(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.[6]
H01L 21/285

(11) 공개번호 특2001-0031857
(43) 공개일자 2001년04월16일

(21) 출원번호 10-2000-7004930
(22) 출원일자 2000년05월06일
번역문제출일자 2000년05월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US 98/23739
(87) 국제공개번호 WO 99/25012
(86) 국제출원출원일자 1998년11월06일
(87) 국제공개일자 1999년05월20일
(81) 지정국 AP ARIPO특허 : 케냐 레소토 말라위 수단 스와질랜드 우간다 가나 감비아 짐바브웨 시에라리온

EA 유라시아특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 키르기즈 카자흐스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 투르크메니스탄

EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투칼 스웨덴 핀랜드 사이프러스

OA OAPI특허 : 부르키나파소 베넹 중앙아프리카 콩고 코트디브와르 카메룬 가봉 기네 말리 모리타니 니제르 세네갈 차드 토고 기네비쏘

국내특허 : 알바니아 아르메니아 오스트리아 오스트레일리아 아제르바이잔 보스니아-헤르체고비나 바베이도스 불가리아 브라질 벨라루스 캐나다 스위스 중국 쿠바 체코 독일 덴마크 에스토니아 스페인 핀랜드 영국 그루지야 헝가리 이스라엘 아이슬란드 일본 케냐 키르기즈 북한 대한민국 카자흐스탄 세인트루시아 스리랑카 라이베리아 레소토 리투아니아 룩셈부르크 라트비아 몰도바 마다가스카르 마케도니아 몽고 말라위 멕시코 노르웨이 뉴질랜드 슬로베니아 슬로바키아 타지키스탄 투르크메니스탄 터어키 트리니다드토바고 우크라이나 우간다 미국 우즈베키스탄 베트남 폴란드 포르투칼 루마니아 러시아 수단 스웨덴 싱가포르 가나 감비아 크로아티아 인도네시아 유고슬라비아 짐바브웨 시에라리온 그레나다 코스타리카 도미니카연방 아랍에미리트 남아프리카

(30) 우선권주장 8/965,658 1997년11월06일 미국(US)
(71) 출원인 도쿄 엘렉트론 가부시키가이샤 히가시 데츠로

일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5-3-6

(72) 발명자 아민마이클에스.

미국아리조나주85018피닉스노쓰52번스트리트3128

힐만조지프티.

미국아리조나주85250스코츠데일이스트맥렐란블러바드8025

(74) 대리인 이병호

심사청구 : 없음

(54) 텅스텐 플러그 기술에서 PE-CVD-Ti 및 동일 반응계플라즈마 질화법을 이용하여 질화티탄막 부착 단계를제거하는 방법

요약

불화텅스텐 원료 기체로부터의 텅스텐의 화학적 증착 동안에 불소의 화학적 공격에 대한 효과적인 차단층이 본 발명에 의해 형성된다. 질화티탄 등각 차단막(140)이 티탄 박막(136)의 동일 반응계 질화에 의해 형성될 수 있다. 기판(28)을 압력을 감소시키고, 온도를 350 내지 약 700℃까지 상승시킨 모듈(20)에 위치시킨다. 이어서, 티탄막(136)을 테트라할로겐화 티탄 및 수소의 플라즈마-강화된 화학적 증착에 의해 부착시킨다. 이어서, 티탄막(136)을 질소 함유 플라즈마(141), 예를 들어 암모니아, N_2 또는 NH_3/N_2계 플라즈마에 도입시킴으로써, 질화티탄(140)을 티탄막(136)상에 형성시킨다. 이어서, 플라즈마-강화된 화학적 증착에 의해 텅스텐(142)를 질화티탄막(140)에 부착시킨다. 티탄 부착 및 질화 단계 모두가, 반응 단계들이 완료될 때까지, 동일한 가공 모듈(20)내에서 기판(28)을 모듈(20)으로부터 제거함 없이 수행될 수 있다. 텅스텐 부착 단계는 별개의 가공 장치에서 또는 티탄을 부착 및 가공하기 위해 사용되는 모듈(20)에서 예비 형성될 수 있다.

대표도

도3C

색인어

화학적 증착, 산화물층, 에칭, 반도체, 질화티탄 차단막

명세서

배경기술

텅스텐 플러그 또는 통로 필 방법를 사용하는 접점 및 통로 레벨 금속화를 형성하는 현재의 방법은 몇 가지 단계를 거쳐 부착되어 신뢰성 있는 막 특성을 갖는 양호한 접점/통로 저항이 수득될 것을 요구하고 있다.

이러한 단계들은 일반적으로:

1. 티탄막을 부착하여 티탄-실리사이드를 형성하고, 규소 기판과 텅스텐 플러그 간의 양호한 접점 저항을 도모하는 단계;

2. 질화티탄 차단층(barrier layer)을 부착시켜 텅스텐 부착 단계에서 방출된 불소가 기존의 타탄 하부층을 에칭하지 않는 단계;

3. 플러그를 포함하여 텅스텐 층을 부착하고, 텅스텐 층을 에치-백(etch-back)시키거나 화학적 기계적 폴리싱하는 단계를 포함한다. 화학적 기계적 폴리싱은 연마 슬러리 및 화학적 에칭제와 연결되어 있는 버핑 휠을 사용하여 막의 층을 쉽게 제거할 수 있는 소모성-레지스트 에치-백 방법(sacrificial-resist etch-back process)이다.

이전에는,타탄 및 질화티탄은 일반적으로 물리적 증착(PVD) 방법, 예를 들어 스퍼터링을 사용하여 부착되었다. PVD를 사용할 경우, 적당한 바닥 피복을 수득하기 위해서 Ti 및 TiN의 두꺼운 막이 장치의 상부층에 부착되어야 한다. 스퍼터링이 저온에서 티탄막의 부착을 제공하지만, 스퍼터링 방법은 여러가지 단점을 갖는다. 스퍼터링은 일반적으로 매우 불량한 단계 피복(step coverage)을 제공한다. 단계 피복은 기판 웨이퍼상의 접점의 바닥상이 막 두께 대 기판의 접점 또는 상부 표면의 측면상의 비율로서 정의된다. 결과적으로 접점 또는 통로의 바닥에서 예정된 양의 티탄을 스퍼터링하여 부착하기 위해서는, 보다 많은 양의 스퍼터링되는 티탄이 기판의 상부 표면상에 또는 접점의 측면에 부착되어야 한다. 예를 들어, 스퍼터링을 사용하여 200Å 막을 접점의 바닥에 부착하기 위해서는, 600Å 내지 1,000Å 막층이 기판의 상부 표면 또는 접점의 측면에 부착되어야 한다. 과량의 티탄을 에칭제거해야 하므로, 티탄층을 부착할 경우에 스퍼터링은 낭비적이고 비용이 많이 든다.

스퍼터링 기술을 사용하는 접점의 단계 피복은 접점 또는 통로의 가로세로비가 증가함에 따라 감소한다. 접점의 가로세로비는 접점의 깊이 대 너비의 비율로서 정의된다. 따라서, 쉘로우 및 와이드 접점(낮은 가로세로비)에서 필요한 것보다 두꺼운 스퍼터링된 막이 특정 막두께를 수득하기 위해서 접점의 상부 또는 측면에 부착되어야 한다. IC에서 보다 작은 장치 치수에 있어서, 높은 가로세로비 접점 및 통로가 사용되고, 스퍼터링은 비효율적이고 낭비적이다. 보다 작은 장치에 대한 스퍼터링 부착 동안에 감소된 단계 피복은 부착되어야 하는 티탄의 양을 증가시키므로, 적용되고 나중에 에칭제거되는 티탄의 양을 증가시킨다. 이는 티탄 부착 시간 및 과량의 티탄을 제거하기 위해 필요한 에칭 시간을 증가시킨다. 따라서, IC 장치 기하구조가 계속해서 줄어들고, 가로세로비가 증가함에 따라, 티탄-함유 층의 스퍼터링에 의한 부착은 매우 비용이 많이 들게 된다.

스퍼터링 부착은 또한 분리된 반응 챔버를 사용할 것을 요구한다. 제1막이 화학적 증착(CVD)(이는 바람직한 방법이다)에 의해 부착된 다음, 제2막을 스퍼터링 부착시키는 장치에서는 2개의 상이한 챔버가 요구된다. 이에 제3부착 공정, 예를 들어 제3챔버에서의 스퍼터링 부착이 이어질 수 있다. 기판을 하나의 반응 챔버에서 또 다른 반응 챔버로 이송하는 것을 최소화하고, 단일 챔버에서 가능한한 많은 반응을 수행하는 것이 바람직하다.

도2A 내지 2D에 도시된 바와 같이, 산화물층(112)을 갖는 규소 기판(110)및 통로 또는 플러그(114)가 제공된다. 두께 약 600Å의 티탄층(116)이 이어서 PVD로 부착된다. PVD-Ti 부착은 Ti" 오버행" (116a)를 초래한다. 두께 약 1,200Å의 질화티탄 차단층(118)이 이어서 PVD로 부착된다. PVD-TiN은 Ti오버행(116a)에 부착되어 오버행(118a)를 형성한다. PVD-TiN의 불량한 단계 피복으로 인해, 오버행(118a) 밑의 구역(118b)가 얇고 약하다. 이러한 약함은 텅스텐 플러그의 부착 동안에 TiN 차단층의 고장을 초래한다. 텅스텐층(120)의 원료 기체는 헥사플루오르화텅스텐(WF_6)이다. 텅스텐층(120)의 부착 동안에, 불소 기체가 방출된다. 불소 기체는 TiN 차단층(118) 밑에 있는 Ti층(116)과의 반응성이 매우 강하다. 구역(118b)에서의 F와 Ti층(116)의 반응은 전체 막 적층에 대한 리프트오프(liftoff)(122)를 초래한다. 이러한 리프트오프(112)는 실패한 적층의 외관으로 인해 " 텅스텐 볼케이노" 로 공지되어 있다.

티탄막에 대해 질화티탄막을 부착하는 경우가 종종 있다. 이러한 막 적층을 위한 일반적인 방법은 스퍼터링이다. CVD Ti 및 TiN은 스퍼터링에 비해 비용-효율적인 대안으로 제공되었다. 출원번호 제08/401,859호(본원에서 이의 전부가 참조된다)[1995년 3월 10일 출원, 명칭 " Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition of Titanium Nitride Using Ammonia"]는 사염화티탄 및 암모니아를 사용하는 질화티탄의 PE-CVD에 대해 기재하고 있다. 하지만, 이는 단일 반응 챔버내에서의 티탄 및 질화티탄

의 형성에 대해 기재하고 있지 않지만, 특히 티탄 및 질화티탄막이 형성간에 티탄을 함유하는 기판을 반출함에 대해 기재하고 있다.

기계의 처리량을 감소시키는 각각의 개별 공정에 수반되는 상당한 비용이 요구된다. 이는 웨이퍼 가열, 반응 챔버 압력 안정화, 기체 유동 및 회전 안정화를 위한 시간을 포함한다. 웨이퍼가 장치에 들어갈 때마다, 이러한 모든 단계를 거쳐야 한다.

이곳저곳으로 웨이퍼를 이동시키는 것은 티탄의 부착 및 후속적인 질화 및 질화티탄막의 부착간에 시간 지연을 초래한다. 이러한 시간 동안에, 티탄막은 막의 전기적 특성을 저하시키는 산화를 겪게 된다.

따라서, 본 발명의 목적은 어떠한 고유 단점을 갖지 않는 TiN 차단층을 제공하는 것이다. 본 발명의 또 다른 목적은 텅스텐 볼케이노를 형성하지 않으면서 W 플러그를 부착하는 것이다. 또 다른 본 발명의 목적은 단일 반응 챔버에서 기판상에 Ti층으로부터 TiN 차단층을 형성시키는 것이다.

발명의 요약

본 발명은 CVD-W 플러그 설비내에서 티탄(Ti) 부착과 텅스텐 부착 간에 중간 단계로서 질화티탄(TiN)막을 부착시키는 단계를 제거하는 방법이다. 본 발명은 Ti의 CVD를 사용하여 상사성 전구체 차단 레벨을 형성한 다음, 동일 반응계 질화 단계를 수행한다. 동일 반응계 질화 단계는 질소 함유 플라즈마, 예를 들어 암모니아, N_2 또는 NH_3/N_2계 플라즈마를 사용하여 상사성 CVD-Ti를 TiN으로 전환하는 플라즈마 질화이다. 상사성 TiN막은 CVD-W 플러그 부착에서 방출된 불소 기체에 의해 에칭 또는 공격받지 않고, 접점 코너에서 " 볼케이노" 의 형성을 제거한다.

미국 특허원 제08,253,978호[명칭:Low Temperature Plasma-Enhanced Formation of Intergrated Circuits, 1994년 6월 3일 출원, 발명자:Joseph T. Hillman et al.]는 각종 막, 예를 들어 PE-CVD Ti의 적용에 대해 기술하고, 본원에서 이의 전체가 참조된다.

본 발명은 티탄막을 제공하는데, 이는 후속적으로 질화되어 질화티탄막을 형성하고, 이어서 W 플러그의 부착시킴으로써 접점 또는 통로가 충전된다. 차단 형성의 방법은 단일 반응 챔버에서 수행되어 생산성 및 비용 효율성에 있어서 상당한 증가를 제공할 수 있다.

본 발명에 따라서, 반응 챔버 압력은 약 10 torr 미만으로 안정화되고, 이어서 웨이퍼 온도는 약 400 내지 700℃의 온도로 안정화되고, 티탄막은 플라즈마-강화된 화학적 증착에 의해 부착된다. 반응 챔버를 이탈하지 않으면서, 이어서 막을 질소 함유 플라즈마, 예를 들어 암모니아, N_2 또는 NH_3/N_2계 플라즈마를 사용하여 플라즈마 질화에 도입시켜 질화티탄을 형성한다. 다시, 반드시 반응 챔버를 이탈할 필요없이, 헥사플루오르화텅스텐 원료 기체를 사용하는 화학적 증착을 사용하여 텅스텐을 부착시킬 수 있다. 이와 달리, 기판을 반응 챔버로부터 제거하고 W 부착을 위한 후속적인 공정 장치로 이동시킬 수 있다.

이러한 단계들에 의해서, 공정 동안에 웨이퍼를 움직이거나 상태를 변화시킴 없이 접점 또는 통로내에서 텅스텐 플러그를 위한 질화티탄 차단층의 형성한다. 통상적인 방법에 대한 이러한 방법의 잇점은 질화티탄 및 텅스텐의 형성시키기 위한 시간을 감소시킨다는 것이다. 결과적으로, 이는 기계의 처리량을 향상시키고, 비용을 감소시킨다. 추가로, 이는 2개 또는 3개의 이러한 장치를 병행 작동시켜 기구의 처리량을 추가로 증가시키는 단일 클러스터(cluster) 기구를 사용할 수 있게 한다. 추가로, 티탄 부착과 질화티탄을 형성하기 위한 질화 사이에 지연이 없기 때문에 접합 특성이 개선되고, 이는 전기적 특성을 저하시킬 수 있는 오염물질을 최소화한다.

본 발명의 목적 및 잇점은 하기 상세한 설명 및 도면을 참조하여 추가로 기술한다:

도면의 간단한 설명

도1은 본 발명의 방법을 실시하기 위해 사용한 부착 챔버의 측면도, 부분적으로 단면도이다.

도1A는 도1의 라인 A-A를 따라 취해진 동심성 기체 주입기의 상부 평면도이다.

도2A 내지 도2D는 " 텅스텐 볼케이노" 의 형성을 보여주는 개략 단면도이다.

도3A 내지 도3D는 " 텅스텐 볼케이노" 의 형성 없이 텅스텐 플러그를 사용하는 접점 또는 통로의 충전을 보여주는 개략 단면도이다.

발명의 상세한 설명

본 발명에 따라서, 질화티탄막은 티탄막의 질화에 의해 형성되어 질화티탄 차단층을 형성한다. 본 발명에의 사용을 위해, 티탄막은 CVD, 바람직하게는 티탄, 바람직하게는 테트라할로겐화 티탄, 예를 들어 사염화티탄의 PE-CVD를 사용하여 부착된다. 티탄막의 부착에 이어서, 막을 동일 반응계 플라즈마 질화에 도입하여 질화티탄 차단층을 형성한다.

임의의 특정 장치에 제한하지는 않지만, 본 발명에 사용하기 위한 바람직한 장치의 하나는 도1의 CVD 반응기(20)이다.

반응기(20), 구체적으로는 하우징(22)내에 반응 공간(24)를 갖는 반응기(20)은 선택적으로 배기시킬 수 있다. 이러한 장치에서, 반응 공간은 0.5 내지 10 torr까지 배기된다. 일반적으로 서셉터(susceptor)(26)은 고정되어 있지만; 서셉터(26)은 샤프트(30)에 의해 여러가지 속도의 모터(도시되지 않음)와 결합되어 서셉터(26) 및 기판(28)이 여러가지 속도, 예를 들어 0 내지 2,000 rpm으로 회전할 수 있다. 서셉터(26)은 기판(28)을 가열하기 위한 저항 가열 부재(도시되지 않음)을 포함하고, 전기적 접지(도시되지 않음)를 포함한다.

하우징(22)의 상부벽(32)로부터 아래쪽으로의 연장은 기체-분배 샤워헤드(36)에 연결된 실린더 어셈블리(34)이다. 샤워헤드(36)은 불필요한 열을 분산시키기 위한 열 파이프를 경우에 따라 포함하는 커버(46)을 통해 연장되어 있는 적당한 RF 피이드 라인 어셈블리(40)에 의해 RF 에너지 소스(38)에 결합된다. 실링 구조(49)는 피이드 라인 어셈블리(40)의 주위에 오프닝을 봉합한다. 플라즈마 원료 기체 및 반응 기체가 동심성 링 또는 할로(50,52)에 의해 유동 경로(44)로 도입된다. 동심성 링 또는 할로(50,52)는 유동 경로(44) 주위로 기체를 균일하게 분배시키는 다수의 구멍을 포함하면서, 링(52)는 라인(58)에 의해 공급선에 연결되어 있다.

절연체 링(62)는 실린더(34) 및 샤워헤드(36)으로 분리되어 있어서 상호간에 전기적으로 격리되어 있다. 실린더(34)는 접지 라인(61)에 의해 전기적으로 접지되어 있다. 절연체 링(62)는 바람직하게는 샤워헤드(36)의 외부 직경과 대략 동일한 외부 직경, 및 실린더 및 샤워헤드 간의 전체 접속 인터페이스를 따라서 실린더(34) 및 사워헤드(36)의 완전한 분리를 확보하는 너비를 갖는다. 절연체 링은 바람직하게는 약 0.75 inch 두께의 수정 물질로 이루어져 있다.

샤워헤드 전극(36)은 기판(28)에 대해 기체의 유동을 분배시키는 다수의 분배 구멍(64)를 함유한다. 샤워헤드(36)은 스템(68)을 포함한다. 스템(68)은 샤워헤드(36)과 함께 필수 성분으로서 형성되고, 샤워헤드(36)에 연결되어 있는 RF 라인 어셈블리(40)의 부분을 형성한다. 스템(68)을 포함하는 샤워헤드(36)은 전기 전도성 물질, 바람직하게는 니켈-200으로 이루어져 있다.

RF 피이드 라인 에셈블리(40)을 통한 RF 전원은 샤워헤드(36)을 바이어스(bias)하여 샤워헤드는 RF 전극으로서 작용한다. 접지된 서섭터(26)은 또 다른 병렬 전극을 형성한다. RF장이 바람직하게는 샤워헤드(36) 및 서셉터(26) 사이에서 생성된다. 바이어스된 샤워헤드/전극(36)에 의해 생성된 RF장은 플라즈마 기체, 예를 들어 질소, 수소 및 아르곤 기체를 여기시키고, 이는 구멍(64)을 통해 분배되어 플라즈마가 샤워헤드/전극(36) 아래에 형성된다.

사용된 샤워헤드는 두께가 약 6mm이고, 약 17.3cm의 직경 및 600개의 구멍을 갖는다. 구멍의 수는 중요하지 않고, 100개 내지 1,000개 이상의 구멍으로 쉽게 변경될 수 있다. 구멍은 바람직하게는 1.5mm 미만의 직경, 보다 바람직하게는 약 0.7mm의 직경을 갖는다. 이는 플라즈마가 구멍내에서 발생되어 효율성이 저하되는 것을 방지한다.

기체 유동 주입 링은 바람직하게는 적당한 밸브(도시되지 않음)를 통해 기체 공급선[H_2, 사염화티탄, N_2, NH_3, Ar, WF_6(기체 공급선은 도시되지 않음)]에 연결되어 이러한 기체들의 하나 이상을 실린더(34)에 공급될 수 있게 한다. 주입 링(50) 및 (52)로부터의 기체 유동은 실린더(34)의 길이 방향으로 전개되어서 샤워헤드(36)까지 도달한다. 샤워헤드(36)을 통과하는 인입 플라즈마 기체의 속도 프로파일이 기판(28)의 표면에 도달하기 전에 완전히 발전된 상태인 것이 바람직하다. 샤워헤드의 표면에의 인접으로 인해, 프로파일은 실린더(34)내에서 발전되어야 한다.

바람직하게는, 샤워헤드(36)은 서셉터(26)으로부터 약 10cm 내지 약 10mm 떨어져 있고, 20mm가 바람직하다. 샤워헤드는 기판 또는 웨이퍼가 제거될 수 있는 한, 기판 표면(29)에 가능한한 가깝게 위치하는 것이 바람직하지만, 이는 본 발명을 실시하기 위해 중요한 것은 아니다.

펌핑(pumping) 효과는 본원에서 이의 전체가 참조되는 미국 특허 제5,370,739호에 기재된 바와 같이 회전 서셉터(26)에 의해 생성될 수 있다. 플라즈마 라디칼 및 이온은 기판(28)의 상부 표면(29)에서 구인된다. 일반적으로, 회전속도는 0 rpm 내지 1,500 rpm에서 변할 수 있다. 추가로, matched 기체 유동은 중요해 보이지는 않지만, 사용될 수 있다.

샤워헤드 및 기판(28) 사이에 약 20mm의 공간을 가지면서, 생성된 플라즈마는 기판 표면(29)에 보다 가깝게 존재한다. 샤워헤드(36)가 RF 전극으로서 작용하면서, 보다 균일한 플라즈마가 생성되므로, 기판(28)에서 라디칼 및 이온 밀도의 균일성을 강화시키고, 이로써 반응 속도를 향상시킨다.

이러한 장치를 사용할 경우에, 전극은 약 55 KHz 내지 13.56 MHz(Federal Communication Commission에서 승인된 주파수)의 주파수에서 일반적으로 바이어스된다. 초기에, 웨이퍼를 반응기(20)내에 위치시키고, 온도 및 압력 둘다를 설정 및 안정화시킨다. 온도는 수행되는 각종 반응을 최적화하도록 선택되어야 하고, 일반적으로 350℃ 내지 약 700℃이다.

유사하게, 압력은 초기에 설정 및 안정화해야하고, 공정 내내 유지시킨다. 압력은 어디서든 약 500 millitorr 내지 약 10 torr일 수 있고, 약 5 torr가 바람직하다.

티탄막은 미국 특허 제5,567,243호(본원에서 참조됨)에 기재된 바와 같이 PE-CVD에 의해 부착된다. 이러한 방법에 따라서, 테트라할로겐화 티탄을 희석 기체와 결합시키고, RF 에너지를 사용하여 플라즈마 속으로 형성시킨다. 이어서 티탄을 기판(28)에 부착시킨다. 도3A에 도시된 바와 같은 기판(28)은 일반적으로 임의의 반도체 기판, 예를 들어 텅스텐 플러그(142A)로 충전된 접점 또는 통로(134)를 갖는 산화물층(132)과의 규소(130)일 수 있다. 도3B에 도시된 바와 같이, PE-CVD-Ti는 산화물층(132)상에 금속 Ti층의 부착 동안에 Si(130)상에 동일 반응계 $TiSi_2$층(138)을 형성한다. Si 접점층(130)내에 형성된 $TiSi_2$층(138)이 산화물(132)의 상부 표면에 형성된 금속성 Ti층(136)의 두께의 약 2 내지 2.5배가 되도록 부착 키네틱을 조절한다. 예를 들어, 100Å의 금속성 Ti층(136)이 산화물(132)의 상부 표면에 형성될 경우, 약 250Å의 $TiSi_2$층(138)이 Si 접점층(130)내에 형성된다. 산화물의 수직 표면상에 형성된 금속성 Ti층은 산화물의 수평 표면상의 층만큼 두껍지 않다. 상대적으로 얇은 Ti층은 질소 함유 플라즈마, 예를 들어 암모니아, N_2 또는 NH_3/N_2계 플라즈마에서의 질화에 적당하다. 이러한 방법이 사용될 수 있는 기타 적당한 설비, 예를 들어 Al 또는 TiN 반사-방지 피복층상에의 Ti 부착이 있다.

테트라할로겐화티탄은 사브롬화티탄, 사요오드화티탄 또는 사염화티탄일 수 있다. 사염화티탄이 비용에 있어서 바람직하다. 이러한 티탄 원료 기체는 불활성 희석 기체, 바람직하게는 수소와 결합된다. 기타

불활성 희석 기체는 헬륨, 아르곤, 네온 및 제논을 포함한다. 일반적으로, 희석제 대 사염화티탄의 몰비는 약 1:1,500 내지 약 5:1,500이다.

유속은 특정 반응기에 따라서 변한다. 상기한 반응기에서, $TiCl_4$의 유속은 3 내지 7 sccm 이 바람직하고; 수소의 유속은 1,000 내지 5,000 sccm이 바람직하다. 압력은 약 5 torr이 바람직하다.

RF 에너지는 또한 특정 설비에 따라서 변할 수 있다. RF 에너지의 전력은 약 450 KHz 내지 13.56 MHz에서 약 200 W 내지 약 1 KW이다. 회전은 기판의 표면에 기체를 구인하는 펌핑 작용을 수월하게 한다. 본 발명을 사용하여, 기판 온도는 서셉터(26)의 온도를 조정함으로써 조정할 수 있다.

산화물층(132)상에 형성된 티탄막(136)(도3B)은 부착 후에 임의로 수소 플라즈마에 도입시킬 수 있다. 바람직하게는, 플라즈마는 수소, 수소와 아르곤 또는 수소와 헬륨과의 혼합물로부터 선택된 기체로부터 형성된다. 1% 내지 5%의 수소가 할로겐화물과 반응하여 할로겐화수소, 염화티탄이 원료 기체로 사용되었다면 염화수소를 형성한 다음, 이를 반응 챔버로부터 배기하는 것이 바람직하다. 수소 플라즈마는 티탄 부착 반응을 완결에 이르게 하고, 염화물을 제거 또는 적어도 실질적으로 감소시킨다.

수소 플라즈마 처리 동안에, RF 전극은 약 200 내지 700 W에서 작동하며, 주파수는 약 450 KHz 내지 13.56 MHz이다. 일반적으로 유속은 약 1,000 sccm이어야 한다. 이러한 플라즈마 처리는 30 내지 90초 동안 계속되고, 약 60초가 바람직하다.

TiN막(140)(도3C)는 Ti막(136)(도3B)로부터 형성된다. 후속적으로 수소 플라즈마 처리하고, Ti막(136)은 질소-함유 플라즈마(141)(도3C), 예를 들어 질소 함유 플라즈마, 예를 들어 암모니아, N_2 또는 NH_3/N_2 계 플라즈마를 사용하여 동일 반응계 질화된다. 본 발명에서 사용될 수 있는 질화 기체는 희석 기체, 예를 들어 불활성 기체(바람직하게는 아르곤) 또는 수소를 갖는 암모니아, 및 암모니아 및 질소의 이온이다. 암모니아가 이의 보다 양호한 반응성으로 인해 바람직하다. 플라즈마(141)은 승온 및 승압에서 전극(36)에 의해 생성된 RF장에 질화 기체를 도입시킴으로써 생성된다. 플라즈마(141)이 티탄막(136)에 접촉할 경우에, 티탄막(136)은 질화티탄막(140)(도3C)으로 변형된다.

질화 단계 동안에, RF 전극은 약 200 내지 약 700W(바람직하게는 약 500W, 주파수는 약 100 KHz 내지 약 50 KHz(바람직하게는 약 450 KHz))에서 작동된다. 암모니아 기체 유동은 일반적으로 약 1,000 내지 약 5,000 sccm(바람직하게는 약 3,000 sccm)으로, Ar 희석 기체 유동은 약 150 sccm으로 조절되며, 전체 압력은 약 5 torr이다. 기판(28)의 온도는 가열 서셉터(26)에 의해 조절된다. 기판은 바람직하게는 약 600℃까지 가열된다.

일반적으로, 질화 기체의 최소 유속은 약 10 sccm 이상이어야 한다. 10,000 sccm 초과의 유속으로 작동될 수도 있지만, 5,000 sccm 초과의 유속은 질화의 속도에서의 어떠한 실질적인 증가도 없이 챔버의 배기되지 않은 기체의 양을 증가시킨다. 질화 기체의 정확한 유속은 본 발명의 실시를 위해 그리 중요하지 않지만, 약 3,000 sccm이 바람직하다. 질화 공정 시간은 20초 내지 10분일 수 있지만, 5분이 일반적이다.

질화 기체, 바람직하게는 암모니아 또는 질소와 수소의 조합물이 주입기(50) 및 (52)를 통해 도입되고, 실린더(34) 및 샤워헤드(36)을 통해 유동하고, 이는 기체로부터 플라즈마를 생성한다. 이러한 반응은 약 5분 동안 지속된다. 화살표(65)에 도시된 바와 같은 수소를 함유하는 미반응 암모니아를 배플(27) 주위에서 아랫쪽으로 배출되고, 반응 챔버(14)로부터 배기구(53)을 통해 배기된다.

이어서, 미국 특허 제08/797,883호 및 제08/797,397호[둘다 제목은 " PROCESS FOR CHEMICAL VAPOR DEPOSITION OF TUNGSTEN ONTO A TITANIUM NITRIDE SUBSTRATE SURFACE" 이고, 둘다 1997년 2월 10일에 출원되었으며, 발명자는 Douglas A. Webb이고, 본원에서 이의 전체가 참조된다]에 기재된 바와 같이, 기판을 텅스텐 CVD 장치로 이동시킬 수 있다. 웨이퍼는 일반적으로 텅스텐 CVD의 챔버내에서 수소 플라즈마 처리되어 임의의 산화된 표면층을 제거하고, 후속적으로 부착된 텅스텐을 위한 핵형성 위치를 형성한다. WF_6의 도입 및 CVD 반응의 초기에, 텅스텐의 핵형성은 분해 없이 진행되고, 공정은 별도의 스퍼터링 에칭 또는 기타 플라즈마 처리 장치를 요구하지 않으며, 세정 처리 시간을 감소시킨다. 수소 플라즈마 처리는 2초 내지 1분이 소용될 수 있다.

일반적으로, 별개의 장치에서 텅스텐을 부착하는 것이 보다 효율적인데, 이는 온도, 압력 및 기체 혼합물에서의 차이가 장치를 변화시키는데 있어서의 지연을 보장하기에 충분하기 때문이다. 하지만, 티탄의 부착 및 가공을 위해 사용된 가공 장치로의 텅스텐 부착도 가능하다. CVD-W층을 부착시키는데 있어서, WF_6를 함유하는 반응 기체가 챔버로 유동하기 전에, 수소 기체를 2,000 sccm의 유속, 5 torr의 압력 및 300 내지 450℃의 웨이퍼 온도에서 도입시킨다. 직경 25cm의 환상 평형판 전극(도시되지 않음)은 기판으로부터 20mm의 거리로 유지되고, 450 KHz의 주파수에서 500W의 RF 전력을 공급한다. H_2 기체를 임의의 산화물을 제거하기에 충분한 시간(일반적으로 10초 내지 1분) 동안 약 2,000 cc/분의 속도로 유동시킨다. 이어서, WF_6을 약 300sccm/분의 속도로 H_2 유동에 첨가하여 통로(134)내에 플러그(142a)를 포함하는 텅스텐막(142)를 제조한다. 당분야의 숙련가는 압력 및 유속이 변경될 수 있다는 것을 알 것이다.

본 발명은 각종 실시양태의 설명에 의해 예시되고, 이들 실시양태는 상세하게 설명되지만, 첨부된 청구의 범위를 어떠한 식으로든 이러한 세부사항에 한정하지 않으려는 것이 본 출원인의 의도이다. 추가의 잇점 및 변형이 당분야의 숙련가에게 자명할 것이다. 따라서, 보다 넓은 측면에서의 본 발명은 특정 세부사항, 대표적 장치 및 방법, 및 도시되고 설명된 예시적 실시예에 한정되지 않는다. 이는 현재 알려진 바와 같은 본 발명을 실시하는 바람직한 방법이 수반된 본 발명의 설명이었다. 하지만, 본 발명 그 자체는 첨부된 청구의 범위에 의해서만 한정되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

상부 표면을 갖는 규소 기판을 제공하는 단계;

규소 기판의 상부 표면에 산화물층[여기서, 산화물층은 상부 표면 및 상부 표면으로부터 기판의 상부 표면을 노출시키는 규소 기판의 상부 표면까지의 구멍을 갖는다]을 형성하는 단계;

산화물층 및 규소층을 갖는 규소화티탄층에 화학적 증착에 의해 Ti층을 형성하는 단계; 및

티탄층을 질소 함유 플라즈마에 도입시킴으로써 질화티탄층을 형성하는 단계를 포함하여, 불소와 티탄의 반응을 방지하기 위해 기판내의 플러그내에 상사성(相似性) 질화티탄막을 형성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 규소층의 상부 표면상의 규소화티탄층이 산화물층의 상부 표면상의 금속성 Ti층의 두께의 2배 이상인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 구멍이 산화물층의 상부 표면으로부터 규소층의 상부 표면까지 연장되는 실질적으로 수직인 벽을 포함하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 산화물층의 상부 표면상의 금속성 티탄층의 두께가 구멍의 수직벽상의 금속성 티탄층의 두께보다 큰 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 기판이 350 내지 700℃의 온도까지 가열되고, 모든 반응 단계에 걸쳐 이러한 온도가 유지되는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 티탄층의 형성 및 질화티탄의 형성이 기판을 챔버로부터 제거함 없이 단일 반응 챔버내에서 수행되는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 기판이 350 내지 700℃의 온도까지 가열되고, 모든 반응 단계 걸쳐 이러한 온도가 유지되는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, WF_6의 화학적 증착에 의해 질화티탄층에 텅스텐층을 부착시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 티탄층이 테트라할로겐화티탄 원료 기체로부터 화학적 증착에 의해 형성되는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 질소 함유 플라즈마가 암모니아, N_2 및 NH_3/N_2계 플라즈마로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 기판을 테트라할로겐화티탄 및 수소로부터 형성된 플라즈마에 도입시킴으로써 질화티탄 및 규소화티탄에 텅스텐층을 형성시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 티탄층을 수소/아르곤 플라즈마에 도입시킨 다음, 티탄층 상에 질화티탄을 형성시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 0.5 내지 10torr의 압력이 반응 챔버내에서 설정되고, 이러한 압력이 모든 반응 단계에 걸쳐 유지되는 방법.

청구항 14

제1항에 있어서, 산화물층내의 구멍이 홀(hole) 및 통로(via)로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 홀 또는 통로가 규소 기판의 상부 표면을 노출시키고, 연결 단자를 형성하는 방법.

청구항 16

규소 기판을 제공하는 단계;

기판상에 산화물층[여기서, 산화물층은 기판의 노출된 부분까지의 구멍을 갖는다]을 제공하는 단계;

기판의 노출된 부분을 갖는 산화물층 및 규소화티탄층에 금속성 티탄층을 동시에 형성시키는 단계;

티탄층 및 규소화티탄층을 질소 함유 플라즈마에 도입시켜 금속성 티탄층으로부터 질화티탄을 형성하는 단계; 및

불소화된 텅스텐 원료 기체의 화학적 증착에 의해 질화티탄층 및 규소화티탄층에 텅스텐층을 부착하여 구멍내에 텅스텐 플러그를 형성하는 단계들을 포함하는 방법에 의해 형성된, 기판상의 산화물층의 구멍내에 형성된 상사성 질화티탄막 속의 텅스텐 플러그.

청구항 17

산화물층내의 구멍은 기판으로부터 산화물층의 상부까지 위쪽으로 연장되는 실질적으로 수직인 벽을 갖는, 제16항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 18

산화물층의 상부 표면상의 금속성 티탄층의 두께가 구멍의 벽상의 금속성 티탄층의 두께보다 큰, 제17항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 19

산화물층내의 구멍이 홀 및 통로로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 제16항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 20

홀 또는 통로가 연결단자를 형성하는, 제19항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 21

규소화티탄층의 두께가 산화물층 상의 티탄층의 두께보다 큰, 제16항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 22

산화물층이 그 위에 형성되어 있는 규소 기판을 반응 챔버내에 배치하는 단계;

테트라할로겐화티탄 원료 기체로부터의 화학적 증착에 의해 기판상에 티탄층을 형성하는 단계;

형성 단계와 동일한 반응 챔버내에서 기판을 챔버로부터 제거함 없이 티탄층을 질소 함유 플라즈마에 도입시켜 질화티탄층을 형성하는 단계 및

불소화된 텅스텐 원료 기체의 화학적 증착에 의해 질화티탄층에 텅스텐층을 부착하는 단계를 포함하는, 불소와 티탄의 반응을 방지하기 위해 기판의 플러그내에 상사성 질화티탄막을 형성하는 방법.

청구항 23

제22항에 있어서, 기판이 약 350℃ 내지 약 700℃의 온도까지 가열되고, 형성 및 도입 단계에 걸쳐 이러한 온도로 유지되는 방법.

청구항 24

제22항에 있어서, 티탄층을 형성하는 단계, 질화티탄층을 형성하는 단계 및 텅스텐층을 부착하는 단계가 기판을 챔버로부터 제거함 없이 단일 반응 챔버내에서 수행되는 방법.

청구항 25

제24항에 있어서, 기판이 350℃ 내지 700℃의 온도까지 가열되고, 모든 단계에 걸쳐 이러한 온도로 유지되는 방법.

청구항 26

제22항에 있어서, 불소화된 텅스텐 원료 기체가 WF_6를 포함하는 방법.

청구항 27

제22항에 있어서, 테트라할로겐화티탄 원료 기체가 $TiCl_4$를 포함하는 방법.

청구항 28

제22항에 있어서, 질소 함유 플라즈마가 암모니아, N_2 및 NH_3/N_2계 플라즈마로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 방법.

청구항 29

제22항에 있어서, 티탄층을 수소/아르곤 플라즈마에 도입시킨 다음, 질화티탄을 티탄층에 형성하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 30

제22항에 있어서, 0.5 내지 10torr의 압력이 반응 챔버내에서 설정되고, 이러한 압력이 형성 및 도입 단계에 걸쳐 유지되는 방법.

청구항 31

제22항에 있어서, 0.5 내지 10torr의 압력이 반응 챔버내에서 설정되고, 이러한 압력이 모든 단계들이 수행될 때까지 이러한 범위내로 유지되는 방법.

청구항 32

산화물층이 기판으로부터 산화물층의 상부 표면까지 연장되는 실질적으로 수직인 벽을 포함하는 구멍을 갖는, 제22항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 33

산화물층의 상부 표면상의 금속성 티탄층의 두께가 구멍의 벽 상의 금속성 티탄층의 두께보다 큰, 제32항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 34

산화물층내의 구멍이 홀 및 통로로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 제32항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 35

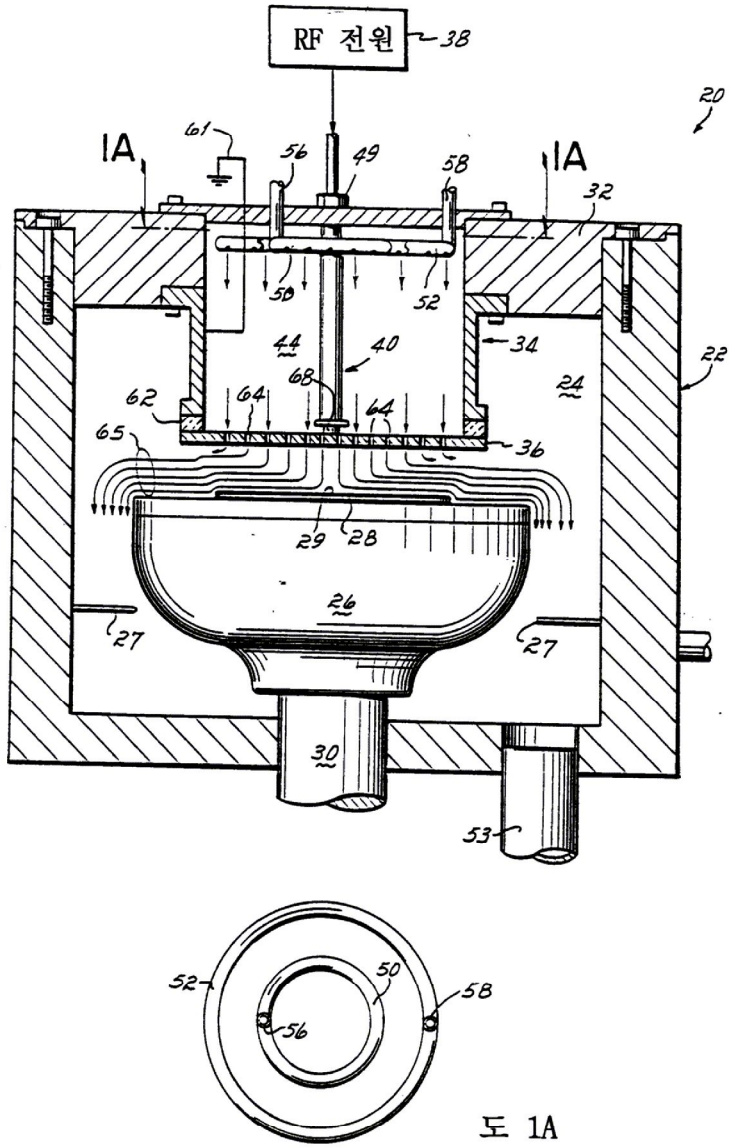
홀 또는 통로가 연결단자를 형성하는, 제34항의 방법으로 제조한 생성물.

청구항 36

규소화티탄의 두께가 산화물층 위의 티탄층의 두께보다 큰, 제32항의 방법으로 제조한 생성물.

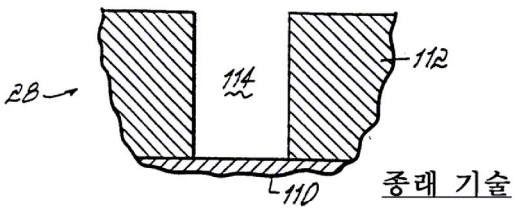
도면

도면1



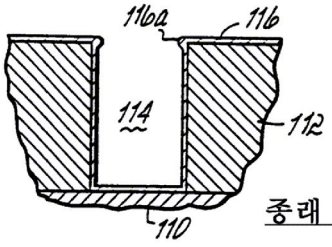
도 1A

도면2A



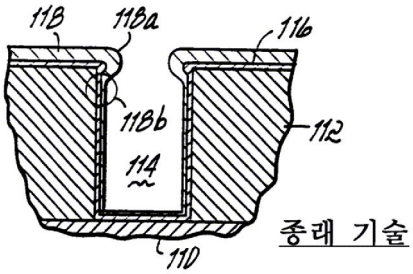
종래 기술

도면2B



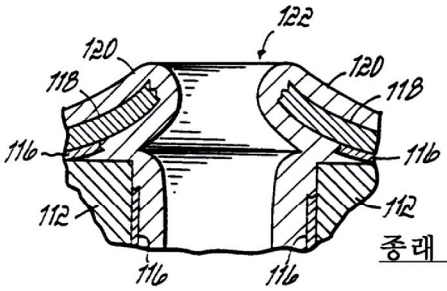
종래 기술

도면2C



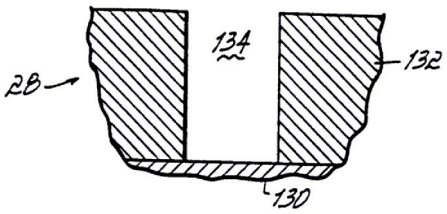
종래 기술

도면2D

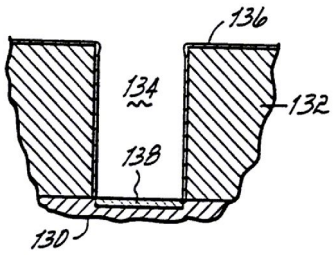


종래 기술

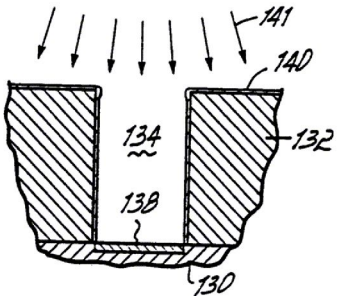
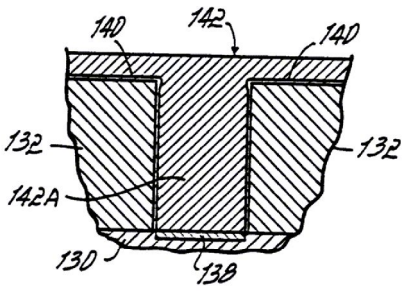
도면3A



도면3B



도면3C



도면3D