(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [6]
H01L 21/314

(45) 공고일자 2003년03월26일
(11) 등록번호 10-0369427
(24) 등록일자 2003년01월10일

(21) 출원번호 10-1997-0016419
(22) 출원일자 1997년04월30일

(65) 공개번호 특1998-0032093
(43) 공개일자 1998년07월25일

(30) 우선권주장 8-288787 1996년10월30일 일본(JP)

(73) 특허권자
캐논 한바이 가부시키가이샤
일본, 도쿄토 미나토쿠, 미타 3쵸메 11 - 28
가부시키가이샤 한도타이 프로세스 겐큐쇼
일본, 도쿄토 미나토쿠 고난 2쵸메 13 - 29

(72) 발명자
도꾸마쯔 노보루
일본국, 도쿄도 미나토구 코난 2쵸메 13-29 가부시키가이샤 한도타이 프로세스 겐큐쇼 내
마에다 가즈오
일본국, 도쿄도 미나토구 코난 2쵸메 13-29 가부시키가이샤 한도타이 프로세스 겐큐쇼 내

(74) 대리인
박천배

심사관 : 신창우

(54) 성막방법및반도체장치의제조방법

요약

반도체 집적회로 장치의 상호접속 층, 등등을 피복하는 평면화 층간 절연 필름을 형성하는 방법이다. III 원자가 인을 가지고 또 산소가 결합되는 적어도 하나의 결합의 인을 가지는 인함유 화합물을 포함하는 반응가스를 공급하는 한편,

P2O3를 포함하는 실리콘 함유 절연 막을 증착 기판에 형성하여, 평면화를 위한 유동화 온도를 극단으로 감소시키는 것이다.

단계들로 이루어지는 성막방법.

대표도

도 1a

명세서

도면의 간단한 설명

도 1A와 도 1B는 선행기술의 가열 및 유동화에 의하여 평면화 단계를 포함하는 층간 절연 막 성막방법을 보이는 단면도이다.

도 2A 내지 도 2C는 선행기술의 가열 및 유동화에 의하여 평면화 단계를 포함하는 또 다른 층간 절연 막 성막방법을 보이는 단면도이다.

도 3A와 도 3B는 선행기술의 CMP에 의하여 평면화 단계를 포함하는 또 다른 층간 절연 막 성막방법을 보이는 단면도이다.

도 4A와 도 4B는 본 발명의 제 1의 실시양태에 따른 P2O3를 포함하는 PSG 막을 형성하는 성막방법을 보이는 단면도이다.

도 5A 내지 도 5C는 본 발명의 제 1의 실시양태에 따른 P2O3를 포함하는 PSG 막을 형성하는 또 다른 성막방법을 보이는 단면도이다.

도 6A는 본 발명의 제 1의 실시양태에 따른 성막방법에 의해 형성된 P2O3를 포함하는 PSG 막의 기판 온도와 인의 농도 간의 관계를 보이는 특성도이다.

도 6B는 본 발명의 제 1의 실시양태에 따른 성막방법에 의해 형성된 P2O3를 포함하는 PSG 막의 오존 농도와 인의 농도 간의 관계를 보이는 특성도이다.

도 6C는 본 발명의 제 1의 실시양태에 따른 성막방법에 의해 형성된 P2O3를 포함하는 PSG 막의 인 함유 화합물의 가스 유량과 인의 농도 간의 관계를 보이는 특성도이다.

도 7A와 도 7B는 본 발명의 제 2의 실시양태에 따른 P2O3를 포함하는 PSG 막을 형성하는 성막방법을 보이는 단면도이다.

도 8A와 도 8B는 본 발명의 제 3의 실시양태에 따른 P2O3를 포함하는 PSG 막을 형성하는 성막방법을 보이는 단면도이다.

도 9는 본 발명의 제 4의 실시양태에 따른 P2O3를 포함하는 PSG 막을 안정화하는 방법을 보이는 단면도이다.

도 10은 본 발명의 제 4의 실시양태에 따른 안정화 전 및 후의 푸리에 전환 적외선 분광사진법(FTIR)에 의하여 PSG 막의 인 화합물 형식들의 분석결과를 보이는 그림이다.

도 11은 P2O5-SiO2 계 유리의 상태도이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

발명의 분야

본 발명은 성막방법 및 반도체장치의 제조방법에 관한 것이며, 더 상세하게는, 반도체 집적회로 장치의 상호접속 층 등을 피복하는 평면화 층간 절연 막을 형성하는 데 이용하는 성막방법 및 반도체장치의 제조방법에 관한 것이다.

선행기술

근래, 반도체 집적회로 장치의 분야에는 다층의 상호접속 층들이 수개의 층에 걸쳐 연장하거나 고 집적 밀도의 증대로 형성되는 경우가 빈번하다. 그런 경우에는, 상호접속 층으로 특히 알루미늄 재료가 자주 사용되고 있기 때문에 평면화 층간 절연 막이 500℃ 이하의 온도에서 형성될 수 있는 성막방법을 개발하는 것이 시급히 요구된다.

선행기술에는, 절연 막을 평면화하는 방법으로 둘의 전형적 방법이 있다. 하나는, 도 1A와 도 1B에 보인 바와 같이, 열 CVD 법, 플라즈마 강화 CVD 법, 및 그 종류의 같은 것에 의하여 우선 성막한 다음 가열과 유동에 의하여 막을 평면화하는 것이고, 다른 것은 도 2A 내지 도 2C에 보인 에칭 백 법이나 또는 도 3A와 도 3B에 보인 바와 같은 CMP(chemical mechanical polishing) 법과 같이, 절연 막의 표면의 불균형을 에칭이나 폴리싱으로 제거하며 따라서 평면화하게 되는 것이다. 전자의 경우에는, 도 1A에 보인 바와 같이, 하기의 반응가스를 선택적으로 사용하는 열 CVD 법에 의하여 BPSG(borophosphosilicate glass) 막 (4)를 형성한다,

(1) SiH4+PH3+B2H6+O2 (PH3: 인화수소), 및

(2) TEOS+TMOP+TMB 또는 TEB+O2 또는 O3

(TEOS: tetraethylorthosilicate (Si(OC2H5)4),

TMOP: trimethylphosphate (PO(OCH3)3)).

딴 방법으로는, 도 1A에 보인 바와 같이, 하기의 반응가스를 사용하는 플라즈마 강화 CVD 법에 의하여 BPSG 막 (4)를 형성한다,

(1) SiH4+PH3+B2H6+O2 (PH3: 인화수소), 및

(2) TEOS+TMOP+TMB 또는 TEB+O2.

문헌들, 예를 들어, Williams, D.S. and Dein, E.A.: J. Electrochem. Soc.,134,3, 657, 1987; Levin, R.M. and Evans-Lutterodt, K.: J. Vac. Sci. Technol., B1, 1: 54, 1983; 및 Sato, J. and Maeda, K.: Extended Abstract of Electrochem. Soc. Spring Meetig: 31, 1971을 참조하기 바란다.

그 다음, 이렇게 형성된 BPSG 막 (4)를 도 1B에 보인 바와 같이, 약 850℃에서 가열하여 유동화시킴으로써, 표면의 평면화를 달성하고 있다. PSG 막의 경우에 있어서는, 열 CVD 법, 플라즈마 강화 CVD 법 등등에 의해, 붕소 함유 가스(B2H6, TMB, 또는 TEB)가 상기 설명의 반응가스로부터 추출되는 반응가스를 사용하는 사이에 먼저 PSG 막을 형성하며, 이렇게 형성된 PSG 막을 다음에는 1000℃ 이하의 온도에서 가열하여 유동화시키게 되어, PSG 막의 표면이 평면화된다.

후자의 경우에 있어서는, 도 2A와 도 2B에 보인 바와 같이, 하기의 반응가스들을 선택적으로 사용하여 열 CVD 법, 플라즈마 강화 CVD 법, 또 그 종류의 같은 것에 의하여 NSG 막 (5)를 먼저 형성한다,

(1) SiH4+O2 (열 CVD 법 또는 플라즈마 강화 CVD 법),

(2) TEOS+O2 또는 O3 (열 CVD 법), 및

(3) TEOS+O2 (플라즈마 향상 CVD 법).

에칭 백 법에 의하면, 도 2B에 보인 바와 같이, 레지스트 막 (6)이 전체 표면이 평면화되도록 NSG 막 (5)에 피복되며, 다음, 도 2C에 보인 바와 같이, 평면화 NSG 막 (5a)가 에칭 과정을 거쳐 형성된다. 한편, CMP 법에 의하면, 도 3B에 보인 바와 같이, 상기 NSG 막 (5)가 형성되며 다음 NSG 막 (5)의 표면은 폴리싱 과정에 의해 평면화된다.

도 1 내지 도 3에 있어서, 참조부호 (1)은 반도체 기판을: (2)는 접지 절연 막을; 그리고 (3a), (3b)는 접지 절연 막 (2) 상에 형성된 상호접속 층들을 나타낸다.

상기에 설명한 에칭 백 법과 CMP 법에 의한 평면화 방법은 가열에 의한 유동화를 이용하는 평면화 방법과는 달리, 가열과정을 요하지 않기 때문에 저온 처리가 필요해지는 그런 경우에 효과적이다. 그러나, 도 2A, 2B 및 도 3A, 3B에 보인 바와 같이, 절연 막 (5)가 형성되는 직후, 상호접속 층들 3a, 3b, 등등의 사이의 요(凹)부에 공극들이 형성되면, 그러한 공극들은 평면화후에서 조차도 여전히 남아 있다. 오늘날, 고밀도 플라즈마 CVD (HDP-CVD) 법, 플라즈마 강화 CVD 법, 대기압 열 CVD 법, SOG(spin-on-glass) 코팅 법 등등이 이런 요부를 충진하는 양호한 적합성을 가진 절연 막을 형성하는 방법으로 고려되고 있다. 그러나, 상기의 평면화 방법들은, 열 유동 단계를 사용하지 않기 때문에, 만약 상호접속 층들 간의 거리가 고 집적 밀도로 인해 대단히 좁아진다면 그 요부를 절연 막 재료로 완전히 덮기는 어렵다.

반대로, 가열에 의한 유동화를 이용하는 평면화 방법에 있어서는, 도 1A와 도 1B에 보인 바와 같이, 열 유동을 이용하기 때문에 완전한 충전 적응성을 기대할 수 있다. 현재, 이 응용에 있어서는 특히 BPSG 막 (4)가 흔히 사용된다. 그러나, BPSG 막 (4)는 유동화시키는 데 적어도 850℃ 까지 가열시켜야 하기 때문에, 그 것은 양 막이 저 온도에서 형성되어야 하는, 상호접속 층들 (3a, 3b) 밑에 있는 접지 막 (2)와 층간 절연 막 (4)에는 적용할 수 없다. 특히, 알루미늄 상호접속 층들을 피복하는 절연 막으로서는 BPSG 막을 사용할 수 없다. 만약 인 또는 붕소 농도가 증대된다면, 유동화 온도를 어떤 범위까지 줄일 수 있다. 이러한 경우에는, 그러한 감소가 불충분한 데다 다른 문제가 발생하여 절연 막들 (2, 4)의 안정화와 내습성을 감퇴시킨다. PSG 막에 대하여서도, BPSG 막과 사실상 같은 정도의 유동화 온도를 또한 필요로 하며 따라서 상기의 문제들이 마찬가지로 발생한다.

BPSG 막에 GeO2를 첨가함에 의하여 형성할 수 있는 GeBPSG 막은 저 유동화 온도의 절연 막으로서 개발되었으나, 그 온도는 고작해야 단지 약 750℃ 까지 감소시킬 수 있다. 그러므로, 저온에서 처리되게 돼 있는 접지 막과 층간 절연 막에 GeBPSG 막을 적용하기는 어렵다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 평면화에 대한 유동화 온도를 극단으로 감퇴시킬 수 있는 절연 막 형성방법과 번도체장치 제조방법을 마련하는 데 있다.

본 발명의 발명자 등은 하기의 사실을 중시하였다.

(1) 선행기술의 BPSG 막 또는 PSG 막이 SiO2+P2O5+B2O3로 이루어진 혼합물이나 또는 SiO2+P2O5로 이루어진 혼합물로 형성되고(비록 선행기술의 반응가스

SiH4+P2H3+B2H6가 Ⅲ 원자가의 인이긴 하지만, 외면에 공급되는 산소와 결합되며 따라서 P2O3 대신 P2O5를 발생시킨다. 이는, P2H3가 외면에 공급되는 산소와 결합되는 경우, PH3는 본질적으로 산소를 포함하지 않기 때문에 안정한 P2O5가 용이하게 발생될 수 있다),

(2) P2O5-SiO2 계통의 BPSG 막은 도 11에 보인 바와 같이, P2O5의 조성물의 20 내지 80% 이상을 열적으로 넘는 850℃의 가장 잘 녹는 점을 가지고 있으므로, 그의 유동화 온도는 주로 P2O5 자신의 융해점에 따라서 결정되며, 또

(3) P2O3는 하기에 보인 바와 같이, P2O3 보다 대단히 낮은 융해점을 가지고 있다.

표 I

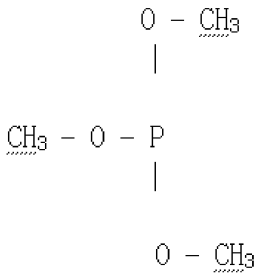
	융해점	비등점
P_2O_3 (Ⅲ원자가)	23.8 ℃	175.4 ℃
P_2O_5 (Ⅴ원자가)	580-585 ℃	300 ℃(승화)

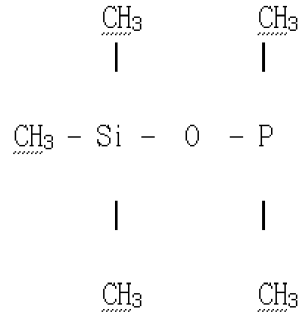
(1978/88 CRC Press 간 CRC 화학 핸드북에서)

상기의 사실을 토대로, 본 발명의 발명자 등은 BPSG 막 또는 PSG 막을 P2O5 대신에 주로 P2O3를 포함하도록 형성한다면, 유동화 온도를 저하시킬 수 있다는 것을 생각하였다.

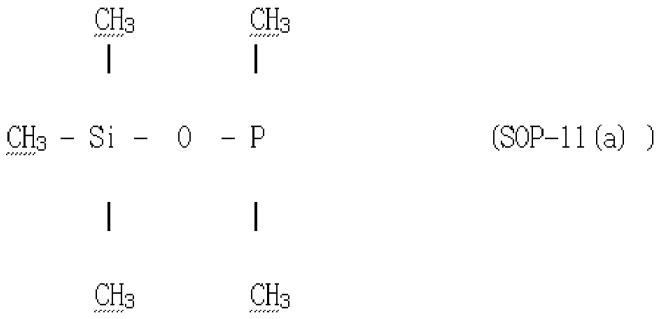
때문에, 고 P2O3 농도의 BPSG 막 또는 PSG 막을 성취하기 위하여, 본 발명의 발명자 등은 산소부족 상태의 인함유 화합물을 산화하는 방법을 생각해 내었다. 구체적인 방법으로서, (1) P가 III 원자가의 형태로 포함되는 화합물을 함유하는 인을 반응가스로 사용하고, (2) 추가의 산소나 오존 없이 산소를 포함하는 실리콘 함유 화합물 또는 인 함유 화합물을 이용하여 BPSG막 또는 PSG 막을 형성하며, 또 타의 것들을 고려할 수 있다.

방법 (1)에 적용될 수 있는 III 원자가의 P를 포함하는 인 함유 화합물로서는, 예를 들어, 하기





의 구조식을 가진 TMP(트리메틸포스파이트(P(OcH3)3)와 하기



(SOP-11(a))

의 구조식을 가진 Si-O-P의 인산 디메틸 트리메틸실릴에스테르와 하기

의 구조식을 가진 Si-O-P 구조의 인산 디메톡시 트리메틸실릴에스테르가 사용된다.

TMP는 방법 (2)에도 또한 적용되어도 좋다는 사실에 특히 유의할 일이다.

그러므로, 발명자 등은 상기 인 함유 화합물을 포함하는 반응가스이 사용으로 열 CVD 법이나 또는 플라즈마 강화 CVD 법에 의해 PSG 막을 형성한 후, PSG 막의 화합물들을 X레이 형광 분석(XRF)이나 또는 푸리에 변환 적외선 분광사진법에 의해 분석하였다. 그 결과, 고 농도의 P2O3가 막의 형태로 포함돼 있다는 사실을 본 발명의 발명자 등은 확인하였다. 게다가, 240 내지 430 ℃ 범위에 걸친 유동화 온도를 본 발명의 발명자 등은 성취할 수 있었다.

나아가, 본 발명의 발명자 등은 P2O3 농도를 조정하여 유동화 온도를 제어할 수 있으며 또 그러한 P2O3 농도는 성막 온도, 산화 가스(오존) 농도, 또는 인 함유 화합물의 가스 유량의 조정으로 용이하게 조정할 수 있다는 사실을 알았다.

상기의 사실들은 BPSG 막에 관해서도 마찬가지라는 사실에 유의할 일이다.

본 발명의 이상의 목적들과 특징들은, 첨부의 도면과 관련하여 설명되게 되는 예증적 실시양태의 이해로 명료해거나 첨부된 청구의 범위에 지적될 것이며 여기에 언급하지 않은 여러가지 장점들은 실제 본 발명의 사용에 있어 기술에 숙련한 이에게 떠오를 것이다.

발명의 구성 및 작용

실시양태들의 상세한 설명

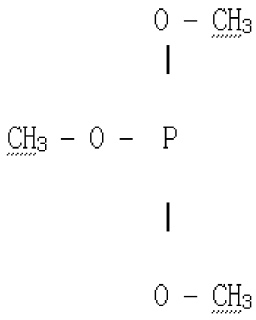
본 발명의 여러가지 실시양태를 첨부의 도면을 참조하여 설명한다. 같거나 유사한 참조 번호들은 같거나 유사한 부품들과 구성요소들에 적용되는 것은 말할 것도 없으며 그 같거나 유사한 부품들과 구성요소들의 설명은 생략하거나 간단히 할 것이다.

(1) 제 1의 실시양태

열 CVD 법에 의해 PSG 막을 형성하는 방법을 본 발명의 제 1의 실시양태에 따라 설명한다.

인 함유 화합물로 이루어지는 가스 혼합물과, 실리콘 함유 화합물, 및 산화가스를 반응가스로 사용한다.

인 함유 화합물로서는, 하기



의 구조식을 가진 TMP(trimethylphosphite (P(OcH3)3)와 하기

CH3 CH3

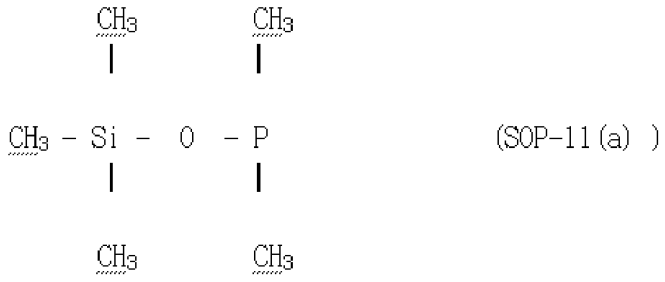
| |

CH3 - Si - O - P (SOP-11(a))

| |

CH3 CH3

의 구조식을 가진 Si-O-P의 인산 디메틸 트리메틸실릴에스테르(이하 " SOP-11(a)" 라 부른다)와 하기



의 구조식을 가진 Si-O-P 구조의 인산 디메톡시 트리메틸실릴에스테르(이하

" SOP-11(b)" 라 부른다)를 선택적으로 사용한다. 이에 더하여, III 원자가 인을 가지며 또 산소가 그에 결합된 적어도 하나의 결합의 인을 가지는 인 함유 화합물을 인 함유 화합물로서 사용한다. 이 실시양태에 있어서는 설명의 목적으로SOP-11

(b)를 이용한다.

다음, 실리콘 함유 화합물로서는, 알킬실란 또는 알릴실란 (일반식: RnSiH4-n (n=1 4)), 알콕시실란 (일반식: (RO)nSiH4-n (n=1 4)), 연쇄 실록산(일반식 :

RnH3-nSiO(RkH2-kSiO)mSiH3-nRn (n=1 3; k=0 2; m≥0)), 연쇄 실록산의 유도체 (일반식: (RO)nSiH3-nSiOSiH3-n(RO)n (n=1 3)), 및 환 실록산(일반식: (RkH2-kSiO)m (k=1, 2; m≥2)), 등등을 선택적으로 사용한다. 한 예를 들면, 이 실시양태에 있어서는 알콕시실란의 TMS(trimethoxysilane (CH3O)3SiH)를 사용한다.

게다가, 산화 가스로서는 오존(O3), 산소(O2), N2O, NO2, CO, CO2, H2O, 등등을 선택적으로 사용한다. 이 실시양태에서는 설명을 위해 오존을 사용한다.

반응가스로서는 실리콘 함유 화합물, 즉, TEOS(tetraethylorthosilicate)와, 인 함유 화합물(SOP-11(b)), 및 산화 가스(오존(O3)로 이루어지는 가스혼합물을 사용한다. 비교 데이터를 수집하기 위하여, 각종 성막 변수들의 성막조건들을 하기에 보인 바와 같이 변경한다.

표 II

성막 변수	성막 조건
기판 온도	240, 260, 280 ℃
오존 농도	1, 2, 3, 4, 5 %
SOP-11(b)의 가스 유량	0.25, 0.5, 1.0, 1.5 SLM

이 경우에는, 성막조건들을 변경하는 상기 성막변수들과는 달리 성막변수들에 관해서는, 성막 조건들을 각 성막조건들의 표준치에 설정한다. 성막변수들의 성막조건의 그러한 표준치들은 하기와 같다.

표 III

성막 변수	표준 성막조건
기판 온도	240 ℃
오존 농도	1 %
SOP-11(b)의 가스 유량	0.25 SLM

이렇게 되면, SOP-11(b)는 표준온도의 액체이기 때문에, 캐리어 가스 (N2)의 거품 일에 의하여 그 것이 캐리어 가스 (N2)에 내포된다. SOP-11(b) 함량은 캐리어 가스의 유량 조정에 의하여 제어될 수 있다. 일단의 산소를 오존으로 바꿈에 의하여 오존으로 변환시킬 수 있다. 오존 농도는 산소에 함유된 오존의 양을 의미한다.

우선, 도 4A에 보인 증착 기판 (101)를 열 CVD 장치의 방에 싣는다. 다음, 증착 기판을 가열하여 소정의 기판온도에 유지한다. 증착 기판 (101)을, 산화실리콘 따위의 접지 절연 막 (12)가, 예를 들어, 실리콘 기판(반도체 기판) (11)에 형성되고 다음 알루미늄 막 따위의 상호접속 층들 (13a, 13b)가, 예를 들어, 접지 절연 막 (12)에 형성되도록 형성한다.

다음, 도 4B에 보인 바와 같이, 반응가스를 방에 도입한다. 증착 기판 (101)을 소정의 시간 동안 이 상태로 유지한다. 그 결과, 고 농도 P2O3를 포함하는 PSG 막 (14)가 형성되어 소정의 두께를 가지게 된다. 어떤 경우에는, PSG 막(14)의 유동화는, 막을 형성하는 동안 P2O3 농도나 P2O3/P2O5의 비율에 따라 기판 온도 부근에서 야기된다. 이 경우에는, 성막은 물론 평면화를 달성할 수 있다. 평면화를 달성할 수 없으면, 도 5A 내지 도 5B에 보인 바와 같이, PSG 막 (15)를 증착 기판 (101) 상에 형성한 후, PSG 막 (15a)를 따로 어닐링에 의하여 유동화시키어 PSG 막 (15a)의 표면을 평면화한다.

상기의 단계에서 형성되는 PSG 막 (14)의 인 (P) 농도는 X레이 형광 분석 (XRF) 및 푸리에 변환 적외선 분광사진법 (FTIR)에 의하여 알아낸다. PSG 막 (14)의 P2O3+P2O5의 총농도는 X레이 형광분석(XRF)에 의해 알아낼 수 있으며, 단지 PSG 막 (14)의 P2O5 농도는 푸리에 변환 적외선 분광사진법(FTIR)에 의하여 알아낼 수 있다.

분석 결과를 도 6A 내지 도 6C에 보인다. 도 6A는 기판 온도에 대한 PSG 막의 인 함량의 의존도를 보이는 것으로, 세로좌표는 등분눈금의 인 농도(중량%)이고 가로좌표는 등분눈금의 기판 온도(℃)이다. 도 6B는 오존 농도에 대한 PSG 막의 인 농도의 의존도를 보이는 것으로, 세로좌표는 등분눈금의 인 농도(중량%)이고 가로좌표는 등분눈금의 오존 농도(%)이다. 도 6C는 인 함유 화합물의 가스 유량에 대한 PSG 막의 인 농도의 의존도를 보이는 것으로, 세로좌표는 등분눈금의 인 농도(중량%)이고 가로좌표는 등분눈금의 SOP-11 (SLM)의 가스 유량이다.

도 6A 내지 도 6B에 있어서, 백색원의 표시는 XRF에 의한 분석결과인, PSG 막의 P2O3/P2O5의 총농도를 의미한다. 흑색원의 표시는 FTIR에 의한 분석결과인, PSG 막의 P2O5의 농도를 의미한다.

상기의 결과로, 이와 같이 형성하는 PSG 막의 P2O3 농도 또는 P2O3/P2O5의 비율은 기판 온도, 오존 농도, 및 SOP-11의 가스 유량을 조정함에 의하여 제어될 수 있음을 알았다.

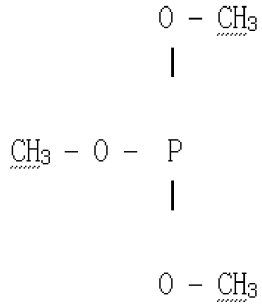
게다가, PSG 막 (14)의 융해온도 또는 유동화온도는 PSG 막의 P2O3 농도 또는 P2O3/P2O5의 비율이 높아지는 때 낮아진다. 500℃ 이하의 융해온도 또는 유동화온도를 실험에서 획득하였다.

(2) 제 2의 실시양태

P2O3를 포함하는 PSG 막을 플라즈마 강화 CVD 법으로 형성하는 방법을 본 발명의 제 2의 실시양태에 따라 도 7A와 도 7B를 참조하여 설명한다.

반응가스로서는, TEOS+TMP의 가스 혼합물을 사용한다. 산소 불충분 조건을 충분히 만족시키기 위하여, 반응가스에는 산소(O2)를 첨가하지 않는다. TMP(tri-

methylphosphite (P(OCH3)3))의 구조식을 아래에 나타낸다.



성막 조건을 아래와 같이 부여한다. 성막 방법으로서는 ECR 법에 기초한 플라즈마 강화 CVD 법을 사용한다.

표 IV

성막 변수	표준 성막조건
기판 온도	240 - 400 ℃
방안 가스압	3 mTorr
TEOS 유량	0.1 - 1 SLM
TMP 유량	0.1 - 0.5 SLM
응용 전력	50 W - 2.3 W
주파수	2.45 GHz
기판 바이어스 전력	50 - 300 W
주파수	13.56 Mhz

성막에 있어서, 유동 가능성이 마련되는 PSG 막은 약 200 ℃의 기판 온도에서 상호접속 층들 (13a, 13b) 사이의 리세스안으로 흐를 수 있다. 도 7A는 PSG 막이 그에 형성되기 전의 증착 기판의 단면 형상이다. 도 7B는 성막이 완성된 후의, 증착 기판 (101) 상에 형성된 PSG 막 (16)의 단면 형상이다.

상기의 실험의 결과, PSG 막에는 III 원자가 P2O3 형태의 인이 포함된다는 것을 추론할 수 있다. 산소를 외부로부터 공급하지 않기 때문에, 그 반응체계는 산소 불충분 상태이며, 따라서 PSG 막 (16) 중의 Si-O 및 P-O가 각각 분자들의 산소 원자에 결합되는 것으로 여겨진다.

이 제 2의 실시양태에 있어서는, 산소를 추가하지 않는다. 그러나, 말할 것도 없이, 제 1의 실시양태와 같이, PSG 막 (16)의 융해온도 또는 유동화온도를 PSG 막 (16)의 P2O3 농도 또는 P2O3/P2O5의 비율의 조정에 의하여 또한 제어할 수 있다. 더구나, PSG 막 (16)의 융해온도 또는 유동화온도도, 제 1의 실시양태와 같이, 비록 기판 온도나 TMP 유량 따위의 타의 성막변수를 제어할지라도, P2O3 농도 또는 P2O3/P2O5의 비율의 조정을 통하여 또한 제어할 수 있다.

(3) 제 3의 실시양태

P2O3를 포함하는 BPSG 막을 열 CVD 법 또는 플라즈마 강화 CVD 법에 의하여 형성하는 방법을 본 발명의 제 3의 실시양태에 따라 도 8A와 도 8B를 참조하여 설명한다.

반응 가스로서는, TEOS+11(b)+TMP 또는 TEB+O2 또는 O3의 가스 혼합물을 사용한다.

성막 조건은 아래와 같이 부여한다.

표 V

<열 CVD 법>

성막 변수	표준 성막조건
기판 온도	200 - 400 ℃
오존 농도	0.3 - 2.5 %
SOP-11(b)의 가스 유량	0.1 - 1.5 SLM
TMB 또는 TEB의 가스 유량	0.1 - 1.0 SLM

표 VI

<플라즈마 함상 CVD 법(ECR P-CVD 법)>

성막 변수	표준 성막조건
기판 온도	80 - 350 ℃
방의 가스압	3 - 100 mTorr
TEOS 유량	0.05 - 0.3 SLM
TMP 유량	0.05 - 0.5 SLM
TMB 또는 TEB 유량	0.05 - 0.4 SLM
음용 전력	200 W - 1.5 W
주파수	13.58 MHz
음용 전력	100 - 300 W
주파수	13.58 MHz

도 8A는 BPSG 막 (17)이 그에 형성되기 전의 증착 기판 (101)의 단면 형상이다. 상기의 조건 하에서는, 도 8B에 보인 바와 같이, SiO2+P2O3+B2O3의 혼합물로 이루어지는 BPSG 막 (17)이 증착 기판 (101)에 형성된다.

제 1의 실시양태와 같은 식으로, P2O3 농도나 P2O3/P2O5의 비율을 산소 농도나 오존 농도, 기판 온도, 인 함유 화합물 또는 붕소 함유 화합물을 제어함에 의하여 조정할 수 있어, BPSG 막 (17)의 융해점을 200℃ 내지 500℃의 범위에 제어되게 할 수 있었다.

(4) 제 4의 실시양태

한편, P2O3는 본질적으로 습기에 반응을 나타내기 때문에, 상기의 설명과 같이 형성되는 PSG 막들 (14, 15a, 16) 및 BPSG 막 (17)은, 그 들을 성막이 완성된 후 방으로부터 대기 중에 부리는 경우, 습기를 흡수하게 된다. 그러므로, 그들을 반도체 장치의 층간 절연 막, 등등으로 사용하기 위하여 P2O3를 포함하는 PSG 막들 (14, 15a, 16) 및 BPSG 막 (17)을 안정화시켜 그러한 습기 흡수를 방지하게 된다.

계속하여, P2O3를 포함하는 PSG 막들 (14, 15a, 16)을 안정화시키는 방법을 본 발명의 제 4의 실시양태에 따라 도 9를 참조하여 설명한다.

제 1의 실시양태에 따라 PSG 막들 (14, 15a, 16)을 성막방법에 의하여 형성한 다음, 방 안에 N2+O2를 도입한다, 즉 용기를 밀폐한 다음 PSG 막들 (14, 15a, 16)을 상기 기압에서 약 500℃의 온도에 어닐링한다.

도 10은 어닐링 전 후의 PSG 막들 (14, 15a, 16)의 인 화합물의 형식들의 FTIR 분석, 즉, 본 발명의 제 4의 실시양태에 따른 안정화의 결과이다. 도 10에 보인 바와 같이, PSG 막들 (14, 15a, 16)의 P2O3는 어닐링에 의하여 P2O5로 변경할 수 있다.

앞서의 기재와 같이, PSG 막들 (14, 15a, 16) 등등은 성막 후 산소 분위기에서의 어닐링에 의하여 P2O3의 P2O5로의 변경에 의하여 안정시킬 수 있다. 또, P2O5의 최종 구성은 PSG 막들 (14, 15a, 16) 등등에 패시베이션(passivation) 효과를 제공할 수 있어 경계 특성의 안정화를 기여하게 된다. PSG 막에 포함된 남아있는 탄소는 상기의 어닐링에 의하여 동시에 산화될 수 있다.

상기의 처리로, PSG 막들 (14, 15a, 16) 등등을 장치에 적용하게 된다. 습기 흡수를 예방하기 위하여, 상기 어닐링의 대신에 또는 상기 어닐링과 함께, 커버 절연 막을 PSG 막들 (14, 15a, 16) 등등에 형성할 수도 있다.

열 CVD 장비나 플라즈마 강화 CVD 장비를 CVD 장비로 사용하며 다음 막질을 향상시키기 위하여 어닐링 노를 사용한다. 성막 후 PSG 막을 대기에 노출시키지 않고 직접 막질의 향상을 가능하게 하는 데는, 전체 성막 장비로서 CVD 장비와 어닐링 노가 로드 로크 체임버에 의하여 접속되는 그러한 장비를 사용하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

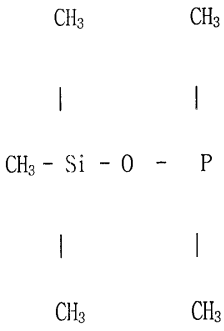
위의 제 1 내지 제 4의 실시양태에 있어서는, 인 성분으로서 고도의 P2O3 농도의 절연 막이 형성되기 때문에, 유동화 온도를 500℃이하에 극단으로 낮출 수 있다. 그러므로, PSG 막과 BPSG 막을 알루미늄 상호접속을 덮는 층간 절연 막으로서 사용할 수 있다. 비록, 보다 얕은 확산층이 고 집적 밀도의 처리로 형성되는 반도체 장치에 있어서, PSG 막과 BPSG 막을 상호접속 층에 대한 접지 절연 막으로 사용한다고 할지라도, 확산층에 있어서의 불순물의 재배포를 예방할 수 있다.

아울러, 성막 후 CMP 법 따위의 평면화 방법에 의하지 않고 열 유동화에 의하여 층간 절연 막을 평면화할 수 있기 때문에, 상호접속 층 등등 간의 요부를 공간을 남기지 않게, 즉, 공극이 생기지 않게, 층간 절연 막에 묻을 수 있다.

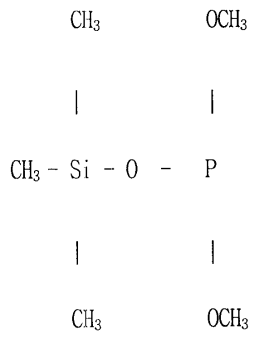
(57) 청구의 범위

청구항 1.

III 원자가 인을 가지고 또 적어도 인결합수의 한개에 산소가 결합된 Si-O-P 구조를 가지는 인함유 화합물인 인산 디메틸 트리메틸실릴에스테르(phosphorous acid dimethyl trimethylsilylester):



또는, 인산 디메톡시 트리메틸실릴에스테르(phosphorous acid dimethoxy trimethylsilylester):



중 어느하나를 포함하는 반응가스를 이용하여 산소부족의 상태에서 상기 반응가스를 반응시키므로써, P_2O_3 을 포함하는 실리콘함유절연막을 피퇴적기판상에 형성하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 반응가스을 가열에 의해 또는 플라즈마화에 의해 여기되는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 성막중의 피퇴적기판을 온도 400℃ 이하로 가열하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 P_2O_3 를 포함하는 실리콘 함유 절연 막은 인실리케이트 글라스 막(PSG 막) 또는 보론포스포실리케이트 글라스 막(BPSG막)인 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

P_2O_3 를 포함하는 실리콘 함유 절연 막을 성형한 후, 한층, 상기 성형막을 가열하여 유동화시켜 평탄화를 하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 형성막을 가열하는 온도는 500℃ 이하인 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 7.

제 1 항에 있어서,

상기 P_2O_3를 포함하는 실리콘 함유 절연 막을 형성한 후, 한층 산소를 포함하는 분위기 중에서 상기 성형막을 가열하고, 상기 성형막중의 P_2O_3을 P_2O_5로 변환하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 8.

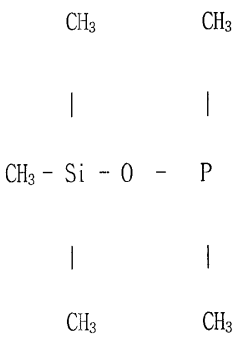
제 5 항에 있어서,

상기 형성막을 가열하여 유동화시켜서 평탄화한 후, 한층 산소를 포함하는 분위기 중에서 상기 형성막을 가열하여 상기 성형막중의 P_2O_3를 P_2O_5로 변환하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

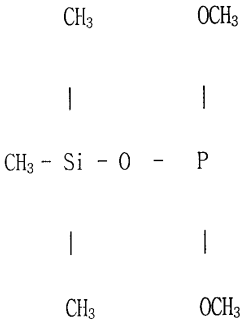
청구항 9.

절연막상에 배선층을 형성하는 공정과,

III가의 인을 가지고, 또한 적어도 결함수의 한개에 산소가 결합된 Si-O-P구조을 가지는 인함유화합물인 인산 디메틸 트리메틸실릴에스테르(phosphorous acid dimethyl trimethylsilylester):



또는, 인산 디메톡시 트리메틸실릴에스테르(phosphorous acid dimethoxy trimethylsilylester):



중 어느하나를 포함하는 반응가스를 이용하여 산소부족의 상태에서 상기 반응가스를 반응시키므로써, P_2O_3 을 포함하는 실리콘함유절연막을 피퇴적기판상에 형성하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 반도체장치의 제조방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기성형막중의 피퇴적기판을 온도 400℃ 이하로 가열하는 것을 특징으로 하는 제조방법.

청구항 11.

제 9 항에 있어서,

P_2O_3 를 포함하는 상기 실리콘 함유 절연 막은 인실리케이트 글라스 막(PSG 막) 또는 보론포스포실리케이트 글라스 막(BPSG 막)인 것을 특징으로 하는 제조방법.

청구항 12.

제 9 항에 있어서,

상기 배선층의 재료는 알류미늄 또는 알류미늄합금인 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 13.

제 9 항에 있어서,

상기P_2O_3 를 포함하는 실리콘 함유 절연 막을 형성한 후, 한층 상기형성막을 가열하고 유동화시켜서 평탄화하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 형성막을 가열하는 온도는 500℃ 이하인 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 15.

제 9 항에 있어서,

P_2O_3 을 포함하는 실리콘함유절연막을 형성한후, 한층 산소를 포함하는 분위기 중에서 상기 형성막을 가열하고, 상기 형성막 중의 P_2O_3 을 P_2O_5 로 변환하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 16.

제 13 항에 있어서,

상기 형성막을 가열하고 유동화시켜서 평탄화한후, 한층 산소를 포함하는 분위기 중에서 상기 형성막을 가열하고 상기 형성막중의 P_2O_3 를 P_2O_5 로 변환하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 17.

제 1항에 있어서,

상기 반응가스는 상기 인함유화합물외에 알킬실란 또는 알릴실란(일반식 R_nSiH_{4-n} (n=1~4)), 알콕시실란(일반식 $(Ro)_nSiH_{4-n}$ (n=1~4)), 연쇄 실록산(일반식($R_nH_{3-n}SiO(R_kH_{2-k}SiO)_mSiH_{3-n}R_n$(n=1~3;k=0~2;m≥0)), 연쇄 실록산의 유도체(일반식$((RO)_nH_{3-n}SiOSiH_{3-n}(OR)_n$(n=1~3))또는 환상 실록산(일반식$(R_kH_{2-k}SiO)_m$(k=1, 2;m ≥2)) (R은 알킬기, 알릴기 또는 그의 유도체이다)로되는 실리콘함유화합물의 그룹 중 적어도 어느 하나을 포함하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 18.

제 1항에 있어서,

상기 반응가스는 상기 인함유화합물 및 상기 실리콘함유화합물외에, 또한, 오존(O_3), 산소(O_2), N_2O, NO_2, CO, CO_2 또는 H_2O중 적어도 어느하나로된 산화성가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 19.

제 11항에 있어서,

상기 반응가스는 상기 인함유화합물외에 알킬실란 또는 알리실란(일반식 R_nSiH_{4-n} (n=1~4)), 알콕시실란(일반식 $(Ro)_nSiH_{4-n}$ (n=1~4)), 연쇄실록산(일반식($R_nH_{3-n}SiO(R_kH_{2-k}SiO)_mSiH_{3-n}R_n$(n=1~3;k=0~2;m≥0)), 연쇄 실록산의 유도체(일반식$((RO)_nH_{3-n}SiOSiH_{3-n}(OR)_n$(n=1~3))또는 환상 실록산(일반식$(R_kH_{2-k}SiO)_m$(k=1, 2;m≥2)) (R은 알킬기, 알릴기 또는 그의 유도체이다)로되는 실리콘함유화합물의 그룹 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

청구항 20.

제 9항에 있어서,

상기 반응가스는 상기 인함유화합물 및 상기 실리콘함유화합물외에, 또한, 오존(O_3), 산소(O_3), N_2O, NO_2, CO, CO_2 또는 H_2O중 적어도 어느하나로된 산화성가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 성막방법.

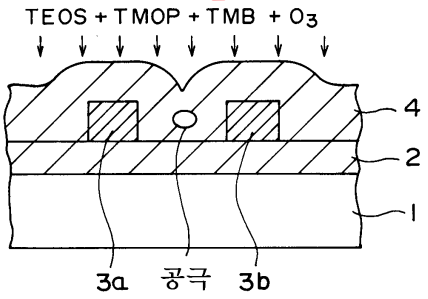
청구항 21.

제 9항에 있어서,

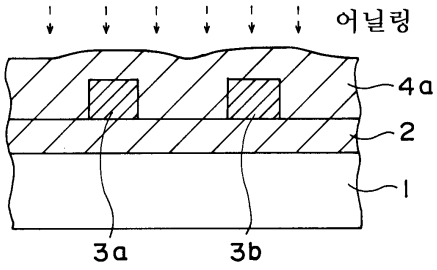
상기 반응가스를 가열함으로써 또는 플라즈마에 의해 여기되는 것을 특징으로 하는 성막방법.

도면

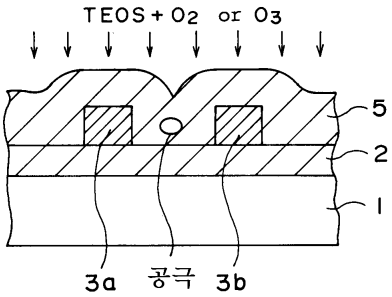
도면 1a



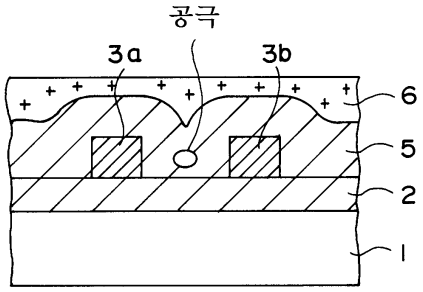
도면 1b



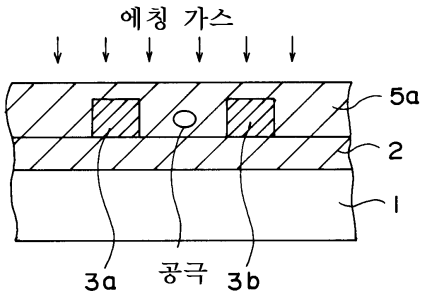
도면 2a



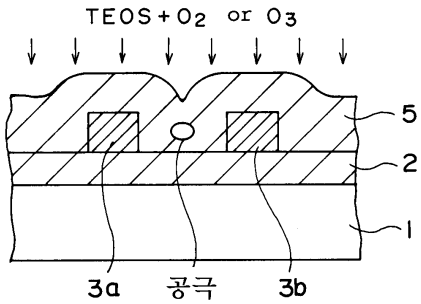
도면 2b



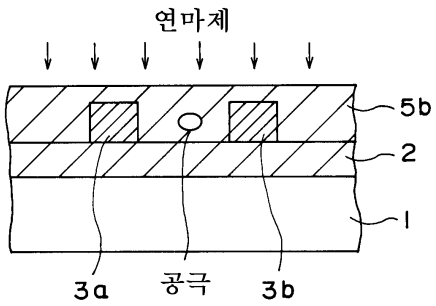
도면 2c



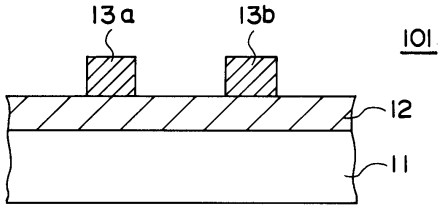
도면 3a



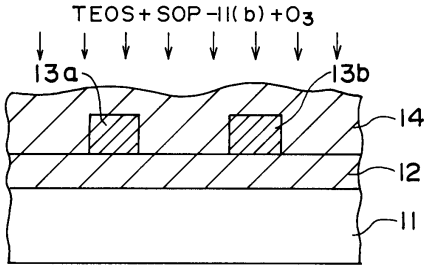
도면 3b



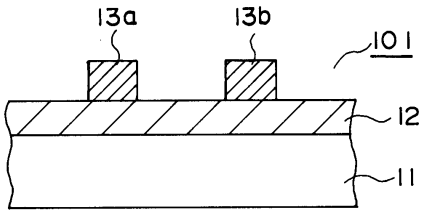
도면 4a



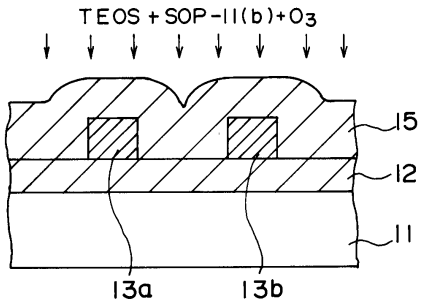
도면 4b



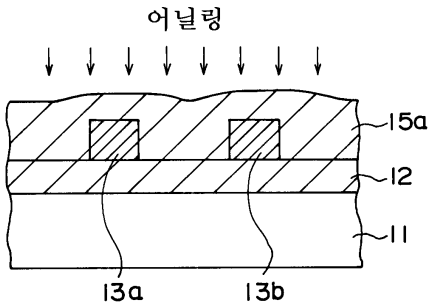
도면 5a



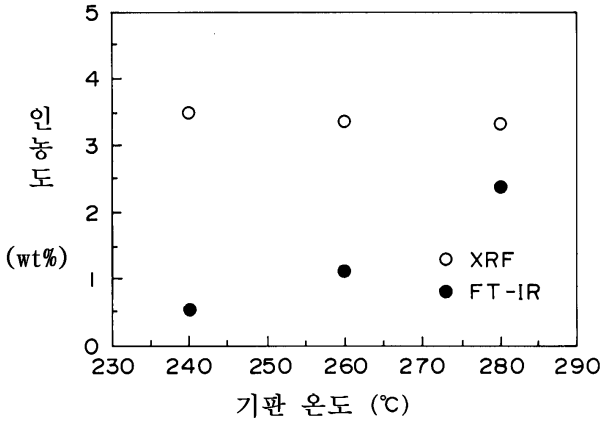
도면 5b



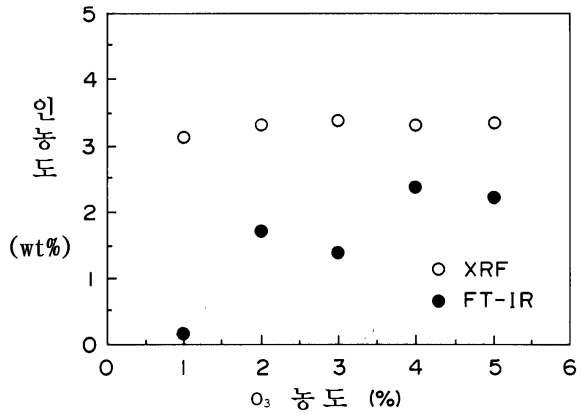
도면 5c



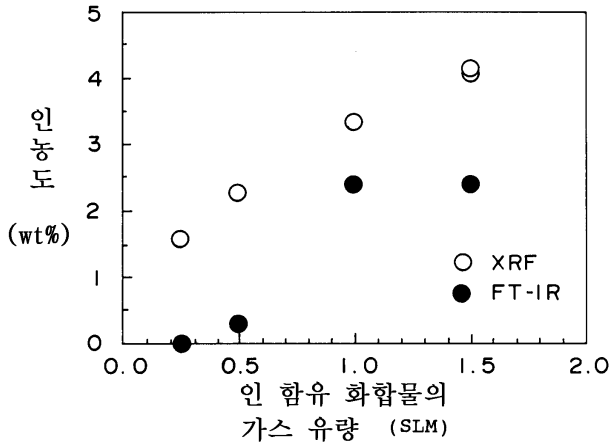
도면 6a



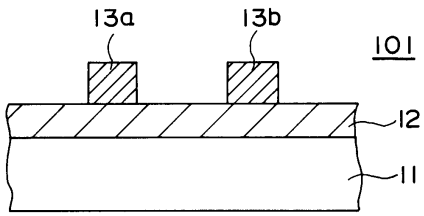
도면 6b



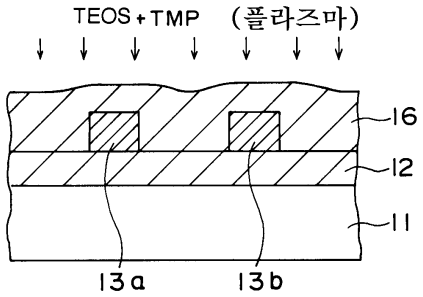
도면 6c



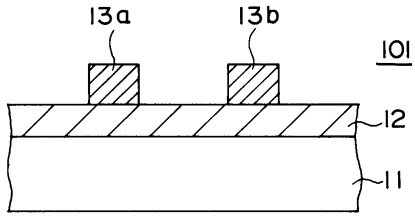
도면 7a



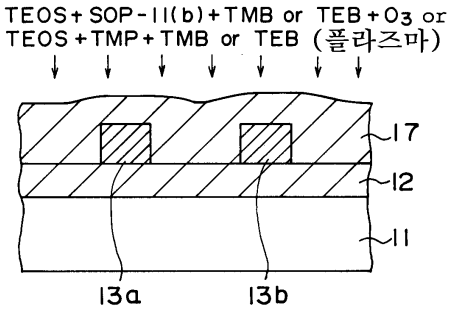
도면 7b



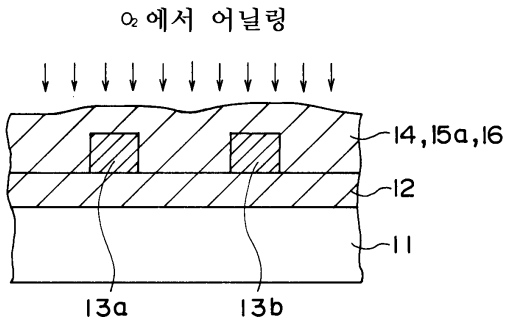
도면 8a



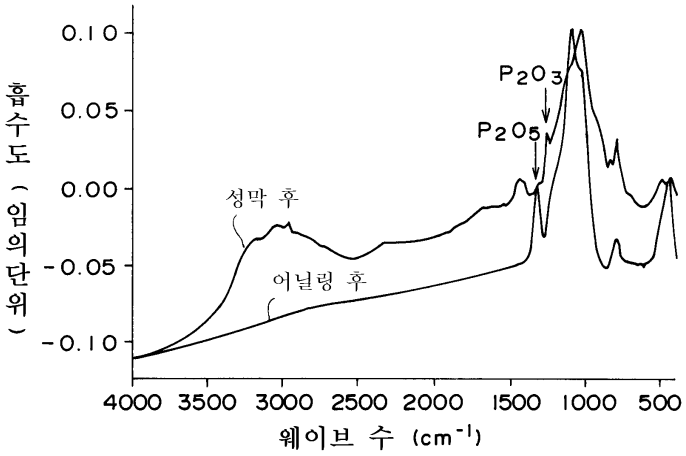
도면 8b



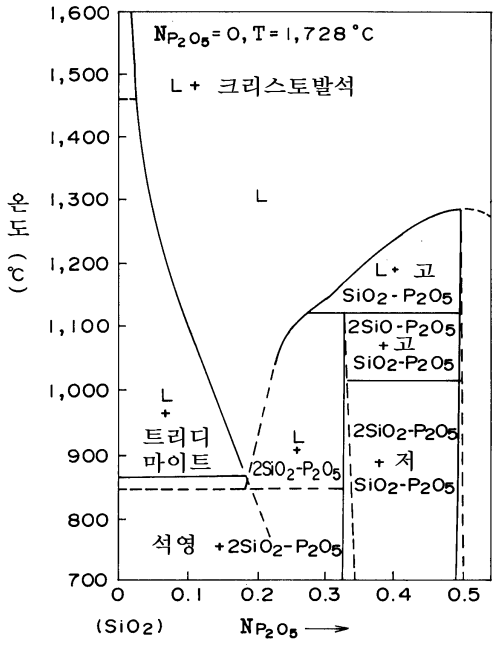
도면 9


O2 에서 어닐링
14,15a,16
12
11
13a
13b

도면 10


0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
흡수도 (임의단위)
P2O3
P2O5
성막 후
어닐링 후
4000 3500 3000 2500 2000 1500 1000 500
웨이브 수 (cm-1)

도면 11



(P. Balk and J.M. Eldridge : Proc. IEEE, Vol. 57, No. 9, 1969)