



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년03월04일  
(11) 등록번호 10-1237868  
(24) 등록일자 2013년02월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/3065 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-7000355(분할)  
(22) 출원일자(국제) 2007년01월09일  
심사청구일자 2012년01월09일  
(85) 번역문제출일자 2011년01월06일  
(65) 공개번호 10-2011-0023880  
(43) 공개일자 2011년03월08일  
(62) 원출원 특허 10-2008-7020262  
원출원일자(국제) 2007년01월09일  
심사청구일자 2008년08월19일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/000338  
(87) 국제공개번호 WO/2008/127220  
국제공개일자 2008년10월23일  
(30) 우선권주장  
11/336,178 2006년01월20일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP평성02302027 A  
US20050079692 A1  
전체 청구항 수 : 총 20 항

(73) 특허권자  
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드  
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애  
브뉴 3050  
(72) 발명자  
쿠퍼라오, 사디쉬  
미국 95129 캘리포니아 샌어제이 파이프 드라이브  
4578  
칼슨, 데이비드, 케이.  
미국 95132 캘리포니아 샌어제이 클라이트어 웨이  
4054  
(74) 대리인  
(뒷면에 계속)  
남상선, 특허법인 남앤드남

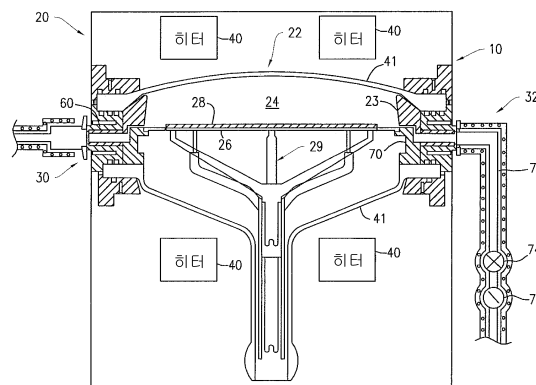
심사관 : 박귀만

(54) 발명의 명칭 막 형성 프로세스들에서 반응성 식각 및 성장 중의 인-시튜 생성 방법

(57) 요약

기관들을 처리하기 위한 반응 챔버에서 준안정 중의 형성 및 사용을 위한 방법 및 장치가 개시된다. 준안정 중은 기관의 처리 동안 인-시튜 증착 프로세스들에서 기관들의 표면을 식각하기 위해 사용될 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**백포드, 하워드**

미국 95133 캘리포니아 샌어제이 맥클린 코트 762

**산체스, 에를**

미국 95337 캘리포니아 트레이시 질 드라이브 324

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

반응 챔버에서 막-형성 프로세스 동안 웨이퍼를 처리하는 방법으로서,

상기 반응 챔버에 수소-함유 가스를 유입시키는 단계;

수소-함유 가스와 격리된 개별적인 도관에서 상기 수소-함유 가스와 자발적으로 반응하는 식각 화학제를 상기 반응 챔버에 유입시켜서, 식각 화학제와 상기 수소-함유 가스에 대한 반응 가스 농도들을 제공하는 단계;

하나 또는 복수의 반응 조건들을 제어하는 것에 의해서 상기 화학 식각제와 상기 수소-함유 가스의 자발적인 반응을 막는 단계;

상기 웨이퍼의 표면 근처에 준안정 종(metastable specie)을 형성하기 위해, 제어된 반응 조건들 하에서 상기 수소-함유 가스와 상기 식각 화학제를 반응시키기 위해서 하나 또는 복수의 반응 조건들을 조절(modulate)하는 단계; 및

후속 성장 또는 식각 반응에서 상기 준안정 종을 이용하는 단계;를 포함하고,

상기 하나 또는 복수의 반응 조건들은 부분 압력, 온도, 반응 가스 농도들 및 그 조합들로 이루어진 그룹에서 선택되는

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 수소-함유 가스는 화학제 프리커서 또는 캐리어 가스의 형태인

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 식각 화학제는 할로젠화물-함유 화학제인

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 식각 화학제는 산화성인

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 식각 화학제는 분자 형태인

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 식각 화학제는 HCl, HBr, Cl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>Cl, CCl<sub>4</sub>, NF<sub>3</sub>, F<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub> 및 이들의 조합들로 이루어진 그룹에서 선택되는

웨이퍼 처리 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 반응 챔버로 유입되는 상기 식각 화학제와 수소의 상대적 양들을 조절함으로써 상기 반응을 제어하는 단계를 더 포함하는

웨이퍼 처리 방법.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 반응 챔버에 회석 가스를 부가함으로써 상기 반응을 제어하는 단계를 더 포함하는

웨이퍼 처리 방법.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 회석 가스는 불활성 가스를 포함하는

웨이퍼 처리 방법.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 프로세스는 블랭킷 막 증착 프로세스들인

웨이퍼 처리 방법.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 프로세스는 선택적인 막 증착 프로세스들인

웨이퍼 처리 방법.

#### 청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 반응은 치환된 화학 원소들을 상기 막에 포함시키는 것을 개선하는데 사용되는

웨이퍼 처리 방법.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 치환된 화학 원소들은 탄소 또는 도펀트들을 포함하는

웨이퍼 처리 방법.

#### 청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 방법은 상기 막의 형태(morphology)를 개선하는 데에 사용되는

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 15

반응 챔버에서 막-형성 프로세스 동안 웨이퍼를 처리하는 방법으로서,

반응 농도들을 제공하기 위해서 상기 웨이퍼의 표면 근처의 개별 도관들에 자발적 반응성 화학제들을 이송하는 단계;

하나 또는 복수의 반응 조건들을 제어하는 것에 의해서 상기 자발적 반응성 화학제들의 자발적인 반응을 막는 단계로서, 상기 하나 또는 복수의 반응 조건들은 부분 압력, 온도, 반응 농도들 및 그 조합들로 이루어진 그룹에서 선택되는 단계;

상기 웨이퍼의 표면 근처에 준안정 종을 형성하기 위해, 제어된 반응 조건들 하에서 상기 화학제들을 반응시키기 위해서 하나 또는 복수의 반응 조건들을 조절하되, 상기 반응 조건들은 부분 압력, 온도, 반응 농도들 및 그 조합들로 이루어진 그룹에서 선택되는 단계; 및

후속 반응에 상기 준안정 종을 사용하는 단계;를 포함하는

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 준안정 종을 식각 프로세스에 사용하는 단계를 더 포함하는

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 준안정 종을 막 성장 프로세스에 사용하는 단계를 더 포함하는

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 화학제들은  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $SiH_4$ ,  $Si_2H_6$ ,  $Si_3H_8$ ,  $SiH_2Cl_2$ ,  $Si_2Cl_6$ ,  $Si_5H_{12}$ ,  $GeH_4$ ,  $GeCl_4$ ,  $SiCH_3$ ,  $SiC_3H_{10}$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $Cl_2$ ,  $CH_3Cl$ ,  $CCl_4$ ,  $NF_3$ ,  $F_2$ ,  $CF_4$  및 이들의 조합들로 이루어진 그룹에서 선택되는

웨이퍼 처리 방법.

### 청구항 19

반응 챔버에서 막-형성 프로세스 동안 웨이퍼 상의 막을 처리하는 방법으로서,

상기 웨이퍼의 온도를  $700^{\circ}C$  아래로 유지시키는 단계;

$Cl_2$  및 실란 반응물들을, 상기 반응 챔버에 상기 반응물들이 유입될 때까지 개별적인 도관들에서 서로로부터 격리시키는 단계;

상기  $Cl_2$  및 실란 반응물들의 자발적인 반응을 방지하기 위해 하나 또는 복수의 반응 조건들을 제어하는 단계;

상기 웨이퍼의 표면 근처에 준안정  $SiCl_x$  매개물을 형성하기 위해, 제어되는 조건들 하에서 상기 웨이퍼의 표면 근처에 상기  $Cl_2$ 와 실란을 반응시키기 위해서 하나 또는 복수의 반응 조건들을 조절하는 단계; 및

상기 준안정  $SiCl_x$  매개물을 사용하면서 상기 웨이퍼의 표면 상에 막을 증착하는 단계;를 포함하는

웨이퍼 상의 막 처리 방법.

## 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 반응 조건들 중 하나 또는 복수의 조건들은 챔버 부분 압력, 온도, 반응 농도 및 그 조합들로 이루어진 그룹에서 선택되는

웨이퍼 상의 막 처리 방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 반응성 식각 및 성장 중의 형성과 기판 상의 식각 및 증착 반응들의 조절에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] Si, SiGe, SiC 및 SiGeC를 포함하여(그러나 Si, SiGe, SiC 및 SiGeC로 한정되는 것은 아니다), 반도체 웨이퍼들과 같은 기판들 상에 형성된 막들은, 도핑 및 비도핑 형태 모두로서, 진보된 전자 부품들의 제조에 사용된다. 그러한 막들은 특정 공차들(tolerances) 이내로 제어되어야 하는, 형태 및 도핑 농도들과 같은, 다양한 특성들을 나타낸다. 지난 수십년간 전자장치들에서 나타난 발전들은, 회로 패턴 밀도들을 증가시키는 반도체 회사들의 능력의 결과이다. 이러한 패턴 밀도들이 증가함에 따라, 회로들을 제조하는데 요구되는 박막들에 대한 공차들은 더욱더 엄격해지고 있다. 따라서, 전자장치들의 지속적인 발전에 있어서는 박막들의 형성 및 그러한 막들의 최종 특성들에 대한 세심한 제어가 중요하다.

[0003] 예를 들어, 에피택셜(블랭킷 및 선택적 증착), 실리콘 막들(게르마늄, 탄소 등으로 도핑된 막들을 포함함), 폴리실리콘/비정질 막들, 및 연관된 유전체 막들(예, 이산화 실리콘, 실리콘 질화물, 탄소 도핑된 실리콘 글래스, 실리콘 탄화물 등)과 같이, 반응 챔버에서 수행되는 다양한 열적 막 증착 프로세스들에 있어서는, 수소-함유 가스 및 실리콘-함유 프리커서들이 증착 또는 막 성장 동안 사용된다. 선택적 증착을 위해, 막 성장은 식각과 동시에 또는 식각과 교대로 발생하여, 통상적인 반도체 웨이퍼 상에 존재하는 다양한 표면들 상에서 순수한(net) 증착율/성장을 차이가 달성된다. 여기서, 수소 가스 및 실리콘-함유 프리커서들은 공동-유동 모드(예를 들어,  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2$ 와 같이, 증착 및 식각 가스들이 동시에 사용되는 특정한 선택적 막 증착들), 또는 교대 모드((예를 들어  $\text{Cl}_2$ 를 이용하는) 식각에 선행하는 (예를 들어  $\text{Si}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$ 를 이용하는) 하나의 단계에서 증착이 발생함)에서, 식각 화학제들과 함께 사용되고, 목표 두께에 도달할 때까지 이러한 단계들은 임의의 횟수로 교대로 수행될 수 있다. 블랭킷/선택적 에피택셜 또는 폴리실리콘 또는 비정질 Si 증착 사이에 또는 이후에, 인-시튜 챔버는 식각 화학제들이 사용될 때 존재하는 부가 물질들을 세정한다.

[0004] 현재, 예를 들어,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HBr}$  등과 같은 주로 종래의 화학제들이 실리콘을 식각하기 위해 사용된다. 몇몇 프로세스들에서, 통상 자연적으로 산화하는 식각 화학제들과 통상 실리콘, 수소 및 캐리어 가스(통상적으로 수소를 포함하는 증착 프로세스 가스들은, 이러한 화학제들 간의 자발적인 발열 반응들(예,  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2$ )로부터 발생하는 안정성 염려로 인한 제한된 조건들 하인 경우를 제외하고는 함께 사용될 수 없거나 "비양립성(incompatibility)"이다. 또한, 이러한 비양립성 화학제들 간의 반응들은 제어하기가 어려운 경향이 있다. 더불어, 예를 들어 불소, 염소, 브롬 등과 같은 몇몇 식각 화학제들의 저감(abatement)은 이러한 화학제들을 완전히 분해하거나 저감시킬 수 없는 많은 상업적으로 이용가능한 시스템들에 있어서 문제가 될 수 있다.

[0005] 증착 및 식각 화학제들은 온도가 감소됨에 따라 그 효율을 상실하기 때문에, 선택적 막 증착 프로세스들은 저온에서 적은 성장율들을 겪는 경향이 있다. 저온(예, 약  $700^\circ\text{C}$  미만) 선택적 화학 기상 증착은 증착 및 식각의 동시적인 저온 프로세스들에서 생성되어 이들 프로세스에 효과적으로 참여하는 활성 화학제 매개물들(intermediates)을 요구한다. 선택적 막 증착을 위한 바람직한  $\text{SiCl}_x$  성장 종들은 저온들에서 용이하게 이용가능한 가스 프리커서들(예, 디클로로실란, 헥사클로로디실란 등)로부터 생성되지 않는다.  $\text{Cl}_2$ 와 수소화 실리콘 가스 프리커서들(예, 실란, 및 디실란, 트리실란, 펜타실란 등과 같은 보다 높은 차수의 실란들)의 혼합은 자발적인 반응에 의해  $\text{SiCl}_x$  매개물들을 형성하지만, 상기 혼합에 의해 생성되는 매개물들은 통상적으로 증착에 효과적이지 않다. 온도가 낮아짐에 따라 보다 강한 에천트들과 증착 화학제들이 사용될 수 있지만, 이러한 화학제

들의 반응은 감소된 온도들에서조차 제어하기 어려워, 매우 상이한 성장 및 식각 특성들을 초래한다.

[0006] 보다 반응성인 증착 프리커서가 더 낮은 온도들에서의 증착이 가능하도록 사용될 때의 선택비를 달성하기 위해, 전체 웨이퍼 표면에 대한 식각 및 증착 조건들은 이에 따라 정확히 조절되어야 한다. 선택비의 손실을 초래하여 원치 않는 영역들 상에 후속적인 증착을 초래할 수 있는 오버-식각(over-etching) 또는 언더-식각(under-etching)으로 인해 문제들이 발생할 수 있다. 식각 반응은 에천트 농도와 온도, 또는 이 둘의 조합에 의해 주로 제어된다. 많은 애플리케이션들에서, 온도에 의해 식각 반응들을 제어하는 것은 덜 바람직하며, 식각 중 농도의 증가 또는 감소는 전체 수율에 대한 부정적인 영향들과 더불어, 오버-식각, 언더-식각, 또는 심각한 웨이퍼-레벨 불균일성을 초래할 수 있다.

[0007] 따라서, 강한 식각 화학제들을 수소 및 실리콘-함유 가스들과 안전하게 반응시킬 수 있는 프로세스들 및 장치를 제공하는 것이 바람직할 것이며, 막 성장 및 식각을 위해 이러한 반응들의 생성물들을 유용하게 사용하는 것이 바람직할 것이다. 또한, 증착 및 식각을 위한 교번하는 프로세스들을 제공하고 기판들 상의 막 형성에 사용되는 챔버들에서 그러한 반응들을 제어하는 것이 바람직할 것이다.

### 발명의 내용

[0008] 본 발명의 실시예들은 반응 챔버에서 막 형성 프로세스 동안 웨이퍼를 처리하는 방법들에 관한 것이다. 상기 방법들은 웨이퍼 표면 근처에 준안정 종(metastable specie)을 형성하기 위한 조건들 하에서, 전형적으로 가스들인, 자발적인 반응성 화학제들을 웨이퍼 표면 근처에 전달하는 단계를 포함한다. 준안정 종은 막 형성, 막들의 식각 또는 막들의 선택적 증착을 위해 사용될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따라 사용되는 개별 CENTURA<sup>®</sup> 감압 CVD 장치의 개략도를 도시한다.

도 2a-2e는 본 발명의 실시예들에 따라, 도 1의 장치와 함께 사용될 수 있는 매니폴드들의 단면도들을 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 본 발명의 몇몇 예시적인 실시예들을 기술하기 이전에, 본 발명은 이하의 상세한 설명에서 기술되는 구조 또는 프로세스 단계들의 세부사항들로 제한되지 않는다는 점을 이해해야 한다. 본 발명은 다른 실시예들이 가능할 수 있고, 다양한 방식으로 수행 또는 실시될 수 있다.

[0011] 본 발명의 태양들은 기판 상에 박막들을 형성하기 위한 방법들을 제공한다. 다른 태양들은 기판의 적어도 일부 분 또는 기판 상의 막을 식각하는 것에 관련된다. 하나 또는 그보다 많은 실시예들은 증착 또는 식각을 위해 적합한 압력 또는 온도와 같은 프로세스 조건들의 순간에, 실리콘 웨이퍼에 긴밀하게 근접하거나 실리콘 웨이퍼에 인접한 반응물들의 반응과 자발적인 반응성 반응물들의 전략적 주입을 제공한다. 트랜지스터들과 같은 진보된 전자장치들의 제조를 개선하기 위해 반응 챔버에서 준안정 종을 형성하기 위한 신규한 프로세스들이 본 발명에서 기술된다.

[0012] 본 발명의 하나 또는 그보다 많은 실시예들에 따라, 반응성 식각 및 성장 종은 수소와 실리콘-소스 가스들 중 하나 또는 둘과 식각 화학제 간의 반응 조건들을 제어함으로써 형성될 수 있고, 이는 장치를 위한 주요한 핵심 설계들 및 적절한 안전 인터록들(interlocks)에 의해 가능하다. 안전 인터록들의 예들은 장치의 저압 영역에서만 혼합 및/또는 반응물들의 개별 주입을 포함한다. 반응들을 제어하고 그러한 반응기 피치들과 인터록들을 제공함으로써, 비양립성 화학제들은 반응 챔버 내부에서 조합될 수 있고 유용하게 사용될 수 있다. 특정 실시예들에서, 이러한 화학제들의 조합은 종들 자체의 분자 버전들 보다 더 반응성이거나 그렇지 않을 수 있지만, 이들이 영향을 주는 성장 또는 식각 특성들에 대해 특히 바람직한 준안정 층의 형성을 초래한다. 이러한 준안정 종들은 생명력이 짧고, 웨이퍼 표면에 인접한 반응 챔버에서 이러한 종들을 형성함으로써, 본 발명에서 추가적으로 기술되는 바와 같이 사용될 수 있다.

[0013] 또한, 하나 또는 그보다 많은 실시예들에 따라 생성되는 격렬한 반응과 반응 챔버 환경의 더 높은 반응성으로 인해, 고 산화 화학제들이 보다 무해한(benign) 반응 생성물로 거의 완전히 변환된다. 이는, 계속해서, 저감에 대한 엄격한 요건들을 완화시키고 환경적으로 보다 허용가능한 프로세스를 초래한다.

[0014] 통상의 기술자에 의해 인식될 것처럼, 현존하는 프로세스들에 따르면, 프로세스에 사용되는 식각 종들의 특정

분자 형태들의 상대적으로 낮은 반응성 때문에, 보다 많은 양의 식각 gas와 긴 식각 시간이 챔버 세정들 동안 (특히, 열적 인-시튜 챔버 세정 프로세스들에 대해) 통상적으로 요구된다. 예를 들어, HCl-계 열적 세정 프로세스들은 세정 이벤트마다 수 표준 리터들을 요구한다. 전통적인 분자 화학에 의존하는 현재의 열적 세정 프로세스들은 보다 높은 온도들을 요구한다. 대안은 훨씬 더 강한 식각 화학제들(예,  $Cl_2$ )을 사용하는 것이지만, 더 강한 식각 화학제들을 사용하는 것의 단점은 식각 전력이 제어되지 않는 한 반응기 부품들의 수명이 감소된다는 것이다. 본 발명의 실시예들에 따라, 수소 및 그러한 강한 식각 화학제들의 인-시튜 조합물들은 보다 빠르지만 제어되는 식각 프로세스들을 가능하게 한다. 그러한 프로세스들은 많은 양의, 반응성이 약한 전통적인 에천트들의 사용을 감소시킬 것이고, 결과적으로 반응기 부품들의 수명을 더 길게 유지시킬 수 있는 가능성을 가지면서도 저감(abatement) 및 환경 문제들을 감소시킬 것이다.

[0015] 본 발명의 하나 또는 그보다 많은 실시예들에 따라, 열적 식각 및 막 형성 반응들은 수소 gas 및/또는 실리콘-함유 gas와 함께 진술한 식각 화학제들을 조합함으로써 인-시튜 변형될 수 있다. 진술한 바와 같이, 수소 및/또는 실리콘-함유 gas와 식각 화학제들을 조합함으로써, 종 자체의 개별 분자 버전들로부터 형성된 것들보다 더 바람직한 특정한 준안정 종이 형성된다. 그러한 반응들의 사용은 선택적 실리콘 함유 막들과 같은 복합 막들의 증착과 연관된 정상적인 트레이드-오프(trade-off)들을 처리함에 있어서 큰 융통성(flexibility)을 제공할 수 있다. 예를 들어, 요구되는 보다 낮은 온도들에서 높은 성장율들을 허용하는 특정 실리콘 소스 화학제들은 컨포멀리티(conformality), 형태(morphology), 및 균일성과 같은 막 특성들을 희생시킨다. 이러한 실리콘-함유 가스들을 식각 화학제들과 인-시튜로 반응시킴으로써, 동시적인 높은 성장율과 양호한 막 특성들에 대한 프로세스 윈도우들이 달성될 수 있다.

[0016] 이하의 명세서를 위해, 막 형성 프로세스는 처리 챔버로의 기판 삽입과 처리 챔버로부터의 기판 추출 사이의 처리 주기로 지칭되는 전체 시간 주기에 걸친다. 단일 프로세스는 하나 또는 그보다 많은 단계들을 포함할 수 있고, 예를 들어 프로세스는 예비-세정/표면 컨디셔닝 단계, 막 증착 단계, 및 냉각 단계를 포함할 수 있다. 본 발명은 예를 들어, Si, SiGe, SiC(탄소 도핑된 실리콘) 및 SiGeC(도핑 또는 비도핑 형태)와 같은 에피택셜 및 폴리실리콘/비정질 막 증착 프로세스들에 적용될 수 있고, 다른 프로세스들에 폭넓게 적용될 수 있다.

[0017] 본 발명에서 기술된 성장 및 식각 프로세스들은 캘리포니아, 산타클레라의 어플라이드 머티어리얼스 사로부터 이용가능한 CENTURA<sup>®</sup> Reduced Pressure CVD 시스템에서 수행될 수 있다. CENTURA<sup>®</sup> 시스템은 단일 웨이퍼, 멀티-챔버, 모듈형 설계를 사용하는 완전 자동 반도체 제조 시스템으로서, 광범위한 웨이퍼 크기들을 수용한다. CVD 챔버와 더불어, 다중 챔버들은 예비-세정 챔버, 웨이퍼 오리엔티어(orienter) 챔버, 냉각 챔버, 및 독립적으로 작동되는 로드락 챔버를 포함할 수 있다. 본 발명에서 제공된 CVD 챔버가 도 1에 개략적으로 도시되지만, 산업상 이용가능한 임의의 CVD 챔버들이, 다른 프로세스 파라미터들에 대한 일부 조절과 함께, 본 발명에서 기술된 증착, 성장, 조절 및 식각 화학제들의 장점을 이용할 수 있어야 한다. 도 1의 개략도에 도시된 설비는 Anderson 등의 미국특허번호 제5,108,792호에서 보다 상세히 기술되며, 그 전체 내용들은 이러한 인용에 의해 본 발명에 포함된다. 장치(10)는 증착 영역(24)을 규정하는 주변 벽(23)을 가진 증착 챔버(22)를 둘러싸는 하우징(20)을 포함한다. 증착 챔버(22)내의 홀더(26)는 증착 영역(24)에 기판(28)을 홀딩할 수 있다. 홀더(26)는 증착된 막의 균일성을 개선하도록 기판(28)을 회전시키기 위해 제공되는 구동 어셈블리(29)를 선택적으로 포함한다. 가스 입구 도관(30)은 증착 영역(24)에 프로세스 가스를 제공하고, 배기 가스 도관(32)은 증착 영역(24)으로부터 프로세스 가스 부산물들을 배기한다.

[0018] 하우징(20) 내 히터(40)는 기판 홀더(26)에 의해 홀딩되는 기판(28)을 가열하기 위해 제공된다. 히터(40)는 상부 및 하부 석영 돔들(41)을 통해 증착 영역(24)을 복사적으로(radiantly) 가열하고, 인용에 의해 본 발명에 포함되는, Anderson 등의 미국특허번호 제5,179,677호에 기술된 타입의 대칭형 히터인 것이 바람직하다.

[0019] 가스 배기 도관(32)은 배기 라인(72)을 증착 챔버(22)에 접속시키는 배기 매니폴드(70)를 포함하는 것이 바람직하다. 배기 라인(72)은 분리 밸브(74) 및 그 내부의 압력 제어 밸브(76)를 갖는다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따라, 비양립성 또는 자발적 반응성 가스들(예, 실리콘 수소화물과  $Cl_2$ 와 같은 강한 식각 가스)이 의도적으로 선택되고 서로 분리된 다음, 개별적으로 반응 챔버로 유입되어, 웨이퍼 표면에 긴밀하게 인접하여, 활성이지만 짧은 생명력의 화학제 매개물들을 생성한다. 개별적인 이송 도관들에서의 반응물들의 분리는 이른(pre-mature) 재결합과 목표되지 않은 부반응들에 의한 화학제 매개물들의 비활성화와 조기 형성을 방지한다. 동시적으로 또는 교대로 수행될 수 있는, 반응기로의 반응물들의 특정한 공간적 및 시간적 주입은 웨이퍼 상부 또는 웨이퍼에 인접한 위치에서만 반응들을 개시시킨다. 특정한 증착 및 식각 프로세스들에 적합한 시



간과 조건들도 제어될 수 있다.

[0021] 전술한 실시예들의 실시를 위해 적합한 장치는 미국특허번호 제5,482,739호 및 미국특허번호 제6,159,866호에 기술되어 있고, 이 두 특허의 전체 내용들은 인용에 의해 본 발명에 포함된다. 이제 도 2a를 참조하면, 가스 입구 도관은 전용 에천트 가스 공급 라인(30a)과 별도의 수소 및 실리콘 함유 가스 공급 라인(30b)을 포함하는 것이 바람직하다. 공급 라인들(30a, 30b)은 증착 영역(24)에 인접한 가스들을 결합하는 입구 가스 매니폴드(60)에서 결합된다. 증착 영역(24)에 인접한 가스들의 결합은 비양립성 반응 가스들의 이온 반응을 제한한다. 증착 영역에서만 비양립성 가스들의 반응을 가능하게 하는 바람직한 가스 입구들에 대한 추가의 비-제한적 예들이 도 2b-2e에 도시된다.

[0022] 선택적 CVD를 위한 적절한 증착 및 식각 화학제들과 공지된 CVD 막 타입들에 대한 비-제한적 예들은 아래의 표 1에 열거된다. 본 발명의 실시예들로서, 증착 및 식각 화학제들의 몇몇은 비양립성이지만, 웨이퍼의 근접 부근에서만 혼합되도록 의도적으로 선택된다.

[0023] [표 1]

[0024]                      선택적 CVD 막                                      증착 및 식각 화학제들

Epi & Poly SiGe	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SiH <sub>4</sub> , Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , Si <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , Si <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> , Si <sub>5</sub> H <sub>12</sub> , GeH <sub>4</sub> , GeCl <sub>4</sub>	HCl, HBr, Cl <sub>2</sub> , NF <sub>3</sub> , F <sub>2</sub>
Epi & Poly Silicon	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SiH <sub>4</sub> , Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , Si <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , Si <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> , Si <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	HCl, HBr, Cl <sub>2</sub> , NF <sub>3</sub> , F <sub>2</sub>
Epi & Poly SiGe <sub>x</sub> Cy	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SiH <sub>4</sub> , Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , Si <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , Si <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> , Si <sub>5</sub> H <sub>12</sub> , GeH <sub>4</sub> , GeCl <sub>4</sub> , SiCH <sub>4</sub> , SiC <sub>3</sub> H <sub>10</sub>	HCl, HBr, Cl <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> Cl, CCl <sub>4</sub> , NF <sub>3</sub> , F <sub>2</sub> , CF <sub>4</sub>
Epi & Poly SiC <sub>x</sub>	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , SiH <sub>4</sub> , Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , Si <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , SiH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , Si <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> , Si <sub>5</sub> H <sub>12</sub> , SiCH <sub>4</sub> , SiC <sub>3</sub> H <sub>10</sub>	HCl, HBr, Cl <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> Cl, CCl <sub>4</sub> , NF <sub>3</sub> , F <sub>2</sub> , CF <sub>4</sub>

[0025]

[0026] 구체적으로는, 본 발명의 실시예들은, 도 1에 기술된 것과 같은 단일-웨이퍼 램프-가열 열적 반응 챔버에서, 염소, 브롬, 불소, 또는 요오드와 같은 강산화 또는 식각 화학제들과 수소-함유 및/또는 실리콘-함유 가스를 결합 또는 반응시키기 위해 사용되는 방법 및 장치에 관한 것이다. 예를 들어, Cl<sub>2</sub> + SiH<sub>4</sub>의 반응은 여기된 상태들에서 짧은 생명력의 SiCl<sub>x</sub> 및 HCl을 생성한다. 그러한 방법들과 반응 챔버들은 예를 들어, 실리콘-함유, 게르마늄-함유, 또는 탄소-함유(또는 이들의 조합들) 막 증착들을 위한 다양한 막 형성 프로세스들 또는 그러한 프로세스들에 후속하는 인-시튜 열적 챔버 세정을 위해 사용될 수 있다. 이러한 막들은 진보된 소자들의 형성을 위해 기술적으로 중요한, 붕소, 비소, 인 또는 다른 적절한 p타입 또는 n타입 도펀트들로 도핑되거나 도핑되지 않을 수 있다.

[0027] 하나 또는 그보다 많은 실시예들에서, (독립적인 소스 가스로서, 또는 특정한 프리커서 화합물들을 운반하는 캐리어 가스로서의) 수소-함유 가스는 웨이퍼 표면에 인접한 준안정 종을 형성하기 위해 제어되는 조건들하에서 (Cl<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub> 또는 I<sub>2</sub>와 같은) 분자 식각 화학제들과 함께 반응 챔버에 동시적으로 주입된다. 성장 및 식각을 위한 반응 경로들에서 크게 변화하는 다양한 준안정 종들이 생성될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 따라, 수소-함유 가스는 200℃ 초과 및 감소된 압력들(예, 200 Torr 아래)에서 그리고 가변하는 조성들(0% 수소 내지 100% 수소, 혼합물의 나머지는 염소로 이루어짐)에서, 웨이퍼 표면에 인접한 염소와 결합되어 증착 및 식각과 같은 다양한 프로세스들에 사용될 수 있는 준안정 종들을 형성한다.

[0028] 수소-함유 가스와 식각 가스의 반응은 준안정 종을 형성하도록 반응을 야기하기에 충분한 온도로 웨이퍼를 가열 함으로써 저압들에서 개시 또는 촉매된다. 가열된 웨이퍼는 반응을 위한 초기 소스로서 사용되기 때문에, 준안

정 중 반응은 웨이퍼 표면에 긴밀하게 인접하여 그리고 저압들에서만 발생하도록 이루어진다. 반응 가스 농도와 부분 압력들은 챔버 내에 자발적인 및 완전한 반응을 방지하기 위해 제어된다. 반응 동안 미리 결정된 값 이하에서 반응 가스 혼합물의 챔버 부분 압력을 유지함으로써, 바람직하지 않은 재결합을 완성하기 이전에 웨이퍼 상에서 막 성장 및 식각을 위한 준안정 종을 형성하기 위해 임의의 반응 가스 농도가 사용될 수 있다.

[0029] 특히, 준안정 종들에 의한 식각을 수반하는 프로세스들에 관련된 실시예들에서, 식각 농도를 조절하기 위해 적어도 2개의 방법들이 사용될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 수소 및, 염소와 같은, 식각 가스의 상대적 조성이 조절된다. 다른 실시예에서는, 식각 프로세스를 제어하기 위해, 예를 들어 질소 또는 아르곤과 같은 부가적인 불활성 가스들을 주입함으로써 조성이 희석될 수 있다. 부가적으로, 프로세스 압력과 유량들은 추가적인 조정성(tunability)을 허용하도록 변화될 수 있다.

[0030] 도 3은 프로세스 가스들의 비율 조절의 영향과 실리콘 증착율에 대한 영향을 도시한다. 도 3은 6개의 상이한 프로세스 조건들에 대한 정규화된 실리콘 증착율의 그래프이다. 도 3의 각각의 데이터 지점들은, 각각의 데이터 지점에 대해 아래에서 지정될 때를 제외하고는, 실리콘 막의 증착을 위한 일반적인 증착 조건들을 이용하여 어플라이드 머티어리얼스 Epi RP Centura® 반응기에서 생성되었다. 각각의 데이터 지점에 대해, 프로세스 가스의 비율 및/또는 조성은 증착율에 대한 영향을 결정하기 위해 조절되었다. 도 3의 데이터 지점들 1-4에 대해, 증착은 약 620℃의 온도 및 10 Torr의 압력에서 수소 캐리어 가스를 이용하여 수행되었다. 실리콘 소스 가스는 각각의 데이터 지점에 대해 동일하였다. 데이터 지점 1에 대해, 수소: 염소: 실리콘의 유동 비율은 15.4: 0: 0.0025이었다. 데이터 지점 2에 대해, 염소 및 수소 가스는 데이터 지점 1에서의 조건들을 이용하여 형성된 막을 식각하기 위해 기판 근처에 유입되었다. 데이터 지점 2에 대해, 식각 동안 수소: 염소: 실리콘 소스 가스의 유동 비율은 15: 0.01: 0이었다. 조건 3에서, 염소 및 질소는 데이터 지점 1에 따른 프로세스 조건들을 이용하여 형성된 막을 식각하는데 사용되었다. 데이터 지점 3에서, 수소: 염소: 실리콘 가스 비율은 0: 0.01: 0이었다. 조건 4에서, 염소는 데이터 지점 1에 따라 유동된 증착 가스들과 함께 유동되었다. 데이터 지점 4에서 수소: 염소: 실리콘 소스 가스의 비율은 15.4: 0.01: 0.0025이었다.

[0031] 데이터 지점 5 및 6에 대해, 증착은 570℃의 온도와 10 Torr의 압력에서 질소 캐리어 가스를 이용하여 수행되었다. 데이터 지점 5에 대해, 실리콘 막은 0.4: 0: 0.0025의 유동 비율로 수소: 염소: 실리콘 소스 가스들을 유동시킴으로써 증착되었다. 데이터 지점 6에서, 염소는 0.4: 0.015: 0.0025의 수소: 염소: 실리콘 소스 가스의 유동 비율에서 데이터 지점 5를 생성하기 위해 사용된 증착 가스들과 함께 공동 유동되었다. 물론, 통상의 기술자는 이러한 데이터 지점들이 단순히 예시적인 것이며 보다 넓은 범위의 유동 비율들, 온도들, 압력들 및 다른 변수들이 본 발명의 범위 내에 있다는 것을 용이하게 인식할 것이다. 도 3에서 도시된 데이터는 프로세스 가스들의 유동 비율을 변화시키는 것이 실리콘에 대한 증착률에 미치는 효과를 도시한다.

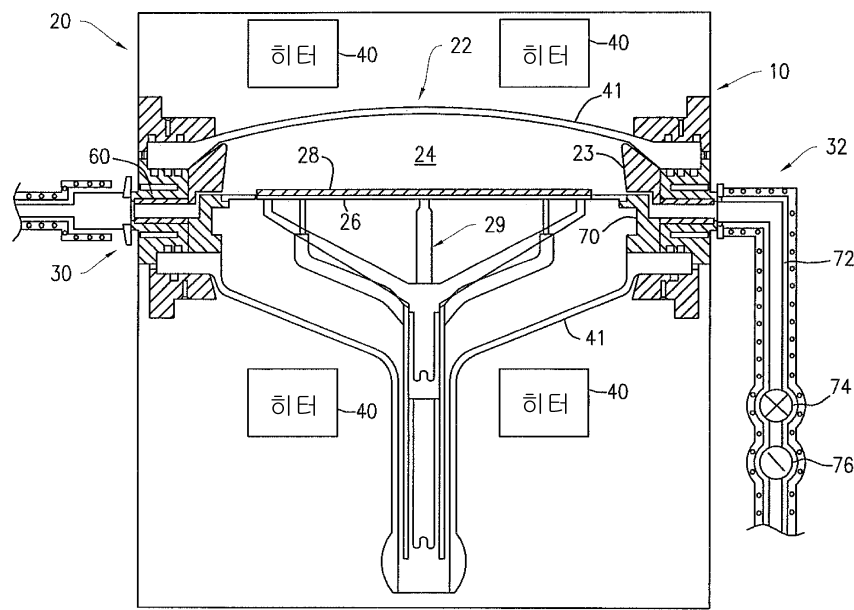
[0032] 다른 비양립성 화학제들간의 반응들은 단일-웨이퍼 램프-가열 열적 반응 챔버에서 제어될 수 있고, 여기서 내부 표면 온도 및 웨이퍼 온도는 급속한 조절을 받을 수 있다. 온도가 공급 가스들을 균열 또는 분해시키기에 충분하지 않도록 차가운 상태들 하에서 반응기로 가스들이 공급되는 그러한 단일-웨이퍼 반응기들은, 준안정 종들이 반응기 내부에서 웨이퍼 표면에 인접하여 또는 웨이퍼 표면에서 생성될 수 있다는 유연성을 제공한다. 따라서, 본 발명의 준안정 종 생성 반응은 "표면 촉매화"된 것으로 일컬어 지는데, 이는 웨이퍼의 가열된 표면이 상기 반응을 발생시키기 위해 필요하긴 하지만, 준안정 종을 형성하는 반응에서 소모되지는 않기 때문이다.

[0033] 더욱이, 가열을 위해 램프들을 사용하는 급속 가열 반응기에서, 준안정 종을 형성하기 위한 반응들은 웨이퍼 온도와 서셉터들, 라이너들 또는 돔들과 같은 반응기 내의 다른 가열 표면들의 온도를 상승 또는 감소시킴으로써 신속하게 제어될 수 있다. 이는 이러한 반응들의 시작 및 종료 뿐만 아니라 세기를 조절하기 위한 편리한 방법을 제공한다. 또한, 램프 가열은 이러한 반응들을 조절하기 위한 부가적인 에너지를 공급하고, 반응들 중 일부는 램프들에 의해 제공되는 열 에너지와 더불어 감광성이다. 램프 복사는 적외선 램프들 뿐만 아니라 자외선(UV 또는 VUV 범위의 100-400nm 파장) 범위의 광범위한 램프들에 의해 공급될 수 있다. UV 광은 분자 식각 화학제들이 더 적은 수소 가스로 또는 수소 가스 없이 더 낮은 온도들에서 분해되어 유사한 장점들을 유도할 수 있다는 점에서 부가적인 장점을 제공한다.

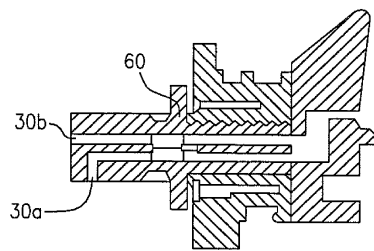
[0034] 본 발명은 여기서 특정한 실시예들을 참조로 기술되었지만, 이러한 실시예들은 단순히 본 발명의 원리들과 애플리케이션들의 예시라는 점을 이해해야 한다. 본 발명의 사상과 범위를 벗어남이 없이 다양한 변형들과 변화들이 본 발명의 방법에 대해 이루어질 수 있다는 것은 통상의 기술자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구범위와 그 등가물들의 범위 내에 있는 변형들과 변화들을 포함하는 것으로 의도된다.

도면

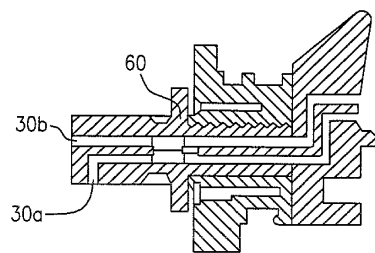
도면1



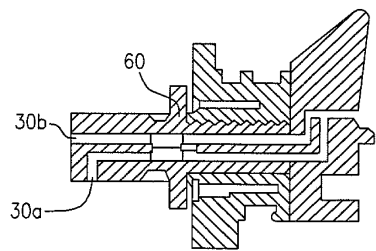
도면2a



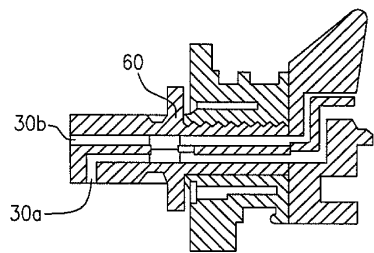
도면2b



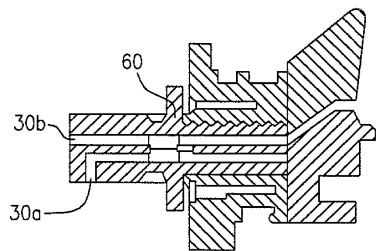
도면2c



도면2d



도면2e



도면3

