



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0107270
(43) 공개일자 2008년12월10일

(51) Int. Cl.
C23C 16/30 (2006.01) C23C 16/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0051419
(22) 출원일자 2008년06월02일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
11/759,159 2007년06월06일 미국(US)

(71) 출원인
에이에스엠 저펜 가부시기가이샤
일본국 도쿄 206-0025 타마시 나가야마 6-쵸메 23-1
(72) 발명자
후카자와 아츠키
일본국 도쿄도 206-0025 다마시 나가야마 6쵸메 23-1
마츠키 노부오
일본국 도쿄도 206-0025 다마시 나가야마 6쵸메 23-1
하 정석
일본국 도쿄도 206-0025 다마시 나가야마 6쵸메 23-1
(74) 대리인
리엔목특허법인

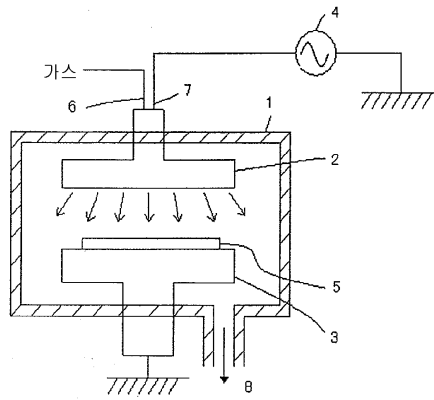
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 무기 실라잔계 유전체 막의 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 무기 실라잔계 유전체 막의 형성 방법은, 피처리체가 적치된 반응 챔버 내부로 Si 및 H로 구성된 가스 및 N 및, 선택적으로는, C로 구성된 가스를 인입시키는 단계; 상기 피처리체의 온도를 -50 °C 내지 50 °C의 온도로 제어하는 단계; 및 플라즈마 반응에 의해, 무기 실라잔 결합을 포함하는 Si, N 및 H로 구성된 무기 실라잔계 막을 증착하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

피처리체가 적치된 반응 챔버 내부로 Si, H, N 및, 선택적으로는, C로 구성된 가스를 인입시키는 단계;

상기 피처리체의 온도를 -50 °C 내지 50 °C의 온도로 제어하는 단계; 및

플라즈마 반응에 의해, 무기 실라잔 결합을 포함하는 Si, N 및 H로 구성된 무기 실라잔계 막을 증착하는 단계를 포함하는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 가스를 인입시키는 단계에서,

상기 반응 챔버 내부로 산소를 공급하는 가스는 인입되지 않는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 Si 및 H로 구성된 가스는 SiH₄ 또는 Si₂H₆인 유전체 막의 형성 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 N 및, 선택적으로는, H로 구성된 가스는 NH₃, N₂ 또는 이들의 조합인 유전체 막의 형성 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 피처리체 상에 상기 무기 실라잔계 막을 증착하는 단계 이전에, 이와 동시에 또는 이에 후속하여,

상기 반응 챔버 내부로 C, H 및, 선택적으로는, O로 구성된 첨가제 가스를 인입시키는 단계를 더 포함하는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 첨가제 가스는 헥산(hexane) 또는 메시틸렌(mesitylene)인 유전체 막의 형성 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 피처리체는 상기 반응 챔버 내에 배치된 서셉터 상에 적치된 반도체 기관인 유전체 막의 형성 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 기관은 오목부를 포함하는 불균일한 표면을 포함하는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 막 내의 N을 O로 치환하여 상기 막을 산화물 막으로 변환시키기 위하여, 열처리 챔버 내부로 산소 공급 가스를 인입시키면서, 상기 열처리 챔버 내에서 상기 무기 실라잔계 막을 갖는 상기 기관을 열처리하는 단계를 더 포함하는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 산소 공급 가스는 O_2 , CO_2 , N_2O 또는 이들의 조합인 유전체 막의 형성 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

열처리 챔버 내부로 산소 공급 가스를 인입시키지 않으면서, 상기 열처리 챔버 내에서 상기 무기 실라잔계 막을 갖는 상기 기판을 열처리하여, 상기 막으로부터 실리콘 질화물 막을 형성하는 단계를 더 포함하는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서, 상기 열처리하는 단계는 UV 경화에 의해 수행되는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서, 상기 열처리하는 단계는 450 °C 이상의 온도에서 열적 어닐링에 의해 수행되는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 가스를 인입시키는 단계는 상기 반응 챔버 내부로 비활성 가스를 인입시키는 단계를 더 포함하는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 가스를 인입시키는 단계는 N 및, 선택적으로는, H로 구성된 가스에 대한 Si 및 H로 구성된 상기 가스의 유량비를 2 이상이 되도록 제어하는 단계를 더 포함하는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 16

제 8 항에 있어서,

상기 불균일한 표면의 상기 오목부는 홀들 또는 홈들을 가지며, 상기 막을 증착하는 단계는 상기 불규칙한 표면 상에 수행되어, 상기 무기 실라잔계 막으로 상기 홀들 또는 홈들이 매립되는 유전체 막의 형성 방법.

청구항 17

기판에 배선을 위한 3 차원 구조를 형성하는 단계; 및

제 1 항에 기재된 상기 유전체 막의 형성 방법을 사용하여, 상기 3 차원 구조의 표면 상에 절연층을 형성하는 단계를 포함하는 배선 구조의 형성 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 절연막을 습식 식각하는 단계를 더 포함하는 배선 구조의 형성 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 3차원 구조를 형성하는 단계는, 배선 층으로서 알루미늄, 텅스텐 또는 텅스텐 실리콘 층을 형성하는 단계; 및

상기 층을 소정의 패턴으로 식각하는 단계를 포함하는 배선 구조의 형성 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 반도체 기술에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 반도체 기판의 배선 구조를 위한 우수한 매립 또는 패딩 특성을 가지는 실리콘 함유 유전체 막에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 플라즈마 화학기상증착법(플라즈마 CVD)에서는, 1 내지 10 Torr의 분위기에서 0 내지 350 °C로 예열된 저항 가열식 히터 상에 공정 타겟인 각 반도체 기판을 배치함으로써, 반도체 기판 상의 막 증착 공정이 수행된다. 이러한 히터는 반응종을 배출하는 샤워 플레이트와 대면하는 식으로 배치되며, 상기 히터와 샤워 플레이트 사이에 고주파 방전을 유도하여 플라즈마를 생성하기 위하여, 상기 샤워 플레이트에는 100 내지 4,000 W 까지 13.56 MHz 내지 60 MHz를 갖는 고주파 전력이 인가된다. 상기 플라즈마 CVD 방법은 배선 절연막, 패시베이션막 및 반사방지막과 같은 다양한 종류의 박막을 증착하는 데 사용된다. 평행 평판형 플라즈마 CVD의 경우 상당히 높은 정도의 표면 확산을 얻는 것은 어렵기 때문에, 산화물 막을 증착하는 데에는 매립 특성을 갖는, 마이크로 웨이브를 사용하는 고밀도 플라즈마 CVD가 일반적으로 사용된다. 이들 기술은 250 nm 소자 노드의 시대 이후부터 사용되어 있다. 이러한 장치는 막을 형성할 뿐만 아니라, 막의 식각을 수행하는 특징을 가지며, 이것은 더 작은 홀 직경에 대하여도 상기 장치가 도움이 될 수 있다는 것을 의미한다. 65 nm 내지 90 nm의 소자 노드를 갖는 현재 제품에 있어서, 주요 공정 방법은 막의 형성과 에치 백(etch-back)을 결합하는 것이다. 이러한 방법이 사용되는 대표적인 공정에는 얇은 트렌치 분리 공정(Shallow Trench Isolation; STI) 및 배선 공정의 상부층 공정이 포함된다.

<3> 그러나, 막 형성 및 에치 백의 결합은 60 nm 이하의 더 작은 소자 노드에 대하여는 도움이 될 것 같지 않으며, 초미세 회로의 가속화되는 경향과 나란히 충분한 매립 특성을 제공할 수 있는 절연막에 대한 수요가 있다.

<4> 저온의 서셉터(susceptor)를 사용하여 실리콘 기판 상에 유동성을 갖는 반응종이 형성되는 (유동 매립(flow-fill) 공정 또는 가유성(flowable) 공정이라고 지칭되는 액상층(liquid-layer) 형성 공정과 같은) 방법이 공지되어 있다. 이들 방법 중 상당 수는 실록산 반응 및 SiH₄에 O₃ 또는 강한 산화력을 제공하는 다른 물질을 혼합하는 공정을 사용한다. 그러나, 이러한 방법에 의해 매립되는 산화물 막은 상기 막이 매립된 영역 내에서 덜 치밀해지거나 응력의 변화로 인하여 박리 또는 과열되는 문제점을 나타낸다. 이러한 문제들을 설명하는 주요한 원인은 상기 재료 내에 함유된 수소 그룹과 산소 그룹에 의한 물의 생성이며, 이것은 어닐링된 박막의 수축 계수(contraction coefficient)를 상당히 증가시킬 수 있다. 또한, 막 형성 공정에서 생성된 수분은, 형성된 막의 어닐링에 의해 후속하여 수분이 제거될 때, 보이드를 생성하며, 상기 막이 덜 치밀해지도록 하는 경향을 증가시킨다.

<5> 상기 반응 가스가 산소 및 수소를 함유하는 경우, 플라즈마 반응의 결과로서 수분이 생성된다. 생성된 수분과 Si를 함유하는 올리고머(oligomer)는 냉각되어진 상기 수분의 표면에 부착된다. 상기 부착된 수분은 그 유동성과 표면 장력 효과로 인하여 막 형성 공정의 초기 단계에서 미세 트렌치 구조들 및 홀들 내부로 유입되며, 이로 인하여 더 큰 수분 함량과 더 큰 유동성을 가진 반응물이 상기 미세 구조들의 바닥에 생성되고 퇴적된다. 어닐링시 높은 수분 함량을 갖는 재료들은 덜 치밀해지기 때문에, 상술한 현상에 의해 미세 구조들의 바닥에서 박막 밀도가 낮아진다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<6> 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 더욱 미세해진 구조 내에 치밀한 박막을 매립할 수 있는 우수한 매립 또는 패딩 특성을 가지는 실리콘 함유 유전체 막의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

<7> 더욱 미세해진 구조 내에 박막을 매립할 수 있는 공정으로서, 본 발명의 일 실시예는 SiH₄ 또는 Si₂H₆와 같은 재료 및 NH₃ 또는 N₂와 같은 질소 첨가제에 기초하여, 실리콘 기판 상에 수분을 함유하지 않는 유동성 실라잔을 형성한다. 본 발명의 일 실시예에서, 플라즈마 CVD에 의해 실리콘 기판 상에 실라잔을 형성하기 위하여, 서셉터

의 온도는 -50 °C 내지 50 °C의 범위로 제어되고, SiH₄ 또는 Si₂H₆와 같은 재료 및 NH₃ 또는 N₂와 같은 질소 첨가제가 첨가된다. 낮은 서셉터 온도는 유동성을 확보할 수 있으며, 표면 장력은 트렌치들 및 홀들을 갖는 패턴들 내에 막을 매립할 수 있도록 한다. 또한, 반응 가스는 산소를 함유하지 않으며, 이것은 생성된 생성물이 수분을 함유하지 않는다는 것을 의미한다.

- <8> 본 발명의 일 실시예에서는, 낮은 박막 수축 계수를 갖는 치밀한 산화물 막이 형성될 수 있는 산화성 가스 분위기에서, UV 조사 또는 열적 어닐링(hot annealing)이 수행된다. 전술한 실시예에서, 열처리 동안 질소기들은 산소기들로 대체되어 산화물 막을 형성한다. 형성된 막은 수분을 함유하지 않으므로, 그 밀도와 품질은 열화되지 않는다.
- <9> 본 발명의 일 실시예에서, 유동성을 증가시켜 선폭에 관계 없이 막을 매립하기 위하여, CxHy를 첨가함으로써 실라잔은 분해된다. 본 발명의 일 실시예에서, 형성된 막은, 막 내의 질소기들을 산소기들로 대체하여 치밀한 산화물 막을 얻기 위해, 산화성 분위기에서, UV-경화되거나 450 °C 이상에서 열처리된다. 열처리 동안 방출되는 유일한 물질은 실라잔의 분해시 촉매로서 작용했던 CxHy의 잔류물이며, 이로 인하여, 얻어진 막은 Si-O 및 탄화수소로 구성된 액상 재료와 다른 수축 계수를 가진다. 그 결과, 본 발명의 일 실시예에서는, 막의 수축 계수가 종래 방법에서 얻어지는 약 30%에서 약 10% 정도로 낮게 상당히 개선된다. 전술한 실시예에 따른 산화물 막의 형성 방법은 STI(Shallow Trench Isolation; 얇은 트렌치 분리막) 또는 PMD(Premetal Dielectric; 층간 절연막)과 같은 매립 산화물 막에 효과적으로 적용될 수 있다.
- <10> SixHy 및 NxHy를 사용하는 실라잔 막의 형성 공정과 동일한 기능을 제공하는 2 가지 방법이 있으며, 이 방법들은 SiaNbCdHe(여기서, a, b, d 및 e는 임의의 정수임)를 결합하여 유동성을 제공하는 실라잔 막을 형성하는 방법과 SiaNbCdHe(여기서, a, b, d 및 e는 임의의 정수임)를 사용하여 실라잔 막을 형성한 후 탄화수소 가스 내에서 상기 형성된 막을 분해시킴으로써 유동성을 부여하는 방법을 포함한다. 상기 2 가지 방법은 SixHy 및 NxHy를 사용하여 실라잔 막을 형성하고 탄화수소 가스를 사용하여 유동성을 부여하는 전술한 방법에 의해 얻어지는 것과 동일한 결과를 얻을 수 있다. 주목할 만한 것으로서, 이들 방법은 열처리를 통하여 순수한 산화물 막을 제공할 수 있다.
- <11> 본 명세서에서는, 본 발명을 요약하고 선행 기술에 비하여 본 발명이 갖는 더 우수한 이점을 요약하기 위하여, 본 발명의 특정 목적들과 이점들이 설명되어 있다. 물론, 본 발명의 어느 특정 실시예의 경우, 이러한 모든 목적 또는 이점들이 반드시 얻어지는 것이 아님을 이해하여야 한다. 따라서, 예를 들면, 당업자에게 있어서, 본 명세서에서 교시되거나 시사된 바에 따른 다른 목적들 또는 이점들을 반드시 얻지 않고서도, 본 명세서에 교시된 어느 하나의 이점 또는 일군의 이점을 얻거나 최적화할 수 있는 방법으로 본 발명이 구현되거나 실시될 수 있다는 것은 자명하다.

효 과

- <12> 본 발명에 따르면, 더욱 미세해진 구조 내에 치밀한 박막을 매립할 수 있는 우수한 매립 또는 패딩 특성을 가지는 실리콘 함유 유전체 막과 배선 구조를 제조할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <13> 이하에서는, 본 발명의 다양한 특징들이 바람직한 실시예에 관한 도면을 참조하여 개시될 것이며, 이들 바람직한 실시예는 예시적이며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다.
- <14> 본 발명의 또 다른 실시예, 특징들 및 이점들은 하기의 바람직한 실시예에 대한 상세한 설명으로부터 명확히 이해될 것이다.
- <15> 전술한 바와 같이, 본 발명은 다양한 실시예들을 포함한다. 일 실시예에서, 본 발명은 (i) 피처리체가 배치된 반응 챔버 내로 Si 및 H로 구성된 가스 및 N 및 선택적으로는 수소로 구성된 가스를 인입시키는 단계; (ii) 상기 피처리체의 온도를 -50 °C 내지 50 °C로 제어하는 단계; 및 (iii) 플라즈마 반응에 의해 무기 실라잔 결합들을 포함하는 Si, N 및 H로 구성된 무기 실라잔계 막을 증착하는 단계를 포함하는 유전체 막의 형성 방법을 제공한다. 상기 막은 폴리실라잔 막일 수 있다. 상기 막은 배선 구조의 절연 산화물 막을 위한 전구체 막(precursor film)으로서, 실리콘 질화물 막을 위한 전구체 막으로서, 서셉터의 표면 또는 반응기 내부의 다른 표면들을 피복하기 위한 초벌 막으로서 사용될 수 있다.
- <16> 상기 실시예들은 이하의 실시예들을 더 포함한다. 그러나, 상기 실시예들이 이들 실시예들로 제한되는 것은 아

니다.

- <17> 일 실시예에서, Si 및 H로 구성된 상기 가스는 SiH_4 또는 Si_2H_6 일 수 있다. 일 실시예에서, N 및 선택적으로 H로 구성된 상기 가스는 NH_3 , N_2 또는 이들의 조합일 수 있다. 일 실시예에서, 상기 가스를 인입시키는 단계에서, 상기 반응 챔버 내로 산소 공급 가스가 인입되지 않을 수 있다. 일 실시예에서, 상기 가스를 인입시키는 단계는 상기 반응 챔버 내로 비활성 가스를 인입시키는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- <18> 일 실시예에서, 상기 방법은, 상기 피처리체 상에 상기 무기 실라잔계 막을 증착하는 단계 이전에, 이와 동시에 또는 그 이후에, 상기 반응 챔버 내로 C, H 및 선택적으로는 O로 구성된 첨가제 가스를 지속적으로 인입시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 첨가제 가스를 첨가함으로써, 상기 무기 실라잔계 재료의 유동성 또는 점성도(viscosity)는 감소될 수 있으며, 이로 인하여 상기 재료의 매립 또는 패딩(padding) 특성이 개선될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 첨가제 가스는 헥산(hexane)일 수 있다.
- <19> 일 실시예에서, 상기 피처리체는 상기 반응 챔버 내에 배치된 서셉터 상에 적치된 반도체 기판일 수 있다. 일 실시예에서, 상기 기판은 오목부(concave portion)를 포함하는 불규칙한 표면을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 상기 불규칙한 표면의 상기 오목부는 홀들(holes) 또는 홈들(grooves)을 가질 수 있으며, 상기 무기 실라잔계 막으로 상기 홀들 또는 홈들을 매립하기 위해, 상기 무기 실라잔계 막을 증착하는 단계는 상기 불규칙한 표면 상에서 수행될 수 있다.
- <20> 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 막 내의 N을 O로 치환하여 상기 막을 산화물 막으로 변환시키기 위해, 열처리 챔버 내로 산소 공급 가스를 인입시키면서, 상기 열처리 챔버 내에서 상기 무기 실라잔계 막을 갖는 상기 기판을 열처리하는 단계를 더 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 산소 공급 가스는 O_2 , CO_2 , N_2O 또는 이들의 조합일 수 있다.
- <21> 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 막으로부터 실리콘 질화물 막을 형성하기 위해, 열처리 챔버 내로 산소 공급 가스를 인입시키지 않고서 상기 열처리 챔버에서 상기 무기 실라잔계 막을 갖는 기판을 열처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <22> 일 실시예에서, 상기 열처리 단계는 450 °C 미만의 온도에서 UV 경화에 의해 수행될 수 있다. 일 실시예에서는, 상기 열처리 단계는 450 °C 이상의 온도에서 열적 어닐링에 의해 수행될 수 있다.
- <23> 일 실시예에서, 상기 가스를 인입시키는 단계는 N 및 선택적으로는 H로 구성된 상기 가스에 대한 Si 및 H로 구성된 상기 가스의 유량 비를 2 이상으로 제어하는 단계를 포함할 수 있다.
- <24> 일 실시예에서, 본 발명은 (i) 기판 내에 배선용 3 차원 구조를 형성하는 단계; 및 (ii) 전술한 어느 하나의 방법을 사용하여 상기 3 차원 구조의 표면 상에 절연 층을 형성하는 단계를 포함하는 배선 구조를 형성하는 방법을 제공한다.
- <25> 이 경우, 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 절연막을 습식 식각하는 단계를 더 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 3 차원 구조를 형성하는 단계는 배선층으로서 알루미늄, 텅스텐 또는 텅스텐 실리콘 층을 형성하는 단계 및 상기 층을 소정의 패턴으로 식각하는 단계를 포함할 수 있다.
- <26> 아래 열거된 사항들은 본 발명의 일 실시예에서 사용되는 일련의 막 형성 조건들 (벌크막의 형성 조건들)에 관한 예이다. 이들 조건들은 조합되어 사용될 수 있으며, 본 발명이 이들 조건들로 제한되는 것이 아니다.
- <27> 1) 막 형성 온도 (서셉터 온도): -50 °C 내지 50 °C, 바람직하게는, -10 °C 내지 5 °C.
- <28> 2) 재료: SiH_4 및/또는 Si_2H_6 .
- <29> 3) 재료의 유량: 1 sccm 내지 350 sccm, 바람직하게는, 5 sccm 내지 100 sccm.
- <30> 4) 첨가제 가스: NH_3 및/또는 N_2 (질소 첨가제 가스들이 사용되고, 상기 막 형성 공정에서 수분이 생성될 수 있으므로 산소 원자들을 함유하는 가스들은 사용되지 않는다).
- <31> 5) 첨가제 가스의 유량: 10 sccm 내지 700 sccm, 바람직하게는, 50 sccm 내지 300 sccm.
- <32> 6) 운반 가스: He, Ar, Kr 및/또는 Xe.
- <33> 7) 운반 가스의 유량: 100 sccm 내지 2,000 sccm, 바람직하게는, 200 sccm 내지 1,000 sccm.

- <34> 8) 압력: 133 Pa 내지 800 Pa, 바람직하게는, 133 Pa 내지 533 Pa.
- <35> 9) RF 전력: 50 W 내지 2,500 W, 바람직하게는, 100 W 내지 600 W.
- <36> 10) RF 주파수: 13.56 MHz 내지 60 MHz, 바람직하게는, 13.56 MHz 내지 27.12 MHz.
- <37> 낮은 증착 속도를 제어하기 위해서는, 비교적 낮은 RF 전력이 효과적일 수 있다. 일 실시예에서, 저주파수의 RF 전력은 고주파수의 RF 전력의 (5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40% 및 이들 중 2 개의 수들 사이의 값들을 포함하는) 1% 내지 50%일 수 있다. 상기 저주파수의 RF 전력은 2 MHz 이하의 주파수(예를 들면, 400 kHz 또는 430 KHz)를 가질 수 있다.
- <38> 11) 방전 갭: 10 mm 내지 30 mm, 바람직하게는, 16 mm 내지 26 mm.
- <39> 아래 열거된 사항들은 본 발명의 일 실시예에서 사용되는 일련의 열처리 조건들에 관한 예이다. 이들 조건들은 조합되어 사용될 수 있으며, 본 발명이 이들 조건들로 제한되는 것이 아니다.
- <40> 12) 열처리 온도: 200 °C 내지 1,000 °C, 바람직하게는 800 °C 내지 900 °C.
- <41> 13) 열처리 수단: 상기 열처리 온도가 450 °C 미만인 경우에는 UV 처리(도 2 참조) 또는 상기 열처리 온도가 450 °C 이상인 경우에는 열적 어닐링(도 4 참조). 기본적으로, 상기 열처리 온도는 특정 응용에 따라 설정된다. STI 공정이라면 고밀도의 막이 요구되고 기판 공정이기 때문에 고온의 열처리가 가능하지만, 게이트 상에서 수행되는 공정들이거나 희생막에 사용되는 경우와 같은 다른 응용에서는 저온의 열처리가 사용된다.
- <42> 14) 처리 시간: 30 분 내지 120 분, 바람직하게는 60 분 내지 90 분.
- <43> 열처리 시간이 SiH₄ 및 NH₃의 유량 비(막 형성의 중요 파라미터임)에 따라 달라지지만, 다른 것들 중 소자의 열적 경위(heat history)를 고려하여 적합한 온도가 결정될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 상기 열처리 온도는, 소자의 구조에 따라 그 온도가 달라지겠지만, 온도가 800 °C 내지 950 °C 범위인 경우, 약 1 시간 내지 1 시간 30 분이다.
- <44> 15) 인입되는 다른 가스들: 산화 공정이 수행되는 경우, O₂, O₃, CO₂ 또는 N₂O임. 상기 열처리 방법은 얻어질 최종 막의 종류에 따라 달라진다. 기본적으로, 상기 벌크 막은 산소기를 함유하지 않는 실라잔 막이며, 후속하는 산화성 열처리에 의해 Si-N이 Si-O로 변환되는 경우, 산화물 막이 형성될 것이다. 한편, 상기 막을 산화시키지 않고서 (위 6)에서 예시된 가스들 중 어느 하나와 같은) 비활성 가스를 사용하여 상기 실라잔 막이 열처리되면, 실리콘 질화물 막이 형성될 것이다.
- <45> 16) 인입되는 가스의 유량: 200 sccm 내지 2,000 sccm, 바람직하게는, 1000 내지 1500 sccm.
- <46> 17) 압력: 133 Pa 내지 800 Pa, 바람직하게는, 399 Pa 내지 733 Pa.
- <47> 아래 열거된 사항들은 본 발명의 일 실시예에서 얻어지는 일련의 막 특성에 관한 예이다. 이들 특성들은 조합되어 구현될 수 있으며, 본 발명이 이들 특성들로 제한되는 것이 아니다.
- <48> 18) 막의 수축 계수: 산화물 막이 형성된다면, 20 % 미만, 바람직하게는, 15 % 이하, 더욱 바람직하게는, 10 % 이하임. 열처리 동안, 질소기가 상기 막으로부터 제거되는 순간, 산소기가 상기 막에 인입되어 SiO 결합이 형성된다. 이것은 상기 막으로부터 제거된 물질을 감소시키기 때문에, 본 발명의 일 실시예에서는, 상기 막의 수축 계수가 작아지며, 더욱 구체적으로는, 상기 계수가 5 % 내지 10 %의 범위로 감소된다.
- <49> 19) 유전 상수: 3.85 내지 4.1, 바람직하게는, 3.9 내지 4임.
- <50> 20) 누설 전류: 2 MV에서, 2 이하의 -9 제곱 전력 수준, 바람직하게는, -10 제곱 수준, 더욱 바람직하게는 -10 제곱 수준임.
- <51> 21) RI: 1.45 내지 1.53, 바람직하게는, 1.46 내지 1.5임.
- <52> 22) 막 밀도: 2.0 g/cm³ 내지 2.3 g/cm³, 바람직하게는, 2.1 g/cm³ 내지 2.2 g/cm³
- <53> 23) 식각 속도(blanket): 30 nm/min 내지 90 nm/min, 바람직하게는, 30 nm/min 내지 50 nm/min 임. 브랭킷 식각 속도의 3배 이내, 브랭킷 식각 속도의 2배 이내임.
- <54> 본 발명의 일 실시예에서, 질소 첨가제 가스(N 공급 가스)의 유량에 대한 재료 (Si 공급 가스)의 유량의 비가

(3 이상, 4 이상 또는 10 미만과 같이) 2 이상인 막 형성 파라미터를 사용하여, 어닐링 후에, 30 nm 내지 100 nm의 배선 폭을 갖는 STI 구조의 불균일한 패턴 상에 2.1 g/cm³의 막 밀도를 갖는 치밀한 막이 형성될 수 있다는 것은 확실하다. 어닐링 이후에 수축 계수는 거의 0 이고, 실록산 반응 등을 사용하는 공정에서와 같이 상기 막이 20 % 내지 30 % 까지 수축되지 않으므로, 막의 파열 또는 기저로부터의 박리와 같은 문제점들은 발생하지 않는다. 본 발명의 다른 실시예에서, 바람직하게는, 상기 재료의 유량은 상기 질소 첨가제의 유량보다 더 커야 한다. 그러나, 일부 경우에는, 상기 질소 첨가제의 유량이 상기 재료의 유량보다 더 클 수 있으며, 이 경우, 상기 비는 1:10 내지 10:1의 범위 내로 조절될 수 있다.

<55> SiN_xH_y 벌크 막의 형성시 사용되는 파라미터들에 관하여, 본 발명의 일 실시예에서는, SiH₄ 및 NH₃의 유량이 가장 큰 영향을 줄 수 있으며, 반면에 Si 함유량도 상술한 바와 같이 상당한 관련성이 있다. 기본적으로, 고온에서의 열처리 결과로서 Si-N에서 Si-O로 변환되는 것이 발생하는 것이지만, 다른 산화물 막이 형성되는 것이 FT-IR 파형으로부터 확인되었다. 특히, SiH₄의 유량이 높은 경우, 상기 막의 Si 함유량은 높으며, 상기 막의 밀도는 증가되는 경향이 있다. 본 발명의 일 실시예에서, N 공급 가스에 대한 Si 공급 가스의 유량 비는 2:1 내지 5:1의 범위 내이다. 한편, NH₃의 유량이 더 큰 경우, 상기 막의 밀도는 낮아지고 상기 막이 고온에서 열처리 된 후라도 적은 양이기는 하지만 N이 여전히 잔존할 수 있다. 상술한 바에 따르면, 상술한 요인들을 고려함으로써 벌크 막의 형성시 요구되는 막의 특성을 충족시키는 것이 가능하다. 상기 FT-IR의 파형 및 RI 결과를 고려할 때, 실라잔 벌크 막의 형성시, SiH₄의 유량을 NH₃의 유량 보다 더 높게 설정하는 것이 바람직하다. 이와 같이 하는 가장 큰 당위성은 상기 Si-O 구조를 나타내는 피크들이 기존의 Si-O 막의 파형과 유사하기 때문이다. SiO의 조성은 또한 NH₃의 유량이 더 클 때에도 얻어진다.

<56> 실록산 반응이 단독으로 실행되는 경우, 어닐링 공정에서, 상기 막이 불균일한 패턴 상에 형성될 때 상기 막 내에 생성된 수분이 제거되어, 상기 막은 덜 치밀해지는 경향이 있다. 불균일한 패턴의 경우, 플라즈마 진동 이후 바로 형성된 약한 막은 표면장력에 의해 상기 막 내에 침입한다. 선풍이 감소되면, 선풍과 표면 장력 사이의 관계로 인하여 불균일한 패턴으로 침입하는 초기 막의 부분의 비율이 증가하고, 결과적으로 상기 막은 더욱 더 약해진다. 그러므로, 실록산을 사용하는 방법은 높은 막 수축 계수를 수반하며, 종종 막의 파열 및 박리와 같은 문제점들이 나타난다. 그러나, 이들 현상은 불균일한 패턴의 오목부들의 바닥부에 형성된 막에서만 발생하며, 돌출부의 상부나 매립된 막의 깊이의 1/2 이상의 영역에서는 치밀한 막이 형성된다. 그러나, 모든 사항을 고려할 때, 초기 막의 조건을 고려하는 한, 매립된 막을 형성하는 데에 있어서, 실록산 반응은 적합하지 않다.

<57> 예를 들면, 실라잔 및 실록산막의 적층 구조를 채택한다면, 막이 매립되는 STI 구조의 깊이에 따라 소정의 비가 달라지지만, 2 대 8(실라잔 층) 내지 1 대 4(실록산 층)의 막 두께가 제공된다(예를 들면, 미국공개특허 제 2006-0228866호, 미국특허 제6,403,486호 및 미국특허 제6,835,664호를 참조할 수 있으며, 이들은 본 명세서에 참조로서 그 전체가 포함된다). 본 발명의 일 실시예에서는, 예를 들면, 동일 양수인의 소유인 미국특허 제 6,455,445호, 제6,818,570호 및 제6,740,602호, 미국특허출원 제11/465,571호 등(이들의 개시 사항은 본 명세서에 참조로서 그 전체가 포함된다)에 개시된 방법 중 어느 하나를 사용하여, 실록산 층을 형성할 수 있다.

<58> 전술한 내용에 기초하여, 막이 형성될 때 H₂O가 생성되지 않는 것은 필수적이다. 본 발명의 일 실시예에서, 막이 형성될 때, H₂O가 생성되는 것을 방지하기 위하여 SiH₄ 및 NH₃를 사용하여 SiN_xH_y이 형성된다. 본 발명의 일 실시예에서, SiN_xH_y 그 자체는 유동성을 갖지 않으므로, SiN_xH_y를 분해하여 막의 형성 공정 이전에, 그 이후에 또는 그 동안에 유동성을 부여하기 위하여 C_xH_y 가스가 첨가될 수 있다. 또한, 액상층이 형성될 때 수분의 외주변 주위로 증착이 이뤄지는 것을 방지하기 위하여, 동일 양수인의 소유인 미국특허출원 제11/227,525호 및 제 11/228,152호에 개시된 방법 중 어느 하나와 유사한 방법을 사용하여, 증착 방지 마스크(anti-deposition mask)로 상기 수분의 외주변을 보호할 수도 있다.

<59> 실라잔을 형성한 이후에 유동성을 부여하는 것이 필수적이며 중요하다면, 예를 들면, 하기에 개시된 방법 중 어느 하나에 의해 이러한 유동성은 확보될 수 있다.

<60> 1) 실라잔을 형성하기 이전에 C_xH_y를 사용하여 액상 층을 형성한다. 이후, 실라잔을 분해하기 위하여 상기 액상 층의 상부 상에 실라잔 층을 형성한다. 본 발명의 일 실시예에서, 표준 조건은 500 nm의 실라잔 벌크 막을 기준으로 상기 실리콘 기판 상에 약 100 nm의 C_xH_y 액상 층이 증착되는 것이다.

<61> 2) 막이 형성되는 동안 실라잔을 분해하기 위하여 실라잔이 형성될 때 첨가제로서 C_xH_y가스를 첨가한다. 상기

CxHy 가스의 유량은 약 10 내지 1,000 sccm, 바람직하게는, 100 내지 300 sccm이다. 본 발명의 일 실시예에서, 비활성 가스(상기 실라잔 막이 형성될 때 사용되는 가스와 동일함)가 약 100 sccm 내지 2,000 sccm, 바람직하게는, 약 200 내지 1,000 sccm까지 공급된다. 다른 조건들은 상기 실라잔 막을 형성하기 위한 조건에 따라 적합한 것으로 여겨지는 바에 따라 설정될 수 있다.

<62> 3) 실라잔이 형성된 이후에 상기 형성된 실라잔을 분해하기 위하여, CxHy를 첨가한다. 본 발명의 일 실시예에서, 상기 유량은 위 2)에 언급된 범위를 따른다. CxHy 가스의 일부가 분해될 수 있지만, 상기 가스의 대부분은 촉매로서 기능하며, 이로 인하여 최종적으로 열처리시 배출된다.

<63> 상기 CxHy 가스는 hexan(hexane), mesitylene, xylene 등일 수 있다. 이들 가스들 중 어느 것이 사용되는지에 무관하게, 상기 CxHy 가스는 상기 막이 형성된 이후 바로, 상기 막 내에 탄소로서 여전히 잔존할 수 있다. 그러나, 상기 막 내의 탄소는 상기 막이 고온에서 후속하여 열처리될 때 배출된다. 서셉터의 온도가 -10 °C 내지 0 °C의 범위로 감소되는 경우에도 충분한 실라잔의 유동성을 확보하는 것이 어렵기 때문에, CxHy를 사용하여 실라잔을 분해하는 것은 효과적이다. 이 방법에 따르면, 50 nm 이하의 홀들과 STI 구조들 내에 우수한 매립 특성을 제공하는 막을 얻을 수 있음이 확인되었다. 막이 약 50 nm의 폭 내에 매립될 수 있는 PMD 구조의 경우에도 동일하게 설명된다. 본 발명의 일 실시예에서, 상기 막 내의 CxHy 솔벤트와 Si-N을 Si-O로 치환하기 위하여, 상기 막이 분해된 이후에 열처리가 수행될 필요가 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 예를 들면, 상기 CxHy 솔벤트를 제거하고 수분의 흡착을 억제하기 위하여, 200 °C 내지 400 °C의 서셉터 온도에서 열처리가 수행된다. 그러므로, 완전한 SiO₂ 막을 얻기 위하여 800 °C 내지 950 °C에서 또 한번의 열처리가 수행된다.

<64> NH₃ 또는 N₂와 함께 SixHy를 사용하는 실라잔 벌크 막의 형성 방법과 함께, SiaNbCdHe(여기서, a, b, c 및 d는 임의의 정수임)의 액상 재료를 CxHy 및 CxHyOz에 결합시킴으로써 유동성을 부여할 수도 있다. 또 다른 방법으로서, SiaNbCdHe(여기서, a, b, c 및 d는 임의의 정수임)를 사용하여 실라잔 막을 형성하고, 이후, 상기 막을 매립하기 이전에 CxHy 및 CxHyOz로 유동성을 부여할 수도 있다. 이 경우, 열처리 이후에 순수 산화물 막이 얻어질 수 있다.

<65> 대기 중에서 열처리된 이후의 막의 조성이 어떻게 변하는지를 조사하기 위해 FT-IR을 사용하면, 상기 막 내에 질소기가 잔존하고 상기 막이 완전한 산화물 막이 아님을 알 수 있다. 질소 가스를 사용하여 열처리를 수행하면, 실리콘 질화물 막이 형성된다. 산화물 막을 얻기 위하여, 어닐링 동안 산화제 가스를 인입시킬 필요가 있으며, 산소 등을 인입시키면서 동일한 온도에서 열처리를 수행하면 실제 우수한 산화물 막 조성을 나타내는 FT-IR 피크들이 얻어질 수 있다. 또한, 172 내지 260 nm의 파장을 갖는 UV 광을 사용하여 O₂ 경화를 하면, Si-N이 Si-O로 변하는 것이 확인되었다. FT-IR 피크에 기초하여, 피크 강도 및 파장은 동일한 SiO 막이 형성될 때에도 변한다. 이것은 실라잔 벌크 막의 형성을 위해 사용되는 조건들의 차이에서 비롯된다. 본 발명의 일 실시예에서, Si-H 결합들은 상기 막 내에 현존하며, 이로 인하여 열처리 후에 얻어진 FT-IR 곡선은 감소되거나 불완전한 레벨의 피크 강도를 나타낸다. 상기 사항에 기초하면, 본 발명의 일 실시예에서, Si-H는 UV 경화 동안 발생하는 산화 과정에 의해 Si-O로 치환된다고 볼 수 있다. Si-H의 생성은 SiH₄의 유량과 관련된다.

<66> 실라잔을 분해하기 위해 사용되는 CxHy 탄화수소 가스는 상기 동일한 열처리 공정 동안 상기 막으로부터 제거된다. 이러한 사항은 상기 열처리 이전과 그 이후에 약 10 % 인 막 수축 계수의 감소를 설명하며, 이는, Si-O 구조에 기초하는 종래의 재료에서 얻어지는 20 내지 30 %와 비교시 상당한 개선이다. 이러한 개선된 막의 수축 계수는 유일한 배출 가스 성분으로서의 CxHy 솔벤트의 존재와 Si-N이 Si-O로 치환되는 것으로부터 설명된다.

<67> 또한, 본 발명의 일 실시예에서, 얻어진 실라잔 막은 초벌 막으로 사용될 수 있다. 0 °C에서 통상의 공정에 의해 초벌 막이 형성되는 경우, 서셉터를 구성하는 하부 전극 상에는 막 대신에 액상 층이 형성되어, 유용한 초벌 막을 형성하는 것은 매우 어려워진다. 본 발명의 일 실시예에서, 얻어진 실라잔 막은 액상 층이 아니라 벌크 막이어서, 반응기 내부의 상부 및 하부 전극에서 발생하는 금속 오염으로부터 상기 전극들을 보호할 수 있는 초벌 막으로서 기능한다. 또한, 형성된 초벌 막은 상기 막이 형성된 후에 상기 반응기의 플라즈마 세정에 의해 식각되어 제거될 수 있다. 실라잔 초벌 막은 서셉터가 가열되는 공정에 의해 형성되는 막에서 나타나는 정도와 동일한 수준의 강도와 안정성을 가지며, 이로 인하여, 실제로 실라잔 초벌 막을 사용시 문제가 발생하지 않을 것으로 기대된다. 또한, 이러한 실라잔 초벌막은 모든 종류의 저온 막 형성 챔버를 위한 초벌막으로서 사용될 수도 있는 중대한 이점을 제공한다.

<68> 주목할 만한 것으로서, 본 발명의 일 실시예에서, 초벌 막을 형성하기 위한 조건은 기판 상에 막을 형성하기 위

해 사용되는 조건들과 유사하다. 이러한 실시예의 일 특징은 막 형성 공정 동안 저온으로 서셉터가 제어되는 경우에도 상기 서셉터 상에 액상 층이 아닌 벌크 층이 형성되어, 유동성이 없고 우수한 기계적 강도를 갖는 막이 형성될 수 있다는 것이다. 이러한 의미에서, 저온으로 제어되는 상기 서셉터 상에 초벌 막이 증착된 이후에는 상기 서셉터 표면을 가열하는 것이 필요하지 않다. 본 발명의 일 실시예에서, 상기 막이 형성된 후에 수행되는 CxHy 처리에 의해 또는 상기 막 형성 공정(위 2) 및 3)에서 언급한 실시예) 동안 CxHy를 첨가함으로써, 실라잔 막에 유동성이 부여된다.

<69> 또한, 실라잔 막이 STI 및 PMD 공정(예를 들면, 미국공개특허 제2005-129932호를 참조)에 적용될 수 있지만, 이들 공정은 기관 공정의 일환이기 때문에, 상당한 금속 오염을 겪을 수 있다. 또한, 상기 금속 오염 기준은 패턴이 미세화될수록 강화되고 있다. 이들 관점으로부터, 실라잔계 초벌 막을 동시에 사용하는 것은 상당한 이점을 제공한다. 금속 오염을 방지하는 다른 방법은 플라즈마 방전의 필수 구성 요소인 상부 및 하부 전극을 비금속 재료로 구성하는 것이다. 그러나, 일부 조건에서 AlN으로부터 Al이 검출되므로, 이 경우, 초벌 막을 동시에 사용함으로써, 실리콘 기관의 저면에 파티클이 부착되는 것과 함께 금속 오염을 억제할 수 있다. 또한, 기본적으로 탄소 함량이 증가할수록, 상기 반응기를 세정하는 것은 더욱 어려워진다. CxFy, NF3 및 CVD에서 통상 사용되는 다른 재료들은 주로 실리콘을 제거할 목적으로 첨가되며, 이로 인하여 이들은 탄소를 제거하는 데에는 효용성이 없다. 일반적으로, 산소는 탄소막을 제거하기 위하여 사용된다. 그러나, 실제, Si와 탄소를 모두 제거하는 데에는 시간이 걸린다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 반응기의 내벽 상에 초벌 막이 형성될 수 있으며, 상기 초벌 막의 상부 상에 탄소가 퇴적될 수 있으며, 그 결과, 상기 초벌 막이 식각에 의해 제거되면, 상기 초벌 막의 상부 상에 퇴적된 탄소막도 제거된다. 이 방법은 탄소 세정의 효율을 증가시킨다. 더욱 상세히 설명하면, 탄소가 반응기의 내벽 상에 바로 퇴적되는 것을 방지하기 위하여, 실라잔 벌크 막을 분해하는데 사용되는 CxHy 가스를 인입시켜 초벌 막을 형성하는 것이 가능하다. 이 경우, 반응기의 내벽을 피복하는 상기 초벌 막은 플라즈마 세정에 의해 쉽게 제거될 수 있다.

<70> 본 발명의 일 실시예에서, 유동성을 갖는 절연 물질(CxHy 가스에 의한 무기 실라잔계 막)은 표면 장력에 의해 불규칙한 패턴들을 매립하게 된다. 절연 물질이 불규칙한 패턴을 매립하도록 하기 위해서는, 기관 표면 상에 막을 형성한다. 이 때, 블랭킷 상에 형성된 막은 불규칙한 패턴 내에 형성된 막과 다른 품질을 가진다. 일 실시예에서, 불규칙한 패턴 내에 형성된 막의 성막 속도는 블랭킷 막의 성막 속도의 약 2 배 내지 4 배이다. 이러한 이유에서, 불규칙한 패턴 내에 형성된 막은 덜 치밀해지는 경향이 있으며, 가열된 후에, 상기 막의 덜 치밀한 영역 부근에는 "기공(pores)"이라 지칭되는 홀들이 형성된다. 일 실시예에서, 성막 속도는 막 밀도와 상당한 관련성이 있으며, 블랭킷 막의 성막 속도를 100 nm 이하로 제어하는 것은 불규칙한 패턴 내의 산화물 막이 덜 치밀하게 형성되는 것을 방지한다.

<71> 일 실시예에 따르면, 전술한 방법에 있어서, 불규칙한 표면의 오목부는 홀들 또는 홈들을 가질 수 있으며, 상기 증착 단계는 상기 불규칙한 표면 상에서 수행되어, 절연막이 상기 홀들 또는 홈들을 매립한다. 상기 불규칙한 표면은, 일 실시예에서, SiN, SiO, 폴리-Si, Cu 또는 Si 장벽 금속, 또는, 다른 실시예에서는, 알루미늄, 텅스텐 또는 텅스텐 실리콘으로 이루어진 3차원 구조를 가질 수 있다. 일 실시예에 따르면, 전술한 방법 중 어느 하나에서, 오목부를 갖는 불규칙한 표면은 배선을 위해 패터닝된 표면일 수 있다. 또한, 일 실시예에서, 상기 기관의 상기 불규칙한 표면의 상기 오목부는 약 1/3 내지 약 1/10의 종횡비를 가질 수 있다. 1/3 내지 1/10의 높은 종횡비(예를 들면, Si 기관 내에 형성된 STI 구조) 또는 100 nm 이하의 배선 피치(예를 들면, Al/low-k 구조를 위한 45 nm 내지 100 nm)의 경우, CxHy 가스로 형성된 무기 실라잔계 막은 보이드를 생성하지 않으면서 상기 홀들 또는 홈들에 매립될 수 있다.

<72> 일 실시예에서, 산화물 막이 형성되면, 후속하여 막이 형성되거나 처리되는 공정이 수행된다. 이들 공정은 세척 공정(washing) 등을 포함하기 때문에, 습식 식각에 대한 내성은 중요하다. 이러한 관점으로부터, 일 실시예에서, 상기 전구체는 습식 식각 속도를 개선하기 위하여 소정의 특성을 가진다. 측정 결과에 따르면, 일 실시예에서, 상기 무기 실라잔계 막으로부터 유도된 산화물 막은 35 nm/min 내지 55 nm/min의 습식 식각 속도를 나타내며, 이는 열산화물 막의 경우인 40 nm/min의 습식 식각 속도에 상당한다. 습식 식각 속도는 표면 활성화제를 함유하는 버퍼 불화수소산(buffered hydrofluoric acid)인 스텔라 케미파사(Stella Chemifa)의 LAL500을 사용하여 측정될 수 있다.

<73> 본 발명의 일 실시예에서, 절연막은, 로우-k 막 상에 또는 Cu 층 상에, 또는 장벽 막과 같이 다마신 공정의 비아 및/또는 트렌치의 표면 상에, 또는 건식 식각에 의해 처리될 수 있는 Al, 텅스텐 또는 텅스텐 실리콘 (또는 다른 배선 재료들)로 이루어진 3 차원 구조 상에, 형성될 수 있다. 동일한 설비를 사용하여, 상기 절연막 및 상기 로우-k 막이 연속적으로 형성될 수 있는 경우에는, 파티클 오염 분체가 해소되고 생산성이 향상될 수

있다.

- <74> 상기 기관은 절연막이 매립될 오목부로 이루어진 배선을 위한 패터닝된 표면으로서, 불규칙한 표면을 가질 수 있다. 상기 기관은 상부에 상기 절연막이 형성될 노출된 Cu 층을 가질 수 있다.
- <75> 전술한 모든 실시예들 및 실시 태양 모두에서, 하나의 실시예 및 실시 태양에서 사용된 임의의 부재는, 실현 불가능하거나 역효과를 일으키지 않는 한, 다른 실시예 또는 실시 태양에서 치환되어 또는 부가적으로 사용될 수 있다.
- <76> 또 다른 실시 태양들, 특징들 및 이점들은 이하의 바람직한 실시예에 관한 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 이들 바람직한 실시예들은 본 발명을 제한하는 것이 아니다.
- <77> 도 1은 본 발명의 실시예에서 사용할 수 있는 플라즈마 CVD 장치를 나타내는 도면이다. 상기 플라즈마 CVD 장치는 반응 챔버(1), 가스 인렛 포트(6) 및 서셉터(3; 하부 전극으로 기능함)를 포함하며, 상기 서셉터에는 온도를 조절하기 위해 냉각제 또는 열매체가 유입되는 코일일 수 있는 매립형 온도 제어기가 제공된다. 샤워 헤드(2, 상부 전극으로 기능함)는 가스 인렛 포트(6)의 바로 아래에 배치될 수 있다. 샤워 헤드(2)는 그 저면에 다수의 미세한 개구들을 가지며, 이로부터 반도체 기관(5)으로 반응 가스를 주입할 수 있다. 반응 챔버(1)의 저부에는 배기 포트(8)가 있다. 배기 포트(8)는 외부 진공 펌프(미도시)와 연통되어, 반응 챔버(1)의 내부가 진공화될 수 있다. 서셉터(3)는 샤워 헤드(2)와 평행하게 대면하도록 배치된다. 서셉터(3)는 그 상부에 반도체 기관(5)을 지지하고 온도 제어기로 이를 가열하거나 냉각시킨다. 가스 인렛 포트(6)는 반응 챔버(1)로부터 절연되고, 외부 고주파수 전원(4)에 접속된다. 선택적으로는, 서셉터(3)가 전원(4)에 접속될 수 있다. 따라서, 샤워헤드(2) 및 서셉터(3)는 고주파수 전극으로서 기능하고 반도체 기관(5)의 표면 근방에서 플라즈마 반응 영역을 생성한다.
- <78> 가스 인렛 포트(6)의 상부 흐름에서 가스들이 혼합되어, 공정 가스를 구성하거나, 이들 가스 중 각각이 또는 일부가 분리되어 샤워 헤드(2) 내부로 인입될 수 있다. 미리 진공화된 반응 챔버(1)의 내부에 모두 배치되는 샤워헤드(2)와 반도체 기관(5) 사이의 공간은, 단일 주파수 또는 혼합된 주파수들(예를 들면, 13.56 MHz 내지 60 MHz)를 갖는 RF 전력으로 충전되고, 상기 공간은 플라즈마 영역으로 기능한다. 서셉터(3)는 온도 제어기로 반도체 기관(5)을 지속적으로 가열 또는 냉각시키고, 기관(5)을 소정의 온도, 바람직하게는 -50 °C 내지 50 °C로 유지한다. 샤워헤드(2)의 미세 개구들을 통하여 공급되는 공정 가스는 소정 시간 동안 반도체 기관(5)의 표면 근방에 있는 플라즈마 영역에 잔류된다.
- <79> 절연막이 기관 상에 증착되면, 상기 반응 챔버 내에 상기 기관을 유지시키면서, 반응 챔버 내부의 가스는 배기 포트(8)를 통하여 배출되고 환원성 가스 또는 환원성 가스와 비활성 가스의 혼합 가스로 대체된다.
- <80> 서셉터(3)의 온도는 히터(미도시) 및 도 3에 도시된 냉각용 도관(23)에 의해 제어될 수 있다. 이 냉각용 서셉터는 세라믹으로 제조되고, 물과 같은 냉매가 순환될 수 있도록, RF용 금속 플레이트(22)의 하부 및 사프트부에 냉각용 도관(23)이 제공된다. 상기 온도는 상기 금속 플레이트(22)의 하부에 제공되는 열 커플러(thermal coupler; 25)에 의해 측정된다. 금속 플레이트(22)는 물 상승핀(water lift pins)용 홀들(24)을 가지며, 금속 플레이트(22) 상에는 물 지지부(water supporting portion)가 형성된다.
- <81> 일 실시예에서는, 후속하여, 상기 반응기로부터 꺼내어진 반도체 기관에 대하여, 도 2에 도시된 UV 경화 장치를 사용하여, 경화 공정이 수행된다. 상기 UV 경화 장치는 공정 챔버(11), UV 램프(12), 서셉터(13), 배기 포트(14) 및 가스 인렛 포트(15)를 포함한다. 상기 UV 램프 및 서셉터(13)는 평행하게 배치되고, 이들 내부에 각각 매립된 히터에 의해 가열된다. 서셉터(13) 상에 피처리체인 반도체 기관(16)이 적치되고, 가열되며, 유지된다. 172-250 nm에서 선택된 파장 범위를 갖는 UV 램프로부터 투사되어, 광은 반도체 기관(16)을 향하여 조사된다. 반도체 기관(16)이 조사될 때, (막의 유형에 따라) He, H₂, N₂, O₂, CO₂ 등과 같은 가스들이 가스 인렛 포트(15)를 통하여 인입된다. 낮은 유전상수를 갖는 구조로부터 H, O, C 등이 제거되면서 막 내에 기공들이 일단 형성되면, 불안정한 결합은 더 이상 존재하지 않으며, 이로 인하여 낮은 유전 상수와 높은 내압을 갖는 막이 얻어질 수 있다.
- <82> UV 경화 장치로서, 동일 양수인의 미국 특허 출원 제11/040,863호에 개시된 장치가 사용될 수 있으며, 상기 출원의 개시 사항은 본 명세서에 참조에 의해 그 전체가 포함되어 있다.
- <83> 상기 열처리 단계는, 상기 UV 경화 대신에 열적 어닐링에 의해 수행될 수 있다. 도 4는 열적 어닐링 장치를 개략적으로 도시한다. 챔버(35)에 석영 보트(quartz boat; 33)가 제공된다. 석영 보트(33)의 내부에 기관(34)이

배치된다. 석영 보트(33)의 내부 온도는 히터(32)에 의해 제어되고, 가스들이 가스 인렛 포트(31)를 통하여 내부로 인입될 수 있다.

<84> 본 발명의 일 실시예에서, SiH₄ 또는 Si₂H₆와 같은 재료와 NH₃ 또는 N₂와 같은 질소 첨가제는, -50 °C 내지 50 °C 의 온도로 냉각된 서셉터 상에 유지되는 실리콘 기판 상에서, 플라즈마에 의한 분해 반응을 격게 된다. 이 때, 상기 막은 Si, N 및 H 만으로 구성된다. 이후, 산화성 가스 분위기에서 어닐링이 수행된다. 열적 효과를 고려하면, 열처리 온도가 낮은 경우, UV 경화를 사용하는 방법이 선택된다. 열처리 온도가 450 °C를 초과할 수 있다면, 열적 어닐링(hot annealing)이 바람직하다. 특히, 기판 가까이에서 공정이 수행되는 경우에는, 700 °C 근방의 열이 요구되는 후처리 단계가 수행된다. 이점에 있어서, 적합한 어닐링 온도는 요구되는 내열성 등을 고려하여 선택될 필요가 있다.

<85> 조건들 및/또는 구조들이 특정되지는 아니한 본 개시 사항에 있어서, 당업자라면, 반복된 실험의 결과로서, 본 개시 사항의 견지에서, 이러한 조건들 및/또는 구조들을 용이하게 제공할 수 있다. 또한, 동일 양수인의 미국 특허출원 제11/465,751호에 개시된 조건들 및/또는 구조들이 본 명세서의 실시예에서 이용될 수 있다.

<86> 실험예

<87> 아래와 같이 실험이 수행되었다. 아래의 표에 결과를 기재하였다. 이들 실험에서는, 실험용 장치로서, 도 1 및 도 3에 도시된 플라즈마 CVD 장치가 사용되었다.

<88> 기판의 직경은 200 mm이다. 각 절연막의 두께는 500 nm로 설정되었다.

<89> 60 nm의 폭과 600 nm의 깊이를 갖는 홈을 포함하는 Si 웨이퍼 상에 형성된 SiN 막의 불규칙한 표면 상에 절연막이 형성되어 이에 매립된다. 도 2에 도시된 UV 조사 장치에서 또는 진공 압력 내지 대기압에서 어닐링을 수행할 수 있는 석영 보트를 구비한 석영 튜브로 이루어진 도 4에 도시된 퍼니스 챔버에서, 어닐링이 수행되었다.

<90> 막 형성

<91> 종래 방법

<92> 아래 표 1에 도시된 조건 하에서, 로우-k 막(실로잔 막)이 기판 상에 형성되었다.

<93> 표 1: 종래의 형성 방법

<94>

종래의 형성 방법	
트리에톡시실란(Triethoxysilane)	10 (sccm)
헥산(hexane)	150 (sccm)
O ₂	500 (sccm)
He	630 (sccm)
압력	266 (Pa)
RF(13.56 MHz) 전력	100 (W)
서셉터 온도	0 (°C)
전극간 거리	24 (mm)
시간	70 (초)

<95> 제 1 내지 제 4 실험예

<96> 각 실험예에서, 아래 표 2 에 도시된 조건에 따라 기판 상에 먼저 무기 실라잔 벌크 막이 형성되고, 이후, 표 3 에 도시된 조건에 따라 CxHy 가스로 상기 벌크 막이 처리되었다.

<97>

<98> 표 2: 실라잔 벌크 형성

<99>

	제 1 실험예	제 2 실험예	제 3 실험예	제 4 실험예
SiH ₄	10 (sccm)	100 (sccm)	50 (sccm)	100 (sccm)
NH ₃	50 (sccm)	25 (sccm)	50 (sccm)	25 (sccm)
Ar	1000 (sccm)	1000 (sccm)	1000 (sccm)	1000 (sccm)

압력	266 (sccm)	266 (sccm)	266 (sccm)	266 (sccm)
RF(13.56 MHz) 전력	100 (W)	100 (W)	100 (W)	100 (W)
서셉터 온도	0 (°C)	0 (°C)	0 (°C)	0 (°C)
전극간 거리	24 (mm)	24 (mm)	24 (mm)	24 (mm)
시간	60 (초)	75 (초)	64 (초)	75 (초)

표 3: CxHy 처리

	제 1 실험예	제 2 실험예	제 3 실험예	제 4 실험예
hexan	150 (sccm)	150 (sccm)	150 (sccm)	150 (sccm)
Ar	630 (sccm)	630 (sccm)	630 (sccm)	630 (sccm)
압력	266 (sccm)	266 (sccm)	266 (sccm)	1000 (sccm)
RF(13.56 MHz) 전력	200 (W)	200 (W)	200 (W)	200 (W)
서셉터 온도	0 (°C)	0 (°C)	0 (°C)	0 (°C)
전극간 거리	24 (mm)	24 (mm)	24 (mm)	24 (mm)
시간	95 (초)	95 (초)	95 (초)	25 (초)

제 5 내지 제 8 실험예

각 실험예에서는, 아래 표 4에 나타낸 조건들에 따라 CxHy 가스로 상기 기관 상에 무기 실라잔 벌크 막을 형성 하였다.

표 4: SiH4+NH3+CxHy에 의한 액상 층의 형성

	제 1 실험예	제 2 실험예	제 3 실험예	제 4 실험예
SiH4	10 (sccm)	100 (sccm)	50 (sccm)	100 (sccm)
NH3	50 (sccm)	25 (sccm)	50 (sccm)	25 (sccm)
CxHy	hexan 200 (sccm)	hexan 200 (sccm)	hexan 200 (sccm)	메시트리엔(Mesitylene) 150 (sccm)
Ar	1000 (sccm)	1000 (sccm)	1000 (sccm)	1000 (sccm)
압력	266 (sccm)	266 (sccm)	266 (sccm)	266 (sccm)
RF(13.56 MHz) 전력	100 (W)	100 (W)	100 (W)	100 (W)
서셉터 온도	0 (°C)	0 (°C)	0 (°C)	0 (°C)
전극간 거리	24 (mm)	24 (mm)	24 (mm)	24 (mm)
시간	55 (초)	71 (초)	58 (초)	49 (초)

열처리(후처리; Post film formation)

기관 상에 형성된 각 막에 대하여, 아래 표 5에 도시된 조건에 따라 열처리를 수행하였다.

표 5: 후처리

	경화 유형	기관 온도 (°C)	지속 시간 (분)	인입 가스	가스 유량 (sccm)	압력 (Pa)
비교	열적 어닐링	800	60	N2	1000	대기
예 1	"	"	"	O2	1000	"
예 2	"	"	"	"	"	"
예 3	"	"	"	"	"	"
예 4	UV 경화	400	30	"	"	1000
예 5	열적 어닐링	800	60	"	"	대기
예 6	"	"	"	"	"	"
예 7	"	"	"	"	"	"
예 8	"	"	"	"	"	"

<110> **막의 특성**

<111> 이와 같이 얻어진 각 막들을 평가하였으며, 그 결과는 아래 표 6에 나타내었다. 실온에서, 회석되지 않은 LAL500 (일본 Stella-Chemifa에 의해 제조됨) 용액을 사용하여 습식 식각 속도를 측정하였다. 전반사 X레이 형광(toatal reflection X-ray fluorescence; XRR)을 사용하여 매립된 막 내에 있는 보이드의 존재를 확인하였다.

<112> 표 6: 막의 특성

예	두께 (nm)	유전상수	누설전류	RI	응력	막 밀도	블랭킷/패턴	막 수축	보이드
비교	500	3.93	3.5E-10	1.45	-5	1.9	40/200	28	관찰됨
1	"	3.92	1.0E-10	1.44	-10	2.0	50/75	15	없음
2	"	3.95	1.5E-10	1.51	0	2.15	39/63	8	"
3	"	3.85	8.9E-10	1.47	-20	2.1	41/69	10	"
4	"	3.88	9.6E-10	1.5	0	2.2	46/73	7	"
5	"	3.92	8.7E-10	1.44	10	2.05	50/95	14	"
6	"	3.95	7.0E-10	1.52	15	2.19	43/75	7	"
7	"	3.91	7.2E-10	1.47	10	2.17	45/80	11	"
8	"	3.95	6.9E-10	1.52	18	2.2	40/69	5	"

<114> 표 6에 도시된 바와 같이, 상기 무기 실라잔계 막으로부터 유도된 모든 산화물 막은 우수한 매립 또는 패딩 특성, 우수한 막 밀도 및 (특히 N 공급 가스보다 Si 공급 가스의 유량이 더 큰 경우, 즉, 제 2 내지 제 4 실험예 및 제 6 내지 제 8 실험예의 경우) 우수한 비수축(anti-shrinkage) 특성(제1 내지 제 8 실험예)을 나타낸다. 또한, CxHy를 사용하는 2 가지의 방법(제1 내지 제 4 및 제 5 내지 제 8 실험예들)은 상기 막 내의 보이드를 제거하기 위해 실라잔 막들의 유동성을 감소시킨다.

<115> 제 9 내지 제 11 실험예들

<116> 제 9 실험예 내지 제 11 실험예에서는, 제 1 실험예 내지 제 3 실험예와 동일한 방법으로 실라잔 벌크 막이 형성되었으며, (산화성 가스를 인입하지 아니하는) 통상의 분위기에서, 얻어진 막을 800 °C로 열처리하여, FT-IR을 사용하여 상기 열처리 이후에 상기 막의 조성이 어떻게 바뀌는지를 관찰하였다. 그 결과를 도 5에 도시하였다. 결과를 참조하면, 통상의 분위기에서 열처리가 수행된 이후에도 상기 막 내에는 여전히 질소가 잔존하였으며, 이로 인하여, 얻어진 상기 막은 완전한 산화물 막이 아니었다. N 공급 가스가 풍부하다면(제 9 실시예), Si-N 결합들은 잔존하지만, Si-O 결합도 많이 생성되어, 막의 조성은 산화물 막의 조성에 가까워졌다. 이것은 통상의 분위기에서 열처리가 수행되는 경우 N 공급 가스가 풍부한 분위기가 바람직함을 시사한다.

<117> 도 6은 제 1 및 제 2 실시예에 의해 얻어진 산화물 막의 조성을 나타내는 FT-IR 도이다. 산화물 막을 얻기 위해서, 어닐링 동안 산화성 가스가 인입될 필요가 있다. 따라서, 1 SLM의 산소가 인입되고 제 9 내지 제 11 실시예에서 이용된 온도와 동일한 온도에서 열처리가 수행되는 제 1 및 제 2 실시예에서는, FT-IR 피크로 나타낸 바와 같이 바람직한 산화물 막이 형성된다. 또한, 172 내지 260 nm 파장의 UV 광을 사용하여 O₂ 경화를 수행하면, Si-N이 Si-O로 변환될 수 있다는 것을 확인하였다. 주목할 만한 것으로서, 동일한 SiO 막이 형성된 경우에도 피크 강도와 파장은 변한다. 이것은 실라잔 벌크 막을 형성하는 데에 서로 다른 조건이 적용되었기 때문이다.

<118> 본 발명은 전술한 실시예와 이하의 사항을 포함하는 다양한 다른 실시예들을 포함한다.

<119> 1) 본 발명의 일 실시예에 따른 절연막의 형성 방법은 서셉터의 온도를 -50 °C 내지 50 °C의 범위로 조절하고, SixHy를 NH₃ 또는 N₂에 결합하여 실라잔을 형성하는 단계를 포함한다. 선택적으로는, SizNbCdHe(여기서, a, b, d 및 e 는 임의의 정수임)의 액상 재료를 사용하여 실라잔 막을 형성한다. 예를 들면, 이 액상 재료는 1,1,3,3 테트라메틸디실라잔 (tetramethyldisilazane), 헥사메틸사이클로트리실라잔 (hexamethylcyclotrisilazane), 옥타메틸사이클로테트라실라잔 (octamethylcyclotetrasilazane) 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

<120> 2) 위 1)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 막 내의 질소기를 산소기로 대체하여 치밀한 산화물막을 형성하기

위해, 후속하는 UV 경화 또는 열적 어닐링 공정에 O_2 , CO_2 등이 인입된다.

- <121> 3) 위 2)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 형성된 막에 대해 수행되는 어닐링의 종류는 열적 경위(heat history)를 고려하여 선택될 수 있다.
- <122> 4) 위 1)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 막 형성 공정 동안에, 그 이전에 또는 그 이후에, 적어도 $CaH\beta O\gamma$ (상기 α 및 β 는 1 이상의 자연수이며, 상기 γ 는 0을 포함하는 임의의 자연수임)를 포함하는 첨가제 가스가 인입된다.
- <123> 5) 위 1)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 위 2)에 기재된 것과 달리, 실리콘 질화물 막이 상기 열처리 이후에 형성되는 경우라면, 산화제 가스가 인입되지 않을 수도 있다.
- <124> 6) 위 1) 내지 5) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 비친수성으로부터 친수성으로 기저 막의 표면 조건을 변화시키기 위해 상기 막 형성 공정 전에 열처리가 수행될 수 있다.
- <125> 7) 위 1)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 산화물 박막을 형성하기 위해 상기 막 형성 공정 이후에 산화성 가스 분위기에서 UV 경화 또는 열적 어닐링 공정이 수행될 수 있다.
- <126> 8) 위 7)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 열처리 이후에 수행되는 어닐링의 종류는 열적 경위를 고려하여 선택되어, 특히 상기 열처리의 온도가 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 이하인 경우 UV 경화 공정이 수행되며 상기 열처리 공정이 $450\text{ }^\circ\text{C}$ 이상이라면 열적 어닐링이 수행될 수 있다.
- <127> 9) 위 7) 또는 8)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 증착된 실라잔을 산화시키기 위하여, 상기 산소 원자를 함유하는 가스가 인입될 수 있다
- <128> 10) 위 1) 내지 9) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 우수한 매립 특성을 갖는 실라잔 막은, 재료 가스로서 SiH_4 , Si_2H_6 또는 다른 Si_xH_y 가스를 사용하고, 또한, 첨가제 가스로서 NH_3 , N_2 또는 다른 질소 첨가제를 단독으로 또는 조합하여 사용하고, 또한, 비활성 가스로서 He, Ar 또는 다른 비활성 원소를 첨가함으로써, 형성된다. 액상 층을 형성하여 응력 조절이 가능해지는 경우에는, 응력 조절이 요구된다면, 산소 함량을 증가시키기 위해 H_2 가 첨가될 수 있다.
- <129> 11) 위 1) 내지 10) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 재료의 유량은 1 내지 350 sccm의 범위 내이다.
- <130> 12) 위 1) 내지 11) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 질소 첨가제의 유량은 10 내지 700 sccm의 범위 내이며, 상기 재료의 2 배 이상일 수 있다.
- <131> 13) 위 1) 내지 12) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 플라즈마에 의해 막이 형성되고, 상기 플라즈마를 진동시키기 위한 주파수는 13.56 MHz 내지 60 MHz이다.
- <132> 14) 위 1) 내지 13) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 내부에 냉매가 흐르도록 설계된 세라믹 서셉터 상에 기판이 적치되고, 상기 기판 상에 실라잔이 증착된다.
- <133> 15) 위 1) 내지 14) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 서셉터 상에 적치된 상기 기판의 외주부는 상기 웨이퍼의 베벨(bevel) 상에 실라잔이 증착되는 것을 방지하기 위해, 3 내지 0.1 mm의 두께로 증착 방지 마스크로 피복된다.
- <134> 16) 위 1) 내지 15) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 기판 상에 막을 형성하기 위해 실라잔 및 실록산의 적층 구조가 어닐링된다.
- <135> 17) 위 16)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 기판 상에 막을 형성하기 위하여, 실라잔이 증착되고 어닐링되면서, 실록산도 증착되고 어닐링된다.
- <136> 18) 위 10)에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 상기 비활성 가스의 유량은 20 sccm 내지 3,000 sccm의 범위이다.
- <137> 19) 위 1) 내지 18) 중 어느 하나에 기재된 절연막의 형성 방법에서, 액상층이 형성될 때, 응력 조절을 위해 또는 다른 이유에서, 흡착될 수소의 양이 증가될 필요가 있는 경우에, H_2 가 첨가된다. 이 경우, 유량은 10 내지 2,000 sccm이다.

<138> 이상에서 설명한 본 발명이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어 나지 않는 범위 내에서 여러가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

<139> 도 1은 본 발명의 실시예에서 무기 실라잔계 막을 형성하기 위해 사용될 수 있는 플라즈마 SVD 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다.

<140> 도 2는 본 발명의 실시예에서 사용될 수 있는 UV 경화 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다.

<141> 도 3은 본 발명의 실시예에서 사용될 수 있는 플라즈마 CVD 장치에서 제공되는 냉각용 서셉터를 개략적으로 도시하는 도면이다.

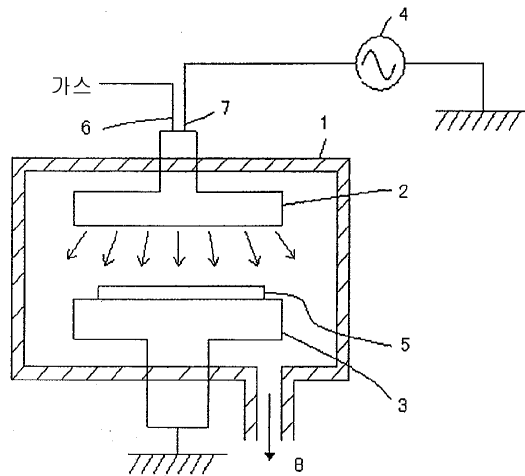
<142> 도 4는 본 발명의 실시예에서 사용될 수 있는 열적 어닐링 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다.

<143> 도 5는 본 발명의 실시예에서 산소를 인입하지 않고서 열적 경화된 막들에 대한 FT-IR 차트이다.

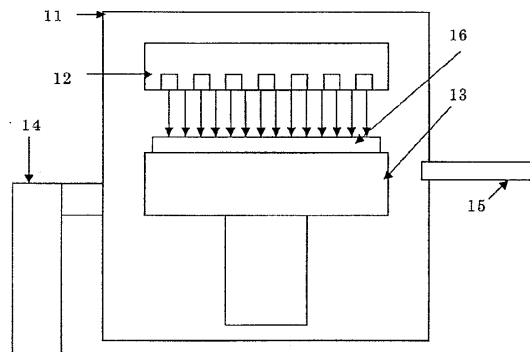
<144> 도 6은 본 발명의 실시예에서 산소를 인입하면서 열적 경화된 막들에 대한 FT-IR 차트이다.

도면

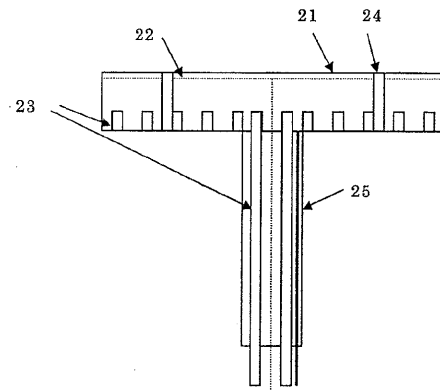
도면1



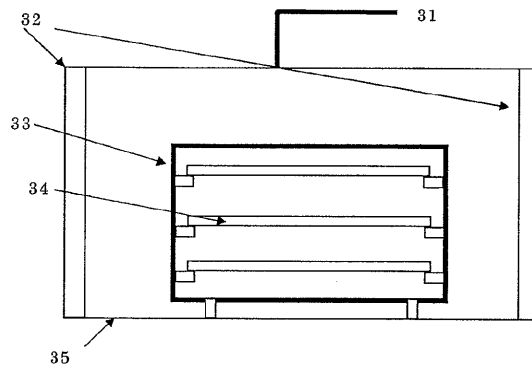
도면2



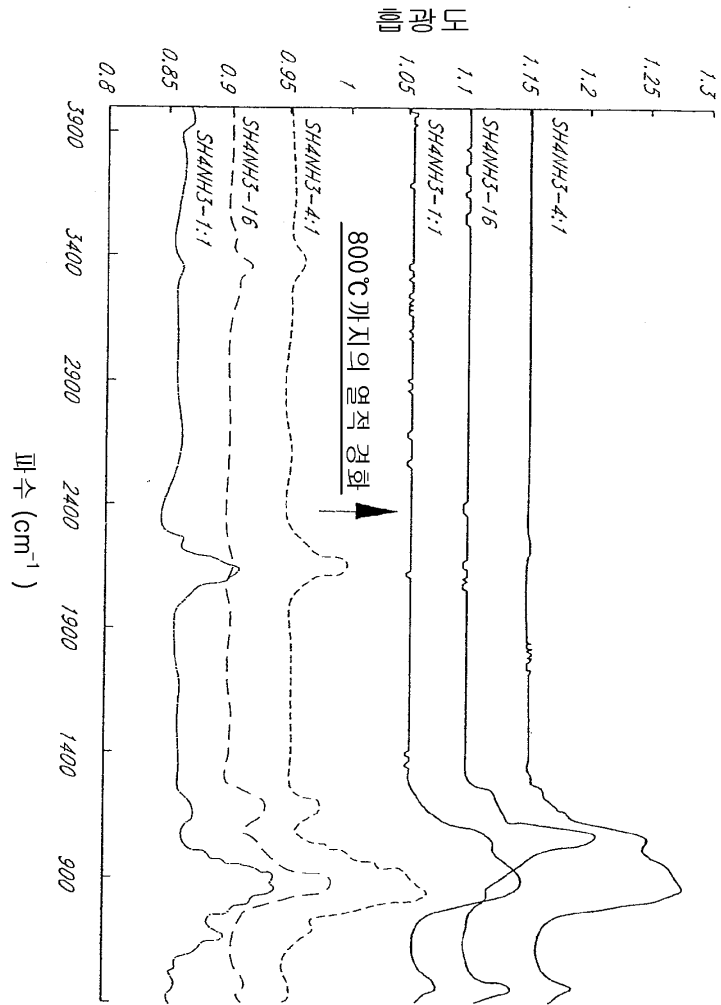
도면3



도면4



도면5



도면6

