

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <i>H01L 21/20</i> (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년10월24일 10-0611610 2006년08월04일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-1998-0023584 1998년06월23일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-1999-0013438 1999년02월25일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장      08/887,239      1997년07월02일      미국(US)

(73) 특허권자      어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드  
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자      키아, 지안민  
미국 94539 캘리포니아 프레몬트 리버모어 커몬 43233

찬, 치우  
미국 94404 캘리포니아 포스터 시티 케사피크 애브뉴418

찬, 다이아나  
미국 95135 캘리포니아 산호세 참스 코오트 3264

레옹, 시시  
미국 94539 캘리포니아 프레몬트 파고사 웨이 348

사헌, 터컷  
미국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 차드윅 플레이스11110

(74) 대리인      남상선

심사관 : 여덕호

(54) HDP-CVD시스템에서의입자성능을개선하기위한시즈닝프로세스에서의산소대실란비율조절

요약

본 발명은 기판 처리 챔버내에서 증착된 막에 흡수되는 오염물(예를 들어, 플루오르)의 수준을 감소하는 개선된 방법에 관한 것이다. 시즈닝 층이 챔버 내부의 벽 또는 절연 영역에 흡수될 수 있는 오염물을 커버하도록 기판 처리 챔버에서 증착된다. 증착된 시즈닝 층은 종래 시즈닝 층보다 기판 처리 챔버의 내부의 세라믹부에 보다 양호하게 부착되고, 그러므로 챔버에서 순차적 증착막이 기판 상에 증착되는 동안 덜 깨지거나 박편화된다. 상기 시즈닝 층은 1.4:1 내지 2.4:1 유량비의 O<sub>2</sub> : SiH<sub>4</sub>를 포함하는 가스로 이루어진 플라즈마를 형성함으로써 형성된다.

대표도

도 2

## 명세서

### 도면의 간단한 설명

도 1a는 본 발명에 따른 고밀도 화학 기상 증착 시스템의 일실시예를 도시하는 개략도.

도 1b는 도 1a의 바람직한 CVD 처리 챔버와 함께 사용될 수 있는 가스 링의 단면도.

도 1c는 도 1a의 바람직한 CVD 처리 챔버와 함께 사용될 수 있는 모니터와 라이트 펜의 개략도.

도 1d는 도 1a의 바람직한 CVD 처리 챔버를 제어하는데 사용되는 바람직한 프로세스 제어 컴퓨터 프로그램 제품의 순서도.

도 2는 본 발명의 방법에 따라 시즈닝 막을 형성하는데 사용되는 프로세스를 설명하는 순서도.

도 3은 기판을 처리하는 동안 발생된 입자 수에 대한  $O_2/SiH_4$  유량비의 효과를 도시하는 그래프.

도 4a-4c는 본 발명의 방법의 사용 유무에 따른 증착된 시즈닝 막에 대한 FTIR 분석을 나타내는 그래프.

\* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 \*

10 : CVD 시스템 13 : 챔버

62 : 메모리 31A, 31B : SRF 발생기

32C : BRF 발생기

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 집적 회로의 제조에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 챔버내의 입자를 감소시키고 오염물 제어를 향상시킴으로써 기판 처리 챔버에 증착되는 막의 품질을 개선하기 위한 방법 및 장치를 포함하는 기술을 제공한다.

기판의 표면에 실리콘 산화물 및 다른 층들을 화학 기상 증착(CVD)하는 동안, 처리 챔버 내부로 유입되는 증착 가스는 처리 챔버의 벽과 같은 영역에 원치 않는 증착물을 초래할 수 있다. 제거되지 않는다면, 이런 원치 않는 증착물은 순차적 처리 단계를 방해하고 웨이퍼 수율에 악영향을 끼칠 수 있는 입자 소스가 된다.

이러한 문제를 방지하기 위하여, 챔버의 내부 표면은 챔버 벽 및 처리 챔버의 유사한 영역으로부터 원치 않는 증착 물질을 제거하기 위해 주기적으로 세정된다. 이런 절차는 표준 챔버 건식 세정 작업으로서 수행되는데, 여기에서 삼플루오르화 질소( $NF_3$ )와 같은 에천트(Etchant) 가스가 챔버 벽 및 다른 영역으로부터 증착 물질을 제거(에칭)하는데 사용된다. 건식 세정 작업 동안, 챔버 내부는 에천트 가스가 증착 물질과 반응하여 챔버의 벽으로부터 증착 물질을 제거하도록 에천트 가스로부터의 플라즈마에 노출된다. 이러한 세정 절차는 일반적으로 웨이퍼마다 또는 n개 웨이퍼마다의 증착 단계 사이에 수행된다.

그러나, 세정 단계는 본질적으로 입자 축적의 원인이 될 수 있다. 세정 플라즈마로부터의 플루오르는 챔버 벽, 또는 세라믹 라이닝(lining)이나 다른 절연 물질을 포함하는 영역과 같은 챔버의 다른 영역에 흡수되거나 포획될 수 있다. 포획된 플루오르는 순차적 처리단계 동안 방출될 수 있고(예를 들면, 고밀도 플라즈마 CVD(HDP-CVD) 단계에서 플라즈마로부터의 성분들과 반응함으로써), 순차적으로 증착되는 실리콘 산화물 또는 다른 층들에 흡수될 수 있다.

이러한 플루오르 흡수를 방지하고 금속 플루오르화물의 확산과 같은 챔버 벽 내의 다른 오염물들로부터의 보호를 위해, CVD 챔버는 종종 건식 세정 작업 이후에 "시즈닝(seasoning)"된다. 이러한 시즈닝은 기관이 처리를 위해 챔버내로 유입되기 이전에 챔버 벽 위에 얇은 실리콘 산화물 층을 증착하는 것을 포함한다. 증착된 실리콘 산화물층은 챔버 벽을 커버하여 오염물이 순차적 처리단계를 방해할 수 있는 가능성을 감소시킨다. 시즈닝층의 증착이 완료된 후, 챔버는 상기 서술된 바와 같은 또다른 세정 작업에 의해 세정되기 전까지 1 내지 n개의 기관 증착 단계 동안 사용된 후 다시 시즈닝된다.

어플라이드 머티어리얼사(Applied Materials Inc.)에 의해 제조되고, "조합된 유도 및 용량성 결합을 갖는 고밀도 플라즈마 CVD 반응기"로 명명되고 1994년 4월 26일에 제출되고 노왁(Nowak), 페어베른(Fairbairn) 및 레데커(Redeker)에 의한 미국 특허 출원 제08/234,746호에 개시되었으며, 주로 알루미늄으로 제조되는 HDP-CVD 챔버와 같이 소정의 증착 챔버를 시즈닝하는데 사용되는 하나의 특정 방법은 실란( $\text{SiH}_4$ ), 산소( $\text{O}_2$ ) 및 아르곤(Ar)의 처리 가스로부터 플라즈마를 형성하는 단계를 포함한다. 이 방법에 사용되는  $\text{O}_2$  대  $\text{SiH}_4$ 의 바람직한 유량비는 1.375:1이다( $\text{O}_2$ 는 110 sccm으로 유입되고,  $\text{SiH}_4$ 는 80 sccm으로 유입되며, Ar은 20 sccm으로 유입된다). 이런 시즈닝 방법은 다른 챔버내의 오염물뿐만 아니라 이미 언급된 HDP-CVD 챔버내의 오염물로부터 순차적 처리 단계들을 적절히 보호하는데 사용되어 왔다.

반도체 소자의 기하학적 형태는 소자가 수십 년 전에 소개된 이래로 크기가 극적으로 감소되어 왔다. 그때 이래로 집적 회로는 칩에 내장할 소자의 수가 매 2년마다 두 배가 된다는 것을 의미하는 2년/절반 크기 룰(종종 "무어의 법칙"으로 불린다)을 대체적으로 따라왔다. 오늘날의 웨이퍼 제조 공장은 일반적으로 0.5 미크론, 심지어 0.35 미크론의 피쳐 크기를 가지는 집적 회로를 생산하고 있으며, 미래의 설비는 곧 보다 더 작은 기하학적 형태를 가지는 소자를 생산하게 될 것이다. 소자 크기가 더 작아지고 집적 밀도가 증가함에 따라, 업계에서 이전에는 중요하게 고려되지 않았던 문제들이 중요하게 여겨지고 있다. 또한, 증착 층이 엄격한 제조자 요구사항에 부합되도록 하기 위해 입자 발생과 오염물의 제어와 같은 기준에 따른 개선된 제어가 요구된다. 작은 크기의 기하학적 형태를 갖는 소자에 의해 필요로 되는 공정 요건들을 달성하기 위하여, 기관 처리 장비를 위한 새로운 기술이 끊임없이 개발되고 있다. 새로운 기술 중 일부에서는, 증착 챔버의 내부 표면의 상당 부분을 세라믹 물질로 제조되거나 코팅한다. 예를 들면, 어플라이드 머티어리얼스사에 의해 제조된 보다 새로운 울티마(Ultima) HDP-CVD 챔버에서, 챔버 내부 표면의 대략 50%는 알루미늄이나 다른 도전성 물질보다는 세라믹으로 이루어진다.

어떤 경우에는 종래 기관 처리 장비와 함께 사용된 절차 및 기술은 세라믹 챔버와 같은 새로운 반응기에는 더 이상 최적의 결과를 제공하지 않는다. 따라서 새로운 기술과 함께 사용되고 그런 작업을 수행하기 위한 기술들이 지속적으로 연구되고 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 기관 처리 챔버내에서 막이 증착되는 동안 발생하는 입자와 다른 오염물의 수준을 감소시키는 방법을 제공한다. 본 발명은 적어도 부분적으로 세라믹 또는 유사한 물질로 라이닝되는 내부 표면을 가진 기관 처리 장비에서 입자 수와 오염물 수준을 감소하는데 특히 유용하다.

본 발명에 따르면, 챔버내로 유입되는  $\text{O}_2$ 와  $\text{SiH}_4$ 의 가스 흐름으로부터 플라즈마를 형성함으로써 시즈닝층이 챔버의 내부 표면 위에 증착된다.  $\text{O}_2$ 와  $\text{SiH}_4$ 의 유량비는 1.4 : 1 내지 2.4 : 1의 비율로 주의 깊게 제어된다. 이런 비율에서 상기 증착된 시즈닝층은 이하 더욱 상세히 개시되는 바와 같이 매우 안정되고 실리콘 또는 산소가 풍부하지 않다. 바람직한 실시예에서, 아르곤(Ar)은  $\text{O}_2$  및  $\text{SiH}_4$ 와 함께 챔버로 유입되고,  $\text{O}_2$ 와  $\text{SiH}_4$ 의 유량비는 1.6 : 1 내지 2.2 : 1 사이이다.

본 발명의 목적과 장점에 대한 추가적인 이해는 첨부한 도면과 상세한 설명을 참조하여 이루어질 수 있다.

### 발명의 구성 및 작용

#### I. 도입

본 발명은 CVD 챔버와 같은 기관 처리 챔버의 내부에 안정한 시즈닝층의 증착을 제공하는 것이다. 증착된 시즈닝층은 일부 기관 처리 챔버에 일반적으로 사용되는 세라믹과 같은 물질에 더 잘 부착되도록 부착 특성을 개선시킨다. 본 발명에 따

른 상기 시즈닝층의 개선된 부착 특성은 실리콘 산화물, 플루오르실리케이트 글라스 및 다른 막이 기관 처리 챔버내에서 더 잘 증착될 수 있도록 한다. 본 발명은 다른 기관 처리 챔버에서 사용되는 처리 단계들과 통상적인 디자인의 CVD 챔버에서 증착되는 절연층 및 다른 층에서 오염물을 감소시키기 위해 사용될 수 있다.

II. 바람직한 기관 처리 시스템

도 1a는 고밀도 플라즈마 화학 기상 증착(HDP-CVD) 시스템(10)의 일실시예를 도시하는데, 본 발명에 따른 유전체층이 증착될 수 있다. 시스템(10)은 챔버(13), 진공 시스템(70), 소스 플라즈마 시스템(80A), 바이어스 플라즈마 시스템(80B), 가스 운반 시스템(33), 및 원격 플라즈마 세정 시스템(50)을 포함한다.

챔버(13)의 상부는 알루미늄 또는 알루미늄 질화물과 같은 유전체 물질로 이루어진 돔(14)을 포함한다. 돔(14)은 플라즈마 처리 영역(16)의 상부 경계를 한정한다. 플라즈마 처리 영역(16)은 기관(17)의 상부 표면과 기관 지지 부재(18)에 의해 하부상에서 제한된다.

히터 플레이트(23)와 냉각 플레이트(24)가 돔(14) 위에 열적으로 결합되어 놓여진다. 히터 플레이트(23)와 냉각 플레이트(24)는 약 100°C 내지 200°C의 범위에 걸쳐 약 10°C 내로 돔 온도를 제어한다. 다양한 처리를 위해 돔 온도를 최적화하는 것이 허용된다. 예를 들면, 증착 처리에서 보다는 세정 또는 에칭 처리를 위해 더 높은 온도로 돔을 유지하는 것이 바람직할 수도 있다. 또한 돔 온도의 정확한 제어는 챔버내의 박편 또는 입자 수를 감소시키고 증착된 층과 기관 사이의 접촉력을 개선시킨다.

챔버(13)의 하부는 챔버를 진공 시스템과 결합시키는 몸체 부재(22)를 포함한다. 기관 지지 부재(18)의 베이스부(21)는 몸체 부재(22) 위에 장착되고, 몸체부재와 함께 연속적 내부 표면을 형성한다. 기관은 챔버(13)의 측면에서 삽입/제거 개구부(도시 안됨)를 통해 로봇 블레이드(도시 안됨)에 의해 챔버(13) 안팎으로 이동된다. 리프트 핀(도시 안됨)이 상승된 다음 기관이 상부 로딩 위치(57)에 있는 로봇 블레이드로부터 기관이 기관 지지 부재(18)의 기관 수용부(19) 위에 배치되는 하부 처리 위치(56)로 기관을 이동시키기 위해 모터(또한 도시 안됨)의 제어하에 하강된다. 기관 수용부(19)는 기관 처리 동안 기관 지지 부재(18)에 기관을 고정시키는 정전기 척(20)을 포함한다.

진공 시스템(70)은 트윈-블레이드 트로틀 밸브(26)를 수용하고 게이트 밸브(27)와 터보-분자형 펌프(28)에 부착되는 트로틀 몸체(25)를 포함한다. 트로틀 몸체(25)는 가스 흐름에 대한 방해물을 최소화하고 1995년 12월 12일에 제출된 미국 특허출원 일련번호 제08/574,839호에 개시된 바와 같이 대칭적 펌핑을 제공한다. 게이트 밸브(27)는 트로틀 몸체(25)로부터 펌프(28)를 고립시킬 수 있고, 또한 트로틀 밸브(26)가 완전히 개방될 때 배기 흐름량을 제한함으로써 챔버 압력을 제어할 수 있다. 트로틀 밸브, 게이트 밸브 및 터보분자형 펌프의 구성은 약 1 밀리토르 내지 2 토르 사이에서 정확하고 안정한 챔버 압력의 제어를 허용한다.

소스 플라즈마 시스템(80A)은 돔(14) 상에 장착되는 상부 코일(29)과 측면 코일(30)을 포함한다. 대칭적인 접지 시일드(도시 안됨)는 코일 사이의 전기적 결합을 감소시킨다. 상부 코일(29)은 상부 소스 RF(SRF) 발생기(31A)에 의해 전력을 공급받는 반면, 측면 코일(30)은 측면 SRF 발생기(31B)에 의해 전력을 공급받아서, 각각의 코일에 대해 독립적 전력값과 동작 주파수가 제공된다. 이런 이중 코일 시스템은 챔버(13)내에서 방사상 이온 밀도를 제어할 수 있어 플라즈마 균일성을 개선시킨다. 통상적으로 측면 코일(30)과 상부 코일(29)은 유도적으로 구동되어 상보형 전극을 요구하지 않는다. 특정 실시예에서, 상부 소스 RF 발생기(31A)는 공칭적으로 2MHz에서 2,500 와트에 이르는 RF 전력을 공급하고, 측면 소스 RF 발생기(31B)는 공칭적으로 2MHz에서 5,000 와트에 이르는 RF 전력을 공급한다. 상부 및 측면 RF 발생기의 동작 주파수는 플라즈마 발생 효율을 개선하기 위해 공칭 동작 주파수로부터 오프셋 될 수 있다(예를 들면, 각각 1.7-1.9 MHz 및 1.9-2.1 MHz 까지).

바이어스 플라즈마 시스템(80B)은 바이어스 RF(BRF) 발생기(31C)와 바이어스 정합 회로(32C)를 포함한다. 바이어스 플라즈마 시스템(80B)은 기관 일부(17)를 몸체 부재(22)에 용량성으로 결합시켜, 상기 몸체 부재(22)는 상보형 전극으로 기능한다. 바이어스 플라즈마 시스템(80B)은 소스 플라즈마 시스템(80A)에 의해 형성된 플라즈마 중(예를 들어, 이온)의 기관의 표면으로의 전달을 증진시키는데 기여한다. 특정 실시예에서, 바이어스 RF 발생기는 13.56 MHz에서 5,000 와트에 이르는 RF 전력을 공급한다.

RF 발생기(31A와 31B)는 디지털 방식으로 제어되는 합성기를 포함하고, 약 1.8 내지 약 2.1 MHz의 주파수 범위에 걸쳐 동작한다. 각각의 발생기는 챔버와 코일로부터 발생기로 다시 반사되는 전력을 측정하는 RF 제어 회로(도시 안됨)를 포함하며, 이것은 당업자들에 의해 이해되는 바와 같이 최저의 반사전력을 얻기 위하여 동작 주파수를 조절한다. RF 발생기는 전형적으로 50 옴의 특성 임피던스를 갖는 부하에서 동작하도록 디자인된다. RF 전력은 발생기와 서로 다른 특성 임피던스

를 가지는 부하로부터 반사될 수 있다. 이것은 부하에 전달되는 전력을 감소시킬 수 있다. 부가적으로 부하로부터 다시 발생기로 반사된 전력은 발생기에 과부하를 주어 손상을 초래할 수도 있다. 다른 인자들 중에서도 플라즈마 이온 밀도에 따라 플라즈마의 임피던스가 5옴 미만으로부터 900옴 이상까지의 범위가 될 수 있고, 반사된 전력이 주파수의 함수가 될 수 있기 때문에, 반사된 전력에 따른 발생기 주파수를 조절하는 것은 RF 발생기로부터 플라즈마에 전달되는 전력을 증가시켜 발생기를 보호한다. 반사된 전력을 감소하여 효율성을 개선하는 다른 방법은 정합회로를 사용하는 것이다.

정합회로(32A와 32B)는 이들 각각의 코일(29와 30)과 발생기(31A와 31B)의 출력 임피던스를 정합시킨다. RF 제어회로는 부하가 변할 때 발생기와 부하가 정합하도록 정합 네트워크내의 캐패시터 값을 변화시킴으로써 양쪽 정합 네트워크를 동조시킬 수 있다. RF 정합회로는 부하로부터 다시 발생기로 반사된 전력이 특정 한계치를 초과할 때 정합 네트워크를 동조시킬 수 있다. 일정한 정합을 제공하고, 정합 네트워크의 동조에서 RF 제어회로를 불필요하게 하는 한 가지 방법은 예견되는 반사 전력 값보다 높게 반사 전력의 한계를 설정하는 것이다. 이것은 가장 최근의 조건으로 정합 네트워크를 일정하게 유지함으로써 소정의 조건하에서 플라즈마를 안정화하는데 도움을 준다.

또한 다른 방법이 플라즈마를 안정화하는데 도움을 줄 수 있다. 예를 들면, RF 제어회로는 부하(플라즈마)에 전달되는 전력을 결정하는데 사용될 수 있고, 층을 증착하는 동안 전달 전력을 실질적으로 일정하게 유지하도록 발생기 출력 전력을 증가 또는 감소시킬 수 있다.

가스 운반시스템(33)은 기판을 처리하기 위해 가스 운반라인(38)(단지 일부가 도시됨)을 통해 몇몇 소스로부터 챔버에 가스를 공급한다. 가스들은 가스 링(37)과 상부 노즐(45)을 통해 챔버(13)내로 유입된다. 도 1b는 가스 링(37)의 부가적 상세를 보여주는 챔버(13)의 간략화된 부분 단면도이다.

일 실시예에서, 제 1 및 제 2 가스 소스(34A와 34B)와 제 1 및 제 2 가스 유량 제어기(35A'와 35B')는 가스 운반라인(38)(단지 일부가 도시됨)을 통해 가스 링(37)내의 링 플리넘(36)에 가스를 공급한다. 가스 링(37)은 기판에 균일한 가스 흐름을 제공하는 다수의 소스 가스 노즐(39)(단지 일부가 도시됨)을 가진다. 노즐 길이와 노즐 각도는 개별 챔버에서의 특별한 처리를 위해 균일성 프로파일과 가스 사용 효율성이라는 목적에 맞도록 변화될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 가스 링(37)은 12개의 소스가스 노즐을 가진다.

또한 가스 링(37)은 바람직한 실시예에서 소스 가스 노즐(39)과 동일 평면상에 있고 소스 가스 노즐보다 더 짧으며, 일 실시예에서 몸체 플리넘(41)으로부터 가스를 제공받는 다수의 산화제 가스 노즐(40)을 가진다. 일부 실시예에서 챔버(13)내로 가스들을 주입하기 이전에 소스 가스와 산화제 가스를 혼합하지 않는 것이 바람직하다. 다른 실시예에서, 산화제 가스와 소스 가스는 몸체 플리넘(41)과 가스 링 플리넘(36) 사이에 개구부(도시 안됨)를 제공함으로써 가스를 챔버(13)내로 주입하기 이전에 혼합될 수 있다. 일 실시예에서, 제 3 및 제 4 소스(34C와 34D) 그리고 제 3 및 제 4 가스 유량 제어기(35C와 35D')가 가스 운반 라인(38)을 통해 몸체 플리넘에 가스를 공급한다. 부가적 밸브, 이를 테면 43B(다른 밸브는 도시 안됨)가 유량 제어기로부터 챔버로의 가스를 차단할 수 있다.

일부 실시예에서, 실란 또는 실리콘 테트라플루오르화물( $\text{SiF}_4$ )과 같은 가연성의 독성 또는 부식성 가스가 사용될 수 있다. 이런 경우에, 증착 후 가스 운반라인에 잔류하는 가스를 제거하는 것이 바람직하다. 이것은 예를 들어 운반라인(38A)과 배출 운반라인(38A)으로부터 진공 포어 라인(44)까지 챔버(13)를 고립시키기 위한 밸브(43B)와 같은 3-통로 밸브를 사용하여 달성될 수 있다. 도 1a에서 보이는 것처럼 43A, 43C와 같은 다른 유사한 밸브가 35A, 35C 같은 가스 운반라인에 같이 쓰일 수 있다. 이러한 3-통로 밸브는 배출되지 않은 가스 운반라인(3통로 밸브와 챔버 사이)의 부피를 최소화하기 위해, 가능한 챔버(13)에 가깝게 배치될 수 있다. 부가적으로, 2-통로(온-오프) 밸브(도시 안됨)가 MFC와 챔버 사이 또는 가스 소스와 MFC 사이에 배치될 수 있다.

도 1a를 다시 참조하면, 챔버(13)는 또한 상부 노즐(45)과 상부 배출장치(46)를 가진다. 상부 노즐(45)과 상부 배출장치(46)는 가스의 상부 및 측면부의 가스흐름을 개별적으로 제어하는데, 이는 막 균일성을 개선시키고 막의 증착과 도핑 파라미터의 미세 조절을 가능케 한다. 상부 배출 장치(46)는 상부 노즐(45) 근처의 환형 개구부이다. 일 실시예에서, 제 1 가스 소스(34A)는 소스 가스 노즐(39)과 상부 노즐(45)에 공급되는 실란 가스이다. 소스 노즐 유량 제어기(MFC)(35A')는 소스 가스 노즐(39)로 운반되는 실란의 양을 제어하고 상부 노즐 MFC(35A)는 상부 가스 노즐(45)에 운반되는 실란의 양을 제어한다. 유사하게, 2개의 MFC(35B와 35B')가 소스 34B와 같은 단일 산소 소스로부터 상부 배출장치(46)와 산화제 가스 노즐(40)로의 산소 흐름을 제어하는데 사용될 수 있다. 상부 노즐(45)과 상부 배출장치(46)에 공급된 가스는 챔버(13)내로 가스를 유입시키기 이전에 별도로 유지될 수 있고, 또는 가스가 챔버(13)내로 유입시키기 이전에 상부 플리넘(48)에서 혼합될 수 있다. 동일한 가스의 개별 소스가 챔버의 다양한 부분에 공급되는데 사용될 수 있다.

원격 마이크로파 발생 플라즈마 세정 시스템(50)은 챔버 부품으로부터 증착 찌꺼기를 주기적으로 세정하기 위해 사용된다. 세정 시스템은 반응기 캐비티(53)에서 플루오르 분자, 질소 삼플루오르화물, 다른 플루오르화 탄소 또는 등가물과 같은 세정 가스 소스(34E)로부터 플라즈마를 형성하는 원격 마이크로파 발생기(51)를 포함한다. 상기 플라즈마로부터 얻어지는 반응 증은 어플리케이션 튜브(55)를 경유하여 세정 가스 공급 포트(54)를 거쳐 챔버(13)로 운반된다. 상기 세정 플라즈마를 담는데 사용되는 재료(예를 들면, 캐비티(53)와 어플리케이션 튜브(55))는 플라즈마에 의한 공격에 견딜 수 있어야 한다. 반응기 캐비티(53)와 공급 포트(54) 사이의 거리는 바람직한 플라즈마 종의 농도가 반응기 캐비티(53)로부터 간격에 따라 감소하기 때문에 가능한 짧게 유지되어야 한다. 원격 캐비티에서 세정 플라즈마를 발생시키는 것은 효율적인 마이크로파 발생기의 사용을 허용하고 챔버 부품이 온도, 복사열 또는 인시튜 플라즈마에 존재할 수 있는 글로우 방전의 충격에 놓이지 않도록 한다. 결국, 정전기 척(20)과 같이 상대적으로 민감한 부품이 인시튜 플라즈마 세정 처리에서 요구되는 것처럼 더미 웨이퍼나 다른 보호수단에 의해 커버될 필요는 없다.

시스템 제어기(60)는 시스템(10)의 동작을 제어한다. 바람직한 실시예에서, 제어기(60)는 하드 디스크 드라이브, 플로피 디스크 드라이브(도시 안됨) 및 카드 랙(도시안됨)과 같은 메모리(62)를 포함한다. 상기 카드 랙은 단일 보드 컴퓨터(SBC:single-board computer)(도시안됨), 아날로그와 디지털 입/출력 보드(도시 안됨), 인터페이스 보드(도시 안됨), 및 스텝퍼 모터 제어기 보드(도시 안됨)를 포함할 수 있다. 상기 시스템 제어기는 보드, 카드 케이스, 및 접속기 크기와 타입을 정의하는 VME(Versa Modular European) 표준에 따른다. 상기 VME 표준은 또한 16비트 데이터 버스와 24비트 어드레스 버스를 가지는 버스 구조를 정의한다. 시스템 제어기(31)는 하드 디스크 드라이브에 저장된 컴퓨터 프로그램 또는 플로피 디스크에 저장된 프로그램과 같은 다른 프로그램의 제어하에서 동작한다. 상기 컴퓨터 프로그램은 특정한 공정의 타이밍, 가스 혼합, RF 전력 레벨 및 다른 파라미터를 규정한다. 사용자와 시스템 제어기 사이의 인터페이스는 도 1c에 도시된 바와 같이 음극선관(CRT)과 같은 모니터(65), 및 라이트 펜(66)을 통해 이루어진다.

도 1c는 도 1a의 바람직한 CVD 처리 챔버와 관련하여 사용된 바람직한 시스템 사용자 인터페이스의 일부의 도시한다. 시스템 제어기(60)는 메모리(62)에 결합된 프로세서(61)를 포함한다. 바람직하게는, 메모리(62)는 하드 디스크 드라이브가 될 수 있지만, 물론 ROM, PROM 등과 같은 다른 종류의 메모리가 될 수 있다.

시스템 제어기(60)는 컴퓨터 프로그램의 제어하에서 동작한다. 상기 컴퓨터 프로그램은 특별한 프로세스의 타이밍, 온도, 가스 흐름, RF 전력 레벨 및 다른 파라미터를 규정한다. 사용자와 시스템 제어기 사이의 인터페이스는 도 1c에 도시된 바와 같이 CRT 모니터(65)와 라이트 펜(66)을 통해 이루어진다. 바람직한 실시예에서, 2개의 모니터(65와 65A)가 사용되는 데, 하나는 조종자를 위해 청정실 벽(65)내에 장착되고 다른 하나는 서비스 기술자를 위해 벽(65A)의 후방에 장착된다. 이들 모니터는 동시에 동일한 정보를 표시하지만, 단지 하나의 라이트 펜(예를 들어, 66)만이 인에이블된다. 특별한 스크린 또는 기능을 선택하기 위하여, 조종자는 디스플레이 스크린 영역을 터치하고 펜 위의 버튼(도시 안됨)을 누른다. 터치된 영역은 그 영역의 색깔을 변화시키거나 새로운 메뉴를 표시함으로써 라이트 펜에 의해 선택된 것을 확인시켜준다.

컴퓨터 프로그램 코드는 68000 어셈블리 언어, C, C++, 또는 파스칼과 같은 어떤 일반적 컴퓨터 판독가능 프로그래밍 언어로 기록될 수 있다. 적당한 프로그램 코드는 일반적 텍스트 에디터를 사용하여 단일 파일 또는 다중 파일 내에 기입되고, 컴퓨터의 메모리 시스템과 같은 컴퓨터-이용가능한 매체에 저장 또는 내장된다. 기입된 코드 텍스트가 고급 언어로 작성된다면, 상기 코드는 컴파일되며, 컴파일된 코드는 미리 컴파일된 윈도우 라이브러리 루틴의 객체 코드와 링크된다. 링크된 컴파일 객체 코드를 실행하기 위하여, 시스템 사용자는 객체 코드를 호출하여, 상기 컴퓨터 시스템이 메모리내로 코드를 로딩하도록 하고, 그로부터 CPU는 프로그램에서 지정한 업무를 수행하도록 코드를 판독하고 실행한다.

도 1d는 컴퓨터 프로그램(300)의 계층적 제어 구조의 예시적 블록도를 도시한다. 사용자는 라이트 펜 인터페이스를 사용함으로써 CRT 모니터에 표시되는 메뉴 또는 스크린에 응답하여 처리 세트 번호와 처리 챔버 번호를 처리 선택기 서브루틴(310)에 기입한다. 처리 세트는 특정 처리를 수행하는데 필요한 처리 파라미터의 예정된 세트이고, 미리 정의된 세트 번호에 의해 식별된다. 처리 선택기 서브루틴(310)은 (i) 다중 챔버 시스템 중에서 원하는 처리 챔버, 및 (ii) 요구된 처리를 수행할 처리 챔버를 동작시키는데 필요한 바람직한 처리 파라미터 세트를 식별한다. 특정 처리를 수행하기 위한 처리 파라미터는 처리 가스 조성비와 유량비와 같은 처리 조건, 온도, 압력, RF 전력 레벨과 같은 플라즈마 조건, 및 챔버 돔 온도에 관련되며, 레시피의 형태로 사용자에게 제공된다. 레시피에 의해 지정된 파라미터는 라이트 펜/CRT 모니터 인터페이스를 사용하여 입력된다.

처리를 모니터링하기 위한 신호는 시스템 제어기의 아날로그 입력 및 디지털 입력 보드에 의해 제공되고 상기 처리를 제어하기 위한 신호는 시스템 제어기(60)의 아날로그 출력 및 디지털 출력 보드에서 출력된다.

처리 시퀀서 서브루틴(320)은 식별된 처리 챔버 및 처리 선택기 서브루틴(310)으로부터의 처리 파라미터 세트를 수용하고 다양한 처리 챔버의 동작을 제어하기 위한 프로그램 코드로 구성된다. 다중 사용자가 처리 세트 번호와 처리 챔버 번호를 입력할 수 있고, 또는 한 사용자가 다중 처리 세트 번호와 처리 챔버 번호를 입력할 수 있어, 시퀀서 서브루틴(320)은 요구된 시퀀스로 선택된 처리를 스케줄링하도록 동작한다. 바람직하게는, 시퀀서 서브루틴(320)은 (i) 챔버가 사용되고 있는지를 결정하기 위해 처리 챔버의 동작을 모니터링하는 단계, (ii) 사용되고 있는 챔버에서 어떤 처리가 수행되는지를 결정하는 단계, 및 (iii) 처리 챔버의 유용성 및 수행될 처리 형태를 기초로 원하는 처리를 실행하는 단계를 수행하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 폴링과 같이 처리 챔버를 모니터링하는 종래 방법이 사용될 수 있다. 어느 처리가 실행될 것인지를 스케줄링할 때, 시퀀서 서브루틴(320)은 선택된 처리를 위한 원하는 처리 조건과 비교하여 사용되는 처리 챔버의 현재 조건, 또는 각각의 특정 사용자가 기입한 요청 "시기", 또는 시스템 프로그래머가 계획하는 우선순위를 결정하기 위해 포함하기를 원하는 어떤 다른 관련 인자를 고려하여 디자인될 수 있다.

시퀀서 서브루틴(320)은 다음에 실행되어야 하는 처리 챔버와 처리 세트 조합을 결정한 후, 시퀀서 서브루틴(320)은 특별한 처리 세트 파라미터를 챔버 관리기 서브루틴(330A-C)에 전달함으로써 처리 세트의 실행을 초래하고, 챔버 관리기 서브루틴(330A-C)은 시퀀서 서브루틴(320)에 의해 결정된 처리 세트에 따라 챔버(13)와 다른 챔버(도시 안됨)에서의 다중 처리 작업을 제어한다.

챔버 구성요소 서브루틴들의 예는 기관 위치설정 서브루틴(340), 처리 가스 제어 서브루틴(350), 압력 제어 서브루틴(360) 및 플라즈마 제어 서브루틴(370)이다. 당업자는 챔버(13)에서 수행될 것이 요구되는 처리가 무엇인가에 따라 다른 챔버 제어 서브루틴이 포함될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 동작중, 챔버 관리기 서브루틴(330A)은 실행되는 특별한 처리에 따라 처리 구성 요소 서브루틴을 스케줄링하거나 호출한다. 챔버 관리기 서브루틴(330A)에 의한 스케줄링은 실행될 처리 챔버와 처리 세트를 스케줄링한다는 점에서 시퀀서 서브루틴(320)에 의해 사용되는 방식과 유사하게 수행된다. 전형적으로, 챔버 관리기 서브루틴(330A)은 여러 챔버 부품을 모니터링하는 단계와 처리세트가 실행되기 위한 처리 파라미터에 기초하여 어느 부품이 작동될 필요가 있는지를 결정하는 단계와 상기 모니터링과 결정 단계에 응답하여 챔버 구성요소 서브루틴의 실행을 초래하는 단계를 포함한다.

이제 특별한 챔버 구성요소 서브루틴의 동작이 도 1d를 참조하여 기술될 것이다. 기관 위치 설정 서브루틴(340)은 기관 지지 부재(18) 위에 기관을 로딩하는데 사용되는 챔버 부품을 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 또한 기관 위치 설정 서브루틴(340)은 다른 처리가 완료된 후 다중 챔버 시스템의 PECVD 반응기 또는 다른 반응기로부터 챔버(13)로의 기관의 이송을 제어할 수 있다.

처리 가스 제어 서브루틴(350)은 처리 가스 구성과 유량비를 제어하기 위한 프로그램 코드를 가진다. 서브루틴(350)은 안전 차단 밸브의 개방/밀폐 위치를 제어하며, 또한 요구된 가스 유량비를 얻기 위하여 유량 제어를 램핑 업/다운시킨다. 처리 가스 제어 서브루틴(350)을 포함하는 모든 챔버 구성요소 서브루틴은 챔버 관리기 서브루틴(330A)에 의해 호출된다. 서브루틴(350)은 원하는 가스 유량비와 관련된 챔버 관리기 서브루틴(330A)으로부터 처리 파라미터를 수신한다.

전형적으로, 처리 가스 제어 서브루틴(350)은 가스 공급 라인을 개방함으로써, 그리고 반복적으로 (i) 필요한 유량 제어를 관독하고, (ii) 상기 관독값을 챔버 관리기 서브루틴(330A)으로부터 수신된 원하는 유량비와 비교하며, (iii) 필요에 따라 가스 공급 라인의 유량비를 조절함으로써 동작한다. 나아가, 처리 가스 제어 서브루틴(350)은 불안정 비율에 대한 가스 유량비를 모니터링하고, 불안정한 조건이 검출될 때 안전 차단 밸브를 작동시키는 단계를 포함한다.

일부 처리에서, 반응성 처리 가스가 챔버내로 유입되기 이전에 아르곤 같은 불활성 가스가 챔버 압력을 안정화하기 위하여 챔버(13)내로 흘러진다. 이런 처리를 위하여, 처리 가스 제어 서브루틴(350)은 챔버의 압력을 안정화시키는데 필요한 시간 동안 챔버(13)내로 불활성 가스를 흘려주기 위한 단계를 포함하도록 프로그래밍된다. 그리고 나서 상기 기술한 단계들이 수행될 수 있다.

부가적으로, 처리 가스가 테트라에틸오르토실란(TEOS)과 같은 액체 전구체로부터 기화되어야 할 때 처리 가스 제어 서브루틴(350)은 버블러 어셈블리의 액체 전구체를 통해 헬륨과 같은 운반 가스를 버블링하거나 또는 헬륨을 액체 주입 밸브로 유입하기 위한 단계를 포함할 수 있다. 이런 형태의 처리를 위하여, 처리 가스 제어 서브루틴(350)은 원하는 처리 가스 유량비를 얻기 위해 운반 가스의 흐름, 버블러의 압력 및 버블러 온도를 제어한다. 상기 개시된 바와 같이, 원하는 처리 가스 유량비는 처리 파라미터로서 처리 가스 제어 서브루틴(350)에 전달된다.

또한, 처리 가스 제어 서브루틴(350)은 주어진 처리 가스 유량비에 대한 필요 값을 포함하는 저장 테이블에 근접시킴으로써 원하는 처리 가스 유량비에 대해 필요한 운반 가스 유량비, 버블러 압력, 및 버블러 온도를 얻기 위한 단계를 포함한다. 필요한 값이 얻어지면, 운반 가스 유량비, 버블러 압력 및 버블러 온도가 모니터링되고, 필요 값과 비교되어 조절된다.

또한 처리 가스 제어 서브루틴(350)은 독립적 헬륨 제어(IHC) 서브루틴(도시 안됨)을 갖는 웨이퍼 척에서 내부와 외부 통로를 통과하는 헬륨(He)과 같은 열 전달 가스의 흐름을 제어할 수 있다. 가스 흐름은 기관과 척을 열적으로 결합시킨다. 전형적인 처리에서, 웨이퍼는 플라즈마와 층을 형성하는 화학적 반응에 의해 가열되고, 헬륨(He)은 척을 통해 기관을 냉각시키며, 이는 수냉될 수도 있다. 이로서 기관 상의 이미 존재하는 피처를 손상시킬 수도 있는 온도의 이하에서 기관이 유지된다.

압력 제어 서브루틴(360)은 챔버의 배출부에 있는 트로틀 밸브의 개구부의 크기를 조정함으로써 챔버(13) 압력을 제어하기 위한 프로그램 코드를 포함한다. 상기 트로틀 밸브로 챔버를 제어하기 위한 적어도 2가지 기본적인 방법이 있다. 제 1 방법은 다른 것 중에서, 전체 처리 가스 흐름, 처리 챔버의 크기 및 펌핑 능력에 관련된 챔버 압력을 특정화시키는 것에 의존한다. 제 1 방법은 고정 위치에 트로틀 밸브(26)를 세팅한다. 트로틀 밸브(26)를 고정 위치에 세팅시키는 것은 결국 정상-상태 압력을 초래한다.

다른 하나의 방법은, 챔버 압력이 압력계를 사용하여 측정될 수 있고, 제어점이 가스 흐름과 배기 능력에 의해 정해진 경계 내에 있다고 가정하여, 트로틀 밸브(26) 위치는 압력 제어 서브루틴(360)에 따라 조절될 수 있다. 전자의 방법은 후자 방법과 같은 측정, 비교 및 계산이 불필요하기 때문에 더 빠른 챔버 압력 변화를 초래할 것이다. 전자의 방법은 챔버 압력의 정밀한 제어가 요구되지 않는 경우에 적당한 반면, 후자의 방법은 층을 증착하는 동안, 정밀하고 반복가능하며 안정한 압력이 요구되는 경우에 바람직할 수 있다.

압력 제어 서브루틴(360)이 호출될 때, 바람직한 또는 목표 압력 레벨은 챔버 관리기 서브루틴(330A)으로부터의 파라미터로서 수신된다. 압력 제어 서브루틴(360)은 챔버에 접속된 하나 이상의 일반적 압력계를 판독함으로써 챔버(13)내의 압력을 측정하고, 목표 압력과 상기 측정값을 비교하고, 목표 압력에 대응하는 저장된 압력 테이블로부터 비례, 적분 및 미분(PID) 값을 얻고, 압력 테이블로부터 얻어진 PID 값에 따라 트로틀 밸브(26)를 조절하도록 동작한다. 대안적으로, 압력 제어 서브루틴(360)은 원하는 압력 또는 압력 범위로 챔버(13)의 압력을 조정하도록 특별한 개구부 크기로 트로틀 밸브(26)를 개방 또는 밀폐할 수 있다.

플라즈마 제어 서브루틴(370)은 RF 발생기(31A와 31B)의 주파수와 전력 출력 세팅 및 정합 네트워크(32A와 32B)를 동조시키는 프로그램 코드를 포함한다. 플라즈마 제어 서브루틴(370)은 이전에 개시된 챔버 구성 요소 서브루틴과 마찬가지로 챔버 관리기 서브루틴(330A)에 의해 호출된다.

이미 개시된 일부 또는 모든 서브시스템과 루틴을 사용하는 시스템의 예로는 어플라이드 머티어리얼스사에 의해 제조되고 본 발명을 수행하도록 구성된 울티마 시스템이 될 수도 있다. 상기 시스템의 상세는 1996년 7월 15일에 제출되고, "대칭적 동조가 가능한 유도적으로 결합된 HDP-CVD 반응기"로 명명된 미국 특허 출원 번호 제08/679,927호에 개시되어 있다.

### III. 안정한 시즈닝 막의 증착

본 발명의 이전에는, 상기 기술한 바람직한 챔버(챔버 13)에 사용된 시즈닝층은 본 발명의 배경 섹션에서 기술한 비율(즉, 1.375:1의 O<sub>2</sub>:SiH<sub>4</sub> 유량비)로 된 SiH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> 및 Ar을 포함하는 처리 가스로부터 플라즈마를 형성했다. 실험들은 챔버(13)가 시즈닝층으로 시즈닝된 후, 0.5 $\mu$ m 이상의 직경을 가지는 상대적으로 높은 수의 입자가 챔버 내에 제공되고, 플루오르실리케이트 글라스, 실리콘 이산화물, 포스포실리케이트 글라스 및 실리콘 질화물과 같은 막들이 챔버내에 배치된 기관상에 증착된다는 것을 나타낸다.

입자 수의 상당한 감소 없이 상기 막들을 증착하기 위해 사용되는 공정의 다양한 단계 및 파라미터를 개선하기 위해 많은 노력이 진행되었다. 본 출원의 발명자는 입자의 주요한 소스가 챔버에 배치된 웨이퍼 상에 막을 증착하는데 사용되는 CVD 증착 과정이 아니라는 것을 예상치 못하게 발견했다. 대신에, 이런 입자의 소스는 실리콘 산화물 시즈닝 막 자체가 될 수 있다는 것을 알았다. 발명자는 종래 시즈닝 방법이 챔버 벽에 적절히 부착되지 않는 시즈닝 막의 증착을 초래한다는 것을 발견했다. 그래서 시즈닝 막은 챔버내의 기관 위에 막을 증착하는데 사용되는 순차적 웨이퍼 처리 단계 동안 깨지거나 박



편화되었다. 종래의 시즈닝 공정의 접착력 문제는 주로 챔버의 세라믹부에 한정되는 것으로 여겨진다. 따라서 입자 문제는 챔버(13)에 사용된 상당한 비율의 세라믹으로 인한 직접적인 결과라고 믿어진다(이전에 언급된 바와 같이, 이런 시즈닝 방법이 미리 사용되는 챔버의 내부는 주로 수정 또는 실리콘이었다).

이런 발견에 따라, 발명자는 알루미늄과 같은 물질에 잘 부착하고 세라믹과 같은 물질에 잘 부착하는 시즈닝 막을 개발하였다. 이리하여, 본 발명은 챔버 벽과 절연 영역의 상당한 부분이 세라믹 또는 유사한 물질로 제조되는 경우에도 개시된 바람직한 챔버와 같은 기관 처리 챔버 내부의 벽 또는 절연 영역으로부터 비롯되고 기관 처리 동안 존재하는 입자 또는 다른 오염물을 감소시키기 위해 사용될 수 있다. 종래 시즈닝층과 비교할 때, 본 발명에 따라 형성된 시즈닝층은 기관 처리 챔버의 세라믹 부분에 대해 접착력을 개선시켜 순차적인 기관 처리과정 동안 덜 박편화되거나 덜 벗겨진다.

도 2는 도 1a에 도시된 장치에 관한 상호 참조 번호를 가진 본 발명의 바람직한 공정을 보여준다. 이런 공정은 CVD 시스템(10)의 메모리(62)에 저장된 컴퓨터 프로그램을 사용하여 수행되고 제어된다. 바람직한 실시예에서, 시즈닝층은  $NF_3$ 과 같은 에천트 가스가 이전의 처리 단계(예를 들어, 단계 220의 CVD 증착 과정)로부터 챔버 벽에 증착된 물질을 제거하기 위해 챔버내로 유입되는 표준 챔버 세정 과정(단계 200)의 완료후 증착된다. 이런 세정 단계는 찌꺼기가 순차적 증착 단계(예를 들어, 증착 단계 220) 동안 방출되지 않도록 시즈닝 막에 의해 커버되는 챔버내에 소정 찌꺼기(예를 들면, 챔버 벽에 흡수된 플루오르)를 잔류시킬 수 있다. 시즈닝 막이 증착된 후, 1 내지 n개의 기관이 전체 시퀀스가 반복되기 이전에 챔버(13)에서 처리된다(단계 230).

상기 시즈닝층은  $SiH_4$ ,  $O_2$  및 아르곤을 포함하는 가스로부터 플라즈마를 형성함으로써 증착된다(단계 210). 상기 플라즈마는 SRF 발생기들(31A와 31B)로부터의 RF 에너지를 인가함으로써 형성된다. 바람직하게는, 플라즈마는 기관쪽으로 바이어싱되지 않으므로 BRF 발생기(32C)는 동작되지 않는다.

증착된 막이 챔버(13)의 내부에 잘 부착하도록, 온도, 압력, RF 전력 레벨, 아르곤 대  $O_2$ 의 비율 및  $O_2$  대  $SiH_4$ 의 비율을 포함하는 다수의 증착 파라미터를 제어하는 것이 중요하다. 발명자는 가장 중요한 파라미터는  $O_2$  대  $SiH_4$ 의 비율이라는 것을 발견했다. 처리 가스내의 너무 많은  $SiH_4$  또는 너무 적은  $O_2$ 의 유입은 다수의 Si-H 결합을 포함하는 실리콘 산화물 막을 초래할 것이다. 이런 막은 실리콘이 풍부한막으로서 언급된다. 한편, 너무 많은  $O_2$  또는 너무 적은  $SiH_4$ 의 유입은 다수의 Si-OH 결합을 포함하는 실리콘 산화물막을 초래할 것이다. 이런 막은 산소가 풍부한막으로서 언급된다.

아래에 더욱 상세히 개시된 바와 같이, 발명자는 1.4-2.4 : 1의  $O_2$  :  $SiH_4$ 의 유량비에서 생성된 시즈닝 막은 풍부한 실리콘 또는 풍부한 산소를 초래하지 않아 세라믹과 같은 부착하기 어려운 표면에 대해 개선된 접착성을 나타낸다는 것을 발견했다. 발명자는 더욱 바람직하게  $O_2$  :  $SiH_4$ 의 비율이 1.6-2.2 : 1이 되어야 한다는 것을 발견했다.

상기 챔버내로 흘러지는 아르곤의 양은 증착된 시즈닝층의 접착 특성에 영향을 끼친다. 일반적으로 말하면, 아르곤 흐름을 증가시키는 것은 플라즈마 밀도를 증가시키고, 그 결과 더욱 효율적인 시즈닝 막을 제공한다. 그러나 너무 많은 아르곤이 챔버내로 흐른다면 챔버내의 압력 때문에 플라즈마 밀도가 증가되는 대신 감소될 것이다.  $SiH_4$  유량비에 거의 동일한 아르곤 유량비가 바람직하다.

바람직한 실시예에서,  $O_2$ 는 측면 노즐로부터 115sccm의 비율로 상부 노즐로부터 25sccm의 비율로 챔버내로 유입되고;  $SiH_4$ 는 측면 노즐로부터 70sccm의 비율로 상부 노즐(46)로부터 5sccm의 비율로 챔버내로 유입되며; 아르곤은 측면 노즐로부터 78sccm의 비율로 상부 노즐로부터 15sccm의 비율로 챔버내로 유입된다. 이런 실시예에서 전체  $O_2$  :  $SiH_4$ 의 비율은 1.87:1이다. 부가적으로, 챔버내의 압력은 6밀리토르로 설정되며, 측면 RF 소스는 2500W로 전력이 인가되는 반면 상부 RF 소스는 1000W로 전력이 인가된다.

도 3은 시즈닝 막 증착 단계(210)에서  $O_2$  :  $SiH_4$ 의 유량비 대 순차적 기관 처리동안 발생된 입자( $0.5\mu m$  이상의 직경이 되는 입자)의 수에 대한 그래프를 도시한다. 상기 그래프에서 알 수 있는 바와 같이, 1 : 1.4 미만의  $SiH_4$  :  $O_2$  또는 1 : 2.4 이상의  $SiH_4$  :  $O_2$ 의 유량비는 상승된 입자 수를 초래한다. 상기 증착된 시즈닝층은 챔버 벽의 세라믹부에 적당히 부착되지 않기 때문에 이런 유량비에서 더 큰 수의 입자가 발생된다고 믿어진다. 그러므로 시즈닝층은 순차적 기관 처리동안 조그마한 조각으로 깨지거나 벗겨지는 경향이 있다. 열악한 접착력은 실리콘 산화물 시즈닝 막에 편입된 상대적으로 큰 수의 Si-H 본드(1.4 : 1 미만의 유량비에서) 또는 큰 수의 Si-OH 결합(2.4 : 1 이상의 유량비에서) 때문인 것으로 여겨진다.

반대로, 1.4-2.4 : 1 사이의 O<sub>2</sub> : SiH<sub>4</sub> 유량비에서, 상기 실리콘 산화물 시즈닝층은 벽의 세라믹부를 포함하여 챔버 벽에 잘 부착한다. 이런 양호한 접착력 때문에, 입자는 CVD 증착 단계(220)와 같은 챔버(13)내에서 처리되는 순차적 기판 처리 단계 동안 덜 깨지거나 벗겨진다. 감소된 입자 수는 영역(310)으로서 도 3에 도시되어 있다.

IV. 실험에 의한 결과

본 발명의 작용과 효율을 증명하기 위해, 실험은 약 1.3 : 1의 O<sub>2</sub> : SiH<sub>4</sub> 비율을 가지는 종래 처리에 따라 증착된 시즈닝 막 및 더 높은 O<sub>2</sub> : SiH<sub>4</sub> 비율을 가지는 막의 특성을 비교하여 수행된다. 각각의 실험에서, 각각의 시즈닝층에 Si-OH, Si-H 결합이 존재하는지를 검출하기 위해 퓨리에 변환 적외선 분광기(FHIR) 분석이 당업자들에게 공지된 바와 같이 수행된다. 약 1.3 : 1의 O<sub>2</sub> : SiH<sub>4</sub> 비율을 가지는 종래 막에서의 FTIR 분석 결과는 도 4a에 도시되어 있다. 도 4a에서 알 수 있는 바와 같이, Si-H 결합의 존재이 검출되었으며, 이는 막이 실리콘이 풍부하다는 것을 나타낸다. 약 2.6 : 1의 O<sub>2</sub> : SiH<sub>4</sub> 비율을 가지는 다른 시즈닝 막의 FTIR 분석 결과는 도 4b에 도시되어 있다. 도 4b에서 알 수 있는 바와 같이, Si-OH 결합의 존재가 검출되었으며, 이는 막이 산소가 풍부하다는 것을 의미한다. 도 4c는 산소가 풍부하지도 실리콘이 풍부하지도 않은 시즈닝 막의 FTIR 분석을 표시하는데, 이 막은 O<sub>2</sub> : SiH<sub>4</sub>의 비율이 1.8 : 1이 되는 처리 가스로부터 본 발명의 방법에 따라 증착된 것이다.

도 4c에 도시된 바와 같이, 상기 증착된 막에 존재하는 Si-H와 Si-OH 결합의 수는 도 4a와 도 4b에서 분석된 막의 결합 수와 비교할 때 상당히 감소되어 있다.

상기 기술된 가스 유입 속도와 실험은 8인치 웨이퍼에 적용되는 어플라이드 머티어리얼스사에 의해 제조된 울티마 HDP-CVD 챔버에서 본 발명의 시즈닝층을 형성한 것에 근거를 두고 있다. 당업자에게 이해될 수 있는 바와 같이, 다른 실시예에서 가스가 유입되는 실제 비율은 사용되는 다른 디자인 및/또는 부피를 가진 챔버가 사용된다면 변경될 수 있다. 또한, 상기 처리에서 나열된 파라미터는 여기에 개시된 바와 같이 청구범위를 제한하지 않아야 한다. 어떤 당업자는 개시된 것들과 다른 챔버 파라미터와 조건을 사용할 수 있다. 이와 같이, 상기 상세한 설명은 예시적일 뿐, 한정적이지 않다. 단순히 일례로서, 본 발명은 증착 조건을 안정화하고 더욱 안정한 시즈닝층을 증착하는 것을 도와주는 불활성 가스로서 아르곤을 사용하는 시즈닝 막 프로세스에 대한 특별한 참고로서 설명되어 있다. 다른 불활성 가스, 이를테면 헬륨이 유사한 결과를 얻는데 사용될 수 있다. 부가적으로, 현재는 바람직하지 않더라도, 다른 실시예에서 실리콘 산화물 시즈닝층에 붕소, 인 등과 같은 도펀트(Dopant)를 포함하는 것이 가능할 것이다. 그래서 본 발명의 범위는 위의 설명에 따라 결정되어서는 안되고, 균등한 전 영역을 포함하여 첨부된 청구항에 따라 결정되어야 한다.

발명의 효과

본 발명에 따라 증착된 시즈닝층은 종래의 시즈닝층보다 기판 처리 챔버의 내부의 세라믹부에 보다 양호하게 접착되어, 챔버에서의 순차적으로 증착되는 막이 기판 상에 증착되는 동안 덜 깨지거나 박편화된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

내부에 세라믹 표면을 가지는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법으로서,

상기 챔버의 상기 내부 세라믹 표면의 적어도 일부에 실리콘 산화물막을 증착하기 위해, 기판의 처리 작업 이전에, 상기 챔버내로 1.4:1 이상의 산소:실란의 유량비로 실란(SiH<sub>4</sub>) 및 산소를 함유하는 시즈닝 가스를 흘려보내고 상기 시즈닝 가스로부터 플라즈마를 형성하기 위해 상기 시즈닝 가스로부터 플라즈마를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 실리콘 산화물막의 증착 이후에, 상기 챔버에서 기판을 처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

### 청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 실리콘 산화물막은 상기 처리 가스로부터 플라즈마를 형성하기 위해 상기 시즈닝 가스에 에너지를 공급함으로써 증착되는 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

### 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 산소:실란의 유량비는 1.6:1 내지 2.2:1 사이인 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

### 청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 챔버내로 상기 시즈닝 가스를 흘려주기 이전에, 상기 챔버내에 에천트 가스를 흘려줌으로써 상기 챔버의 내부 세라믹 표면의 적어도 일부에 증착된 물질을 상기 에천트 가스와 반응시켜 세정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

### 청구항 6.

기판 상에 층을 형성하는 방법으로서,

- (a) 내부 표면을 가지는 기판 처리 챔버를 제공하는 단계;
- (b) 상기 챔버내로 에천트 가스를 유입함으로써 상기 챔버의 적어도 하나의 내부 표면을 세정하는 단계;
- (c) 이어서, 1.4:1 내지 2.4:1의  $O_2:SiH_4$ 의 유량비로 산소( $O_2$ )와 실란( $SiH_4$ )을 함유하는 시즈닝 가스를 챔버속에 유입시키는 단계;
- (d) 상기 챔버의 적어도 하나의 내부 표면의 적어도 일부 위에 실리콘 산화물막을 증착하기 위해 상기 시즈닝 가스로부터 플라즈마를 형성하는 단계;
- (e) 이어서, 상기 챔버내에 상기 하나 이상의 집적 회로가 형성될 기판을 이송하는 단계; 및
- (f) 상기 기판 위에 층을 증착하기 위해 상기 챔버내로 증착 가스를 유입하는 단계를 포함하며,

상기 내부 표면의 적어도 일부는 세라믹 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 상에 층을 형성하는 방법.

## 청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 산소:실란의 유량비는 1.6:1 내지 2.2:1 사이인 것을 특징으로 하는 기관 상에 층을 형성하는 방법.

## 청구항 8.

기관 처리 시스템으로서,

내부 표면을 가지는 진공 챔버를 형성하는 하우징;

상기 기관을 보유하기 위해 상기 하우징내에 배치되는 기관 홀더;

상기 진공 챔버내로 시즈닝 가스를 유입하는 가스 운반 시스템;

상기 가스 운반 시스템을 제어하는 제어기; 및

상기 제어기에 결합되고, 화학적 기상 증착 시스템의 동작을 명령하도록 컴퓨터 관독 가능한 프로그램이 내장된 컴퓨터 관독 가능한 매체로 이루어진 메모리를 포함하며,

상기 컴퓨터 관독가능 프로그램은,

기관 처리 작업 이전에, 상기 진공 챔버의 내부 표면의 적어도 일부 위에 실리콘 산화물막을 증착하기 위해 1.4:1 이상의 산소:실란의 유량비로 산소와 실란을 함유하는 시즈닝 가스가 상기 진공 챔버내로 흐르도록 상기 가스 운반 시스템을 제어하는 제 1 명령 세트를 포함하며,

상기 진공 챔버의 내부 표면의 적어도 일부는 세라믹 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 시스템.

## 청구항 9.

기관 처리 시스템으로서,

내부 표면을 가지는 진공 챔버를 형성하는 하우징;

상기 기관을 보유하기 위해 상기 하우징내에 배치되는 기관 홀더;

상기 진공 챔버내로 기관을 이송하고 상기 기관 홀더 위에 상기 기관을 위치시키도록 구성된 기관 이송 시스템;

상기 진공 챔버내로 시즈닝 가스를 유입하는 가스 운반 시스템;

상기 진공 챔버내로 유입된 가스로부터 플라즈마를 형성하도록 구성된 플라즈마 발생 시스템;

상기 기관 이송 시스템, 상기 가스 운반 시스템, 및 상기 플라즈마 발생 시스템을 제어하는 제어기; 및

상기 제어기에 결합되고, 화학적 기상 증착 시스템의 동작을 명령하도록 컴퓨터 관독 가능한 프로그램이 내장된 컴퓨터 관독 가능한 매체로 이루어진 메모리를 포함하며,

상기 컴퓨터 관독가능 프로그램은,

상기 진공 챔버의 상기 내부 표면을 세정하기 위해 상기 진공 챔버내로 에천트 가스가 유입되도록 상기 가스 운반 시스템을 제어하는 제 1 명령 세트;

상기 제 1 세트 명령의 실행 후 실행되며, 1.4:1 내지 2.4:1 사이의 산소:실란의 유량비로 산소 및 실란을 함유하는 시즈닝 가스가 상기 진공 챔버내로 흐르도록 상기 가스 운반 시스템을 제어하는 제 2 명령 세트;

상기 진공 챔버의 내부 표면의 적어도 일부 위에 실리콘 산화물막을 증착하기 위해 상기 시즈닝 가스로부터 플라즈마가 형성되도록 상기 플라즈마 발생 시스템을 제어하는 제 3 명령 세트;

상기 제 3 명령 세트의 실행 후 실행되며, 상기 진공 챔버에 하나 이상의 집적 회로가 형성될 수 있는 기판을 이송하고 상기 기판 홀더 위에 상기 기판이 위치되도록 상기 기판 이송 시스템을 제어하는 제 4 명령 세트; 및

상기 기판 위에 층을 증착하기 위해 상기 진공 챔버내로 증착 가스가 유입되도록 상기 가스 운반 시스템을 제어하는 제 5 명령 세트를 포함하며,

상기 진공 챔버의 내부 표면의 적어도 일부는 세라믹 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 시스템.

## 청구항 10.

세라믹 내벽을 가지는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법으로서,

기판 처리 작업 이전에, 1.4:1 내지 2.4:1 사이의 산소:실란 유량비로 실란 및 산소를 함유하는 시즈닝 가스를 상기 챔버 속에 흘려보내고 상기 시즈닝 가스로부터 플라즈마를 형성하고 상기 챔버의 상기 세라믹 내벽의 적어도 일부 위에 실리콘 산화물막을 증착하기 위해, 상기 시즈닝 가스에 플라즈마를 형성하기 위한 에너지를 인가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

## 청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 실리콘 산화물막을 증착한 후에, 상기 챔버내의 기판을 처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

## 청구항 12.

제 10 항에 있어서,

상기 챔버 내부 표면의 적어도 일부는 세라믹 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

## 청구항 13.

제 10 항에 있어서,

상기 기판 처리 챔버의 전체 내부 챔버 표면의 적어도 50%는 세라믹인 것을 특징으로 하는 기판 처리 챔버를 작동시키는 방법.

## 청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 산소:실란의 유량비는 1.6:1 내지 2.2:1 사이인 것을 특징으로 하는 기관 처리 챔버를 작동시키는 방법.

### 청구항 15.

기관을 처리하는 동안 기관을 보유하는 기관 지지체, 상기 기관 지지체 위에 위치되는 세라믹 돔 및 상기 세라믹 돔 외측에 장착되는 적어도 하나의 코일을 포함하는 내부 표면을 가지는 기관 처리 챔버를 작동시키는 방법으로서,

기관 처리 작업 이전에, 상기 코일에 RF 에너지를 제공함으로써 상기 세라믹 돔의 적어도 일부 위에 실리콘 산화물막을 증착하기 위해, 1.4:1 내지 2.4:1 사이의 산소:실란의 유량비로 실란 및 산소를 함유하는 시즈닝 가스를 상기 챔버속에 흘려 보내고 상기 시즈닝 가스로부터 플라즈마를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 챔버를 작동시키는 방법.

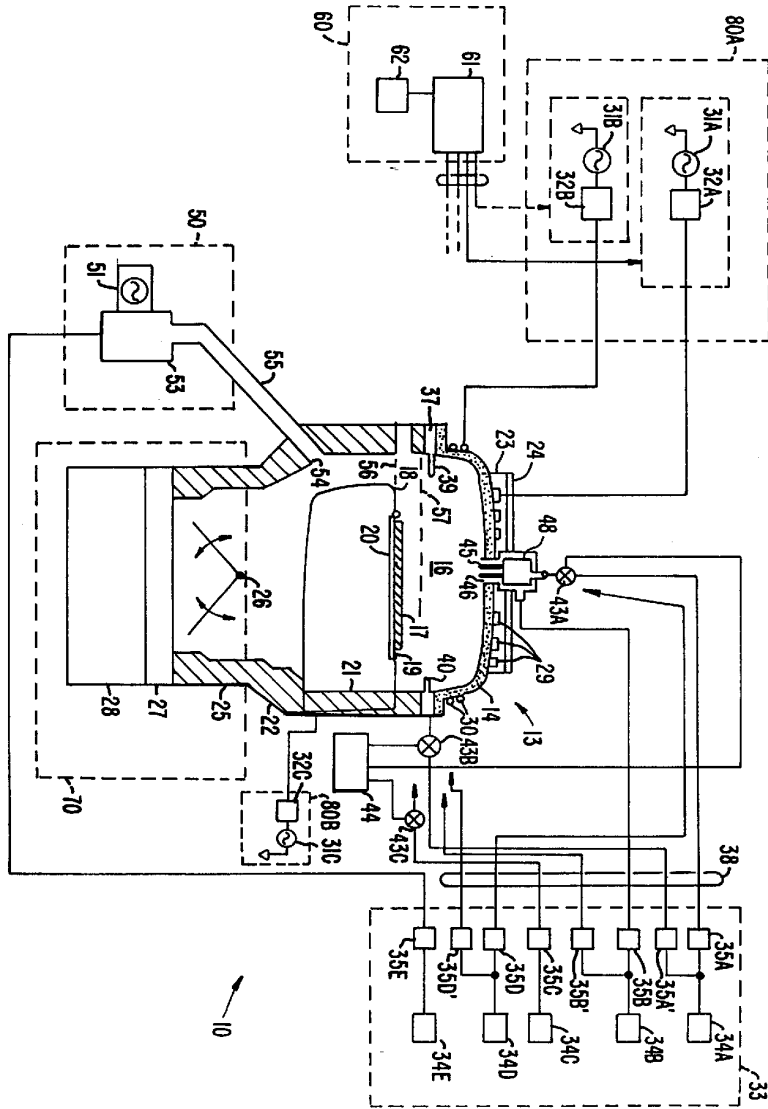
### 청구항 16.

제 18 항에 있어서,

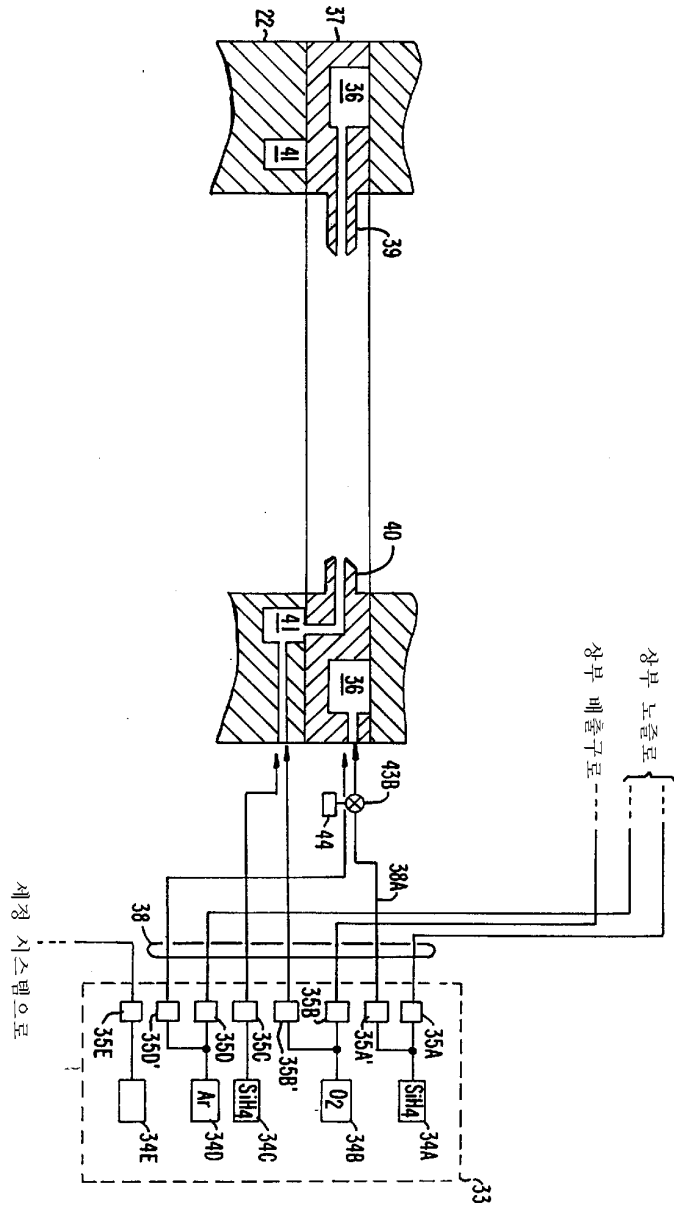
상기 산소:실란의 유량비는 1.6:1 내지 2.2:1 사이인 것을 특징으로 하는 기관 처리 챔버를 작동시키는 방법.

도면

도면1a

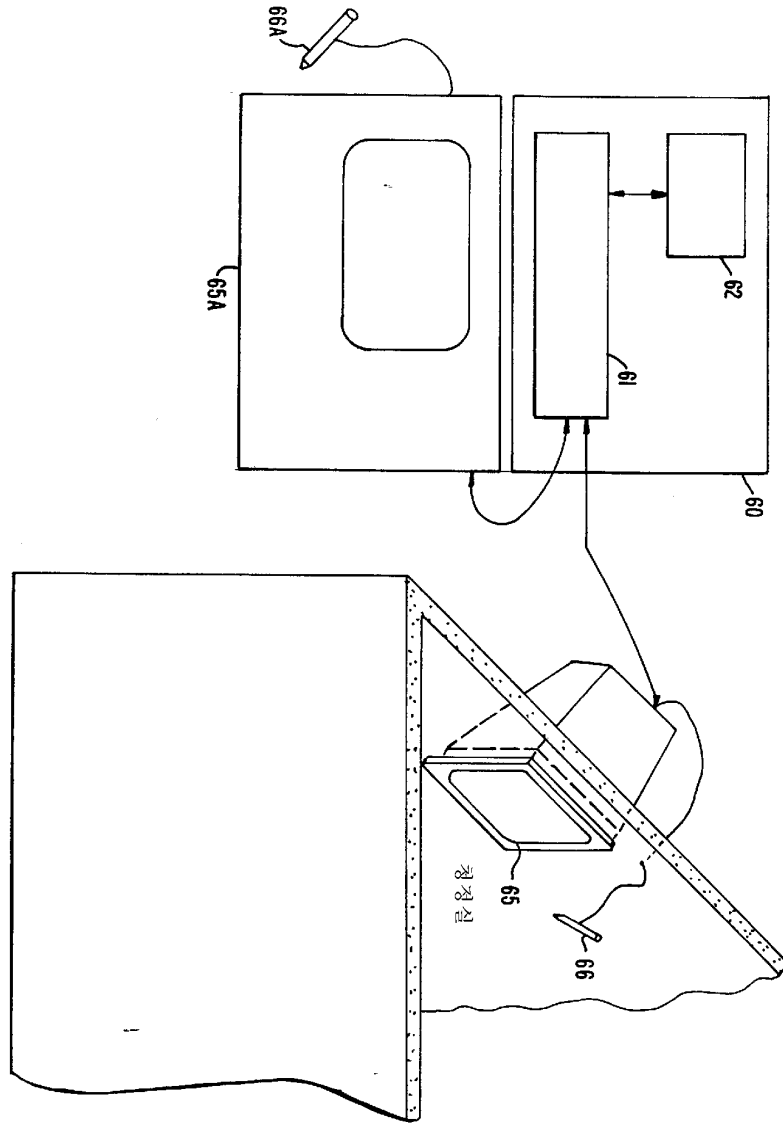


도면1b

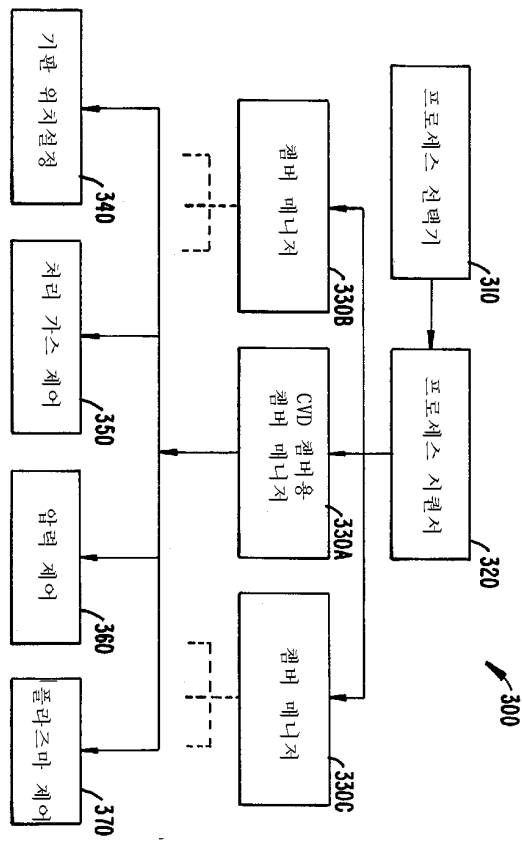




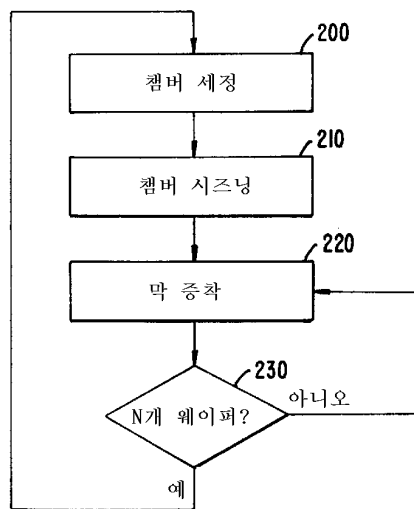
도면1c



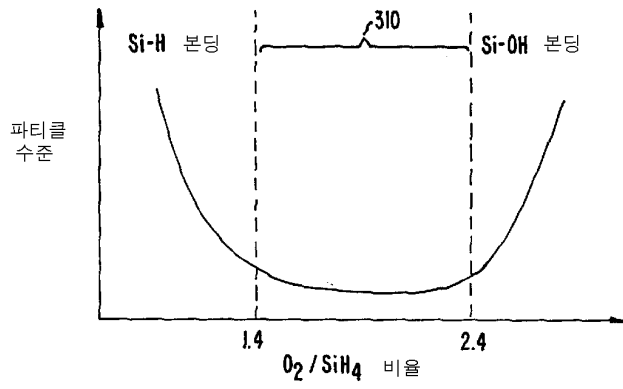
도면1



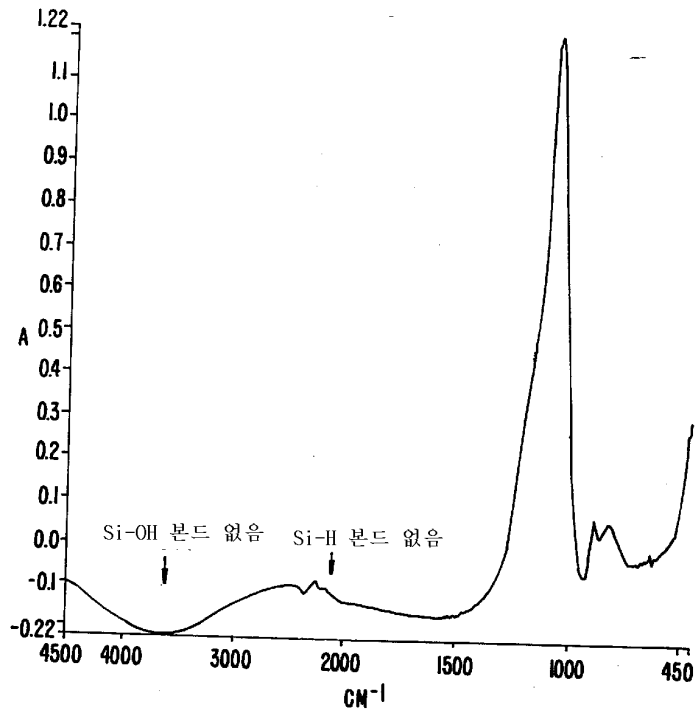
도면2



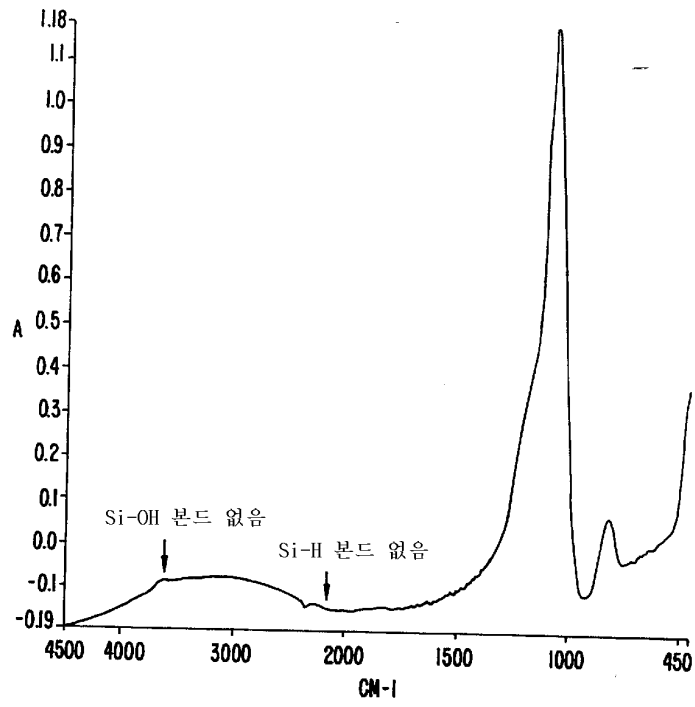
도면3



도면4a



도면4b



도면4c

