본 발명에서는 표준상태로 환산한 값을 이용하고 있다. 한편, 표준상태로 환산한 유량은 보통 sccm(Standard Cubic Centimeter per Minutes)으로 표기되기 때문에 sccm을 병기하고 있다. 여기에 있어서 표준상태는 온도 0°C(273.15 K), 기압 1atm(101,325Pa)의 상태이다.
- [0062] 우선, 챔버(1) 내에 웨이퍼가 반입되어 있지 않은 상태에서 프리코트를 한다. 프리코트에 있어서는, 배기 장치(38)에 의해 챔버(1) 내를 진공배기 상태로 하여 챔버(1) 내에 Ar 가스와 N₂ 가스를 도입하면서, 히터(5)에 의해 서셉터(2)를 승온시켜 서셉터(2)의 온도가 소정 온도로 안정된 시점에서 TiCl₄ 가스를 소정 유량으로 도입하면서, 고주파 전원(34)으로부터 고주파 전력을 인가하여 챔버(1) 내에 도입된 Ar 가스, H₂ 가스, TiCl₄ 가스를 플라즈마화함으로써 챔버(1) 내벽, 배기실(36) 내벽, 샤워 헤드(10) 및 서셉터(2)에 Ti막을 형성하고, 진공배기를 계속하면서 TiCl₄ 가스만을 정지하여, 질화 가스로서의 NH₃ 가스를 흘림과 동시에 샤워 헤드(10)에 고주파 전력을 인가하여, 이들 가스를 플라즈마화하여 Ti막을 질화한다. 이들을 복수회 반복하는 것에 의해 프리코트막을 형성한다.
- [0063] 이와 같이 프리코트가 종료한 후, 웨이퍼(W)에 대한 Ti막의 퇴적을 실시한다. 이 Ti막의 퇴적에서는 히터(5)에 의해 서셉터(2)를 소정 온도까지 상승시킨 후에, 챔버(1) 내를 게이트 밸브(43)를 통해 접속되어 있는 외부 분위기와 같이 조정하고, 그 후에 게이트 밸브(43)를 개방으로 하여 진공 상태의 웨이퍼 반송실(도시하지 않음)로부터 반입 출구(42)를 통하여 웨이퍼(W)를 챔버(1) 내로 반입한다. 이어서, 프리코트 공정에서 샤워 헤드(10) 등에 Ti막을 형성한 순서와 같이, 챔버(1) 내에 도입된 Ar 가스, H₂ 가스, TiCl₄ 가스를 플라즈마화하고 이들을 반응시켜, 웨이퍼(W) 상에 소정 두께의 Ti막을 퇴적한다.
- [0064] Ti막의 퇴적 후 Ti막의 질화 처리가 실시된다. 이 질화 처리에서는 상기 Ti막의 성막이 종료된 후 TiCl₄ 가스를 정지하고 H₂ 가스 및 Ar 가스를 흐르는 상태로 하여, 챔버(1) 내(챔버벽이나 샤워 헤드 표면 등)를 적절한 온도로 가열하면서 질화 가스로서 NH₃ 가스를 흘림과 동시에 고주파 전원(34)으로부터 샤워 헤드(10)로 고주파 전력을 인가하여 처리 가스를 플라즈마화하고, 플라즈마화된 처리 가스에 의해 웨이퍼(W)에 성막된 Ti 박막의 표면을 질화하여 Ti막 성막 처리가 완료된다.
- [0065] 여기서, 상기 Ti막의 퇴적에 있어서 종래는 650°C 부근의 비교적 높은 성막 온도를 사용했었지만, 게이트전극의 폴리실리콘상의 메탈과의 콘택트층으로서 사용하는 경우 등, 보다 저온이 요구되는 용도에 있어서는 550°C 부근에서의 성막이 요구된다.
- [0066] 한편, 종래는 보다 실리사이드화를 촉진하려는 관점에서 챔버(1) 내의 압력을 667Pa 정도, 고주파 전력 파워를 800W 정도로 하는 비교적 고압력·고파워의 조건이 채용되고 있었다. 이 조건으로 웨이퍼(W)의 Si 함유 부분, 예컨대 폴리실리콘막상에 Ti막을 성막하는 경우에는 550°C 부근에서 실리사이드화가 편차가 생기게 되고, 막질 및 막 두께에도 편차가 생기는 것이 밝혀졌다.
- [0067] 그 점에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0068] 도 2는 횡축에 웨이퍼 온도를 취하고, 종축에 저항치 Rs의 평균치(Ω/\square) 및 그 편차(1 σ , %)를 취하여, Si 상과 SiO₂ 상에 Ti막을 퇴적했을 때에 있어서, 각 막상에서의 저항치 및 그 편차의 온도 변화를 나타내는 도면이다. 또한, 각 온도에서 실리콘상에 생성되는 상을 나타낸다.
- [0069] 또한, 도 3은 횡축에 웨이퍼 온도를 취하고, 종축에 막 두께(nm) 및 그 편차(1 σ , %)를 취하여 Si 상과 SiO₂ 상에 Ti막을 퇴적했을 때에 있어서, 각 막상에서의 막 두께 및 그 편차의 온도 변화를 나타내는 도면이다.
- [0070] 한편, 도 2, 3의 경우 성막 조건은 챔버 내의 압력을 667Pa로 하고, Ti막 퇴적은 가스 유량을 TiCl₄/Ar/H₂:12/1,600/4,000(mL/min(sccm)), 고주파 전력 파워를 800W, 시간을 30sec로 하였으며, 질화 처리는

가스 유량을 $NH_3/Ar/H_2:1,500/1,600/2,000$ (mL/min(sccm)), 고주파 전력 파워: 800W, 시간: 30sec로 하였다.

- [0071] 도 2에 나타난 바와 같이, 실리콘 산화막 상의 막은 웨이퍼 온도가 상승함에 따라서 막의 저항치가 단조롭게 감소하는 경향이 있지만, 폴리실리콘상의 막은 550℃ 부근에서 급격한 저항치의 상승이 보인다. 또한, 590℃ 부근에서 저항치의 변곡점이 보인다. 이것은, 실리콘상에 Ti막을 성막했을 때에 온도에 의해서 생성되는 상이 달라 저온에서는 Ti가, 중온에서는 타이타늄도노실리사이드(TiSi)가, 고온에서는 타이타늄다이실리사이드(TiSi₂)가 생성되며, 550℃ 부근에 Ti/TiSi 전이점이 있고, 590℃ 부근에 TiSi/TiSi₂ 전이점이 있기 때문이다. 이들 전이점에 대응하여 저항치의 편차도 커진다는 것을 알 수 있다. 특히, Ti 성막 온도의 타겟이 되는 550℃에서는 도시하는 바와 같이, 큰 저항치의 편차가 보인다.
- [0072] 또한, 도 3에 나타난 바와 같이, 실리콘 산화막 상에서의 성막 속도는 온도 상승에 동반하여 단조롭게 증가하고 있는데 대하여, 폴리실리콘막 상에서의 성막 속도는 TiSi로 전이하는 550℃ 부근에서 저하되고, TiSi 생성 온도인 550 내지 590℃ 부근에서 실리콘 산화막 상에서의 막 두께보다도 성막 속도가 낮게 되어 버린다. 즉, 이 온도 범위에서 실리콘 산화막 상에서의 성막 속도에 대한 폴리실리콘상에서의 성막 속도로 표시되는 선택비가 1보다도 작게 되어 버린다. Ti 생성 영역에서는 선택비가 거의 1이므로, 전이점인 550℃ 부근에서 선택비의 편차가 생긴다.
- [0073] 즉, 종래의 조건에서는 웨이퍼 온도 550℃에서 Si 및 SiO₂ 상에 Ti 성막을 실시하면 실리사이드화의 편차가 생기고, 막질 및 막 두께도 편차가 생겨버린다.
- [0074] 이와 같이 편차가 생기는 것은 550℃에 있어서의 실리사이드화의 메커니즘이 아래와 같이 되어 있기 때문으로 추정된다.
- [0075] 우선, 성막 원료인 TiCl₄가 플라즈마 중에서 (1)식의 반응에 따라서 활성화된다. 다음으로, 활성화된 TiCl₄*가 (2)식의 반응에 따라서 환원되고, TiCl₃이 형성되어 반응에 기여하는 프리커서가 된다. 또한, (3)식에 따라서 TiCl₃*끼리 반응하여 TiCl₂가 형성되고, 이것도 반응에 기여하는 프리커서가 된다.
- [0076] $TiCl_4 + Ar \rightarrow TiCl_4^* + Ar$ (1)
- [0077] $TiCl_4^* + H^+ \rightarrow TiCl_3 + HCl$ (2)
- [0078] $TiCl_3^* + TiCl_3^* \rightarrow TiCl_2 + TiCl_4$ (3)
- [0079] 즉, 반응에 기여하는 프리커서가 TiCl₃과 TiCl₂의 2종류 존재하는 것으로 된다. 이들 TiCl₃과 TiCl₂는 리사이드화의 메커니즘이 다르다.
- [0080] 프리커서가 TiCl₃인 경우의 추정 메커니즘을 도 4A 내지 도 4C에 나타낸다. 우선, 성막 초기에는 도 4A에 나타난 바와 같이 Si 기판 상에 TiCl₃이 흡착하고, H₂에 의해 환원되어 Si 기판 상에 Ti막이 성막되며, 열에 의해 실리사이드화된다. 또한, 성막 후기에는 도 4B에 나타난 바와 같이 실리사이드상에 TiCl₃이 흡착하고, H₂에 의해 환원되어 실리사이드상에 Ti막이 성막되며, 열에 의해 실리사이드화된다. 즉, 성막 초기도 성막 후기도 메커니즘은 기본적으로 변화되지 않고, 도 4C에 나타난 바와 같이 막 두께는 시간에 대하여 직선적으로 변화된다. 즉, 성막 속도는 일정하다. 한편, 이러한 메커니즘은 상기 Ti 생성 영역에 상당한다.
- [0081] 다음으로 프리커서가 TiCl₂인 경우의 추정 메커니즘을 도 5A 내지 5C에 나타낸다. 우선 성막 초기에는, 도 5A에 나타난 바와 같이 Si 기판 상에 TiCl₂가 흡착하여 Si 기판 상에서 직접 Si와 반응하여 실리사이드가 되고(Si 환원), Si가 에칭된다(SiCl₂가 되어 휘발). 그리고, 실리사이드 중의 Ti는 Si 기판 중으로 확산한다. 또한, 성막 후기에는, 도 5B에 나타난 바와 같이, 실리사이드 상에 TiCl₂가 흡착하고, 실리사이드 중의 Ti가 실리사이드화한 Si 기판 중으로 확산함과 동시에, TiCl₂가 기판 중의 Si와 직접 반응하여 실리사이드되고(Si 환원), Si가 에칭된다(SiCl₂로 되어 휘발). TiCl₂가 H₂ 환원되지 않는 것은 Ti-Si-Cl 결합 쪽이 HCl 결합보다도 크기 때문이다. 이와 같이 실리사이드화에 Ti의 확산이 기여하는 경우에는, 성막 후기에는 Ti의 확산속도가 저하

되기 때문에, 도 5C에 나타낸 바와 같이 성막 후기에는 성막 속도가 저하되는 경향이 있다. 한편, 이러한 메커니즘은 상기 TiSi 생성 영역에 상당한다.

[0082] 550℃에서의 성막의 경우에는 이와 같이 두 가지의 프리커서의 반응에 의해 성막되지만, TiCl₄는 플라즈마 중을 통해 분해가 진행되면서 배기되므로, TiCl₄는 웨이퍼의 에지부에서는 분해가 진행되고, 보다 많은 TiCl₂가 생성된다. 그 때문에, 웨이퍼 에지부에서는 TiCl₂를 프리커서로 하는 상기 도 5A 내지 5C의 메커니즘의 성막 과정이 지배적이 된다. 한편, 웨이퍼 중심부에서는 TiCl₄의 분해가 충분하게는 진행되지 않고, 프리커서가 TiCl₃ 정지가 되어, 상기 도 4A 내지 4C의 메커니즘의 성막 과정이 지배적이 된다.

[0083] 이와 같이, 온도 이외의 조건을 종래대로 하여 550℃에서 성막을 하는 경우에는, 웨이퍼면 내에서 실리사이드화의 편차가 생기게 되고, 막질이나 막 두께의 편차가 생기는 것이다. 이러한 편차를 해소하기 위해서는, 고주파 전력 파워를 저하시키는 것 및 챔버(1) 내의 압력을 저하시키는 것 중 적어도 한쪽을 실시하는 것이 유효하다.

[0084] 즉, 고주파 전력의 파워를 저하시키는 것에 의해, TiCl₄의 분해를 약하게 하여 웨이퍼 에지에서의 프리커서를 TiCl₃ 정지로 하는 것에 의해, 웨이퍼 중심부와 에지부에서 어느 것이나 도 4A 내지 4C의 메커니즘에 의한 성막이 실시되고, 실리사이드화의 편차가 억제되어 막질 및 막 두께의 편차를 억제할 수 있다. 또한, 압력을 저하시키는 것으로 챔버 내의 배기 유속이 빠르게 되고, 분해가 진행하기 전에 TiCl₄가 플라즈마를 탈출하기 때문에 분해가 억제되며, 에지부의 프리커서가 TiCl₃을 주체로 한 것이 되어, 역시 웨이퍼 중심부와 에지부에서 어느 것이나 도 4A 내지 4C의 메커니즘에 의한 성막이 행해지고, 실리사이드화의 편차가 억제되어 막질 및 막 두께의 편차를 억제할 수 있다.

[0085] 이 편차 개선의 메커니즘의 이미지를 도시하면 도 6에 나타낸 바와 같이 된다. 도 6은 횡축에 챔버 내 압력을 취하고, 종축에 고주파 전력 파워를 취한 좌표에 있어서, 550℃에 있어서의 TiCl₃을 프리커서로 하는 반응을 주체로 하는 영역과 TiCl₂를 프리커서로 하는 반응을 주체로 하는 영역의 경계를 나타내는 것이다. 웨이퍼의 에지부에서는 상술한 바와 같이 TiCl₂가 생기기 쉽기 때문에 경계선이 쉬프트된다. 종래의 조건은 센터부의 경계선과 에지부의 경계선의 사이에 플로트된다. 이 도면으로부터 분명한 바와 같이, 고주파 전력 파워 및 압력의 적어도 한편을 저하시키는 것에 의해 센터부 및 에지부도 어느 것이나 TiCl₃을 프리커서로 하는 반응을 주체로 하도록 할 수 있다.

[0086] 300mm 웨이퍼 같은 대형의 웨이퍼라도 웨이퍼 에지까지 안정되게 TiCl₃을 프리커서로 하는 반응을 주체로 하는 성막 처리를 실현하기 위해서는 챔버 내 압력을 x(Pa)로 하고, 고주파 전력 파워를 y(W)로 한 경우에 이하의 (4)식을 만족시키는 것이 바람직하다.

[0087] $(y-333)<160400/(x-266)$ (4)

[0088] 단, 다른 조건을 TiCl₄ 유량: 3 내지 20mL/min(sccm), Ar 유량: 100 내지 2,000mL/min(sccm), H₂ 유량: 1,000 내지 5,000mL/min(sccm), 웨이퍼 온도: 500 내지 600℃의 범위내로 한다.

[0089] 다음으로, 이러한 점에 따라서 고주파 전력 파워 및 챔버 내 압력을 저하시킨 조건에서 Ti막을 성막한 결과에 대하여 설명한다.

[0090] 도 7은 종래보다도 고주파 전력 파워 및 챔버 내 압력을 저하시킨 경우의 Si 상과 SiO₂ 상에 Ti막을 퇴적했을 때에 있어서의 각 막상에서의 저항치 및 그 편차의 온도 변화를 나타내는 도면이다. 한편, 도 7에는 더불어 각 온도에 있어서 실리콘 상에서 생성되는 상을 나타내고 있다.

[0091] 또한, 도 8은 종래보다도 고주파 전력 파워 및 챔버 내 압력을 저하시킨 경우의 Si 상과 SiO₂ 상에 Ti막을 퇴적했을 때에 있어서의 각 막 상에서의 막 두께 및 그 편차의 온도 변화를 나타내는 도면이다.

[0092] 한편, 도 7, 8의 경우 성막 조건은 챔버 내의 압력을 500Pa로 하고, Ti막 퇴적은 가스 유량을 TiCl₄/Ar/H₂: 12/1,600/4,000(mL/min(sccm)), 고주파 전력 파워를 500W, 시간을 29sec로 하며, 질화 처리는 가스 유량을 NH₃/Ar/H₂: 1,500/1,600/2,000(mL/min(sccm)), 고주파 전력 파워: 800W, 시간: 29sec로 했다.

- [0093] 도 7에 나타낸 바와 같이, 종래보다도 고주파 전력 파워 및 챔버 내 압력을 저하시킨 경우는 TiSi가 생성되는 영역이 소실되어 있고, 550℃ 부근에서의 급격한 저항치의 상승은 보이지 않는다. 또한, 도 8에 나타낸 바와 같이, 종래보다도 고주파 전력 파워 및 챔버 내 압력을 저하시킨 경우는 550 내지 590℃ 부근에서의 선택비의 역전은 보이지 않고, 안정한 막 두께를 나타내고 있다. 이상의 결과로부터, 고주파 전력 파워를 저하하는 것 및 챔버 내의 압력을 저하하는 것이 유효하다는 것이 확인되었다.
- [0094] 다음으로, 웨이퍼 온도를 550℃로 하고, 챔버 내 압력 및 고주파 전력 파워를 변화시켜 성막한 경우의 특성 변화에 대해 조사한 결과에 대하여 설명한다. 한편, 여기서는 다른 조건으로서, Ti막 퇴적은 가스 유량을 $TiCl_4/Ar/H_2$: 12/1,600/4,000(mL/min(sccm)), 시간을 30sec로 하고, 질화 처리는 가스 유량을 $NH_3/Ar/H_2$: 1,500/1,600/2,000(mL/min(sccm)), 고주파 전력 파워: 800W, 시간: 30sec으로 했다.
- [0095] 도 9 내지 12는, 횡축에 챔버 내 압력을 취하고, 종축에 고주파 전력 파워를 취한 웨이퍼 온도 550℃에서의 좌표를 나타내는 것이며, 도 9는 막 두께의 선택비(Si 상의 막 두께/SiO₂ 상의 막 두께)의 등고선을 나타내는 도면, 도 10은 평균 막 두께의 등고선을 나타내는 도면, 도 11은 저항치 편차의 등고선을 나타내는 도면, 도 12는 저항치의 평균치 등고선을 나타내는 도면이다.
- [0096] 이들 도면으로부터, 챔버 내 압력 및/또는 고주파 전력 파워를 종래(667Pa, 800W)보다 저하시키는 것에 의해, 막 두께의 선택비 1 이상을 확보할 수 있고, 막 두께 자체도 두껍게 되며, 또한 저항치 Rs도 종래보다 낮고 또한 저항치의 편차도 작은 것이 확인되었다.
- [0097] 이들 도면으로부터, 상기 (4)식을 만족시키면서, 챔버 내 압력이 266 내지 1,333Pa인 범위, 고주파 전력 파워가 200 내지 1,000W인 범위가 바람직한 것을 알 수 있다. 특히, 웨이퍼(W)나 챔버(1)에 대한 플라즈마 손상을 생기기 어렵게 한다는 관점을 가미하면, 챔버 내 압력이 300 내지 800Pa인 범위, 고주파 전력 파워가 300 내지 600W인 범위가 바람직하다는 것을 알 수 있다.
- [0098] 웨이퍼 온도에 관해서는, 상기 조건은 550℃부근, 보다 구체적으로는 550±20℃인 경우에 특히 유효하지만, 300 내지 670℃에 대하여 적용가능하고, 상기의 조건을 채용함으로써 웨이퍼 온도가 300 내지 670℃인 넓은 범위에서 안정한 실리사이드화를 행할 수 있다.
- [0099] 다음으로, Ti막을 퇴적할 때의 플라즈마 형성 타이밍에 대하여 설명한다.
- [0100] 종래는 플라즈마화 용이성의 관점에서, 먼저 Ar 가스 및 환원 가스인 H₂ 가스를 챔버 내에 도입하여 플라즈마화 하고 나서 TiCl₄ 가스를 도입하고 있지만(프리플라즈마), 뒤에 TiCl₄ 가스를 도입함으로써 일시적으로 방전 상태가 변화되어 온도가 640℃로 높고 또한 고주파 전력 파워도 800W로 비교적 높은 것과 더불어, 챔버 내에서 이상 방전이 생기거나 웨이퍼에의 플라즈마손상이 생기거나 하는 부적당이 생기고 있었다.
- [0101] 이것을 방지하기 위해서는 도 13A에 나타낸 바와 같이 플라즈마의 생성에 앞서서 TiCl₄를 도입하는 것(프리 TiCl₄)이 바람직하다. 구체적으로는 도 13B에 나타낸 바와 같이 Ar 가스 + H₂ 가스를 도입한 후 TiCl₄를 도입하고, 그 후 플라즈마를 착화(着火)하는 것이 바람직하다
- [0102] 이것은 플라즈마를 형성한 후에 TiCl₄ 가스를 공급하는 것에 의한 플라즈마의 혼란 쪽이 TiCl₄ 가스를 도입한 후에 플라즈마를 착화할 때의 혼란보다도 크기 때문이다. 또한, 이와 같이 플라즈마 착화에 앞서서 TiCl₄ 가스를 공급함으로써 막의 저항을 보다 작게 할 수 있다. TiCl₄ 가스는 플라즈마 착화보다도 2초 이상 전에 공급하는 것이 바람직하다.
- [0103] 이러한 TiCl₄ 가스를 플라즈마보다도 먼저 도입하는 순서를 채용한 뒤에, 상술한 것과 같은 고주파 전력 파워 및/또는 챔버 내 압력이 낮은 조건에서 Ti 성막을 실시하는 것에 의해 플라즈마에 의한 방전을 한층 더 안정화할 수 있고, 이상 방전이나 웨이퍼에의 손상을 보다 효과적으로 억제할 수 있다. 이 TiCl₄ 가스를 플라즈마보다도 먼저 도입하는 순서에 관해서도 웨이퍼 온도가 300 내지 670℃인 넓은 범위에서 적용하는 것이 가능하다.
- [0104] 또한, TiCl₄ 가스를 플라즈마보다도 먼저 도입하는 순서를 채용한 경우에는, 성막 온도가 620 내지 650℃ 부근에서, 플라즈마를 먼저 착화하는 순서를 채용하는 것보다도 온도에 의한 막 두께의 선택비의 변화가 큰 경향이 있지만, TiCl₄ 가스를 플라즈마보다도 먼저 도입하는 순서를 채용한 뒤에 고주파 전력 파워 및/또는 챔버 내 압력이 낮은 조건에서 Ti 성막을 하는 것에 의해 선택비의 변화를 작게 할 수 있다. 이것을 도 14에 나타낸다.

이 도면은 횡축에 웨이퍼 온도를 취하고, 종축에 막 두께의 선택비를 취하여 종래의 800W, 667Pa의 조건에서 프리플라즈마를 행한 경우, 같은 조건에서 프리TiCl₄를 행한 경우, 500W, 500Pa의 조건에서 프리TiCl₄를 행한 경우에서의 온도에 의한 선택비의 변화를 나타내는 도면이다. 이 도면에 나타낸 바와 같이, 종래의 800W, 667Pa의 조건에서 프리TiCl₄를 행한 경우에는 성막 온도가 620 내지 650℃ 부근에서 선택비의 변화가 크지만, 500W, 500Pa의 조건에서 프리TiCl₄를 행한 경우에는 프리플라즈마와 같이 선택비가 거의 변화하지 않는 것이 확인되었다.

[0105] 한편, Ti막을 퇴적할 때의 다른 조건의 바람직한 범위는 이하와 같다.

[0106] i) 고주파 전원(34)으로부터의 고주파 전력의 주파수: 300kHz 내지 27MHz

[0107] ii) TiCl₄ 가스 유량: 3 내지 20mL/min(sccm)

[0108] iii) Ar 가스 유량: 500 내지 2,000mL/min(sccm)

[0109] iv) H₂ 가스 유량: 1,000 내지 5,000mL/min(sccm)

[0110] 또한, 질화 처리 시의 바람직한 조건은 이하와 같다.

[0111] i) 고주파 전원(34)으로부터의 고주파 전력

[0112] 주파수: 300kHz 내지 27MHz

[0113] 파워: 500 내지 1,500W

[0114] ii) 히터(5)에 의한 서셉터(2)의 온도: 300 내지 670℃

[0115] iii) Ar 가스 유량: 800 내지 2,000mL/min(sccm)

[0116] iv) H₂ 가스 유량: 1,500 내지 4,500mL/min(sccm)

[0117] v) NH₃ 가스 유량: 500 내지 2,000mL/min(sccm)

[0118] vi) 챔버 내 압력: 133 내지 1,333Pa(1 내지 10Torr)

[0119] 한편, 질화 처리는 필수적이지 않지만, Ti막의 산화 방지 등의 관점에서 실시하는 것이 바람직하다.

[0120] 이러한 Ti막의 퇴적 처리 및 질화 처리를 소정 매(枚)의 웨이퍼에 대하여 행한 후 챔버(1)내의 클리닝이 실시된다. 클리닝 처리는 챔버(1) 내에 웨이퍼가 존재하지 않는 상태에서 챔버(1) 내에 ClF₃ 가스를 도입하고, 드라이클리닝을 실시한다. 드라이클리닝은 히터(5)에 의해 서셉터(2)를 가열하면서 실시하지만, 그 때의 온도는 170 내지 250℃로 하는 것이 바람직하다.

[0121] 한편, 본 발명은 상기 실시 형태로 한정되는 일 없이 여러 가지 변형이 가능하다. 예컨대, 상기 실시 형태에서는 샤워 헤드에 고주파 전력을 인가하는 것에 의해 고주파 전계를 형성하도록 했지만, 이것에 한하지 않고 고주파 전계에 의해 본 발명을 형성할 수 있으면 좋다. 또한, 피 처리 기관으로서의 반도체 웨이퍼에 한하지 않고, 예컨대 액정 표시 장치(LCD)용 기관 등의 다른 기관이더라도 좋다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 하나의 실시 형태에 따른 Ti막의 성막 방법의 실시에 이용하는 Ti막 성막 장치의 일례를 나타내는 개략 단면도이다.

[0028] 도 2는 고주파 전력 파워 800W, 챔버 내 압력 667Pa에서 Si 상과 SiO₂상에 Ti막을 퇴적했을 때에 있어서 각 막상에서의 저항치 및 그 편차의 온도 변화 및 각 온도에서 실리콘상에 생성되는 상을 나타내는 도면이다.

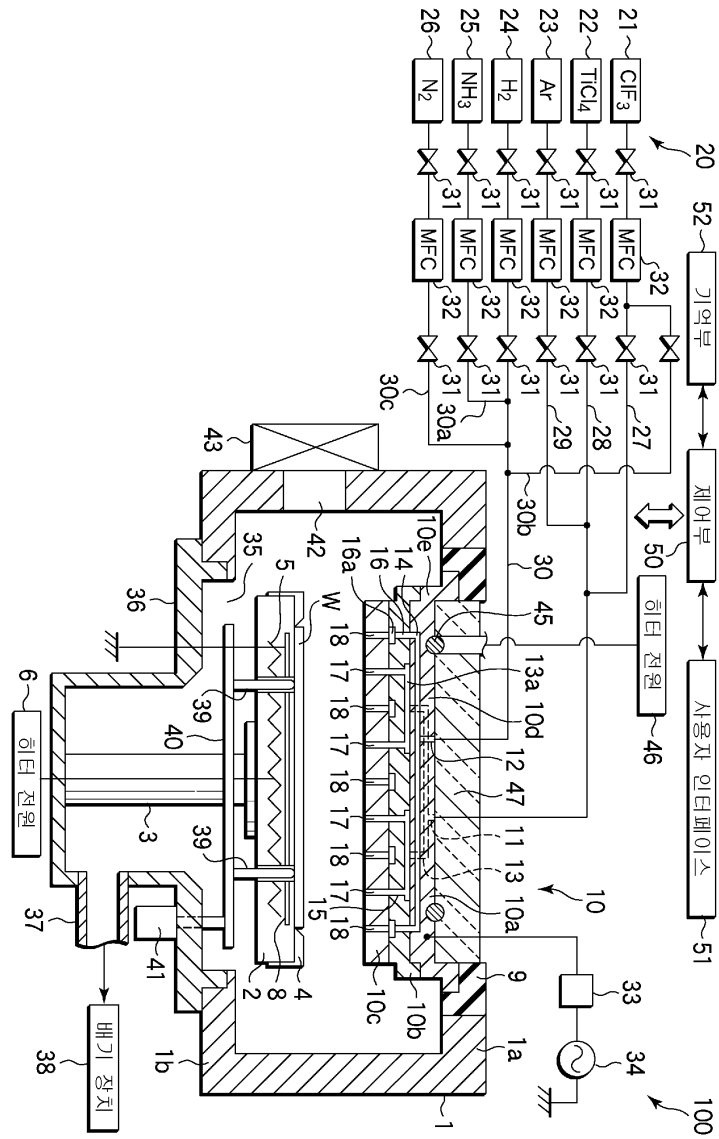
[0029] 도 3은 고주파 전력 파워 800W, 챔버 내 압력 667Pa에서 Si 상과 SiO₂상에 Ti막을 퇴적했을 때에 있어서 각 막상에서의 막 두께 및 그 편차의 온도 변화를 나타내는 도면이다.

[0030] 도 4A는 프리커서가 TiCl₃인 경우의 성막 초기 실리사이드화의 추정 메커니즘을 모식적으로 나타내는 도면이다.

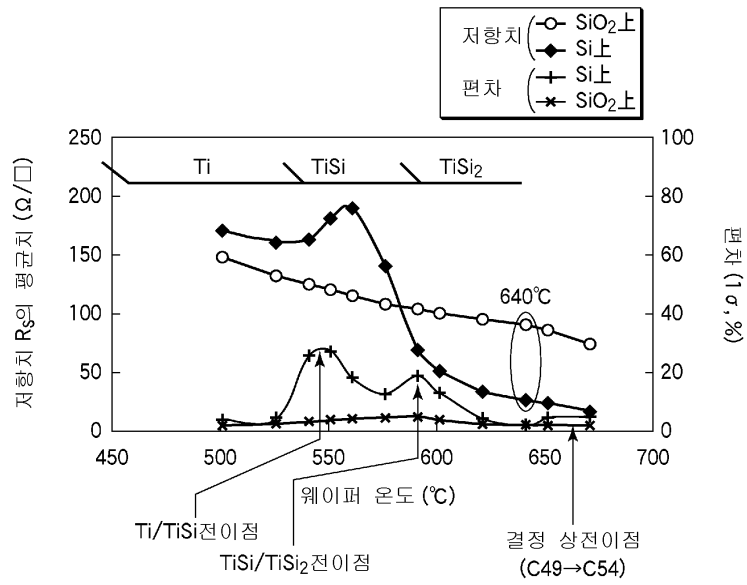
- [0031] 도 4B는 프리커서가 $TiCl_3$ 인 경우의 성막 후기 실리사이드화의 추정 메커니즘을 모식적에 나타내는 도면이다.
- [0032] 도 4C는 프리커서가 $TiCl_3$ 인 경우의 성막 시간과 막 두께와의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0033] 도 5A는 프리커서가 $TiCl_2$ 인 경우의 성막 초기 실리사이드화의 추정 메커니즘을 모식적으로 나타내는 도면이다.
- [0034] 도 5B는 프리커서가 $TiCl_2$ 인 경우의 성막 후기 실리사이드화의 추정 메커니즘을 모식적으로 나타내는 도면이다.
- [0035] 도 5C는 프리커서가 $TiCl_2$ 인 경우의 성막 시간과 막 두께와의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0036] 도 6은 횡축에 챔버 내 압력을 취하고, 종축에 고주파 전력 파워를 취한 좌표에 있어서, $550^{\circ}C$ 에서의 $TiCl_3$ 을 프리커서로 하는 반응을 주제로 하는 영역과 $TiCl_2$ 를 프리커서로 하는 반응을 주제로 하는 영역의 경계를 나타내는 도면이다.
- [0037] 도 7은 고주파 전력 파워 500W, 챔버 내 압력 500Pa에서 Si 상과 SiO_2 상에 Ti막을 퇴적했을 때에 있어서 각 막 상에서의 저항치 및 그 편차의 온도 변화 및 각 온도에서 실리콘상에 생성되는 상을 나타내는 도면이다.
- [0038] 도 8은 고주파 전력 파워 500W, 챔버 내 압력 500Pa에서 Si 상과 SiO_2 상에 Ti막을 퇴적했을 때에 있어서 각 막 상에서의 막 두께 및 그 편차의 온도 변화를 나타내는 도면이다.
- [0039] 도 9는 횡축에 챔버 내 압력을 취하고, 종축에 고주파 전력 파워를 취한 웨이퍼 온도 $550^{\circ}C$ 에서의 좌표에 있어서 막 두께의 선택비(Si 상의 막 두께/ SiO_2 상의 막 두께)의 등고선을 나타내는 도면이다.
- [0040] 도 10은 횡축에 챔버 내 압력을 취하고, 종축에 고주파 전력 파워를 취한 웨이퍼 온도 $550^{\circ}C$ 에서의 좌표에 있어서 평균 막 두께의 등고선을 나타내는 도면이다.
- [0041] 도 11은 횡축에 챔버 내 압력을 취하고, 종축에 고주파 전력 파워를 취한 웨이퍼 온도 $550^{\circ}C$ 에서의 좌표에 있어서 저항치 편차의 등고선을 나타내는 도면이다.
- [0042] 도 12는 횡축에 챔버 내 압력을 취하고, 종축에 고주파 전력 파워를 취한 웨이퍼 온도 $550^{\circ}C$ 에서의 좌표에 있어서 저항치의 평균치의 등고선을 나타내는 도면이다.
- [0043] 도 13A는 Ti막을 퇴적할 때의 플라즈마 형성 타이밍의 바람직한 예를 나타내는 도면이다.
- [0044] 도 13B는 Ti막을 퇴적할 때의 플라즈마 형성 타이밍의 바람직한 예를 나타내는 도면이다.
- [0045] 도 14는 종래의 800W, 667Pa의 조건에서 프리플라즈마를 행한 경우, 같은 조건에서 프리 $TiCl_4$ 를 행한 경우, 500W, 500Pa의 조건에서 프리 $TiCl_4$ 를 행한 경우에 있어서 온도에 의한 선택비의 변화를 나타내는 도면이다.

도면

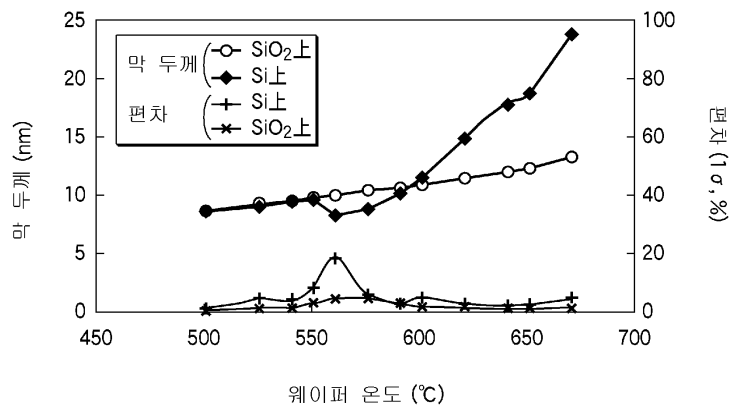
도면1



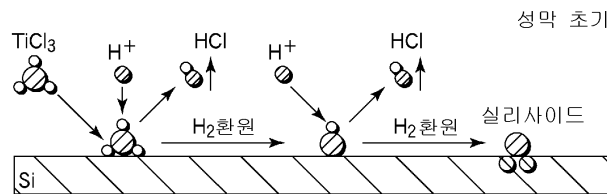
도면2



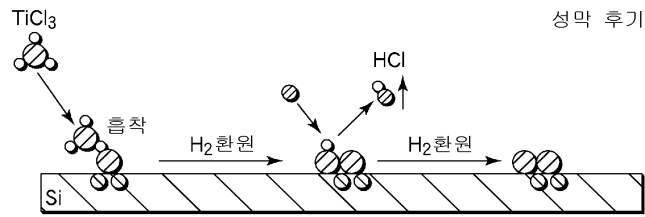
도면3



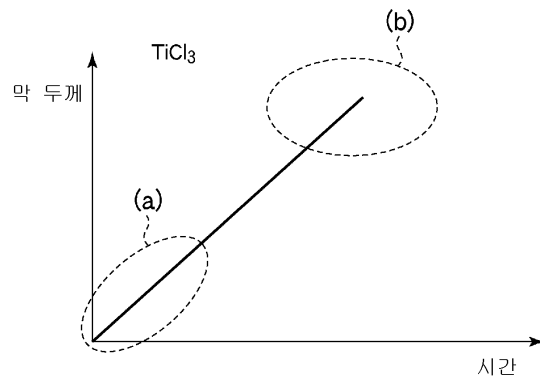
도면4A



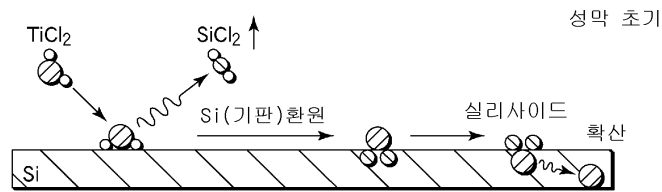
도면4B



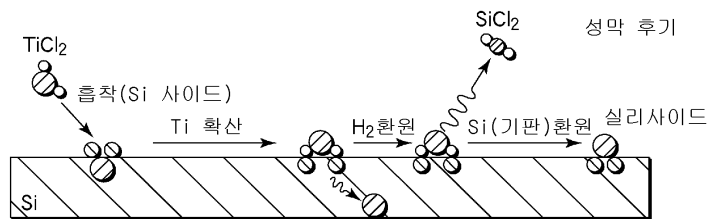
도면4C



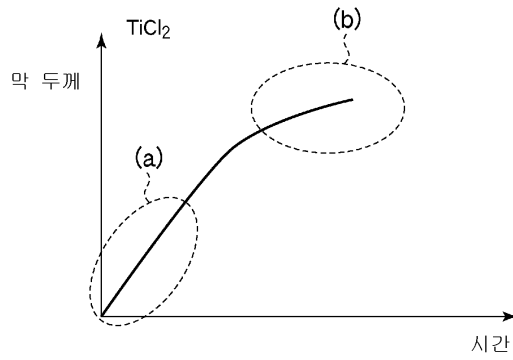
도면5A



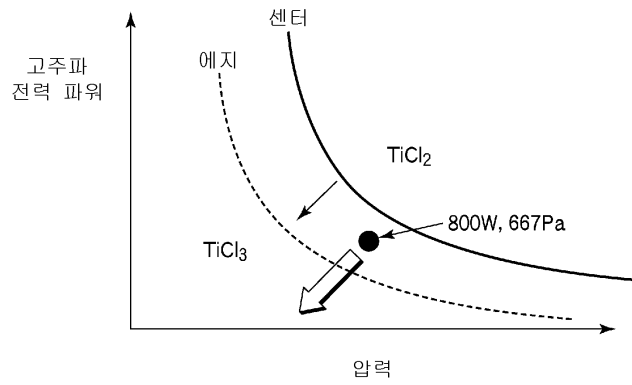
도면5B



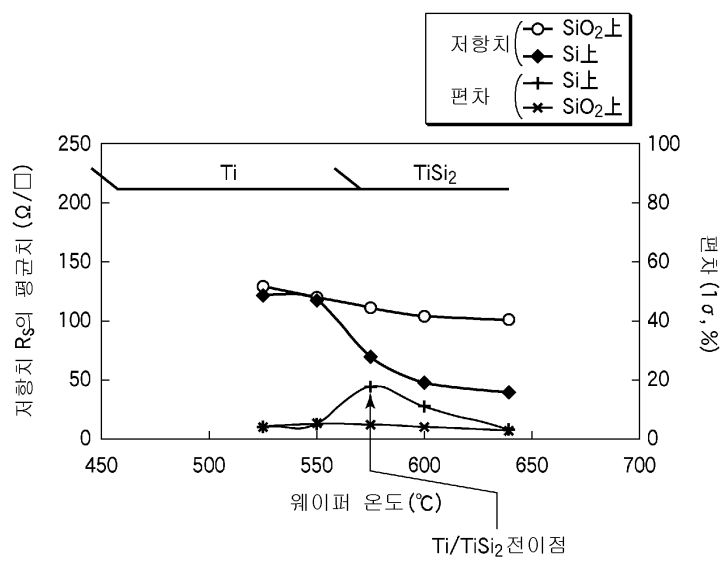
도면5C



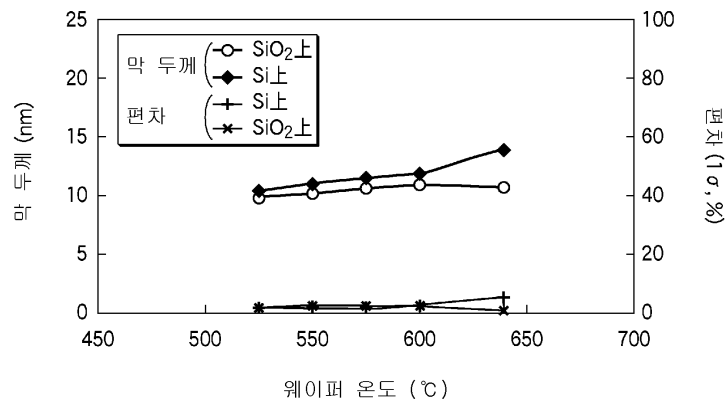
도면6



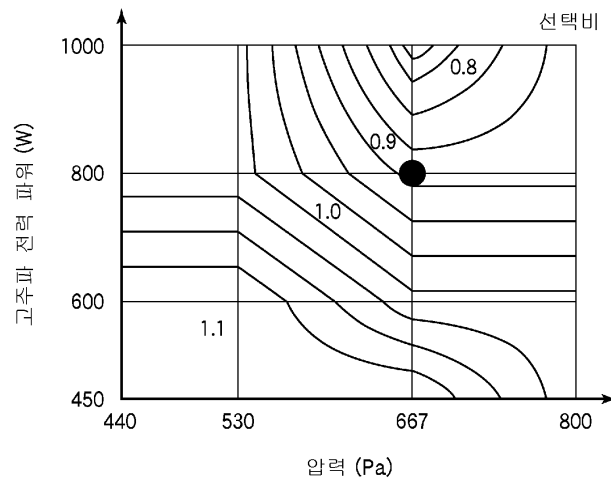
도면7



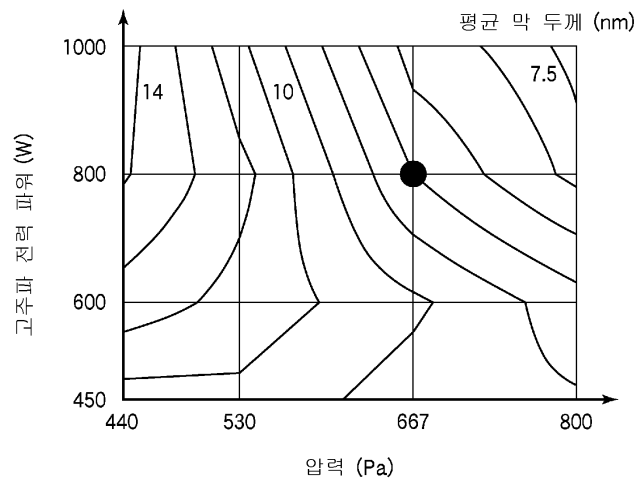
도면8



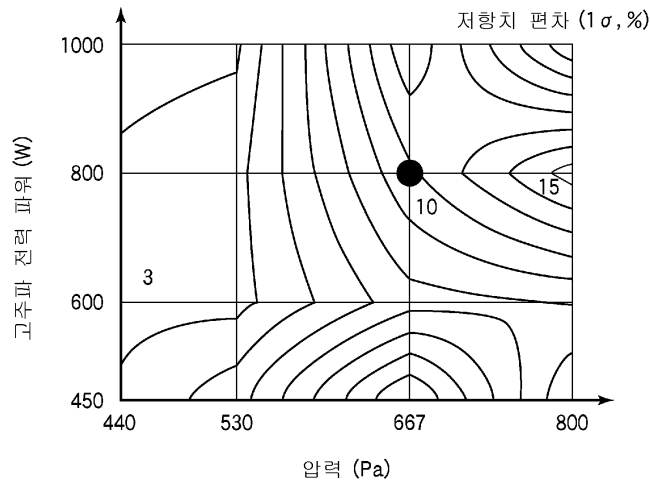
도면9



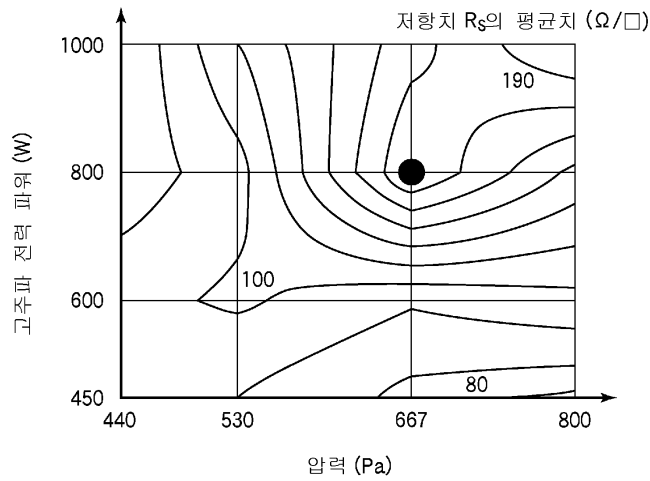
도면10



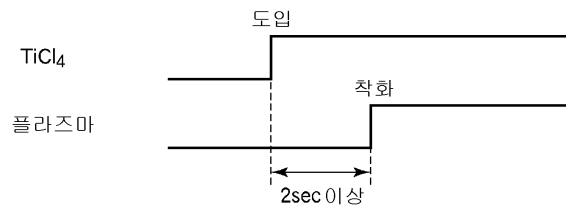
도면11



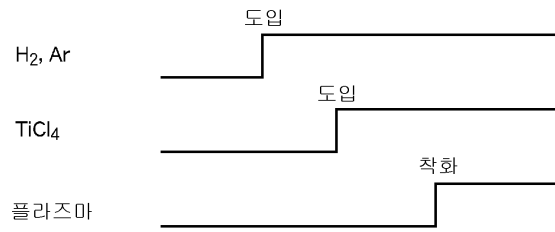
도면12



도면13A



도면13B



도면14

