



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0103992  
(43) 공개일자 2011년09월21일

(51) Int. Cl.

H01L 21/265 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7015274

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년12월03일  
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년07월01일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/066549

(87) 국제공개번호 WO 2010/065718  
국제공개일자 2010년06월10일(30) 우선권주장  
12/328,096 2008년12월04일 미국(US)

(71) 출원인

베리안 세미콘덕터 이큅먼트 어소시에이츠, 임크.  
미국 01930 매사추세츠주 글로스터 도리 로드 35

(72) 발명자

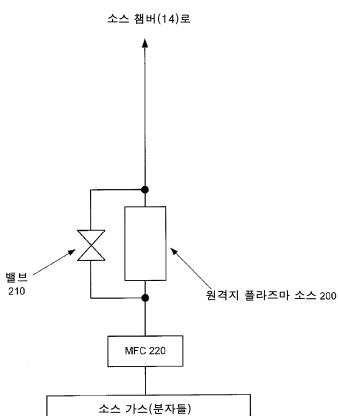
구, 본옹  
미국 01810 메사추세츠 앤도버 쥬니퍼 로드 41  
벤베니스트, 빅터, 엠.  
미국 98635 워싱턴 라일 박스 674  
(뒷면에 계속)(74) 대리인  
특허법인에이아이피

전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 이온 주입 제어를 위한 여기된 가스 분사

**(57) 요 약**

여기된 및/또는 원자 가스 분사를 이용하는 이온 소스가 개시되어 있다. 이온 빔 응용에서는, 소스 가스가 전통적으로 공급될 경우에 소스 가스가 직접 이용될 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 소스 가스는 이온 소스 챔버로 도입되기 전에 원격지 플라즈마 소스를 통과시킴으로써 변경될 수 있다. 이것은 여기된 중성자들, 무거운 이온들, 준안정 분자를 또는 다중 하전된 이온들을 생성하기 위해 이용될 수 있다. 또 다른 실시예에서는 다수의 가스들이 이용되고, 하나 이상의 가스들이 원격지 플라즈마 발생기를 통과하게 된다. 어떤 실시예들에서는, 가스들이 이온 소스 챔버로 공급되기 전에 단일 플라즈마 발생기에서 결합된다. 플라즈마 침지 응용들에서는, 하나 이상의 추가적인 가스 분사 위치들을 통해 플라즈마가 처리 챔버로 분사된다. 이 분사 위치들은 처리 챔버 외부의 원격지 플라즈마 소스들에 의해 생성된 추가적인 플라즈마의 유입을 가능하게 한다.

**대 표 도 - 도5**

(72) 발명자

룰런드, 크리스토퍼, 에이.

미국 01966 메사추세츠 락포트 헤이필드 레인 3

채니, 크레이그, 알.

미국 01966 메사추세츠 레인스빌 워싱턴 스트리트  
1133

싱클레어, 프랭크

미국 02170 메사추세츠 퀸시 로얄 스트리트 14

바솜, 네일, 제이.

미국 01982 메사추세츠 해밀턴 에코 코브 로드 260

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

이온 소스 챔버를 형성하는 이온 챔버 하우징으로서, 분자들이 하나 이상의 입구들을 통해 상기 하우징에 진입하는, 상기 이온 챔버 하우징;

원격지 플라즈마 발생기와 연통 상태에 있는 가스 소스; 및

상기 입구들 중의 하나와 연통 상태에 있는 출력을 갖는 상기 원격지 플라즈마 발생기로서, 상기 발생기는 상기 이온 챔버로의 전달 전에 상기 가스 소스에 의해 공급되는 가스를 변경된 상태로 변형시키는, 상기 원격지 플라즈마 발생기를 포함하는, 이온 소스.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 가스 소스를 상기 입구들 중의 하나에 연결하는 우회 밸브를 더 포함하는, 이온 소스.

### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 입구들 중의 하나와 연통 상태에 있는 출력을 가지는 제 2 플라즈마 발생기와 연통 상태에 있는 제 2 가스 소스를 더 포함하고, 상기 제 2 발생기는 상기 이온 챔버로의 전달 전에 상기 제 2 가스 소스에 의해 공급되는 가스를 변경된 상태로 변형시키는, 이온 소스.

### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 제 2 가스 소스를 상기 입구들 중의 하나에 연결하는 우회 밸브를 더 포함하는, 이온 소스.

### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 원격지 플라즈마 발생기와 연통 상태에 있는 제 2 가스 소스를 더 포함하는, 이온 소스.

### 청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 원격지 플라즈마 소스는 마이크로파 플라즈마 소스, 헬리콘 소스, 유도 결합 플라즈마(ICP : inductively-coupled plasma) 소스, 용량 결합 플라즈마 소스, 중공 캐소드(HC : hollow-cathode) 소스, 및 필라멘트 기반 플라즈마 소스로 구성되는 그룹으로부터 선택되는, 이온 소스.

### 청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 원격지 플라즈마 소스는 간접 가열식 캐소드를 갖는 안티 챔버(antechamber)를 포함하는, 이온 소스.

### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 안티 챔버는 하우징을 포함하고, 상기 안티 챔버 하우징의 상단부 표면은 상기 이온 챔버 하우징의 하부 표면을 포함하는, 이온 소스.

### 청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 안티 챔버의 상기 상단부 표면은 변경된 분자들이 상기 이온 챔버 하우징으로 통과하도록 하는 개구들을 포함하는, 이온 소스.

#### 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 이온 소스 챔버 내에 이온들을 구속하기 위하여 자기장이 이용되고, 안티 챔버는 상기 자기장을 이용하는, 이온 소스.

#### 청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 안티 챔버 내의 압력은 상기 이온 소스 챔버 내의 압력보다 더 큰, 이온 소스.

#### 청구항 12

이온 소스로부터의 특정 이온 종의 이온 전류 출력을 향상시키는 방법으로서,

이온 소스 챔버를 형성하는 이온 챔버 하우징으로서, 분자들이 하나 이상의 입구들을 통해 상기 하우징에 진입하는, 상기 이온 챔버 하우징; 원격지 플라즈마 발생기와 연통 상태에 있는 가스 소스; 및 상기 입구들 중의 하나와 연통 상태에 있는 출력을 갖는 상기 원격지 플라즈마 발생기로서, 상기 발생기는 상기 이온 챔버로의 전달 전에 상기 가스 소스에 의해 공급되는 가스를 변경된 상태로 변형시키는, 상기 원격지 플라즈마 발생기를 포함하는 이온 소스를 공급하는 단계; 및

상기 이온 소스에 전달되는 변경된 분자들을 생성하기 위하여 상기 원격지 플라즈마 발생기를 급전하는 단계를 포함하는, 이온 소스로부터의 특정 이온 종의 이온 전류 출력을 향상시키는 방법.

#### 청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 원격 플라즈마 발생기는 더 무거운 중성자 종을 생성하기 위하여 상기 이온 소스보다 더 높은 압력에서 동작되는, 이온 소스로부터의 특정 이온 종의 이온 전류 출력을 향상시키는 방법.

#### 청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 특정 이온 종은 더 무거운 이온 종을 포함하는, 이온 소스로부터의 특정 이온 종의 이온 전류 출력을 향상시키는 방법.

#### 청구항 15

청구항 12에 있어서,

상기 원격지 플라즈마 발생기는 더 많은 여기된 그리고 과편화된 중성자 종을 생성하기 위하여 상기 이온 소스보다 높은 전력에서 동작되는, 이온 소스로부터의 특정 이온 종의 이온 전류 출력을 향상시키는 방법.

#### 청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 특정 이온 종은 단원자 이온 종 및 다중 하전된 이온 종을 포함하는, 이온 소스로부터의 특정 이온 종의 이온 전류 출력을 향상시키는 방법.

#### 청구항 17

플라즈마 처리 시스템 내에서 중성자 분자들 및 플라즈마 쌍방의 균일성을 향상시키는 방법으로서,

그 내부에 배치된 작업물을 갖는 챔버; 분자들이 상기 챔버로 전달되도록 하는 복수의 입구들; 상기 분자들을 플라즈마로 변형하도록 구성된 플라즈마 발생기; 원격지 플라즈마 발생기와 연통 상태에 있는 가스 소스; 및 상기 복수의 입구들 중의 하나와 연통 상태에 있는 출력을 갖는 상기 원격지 플라즈마 발생기를 포함하는 플라즈마 처리 시스템을 공급하는 단계;

상기 복수의 입구들 중의 상기 하나에 전달되는 변경된 분자들을 생성하기 위하여 상기 원격지 플라즈마 발생기를 급전하는 단계를 포함하는, 플라즈마 처리 시스템 내에서 중성자 분자들 및 플라즈마 쌍방의 균일성을 향상시키는 방법.

## 청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 챔버 내에서 중성자들 및 이온 종 쌍방의 균일성을 제어하기 위하여 상기 입구들의 각각으로의 상기 변경된 분자들의 유동을 조절하는 단계를 더 포함하는, 플라즈마 처리 시스템 내에서 중성자 분자들 및 플라즈마 쌍방의 균일성을 향상시키는 방법.

## 명세서

### 배경기술

[0001]

이온 주입기들은 반도체 웨이퍼들의 제조 시에 통상적으로 이용된다. 이온 소스(source)는 하전된 이온(charged ion)들의 빔을 생성하기 위해 이용되고, 이 빔은 이후에 웨이퍼를 향해 보내진다. 이온들이 웨이퍼를 타격할 때, 이온들은 충격의 영역에서 전하(charge)를 나누어준다. 이 전하는 웨이퍼의 그 특정 영역이 적절하게 "도핑"되도록 한다. 도핑된 영역들의 구성은 그 기능을 정의하고, 도전성 상호접속들의 이용을 통해, 이 웨이퍼들이 복잡한 회로들로 변형될 수 있다.

[0002]

대표적인 이온 주입기(1)의 블력도가 도 1에 도시되어 있다. 전력 공급 장치(2)는 이온들의 발생을 가능하게 하기 위하여 요구되는 에너지를 이온 소스(3)에 공급한다. 이온 소스(3)는 희망하는 종(species)의 이온들을 발생시킨다. 일부 실시예들에서, 이 종들은 높은 에너지의 주입 응용들에 대해 가장 적합한 단원자(monatomic)들이다. 다른 실시예들에서, 이 종들은 낮은 에너지의 주입 응용들에 더욱 적합한 분자(molecule)들이다. 이온 소스(3)는 이온들이 통과할 수 있는 개구를 가진다. 이 이온들은 전극들(4)에 의해 개구로 그리고 개구를 통해 당겨진다. 이 이온들은 빔(95)으로 형성되고, 그 다음으로, 질량 분석기(6)를 통과한다. 분해 개구(resolving aperture)를 갖는 질량 분석기(6)는 이온 빔으로부터 원하지 않는 성분들을 제거하기 위해 이용되어, 분해 개구를 통과하는 희망 에너지 및 질량 특성들을 갖는 이온 빔을 얻는다. 다음으로, 희망하는 종들의 이온들이 하나 이상의 전극들을 포함할 수 있는 감속 스테이지(deceleration stage)(8)를 통과한다. 감속 스테이지의 출력은 발산하는 이온 빔이다.

[0003]

보정기 자석(corrector magnet)(13)은 발산하는 이온 빔을 실질적으로 평행한 케도들을 갖는 빔렛(beanlet)들의 세트(set)로 편향시키도록 구성된다. 바람직하게는, 보정기 자석(13)은 자석 코일과, 이온 빔렛들이 통과하는 간극(gap)을 형성하기 위해 이격되어 있는 자극편(magnetic pole piece)들을 포함한다. 코일은 간극 내에서 자기장을 생성하도록 급전되고, 이 자기장은 인가된 자기장의 강도 및 방향에 따라 이온 빔렛들을 편향시킨다. 자기장은 자석 코일을 통해 전류를 변동시킴으로써 조절된다. 대안적으로, 평행 렌즈(parallelizing lens)들과 같은 다른 구조들이 이 기능을 수행하기 위해 이용될 수도 있다.

[0004]

각도 보정기(13) 이후에, 리본 빔은 작업물(workpiece)을 향해 겨냥된다. 일부 실시예들에서는, 제 2 감속 스테이지(11)가 추가될 수 있다. 작업물은 작업물 지지체(15)에 부착된다. 작업물 지지체(15)는 다양한 주입 응용들을 위한 다양한 이동도(degree of movement)들을 제공한다.

[0005]

도 2를 참조하면, 이온 주입기(1)에 통합될 수 있는 전통적인 이온 소스가 도시되어 있다. 도 2에 도시된 이온 소스는 이온 소스 챔버(14)를 형성하는 챔버 하우징(chamber housing)(10)을 포함할 수 있다. 챔버 하우징(10)의 일 측은 이온들이 통과하는 추출 개구(12)를 가진다. 일부 실시예들에서, 이 개구는 구멍(hole)인 반면, 고전류 주입(high current implantation)과 같은 다른 응용들에서는, 이 개구가 슬롯(slot) 또는 구멍들의 세트(set)이다.

[0006]

캐소드(cathode)는 이온 소스 챔버(14)의 일 단부 위에 위치되어 있다. 필라멘트(filament)(30)는 이온 챔버의 외부에 캐소드(20)에 아주 근접하여 위치되어 있다. 리펠러(repeller)(60)는 이온 소스 챔버(14)의 반대쪽 단부

위에 위치되어 있다.

[0007] 필라멘트(30)는 필라멘트 공급 전압(54)에 의해 급전된다. 필라멘트(30)를 통과하는 전류는 열전자(thermo electron)들을 생성하기 위하여 필라멘트를 충분히(즉, 2000°C를 초과하여) 가열한다. 바이어스 공급 전압(52)은 필라멘트(30)보다 실질적으로 더욱 양극성(positive)의 전압에서 캐소드(20)에 바이어스를 인가하기 위해 이용된다. 이 큰 전압차의 효과는 필라멘트로부터 방출된 열전자들이 캐소드를 향해 가속되도록 하는 것이다. 이 전자들이 캐소드와 충돌하므로, 캐소드는 종종 2000°C를 넘는 온도들까지 상당히 가열된다. 따라서, 간접 가열식 캐소드(IHC : indirectly heated cathode)라고 불리는 캐소드는 열전자들을 이온 소스 챔버(14)로 방출한다.

[0008] 아크 공급 장치(arc supply)는 이온 챔버 하우징(10)을 캐소드에 비해 양극성으로 바이어스를 인가하기 위해 이용된다. 아크 공급 장치는 전형적으로 캐소드(20)보다 약 50-100 볼트(volts) 더욱 양극성인 전압으로 하우징(10)에 바이어스를 인가한다. 이 전압차는 캐소드(20)로부터 방출된 전자들이 하우징(10)을 향해 가속되도록 한다.

[0009] 자기장은 바람직하게는, 전형적으로 챔버 외부에 위치된 자극(magnetic pole)들(86)을 이용하여 방향(62)으로 생성된다. 자기장의 효과는 방출된 전자들을 자기장 라인(line)들 내에 구속하는 것이다. 캐소드 및 리펠러 사이에 정전기 방식으로 구속된 방출된 전자들은 소스 자기장 라인들을 따라서 나선 운동(spiral motion)들을 행하므로, 기저 가스(background gas)들을 효율적으로 이온화하여 (도 3에 도시된 바와 같이) 이온들을 형성한다.

[0010] 증기 또는 가스 소스(40)는 원자들 또는 분자들을 이온 소스 챔버(14)에 제공하기 위해 이용된다. 분자들은 (아르곤 또는 수소와 같은) 불활성 가스들, (산소 및 이산화탄소(carbon dioxide) 같은) 산소 함유 가스들, (질소 또는 3불화 질소(nitrogen trifluoride)와 같은) 질소 함유 가스들, 및 (디보란(diborane), 3불화 붕소(boron tri-fluoride), 또는 5불화 비소(arsenic penta-fluoride)와 같은) 다른 도편트 함유(dopant-containing) 가스들을 포함하지만 이들에 한정되지는 않는 다양한 종일 수 있다. 이 기저 가스들은 전자 충격에 의해 이온화되며, 이에 따라, 플라즈마(80)를 형성한다.

[0011] 캐소드(20) 반대쪽의 챔버(14)의 멀리 떨어진 단부에서는, 리펠러(60)가 캐소드(20)와 동일한 전압으로 바이어스되는 것이 바람직하다. 이것은 방출된 전자들이 캐소드(20) 및 리펠러(60) 사이에 정전기 방식으로 구속되도록 한다. 이온 소스 챔버(14)의 각각의 단부에서의 이러한 구조들의 이용은 방출된 전자들의 기저 가스와의 상호 작용을 최대화하고, 이에 따라 고밀도의 플라즈마들을 발생시킨다.

[0012] 도 3은 도 2의 이온 소스의 상이한 도면을 도시한다. 소스 자석(86)은 이온 챔버를 가로질러서 자기장(62)을 생성한다. 캐소드(20) 및 리펠러(60)는 전자들을 효율적으로 구속하기 위하여 동일한 전위에서 유지되고, 전자들은 기저 가스와 충돌하여 플라즈마(80)를 발생시킨다. 전극 세트(90)는 추출 개구(12)로 이온들을 당기고 추출 개구(12)를 통해 이온들을 당기도록 바이어스가 인가된다. 그 다음으로, 이 추출된 이온들은 이온 빔(95)으로 형성되고 위에서 설명된 바와 같이 이용된다.

[0013] 이온 주입 시스템의 대안적인 실시예, 즉, 플라즈마 침지(plasma immersion)가 도 4에 도시되어 있다. 플라즈마 도핑 시스템(100)은 폐쇄 공간(enclosed volume)(103)을 형성하는 처리 챔버(102)를 포함한다. 플래튼(platen)(134)은 작업물(138)을 지지하기 위하여 처리 챔버(102) 내에 위치된다. 하나의 사례로서, 작업물(138)은 하나의 실시예에서 300 밀리미터(mm) 직경의 실리콘 웨이퍼와 같은 디스크 형상을 갖는 반도체 웨이퍼를 포함한다. 작업물(138)은 정전기력 또는 기계적 힘에 의해 플래튼(134)의 평평한 표면에 조여질 수 있다. 하나의 실시예에서, 플래튼(134)은 작업물(138)과 접속을 행하기 위한 도전성 핀(conductive pin)(도시하지 않음)들을 포함할 수 있다.

[0014] 가스 소스(104)는 질량 유동 제어기(mass flow controller)(106)를 통해 처리 챔버(102)의 내부 공간(103)으로 도편트 가스를 제공한다. 가스 배플(gas baffle)(170)은 가스 소스(104)로부터의 가스를 균일하게 분포시키기 위하여 처리 챔버(102) 내에 위치된다. 압력 게이지(pressure gauge)(108)는 처리 챔버(102) 내부의 압력을 측정한다. 진공 펌프(vacuum pump)(112)는 처리 챔버(102) 내의 배출 포트(110)를 통해 처리 챔버(102)로부터 배출물들을 배기시킨다. 배출 밸브(114)는 배출 포트(110)를 통한 배출 전도도(exhaust conductance)를 제어한다.

[0015] 플라즈마 도핑 시스템(100)은 질량 유동 제어기(106), 압력 게이지(108) 및 배출 밸브(114)에 전기적으로 접속되어 있는 가스 압력 제어기(116)를 더 포함할 수 있다. 가스 압력 제어기(116)는 배출 밸브(114)로 배출 전도도를 제어하거나, 압력 게이지(108)에 대해 응답하는 퍼드백 루프 내의 질량 유동 제어기(106)로 처리 가스 유량(process gas flow rate)을 제어함으로써, 처리 챔버(102)에서 희망하는 압력을 유지하도록 구성될 수 있다.

- [0016] 처리 챔버(102)는 전반적으로 수평 방향으로 연장되는 유전체 물질로 형성되는 제 1 섹션(section)(120)을 포함하는 챔버 상단부(chamber top)(118)를 가질 수 있다. 챔버 상단부(118)는 전반적으로 수직 방향으로 제 1 섹션(120)으로부터의 높이로 연장되는 유전체 물질로 형성되는 제 2 섹션(122)을 또한 포함한다. 챔버 상단부(118)는 제 2 섹션(122)을 가로질러 수평 방향으로 연장되는 전기 및 열 도전성 물질로 형성되는 뚜껑부(lid)(124)를 더 포함한다.
- [0017] 플라즈마 도핑 시스템은 처리 챔버(102) 내에서 플라즈마(140)를 발생하도록 구성된 소스(101)를 더 포함할 수 있다. 소스(101)는 플라즈마(140)를 발생하기 위하여 RF 전력을 평면형 안테나(126) 및 헬리컬 안테나(146) 중의 어느 하나 또는 둘 모두에 공급하기 위한, 전력 공급 장치와 같은 RF 소스(150)를 포함할 수 있다. RF 소스(150)로부터 RF 안테나들(126, 146)로 전달되는 전력을 최대화하기 위하여 RF 소스(150)의 출력 임피던스들을 RF 안테나들(126, 146)의 임피던스에 정합하는 임피던스 정합 네트워크(152)에 의해, RF 소스(150)는 안테나들(126, 146)에 결합될 수 있다.
- [0018] 플라즈마 도핑 시스템(100)은 플래튼(134)에 전기적으로 결합된 바이어스 전력 공급 장치(148)를 또한 포함할 수 있다. 바이어스 전력 공급 장치(148)는 플래튼(134)과, 이에 따라, 작업물(138)에 바이어스를 인가하기 위하여 펄스 ON 및 OFF 시간 기간들을 갖는 펄스화된 플래튼 신호를 제공하도록 구성되고, 펄스 ON 시간 기간들 중에는 플라즈마(140)로부터 작업물(138)을 향해 이온들을 가속시키며 펄스 OFF 기간들 중에는 이온들을 가속시키지 않도록 구성된다. 바이어스 전력 공급 장치(148)는 DC 또는 RF 전력 공급 장치일 수 있다.
- [0019] 플라즈마 도핑 시스템(100)은 플래튼(134) 주위에 배치된 차폐 링(shield ring)(194)을 더 포함할 수 있다. 당업계에서 알려진 바와 같이, 차폐 링(194)은 작업물(138)의 에지(edge) 근처에서의 주입된 이온 분포의 균일성을 향상시키도록 바이어스가 인가될 수 있다. 환형 패러데이 센서(annular Faraday sensor)(199)와 같은 하나 이상의 패러데이 센서들이 이온 빔 전류를 감지하기 위하여 차폐 링(194) 내에 위치될 수 있다.
- [0020] 플라즈마 도핑 시스템(100)은 제어기(156) 및 사용자 인터페이스 시스템(158)을 더 포함할 수 있다. 제어기(156)는 희망하는 입력/출력 기능들을 수행하도록 프로그램될 수 있는 범용 컴퓨터 또는 범용 컴퓨터들의 네트워크이거나 이들을 포함할 수 있다. 또한, 제어기(156)는 주문형 반도체(ASIC : application-specific integrated circuit)들, 다른 배선접속된 또는 프로그램가능 전자 장치들, 이산 요소 회로(discrete element circuit)들 등과 같은 다른 전자 회로 또는 구성요소들을 포함할 수 있다. 또한, 제어기(156)는 통신 장치들, 데이터 저장 장치들 및 소프트웨어를 포함할 수 있다. 명확하게 예시하기 위하여, 제어기(156)는 출력 신호만을 전력 공급 장치들(148, 150)에 제공하고, 패러데이 센서(199)로부터 입력 신호들을 수신하는 것으로 예시되어 있다. 당업자들은 제어기(156)가 플라즈마 도핑 시스템(100)의 다른 구성요소들에 출력 신호들을 제공할 수 있고 그 동일한 것으로부터 입력 신호들을 수신할 수 있다는 것을 인식할 것이다. 사용자 인터페이스 시스템(158)은 사용자가 명령들 및/또는 데이터를 입력하도록 하고, 및/또는 제어기(156)를 통해 플라즈마 도핑 시스템을 감시하도록 하기 위하여, 터치 스크린(touch screen)들, 키보드(keyboard)들, 사용자 포인팅 장치(user pointing device)들, 디스플레이들, 프린터들 등과 같은 장치들을 포함할 수 있다.
- [0021] 동작 시에, 가스 소스(104)는 작업물(138)로의 주입을 위해 희망하는 도편트(dopant)를 함유하는 1차 도편트 가스(primary dopant gas)를 공급한다. 가스 압력 제어기(116)는 1차 도편트 가스가 처리 챔버(102)에 공급되는 속도(rate)를 조절한다. 소스(101)는 처리 챔버(102) 내에서 플라즈마(140)를 발생하도록 구성된다. 소스(101)는 제어기(156)에 의해 제어될 수 있다. 플라즈마(140)를 발생하기 위하여, RF 소스(150)는 발진하는 자기장(oscillating magnetic field)을 생성하기 위하여 RF 안테나들(126, 146) 중의 적어도 하나에서 RF 전류들을 공진시킨다. 발진하는 자기장은 RF 전류들을 처리 챔버(102)로 유도한다. 처리 챔버(102) 내의 RF 전류들은 플라즈마(140)를 발생하기 위하여 1차 도편트 가스를 여기시키고 이온화한다.
- [0022] 바이어스 전력 공급 장치(148)는 플래튼(134)과, 이에 따른 작업물(138)에 바이어스를 인가하여 펄스화된 플래튼 신호의 펄스 ON 기간들 중에 플라즈마(140)로부터의 이온들을 작업물(138)을 향해 가속시키기 위하여 펄스화된 플래튼 신호를 제공한다. 펄스화된 플래튼 신호의 주파수 및/또는 펄스들의 뉴티 사이클(duty cycle)은 희망하는 도우즈 레이트(dose rate)를 제공하도록 선택될 수 있다. 펄스화된 플래튼 신호의 진폭은 희망하는 에너지를 제공하도록 선택될 수 있다. 모든 다른 파라미터들이 동일하면, 더 큰 에너지가 더 큰 주입된 깊이를 초래할 것이다.
- [0023] 두 시스템들에서 가스는 챔버로 공급되고, 챔버는 웨이퍼에서 주입되는 이온들을 생성하기 위해 이용된다는 것을 주목해야 한다. 전통적으로, 이 가스들은 수소, 아르곤, 산소, 질소와 같은 어느 하나의 원소 가스들, 또는 이산화탄소, 3불화 질소, 디보란(diborane), 3불화 인, 3불화 봉소, 또는 5불화 비소를 포함하지만 이에 한정되지

지는 않는 다른 분자들을 포함한다.

[0024] 위에서 설명된 바와 같이, 이 가스들은 주입을 위해 희망하는 이온들을 생성하기 위하여 이온화된다. 이온 소스 응용들에 대해, 특정 이온 종의 발생을 최대화하기 위하여, 소스 가스 유동(source gas flow), 아크 전류(arc current), 이온 소스 물질들, 벽 온도, 및 다른 것들을 포함하는 몇몇 변수들이 제어될 수 있다. 이와 유사하게, 플라즈마 주입 응용들에 대해, 웨이퍼 영역에 걸쳐 균일한 하전된 종을 발생하기 위하여 여러 인자(factor)들이 이용된다. 소스 안테나 설계, 압력, 전력, 타겟 바이어스 전압, 벽/타겟 온도, 및 그 외의 것들과 같은 인자들이 희망하는 이온 분포를 생성하기 위해 수정된다.

[0025] 완전히 활용되지 않은 하나의 인자는 입력되는 소스 가스의 특성을 제어하는 것이다. 위에서 기술된 바와 같이, 응용에 따라서는 상이한 유형들의 가스들이 이용된다. 그러나, 가스가 일단 선택되면, 그 소스 가스에 대해서는 다른 수정들이 행해지지 않는다. 소스 가스의 특성을 변동시킴으로써 이온 종의 조성 및 그 공간 분포를 제어하는 것이 유익할 것이다.

### 발명의 내용

#### 과제의 해결 수단

[0026] 종래 기술의 문제들은 변경된 및/또는 원자 가스 분사(injection)를 사용하는 이온 소스를 설명하는 본 개시 내용에 의해 해결된다. 이온 범 응용에서는, 소스 가스가 전통적으로 공급될 때, 소스 가스가 직접 이용될 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 소스 가스는 이온 소스 챔버에 도입되기 전에 원격지 플라즈마 소스를 통과시킴으로써 변경될 수 있다. 이것은 여기된 중성자(excited neutral)들을 생성하기 위해 이용될 수 있고, 이 여기된 중성자들은 특정 원자 이온들, 중이온(heavy ion)들, 준안정 분자들 또는 다중 하전된 이온(multiply charged ion)들을 발생하기 위한 양호한 소스 조건을 제공할 수 있다. 또 다른 실시예에서는, 가스들 중의 하나 이상이 원격지의 플라즈마 발생기를 통과하게 되는 다중 가스들이 이용된다. 어떤 실시예들에서는, 가스들이 이온 소스 챔버로 공급되기 전에 단일 플라즈마 발생기에서 결합될 수 있다.

[0027] 플라즈마 침지 응용들에서는, 플라즈마가 하나 이상의 추가적인 가스 분사 위치들을 통해 처리 챔버로 분사된다. 이 분사 위치들은 처리 챔버 외부의 원격지 플라즈마 소스들에 의해 생성된 추가적인 분자들의 유입(influx)을 가능하게 한다.

#### 도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 대표적인 고전류(high-current) 이온 주입기 기구의 블력도를 예시한다.

도 2는 이온 범 응용들에서 이용되는 전통적인 이온 소스를 예시한다.

도 3은 도 2의 전통적인 이온 소스의 주요 구성요소들을 도시한다.

도 4는 플라즈마 침지 시스템을 예시한다.

도 5는 이온 범 응용에서 이용되는 가스 분사 시스템의 제 1 실시예를 도시한다.

도 6은 이온 범 응용에서 이용되는 가스 분사 시스템의 제 2 실시예를 도시한다.

도 7은 이온 범 응용에서 이용되는 가스 분사 시스템의 제 3 실시예를 도시한다.

도 8은 이온 범 응용에서 이용되는 가스 분사 시스템의 제 4 실시예를 도시한다.

도 9는 플라즈마 침지 시스템에서 이용되는 가스 분사 시스템의 실시예를 도시한다.

도 10은 도 9의 가스 분사 시스템의 제 2 도면을 도시한다.

#### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 도 5는 이온 범 응용에서 이용되는 가스 분사 시스템의 제 1 실시예를 예시한다. 전통적으로, 가스 소스(40)는 소스 챔버(14)와 직접 유체 연통 상태에 있다. 그러나, 도 5는 제 1 실시예에 따른 가스 분사 시스템의 구성요소들을 예시한다. 이 실시예에서, 가스 소스(40)는 질량 유동 제어기(MFC)(220)와 연통 상태에 있을 수 있다. MFC는 가스 소스(40)로부터의 가스의 유동을 희망하는 유량(flow rate)으로 조절하는 것을 담당한다. MFC의 출력은 조절 가능한 우회 밸브(bypass valve)(210) 및 원격지 플라즈마 소스(200)와 유체 연통 상태에 있다. 그 다

음으로, 조절가능한 우회 벨브(210) 및 원격지 플라즈마 소스(200)로부터의 출력들은 함께 합쳐져서 소스 챔버(14)와 유체 연통 상태에 있다.

[0030] 원격지 플라즈마 소스(200)는 임의의 적당한 유형일 수 있다. 그러나, 고밀도 플라즈마 및/또는 여기된 중성자 종 발생 기능에 의한 폭넓은 동작 범위를 갖는 이러한 소스들이 바람직하다. 하나의 실시예에서는,  $10^{-6}$  및  $10^{-1}$  torr 사이의 압력들에서 동작할 수 있고, 고밀도(high-density), 고하전(highly-charged) 이온화된 종 및/또는 고여기(hightly-excited) 중성자 종을 발생할 수 있는 마이크로파 플라즈마 소스(전자 사이클로트론 공명 타입(electron cyclotron resonance-type))가 이용된다. 제 2 실시예에서는, MKS instruments에 의해 제조된 ASTRON®과 같은 마이크로파 플라즈마 소스가 이용되고, 이 마이크로파 플라즈마 소스는  $10^{-1}$  torr 및 대기압 사이의 압력들에서 동작할 수 있는 한편, 역파편화된(defragmented) 또는 여기된 중성자들을 발생한다. 다른 실시예들에서는, 제 2 간접 가열식 캐소드(IHC) 이온 소스가 무거운 중성자(heavy neutral)들 및 이온화된 종을 생성하기 위해 이용되고, 그 후에 이들은 이온 소스(14)로 공급된다. 다른 실시예들에서는, 헬리콘 소스(helicon source), 유도 결합 플라즈마(ICP : inductively-coupled plasma) 소스, 용량 결합 플라즈마(capacitively-coupled plasma) 소스, 중공 캐소드(HC : hollow-cathode) 소스, 필라멘트 기반 플라즈마 소스가 이용될 수 있다. 용어 "원격지 플라즈마 소스(remote plasma source)"는 분자들을 변경된 상태로 변형할 수 있는 임의의 장치를 포괄하기 위한 것이다. 변경된 상태들은 플라즈마뿐만 아니라, 이온들, 여기된 중성자들 및 준안정 분자들을 포함한다. 잘 알려진 바와 같이, 이온들은 간단하게  $\text{BF}_2^+$ 와 같이, 그와 관련된 전하(electrical charge)를 갖는 원자들 또는 분자들이다. 여기된 중성자들은 원자들 또는 분자들을 지칭하며, 전하가 여전히 중성이다. 그러나, 이 원자들 또는 분자들은 여기된 에너지 상태에서 하나 이상의 전자들을 가진다. 마지막으로, 준안정 분자들은  $\text{B}_2\text{F}_4$  또는  $\text{B}_4\text{F}_5$ 와 같이, 생성될 수 있는 분자 구성들을 지칭한다. 그러나, 이 분자들은 더 많은 공통 분자 구성들로 재결합되거나 파괴될 가능성이 있으므로, 이 분자들은 오랜 시간 기간 동안 그 구성으로 유지되지 않을 수 있다. 이 변경된 상태들의 각각, 즉, 플라즈마, 이온들, 여기된 중성자들 및 준안정 분자들이 관심 대상이다. 그러므로, 원격지 플라즈마 발생기가 그 출력으로서 플라즈마를 실제로 생성하는 것은 요건이 아니다.

[0031] 원격지 플라즈마 소스(200)가 가능하게 되면, 소스 가스(40)로부터의 분자들은 MFC(220)를 통하여 플라즈마 소스에 진입한다. 원격지 플라즈마 소스의 유형 및 그 동작 파라미터들에 기초하여, 소스 가스는 변경될 수 있다. 어떤 경우에는, 소스 가스가 여기된 중성자들, 준안정 분자들 또는 이온 분자들을 생성하도록 작동된다. 다른 경우에는, 소스 가스가 원자 및/또는 더 작은 분자 종으로 역파편화된다. 또 다른 실시예들에서, 소스 가스가 더 무거운 또는 준안정 분자들을 발생하도록 결합된다.

[0032] 특정 이온 종의 최대 추출 전류가 요구되는 경우, 소스 챔버(14)에서 그 특정 이온의 농도를 최적화(또는 최대화)하기 위하여, 소스 가스 분사가 이에 대응하여 조정될 수 있다. 일례로서, 저압(low-pressure) 및 고전력(high-power)에서 원격지 플라즈마 소스를 동작시킴으로써, 여기된 중성자의 생성이 촉진된다. 이 여기된 중성자들이 소스 챔버(14)로 도입될 때, 단원자 이온들 및/또는 다중 하전된 이온들의 생성이 증대될 것이고, 그 결과, 단원자 및/또는 다중 하전된 이온 전류의 추출이 증가하게 된다.

[0033] 예를 들어, 현재에는, 3불화 붕소와 같은 소스 가스들이 이온 소스 챔버로 공급된다. 이 가스는 간접 가열식 캐소드에 의해 이온화되고, 이에 따라,  $\text{BF}_2^+$ ,  $\text{BF}^+$ ,  $\text{F}^+$ ,  $\text{B}_x\text{F}_y^+$  및  $\text{B}^+$ 와 같은 다양한 이온 종을 생성한다. 현재의 개시 내용에서는, 소스 가스가 바람직하게는, 고전력 및 저압에서 동작하는 원격지 플라즈마 소스로 공급된다. 그 다음으로, 이 원격지 플라즈마 소스는 여기된 파편화된(fragmented) 중성자들 또는 다양한 파편화된 이온화된 종을 생성한다. 그 다음으로, 이 다양한 종은 이온 소스 챔버(14)로 공급된다. 공급되는 가스의 조성 및 에너지 레벨들이 수정되었으므로, 이온 소스의 출력이 유사하게 영향을 받으며, 이에 따라, 특정 종의 더 많은 이온들을 생성한다. 이 예에서는,  $\text{B}^+$  및  $\text{BF}^+$ 와 같이, 더 많은 작은 이온 종이 생성된다.

[0034] 다른 실시예들에서는, 2분자체(dimer)들, 3분자체(trimer)들 또는 4분자체(tetramer)들과 같은 무거운 이온들의 생성이 바람직하다. 원격지 플라즈마 소스는 훨씬 더 높은 압력에서 동작될 수 있고, 이에 따라, 분자들이 더 무거운 중성자 종 또는 준안정 분자들로 결합되도록 한다. 이 여기된 무거운 분자들 및 준안정 분자들은 이후에 이온 소스 챔버(14)로 공급된다.

[0035] 예를 들어, 현재에는, 비소(arsenic) 및 인(phosphorus)과 같은 소스 가스들이 이온 소스 챔버(14)로 공급된다. 더 무거운 종을 생성하기 위하여, 챔버는 저전력에서 동작되어야 하고, 전형적으로는 출력 전류가 매우 낮다.

하나의 실시예에 따르면,  $\text{As}_2$ ,  $\text{As}_3$ ,  $\text{P}_2$ ,  $\text{P}_3$  및  $\text{P}_4$ 와 같이, 이러한 더 무거운 중성자 종을 생성하기 위하여, 이 소스 가스들은 단원자 종을 생성하기 위해 이용되는 것보다 훨씬 더 높은 압력에서 동작하는 원격지 플라즈마 소스(200)로 공급될 수 있다. 그 다음으로, 이 더 무거운 종은 이온 소스 챔버(14)로 공급되고, 여기서, 이들은 이온화되어 이온빔으로 추출된다. 더 무거운 종의 농도는 원격지 플라즈마 소스의 이용을 통해 증가되므로, 결과적인 이온빔은 더 큰 전류를 가지고 있다.

[0036] 상기 설명은 원격지 플라즈마 소스(200)의 이용을 배타적으로 강조하고 있지만, 개시 내용은 이 실시예에 한정되지 않는다. 조절가능한 우회 밸브(210)의 이용은 분자 소스 가스의 혼합과 원격지 플라즈마 소스(200)로부터의 출력을 가능하게 한다. 희망하는 효과를 달성하기 위하여 분자 소스 가스의 비율 및 원격지 플라즈마 소스의 출력이 미세하게 제어될 수 있도록, 결과적인 혼합물이 조절될 수 있다.

[0037] 도 6은 도 3의 이온 소스 챔버와 이용가능한 가스 분사 시스템의 제 2 실시예를 예시한다. 이 실시예에서는, 2개의 상이한 소스 가스들이 별개의 질량 유동 제어기(MFC)(320, 325)와 각각 연통하고 있다. 이 MFC들(320, 325)은 원격지 플라즈마 소스(300, 305) 및 조절가능한 우회 밸브(310, 315)와 각각 유체 연통하고 있다. MFC들의 이용을 통해, 각각의 소스 가스의 유량이 제어될 수 있다. 추가적으로, 조절가능한 우회 밸브들의 이용을 통해, 분사된 분자 소스 가스 및 변경된 상태의 소스 가스의 비율은 각각의 소스에 대해 독립적으로 변동될 수 있다. 추가적으로, 도 6에 도시된 구조를 복제함으로써, 2보다 많은 소스 가스들이 사용될 수 있다. 최종적으로, 도 6은 소스 가스 A, 여기된 소스 가스 A, 소스 가스 B, 및 여기된 소스 가스 B의 분사를 가능하게 하는 완전히 신축성 있는 시스템을 도시한다. 각각은 변동하는 양만큼 공급될 수 있고, 각각의 유량은 다른 유량들에 대해 완전히 독립적이다. 그러나, 예시된 구성요소들의 전부가 요구되는 것은 아니다. 예를 들어, 특정 실시예에서는, 소스 가스 A 및 소스 가스 B의 2가지 상태들만 요구된다고 가정한다. 이 경우, 원격지 플라즈마 소스(300) 및 조절가능한 우회 밸브(310)를 제거하는 것이 가능하다. 대안적으로, 소스 B만 여기된 상태에서 요구되는 경우에는, 조절가능한 우회 밸브(315)가 제거될 수 있다.

[0038] 일부 실시예들에서는, 2개의 별개의 소스 가스들이 특화된 구성요소들을 허용한다. 예를 들어, 하나의 소스 가스, 우회 밸브 및 원격지 플라즈마 소스는 n형 도펀트들의 전용일 수 있지만, 잠재적인 교차 오염(cross contamination)을 회피하고 및/또는 서비스가용성(serviceability)을 향상시키기 위한 구성요소들의 제 2 세트는 p형 도펀트들의 전용이다.

[0039] 도 7은 도 3의 이온 소스 챔버(14)와 함께 이용하기에 적당한 또 다른 실시예를 예시한다. 이 실시예에서는, 공통 원격지 플라즈마 소스(330)가 사용되고, 이것에 의하여 두 소스 가스들로부터의 유동들은 단일 플라즈마 소스에 진입할 수 있다. (원소 또는 화합물 가스들일 수 있는) 두 소스 가스들의 이 의도적인 반응은 새로운 화합물 가스를 생성하기 위해 이용될 수 있고, 그 다음으로 이온 소스 챔버(14)로 분사된다.

[0040] 그렇게 함으로써, 진공 내에서, 그리고 소스 영역 및/또는 원격지 플라즈마 영역의 환경 내에서 다수의 상이한 가스들의 결합으로부터 유도되는 희망하는 분자들이 생성될 수 있다. 즉, 상이한 가스들은 진공 환경 또는 플라즈마 챔버로 공급되므로, 이들은 희망하는 분자들을 생성하도록 반응할 수 있다. 이 분자들은 주입(implantation), 증착(deposition) 또는 세정 시의 이용과 같은 특정 목적들에 대해 장점이 있을 수 있다. 희망하는 효과를 생성하기 위하여, 자기장들, 유동, 압력, 또는 전기장들 및/또는 속성들과 같은 여러 제어 메커니즘들을 통해 플라즈마 조건들을 조작함으로써, 분자들의 형성이 조정될 수 있다. 따라서, 신규 뜯느 증대된 분자들의 형성이 실현될 수 있고 직접 공정에 이용될 수 있다. 이것의 하나의 예는 수소화물(hydride) 및 불화물(fluoride)을 도입하기 위하여 2개의 소스 가스들을 이용하는 것이며, 그 다음으로, 이들은 더 많은 공통 분자들 중의 하나인 HF를 생성하기 위하여 결합된다.

[0041] 다수의 가스들을 추가하고 챔버 내에서 반응의 조건들을 조작하는 것은 그렇지 않을 경우에 불안정, 유독성, 자연발화, 위험성이 있는 분자들, 또는 대량으로 저장하고 이송하는 것을 불편하게 하는 다른 특징들을 가지는 분자들의 형성을 조정하는 것을 가능하게 할 수 있다. 따라서, 이 실시예에서는, 이 분자들이 이용 시점을 위해 그리고 희망하는 효과를 위해서만 발생된다.

[0042] 또한, 위에서 설명된 바와 같이, 도 7에 도시된 모든 구성요소들이 존재할 필요는 없다. 예를 들어, 소스 가스 A 및 소스 가스 B가 결합된 상태에서만 여기되는 경우, 별개의 원격지 플라즈마 소스들(300, 305)을 포함할 필요가 없다. 대안적으로, 소스 가스들 중의 하나의 분자 형태를 분사할 필요가 없는 경우, 대응하는 우회 밸브가 제거될 수 있다.

[0043] 원격지 플라즈마 소스들(300, 305, 330) 및 소스 챔버(14) 사이의 경로 길이는 중요한 고려사항이다. 경로가 너

무 길게 되면, 임의의 준안정, 여기된 또는 역파편화된 종들이 이온 소스 챔버(14)로 진입하기 전에 재결합될 것이다. 원격지 플라즈마 소스를 탈출하는 종의 재결합을 최소화하기 위하여 몇몇 기술들이 채용될 수 있다. 어떤 실시예들에서는, 원격지 플라즈마 소스 및 이온 소스 챔버 사이의 물리적 거리가 최소화된다. 다른 실시예들에서는, 국부화된 자기 구속 방식(localized magnetic confinement scheme)이 사용되어, 급진된 전자들 및 이온들이 소스 챔버로 전달될 수 있다. 또 다른 실시예에서는, 원격지 플라즈마 소스의 출력에 가장 근접하게 위치된 오리피스(orifice)가 상이한 동작 조건들에 대해 필요한 압력 차이를 제공하기 위해 이용된다.

[0044] 도 5 내지 도 7의 가스 분사 시스템은 주로 이온 빔 시스템 내의 기준의 이온 소스와 관련하여 이용되도록 의도된 것이다. 따라서, 가스 분사 시스템은 가스가 이온 소스 챔버(14)로 진입하기 전에 가스를 변경하기 위해 이용된다. 따라서, 이온 소스는 들어오는 가스를 이온화하기 위해 이용되므로, 분사된 가스는 에너지, 구성 및 파편화(fragmentation)의 측면에서 상이한 중성자 상태들일 수 있다.

[0045] 도 8은 이온 빔 응용과 함께 이용하기 위한 또 다른 실시예를 도시한다. 이 실시예에서는, 안티 챔버(antechamber)(400)라고 알려진 제 2 챔버가 소스 가스들이 이온 소스 챔버(14)로 진입하기 전에 소스 가스들을 여기시키기 위해 이용된다. 하나 이상의 가스 소스들(40)로부터의 가스는 안티 챔버(400)에 진입한다. 안티 챔버(400)는 일 단부에 필라멘트(filament)(430)를 가지며 반대 단부에 리펠러(repeller)(460)를 갖는 간접 가열식 캐소드(420)를 가질 수 있다. 도 8은 안티 챔버의 좌측 단부 위의 리펠러(460)와, 이온 소스의 우측 단부 위의 리펠러(60)를 도시하고 있지만, 이것은 필수요건이 아니다. 예를 들어, 안티 챔버의 리펠러(460)와, 이온 소스의 리펠러(60)는 그 각각의 챔버들의 동일한 측부에 있을 수 있다. 안티 챔버 및 이온 소스 챔버가 도 8에 도시된 바와 같이 정렬되어 있을 경우, 소스 챔버(14) 내에서 전자들 및 이온들을 구속하기 위해 이용되는 동일한 소스 자석(86)은 안티 챔버(400)에서 동일한 기능을 제공하기 위해 이용될 수도 있다.

[0046] 위에서 언급된 바와 같이, 가스는 안티 챔버(400)로 유동되고, 가스는 일부 이온들뿐만 아니라 여기된 중성자들을 형성하도록 처리된다. 그 다음으로, 이 여기된 분자들은 안티 챔버의 상부측 위의 작은 개구(opening)들 또는 구멍들(450)을 통해 이온 소스 챔버(14)로 공급된다. 이 실시예에서는, 안티 챔버의 상부측이 이온 소스 챔버(14)의 하부로서도 기능한다는 점에 주목해야 한다. 따라서, 여기된, 역파편화된 및/또는 무거운 중성자들이 안티 챔버(400)에서 처리된 후에 이온 소스 챔버(14)에 진입한다. 또한, 전기장들이 이온 소스 챔버(14) 및 안티 챔버(400)에서 평행하므로, 소스 자석(86)에 의해 생성된 것과 같은 공통 자기장은 두 챔버들에서 이온 소스 동작을 위해 필수적인 전자들을 구속하기 위해 이용될 수 있다.

[0047] 어떤 실시예들에서는, 안티 챔버를 소스 챔버(14)에 연결하는 구멍들(450)이 0.5mm와 같이 극도로 작다. 이와 같은 방식으로, 안티 챔버(400) 내의 압력은 이온 소스 챔버 내의 압력과 상당히 상이할 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 원격지 플라즈마 소스를 생성함으로써, 희망하는 종의 형성이 최적화될 수 있다. 예를 들어, 더 무거운 준안정 종을 생성하기 위하여, 안티 챔버는 약 100–500 mTorr와 같이, 이온 소스 챔버(14)보다 훨씬 더 높은 압력으로 유지된다. 이것은 P<sub>2</sub> 및 P<sub>4</sub>와 같은 더 무거운 여기된 중성자 종이 생성되도록 할 수 있다. 그 다음으로, 이 분자들은 이온화될 챔버들을 연결하는 작은 구멍들을 통해 이온 소스 챔버(14)로 전달되도록 허용된다.

[0048] 대안적으로, 단원자 종을 생성하기 위하여 고전력 및 저압이 이용된다. 예를 들어, 3불화 봉소(boron trifluoride)가 안티 챔버(400)에 공급될 수 있다. 안티 챔버(400) 내의 캐소드(420)는 가스를 여러 이온 종 및 여기된 중성자들로 파괴하도록 기능한다. 그 다음으로, 이 종은 이온 소스 챔버로 공급되고, 여기서 이들은 이온 빔으로서 추출되기 전에 추가적으로 파괴된다. 가스를 전처리(pre-treating)함으로써, 특정 하전된 이온들, 예를 들어, B<sup>+</sup>의 농도가 증가되어, 특정 종의 이온 빔 전류가 증가하게 된다.

[0049] 상기 설명은 간접 가열식 캐소드(IHC) 이온 소스를 안티 챔버로서 이용하고 있지만, 안티 챔버를 만들기 위하여 다른 유형들의 플라즈마 소스들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 전통적인 베나스형(bernas-style) 이온 소스들, 중공 캐소드형(hollow-cathode style) 소스들 또는 필라멘트 기반 이온 소스들이 이용될 수도 있다. 다른 실시예들에서는, 이전에 설명된 바와 다른 유형들의 플라즈마 소스들이 이용될 수 있다.

[0050] 다른 실시예들에서는, 플라즈마 침지를 이용하여 이온 주입이 수행된다. 변경된 소스 가스 분사가 플라즈마 침지 주입을 위해 마찬가지로 이용될 수 있다. 도 4에 도시된 바와 같이, 소스 가스는 공간의 상단부 근처의 도관(conduit)을 통해 처리 챔버(102)에 진입한다. 그 다음으로, 안테나들(126, 146)을 이용하여 플라즈마로 변환되고, 웨이퍼 위에서 확산한다. 배풀(baffle)(170)들은 챔버(102) 내에서 플라즈마를 비교적 균일하게 분산시키도록 작동한다. 이 주입 응용들에 대하여, 플라즈마 균일성 및 증착 패턴을 제어하는 것은 허용가능한 주입 균일

성을 달성하기 위해 중요하다. 그러나, 플라즈마 발생 및 플라즈마 구속으로부터의 비대칭들은 일부 응용들, 특히, 저에너지 응용들에 대해 이 목적에 도달하는 것을 어렵게 한다. 추가적으로, 비대칭 펌핑(asymmetric pumping)은 시스템에 추가적인 불균일성(non-uniformity)을 부가할 수 있다.

[0051] 이 균일성을 보상하기 위하여, 가스 분사 위치들(510)이 처리 챔버(102)에 추가될 수 있다. 도 9는 몇몇 원격지 플라즈마 소스들(500)의 추가를 도시한다. 이 원격지 플라즈마 소스들은 이온 범주입 시스템과 관련하여 위에서 설명된 유형들일 수 있다. 각각의 원격지 플라즈마 소스는 예컨대, 중앙 저장소(central reservoir)로부터 소스 가스를 받아들인다. 그 다음으로, 이 가스는 플라즈마, 이온들, 여기된 중성자들 및 준안정 분자들을 생성하기 위해 변경된다. 위에서 설명된 바와 같이, 희망하는 특정 종에 따라서는, 상이한 특성들을 생성하기 위하여 상이한 압력들 및 전력 레벨들이 이용될 수 있다. 그 다음으로, 이 변경된 상태들은 처리 챔버(102)로 분사될 수 있다. 도 9에는, 4개의 측면 분사 위치들이 도시되어 있다. 그러나, 이것은 하나의 실시예에 불과하고, 더 크거나 더 작은 개수의 분사 위치들이 제공될 수도 있다. 도 10에 도시된 바와 같이, 바람직한 분사 위치들은 안테나(126) 근처의 처리 챔버(102)의 측면을 따른다는 점에 주목해야 한다. 이것은 평면 안테나(126)로부터의 효과가 분사된 가스를 플라즈마로 여기시키도록 하고, 이것에 의하여 작업물 상의 균일성을 향상시키는데 도움이 된다. 어떤 실시예들에서는, 가스 분사 위치들의 각각으로의 여기된 가스 유동의 레이트(rate)는 동일하지만, 각각의 원격지 플라즈마 소스(500)에 대한 전력은 조절된다. 그러나, 비대칭적인 가스 분사가 희망되는 경우, 질량 유동 제어기(MFC)는 소스 가스 저장소 및 각각의 원격지 플라즈마 소스들(500) 사이에 위치될 수 있다. 따라서, 플라즈마의 균일성과 챔버 내의 중성자들의 균일성이 향상될 수 있다.

[0052] 도 9는 분사 위치들과 직접 연통해 있는 원격지 플라즈마 소스의 출력을 도시하지만, 이것은 본 개시 내용의 필수요건이 아니다. 예를 들어, 도 5 내지 도 7에 도시된 구성들 중의 임의의 것이 도 9의 시스템과 관련하여 이용될 수 있다. 즉, 소스 가스 및 (도 5에 도시된 바와 같은) 변경된 분자들의 혼합물이 하나 이상의 분사 위치들에 공급될 수 있다. 이와 유사하게, 2개의 가스들과 (도 6에 도시된 바와 같은) 그 변경된 버전(version)들의 혼합물이 많은 분사 위치들 중의 하나에 공급될 수도 있다. 마지막으로, 도 7에 도시된 구성은 가스들을 하나 이상의 분사 위치들에 공급하기 위해 이용될 수도 있다. 이 구성들을 위한 구성요소들은 각각의 분사 위치에 대해 복제될 수 있다. 대안적으로, 이러한 구성요소들의 하나의 세트는 2 이상의 분사 위치들에 대해 공유될 수 있다.

[0053] 도 10에 도시된 또 다른 실시예에서는, 처리 챔버(102)의 상단부에 위치된 가스 분사 위치(520)에 원격지 플라즈마 소스(500e)로부터의 분자들이 공급된다. 가스를 전처리하기 위하여 원격지 플라즈마 소스를 이용하는 것은 플라즈마 소스 및/또는 구속에 의하여 야기되는 기본적인 비대칭들을 보상하기 위해 이용될 수 있다. 원격지 플라즈마 소스(500e)는 가스를 이 분사 위치에 공급한다. 이 원격지 플라즈마 소스는 위에서 설명된 것들과 같은 임의의 적당한 장치일 수 있다.

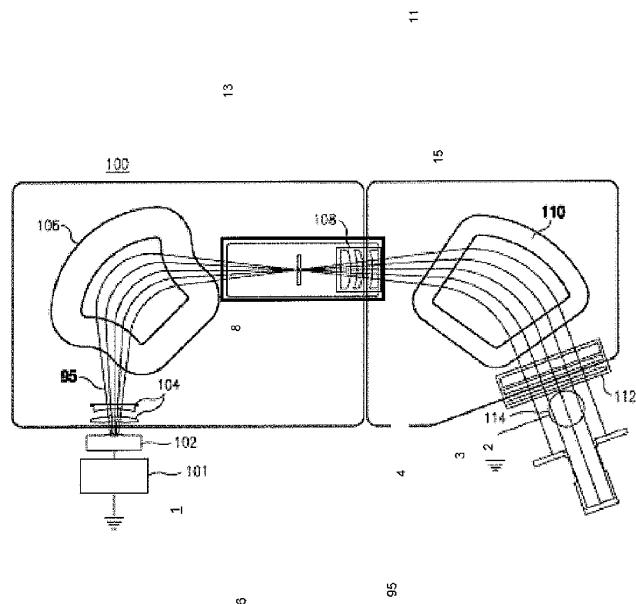
[0054] 동작 시에, 가스 소스(104)는 많은 가스들 중의 하나를 하나 이상의 원격지 플라즈마 소스들(500)에 공급한다. 이 원격지 플라즈마 소스들은 위에서 설명된 바와 같이 소스 가스를 여기시킨다. 그 다음으로, 변경된 가스는 분사 위치들(510)을 통해 플라즈마 챔버(102)로 공급된다. 일부 실시예들에서, 각각의 분사 위치에서 상이한 유량들이 요구되므로, 각각의 분사 위치에 대하여 별개의 MFC들이 이용된다. 어떤 실시예들에서는, 분사 위치에 공급되어야 할 변경된 가스가 동일하므로, 오직 하나의 원격지 플라즈마 소스만이 가스를 모든 분사 위치들에 공급하기 위해 이용되고, 여기서, 각각의 위치에서의 유량은 독립적인 MFC에 의해 제어된다. 다른 실시예들에서는, 각각의 분사 위치에 공급되어야 할 변경된 가스가 상이할 수 있다. 예를 들어, 이 종은 더 가벼운 이온들만큼 용이하게 확산하지 않으므로, 플라즈마 챔버(102)의 외부 에지(edge) 근처에서 더 많은 무거운 종을 분사하는 것이 바람직할 수 있다. 이 시나리오에서는, 2 이상의 원격지 플라즈마 소스(500)가 이용될 수 있다.

[0055] 이 개시 내용은 위에서 개시된 특정 실시예들을 설명하고 있지만, 당업자들은 여러 변형들 및 수정들이 가능하다는 것을 인식할 것이다.

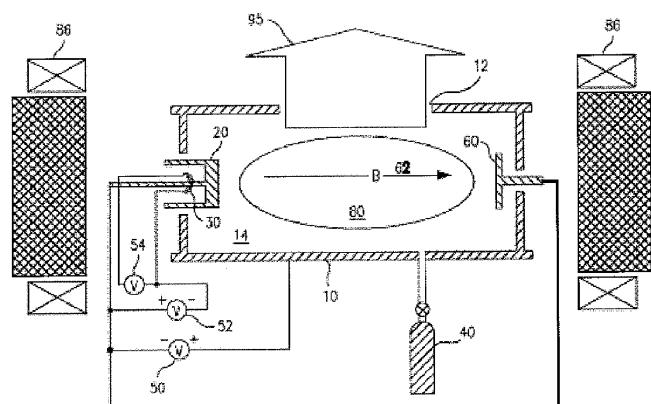
[0056] 따라서, 이 개시 내용에서 제공된 실시예들은 한정이 아니라 예시를 위한 것이다. 개시 내용의 취지로부터 벗어나지 않으면서 다양한 실시예들이 도출될 수 있다.

## 도면

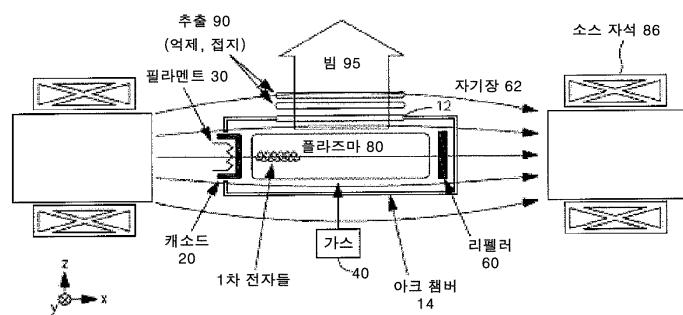
## 도면1



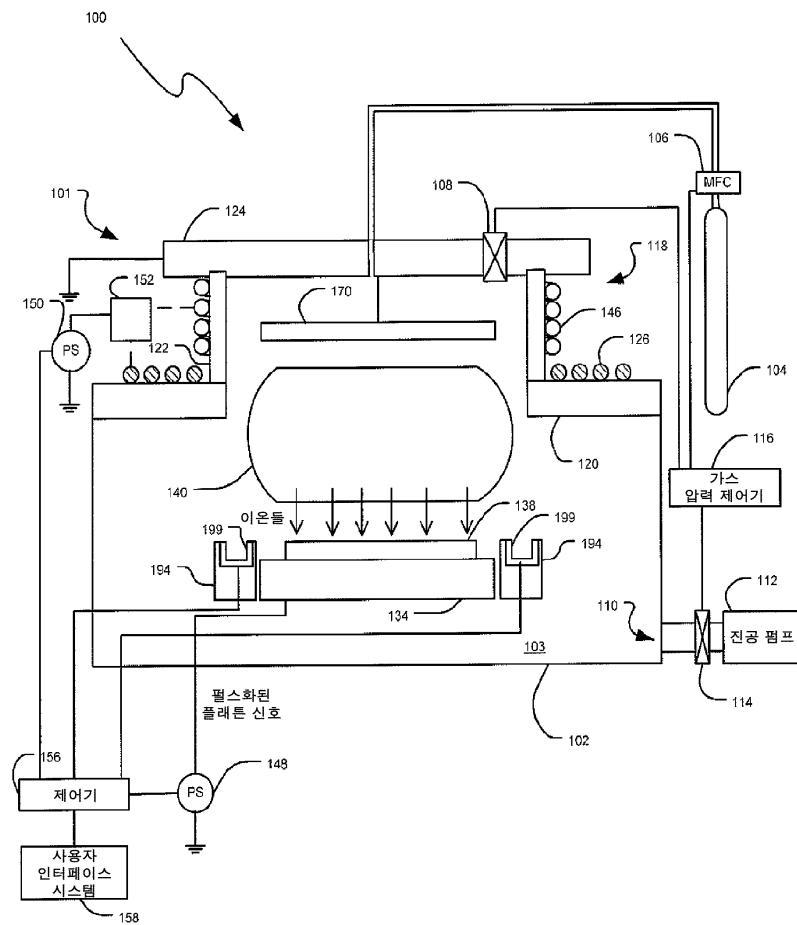
## 도면2



## 도면3

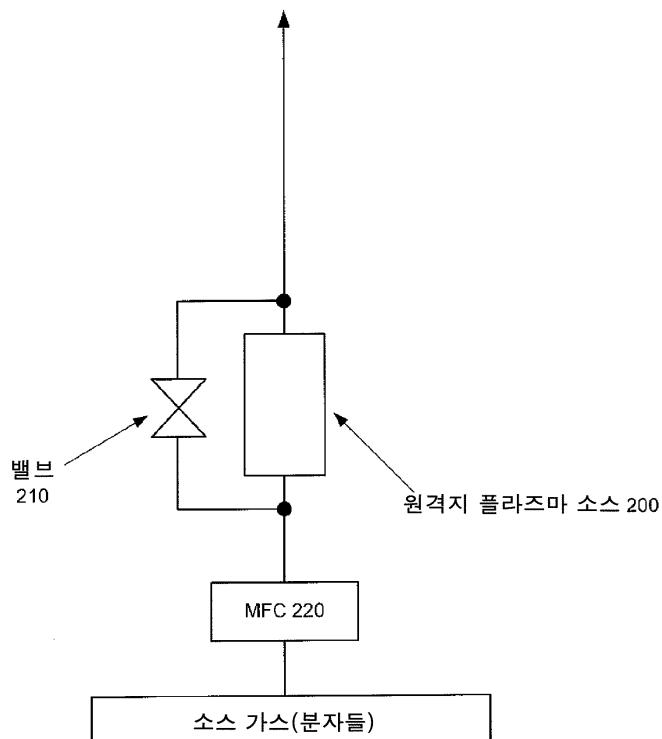


## 도면4



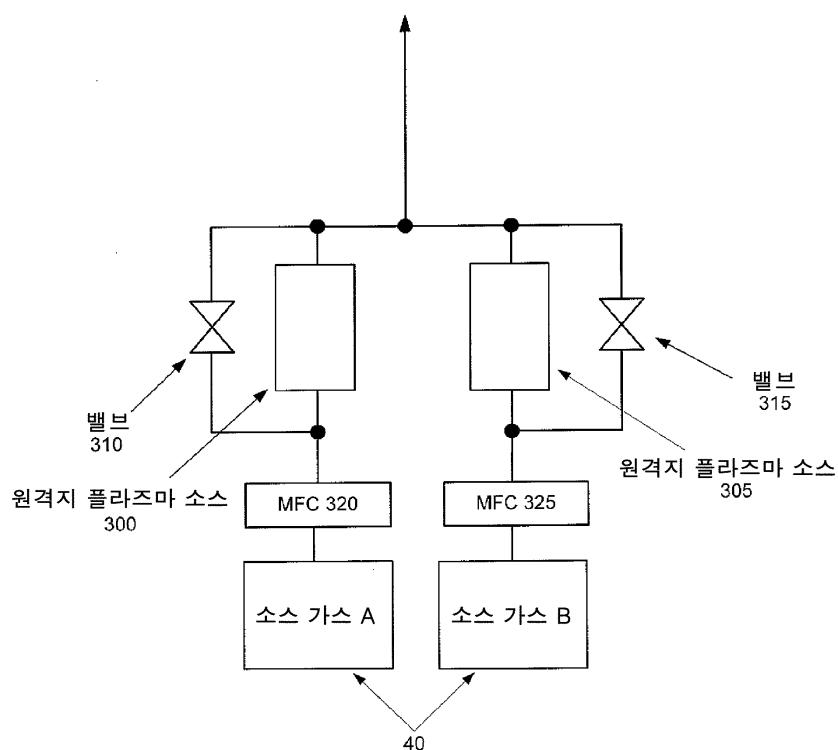
## 도면5

소스 챔버(14)로



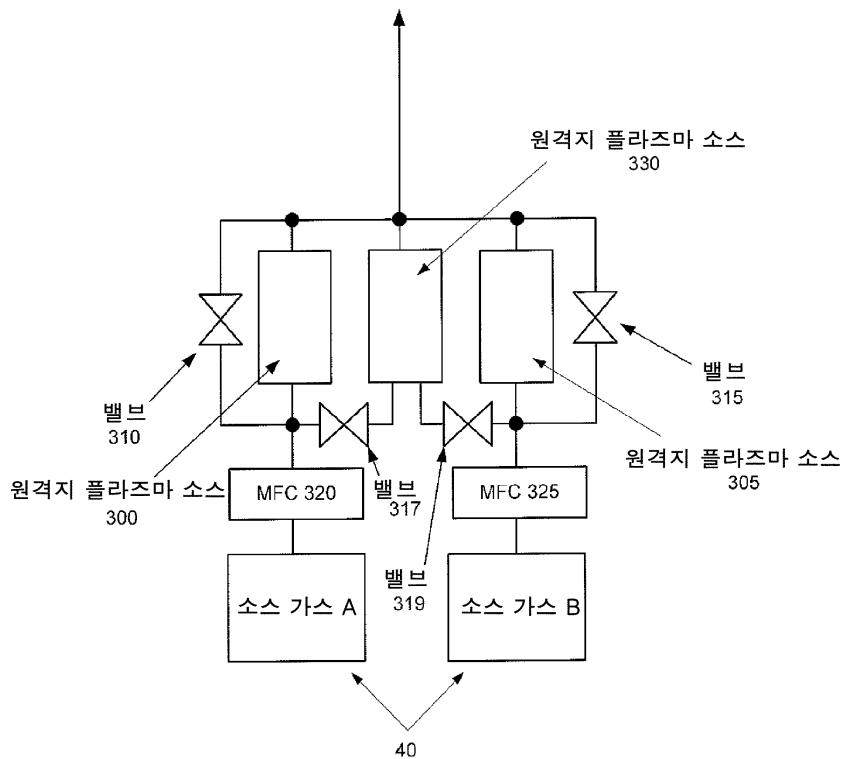
## 도면6

소스 챔버(14)로

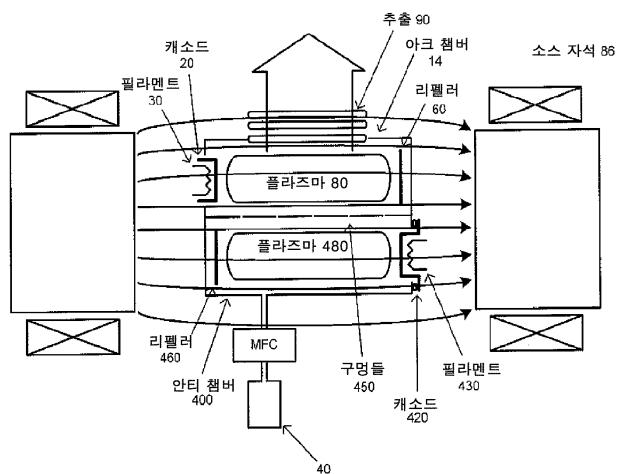


## 도면7

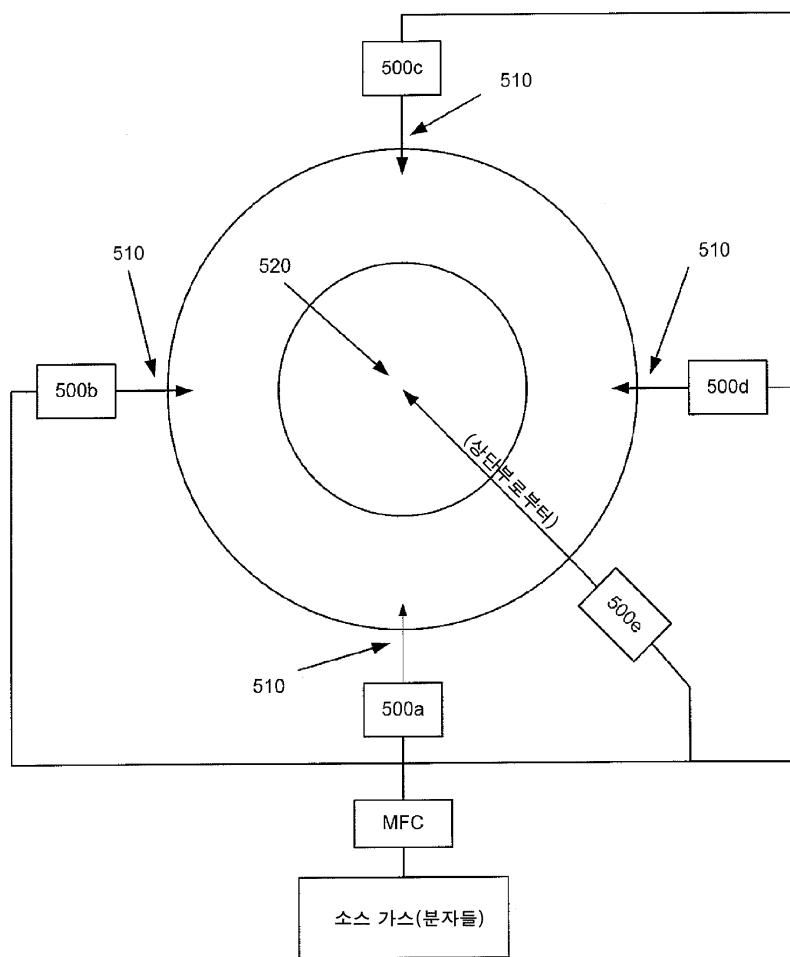
소스 챔버(14)로



## 도면8



## 도면9



## 도면10

