



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0017661  
(43) 공개일자 2009년02월18일

(51) Int. Cl.

H01L 21/205 (2006.01)

- (21) 출원번호 10-2008-7032103
- (22) 출원일자 2008년12월30일  
심사청구일자 없음  
번역문제출일자 2008년12월30일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2007/070082  
국제출원일자 2007년05월31일
- (87) 국제공개번호 WO 2007/140455  
국제공개일자 2007년12월06일
- (30) 우선권주장  
11/443,620 2006년05월31일 미국(US)  
11/443,621 2006년05월31일 미국(US)

(71) 출원인

테갈 코퍼레이션

미국 캘리포니아 94954 페달루마 사우쓰 맥도웰  
블러바드 2201

(72) 발명자

느구엔 튜

미국 캘리포니아 94539 프레몬트 올리브 애버뉴  
496

느구엔 타이 등

미국 캘리포니아 94539 프레몬트 타오스 로드  
48620

베르코 크레이그 알란

미국 캘리포니아 95006 보올더 크리크, 노스 스프  
링 크리크 로드 605

(74) 대리인

박장원

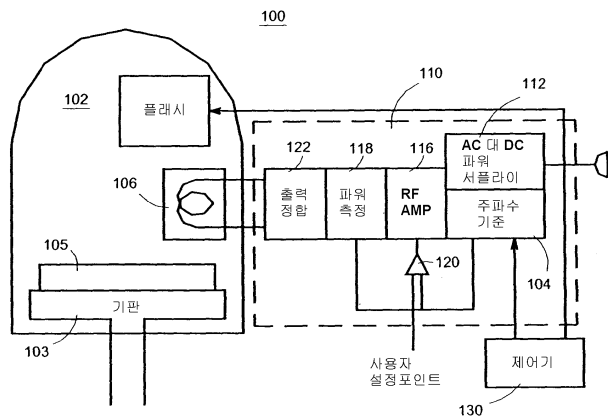
전체 청구항 수 : 총 40 항

(54) 반도체 프로세싱을 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

프로세스 챔버와, 반복적으로 트리거링되도록 되어 있는 플래시 램프와, 그리고 플래시 램프를 트리거링하기 위해 플래시 램프의 제어 입력에 연결된 제어기를 사용하여 반도체 프로세싱을 수행하는 시스템 및 방법이 개시된다. 이러한 시스템은 웨이퍼 프로세싱에서 플래시 램프와 병렬로 고체 상태 플라즈마 소스를 배치할 수 있다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

프로세싱 챔버에서 필름을 증착하는 방법으로서,

(a) 얇은 층을 증착하기 위해 제 1 전구체를 도입하는 단계와, 상기 증착은 비자기 한정적인 증착 프로세스이며, 여기서 증착 두께는 증착 시간에 따라 증가하고; 그리고

(b) 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 열 에너지를 발생시키도록 플래시 램프를 트리거링하는 단계; 또는 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 플라즈마 에너지를 발생시키도록 플라즈마 소스를 트리거링하는 단계; 또는 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 열 에너지를 발생시키도록 플래시 램프를 트리거링하고 아울러 플라즈마 에너지를 발생시키도록 플라즈마 소스를 트리거링하는 단계 중 어느 하나의 단계를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계 이후에,

(a1) 상기 제 1 전구체들을 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는 제 2 전구체를 도입하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 (b) 단계 이후에,

(b1) 상기 제 2 전구체를 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

### 청구항 6

제2항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

### 청구항 7

제4항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 내지 상기 (b1) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계는 상기 증착 프로세스에서 플라즈마 에너지를 사용하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 필름

증착 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서 복수의 상기 제 1 전구체들은 CVD 전구체들을 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 10**

제3항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 제 2 전구체는, 질소, 산소, 수소, 암모니아,  $NF_3$ , 실란, 오존, 아르곤으로 구성된 그룹으로부터 선택된 프로세스 가스들을 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 11**

제3항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 제 2 전구체는 CVD 전구체를 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 12**

프로세싱 챔버에서 필름을 증착하는 방법으로서,

(a) 얇은 층을 증착하기 위해 제 1 전구체를 도입하는 단계와, 상기 증착은 비자기 한정적인 증착 프로세스이며, 여기서 증착 두께는 증착 시간에 따라 증가하고; 그리고

(b) 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 열 에너지를 발생시키도록 플래시 램프를 트리거링하는 단계를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 (a) 단계 이후에,

(a1) 제 1 전구체를 도입하고 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서,

상기 (b) 단계는 제 2 전구체를 도입하는 것을 더 포함하고, 그리고 상기 (b) 단계 이후에,

(b1) 상기 제 2 전구체를 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 15**

제12항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 16**

프로세싱 챔버에서 필름을 증착하는 방법으로서,

(a) 얇은 층을 증착하기 위해 제 1 전구체를 도입하는 단계와, 상기 증착은 비자기 한정적인 증착 프로세스이며, 여기서 증착 두께는 증착 시간에 따라 증가고; 그리고

(b) 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 플라즈마 에너지를 발생시키도록 플라즈마 소스를 트리거링하는 단계를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 (a) 단계 이후에,

(a1) 제 1 전구체를 도입하고 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 (b) 단계는 제 2 전구체를 도입하는 것을 더 포함하고, 그리고 상기 (b) 단계 이후에,

(b1) 상기 제 2 전구체를 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 19**

제16항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 20**

제16항에 있어서,

상기 (a) 단계는 상기 증착 프로세스에서 플라즈마 에너지를 사용하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 21**

프로세싱 챔버에서 필름을 증착하는 방법으로서,

(a) 얇은 층을 증착하기 위해 제 1 전구체를 도입하는 단계와, 여기서 상기 증착은 얇은 필름을 만들기 위해 기판 표면 상에서의 상기 전구체들 간의 반응 또는 상기 전구체들의 분해를 포함하는 증착 프로세스이고; 그리고

(b) 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 열 에너지를 발생시키도록 플래시 램프를 트리거링하는 단계; 또는 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 플라즈마 에너지를 발생시키도록 플라즈마 소스를 트리거링하는 단계; 또는 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 열 에너지를 발생시키도록 플래시 램프를 트리거링하고 아울러 플라즈마 에너지를 발생시키도록 플라즈마 소스를 트리거링하는 단계 중 어느 하나의 단계를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 22**

제21항에 있어서,

상기 (a) 단계 이후에,

(a1) 상기 제 1 전구체들을 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 23**

제21항에 있어서,

상기 (b) 단계는 제 2 전구체를 도입하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 24**

제23항에 있어서,

상기 (b) 단계 이후에,

(b1) 상기 제 2 전구체를 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 25**

제21항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 26**

제22항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 27**

제24항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 내지 상기 (b1) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 28**

제21항에 있어서,

상기 (a) 단계는 상기 증착 프로세스에서 플라즈마 에너지를 사용하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 29**

제21항에 있어서,

상기 (a) 단계에서 복수의 상기 제 1 전구체들은 CVD 전구체들을 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 30**

제23항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 제 2 전구체는, 질소, 산소, 수소, 암모니아,  $NF_3$ , 실란, 오존, 아르곤으로 구성된 그룹으로부터 선택된 프로세스 가스들을 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 31**

제23항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 상기 제 2 전구체는 CVD 전구체를 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 32**

프로세싱 챔버에서 필름을 증착하는 방법으로서,

(a) 얇은 층을 증착하기 위해 제 1 전구체를 도입하는 단계와, 여기서 상기 증착은 얇은 필름을 만들기 위해 기판 표면 상에서의 상기 전구체들 간의 반응 또는 상기 전구체들의 분해를 포함하는 증착 프로세스이고; 그리고

(b) 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 열 에너지를 발생시키도록 플래시 램프를 트리거링하는 단계를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 33**

제32항에 있어서,

상기 (a) 단계 이후에,

(a1) 제 1 전구체를 도입하고 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 34**

제33항에 있어서,

상기 (b) 단계는 제 2 전구체를 도입하는 것을 더 포함하고, 그리고 상기 (b) 단계 이후에,  
(b1) 상기 제 2 전구체를 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 35**

제32항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 36**

프로세싱 챔버에서 필름을 증착하는 방법으로서,

(a) 얇은 층을 증착하기 위해 제 1 전구체를 도입하는 단계와, 여기서 상기 증착은 얇은 필름을 만들기 위해 기판 표면 상에서의 상기 전구체들 간의 반응 또는 상기 전구체들의 분해를 포함하는 증착 프로세스이고; 그리고  
(b) 상기 증착된 층을 조절하기 위해, 플라즈마 에너지를 발생시키도록 플라즈마 소스를 트리거링하는 단계를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 37**

제36항에 있어서,

상기 (a) 단계 이후에,

(a1) 제 1 전구체를 도입하고 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 38**

제37항에 있어서,

상기 (b) 단계는 제 2 전구체를 도입하는 것을 더 포함하고, 그리고 상기 (b) 단계 이후에,

(b1) 상기 제 2 전구체를 정화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 39**

제36항에 있어서,

원하는 필름 두께에 도달할 때 까지 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 복수 번 수행하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**청구항 40**

제36항에 있어서,

상기 (a) 단계는 상기 증착 프로세스에서 플라즈마 에너지를 사용하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 필름 증착 방법.

**명세서**

**기술분야**

<1> 본 출원은 미국 특허 출원 번호 제11/443,620호(2006.05.31. 출원) 및 미국 특허 출원 번호 제11/443,621호(2006.05.31. 출원)를 우선권 주장의 기초 출원으로 한다.

<2> 본 발명은 반도체 프로세싱에 관한 것이다.

**배경 기술**

- <3> 현대의 반도체 디바이스 구조의 제조는 전통적으로 플라즈마 프로세싱에 의지하고 있으며, 여기서 에칭, 증착, 혹은 스퍼터링과 같은 다양한 동작이 일어난다. 플라즈마 에칭은 화학적 활성 원자 혹은 고에너지 이온을 사용하여 기판으로부터 물질을 제거한다. 플라즈마 강화 화학적 기상 증착(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD)은 플라즈마를 사용하여 화학적 가스를 분리 및 활성화시키고, 그래서 기판 온도는 증착 동안 감소될 수 있다. 플라즈마 스퍼터링은 또한 기판 상에 물질을 증착하고, 여기서 아르곤과 같은 플라즈마 이온들은 물질 표면에 영향을 주고 그리고 중성 원자로서 기판으로 운반되는 물질을 스퍼터링한다. 추가적인 플라즈마 프로세스는 플라즈마 표면 세정 및 다양한 물질 층들의 물리적 기상 증착(Physical-Vapor Deposition, PVD)을 포함한다.
- <4> 종래에, 플라즈마는 무선 주파수 파워 플라즈마 소스(radio frequency powered plasma source)를 사용하여 발생된다. "전형적인" 무선 주파수 파워 플라즈마 소스에서, 교류(Alternating Current, AC) 파워는 정류 및 스위칭되어 RF 증폭기에 전류를 제공한다. RF 증폭기는 기준 주파수(예를 들어, 13.56 MHz)에서 동작하고, 출력 정합 네트워크를 통해, 그 다음에 파워 측정 회로를 통해 파워 서플라이의 출력으로 전류를 구동시킨다. 출력 정합은 산업 분야에서 공통적으로 사용되는 동축 케이블과 동일한 특성 임피던스를 갖도록 하기 위해 50 오옴과 같은 특정 임피던스를 구동시키도록 최적화된 발생기에 연결되도록 일반적으로 설계된다. 파워는 정합된 케이블 섹션을 통해 흐르고, 정합 제어기에 의해 측정되며, 부하 정합을 통해 변환된다. 부하 정합은 일반적으로 전동 자동 튜너(motorized automatic tuner)이고, 그래서 부하 정합 동작은 시스템이 적절하게 구성되기 이전에 사전에 결정된 시간 지연을 일으킨다. 부하 정합을 통과한 이후, 파워는 진공화된 프로세싱 챔버에서 두 개의 전극을 구동시키는 플라즈마 여기 회로에 공급된다. 프로세싱 가스가 진공화된 프로세싱 챔버에 유입되고, 그리고 상기 회로에 의해 구동될 때, 플라즈마가 발생된다. 정합 네트워크 혹은 부하 정합이 전동(motorize)되어, 정합 네트워크로부터의 응답 시간은 전형적으로 대략 일 초 혹은 그 이상이다.
- <5> 종래에, 플라즈마는, 고속으로 여러 층들을 증착시키고 그럼으로써 그 단계별 부분들의 형상(커버리지(coverage))을 개선시키기 위해 필요한 많은 양의 파워를 얻기 위해 계속적으로 발생된다. 미국 특허 번호 제 5,468,341호(발명의 명칭: "Plasma-etching Method and Apparatus Therefor")에서 개시된 바와 같이, 종래 RF 소스들에서 에칭될 오브젝트의 표면에 도달한 이온 에너지의 양은 RF 파(waves)의 파워를 제어함으로써 달성될 수 있고, 플라즈마에서의 분리 프로세스의 제어가능한 범위는 좁고, 따라서 오브젝트 웨이퍼의 표면 상에서의 제어가능한 에칭 반응의 정도는 협소하게 제한된다. 또한, 자기장이 고밀도 플라즈마용 플라즈마 발생 챔버에 존재하기 때문에, 자기유체역학 플라즈마 불안정성이 존재할 수 있는데, 이것은 예를 들어 플라즈마에서 발생된 표류파(drift waves)로 인한 것이며, 이로 인해 이온의 온도가 올라가고, 그리고 이온 움직임의 방향이 균일하지 않게 되는 문제가 발생한다. 또한 상기 문제는 게이트 옥사이드 필름의 질저하 및 에칭 프로파일의 왜곡을 포함하는데, 이것은 웨이퍼 상에 축적된 전하들로 인한 것이다.
- <6> 원자 층 증착(Atomic Layer Deposition, ALD)으로 알려진 증착 기술에서, 다양한 가스들이 교번적 시퀀스로 약 100-500 밀리초 동안 챔버에 주입된다. 예를 들어, 제 1 가스가 약 500 밀리초 동안 챔버에 전달되고, 그리고 기판이 가열되고, 그리고 제 1 가스(선택에 따라서는 가열)가 턴오프된다. 이러한 가스가 턴오프되기 전에 또 다른 가스가 또 다른 500 밀리초 동안 챔버에 전달된다(선택에 따라서는 가열). 턴오프되기 전에 다음 가스가 약 500 밀리초 동안 전달된다(그리고 선택에 따라서는 가열됨). 이러한 시퀀스는 모든 가스가 챔버를 통해 순환될 때까지 수행되고, 각각의 가스 시퀀스는 매우 얇은 층을 형성한다. 따라서, ALD 기술은 가스 주입 및 가열 시퀀스에 펄스를 제공하는데, 이것은 100 밀리초와 500 밀리초 사이에 있다. 이러한 방법은 실란(silane) 및 산소와 같은 다양한 전구체 가스들에서의 결합(bond)들을 끊기 위해 높은 분리 에너지 요건을 가지고 있고, 따라서 고온, 예를 들어 실란 및 산소 프로세스에 대해 섭씨 약 600-800 온도까지 기판이 가열될 것을 요구한다.

**발명의 상세한 설명**

- <7> 일 실시형태로서, 반도체 프로세싱을 수행하는 장치가 제공되며, 상기 장치는 프로세스 챔버와, 반복적으로 트리거링되도록 되어 있는 플래시 램프와, 그리고 플래시 램프를 트리거링하기 위해 플래시 램프의 제어 입력에 연결된 제어기를 포함한다.
- <8> 앞서의 실시형태의 실시예들은 다음 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 플래시 램프는 펄스를 공급받아 분자 층 프로세싱을 수행할 수 있고, 이러한 프로세싱은 다음과 같은 것, 즉, 증착, 에칭, 에피택셜 증착, 및

스퍼터 증착 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 주파수 튜닝을 사용하는 고체 상태 플라즈마 발생기는 출력 정합을 달성하기 위해 사용될 수 있다. 플라즈마 발생기는 임의의 이동 부분이 없고 짧은 튜닝 응답 시간을 갖는 고체 상태 발생기일 수 있다. 고체 상태 발생기는 스위칭 파워 서플라이와, 파워 서플라이에 연결된 증폭기와, 증폭기에 연결된 기준 주파수 발생기와, 비교기 및 기준 주파수 발생기에 피드백을 제공하는 파워 측정 회로와, 그리고 출력 정합 섹션에 연결된 플라즈마 여기 회로를 포함한다. 복수의 전구체 입구들이 챔버에 연결될 수 있고, 그리고 플래시 램프가 트리거링될 때, 전구체 입구들로부터의 전구체가 반응한다. 제어기는 제어될 수 있는 컴퓨터일 수 있고 혹은 하드와이어링된 회로일 수 있다. 제어기는 원자 층 프로세스에서 플래시 램프를 턴온시킨다. 제어기는 프로세스 챔버에서 원자 층 프로세싱을 수행하기 위해 플래시 램프를 복수 번 순환시킬 수 있다. 복수의 층들은 플라즈마-이용 층(plasma-assisted layer)들 및 비 플라즈마-이용 층(non plasma-assisted layer)들일 수 있다.

- <9> 다른 실시형태에서, 반도체 상에 복수-층 필름을 증착하는 방법이 제공되며, 상기 방법은 프로세싱 챔버에 가스를 도입하는 것과, 그리고 임의의 층을 증착시키기 위해 챔버에 열 에너지를 발생시키도록 플래시 램프를 트리거링하는 것을 포함한다.
- <10> 이러한 실시형태의 실시예들은 다음 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 상기 방법은 챔버를 정화하고 그리고 순차적으로 플래시 램프에 펄스를 제공하여 각각의 층이 증착되게 하는 것을 포함한다.
- <11> 또 다른 실시형태에서, 복수-층 반도체 프로세싱 챔버는, 샘플이 배치된 반응 챔버에 프로세싱 가스를 유입시키기 위해 챔버에 연결된 가스 소스와, 프로세싱 가스를 반응시키기 위해 챔버에 연결된 고강도 플래시 램프와, 그리고 각각의 증착된 층에 대해 플래시 램프를 트리거링하기 위해 플래시 램프에 연결된 제어기를 포함한다.
- <12> 앞서의 실시형태의 실시예들은 다음 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 고체 상태 RF 플라즈마 소스가 플래시 램프와 함께 사용될 수 있으며, 이러한 소스는, 스위칭 파워 서플라이, 파워 서플라이에 연결된 RF 증폭기, RF 증폭기에 연결된 기준 주파수 발생기, 비교기 및 기준 주파수 발생기에 피드백을 제공하는 파워 측정 회로, 그리고 파워 측정 회로에 연결된 출력 정합 섹션, 그리고 출력 정합 섹션에 연결된 플라즈마 여기 회로를 포함한다. 제어기는 플래시 램프를 트리거링하고, 그리고/또는 고체 상태 RF 플라즈마 소스에 펄스를 보낸다. 제어기는 순차적으로 플래시 램프를 트리거링하고, 그리고/또는 고체 상태 RF 플라즈마 소스에 펄스를 제공하여 각각의 층이 증착되도록 한다.
- <13> 이러한 시스템의 장점은 다음 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 이러한 시스템은 순간적으로 상당한 양의 에너지를 웨이퍼 표면에 전달하여 바람직한 표면 반응을 개시시킬 수 있다. 이러한 시스템은 펄스 플라즈마 및/또는 플래시 가열의 결합을 수행하여, 지속되는 열 반응을 개시시키기 위해 요구되는 온도보다 약간 낮은 온도에서 기판의 표면 상에서의 화학적 전구체들을 열적으로 활성화시킬 수 있다. 이러한 기술은 원자 층 증착 프로세스에 대해 매우 얇은 물질 층을 만드는데 사용될 수 있다. 이러한 시스템은 더 좋은 제어 두께를 제공한다. 사용자는 동일한 결과를 얻기 위해 더 얇은 필름들을 사용할 수 있고, 그럼으로써 무어의 법칙(Moore's law)을 연장시킨다. 최종으로 고품질의 필름이 매우 뛰어난 성질을 가지게 되는 데, 예를 들면, 다른 것 중에서도, 균일도가 높고, 저항이 제어가능하고, 확산 저항이 높으며, 그리고 컨포멀리티(conformality)가 높다. 따라서, 이러한 시스템은 고정밀 에칭, 증착 또는 스퍼터링 능력을 가능하게 할 수 있다. 플래시 벌브(flash bulb) 및/또는 무선 주파수 파워 플라즈마 소스의 펄스 변조는 플라즈마에서의 라디칼 생산을, 이온 온도 및 전하 축적을 엄격히 제어할 수 있다. 또한, 웨이퍼에서의 전하의 축적을 위한 시간은 대략 밀리-초이고 그리고 웨이퍼에 대한 전하의 축적은 펄스-변조 플라즈마에 의해 대략 마이크로-초 동안 억제되기 때문에, 이것은 전하 축적에 의해 발생하는 웨이퍼 상의 디바이스에 대한 손상을 억제할 수 있고, 그리고 전극 에칭 프로세스 동안 발생하는 노치(notch)들을 억제할 수 있다. 이러한 시스템은 상대적으로 낮은 온도, 전형적으로는 섭씨 400도보다 작은 온도까지 기판이 가열되게 할 수 있다. 더 낮은 온도에서의 웨이퍼의 프로세싱은 썬열 버짓(thermal budget)을 감소시킬 수 있고, 그리고 다른 것 중에서도, 열로 인한 기계적 스트레스들을 감소시킴에 있어, 그리고 기판에서의 인접 층들의 확산 합금 공정(diffusion alloying)에 있어, 그리고 그레인 성장(grain growth)을 최소화함에 있어 이로울 수 있다.
- <14> 다른 특징들로는 다음 중 하나 또는 그 이상이 포함될 수 있다. 이러한 시스템은 반도체 웨이퍼의 에칭, 증착 혹은 스퍼터링에 대한 뛰어난 특성(높은 에칭 속도, 높은 균일도, 높은 선택도, 높은 이방성, 및 낮은 손상)을 달성할 수 있는 콤팩트한 기판 프로세스 모듈에서 매우 효율적인 플라즈마 동작을 달성한다. 이러한 시스템은 기판을 에칭함에 있어, 그리고 기판 상에 필름을 증착함에 있어 낮은 압력에서 고밀도 및 균일도 높은 플라즈마 동작을 달성한다. 대안적으로, 이러한 시스템은 매우 다양한 가스들 및 가스들의 결합과 함께 동작할 수

있으며, 이러한 가스에는 반응성이 높고 그리고 부식성의 가스들이 포함될 수 있다.

**실시예**

- <21> 도 1은 프로세싱 챔버(102)를 갖는 예시적인 펄스 프로세싱 시스템(100)을 나타낸다. 프로세싱 챔버(processing chamber)(102)는 기관(105)을 지지하는 척(chuck)(103)과 같은 프로세싱 챔버의 컴포넌트(component)들을 둘러싸는 챔버 몸체(chamber body)를 갖는다. 프로세싱 챔버는 전형적으로 진공을 유지하고, 그리고 기관 프로세싱 동안 프로세스 가스들을 위한 밀봉된 환경을 제공한다. 때때로, 프로세스 챔버는 챔버를 세정하기 위해 그리고 챔버에 쌓이는 원하지 않는 물질을 제거하기 위해 주기적으로 액세스될 필요가 있다. 프로세스 챔버에 대한 유지관리를 지원하기 위해, 프로세스 챔버의 상부에 전형적으로 개구가 제공되고, 이것은 프로세스 챔버의 내부 컴포넌트들에 액세스를 제공하기에 충분히 크다.
- <22> 챔버(102)는 빠른 점화 능력으로 고체-상태 플라즈마 발생기(110)에 의해 구동되는 플라즈마 여기 회로(plasma excitation circuit)(106)를 포함한다. 상업적으로 가용한 하나의 플라즈마 소스는 리트마스 소스(Litmas source)이고, 이것은 LITMAS Worldwide of Matthews, N.C로부터 입수가 가능하다. 발생기(110)는 교류(AC) 라인에 연결된 스위칭 파워 서플라이(112)를 포함한다. 파워 서플라이(112)는 AC 입력을 정류하고, 그리고 AC 입력을 스위칭시켜 RF 증폭기(116)를 구동시킨다. RF 증폭기(116)는 기준 주파수 발생기(104)에 의해 제공되는 기준 주파수(예를 들어, 13.56 MHz)에서 동작한다. RF 증폭기(116)는 파워 측정 회로(118)를 통과하는 전류를 구동시키는데, 파워 측정 회로(118)는 비교기(120) 및 기준 주파수 발생기(104)에 피드백 신호를 제공한다. 이러한 실시예에서, 파워는 단지 한번 측정되고, 그리고 이 정보는 RF 증폭기(116) 이득을 제어하기 위해 사용될 뿐만 아니라 만약 필요하다면 튜닝 시스템을 제어하기 위해 사용된다. 그 다음에 파워는 출력 정합 섹션(122)에 전달되고, 출력 정합 섹션(122)은 플라즈마 여기 회로(106)를 직접적으로 구동한다. 일 실시예에서, 플라즈마 여기 회로(106)는 챔버에서 병렬 플레이트 전극들을 사용한다. 그러나, 다른 등가 회로들이 사용될 수 있으며, 여기에는 예를 들어, 커패시턴스 커플링 혹은 인덕턴스 커플링 타입의 외부 전극이 포함될 수 있다.
- <23> 제어기(130)는 주기적 펄스를 발생시키고, 그리고 기준 주파수(104)의 하나의 입력을 구동시킨다. 펄스는 효율적으로 플라즈마 발생을 턴온시키거나 또는 턴오프시킨다. 제어기(130)의 일 실시예는 십 헤르츠(10 Hz) 혹은 그 이하의 주파수를 갖는 펄스를 발생시킨다. 또 다른 실시예에서, 발생된 펄스는 대략 이백오십(250) 밀리초의 펄스 폭을 가지고, 그리고 이러한 펄스는 대략 매 오십(50) 밀리초마다 반복된다.
- <24> 챔버(102)는 기관을 가열하기 위해 제어기(130)에 의해 제어되는 하나 또는 그 이상의 플래시 램프(113)를 포함한다. 다양한 상업적으로 가용한 플래시 램프가 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 짧은 지속기간의 펄스에서 많은 양의 스펙트럼 에너지를 방출하기 위해 크세논 플래시 램프(벌브형 혹은 튜브형)가 사용된다. 본 발명의 기술분야에 숙련된 자들에게 알려진 다수의 적당한 플래시 램프들이 사용될 수 있다. 예를 들어, Alex D. McLeod의 논문(제목: "Design Considerations for Triggering of Flash lamps," Copyright 1998-2003 PerkinElmer, Inc.)에서 설명된 바와 같이, 파워 서플라이 에너지는 저장 커패시터에 축적된다. 이러한 에너지가 방출되어 소모될 때, 플래시 램프 내에 크게 여기된 크세논 플라즈마가 형성된다. 방출된 에너지는 자외선(UltraViolet, UV) 내지 적외선(InfraRed, IR)의 넓은 스펙트럼 범위를 포괄하고, 이것은 태양광에 매우 유사하다. 충전된 에너지 저장 커패시터는 플래시 램프의 두 개의 메인 전극(일반적으로, 애노드 및 캐소드로 언급됨) 양단에 통상적으로 연결된다. 이러한 커패시터에 충전된 전압은 크세논이 이온화하도록 하는 전압보다 일반적으로 더 낮다.
- <25> 초기 이온화를 일으키는 프로세스는 트리거링으로 알려져 있고, 이것은 이온화를 일으키기에 충분한 크기의 가스에서의 전압 그레디언트(voltage gradient)(볼트/인치(Volts/Inch))를 생성한다. 대부분의 트리거링 방식은 트리거 트랜스포머(trigger transformer)를 사용하여 짧은 지속기간의 고전압 펄스를 만든다. 이온화를 달성하기 위해 이러한 전압을 일으키는 몇몇의 서로 다른 회로들이 개발되어 오고 있다. 이것이 발생되면, 메인 전극들 사이의 얇은 스트리머(streamer)에 의해 알 수 있는 바와 같이, 전도성 경로가 존재하게 되는데, 이것을 통해 에너지-저장-커패시터가 방전할 수 있다. 이온화의 레벨이 증가함에 따라, 스트리머의 단면은 증가하고 그리고 스트리머는 강렬한 플래시를 만들어 낸다.
- <26> 다수의 트리거링 방법들이 사용될 수 있으며, 여기에는 외부 트리거링(external triggering), 시리즈 주입 트리거링(series injection triggering), 및 의사-시리즈 주입 트리거링(pseudo-series injection triggering)이 포함될 수 있다. 이러한 세 개의 트리거링 방법은 시머 모드 회로(simmer mode circuit) 혹은 의사-시머 모드 회로(pseudo-simmer mode circuit)에 의해 트리거링될 수 있다. 시머 모드 기술은 플래시 램프가 일련의 플래시들에서 단지 한번 트리거링될 것을 요구한다. 특별하게 설계된 부하 특성을 갖는 개별적인 파워 서플라이는, 낮지만 안정적인 이온화 상태로 전류가 램프에서 계속 흐르게 하는 데 사용된다. 플래시 램프 타입에 따라, 전형

적인 시머 전류는 100 밀리암페어로부터 최대 수 암페어일 수 있다. 램프 양단의 전압은 100 볼트 내지 150 볼트이다. 충전된 커패시터로부터 개별적인 파워 서플라이까지 얻어진 메인 방전 에너지는 이제 램프로 스위칭될 수 있다. 반도체 스위치, 예를 들어 SCR 또는 가스 혹은 진공 갭과 같은 반도체 스위치가 또한 사용될 수 있다. 램프에서의 가스는 더 크게 이온화될 것이고, 에너지가 소모됨에 따라 플래시가 만들어 진다. 그 다음에, 가스는 시머 상태로 되돌아 가게 된다. 회로 설계 및 레이아웃에서 고려되어야만 하는 것으로, 기생 소자들로 인한 과도현상들은 탈이온화가 일어나지 않도록 하며, 또는 반도체 혹은 절연은 과도하게 스트레스를 받지 않는다는 것이다. 의사 시머 모드는 시머 파워 서플라이를 커패시터 충전 서플라이와 결합하는 시머 모드 회로에 관한 변형이다. 동작 조건은 램프 및 파워 서플라이 부하 라인 고려에 의해 제한된다.

<27> 외부 트리거링을 갖는 일 실시예에서, 고전압 트리거 펄스는 램프 내의 애노드와 캐소드 사이의 얇은 이온화된 스트리머를 생성하기 위해 사용된다. 트리거 트랜스포머로부터의 이러한 고전압 펄스에 의해 일어나는 전압 그래디언트에 의해 튜브 벽에 인접한 가스가 여기될 때, 이온화가 시작한다. 얇은 니켈 와이어는 유리(혹은 퀴츠(quartz)) 엔벨러프(envelope)(튜브)의 표면 둘레로 둘러싸일 수 있고, 그리고 전구 내부 팁(tip)들 사이에 엔벨로프의 길이보다 가능한 한 큰 유리에 접촉할 수 있다. 트리거 트랜스포머 고전압 출력(2차 권선)은 이러한 와이어의 일단에 연결된다. 특정 플래시 램프를 신뢰가능하게 트리거링하기 위해 요구되는 트리거 전압은 아크 길이(arc length), 구경(bore diameter), 충전 압력(fill pressure), 전극 물질에 따라 다르고, 통상적으로 플래시 램프 특성 데이터에 주어진다. 다른 인자들 예를 들어 주변 방사 에너지 및 램프의 노화 특성이 트리거링 요건에 또한 영향을 미친다. 트리거 펄스 폭은 이러한 방법을 사용함에 있어 중요한데, 왜냐하면 이온화된 스트리머가 플래시 램프의 구멍 아래로 전파하기 위해서는 유한한 양의 시간이 필요하기 때문이다. 트리거링은 펄스 폭이 아크 길이(인치) 당 적어도 200 나노초일 때 가장 신뢰가능한 것으로 나타나고 있다.

<28> 시리즈 주입 트리거링을 갖는 또 다른 실시예에서, 에너지 저장 커패시터로부터의 방전 전류는 트리거 트랜스포머의 2차 권선을 통과한다. 따라서, 트리거 트랜스포머의 2차 권선은 주변 온도 설계 한계 내에서 전체 방전 전류를 운반하도록 설계되어야 한다. (트리거 트랜스포머의) 2차 권선의 인덕턴스는 이제 방전 회로의 일부이고, 그리고 에너지 저장 커패시터의 전류 펄스와 형상을 제어하기 위해 사용될 수 있다. 플래시 램프 수명은 피크 전류에 반비례하기 때문에, 댐핑(damping)에 대해 이러한 인덕턴스를 최적화하는 것 및 임계적 댐핑 회로를 설계하는 것이 바람직하다. 이것은 최소 피크 전류를 만들어 내고, 그리고 플래시 램프에 손상을 줄 수 있는 전류 반전(current reversal)을 방지할 수 있다. 플래시 램프의 수명은 이제 요구된 특정 에너지에 대해 최대화되고, 그리고 파워 요건은 이제 트리거 트랜스포머의 크기를 설명한다. 의사 시리즈 주입 트리거링은, 패널티 특히 크기, 무게, 및 비용에 있어 패널티 없이, 시리즈 주입 트리거링의 장점들 중 일부를 갖는다. 도 5는 극성 및 접지된 노드의 다양한 가용 구성에서의 이러한 회로의 네 가지 버전을 나타낸다. 트리거 전압은 시리즈 주입에서와 동일한 방식으로 플래시 램프에 인가되고, 그러나, 이경우, 메인 에너지 방전은 트리거 트랜스포머 2차 권선을 통해 흐르지 않는다. 대신에, 적당한 다이오드를 통한 경로가 제공된다.

<29> 펄스 발생기(130)는 또한 플래시 램프(113)를 구동하는 주기적 펄스를 발생시킨다. 펄스는 효과적으로 플라즈마 발생을 턴온 혹은 턴오프시킨다. 펄스 발생기(130)의 일 실시예는 십 헤르츠(10 Hz)의 주파수 혹은 그 이하를 갖는 펄스를 발생시킨다. 또 다른 실시예에서, 발생된 펄스는 대략 오십(50) 밀리초의 펄스 폭을 가지고, 그리고 이러한 펄스는 대략 오 초마다 반복된다.

<30> 앞서의 기술에 의해 증착된 필름의 특성은, 플라즈마에서의 전자 온도, 기판에 입사하는 이온의 에너지, 그리고 이온 시스(ion sheath) 근방에서 생산되는 이온 및 라디칼에 따라 다르다. 플라즈마에서의 전자 온도 분포, 플라즈마에서 생산되는 이온 및 라디칼 각각의 종류, 그리고 이온의 양과 라디칼의 양 사이의 비율은, 플라즈마 에칭에 관해 설명된 바와 동일한 방식으로 고주파 전압을 변조시킴으로써 제어될 수 있다. 따라서, 뛰어난 특성을 갖는 필름을 증착시키기 위한 조건이 알려진 경우, 방전 플라즈마는 앞서의 조건이 충족되도록 본 발명에 따라, 변조된 신호에 의해 제어된다. 따라서, 필름 증착에 관한 프로세싱 특성이 개선될 수 있다.

<31> 도 2는 도 1의 시스템(100)을 사용하는 하나의 예시적인 반도체 제조 프로세스의 흐름도를 나타낸다. 먼저, 웨이퍼가 챔버 안쪽에 배치된다(단계(200)). 다음으로, 적당한 프로세싱 가스가 챔버에 유입되고(단계(202)), 그리고 요구된 프로세스를 구동하기 위해 프로세스 활성 스위치에 따라 제어기(130)가 주기적으로 턴온된다(단계(204)). 제어기는 하나 또는 그 이상의 플래시 밸브들, 하나 또는 그 이상의 고체 상태 RF 가열기들, 혹은 이러한 두 개의 가열 소스들 중 어느 하나를 결합하여 그리고 임의의 시퀀스로 활성화시킬 수 있다. 수행될 특정 타입 프로세스는 프로세스 활성 스위치 선택에 영향을 미친다. 프로세스가 증착 프로세스인지 혹은 에칭 프로세스인지에 상관없이, 임의의 디바이스 제조 프로세스에 대한 활성 스위치의 선택은 최종 반도체 디바이스 성질에 크게 영향을 미칠 수 있다. 하나의 물질 층의 프로세싱을 끝냄에 있어서, 챔버 내의 가스는 정화되고(단계

(206)), 그리고 챔버는 후속 프로세싱을 수용할 준비를 한다. 따라서, 다음 물질 층에 대해, 적당한 프로세싱 가스가 챔버에 유입되고(단계(208)), 그리고 제어기(130)는 요구된 프로세스를 구동시키기 위해 주기적으로 턴 온된다(단계(210)). 제 2 물질 층의 프로세싱을 끝냄에 있어서, 챔버 내의 가스는 정화되고(단계(212)), 그리고 챔버는 또 다른 물질 층을 수용할 준비를 한다. 이러한 프로세스는 복수 층 웨이퍼에서 각각의 층에 대해 반복된다.

- <32> 도 3A는 하나의 예시적인 제어기(300)를 도시한다. 제어기(300)는 디지털 대 아날로그 변환기(Digital to Analog Converter, DAC)(306)를 구동시키는 컴퓨터(302)를 포함한다. DAC(306)는 성형된 파형들을 발생시키고, 그리고 플라즈마 발생기(110)를 구동시키는 파워 트랜지스터 혹은 릴레이와 같은 고전압 분리 유닛(high-voltage isolation unit)(308)에 연결된다. 제어기(300)는 직사각형파 및 사인파와 같은 다양한 파형을 발생시킬 수 있고, 그리고 더욱이 이러한 파형들의 주기 및 진폭을 바꿀 수 있다. 더욱이, 앞서의 설명에서, 플라즈마에 공급되는 RF 파워는 직사각형파를 사용하여 변조된다. 그러나, 변조 파형이 직사각형파에만 한정되는 것은 아니다. 달리 말하면, 요구된 이온 에너지 분포, 요구된 전자 온도 분포, 및 요구된 이온의 양과 요구된 라디칼의 양 사이의 요구된 비율이 알려져 있다면, 변조 파형은 이러한 인자들에 따라 결정된다. 직사각형파를 변조 파형으로서 사용함으로써 얻을 수 있는 장점은, 프로세싱 조건이 쉽게 설정될 수 있다는 것이고, 그리고 플라즈마 프로세싱이 쉽게 제어될 수 있다는 것이다. 유의해야만 하는 것으로, 직사각형파가 개별적으로 RF 소스로부터의 신호를 변조하기 때문에, 사인파 및 복합파와 비교하여, 직사각형파는 프로세싱 조건을 쉽게 설정할 수 있다. 더욱이, 펄스 발생기는 또한 주파수 변조 신호에 추가하여 혹은 주파수 변조 신호와 함께 진폭 변조 신호를 발생시킬 수 있다.
- <33> 도 3B는 555 타이머와 같은 타이머 칩을 사용하는 예시적인 실시예를 나타내고, 이러한 555 타이머는 미국 캘리포니아 서니베일의 시그네틱스(Signetics)로부터 입수 가능하다. 타이머 칩 555는 특정된 간격으로 펄스를 발생시키기 위해 적당한 저항-용량성(Resistive-Capacitive, RC) 네트워크를 통해 사전구성된다. 타이머 칩 555는 성형된 파형들을 발생시키고, 그리고 앞서 설명된 바와 같이, 플라즈마 발생기(110)를 구동시키는 파워 트랜지스터 혹은 릴레이와 같은 고전압 분리 유닛(308)에 연결된다.
- <34> 이제 도 4를 참조하면, 복수 챔버 반도체 프로세싱 시스템(800)이 도시된다. 프로세싱 시스템(800)은 웨이퍼들(842)를 수신하고 프로세싱하도록 구성된 복수의 챔버들(802, 804, 806, 808 및 810)을 갖는다. 제어기들(822, 824, 826, 828 및 830)은 각각 챔버들(802, 804, 806, 808 및 810) 각각 제어한다. 추가적으로, 제어기(821)는 또 다른 챔버를 제어하고, 이것은 예시적 목적으로 도시되지 않았다.
- <35> 챔버들(802-810) 각각은 챔버 몸체(102) 상에 두경(104)을 제공한다. 유지관리 동작 동안, 두경(104)은 개방 위치로 동작될 수 있어 챔버 몸체(102) 안쪽의 컴포넌트들은 필요한 세정 혹은 교체에 대해 쉽게 액세스될 수 있다.
- <36> 챔버들(802-810)은 웨이퍼(842)를 수용하는 전달 챔버(840)에 연결된다. 웨이퍼(846)는 로봇 블레이드(robot blade) 혹은 로봇 암(robot arm)(846)의 상부에 놓인다. 로봇 블레이드(846)는 바깥쪽 프로세싱 영역으로부터 웨이퍼(842)를 수용한다.
- <37> 프로세싱 영역들 간의 웨이퍼들(842)의 전달은 영역들을 분리시키는 하나 또는 그 이상의 도어(door)들을 통한 웨이퍼들의 전달을 수반한다. 도어들은 웨이퍼를 포함하는 컨테이너, 혹은 일 실시예에서 약 스물다섯 개의 웨이퍼들을 가질 수 있는 웨이퍼 보트(wafer boat)를 전달하기 위한 로드 락 챔버(load lock chamber)들(860-862)일 수 있다. 웨이퍼들(842)은 컨테이너 내에서 챔버를 통해 하나의 영역으로부터 또 다른 영역으로 운반된다. 로드 락은 또한 웨이퍼 주변의 주변 공기를 효과적으로 배출시키는 공기 순환 및 필터링 시스템을 제공할 수 있다.
- <38> 각각의 로드 락 챔버(860 또는 862)는 밀봉된 개구(850 또는 852) 사이에 배치되고, 그리고 제조 영역들 사이에서 반도체 웨이퍼들을 전달하는 능력을 제공한다. 로드 락들(860-862)은 웨이퍼 주변의 주변 공기를 효과적으로 배출시키는 공기 순환 및 필터링 시스템을 포함할 수 있다. 각각의 로드 락 챔버(860 또는 862) 내의 공기는 또한 웨이퍼 전달 동작 동안 정화될 수 있어, 하나의 제조 영역으로부터 다른 제조 영역으로 전달되는 공중 오염물의 개수가 크게 감소될 수 있다. 로드 락 챔버들(860-862)은 또한 제어 목적으로 기압을 측정하는 압력 센서(870-872)를 포함할 수 있다.
- <39> 동작 동안, 웨이퍼 보트 상의 웨이퍼 카세트는 시스템 전면의 개구(850-852)에서 로드 락 도어들을 통해 로드 락으로 로딩된다. 도어들이 폐쇄되고, 그리고 시스템은 압력 센서들(870-872)에 의해 측정된 압력으로 진공화된다.

다. 슬릿 밸브(slit valve)(미도시)가 개방되어 웨이퍼가 로드 락으로부터 전달 챔버로 운반될 수 있게 한다. 로봇 블레이드가 웨이퍼를 취하고, 그리고 웨이퍼를 적절한 챔버로 운반한다. 제 2 슬릿 밸브가 전달 챔버와 프로세스 챔버 사이에서 개방되고, 그리고 웨이퍼가 프로세스 챔버 안쪽으로 이동된다.

- <40> 따라서, 컨테이너들은 웨이퍼 전달 동작 동안 그들의 각각의 제조 영역들 내에 남아있고, 그리고 컨테이너들에 달라붙어 있는 임의의 오염물들은 하나의 제조 영역으로부터 다른 제조 영역으로 웨이퍼와 함께 전달 되지 않는다. 추가로, 전달 챔버 내에 있는 공기는 웨이퍼 전달 동작 동안 정화될 수 있어, 하나의 제조 영역으로부터 다른 제조 영역으로 전달되는 공중 오염물들의 개수가 크게 감소될 수 있다. 따라서, 동작 동안, 전달 챔버는 제조 스테이션들 간에 높은 레벨의 분리를 제공한다.
- <41> 도 5는 시스템(100) 또는 시스템(300) 중 어느 하나를 사용하는 액상 및 기상 전구체 전달을 위한 예시적 장치(40)를 나타낸다. 장치(40)는 CVD 챔버와 같은 챔버(44)를 포함한다. 챔버(40)는 기관 프로세싱을 수행하기 위한 배출가능한 봉입물(evacuatable enclosure)을 정의하는 챔버 몸체를 포함한다. 챔버 몸체는 복수의 포트들을 포함하는데, 이러한 포트들은 적어도 슬릿 밸브에 의해 선택적으로 밀봉된 기관 진입 포트 및 사이드 포트를 포함하며, 사이트 포트를 통해 기관 지지 부재가 이동할 수 있다. 장치(40)는 또한 챔버(44)에 연결된 기상 전구체 주입기(46) 및 챔버(40)에 연결된 액상 전구체 주입기(42)를 포함한다.
- <42> 액상 전구체 주입기(42)에서, 전구체(60)는 밀봉된 컨테이너(61)에 놓여진다. 아르곤과 같은 비활성 가스(62)가 튜브(63)를 통해 컨테이너(61)로 주입되고, 컨테이너(61)에서의 압력이 증가되어 밸브(65)가 개방될 때 구리 전구체(60)가 튜브(64)를 통해 흐를 수 있게 된다. 액상 전구체(60)가 액체 질량 흐름 제어기(liquid mass flow controller)에 의해 측정되어 튜브(67)로 흐르고, 그리고 기화기(vaporizer)(68)로 흐르며, 이것은 CVD 챔버(71)에 부착되어 있다. 기화기(68)는 액체를 가열하여 전구체(60)가 가스(69)로 기화하도록 하고 그리고 기관(70)을 통해 흐르도록 하고, 이것은 서셉터(susceptor)에 의해 적절한 온도까지 가열되어 구리 전구체(60)가 분해되도록 하고 기관(70) 상에 구리 층이 증착되도록 한다. CVD 챔버(71)는 배출 펌핑(exhaust pumping)(72)을 사용하여 대기로부터 밀봉되고, 그리고 제어되는 부분적 진공에서 증착이 일어나게 할 수 있다.
- <43> 기상 전구체 주입기(46)에서, 액상 전구체(88)는 온도 제어 재킷(temperature controlled jacket)(100)에 의해 둘러싸여 있고 아울러 전구체 온도가 섭씨 0.1 도 이내로 제어되도록 하는 밀봉된 컨테이너(89)에 담겨진다. 써머커플(thermocouple)(미도시)이 전구체(88)에 잠기고, 그리고 전자 제어 회로(미도시)가 재킷(100)의 온도를 제어하고, 이것은 액상 전구체의 온도를 제어하며, 그럼으로써 전구체 증기압이 제어된다. 액상 전구체는 가열되거나 혹은 냉각되어 특정 증착 프로세스에 대해 요구된 적당한 증기압을 제공할 수 있다. 밸브(92) 혹은 밸브(95) 중 어느 하나(양쪽 모두는 아님)와 밸브(83)가 개방될 때, 캐리어 가스(carrier gas)(80)가 가스 질량 흐름 제어기(82)를 통해 흐를 수 있다. 만약 필요하다면, 밸브(87)가 개방될 때 추가적인 가스들(84)이 또한 흐를 수 있도록 하는 하나 또는 그 이상의 추가적인 가스 질량 흐름 제어기들(86)이 도시된다. 추가적인 가스들(97)이 또한 밸브(79)에 부착된 유입 튜브(inlet tube)를 통해 기화기(68)로 주입될 수 있으며, 밸브(79)는 가스 질량 흐름 제어기(99)에 부착된다. 증기압에 따라, 일정량의 전구체(88)가 캐리어 가스(80 및 84)에 의해 운반될 수 있고, 그리고 밸브(92)가 개방될 때 튜브(93)를 통해 배출될 수 있다.
- <44> 기관이 CVD 챔버(71)에 배치된 이후에, 앞서 설명된 바와 같이, 가열기(100 혹은 300)에 의해 가열된다. 기관이 적당한 온도에 도달한 이후에, 밸브(92)는 폐쇄되고, 그리고 밸브(95)가 개방되어 캐리어 가스(80 및 84) 및 전구체 증기가 부착된 튜브(96)를 통해 기화기(68)로 진입하게 된다. 이러한 밸브 구성은 챔버(71)로의 증기의 폭발(burst)을 방지한다. 전구체(88)는 벌써 증기이고, 그리고 기화기는 단지 샤워헤드(showerhead)로서 사용되어 기관(70)을 통해 전구체 증기를 균등하게 분포시킨다. 사전에 결정된 시간 이후에, 구리의 증착 속도 및 초기 구리 증착에 대해 요구된 두께에 따라, 밸브(95)는 폐쇄되고, 밸브(92)는 개방된다. 캐리어 가스의 흐름 속도는 분당 1scm만큼 작은 정도까지 정확히 제어될 수 있고, 그리고 전구체의 증기압은 전구체(88)를 냉각시킴으로써 대기압의 몇분의 일까지 감소될 수 있다. 이러한 구성은, 만약 요구되는 경우, 분 당 10 옴스트로보다 작은 정도까지 구리 증착 속도를 정확하게 제어할 수 있게 한다. 초기 구리 층의 증착이 완료되면, 액체 소스 전달 시스템이 활성화될 수 있고, 그리고 후속 증착이 더 고속으로 진행될 수 있다.
- <45> 도 6A 및 도 6B는 장벽 펄스 플라즈마 원자 층 증착을 수행하기 위한 실시예(600)의 두 가지 동작 상태를 보여준다. 도 6A는 증착 상태에 있는 실시예(600)를 보여주며, 반면에 도 6B는 휴식 상태에 있는 실시예(600)를 보여준다. 이제 도 6A 및 6B를 참조하면, 챔버(602)는 하나 또는 그 이상의 가스 유입구(604)를 통해 가스를 수용한다. 고체 상태 플라즈마 발생기(605)는 챔버(602)의 상부 상에 장착되고, 그리고 하나 또는 그 이상의 플라즈마 여기 코일(607)이 가스 유입구(604) 가까이 배치된다. 플래시 밸브(611)가 기관(610) 위에 배치된다. 액상

전구체 시스템(606)은 전구체 배포 링(precursor distribution ring)(630)을 사용하여 챔버(602)로 기화기(609)를 통해 전구체 가스를 유입한다.

- <46> 척(608)이 기관(610)을 이동가능하게 지지한다. 도 6A에서, 척(608) 및 기관(610)이 상승되어 증착을 위한 준비 상태에 있게 된다. 기관(610)은 챔버 안쪽에 배치된다. 적당한 프로세싱 가스가 유입구(604)를 통해 챔버에 유입되고, 그리고 펄스 플라즈마 제어기(605)가 프로세스 활성 스위치에 따라 주기적으로 턴온되어 요구된 프로세스가 구동된다. 수행될 특정 타입의 프로세스가 프로세스 활성 스위치 선택에 영향을 미친다. 임의의 디바이스 제조 프로세스에 대한 활성 스위치의 선택은 또한, 프로세스가 증착 프로세스 인지 혹은 에칭 프로세스인지에 상관없이, 최종 반도체 디바이스 성질에 크게 영향을 미칠 수 있다. 하나의 물질 층의 프로세싱을 끝냄에 있어서, 챔버(602) 내의 가스는 정화되고, 그리고 챔버(602)는 후속 프로세싱을 수용할 준비 상태에 있게 된다. 이러한 프로세스는 복수 층 웨이퍼에서의 각각의 층에 대해 반복된다. 모든 층들의 증착을 끝냄에 있어서, 척(608)은 내려가고, 그리고 기관(610)은 개구(611)를 통해 제거될 수 있다.
- <47> 시스템은 페루프 온도 제어에서 신뢰가능한 실시간의 복수 포인트 온도 측정을 통해 기관이 온도 균일도를 가지도록 할 수 있다. 제어 부분은 프로그래밍가능 컴퓨터 상에서 실행되는 컴퓨터 프로그램으로 구현되며, 프로그래밍가능 컴퓨터는 프로세서, 데이터 저장 시스템, 휘발성 및 비휘발성 메모리 및/또는 저장 소자, 적어도 하나의 입력 디바이스 그리고 적어도 하나의 출력 디바이스를 구비한다.
- <48> 각각의 컴퓨터 프로그램은, 본 명세서에서 설명된 프로세스들이 수행되도록 저장 매체 또는 디바이스가 컴퓨터에 의해 관독될 때 컴퓨터의 동작을 구성하고 제어하기 위해, 범용의 혹은 특별한 목적의 프로그래밍가능 컴퓨터에 의해 관독가능한 머신-관독가능 저장 매체 혹은 디바이스(예를 들어, 프로그램 메모리(522) 또는 자기 디스크)에 실제로 저장된다. 본 발명은 또한 컴퓨터-관독가능 저장 매체에 통합되어 컴퓨터 프로그램으로 구성되도록 고려될 수 있고, 이렇게 구성된 저장 매체는 컴퓨터로 하여금 특정된 방법 및 사전에 정의된 방법으로 동작하게 하여 본 명세서에서 설명된 기능들이 수행되게 한다.
- <49> CVD(Chemical Vapor Deposition)에서, 가스 혹은 증기 혼합물이 상승 온도에서 웨이퍼 표면을 통해 흘러진다. 그 다음에, 증착이 일어나는 핫 표면(hot surface)에서 반응이 일어난다. CVD 프로세스의 기본적인 특징은 모든 전구체 증기가 함께 기관에서 반응하는 것이고, 또는 기관 표면에서의 전구체의 분해이다. 이러한 반응에는 종종 열 에너지(저항성의 가열된 기관의 형태 또는 방사성 가열) 혹은 플라즈마 에너지(플라즈마 여기의 형태)와 같은 에너지 소스의 존재가 요구된다.
- <50> ALD는 다른 증착 기술이다. ALD에서, 다양한 증기가 교번적 시퀀스 및 개별적 시퀀스로 챔버에 주입된다. 예를 들어, 제 1 전구체 증기가 챔버에 전달되어 기관 상에 흡수된다. 제 2 전구체 증기가 그 다음에 챔버에 전달되어 요구된 필름이 형성되도록 기관 상에서의 흡수된 분자들과 반응한다. 이러한 시퀀스는 증착된 필름이 요구된 두께에 도달할 때까지 많은 사이클 동안 반복된다. ALD 프로세스의 많은 변형이 있지만, ALD 프로세스 모두는 두 가지 공통적인 특성을 공유하는데, 그것은, 순차적으로 전구체 증기가, 기관 표면과 반응하는 전구체들과 함께 흐르는 것과, 그리고 사이클 당 자기 한정적 두께이다.
- <51> CVD와 ALD 간의 하나의 기본적인 차이는 반응 특성이다. CVD에서, 전구체는 기관 표면에서 서로 반응(또는 분해)하지만, 반면에 ALD에서, 전구체는 기관 표면과 반응하고, 서로 반응하지 않는다.
- <52> CVD와 ALD 간의 또 다른 기본적인 차이는 자기 한정적 특징이고, 이것은 시간에 대한 증착 두께를 정의한다. CVD는 자기 한정적이지 않을 수 있는데, 왜냐하면 반응이 기관에서의 전구체들 사이에서 일어나기 때문이며, 따라서 전구체가 존재하는 한, 반응은 계속 일어나고, 결과적으로 증착 시간에 대해 증착 두께가 증가한다. 대조적으로, ALD 프로세스의 사이클 당 최대 두께는 하나의 모노층인데, 왜냐하면 기관 표면이 제 1 전구체로 포화되는 자기 한정적 특징때문이다. 제 1 전구체는 기관 상에 흡수될 수 있고, 또는 제 1 전구체는 기관에서 어떤 반응을 가질 수 있으며, 그러나 제 1 전구체는 또한 기관 표면을 포화시키고, 그리고 표면은 제 1 전구체 리간드로 마무리 된다. 동시 계속중인 미국 출원 번호 제10/360,135호(2003.02.04. 출원, 발명의 명칭: "Nanolayer deposition process", 2004.08.05. 공개(US2004-0151845))가 공개되며, 그리고 이 문헌은 참조로 본 명세서에 통합된다.
- <53> 본 발명은 기관 상에 얇은 필름을 순차적으로 증착시키기 위한 방법을 개시하며, 이러한 방법은 다음과 같은 단계를 포함한다.
- <54> - 얇은 필름을 CVD 증착하는 단계와; 그리고

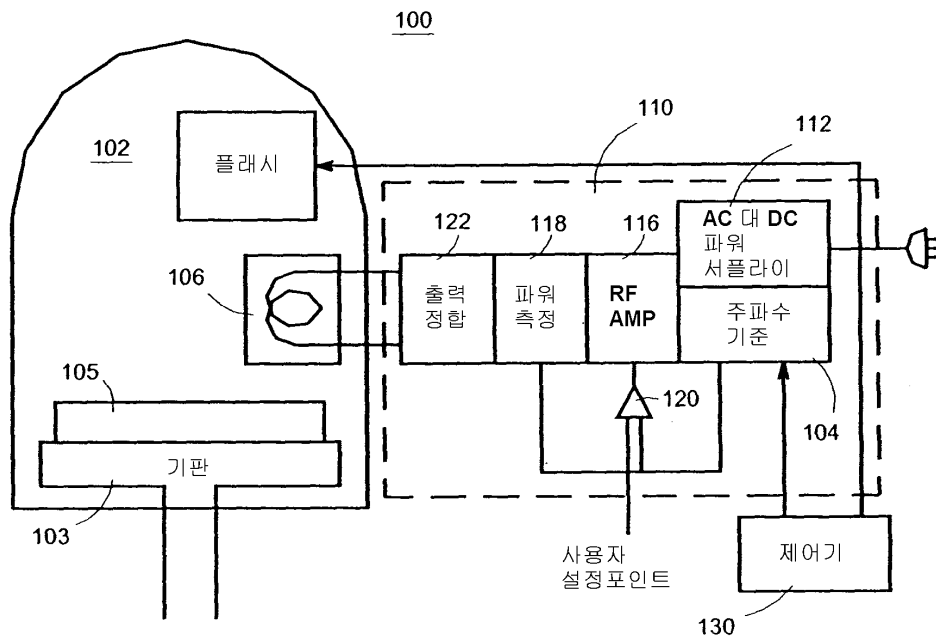
- <55> - 얇은 필름의 특성을 조절하기 위해 얇은 필름을 처리하는 단계.
- <56> 이러한 두 개의 단계는 전구체의 흐름에 의해 달성될 수 있다. 이러한 두 개의 단계는 요구된 두께가 달성될 때까지 반복될 수 있다.
- <57> 본 발명에서의 증착 단계는 CVD 증착 단계이고, 이것은 전구체들이 기판 표면에서 함께 반응하거나 또는 분해한다는 것을 의미한다. 또한, 증착 프로세스는 비자기 한정적 성장(non-self-limiting growth)을 가질 수 있으며, 따라서 이것은 기판 온도 및 프로세스 시간에 따라 다르다. 이러한 두 개의 단계들 사이에 펌핑 혹은 정화 단계가 있을 수 있다. 프로세스의 변형에서, 증착 단계는 비자기 한정적인 임의의 증착 단계일 수 있다.
- <58> 처리 단계는 이미 증착된 필름 특성을 조절한다. 이러한 처리는, 필름 성분의 조절, 또는 증착된 필름의 도핑, 또는 증착된 필름으로부터 불순물의 제거에 의해, 증착된 필름을 처리할 수 있다. 이러한 처리는 또한 증착된 필름 특성을 조절하기 위해 증착된 필름 상에 또 다른 층을 증착시킬 수 있다. 예를 들어, 추가적인 층이 복합 층을 형성하기 위해 기존 층과 반응할 수 있고, 또는 나노레이미네이트 필름(nanolaminate film)을 형성하기 위해 최소 반응을 가질 수 있다. 이러한 처리 단계는 플라즈마 처리, 혹은 온도 처리일 수 있으며, 예를 들어, 램프 가열을 사용하는 고속 열 처리일 수 있다.
- <59> 본 발명에서의 여러 단계들은 임의의 CVD 증착 단계일 수 있으며, 예를 들면, 열 활성화 CVD, 병렬 플레이트 플라즈마를 사용하는 플라즈마 강화 CVD, 또는 유도 결합된 플라즈마(Inductive Coupled Plasma, ICP), 또는 마이크로파 플라즈마, 또는 원격 플라즈마, 또는 램프 가열을 사용하는 고속 열 프로세싱이 있을 수 있다. 이러한 증착 단계는 임의의 증착 단계일 수 있을 뿐만 아니라, 이러한 처리 단계는 또한 증착된 필름 성질을 조절하기 위한 CVD 증착 단계일 수 있다.
- <60> 본 발명의 한가지 장점은 제 1 증착 단계의 비자기한정적 특징이고, 이것은 싸이클 당 더 높은 두께를 달성하기 위해 증착 단계의 두께 조절을 가능하게 한다. 따라서, 본 발명에서 싸이클 당 두께는 프로세스 온도 및 프로세스 시간의 함수이다. 결과적으로, ALD 방법은 기판 표면 상에서의 리간드들의 포화에 근거하고 있으며, 따라서, 싸이클 당 두께는 고정되어 변경될 수 없다.
- <61> 앞서의 예들은 본 발명의 범위 내에서 구현되는 플라즈마 프로세싱 기술의 실제로 많은 애플리케이션들 중 일부를 나타내고 있다는 것을 알아야 한다. 더욱이, 비록 본 발명이 앞서의 특정 실시예를 참조하여 설명되었지만, 이러한 설명이 본 발명을 한정하는 의미로서 해석되어서는 안된다. 예를 들어, 듀티 비율(duty ratio), 싸이클 시간 및 다른 파라미터/조건은 웨이퍼에 대해 요구된 특성을 얻기위해 변경될 수 있다.
- <62> 개시된 실시예의 다양한 변형 및 본 발명의 대안적 실시예는 앞서의 설명을 참조하는 경우 본 발명의 기술분야에서 숙련된 기술을 가진 자들에게 명백하게 될 것이다. 그러나, 본 발명은 예시되고 설명된 실시예들에만 한정되는 것이 아니다. 예를 들어, 방사 소스는 램프보다는 오히려 무선 주파수 가열기일 수 있다. 따라서, 본 발명의 범위는 첨부되는 특허청구범위에 의해 정의된다. 그리고 또한 첨부되는 특허청구범위는 본 발명의 범위 내에 있는 이러한 모든 변형들을 포괄하는 것으로 또한 고려된다.

**도면의 간단한 설명**

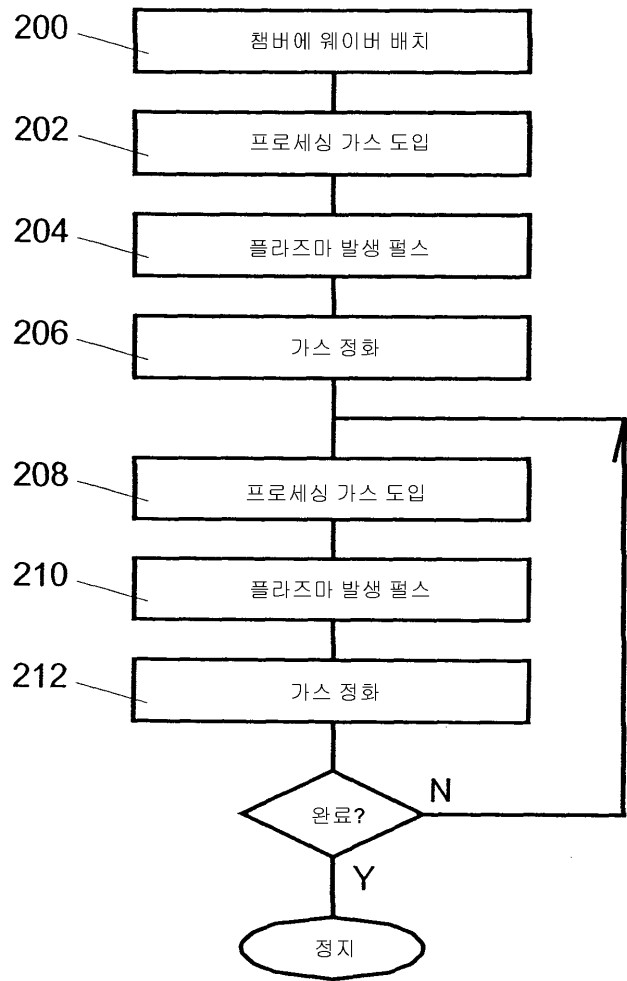
- <15> 도 1은 프로세싱 챔버를 갖는 예시적인 펄스 프로세싱 시스템을 도시한다.
- <16> 도 2는 도 1의 시스템을 사용하여 하나의 예시적인 반도체 제조 프로세스의 흐름도를 나타낸다.
- <17> 도 3A 및 도 3B는 예시적인 펄스 발생기 실시예를 나타낸다.
- <18> 도 4는 복수 챔버 반도체 프로세싱 시스템을 나타낸다.
- <19> 도 5는 액상 및 기상 전구체 전달을 위한 예시적 장치를 나타낸다.
- <20> 도 6A 및 도 6B는 장벽 펄스 플라즈마 원자 층 증착을 수행하는 실시예의 두 가지 동작 상태를 나타낸다.

도면

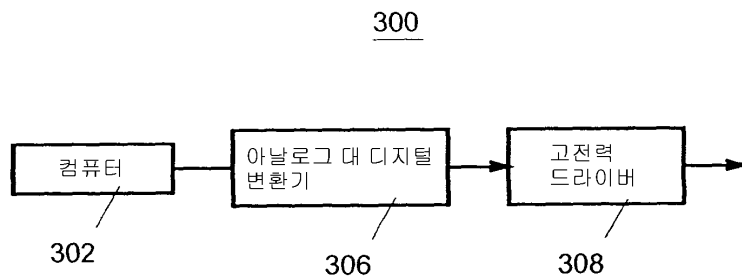
도면1



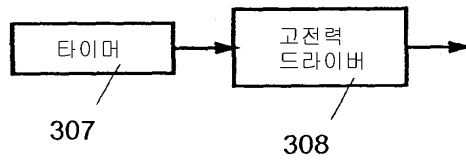
도면2



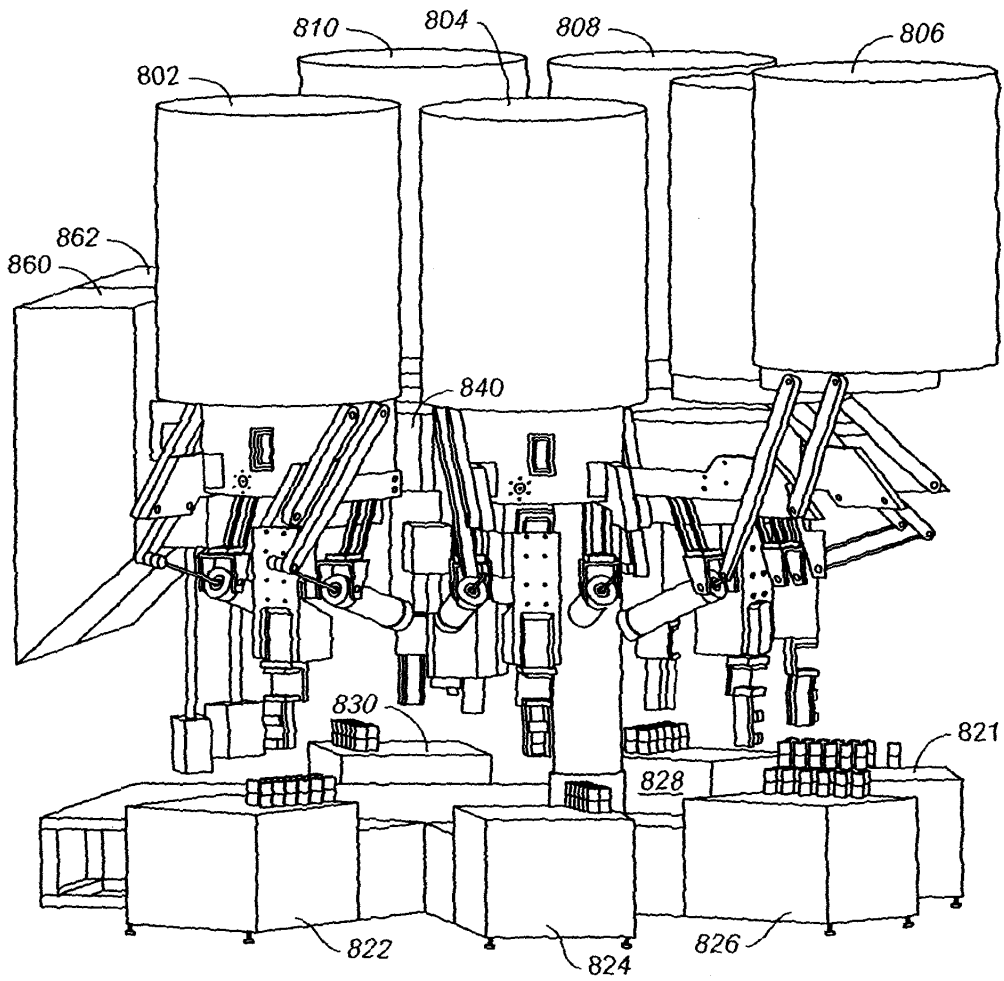
도면3A



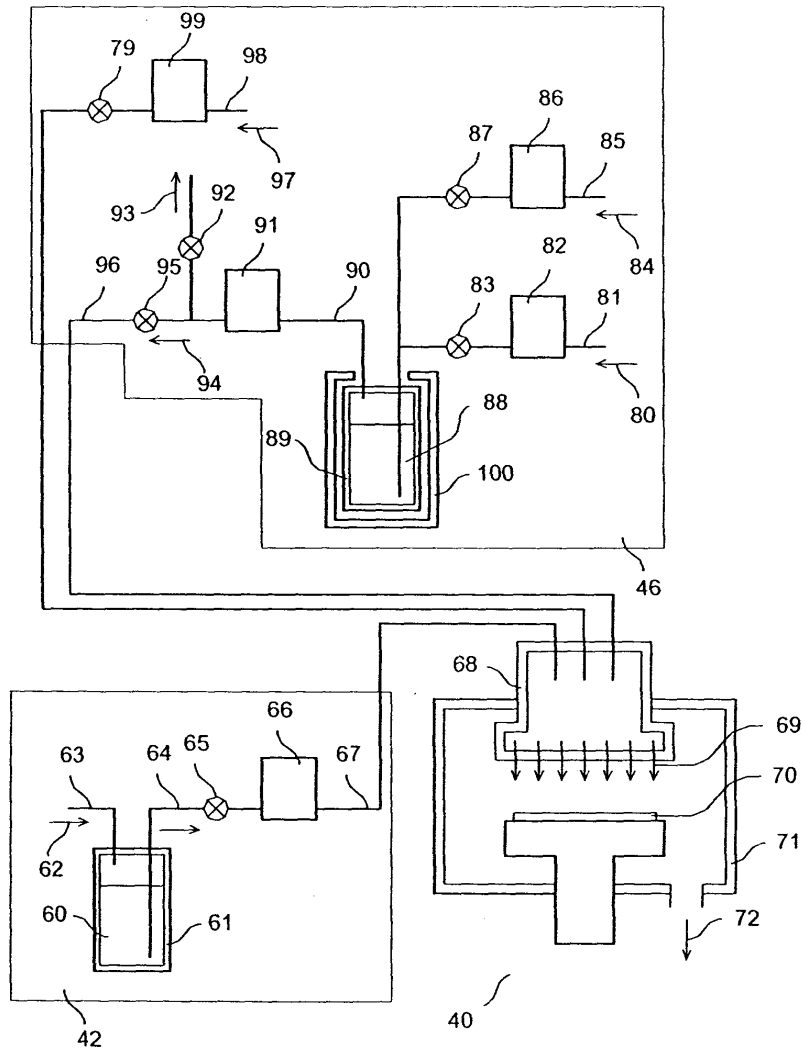
도면3B



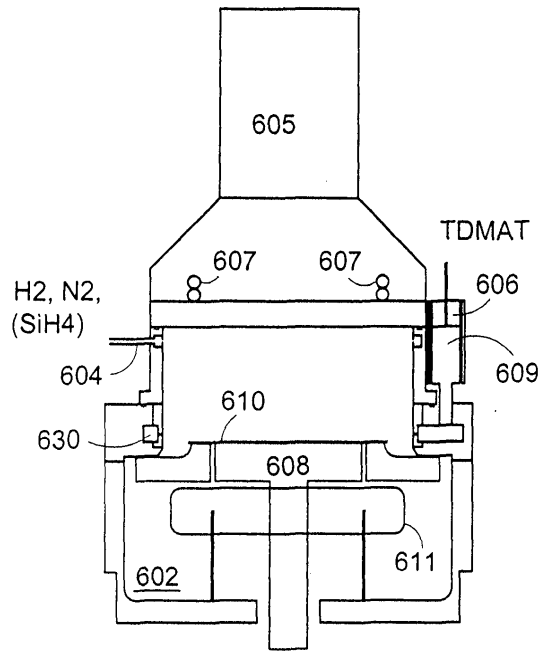
도면4



도면5



도면6A



도면6B

