



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년11월16일  
(11) 등록번호 10-0926722  
(24) 등록일자 2009년11월06일

(51) Int. Cl.  
*H01L 21/205* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2002-0018752  
(22) 출원일자 2002년04월04일  
심사청구일자 2006년12월20일  
(65) 공개번호 10-2002-0079497  
(43) 공개일자 2002년10월19일  
(30) 우선권주장  
09/827,616 2001년04월06일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
WO 99/21706 A

(73) 특허권자  
에이에스엠 저펜 가부시기가이샤  
일본국 도쿄 206-0025 타마시 나가야마 6-초메 23-1  
(72) 발명자  
마츠키노부오  
일본국도쿄206-0025타마시나가야마6-초메23-1  
이재식  
일본국도쿄206-0025타마시나가야마6-초메23-1  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

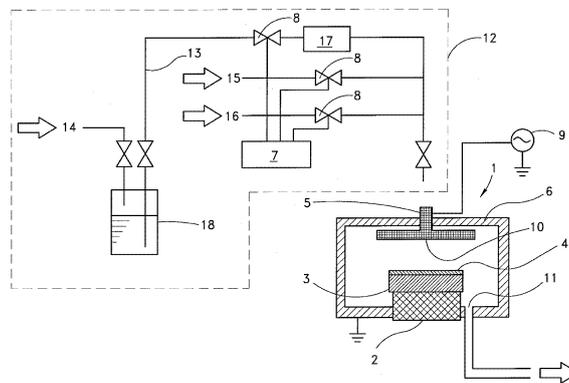
심사관 : 양희용

**(54) 반도체 기판상의 실록산 중합체막 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

실록산 중합체 절연막은 3.1이하의 유전율을 가지고, 20% 미만의 C 원자농도를 가지며 구조적 단위로 반복하는  $-SiR_2O-$ 을 갖는다. 또한, 실록산 중합체는 높은 열안정성 높은 습기 저항력을 가지고 있다. 실록산 중합체는, 실리콘 함유 탄화수소 화합물  $Si_aO_{a-1}R_{2a-\beta+2}(OC_nH_{2n+1})_\beta$  (여기서, a는 정수 1-3,  $\beta$ 는 정수 2, n은 정수 1-3, 이고 R은 Si가 부착된  $C_{1-6}$  탄화수소)를 직접 기화한 후, 플라즈마 CVD 장치의 반응 챔버로 산화제와 함께 기화된 화합물을 유입함으로써 형성된다. 원료가스의 잔류시간은 낮은 유전율과 함께 미세 다공성 구조를 갖는 실록산 중합체 필름을 형성하기 위한 반응 가스들의 총 흐름을 감소시킴으로써 연장된다.

**대표도**



(72) 발명자

**모리사다요시노리**

일본국도쿄206-0025타마시나가야마6-쵸메23-1

**타가하시, 사토시**

일본국도쿄206-0025타마시나가야마6-쵸메23-1

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

플라즈마 처리에 의해 반도체 기판 상에 실록산 중합체 절연막을 형성하기 위한 방법으로서,

실록산 중합체용 물질가스를 생산하기 위해서  $Si_aO_{a-1}R_{2a-\beta+2}(OC_nH_{2n+1})_\beta$  식을 가지는 (여기서,  $a$ 는 1-3의 정수,  $\beta$ 는 정수 2,  $n$ 은 1-3의 정수이고,  $R$ 은  $Si$ 에 부착된  $C_{1-6}$  탄화수소임) 실리콘 함유 탄화수소 화합물을 기화시키는 단계;

반도체 기판이 적치되는 플라즈마 CVD 처리용 반응 챔버내로 상기 물질가스를 도입하는 단계;

비활성 가스 및 상기 물질가스보다 적은 양으로 사용되는 산화 가스를 포함하는 첨가가스를 도입하는 단계; 및  
상기 반응 챔버에서 플라즈마 중합 반응을 활성화함으로써, 상기 반도체 기판 상에 반복하는  $-SiR_2O-$ 의 구조적 단위를 갖는 실록산 중합체 막을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 첨가가스는 상기 실록산 중합체 막의 C 원자 농도가 20% 보다 크지 않도록 하는 양의 산화가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 반응챔버 내에서 상기 가스들의 잔류시간( $Rt$ )이  $100 \text{ msec} \leq Rt$ 가 되도록 연장시키기 위해 상기 가스들의 흐름을 제어하면서, 상기 플라즈마 중합 반응이 활성화되며,

$$Rt[s] = 9.42 \times 10^7 (Pr \cdot Ts / Ps \cdot Tr) r_w^2 d / F$$

여기에서:

Pr : 반응 챔버 압력(Pa)

Ps : 표준 대기압(Pa)

Tr : 가스들의 평균 온도(K)

Ts : 표준 온도(K)

$r_w$  : 실리콘 기판의 반경(m)

d : 실리콘 기판과 상부 전극사이의 간격(m)

F : 가스들의 총 유량(sccm)

인 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 4**

제3항에 있어서,

상기 잔류시간은 상기 잔류시간과 상기 실록산 중합체 절연막의 유전율 사이의 상관관계에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 첨가가스는 아르곤(Ar) 및 헬륨 (He) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 가스들의 총 흐름은 상기 실록산 중합체 절연막의 유전율이 3.10 보다 작도록 제어되는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 7**

제3항에 있어서,

상기 Rt는 165msec 이상인 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 실리콘 함유 탄화수소 화합물 내에 존재하는 탄화수소는 1 내지 6 개의 탄소원자(n=1-6)를 가지는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 실리콘 함유 탄화수소 화합물은 1 내지 3개의 실리콘 원자를 가지는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 실리콘 함유 탄화수소 화합물은 1 내지 2개의 실리콘 원자( $\alpha=1$  또는 2)를 갖는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 12**

제1항에 기재된 방법에 의해 반도체 기판 상에 형성되며,

3.1 이하의 유전율을 가지며,

식  $Si_aO_{a-1}R_{2a-\beta+2}(OC_nH_{2n+1})_\beta$  (여기서,  $a$ 는 1-3의 정수,  $\beta$ 는 정수 2,  $n$ 은 1-3의 정수이고 R은 Si에 부착된 C<sub>1-6</sub> 탄화수소)를 갖는 실리콘 함유 탄화수소로부터 플라즈마 중합 반응에 의해 형성되어, 20% 이하의 C 원자농도를 가지고 반복하는 -SiR<sub>2</sub>O-의 구조적 단위를 포함하는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 실록산 중합체 절연막은 2.7 이하의 유전율을 갖는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막.

**청구항 14**

제12항에 있어서,

반복하는 구조적 단위인 상기 R은 C<sub>1</sub> 탄화수소인 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막.

**청구항 15**

제1항에 있어서,

상기 산화 가스는 상기 물질가스의 20 % 내지 80 %의 양으로 사용되는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**청구항 16**

제11항에 있어서,

상기 실리콘 함유 탄화수소 화합물은 1 개의 실리콘 원자( $\alpha=1$ )를 갖는 것을 특징으로 하는 실록산 중합체 절연막의 형성 방법.

**명세서**

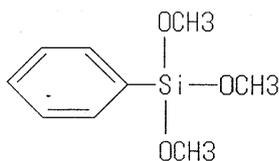
**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <3> 본 발명은, 일반적으로 반도체 기술에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 반도체 기판상의 실록산 중합체 절연막 및 플라즈마 CVD(chemical vapor deposition; 화학증착)장치에 의해 실록산 중합체 절연막을 형성하는 방법에 관한 것이다.
- <4> 최근 들어 반도체 장치의 대규모 집적에 대한 요구가 증가함에 따라, 다층 배선 기술(multi-layered wiring technique)이 상당한 주목을 받고 있다. 그러나, 이러한 다층 구조에 있어서, 각각의 전선 사이의 정전 용량은 고속 동작을 저해하게 된다. 이러한 정전 용량을 감소시키기 위해서는 절연막의 유전율(비유전율)을 감소시키는 것이 필수적이다. 따라서, 절연막으로서, 비교적 낮은 유전율을 가진 다양한 물질들이 개발되었다.
- <5> 종래의 실리콘 산화물막  $SiO_x$ 은  $SiH_4$ 나  $Si(OC_2H_5)_4$ 와 같은 실리콘 물질 가스에, 산화제로서 산소( $O_2$ )나 산화 질소( $N_2O$ )를 첨가하는 방법에 의해 생성되고, 그리고 나서 열이나 플라즈마 에너지에 의해 처리되었다. 이것의 유전율은 4.0 이다.
- <6> 선택적으로는, 불소화된(fluorinated) 비정질 탄소막이 플라즈마 CVD 방법에 의해 물질가스  $C_xF_yH_z$ 로부터 생성되어져 왔다. 이것의 유전율  $\epsilon$ 은 2.0-2.4 로 낮다.
- <7> 절연막의 유전율을 감소시키기 위한 다른 방법으로, 안정성이 우수한 Si-O결합을 사용함으로써 만들어져 왔다. 실리콘 함유 유기막은, 플라즈마 CVD 방법에 의해 저압(1Torr) 하에서 물질가스로부터 생성된다. 물질가스는 베블링(bubbling)방법에 의해 기화된 벤젠과 실리콘의 화합물인 P-TMOS(phenyl trimethoxysilane, 식1)에 의해서 만들어 진다. 이 막의 유전율  $\epsilon$ 은 3.1 로 낮다.

**화학식 1**



- <8>
- <9> 또 다른 방법으로는, 이 막에 형성된 다공구조를 사용한다. 절연막은 스핀-코트법(spin-coat method)에 의해 무기물 SOG 로부터 생성된다. 이 막의 유전율  $\epsilon$ 은 2.3으로 낮다.
- <10> 그러나, 전술한 접근들은, 다음과 같은 많은 단점들을 갖고 있다.
- <11> 첫째, 불소화된 비정질 탄소막은 낮은 열적 안정성(370℃), 실리콘 함유 물질과의 저접착성 그리고 낮은 기계적 강도를 가진다. 낮은 열적 안정성은 400 ℃이상과 같은 고온하에서 손상을 가져온다. 저접착성은 막이 쉽게 벗

겨질 수 있다. 더욱이, 낮은 기계적 강도는 배선재료에 해를 준다.

- <12> P-TMOS 분자를 이용하여 중합된 올리고머는 실록산 구조처럼 기상에서 직선구조를 형성하지 않는데, P-TMOS 분자는 3개의 O-CH<sub>3</sub>결합을 가지고 있기 때문이다. 직선구조를 가지고 있지 않는 올리고머는 Si 기판상에 다공 구조를 형성하지 않는다. 즉 증착된 막의 밀도는 감소되지 않는다. 결과적으로, 막의 유전율은 원하는 정도로 감소되지 못한다.
- <13> 이 점에 대해서, 배블링법은 아르곤과 같은 캐리어 가스가 액상 물질을 통과하여 얻어진 액상 물질의 증기를 캐리어 가스와 함께 반응 챔버내로 도입되는 방법이다. 이 방법은 일반적으로 물질 가스를 유동하도록 유발하기 위해 다량의 캐리어 가스가 요구된다. 그 결과, 물질 가스는 기상에서 중합반응을 유발하기 위해 충분한 시간 동안 반응 챔버내에 머물지 못한다.
- <14> 더욱이, 스핀-코트법에 의한 SOG 절연막은 물질이 편평하게 실리콘 기판상에 도포되지 못하는 문제점과, 코팅 처리후의 경화 시스템이 고가인 또 다른 문제점을 가지고 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <15> 따라서, 본 발명의 목적은, 플라즈마 CVD 방법을 사용하여 저 유전율 막을 형성하는 것이 가능하고, 고 집적화된 반도체 소자용 절연막으로 이러한 저 유전율 막을 사용함으로써, 전선 사이의 정전 용량에 의해 유도된 지연은 감소될 수 있으며, 반도체 소자의 작업속도는 실질적으로 증가될 수 있는 방법을 제공하는 것이다

**발명의 구성 및 작용**

- <16> 본 발명의 한 측면에 따르면, 높은 품질의 실록산 중합체 막은 실리콘 함유 탄화수소 화합물  $Si_aO_{a-1}R_{2a-\beta} + 2(OC_nH_{2n+1})_\beta$ (여기서, a는 1-3의 정수, β는 정수 2, n은 1-3의 정수이고 R은 Si에 부착된 C<sub>1-6</sub> 탄화수소)을 기화하는 단계, 다음으로, 플라즈마 CVD 장치의 반응 챔버로 산화제와 함께 기화된 화합물을 도입하는 단계에 의해 형성될 수 있다.
- <17> 원료가스의 잔류시간은 반응 가스들의 총 흐름을 감소시키는 것에 의해 연장되고, 이러한 방법에 의해, 저유전율의 미세 다공성 구조를 갖는 실록산 중합체 필름이 형성된다.
- <18> 상기와 같이, 첨가가스가 산화제를 포함하지 않고, He, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>등과 같은 가스를 포함한 경우, 역시 k=2.6-3.1의 저 유전율을 갖는 양질의 저 유전율 막을 얻을 수 있다. 특히, 만약 물질가스의 화합물이 두 개의 알콕실(alkoxy)기를 가질 때 첨가가스에 산화제가 첨가된다면, 막 형성속도가 가속화되어 생산성이 향상됨으로써 낮은 비용으로 3.1 보다 작은 유전율 k를 가진 저 유전율(“low-k”) 막을 형성하는 것이 가능하다. 또한, 상기한 바와 같이, 산화제의 흐름을 제어함으로써 산화막 구조를 형성하지 않고도 막의 산소농도는 증가되며, 놀랍게도 유전율이 낮아지며, 더욱이 증착속도가 현저히 증가한다. 상기에서의 효과는 (i)반응 가스들의 유동속도가 연장되고, (ii)물질가스가 두 개의 알콕실(alkoxy)기를 가지고, (iii)산화가가스가 첨가가스에 첨가될 때, 현저하게 나타날 수 있다. 결과물인 실록산 중합체 막은 3.1 또는 그 이하의 유전율을 가질 수 있고, 20% 이하의 C원자 농도를 가지며 구조적인 단위로 반복하는 -SiR<sub>2</sub>O-을 가질 수 있다.(즉, 상기 화합물은 탄화수소와 산소 사이의 결합에서 주로 또는 선택적으로 분리된다). C원자 농도가 낮을 때, 에칭 레지스트(감광성 수지)에 대한 선택비가 향상되어진다. 게다가, 실록산 중합체는 반도체 기판상에서 높은 열안정성 및 높은 습기 저항성을 가지고 있다. 더욱이 이 기술은 막의 유전율을 사용가능한 장치의 확장 범위인 약 2.4까지 낮출 수 있다. 게다가 본 발명에 따르면, 장비의 생산비용이 감소되고, 생산율이 현저하게 증가될 수 있다.
- <19> 본 발명 및 선행기술에 대한 이점을 요약할 목적으로, 본 발명의 특정 목적과 장점을 상술하였다. 물론 본 발명의 특정 실시예에 따르는 경우, 그러한 목적과 장점 모두가 반드시 성취되는 것은 아니다. 그러므로, 예를 들면 당해 기술의 당업자는 본 발명이 교시 또는 암시될 수도 있는 다른 목적이나 장점을 반드시 달성하지는 않더라도 적어도 하나 이상의 장점을 달성하거나 최적화하는 방식으로 실현될 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.
- <20> 또 다른 분야에서, 본 발명의 특징 및 장점은 후술하는 바람직한 실시예의 상세한 설명으로 명백해 진다.
- <21> 본 발명에 따른 첫 번째 실시예는, 플라즈마 처리에 의해 반도체 기판 상의 실록산 중합체 막을 형성하기 위한 방법으로서, (i)실록산 중합체를 위한 물질가스를 생산하기 위해서  $Si_aO_{a-1}R_{2a-\beta} + 2(OC_nH_{2n+1})_\beta$  식을 가지는(여기서, a는 1-3의 정수, β는 정수 2, n은 1-3의 정수 R은 Si에 부착된 C<sub>1-6</sub> 탄화수소임) 실리콘 함유 탄화수소 화

합물을 기화시키는 단계; (ii)반도체 기판이 적치된 플라즈마 CVD 처리용 반응 챔버내로 물질가스를 도입하는 단계; (iii)비활성가스, 및 상기 물질가스보다 적은 양으로 사용된 산화 가스를 포함하는 첨가가스를 도입하는 단계; 및 (iv)상기 반응 챔버에서 플라즈마 중합 반응을 활성화함으로써, 반도체 기판 상에 반복하는 -SiR<sub>2</sub>O-의 구조적 단위를 갖는 실록산 중합체 막을 형성하는 단계를 포함한다.

<22> 상기 첨가가스가 효율적인 양(예를 들면, sccm 측정 방법으로, 상기 물질가스의 20-80%, 바람직하게는 상기 물질가스의 40-60%) 만큼 산화가스를 포함할 때, 상기 실록산 중합체 막의 C 원자 농도는 20% 보다 더 크지 않도록 할 수 있다. 낮은 C 원자 농도는, 이하에서 설명되는 것과 같이, 에칭 처리에 매우 효과적이다.

<23> 삭제

<24> 낮은 C 원자 농도 및 에칭공정

<25> 장치의 배선구조의 제조 방법은, 웨이퍼 상에 low-k 막과 같은 절연막을 형성하는 단계, 상기 절연막 상에 감광성 수지(에칭 레지스트)를 형성하는 단계, 사진 감광 기술 리소그래픽(photographic sensitization technique lithograph)을 사용하여 필요부분 상의 상기 레지스트를 제거함으로써, 상기 웨이퍼 상에 레지스트 패턴을 형성하는 단계를 포함한다. 이후에는, 상기 웨이퍼 상에 위로부터 수직하게 이온화된 CF<sub>4</sub>, 아르곤 가스 등의 이온을 조사함으로써, 레지스트에 의해 덮혀지지 않는 부분 상에 형성된 상기 절연막은 제거되고 Cu를 매립(에칭)하기 위한 배선형태가 형성된다. 이러한 에칭처리에서, 상기 레지스트도 동시에 벗겨내어 진다. 이러한 이유 때문에, 만약 레지스트의 내식각성이 약한 경우, 상기 절연막을 보호하여 보존시킬 수 있는 더 두꺼운 레지스트가 요구된다. 더구나, 장치 노드(device node)의 감소 때문에, 패턴으로서 보존되어야 할 레지스트의 폭은 좁아지며, 패턴의 폭에 대한 레지스트의 높이의 비율은 증가된다. 이것은 배선 공정을 어렵게 하고, 레지스트 에칭 속도에 대한 low-k 막 에칭 속도 및 에칭 선택비의 개선을 필요로 한다.

<26>

막 타입 (FILM TYPE)	막 상 구조 (STRUCTURE IN THE FILM)	에칭 가스 (ETCHING GAS)	분해 가스 (DISSOCIATION GAS)	반응 (REACTION)
레지스트 CH <sub>x</sub>	C	CF <sub>4</sub>	CF <sub>4</sub>	I
		O <sub>2</sub>	CO 또는 CO <sub>2</sub>	II
low-k SiOCH	Si-O	CF <sub>4</sub>	SiF <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , CO	III
	C	CF <sub>4</sub>	CF <sub>4</sub>	IV
		O(막에 함유됨)	CO, CO <sub>2</sub>	V
		O <sub>2</sub>	CO, CO <sub>2</sub>	VI
산화된 SiO 막	Si-O	CF <sub>4</sub>	SiF <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , CO	VII

<27> low-k 막에 대한 CF<sub>4</sub> 을 기본으로 한 에칭은 구조를 구성하는 Si와 C를 상기의 I 내지 IV에서 나타낸 분해 가스로 분해시킴으로써 수행된다. 주로 Si를 포함하는 low-k 막에서 Si는, 에칭가스 내에 존재하는 F로 인하여, SiF<sub>4</sub> 와 같은 가스로 변화됨으로써 분해되며, 막 내에 함유된 C는 막 내에 존재하는 O와 결합된 결과로서, CO 와 같은 가스로 변화함으로써 분해된다. 동시에, 상기 레지스트는, C로 구성된 구조가 구조가 CF<sub>4</sub> 등과 같은 가스로 변하는 동안, F로 인하여 어느 정도까지는 에칭된다. 종래에 사용된 산화막 에칭의 경우에 있어서, 반응 VII은 반응 I에 비하여 더 빠르게 진행되고, 높은 에칭 선택비가 얻어질 수 있다. low-K 막 에칭의 경우, 반응 III은 반응 I에 비교시, 충분히 빠르게 진행된다. 그러나, 반응 V 은 반응 I 만큼 느리게 진행되기 때문에, 산화막 에칭의 경우에 얻어지는 높은 에칭 선택비는 얻을 수 없다. 그러나, low-K 막 에칭은, 반응 V가 막 내에 포함하는 산소와 함께 일어나기 때문에, 촉진된다. 막의 C 원자 농도가 20% 이하일 때, 선택적 에칭은 효과적으로 달성될 수 있다.

<28> 더욱이, 막의 C 원자 농도가 낮을 때, 선택적 에칭 뿐만 아니라 에칭 능률이 아래에 설명되는 바와 같이 향상될 수 있다. 엄밀한 기술적 관점에서, 에칭 반응을 위해 플라즈마 상태를 고려하는 것이 필요하다. 그러나, 상술한 반응 모델은 매우 복잡하고, 따라서, 본 명세서에서는 간단한 반응의 화학량론 모델이 고려된다. 막의 구

조는 정확한 분석을 위한 방법으로 널리 사용되는 XPS를 이용하여 분석된다. 이러한 방법에 의해서, H는 분석될 수 없고, 또한, H는 스스로 가스로 분해된다. 따라서, 이하에서는 H 이외의 다른 구성요소의 반응에 관하여 설명하기로 한다.

<29> 산소가 첨가되지 않았을 경우, 레지스트에 의해 덮이지 않은 low-K 막 SiOCH시스템의 에칭반응 식은,

<30>  $Si_xO_yC_z + mCF_4 \rightarrow xSiF_4 + aCO + bC$  이다.

<31> 상기 막 내에 포함된 O 의 비율이 작을 때, 충분히 가스화되어 에칭이 중단되는 일이 없이, C가 축적되는 현상이 일어난다. 이런 이유로, 에칭 가스에 소량의 산소를 첨가함으로써 막 내에 포함된 탄소를 CO 나 CO<sub>2</sub>로 가스화하여 에칭 속도를 가속화하는 시험이 수행되었다. 이 경우의 반응식은

<32>  $Si_xO_yC_z + xCF_4 + nO_2 \rightarrow xSiF_4 + (x+z)CO$  이다.

<33> 위에서 언급한 반응식을 진행하기 위해, 화학양론적으로는  $n=(x+z-y)/2$  산소 O<sub>2</sub>를 첨가하는 것이 필요하다. 선택적으로는, C가 CO<sub>2</sub>로 가스화되는 모델의 경우 반응식은,

<34>  $Si_xO_yC_z + xCF_4 + nO_2 \rightarrow xSiF_4 + (x+z)CO_2$  이다.

<35> 그러나, 상기 반응식을 진행하기 위해서  $(x+z-y)/2$ 인 n 값을 갖는 산소 O<sub>2</sub>를 첨가하는 것이 필요하다.

<36> 그러나, 첨가가스에 산화제를 첨가하지 않고서, 3.1 보다 작은 k를 갖는 저유전을 막으로서 형성된 SiOCH low-K 필름은, 20 % 이상의 C를 포함한다. 선행 기술 J-039(비교실험에서 막 형성 예)를 사용하여 형성된 low-K 막의 조성은, Si:C:O=33:22:45(%)다. 이 경우,  $x=0.33$   $y=0.45$ 이고  $z=0.22$ 이다. C가 CO로 분해되는 모델에서  $n=0.1$  이고, C가 CO<sub>2</sub>로 분해되는 모델에서는  $n=0.325$ 이다. 즉, CF<sub>4</sub> :0.33mol의 F 가스에 대략적으로 0.1mol에서 0.33mol 정도의 산소 O<sub>2</sub>를 첨가하는 것은 필요한 것으로 이해될 수 있다.

<37> **잔류시간과 가스 흐름**

<38> 반응 가스의 잔류 시간은 반응용 챔버의 용량, 반응에 적합한 압력 및 반응 가스의 총 유량에 의해 결정된다. 반응 압력은 안정된 플라즈마를 유지하기 위해서 일반적으로 1-10Torr의 범위이며, 바람직하게는 3-7Torr이다. 이런 반응 압력은 반응 가스의 잔류 시간을 연장하기 위해서 비교적 높다. 반응 가스의 총 흐름은 형성된 막의 유전율을 감소하는데 중요하다. 상기 첨가 가스에 대한 물질 가스의 비율을 조절할 필요는 없다. 일반적으로, 잔류 시간이 길수록, 유전율은 낮아진다. 막 형성을 위해 필요한 물질 가스 흐름은 소정의 증착 속도 및 막이 형성되는 기판의 면적에 의존한다. 예를 들어, 300nm/분의 증착 속도로 기판[r(radius, 반경)=100mm]상에 막을 형성하기 위해서는, 적어도 50sccm의 물질 가스가 반응 가스에 포함될 것이 기대된다. 이것은 기판의 표면 영역 (m<sup>2</sup>) 당 약  $1.6 \times 10^2$  sccm이다. 총 흐름은 잔류 시간(Rt)에 의해 정의될 수 있다. Rt가 아래에서 설명된 것으로 정의될 때, Rt의 바람직한 범위는  $100\text{msec} \leq Rt$ 이며, 더 바람직하게는  $165\text{msec} \leq Rt$ 이며, 더욱 더 바람직하게는  $200\text{msec} \leq Rt \leq 5\text{sec}$ 이다. 종래의 플라즈마 TEOS에서, Rt는 일반적으로 10-30 msec의 범위이다.

<39>  $Rt[s] = 9.42 \times 10^7 (Pr \cdot Ts / Ps \cdot Tr) r_w^2 d / F$

<40> 여기에서

<41> Pr : 반응 챔버 압력(Pa)

<42> Ps : 표준 대기압(Pa)

<43> Tr : 반응 가스의 평균 온도(K)

<44> Ts : 표준 온도(K)

<45> r<sub>w</sub> : 실리콘 기판의 반경(m)

<46> d : 실리콘 기판과 상부 전극사이의 공간(m)

<47> F : 반응 가스의 총 유량(sccm)

상기에서, 상기 잔류 시간은 상기 반응 챔버 내에서 가스 분자들이 머무는 시간의 평균 기간을 의미한다. 잔류

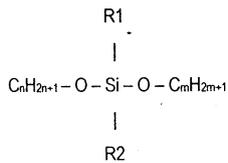
시간(Rt)은  $Rt = aV/S$ 로 계산될 수 있으며, 여기서 V는 챔버의 용량(cc), S는 반응 가스의 부피(cc/s), 그리고 a는 반응 챔버의 형태 및 가스의 유입구와 배출을 위한 배출구 사이의 위치적 연관성에 의해 결정되는 계수이다. 반응 챔버내에서 반응을 위한 공간은 기관의 표면( $\pi r^2$ ) 및 상부 전극과 하부 전극 사이의 공간에 의해 정의된다. 반응을 위한 공간을 통하는 가스 흐름을 고려한다면, a는 1/2로 추산될 수 있다. 상기 공식에서, a는 1/2이다.

<48> 삭제

<49> **물질 가스 및 첨가 가스**

<50> 본 발명에서 일반식  $Si_aO_\beta C_xH_y$ (여기서 a, β, x 및 y는 정수이다.)로 표현되는 실리콘 함유 탄화수소 화합물은, 바람직하게는  $Si_aO_{a-1}R_{2a-\beta+2}(OC_nH_{2n+1})_\beta$  식(여기서, a는 1-3의 정수, β는 정수 2, n은 1-3의 정수이고 R은 Si에 부착된  $C_{1-6}$  탄화수소)을 가지는 화합물이다. 즉, 상기 화합물은, 바람직하게는, 적어도 하나의 Si-O 결합, 두 개의 O- $C_nH_{2n+1}$  결합 그리고 실리콘(Si)에 결합되는 두 개의 탄화수소 라디칼들을 갖는다. 일부 실시예에서는, 상기 실리콘 함유 탄화수소에 존재하는 알콕시(alkoxy)는 1 내지 3개의 탄소 원자를 가진다. 다른 실시예에 의하면, 상기 실리콘 함유 화합물에 존재하는 탄화수소는 1 내지 6개의 탄소 원자(n=1-6)를 가진다. 또 다른 실시예에 의하면, 실리콘 함유 탄화수소 화합물은 1내지 3개의 실리콘 원자를 갖는다. 또 다른 실시예에 의하면, 실리콘 함유 탄화수소 화합물은 1 내지 2개의 실리콘 원자(a=1 또는 2)를 갖는다. 더욱 상세하게는, 상기 실리콘 함유 탄화수소 화합물은 아래와 같은 화학식 2로 표현되는 화합물인 적어도 하나의 종을 포함한다.

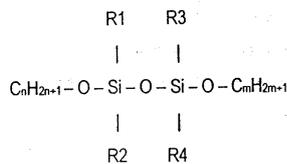
**화학식 2**



<51>

<52> 여기서 R1 및 R2는  $CH_3$ ,  $C_2H_3$ ,  $C_2H_5$ ,  $C_3H_7$  및  $C_6H_5$  중 어느 하나이고, m과 n은 정수이다. 위에서 언급한 군을 제외하고, 상기 실리콘 함유 탄화수소 화합물은 아래와 같은 화학식 3으로 표현되는 화합물 중 적어도 하나의 종을 포함한다.

**화학식 3**



<53>

<54> 여기서 R1, R2, R3, R4는  $CH_3$ ,  $C_2H_3$ ,  $C_2H_5$ ,  $C_3H_7$  및  $C_6H_5$  중 어느 하나이고, m과 n은 정수이다.

<55> 또한, 상기 실리콘 함유 탄화수소 화합물이 이들의 화합물 및 혼합물의 어떤 조합이 될 수 있음도 주목하여야 한다.

<56> 본 발명의 다른 측면에 따라, 플라즈마 CVD 장치에서, 절연막은 기관 상에 형성되고 상기 막은 식(2)에 의해 표현된 실리콘 함유 탄화수소 화합물을 포함하는 물질 가스를 사용함으로써 플라즈마 에너지에 의해 중합된다.

<57> 또한, 플라즈마 CVD장치에서, 상기 절연막은 기관 상에 형성되고 상기 막은 식(3)에 의해 표현된 실리콘 함유 탄화수소 화합물을 포함하는 물질가스를 사용함으로써 플라즈마 에너지에 의해 중합된다.

<58> 본 발명의 또 다른 측면에 따라, 절연막을 형성하기 위한 물질은 기관 부근에서 기상(vapor phase)으로 공급되고, 화학반응에 의해 기관 상에 상기 절연막을 형성하기 위해서 플라즈마 CVD 장치 내에서 처리되어지며, 그리고 물질은 식(2)에 의해 표현된다.

- <59> 추가적으로, 절연막을 형성하기 위한 물질은 기판 부근에서 기상으로 공급되고, 화학반응에 의해 기판상에서 절연막을 형성하기 위해서 플라즈마 CVD 장치 내에서 처리되어지며, 그리고 물질은 식(3)에 의해 표현된다.
- <60> 본 발명에 사용가능한 첨가 가스는, 예를 들어 아르곤 가스, 헬륨 가스이다. 일부 실시예에서, 아르곤은 기본적으로 플라즈마의 안정화를 위해 사용되지만, 헬륨은 플라즈마의 균일성과 절연막의 두께 균일성을 개선하기 위해 사용된다.
- <61> 진술한 방법에 있어서, 직접 기화의 제1단계는 흐름이 제어되는 액상물질이 예열된 기화기에서 순간적으로 기화되는 방법이다. 이 직접 기화 방법은 물질가스의 원하는 양을 얻기 위해서, 아르곤과 같은 캐리어 가스를 요구하지 않는다. 이것은 배블링법과 전혀 다르다. 따라서, 다량의 아르곤가스나 헬륨가스가 더 이상 요구되지 않으며, 이것은 반응가스의 총 흐름을 감소시키고, 후에 플라즈마 내에서 물질가스의 잔류시간을 연장시킨다. 결과적으로, 기상에서 충분한 중합체 반응이 일어나게 되므로 선형 중합체가 형성될 수 있으며, 미세 다공성 구조를 갖는 막을 얻을 수 있게 된다.
- <62> 도 1에서, 가스유입포트(14)를 통하여 공급되는 비활성가스는 실리콘 함유 탄화수소 화합물인 액상 반응성물질(18)을 관(13)을 통해 조절밸브(8)로 밀어낸다. 조절밸브(8)는 소정의 용량을 초과하지 않도록 유량 조절기(7)와 함께 액상 반응성물질(18)의 흐름을 조절한다. 감소된 실리콘 함유 탄화수소 화합물(18)은 위에서 언급된 직접 기화 방법에 의해서 기화되도록 기화기(17)로 이동한다. 아르곤과 헬륨은 유입포트(15,16)를 통해 공급되며 조절밸브(8)는 이들 가스의 흐름을 조절한다. 이후, 반응가스인, 물질가스와 첨가가스의 혼합물은 플라즈마 CVD 장치(1)의 유입포트(5)로 공급된다. 이미 진공화된 반응 챔버(6) 내부에 배치된 양쪽의 가스확산플레이트(10)와 반도체기판(4) 사이의 공간에, 바람직하게는 13.4MHz와 430kHz의 고주파 RF 전압이 인가되며, 상기 공간은 플라즈마 필드로서 역할한다. 서셉터(3)는 계속해서 가열기(2)로 반도체 기판(4)을 가열하고, 소정의 온도, 바람직하게는 350-450℃로 기판(4)을 유지한다. 가스확산플레이트(10)의 미세 개구부를 통해 공급되는 반응가스는 소정의 시간 동안 반도체 기판(4)의 표면에 근접하는 플라즈마 필드 내에 잔류한다.
- <63> 만약 잔류시간이 짧다면, 선형 중합체는 충분히 증착되지 못하므로 기판상에 증착된 막은 미세 다공성 구조를 형성하지 않는다. 잔류시간은 반응 가스의 유량에 대해 반비례하므로, 반응가스의 유량의 감소는 반응가스의 잔류시간을 연장시킨다.
- <64> 반응 가스의 총 용량의 급격한 감소는 첨가가스의 유량 감소에 의해 영향을 받는다. 결과적으로, 반응가스의 잔류시간은, 선형 중합체가 충분히 증착되고 결과적으로 미세 다공성 구조를 갖는 절연막이 형성될 수 있도록, 연장될 수 있다.  
 기상에서 반응을 조절하기 위해서, 반응챔버에 소량의 비활성 가스, 산화제, 또는 환원제를 첨가하는 것이 효과적이다. 헬륨(He) 및 아르곤(Ar)은 비활성 가스이고 24.56eV 및 15.76eV로 각각의 상이한 1차 이온화 에너지를 갖는다. 이에 헬륨 또는 아르곤 중 어느 하나 또는 이들 조합을 소정의 양으로 첨가함으로써, 기상에서 물질가스의 반응이 조절될 수 있다. 반응가스의 분자는 기상에서 중합되어 올리머를 형성한다. 올리고머는 1:1의 비율을 갖는 O:Si를 포함하는 것으로 예측된다. 그러나, 올리고머가 기판 상에 막을 형성할 때, 상기 올리고머는 더 중합되어 결과적으로 더 높은 산화율을 초래한다. 기판 상에 형성된 막의 유전율 또는 다른 특성에 따라서 비율은 변화한다. (후술되는 실시예5에서 비율은 3:2 이다.)
- <65> 물질가스로부터 유도되고 막에 포함되지 않는 잔존 산소는, 물질화합물로부터 분리되며, 플라즈마에서 부유하게 된다. 물질가스에서 Si:O의 비율은 화합물에 따라 변한다. 예를 들면, 상기 2 내지 3식에서, O:Si의 비율은 각각 2:1과 1:1이다. 만약 물질가스가 O:Si의 높은 비율(예를들어 2/1 이상)로 사용되면, 플라즈마에서 부유하는 산소의 양은 증가한다. 산소의 양이 증가할 때, Si에 직접 결합되고 막 형성에 필요한 유기군은 산화되며, 결과적으로 막의 열화가 초래될 수 있다. 상기에서, 반응챔버에 H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 와 같은 환원제를 첨가함으로써, 플라즈마에서 산소의 분압은 감소되고, 그로 인하여 상기 유기군의 산화가 방지된다. 반대로, O:Si의 비율이 낮을 때 (예를 들어 2/1 이하), N<sub>2</sub>O와 O<sub>2</sub>같은 산화제를 첨가함으로써, 막을 형성하기 위해 산소를 공급하는 것이 필요하다. 환원제 및 산화제의 적정량은 형성된 막의 조성을 FT-IR 또는 XRS에 의해서 분석하고, 그 유전율도 분석하는 예비시험에 기초하여 미리 평가될 수 있다. 따라서, 헬륨, 아르곤, 환원제 및 산화제와 같은 적합한 유형의 첨가 가스를 선택하고 첨가될 각 가스의 양을 조절함으로써, 원하는 품질을 갖는 막을 제조할 수 있다.
- <66> 물질가스의 흐름보다 적은 범위내에서 산화제의 흐름을 조절함으로써, 막 내의 산소농도는 산화막 구조를 형성하지 않으면서도 증가되며, 놀랍게도 유전율은 낮아지며, 더욱이 증착속도가 상당히 증가한다. 상기의 효과는 (i)반응 가스의 유속이 연장되었을 때 (ii)물질가스가 두 개의 알콕실(alkoxy)기를 가질 때 (iii)산화가스가

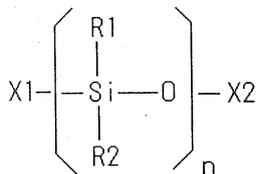
첨가가스에 첨가되었을 때, 현저하게 나타난다. 결과물인 실록산 중합체 막은 3.1 이하의 유전율을 가지고, 20% 미만의 C 원자농도와 함께 반복하는  $-\text{SiR}_2\text{O}-$ 의 구조적 단위를 갖는다 (즉, 상기 화합물은 탄화수소와 탄소 사이의 결합에서 우세하게 또는 선택적으로 분리된다).

<67> **중합체 구조**

<68> 이 방법에서, 간단히, 상기 물질가스는, 적어도 하나의 Si-O 결합, 최대로 두 개의  $\text{OC}_n\text{H}_{2n+1}$  결합 그리고 실리콘 (Si)에 결합된 적어도 두 개의 탄화수소 라디칼을 포함하는 실리콘 함유 탄화수소 화합물이다. 또한 이 물질가스는 직접 기화 방법에 의해 기화된다. 이 방법에 따르면, 저 유전율, 높은 열 안정성 그리고 높은 내습성을 가지는 절연막을 제조할 수 있다.

<69> 더욱 상세하게는, 직접 기화 방법에 의해 기화된 물질가스는 충분한 시간 범위 동안에 플라즈마 내에 머물 수 있다. 결과적으로, 기본구조(식4)을 갖고 "n"이 2 이상인 선형 중합체가 기상에서 형성되도록, 선형 중합체가 형성될 수 있다. 그리고 중합체는 반도체 기판에 증착되고 미세 다공성 구조를 갖는 절연막을 형성한다.

**화학식 4**



<70> 여기서 X1 그리고 X2는  $\text{O}_m\text{C}_m\text{H}_p$  이고, n은 0 또는 1, m 및 p는 0을 포함한 정수이다.

<72> 본 발명에 따른 절연막은 그 기본 구조가 그들 사이에서 높은 결합에너지를 갖는 Si-O 결합을 가지기 때문에 비교적 높은 안정성을 가진다. 또한, 절연막의 유전율은, 이것이 미세 다공성 구조를 가지기 때문에 낮다. 더욱이, 기본구조( $-\text{Si-O}-$ )<sub>n</sub>은 양측에 소수성을 갖는 탄화수소 라디칼로 끝나는 땀글링 결합(dangling bond)을 가지며, 이러한 특징은 내습성을 제공한다. 더욱이 탄화수소 라디칼 및 실리콘의 결합은 일반적으로 안정적이다. 예를 들면, 메틸라디칼과의 결합 (즉  $-\text{Si-O}-$ ), 그리고 벤젠과의 결합 (즉  $\text{Si-C}_6\text{H}_5$ ) 둘다 500°C 이상의 분해 온도를 갖는다. 상기의 반도체 제조는 450°C 이상의 온도에 대한 열 안정성을 요구하기 때문에, 막의 특징은 반도체 제조를 위해 바람직하다. 일부 실시예에서, 플라즈마 중합을 위한 온도는 대략  $\theta \pm 50$  °C이고 여기서  $\theta$ 는 막에 대해 요구된 열적 안정 온도이다.

<73> 상세하게는, 실시예에서, 전술한 방법에 의해 반도체 기판 상에 형성된 실록산 중합체 막은 3.1 이하의 유전율을 갖고, 반복하는  $-\text{SiR}_2\text{O}-$ 의 구조적 단위를 가지며, 더욱이  $\text{Si}_\alpha\text{O}_{\alpha-1}\text{R}_{2-\beta+2}(\text{OC}_n\text{H}_{2n+1})_\beta$  식을 갖는 실리콘 함유 탄화수소로부터 플라즈마 중합체 반응에 의해서 형성된 20%미만의 C 원자 농도를 갖는다. (여기서,  $\alpha$ 는 1-3의 정수,  $\beta$ 는 정수 2, n은 1-3의 정수,이고 R은 Si에 부착된  $\text{C}_{1-6}$  탄화수소) 다른 실시예에서, 실록산 중합체 막은 2.7의 유전율을 갖는다. 또 다른 실시예에서, 실록산 중합체 막은 반복하는  $\text{C}_1$  탄화수소의 구조적 단위로 반복하는 R을 갖는다.

본 발명의 또 다른 측면, 특징 및 장점은 후술하는 바람직한 실시예의 상세한 설명으로 명확해 질 것이다.

<74> **실시예의 구조적 개요**

<75> 도 1은 본 발명에서 사용된 플라즈마 CVD 장치를 도식적으로 보여준다. 이 장치는 반응 가스-공급 장치(12)와 플라즈마 CVD 장치(1)를 포함한다. 반응 가스-공급 장치(12)는 복수의 선들(13), 이 선들(13)에 장착된 조절 밸브들(8) 및 가스 유입 포트들(14, 15, 16)을 포함한다. 유량 조절기(7)는 소정량의 물질 가스의 흐름을 조절하기 위해 각각의 조절 밸브(8)와 연통된다. 액상 반응성 물질을 수용하는 컨테이너(18)는 액체를 직접 기화하는 기화기(17)와 연통된다. 플라즈마 CVD 장치(1)는 반응 챔버(6), 가스 유입 포트(5), 서셉터(3) 및 가열기(2)를 포함한다. 환형 가스 확산 플레이트(10)는 상기 가스 유입 포트의 바로 아래에 장착된다. 가스 확산 플레이트(10)는 그 저부면에 다수의 미세 개구부를 가지고 있어 그것으로부터 반도체 기판(4)으로 반응 가스를 주입할 수 있다. 반응 챔버(6)의 저부에는 배출 포트(11)가 있다. 이 배출 포트(11)는 반응 챔버(6)의 내부가 진공화될 수 있도록 외부 진공 펌프(도시되지 않음)와 연통된다. 서셉터(3)는 가스 확산 플레이트(10)와 나란

히 대면하여 배치된다. 서셉터(3)는 그 위에 반도체 기판(4)을 지지하고 가열기(2)로 반도체 기판을 가열한다. 가스 유입 포트(5)는 반응 챔버(6)로부터 절연되어 외부 고주파 파워 공급기(9)에 연결된다. 선택적으로, 서셉터(3)는 파워 공급기(9)에 연결될 수 있다. 따라서, 가스 확산 플레이트(10)와 서셉터(3)는 고주파 전극으로서 역할을 하며 반도체 기판(4) 표면에 근접하여 플라즈마 반응 필드를 생성한다.

<76> 본 발명의 플라즈마 CVD 장치를 이용하여 반도체 기판 상에 절연막을 형성하는 방법은, 일반식  $Si_{\alpha}O_{\beta}C_xH_y$  (여기서  $\alpha, \beta, x$  및  $y$ 는 정수이다.)에 의해 표현되는 실리콘 함유 탄화수소 화합물을 직접 기화하는 단계, 플라즈마 CVD 장치(1)의 반응챔버(6)로 이것을 유입하는 단계, 실질적으로 흐름이 감소된 첨가가스를 반응 챔버(6)로 유입하는 단계 및 플라즈마 중합반응에 의해 반도체 기판상에 절연막을 형성하는 단계를 포함하며, 여기에서 물질 가스인 실리콘 함유 탄화수소와 첨가가스로 만들어진 혼합가스는 반응가스로 사용된다. 또한 첨가가스 흐름의 감소가 상기 반응가스의 총 흐름의 실질적 감소를 초래한다는 주목할 만한 특징이다. 이 특징은 이하에서 더 자세히 설명될 것이다.

<77> **다른 기술들**

<78> 유기 실리콘  $SiR_x(OR)_y$  (즉, R: CnHm x, y : 임의의 종류)에  $O_2$ 와  $N_2O$  와 같은 산화 가스를 첨가함으로써 통상의 플라즈마 CVD 방법을 사용하여 산화막을 형성하는 실시예이다. 이때 형성된 막은, 약 4의 유전율을 갖는 산화막이나 차세대 저 유전율 막으로 사용될 수 없다.

부가적으로,  $Si(CH_3)_3$  상에  $N_2O$  등과 같은 산화가스를 사용하여 2.7의 유전율을 갖는 저유전율 막을 형성하기 위한 사례는 이미 보고되었다. 이 경우에 막은 20%이상의 C를 함유하는 높은 C 농도를 갖는 SiCOH 막이다.

<79> **실시예**

<80> **장치의 구성**

<81> 도 2는 평행 평판식(parallel-flat-plate) CVD 장치를 도시한다. 두 쌍의 도전성 평판형 전극은 서로 평행하게 대향하여 반응 챔버에 배치되어 있고, 일측에 27MHz RF 전력을 인가하고 타측을 접지함으로써, 이 두쌍의 전극 사이에서 플라즈마를 여기시킨다. 온도 조절 메카니즘은 하부 스테이지에 부착되고, 온도는 대략 400°C(750화씨)에서 유지된다. DM-DMOS(Dimethydimetoxyilan):  $(Si(CH_3)_2(OCH_3)_2)$ 과, 헬륨 또는 아르곤과 같은 비활성 가스 및, 부가적인  $O_2, N_2O$  등과 같은 산화가스가 혼합되어, 반응가스로 사용된다. 각 가스는, 공급장치(21 내지 23)와 유량조절기(24 내지 26)를 통해서 소정의 유량으로 조절되며, 이것들은 혼합되어 반응가스로서 상부 전극의 상단의 유입구(27)로 공급된다. 대략  $\Phi 0.5mm$ 의 500-10000개의 기공(pore)이 상부 전극에 형성되고 (본 발명을 수행하기 위하여 이러한 방식에서는 3000개의 구멍(pore)이 형성됨), 반응가스는 이 구멍들을 통해서 반응 공간으로 흘러 들어간다. 상기 반응공간은 진공펌프에 의해 배기되고, 대략 600 Pa로 예정된 고정 압력으로 유지된다.

<82> 삭제

<83> **막 형성 반응**

<84> 물질가스로서 DM-DMOS 및 장기 잔류 플라즈마 CVD를 사용하여, 후술하는 조건하에서 막을 형성하였다. 산소는 물질 가스인 DM-DMOS 보다 낮거나 동일한 유량으로 반응가스에 첨가된다.

<85> RF 전력 : 1500W (27MHz에서 만들어진 주파수 사용)(바람직하게는 500-2000W)

<86> 기판 온도 : 400°C(바람직하게 300-600°C)

<87> 반응 압력 : 650 Pa(바람직하게 400-1000Pa)

<88> 잔류 시간(Rt)은 다음 식에서 정의된다.

$$Rt[s]=9.42 \times 10^7 (Pr \cdot Ts/Ps \cdot Tr) r_w^2 d/F$$

<89> 이 식에서 각 약자는 아래의 파라미터로 나타난다.

- <90> Pr : 반응 챔버 압력(Pa)
- <91> Ps : 표준 대기압(Pa)
- <92> Tr : 반응 가스의 평균 온도(K)
- <93> Ts : 표준 온도(K)
- <94> r<sub>w</sub> : 실리콘 기판의 반경(m)
- <95> d : 실리콘 기판과 상부 전극사이의 간격(m)
- <96> F : 반응 가스의 총 유량(sccm)
- <97> 각 파라미터는 아래의 값으로 고정되었다. ; 유량과 유전율 사이의 상관관계를 발견할 수 있도록 상기 유량만을 변화시켰다.
- <98> Pr = 6.50×10<sup>2</sup>(Pa)
- <99> Ps = 1.01×10<sup>5</sup>(Pa)
- <100> Tr = 273+400 = 673(K)
- <101> Ts = 273(K)
- <102> r<sub>w</sub> = 0.1(m)
- <103> d = 0.014
- <104> 표1은 비교예와 본발명의 실시예를 나열한다.

표 1

	물질가스유량 (material gas flow) (sccm)	He(sccm)	O <sub>2</sub> (sccm)	가스들의 총유량 (reaction gas total flow) (sccm)	Rt(msec)
제1실시예	100	30	70	200	172
비교실시예	100	30	0	130	265

**실험결과**

실시예1

물질가스로서 140 sccm의 DM-DMOS와 첨가가스로서 70 sccm의 O<sub>2</sub> 및 30 sccm의 He을 혼합하여 반응 가스로서 반응 챔버에 공급하였다. 상기 반응 챔버의 압력은 진공 펌프에 의해 상시 배기되어 650pa로 유지되었다. 1500W, 27MHz의 RF 전력이 상부 전극에 인가되었다. 하부 스테이지의 온도는 400 ℃(752 화씨)의 고정 온도로 조절되었다. 이러한 조건에서, 막은 500 nm/분의 속도로 형성되었고, 형성된 막에 1MHz의 전압을 인가함으로써 측정된 유전율은 2.70였다. XPS에 의해 측정된 막의 구조는 Si:C:O=33:22:45(%)이다.

전술한 실험결과는 다음 표와 같이 요약된다.

표2

	제1실시예	비교실시예
증착속도 (nm/min)	1500	500
k	2.45	2.70
Si:C:O (%)	31:16:53	33:22:45

<113> **산업상 사용의 효과**

<114> 본 발명에 따르면, 플라즈마 CVD 방법을 사용하여 저유전율 막을 형성할 수 있다. 고집적화된 반도체 소자용 절연막으로 이러한 저유전율 막을 사용함으로써, 배선 사이의 정전 용량에 의해 유도된 지연은 감소될 수 있으며, 반도체 소자의 동작 속도는 실질적으로 증가될 수 있다. 예를 들면, 아래 표에 나타낸 바와 같이, 장치 노드의 크기가 감소함에 따라, 상기 소자용으로 사용된 층간 절연막의 경우에 저유전율(low-k)이 요구된다.

<115> 장치 노드 k

<116> 0.13 $\mu$ m                      약 3.5 이하

<117> 0.10 $\mu$ m                      약 2.7 이하

<118> 0.07 $\mu$ m                      약 2.2 이하

<119> 대략 2.7의 유전율을 갖는 low-K 막을 위해, 최근 CVD 방법 및 코팅방법과 같은 다수의 막 형성방법이 제안되어 왔고 양질의 low-K 막의 형성이 가능하게 되었다. 0.1-0.13 $\mu$ m의 장치노드를 갖는 대량 생산 장치에 본 발명이 적용되기 시작하였다. 현재는, 차세대 고속 장치를 위하여, 대략 k=2.5 이하의 매우 낮은 유전율을 갖는 low-K 막이 요구된다. 본 발명은 이 분야에서 요구되는 양질의 막을 제공할 수 있다.

<120> 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 사상을 벗어남이 없이 다양한 변형이 가능하다는 것을 알 수 있을 것이다. 그러므로 본 발명의 실시예는 단지 예시를 위한 것이며, 본 발명의 범위를 한정하려는 것은 아니다.

**발명의 효과**

<121> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 플라즈마 CVD 방법을 사용하여 저 유전율 막을 형성하는 것이 가능하다. 고집적화된 반도체 소자용 절연막으로 이러한 저유전율 막을 사용함으로써, 전선 사이의 정전 용량에 의해 유도된 지연은 감소될 수 있으며, 반도체 소자의 작업속도는 실질적으로 증가될 수 있다.

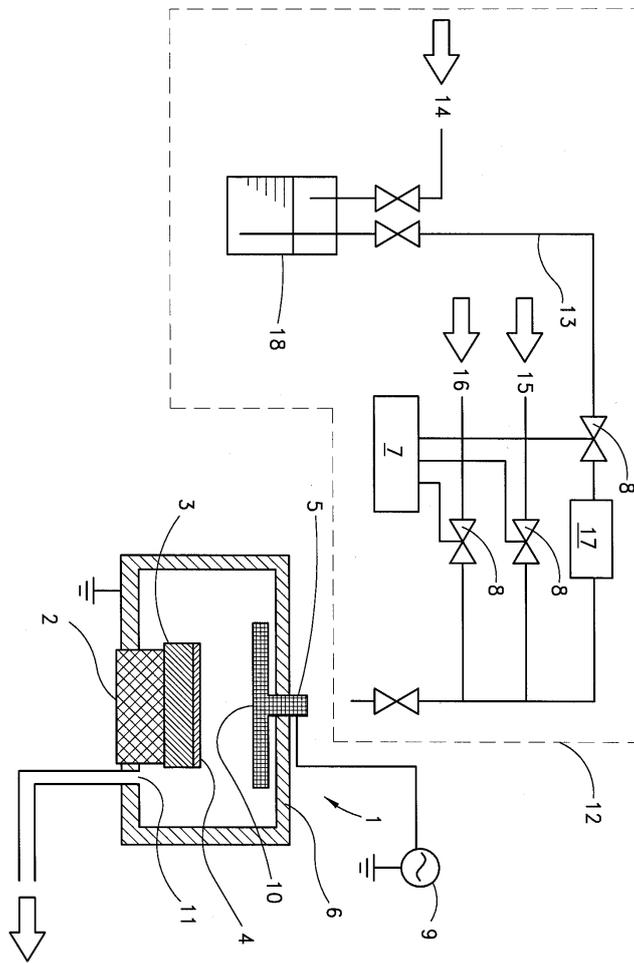
**도면의 간단한 설명**

<1> 도 1은 절연막을 형성하기 위해 사용되는 CVD 장치를 설명한 개요도이고,

<2> 도 2는 본 발명의 실시예에서 사용된 플라즈마 CVD 장치를 설명한 개요도이다.

도면

도면1



도면2

