



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월20일

(11) 등록번호 10-2279670

(24) 등록일자 2021년07월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0087285

(22) 출원일자 2014년07월11일

심사청구일자 2019년06월11일

(65) 공개번호 10-2015-0007993

(43) 공개일자 2015년01월21일

(30) 우선권주장

13/939,709 2013년07월11일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP01219161 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 49 항

심사관 : 손희수

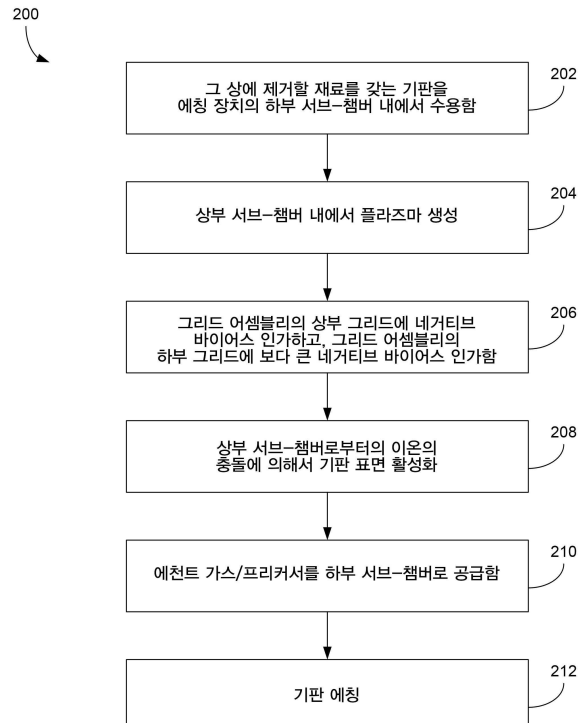
(54) 발명의 명칭 이온 가속기를 갖는 듀얼 챔버 플라즈마 에칭기

(57) 요약

본 명세서에서의 실시예들은 전반적으로 반도체 프로세싱 방법 및 장치를 다룬다. 보다 구체적으로, 실시예들은 반도체 기판을 에칭하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 부분적으로 제조된 반도체 기판이 반응 챔버 내에 제공된다. 반응 챔버는 그리드 어셈블리에 의해서 하부 서브-챔버와 상부 서브-챔버로 분할된다. 플라즈마는 상

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



부 서브-챔버에서 생성되고, 기관은 하부 서브-챔버 내에 위치한다. 그리드 어셈블리는 적어도 2 개의 그리드를 포함하며, 각 그리드는 네거티브로 바이어스되고, 특정 종들이 자신을 통과하게 하는 천공들을 포함한다. 최상부 그리드는 전자들에 척력을 부여하기 위해서 네거티브로 바이어스된다. 상부 서브-챔버로부터 하부 서브-챔버로 양이온을 가속시키기 위해서, 최하부 그리드가 (최상부 그리드에 비해서) 보다 더 네거티브하게 바이어스된다. 에칭 가스가 하부 서브-챔버에 직접적으로 공급된다. 에칭 가스 및 이온들은 기관 표면과 반응하여서 목표한 바와 같이 기관을 에칭한다.

(56) 선행기술조사문헌

JP01302645 A*

JP2001239153 A*

JP2005116865 A*

JP2008515221 A*

JP2012054304 A*

KR1019990023520 A*

US20070163994 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

기관을 에칭하는 방법으로서,

(a) 제거할 재료를 그 위에 갖는 기관을 반응기의 반응 챔버 내에서 수용하는 단계로서, 상기 반응기는,

(i) 상부 서브-챔버(sub-chamber) 및 하부 서브-챔버;

(ii) 상기 반응 챔버 내에 위치하며 이로써 상기 반응 챔버를 상기 상부 서브-챔버와 상기 하부 서브-챔버로 분할하는 그리드 어셈블리(grid assembly)로서, 상기 그리드 어셈블리는 적어도 최상부 그리드 및 최하부 그리드를 포함하며, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드는 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 네거티브 바이어스(negative bias)를 독립적으로 제공하기 위한 하나 이상의 전원들에 접속되며, 상기 그리드 어셈블리의 각 그리드는 해당 그리드의 두께를 통해서 연장되는 천공들(perforations)을 갖는, 상기 그리드 어셈블리;

(iii) 상기 상부 서브-챔버로의 하나 이상의 유입구들;

(iv) 상기 하부 서브-챔버로의 하나 이상의 유입구들; 및

(v) 상기 상부 서브-챔버 내에서 플라즈마를 생성하도록 설계 또는 구성된 플라즈마 생성 소스를 포함하는,

상기 기관을 수용하는 단계;

(b) 플라즈마 생성 가스를 상기 상부 서브-챔버로 공급하고 상기 플라즈마 생성 가스로부터 상기 플라즈마를 생성하는 단계;

(c) 상기 그리드 어셈블리의 적어도 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 네거티브 바이어스를 인가하는 단계로서, 상기 최하부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스는 상기 최상부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스보다 더 네거티브한, 상기 네거티브 바이어스를 인가하는 단계;

(d) 에칭 가스를 상기 하부 서브-챔버로의 상기 하나 이상의 유입구들을 통해서 상기 하부 서브-챔버로 공급하는 단계;

(e) 상기 제거할 재료의 적어도 일부를 제거하도록 상기 기관을 에칭하는 단계; 및

(f) 상기 단계 (b) 내지 상기 단계 (e) 중 적어도 하나의 단계 동안 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계로서, 상기 기관 상의 이온 플럭스는 상기 기관의 중심 영역에 가까운 제 1 이온 플럭스 및 상기 기관의 주변부(periphery)로의 제 2 이온 플럭스를 포함하고, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계는 (i) 상기 제 1 이온 플럭스의 증가 및 상기 제 2 이온 플럭스의 감소, 또는 (ii) 상기 제 1 이온 플럭스의 감소 및 상기 제 2 이온 플럭스의 증가를 발생시키는, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계를 포함하며,

상기 단계 (a) 내지 상기 단계 (e) 동안 상기 하부 서브-챔버에는 플라즈마가 실질적으로 존재하지 않는, 기관 에칭 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 최상부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스는 - 0.5 V 내지 - 50 V인, 기관 에칭 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 최하부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스는 -0.5 V 내지 -2000 V 인, 기관 에칭 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (c) 동안 상기 그리드 어셈블리의 적어도 하나의 그리드에 인가된 네거티브 바이어스를 변화시키는 단계를 더 포함하는, 기관 에칭 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (d) 에서의 상기 에칭 가스는 펄스형으로 (in pulses) 공급되는, 기관 에칭 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 생성 가스는 반응성 가스를 포함하는, 기관 에칭 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

제거할 반응된 층을 형성하도록, 프로세싱 가스를 상기 하부 서브-챔버에 공급하고 상기 프로세싱 가스를 상기 제거할 재료와 반응시키는 단계를 더 포함하며,

상기 제거할 반응된 층은 산화물 (oxide), 질화물 (nitride), 하이드라이드 (hydride), 클로라이드 (chloride), 플루오라이드 (fluoride), 유기금속성 착물들 (organometallic complexes) 또는 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택된 재료를 포함하는, 기관 에칭 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제거할 반응된 층을 제거하도록 상기 제거할 반응된 층을 상기 에칭 가스와 반응시키는 단계를 더 포함하는, 기관 에칭 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 상부 서브-챔버 내에 존재하는 이온들이 상기 그리드 어셈블리를 통해서 가속되고 상기 기관의 표면과 상호작용하는, 기관 에칭 방법.

청구항 11

기관을 에칭하는 방법으로서,

- (a) 플라즈마 반응기의 상부 영역에서 플라즈마를 생성하는 단계;
- (b) 상기 플라즈마로부터 상기 플라즈마 반응기의 하부 영역 내의 기관의 표면 상으로 이온들을 가속시키는 단계로서, 상기 플라즈마는 상기 기관과 접촉하지 않고, 상기 플라즈마 반응기의 상기 상부 영역 및 상기 하부 영역은 적어도 하나의 최상부 그리드 및 최하부 그리드를 포함하는 그리드 어셈블리에 의해 분리되는, 상기 이온들을 가속시키는 단계;
- (c) 상기 기관의 상기 표면으로 에천트 가스를 전달하는 단계로서, 상기 에천트 가스는 상기 표면으로부터 금속 또는 반도체를 에칭하고 상기 금속 또는 반도체의 하나 이상의 원자들 및 상기 에천트 가스로부터의 하나 이상의 리간드들 (ligands) 을 함유하는 휘발성 부산물을 생성하도록 반응하는, 상기 에천트 가스를 전달하는 단계;
- (d) 상기 휘발성 부산물을 상기 플라즈마와 실질적으로 접촉시키지 않고 그리고 상기 휘발성 부산물을 덜 휘발성의 재료로 실질적으로 해리시키지 않고서, 상기 휘발성 부산물을 상기 플라즈마 반응기로부터 제거하는 단계; 및
- (e) 상기 단계 (b) 내지 상기 단계 (d) 중 적어도 하나의 단계 동안 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계로서, 상기 기관 상의 이온 플럭스는 상기 기관의 중심 영역에 가까운 제 1 이온 플럭스 및 상기 기관의 주변부로의 제 2 이온 플럭스를 포함하고, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계는 (i) 상기 제 1 이온 플럭스의 증가 및 상기 제 2 이온 플럭스의 감소 또는 (ii) 상기 제 1 이온 플럭스의 감소 및 상기 제 2 이온 플럭스의 증가를 발생시키는, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계를 포함하는, 기관 에칭 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 이온들을 가속시키는 단계는 적어도 상기 그리드 어셈블리의 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드로 네거티브 바이어스를 인가하는 단계를 포함하는, 기관 에칭 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 단계 (c) 에서 상기 에천트 가스는 Fe, Mn, Ni, Mg, Pt, Pd, Co, Ru, Cu, Ir, 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 금속을 에칭하도록 반응하는, 기관 에칭 방법.

청구항 14

기관을 에칭하는 방법에 있어서,

- (a) 반응기의 반응 챔버 내에서 제거가능한 재료를 갖는 기관을 수용하는 단계;
- (b) 상기 반응 챔버 내의 그리드 어셈블리 위로 플라즈마 생성 가스를 공급하는 단계로서, 상기 그리드 어셈블리는 최상부 그리드 및 최하부 그리드를 포함하고, 그리고 상기 그리드 어셈블리 위로 상기 플라즈마 생성 가스로부터 플라즈마를 생성하는 단계,
- (c) 상기 그리드 어셈블리의 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드로 각각 제 1 네거티브 바이어스 및 제 2 네거티브 바이어스를 동시에 인가하고, 상기 플라즈마로부터 상기 기관으로 상기 그리드 어셈블리를 통해 이온들을 가속하는 단계로서, 상기 최하부 그리드로 인가된 상기 제 2 네거티브 바이어스는 상기 최상부 그리드로 인가된 상기 제 1 네거티브 바이어스보다 더 네거티브한, 상기 바이어스들을 동시에 인가하고 이온들을 가속하

는 단계;

(d) 상기 그리드 어셈블리 아래로 에칭 가스를 공급하는 단계;

(e) 상기 제거가능한 재료의 적어도 일 부분을 제거하도록 상기 기판을 에칭하는 단계; 및

(f) 상기 단계 (b) 내지 상기 단계 (e) 중 적어도 하나의 단계 동안 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계로서, 상기 기판 상의 이온 플럭스는 상기 기판의 중심 영역에 가까운 제 1 이온 플럭스 및 상기 기판의 주변부 (periphery) 로의 제 2 이온 플럭스를 포함하고, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계는 (i) 상기 제 1 이온 플럭스의 증가 및 상기 제 2 이온 플럭스의 감소 또는 (ii) 상기 제 1 이온 플럭스의 감소 및 상기 제 2 이온 플럭스의 증가를 발생시키는, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계를 포함하고,

상기 단계 (a) 내지 상기 단계 (e) 동안 상기 그리드 어셈블리 아래의 일 영역은 플라즈마가 실질적으로 존재하지 않는, 기판 에칭 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 최상부 그리드에 인가된 상기 제 1 네거티브 바이어스는 -0.5 V 내지 -50 V 인, 기판 에칭 방법.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 최하부 그리드에 인가된 상기 제 2 네거티브 바이어스는 -0.5 V 내지 $-2,000\text{ V}$ 인, 기판 에칭 방법.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 단계 (c) 동안 상기 제 1 네거티브 바이어스 및 상기 제 2 네거티브 바이어스 중 적어도 하나를 변화시키는 단계를 더 포함하는, 기판 에칭 방법.

청구항 18

제 14 항에 있어서,

상기 단계 (d) 의 상기 에칭 가스는 펄스형으로 공급되는, 기판 에칭 방법.

청구항 19

제 14 항에 있어서,

상기 플라즈마 생성 가스는 불활성 가스를 포함하는, 기판 에칭 방법.

청구항 20

제 14 항에 있어서,

상기 플라즈마 생성 가스는 반응성 가스를 포함하는, 기판 에칭 방법.

청구항 21

제 14 항에 있어서,

상기 제거가능한 재료는 Fe, Mn, Ni, Mg, Pt, Pd, Co, Ru, Cu, Ir, 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 기관 에칭 방법.

청구항 22

제 14 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리 아래의 상기 영역으로 프로세싱 가스를 공급하고 산화물, 질화물, 클로라이드, 플루오라이드, 유기 금속 착물들, 또는 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택된 재료를 포함하는 반응된 제거가능 층을 형성하도록 상기 제거가능한 재료와 상기 프로세싱 가스를 반응시키는 단계를 더 포함하는, 기관 에칭 방법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 반응된 제거가능 층을 제거하도록 상기 반응된 제거가능 층을 상기 에칭 가스와 반응시키는 단계를 더 포함하는, 기관 에칭 방법.

청구항 24

삭제

청구항 25

제 14 항에 있어서,

상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계는 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키기 이전과 비교하여 상기 기관으로 보다 많은 이온들의 플럭스 (flux of ions) 를 발생시키는, 기관 에칭 방법.

청구항 26

제 14 항에 있어서,

상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계는 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키기 이전과 비교하여 상기 기관으로 보다 적은 이온들의 플럭스를 발생시키는, 기관 에칭 방법.

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

제 14 항에 있어서,

상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키는 단계는 상기 기관 상의 이온 플럭스의 반복되는 펄싱 (repeated pulsing) 을 발생시키는, 기관 에칭 방법.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 기관 상의 상기 이온 플럭스는 제 1 상태와 제 2 상태 사이에서 펄싱하고, 상기 제 1 상태는 고 이온 플럭스 상태이며 상기 제 2 상태는 저 이온 플럭스 상태인, 기관 에칭 방법.

청구항 31

제 30 항에 있어서,

상기 저 이온 플럭스 상태 동안, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 수직인 방향으로, 상기 그리드 어셈블리를 통과하는 시선 (line of sight) 은 존재하지 않는, 기관 에칭 방법.

청구항 32

제 14 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리를 통해 가속하는 상기 이온들은 상기 기관의 일 표면과 상호작용하는, 기관 에칭 방법.

청구항 33

제 14 항에 있어서,

상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 각각 인가된 상기 제 1 네거티브 바이어스 및 상기 제 2 네거티브 바이어스는 DC 바이어스인, 기관 에칭 방법.

청구항 34

기관을 에칭하는 장치로서,

- (a) 반응 챔버;
- (b) 상기 반응 챔버 내에 위치하며 이로써 상기 반응 챔버를 상부 서브-챔버와 하부 서브-챔버로 분할하는 그리드 어셈블리 (grid assembly) 로서, 상기 그리드 어셈블리는 적어도 최상부 그리드 및 최하부 그리드를 포함하는, 상기 그리드 어셈블리;
- (c) 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 네거티브 바이어스 (negative bias) 를 독립적으로 제공하도록 상기 그리드 어셈블리의 적어도 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드와 전기적으로 접속된 전기 접속 부들;
- (d) 상기 상부 서브-챔버로의 하나 이상의 유입구들;
- (e) 상기 하부 서브-챔버로의 하나 이상의 유입구들;
- (f) 상기 상부 서브-챔버 내에서 플라즈마를 생성하도록 구성된 플라즈마 생성 소스;
- (g) 가스를 상기 하부 서브-챔버로부터 제거하도록 구성된, 상기 하부 서브-챔버로의 하나 이상의 가스 유출구들; 및

(h) 제어를 포함하고, 상기 제어기는,

(i) 플라스마 생성 가스를 상기 상부 서브-챔버로 공급하고 상기 플라스마 생성 가스로부터 플라스마를 생성하게 하고,

(ii) 상기 그리드 어셈블리의 적어도 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 네거티브 바이어스를 인가하고, 상기 기판을 향해 상기 그리드 어셈블리를 통해 상기 상부 서브-챔버 내의 플라스마로부터 이온들을 가속하게 하고, -상기 최하부 그리드에 인가된 상기 바이어스는 상기 최상부 그리드에 인가된 상기 바이어스보다 더 네거티브함-,

(iii) 에칭 가스를 상기 하부 서브-챔버로 공급하게 하고, 그리고

(iv) 기판을 에칭하게 하고, 그리고

(v) 상기 (i) 내지 상기 (iv) 중 적어도 하나 동안 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키게 하도록 구성되고,

상기 기판 상의 이온 플럭스는 상기 기판의 중심 영역에 가까운 제 1 이온 플럭스 및 상기 기판의 주변 부로의 제 2 이온 플럭스를 포함하고, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나를 이동시키게 하는 것은 (i) 상기 제 1 이온 플럭스의 증가 및 상기 제 2 이온 플럭스의 감소 또는 (ii) 상기 제 1 이온 플럭스의 감소 및 상기 제 2 이온 플럭스의 증가를 발생시키는,

상기 하부 서브-챔버는 상기 (i) 내지 상기 (iv) 동안 플라스마가 실질적으로 없는, 상기 제어를 포함하는, 기판 에칭 장치.

청구항 35

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리는 상기 (d) 및 상기 (e) 에서 상기 유입구들 중 하나 이상의 역할을 하도록 구성된, 기판 에칭 장치.

청구항 36

제 34 항에 있어서,

상기 하부 서브-챔버의 높이에 대한 상기 상부 서브-챔버의 높이의 비는 0.1 내지 10인, 기판 에칭 장치.

청구항 37

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리는 상이한 레벨들의 이온 플럭스를 기판 표면의 상이한 부분들로 제공하도록 구성된, 기판 에칭 장치.

청구항 38

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리는 상기 그리드 어셈블리 내에 내장된 냉각 채널들을 포함하는, 기판 에칭 장치.

청구항 39

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리의 적어도 하나의 그리드는 회전가능한 (rotatable), 기관 예칭 장치.

청구항 40

제 39 항에 있어서,

상기 회전가능한 그리드의 회전은 상기 그리드 어셈블리의 일 부분에서 상기 그리드 어셈블리의 또 다른 부분으로, 어느 정도의 양의 어셈블리 개방 면적의 변위를 발생시키는, 기관 예칭 장치.

청구항 41

제 40 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리의 상기 그리드들이 제 1 상대적 위치에 있을 때, 상기 그리드 어셈블리 개방 구역은 상기 그리드 어셈블리의 상기 그리드들이 제 2 상대적 위치에 있을 때와 비교해 상기 그리드 어셈블리의 중심을 향해 보다 집중되는, 기관 예칭 장치.

청구항 42

제 39 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리의 상기 그리드들은 적어도 서로에 대하여 상대적인 제 1 위치 및 제 2 위치에 위치될 수도 있고, 상기 그리드 어셈블리의 상기 그리드들이 상기 제 1 위치에 있을 때, 상기 그리드 어셈블리는 어느 정도 양의 개방 면적을 갖고, 상기 그리드 어셈블리의 상기 그리드들이 상기 제 2 위치에 있을 때, 상기 그리드 어셈블리는 개방 면적을 갖지 않는, 기관 예칭 장치.

청구항 43

제 39 항에 있어서,

상기 제어기는 이온 플럭스의 펄스들을 달성하도록, (iv) 동안 상기 회전가능한 그리드를 회전하게 하도록 더 구성되고, 상기 이온 플럭스 펄스들은 저 이온 플럭스 상태와 고 이온 플럭스 상태 사이에 있는, 기관 예칭 장치.

청구항 44

제 43 항에 있어서,

저 이온 플럭스 상태 동안, 상기 그리드 어셈블리는 개방 구역을 갖지 않아서 상기 그리드 어셈블리를 통과하는 이온들이 실질적으로 존재하지 않는다는 것을 보장하는, 기관 예칭 장치.

청구항 45

제 34 항에 있어서,

상기 플라즈마 생성 소스는 상기 상부 서브-챔버 위에 위치된 하나 이상의 플라즈마 코일들을 포함하는, 기관 예칭 장치.

청구항 46

제 34 항에 있어서,

상기 플라즈마 생성 소스는 용량적으로 커플링된 (capacitively coupled) 플라즈마 소스인, 기관 예칭 장치.

청구항 47

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리는 2개 이상의 그리드들을 포함하는, 기관 예칭 장치.

청구항 48

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리의 상기 그리드들은 5 mm 이하의 거리로 이격되는, 기관 예칭 장치.

청구항 49

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리의 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드 중 적어도 하나는 그리드 형상 (grid shape) 또는 스파이더웹 형상 (spiderweb shape) 으로 배열되는 와이어들을 포함하는, 기관 예칭 장치.

청구항 50

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리의 적어도 하나의 그리드는 비평면형 (non-planar) 인, 기관 예칭 장치.

청구항 51

제 34 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리 내의 그리드 각각은 그리드의 두께를 통하여 연장되는 천공부들 (perforations) 을 포함하는, 기관 예칭 장치.

청구항 52

기관을 예칭하는 장치로서,

(a) 반응 챔버;

(b) 상기 반응 챔버 내에 위치하며 이로써 상기 반응 챔버를 상부 영역과 하부 영역으로 분할하는 그리드 어셈블리로서, 상기 그리드 어셈블리는 적어도 제 1 그리드 및 제 2 그리드를 포함하는, 상기 그리드 어셈블리;

(c) 상기 제 1 그리드 및 제 2 그리드에 네거티브 바이어스 (negative bias) 를 독립적으로 제공하도록 상기 그리드 어셈블리의 적어도 상기 제 1 그리드 및 상기 제 2 그리드와 전기 접속부들;

(d) 상기 반응 챔버의 상기 상부 영역으로의 하나 이상의 유입구들;

(e) 상기 반응 챔버의 상기 하부 영역으로의 하나 이상의 유입구들;

(f) 상기 반응 챔버의 상기 상부 영역 내에서 플라즈마를 생성하도록 구성된 플라즈마 생성 소스;

(g) 가스를 상기 반응 챔버의 상기 하부 영역으로부터 제거하도록 구성된, 상기 반응 챔버의 상기 하부 영역으

로의 하나 이상의 가스 유출구들; 및

(h) 제어기를 포함하고, 상기 제어기는,

(i) 상기 반응 챔버의 상기 상부 영역 내에서 플라즈마를 생성하게 하고,

(ii) 상기 그리드 어셈블리 내의 상기 제 1 그리드에 제 1 네거티브 DC 바이어스를 인가하고 상기 그리드 어셈블리 내의 상기 제 2 그리드에 제 2 네거티브 DC 바이어스를 인가하며, 상기 기판을 접촉하지 않는 상기 플라즈마로부터의 이온들을 상기 반응 챔버의 상기 하부 영역 내의 상기 기판의 표면으로 가속하게 하고,

(iii) 상기 기판의 상기 표면으로 에천트 가스를 전달하게 하고, 상기 에천트 가스는 상기 기판의 상기 표면으로부터 금속 또는 반도체를 에칭하여 상기 에천트 가스로부터 하나 이상의 리간드들 (ligands) 및 상기 금속 또는 반도체의 하나 이상의 원자들을 포함하는 휘발성 부산물을 생성하도록 반응하고, 그리고

(iv) 상기 휘발성 부산물을 상기 플라즈마에 실질적으로 접촉시키지 않으며 상기 휘발성 부산물을 실질적으로 휘발성이 덜한 물질로 해리시키지 않고 상기 반응 챔버로부터 상기 휘발성 부산물을 제거하게 하고,

(v) 상기 (i) 내지 상기 (iv) 중 적어도 하나 동안 상기 제 1 그리드 및 상기 제 2 그리드 중 적어도 하나를 이동시키게 하도록 구성되고,

상기 기판 상의 이온 플럭스는 상기 기판의 중심 영역에 가까운 제 1 이온 플럭스 및 상기 기판의 주변 부로의 제 2 이온 플럭스를 포함하고, 상기 제 1 그리드 및 상기 제 2 그리드 중 적어도 하나를 이동시키게 하는 것은 (i) 상기 제 1 이온 플럭스의 증가 및 상기 제 2 이온 플럭스의 감소 또는 (ii) 상기 제 1 이온 플럭스의 감소 및 상기 제 2 이온 플럭스의 증가를 발생시키는, 기판 에칭 장치.

청구항 53

제 51 항에 있어서,

상기 그리드 어셈블리는 적어도 제 3 그리드를 포함하는, 기판 에칭 장치.

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

[0001] 반도체 생산 시에 자주 채용되는 일 동작은 에칭 동작이다. 에칭 동작 시에, 하나 이상의 재료들이 부분적으로 제조된 집적 회로로부터 부분적으로 또는 전체가 제거된다. 특히 관련된 기하구조들이 작거나, 고 종횡비들이 사용되거나, 정확한 패턴 전사가 필요한 경우에는 플라즈마 에칭이 때로 사용된다.

[0002] 통상적으로, 플라즈마는 전자, 양이온, 음이온 및 몇몇 라디칼들을 포함한다. 양이온, 음이온 및 라디칼들은 기판 상에 피쳐들, 표면들 및 재료들을 에칭하도록 기판과 상호작용한다.

[0003] 평면형 트랜지스터 구조물에서 3차원 트랜지스터 구조물 (예를 들어서, 로직 디바이스를 위한 FinFET 게이트 구조물) 로 그리고 자기저항 랜덤 액세스 메모리 (MRAM) 및 저항성 랜덤 액세스 메모리 (ReRAM) 와 같은 진보된 메모리 구조물들로 이동함에 따라서, 플라즈마 에칭 프로세스들은 품질이 양호한 제품들을 생산하기 위해서 점점 정밀해지고 균일해질 필요가 있다. 통상적인 에칭 기법들이 갖는 일 문제점은 에칭 부산물들이 스위핑 제거 (swept away) 되는 대신에, 퇴적이 바람직하지 않는 표면들 상에 때로 다시 퇴적되는 것이다. 예를 들어서, 부산물들이 기판 상에 다시 퇴적되어서 후속 에칭을 방해하거나, 에칭 장치 상에 다시 퇴적될 수 있다. 다수의 경우들에서, 재퇴적되는 에칭 부산물들은 다른 에칭 부산물들의 해리 산물들이다.

[0004] 기판 상으로의 원하지 않는 이러한 에칭 부산물의 퇴적은 불량한 에칭 결과들 (예를 들어서, 비수직 에칭 프로파일, 에칭 불균일성 등) 및 표준에 이르지 못한 기판들 (원하지 않는 퇴적은 에칭된 스택 내에서 단락을 형성할 수 있음) 을 야기하는 등 다수의 문제점을 야기할 수 있다. 장치 상에서의 원하지 않는 퇴적은 세정 필요 증가, 장치 수명 단축, 보다 덜 효율적인 장치 동작을 포함하여 추가 문제점들을 야기할 수 있다.

[0005] 따라서, 에칭 동안에 부산물들의 재퇴적을 방지하는 개선된 반도체 제조 방법들 및 장치가 필요하다.

발명의 내용

[0006] 본 명세서에서의 특정 실시예들은 반도체를 에칭하는 방법들 및 장치에 관한 것이다. 본 명세서에서의 실시예들의 일 양태에서, 반도체를 에칭하는 방법이 제공되며, 이 방법은 (a) 제거할 재료를 그 위에 갖는 기판을 반응기의 반응 챔버 내에서 수용하는 단계로서, 상기 반응기는, (i) 상부 서브-챔버(sub-chamber) 및 하부 서브-챔버; (ii) 상기 반응 챔버 내에 위치하며 이로써 상기 반응 챔버를 상기 상부 서브-챔버와 상기 하부 서브-챔버로 분할하는 그리드 어셈블리(grid assembly)로서, 상기 그리드 어셈블리는 적어도 최상부 그리드 및 최하부 그리드를 포함하며, 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드는 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 네거티브 바이어스(negative bias)를 독립적으로 제공하기 위한 하나 이상의 전원들에 접속되며, 상기 그리드 어셈블리의 각 그리드는 해당 그리드의 두께를 통해서 연장되는 천공들(perforations)을 갖는, 상기 그리드 어셈블리; (iii) 상기 상부 서브-챔버로의 하나 이상의 유입구들; (iv) 상기 하부 서브-챔버로의 하나 이상의 유입구들; 및 (v) 상기 상부 서브-챔버 내에서 플라스마를 생성하도록 설계 또는 구성된 플라스마 생성 소스를 포함하는, 상기 기판을 수용하는 단계; (b) 플라스마 생성 가스를 상기 상부 서브-챔버로 공급하고 상기 플라스마 생성 가스로부터 플라스마를 생성하는 단계; (c) 상기 그리드 어셈블리의 적어도 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 네거티브 바이어스를 인가하는 단계로서, 상기 최하부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스는 상기 최상부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스보다 더 네거티브한, 상기 네거티브 바이어스를 인가하는 단계; (d) 에칭 가스를 상기 하부 서브-챔버로의 상기 하나 이상의 유입구들을 통해서 상기 하부 서브-챔버로 공급하는 단계; 및 (e) 상기 제거할 재료의 적어도 일부를 제거하도록 상기 기판을 에칭하는 단계를 포함하며, 상기 단계 (a) 내지 단계 (e) 동안에 상기 하부 서브-챔버에는 플라스마가 실질적으로 존재하지 않는다.

[0007] 몇몇 경우들에서, 상기 최상부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스는 약 - 0.5 V 내지 - 50 V이다. 상기 최하부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스는 약 - 0.5 V 내지 - 2000 V일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 상기 단계 (c) 동안에 상기 그리드 어셈블리의 적어도 하나의 그리드에 인가된 네거티브 바이어스는 변화된다. 상기 단계 (d)에서의 상기 에칭 가스는 펄스형으로(in pulses) 공급될 수 있다.

[0008] 상기 플라스마 생성 가스는 불활성 가스를 포함할 수 있다. 이러한 또는 다른 경우들에서, 상기 플라스마 생성 가스는 반응성 가스를 포함할 수 있다. 상기 제거할 재료는 Fe, Mn, Ni, Mg, Pt, Pd, Co, Ru, Cu, Ir, 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택될 수 있다. 이 방법은 제거할 반응된 층을 형성하도록, 프로세싱 가스를 상기 하부 서브-챔버에 공급하고 상기 프로세싱 가스를 상기 제거할 재료와 반응시키는 단계를 더 포함한다. 상기 제거할 반응된 층은 산화물(oxide), 질화물(nitride), 하이드라이드(hydride), 클로라이드(chloride), 플루오라이드(fluoride), 유기금속성 착물들(organometallic complexes) 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 이 방법은 상기 제거할 반응된 층을 제거하도록 상기 제거할 반응된 층을 상기 에칭 가스와 반응시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 다양한 실시예들에서, 이 방법은 상기 단계 (b) 내지 단계 (e) 중 적어도 하나의 단계 동안에 상기 그리드 어셈블리의 적어도 하나의 그리드를 이동시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 몇몇 경우들에서, 상기 상부 서브-챔버 내에 존재하는 이온들이 상기 그리드 어셈블리를 통해서 가속되고 상기 기판의 표면과 상호작용한다.

[0010] 개시된 실시예들의 다른 양태에서, 기판을 에칭하는 방법이 제공되며, 이 방법은 (a) 플라스마 반응기의 상부 영역에서 플라스마를 생성하는 단계; (b) 상기 플라스마로부터 상기 플라스마 반응기의 하부 영역 내의 기판의 표면 상으로 이온들을 가속시키는 단계로서, 상기 플라스마는 상기 기판과 접촉하지 않는, 상기 이온들을 가속시키는 단계; (c) 상기 기판의 표면으로 에천트 가스를 전달하여서 상기 에천트 가스가 상기 표면에서 반응하여서 상기 표면으로부터 금속 또는 반도체를 에칭하고 상기 금속 또는 반도체의 하나 이상의 원자들 및 상기 에천트 가스로부터의 하나 이상의 리간드들(ligands)을 함유하는 휘발성 부산물을 생성하는 단계; 및 (d) 상기 휘발성 부산물을 상기 플라스마와 실질적으로 접촉시키지 않고 상기 휘발성 부산물을 덜 휘발성의 재료로 실질적으로 해리시키지 않고서 상기 휘발성 부산물을 상기 플라스마 반응기로부터 제거하는 단계를 포함한다. 몇몇 경우들에서, 상기 단계 (c)에서 상기 에천트 가스는 Fe, Mn, Ni, Mg, Pt, Pd, Co, Ru, Cu, Ir, 및 이들의 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 금속을 에칭하도록 반응한다.

[0011] 개시된 실시예들의 또 다른 양태에서, 기판을 에칭하는 장치가 제공되며, 이 장치는 (a) 반응 챔버; (b) 상기 반응 챔버 내에 위치하며 이로써 상기 반응 챔버를 상부 서브-챔버와 하부 서브-챔버로 분할하는 그리드 어셈블

리 (grid assembly)로서, 상기 그리드 어셈블리는 적어도 최상부 그리드 및 최하부 그리드를 포함하며, 상기 그리드 어셈블리의 각 그리드는 해당 그리드의 두께를 통해서 연장되는 천공들 (perforations)을 갖는, 상기 그리드 어셈블리; (c) 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 네거티브 바이어스 (negative bias)를 독립적으로 제공하도록 상기 그리드 어셈블리의 적어도 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드와 전기적으로 접속된 전기 접속부들; (d) 상기 상부 서브-챔버로의 하나 이상의 가스 유입구들; (e) 상기 하부 서브-챔버로의 하나 이상의 가스 유입구들; (f) 상기 상부 서브-챔버 내에서 플라즈마를 생성하도록 설계 또는 구성된 플라즈마 생성 소스; (g) 가스를 상기 하부 서브-챔버로부터 제거하도록 설계 또는 구성된, 상기 하부 서브-챔버로의 하나 이상의 가스 유출구들; 및 (g) 인스트럭션들을 제공하도록 설계 또는 구성된 제어기를 포함하며, 상기 인스트럭션들은 (i) 플라즈마 생성 가스를 상기 상부 서브-챔버로 공급하고 상기 플라즈마 생성 가스로부터 플라즈마를 생성하고; (ii) 상기 그리드 어셈블리의 적어도 상기 최상부 그리드 및 상기 최하부 그리드에 네거티브 바이어스를 인가하며; (iii) 에칭 가스를 상기 하부 서브-챔버로 공급하며, 상기 최하부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스는 상기 최상부 그리드에 인가된 네거티브 바이어스보다 더 네거티브하다.

[0012] 몇몇 실시예들에서, 상기 하부 서브-챔버의 높이에 대한 상기 상부 서브-챔버의 높이의 비는 약 0.1 내지 10일 수 있다. 상기 그리드 어셈블리는 (c) 및 (d)에서 상기 유입구들 중 하나 이상의 역할을 하도록 설계 또는 구성될 수 있다. 상기 그리드 어셈블리는 상이한 레벨들의 이온 플럭스를 기판 표면의 상이한 부분들로 제공하도록 설계 또는 구성될 수 있다. 상기 그리드 어셈블리는 상기 그리드 어셈블리 내에 내장된 냉각 채널들을 포함할 수 있다. 몇몇 구현예들에서, 상기 그리드 어셈블리의 적어도 하나의 그리드는 이동가능하다. 몇몇 실시예들에서, 상기 그리드 어셈블리는 2 개보다 많은 그리드들을 포함한다. 다양한 실시예들에서, 상기 플라즈마 생성 소스는 상기 상부 서브-챔버 위에 위치한 하나 이상의 플라즈마 코일을 포함한다. 다른 실시예들에서, 상기 플라즈마 생성 소스는 용량 결합형 플라즈마 소스이다.

[0013] 이러한 특징들 및 다른 특징들은 관련 도면들을 참조하여서 이하에서 기술될 이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 다양한 개시된 실시예들에 따른 에칭 장치의 간략한 단면도이다.
 도 2는 특정 개시된 실시예들에 따른 기판을 에칭하는 방법을 설명하는 흐름도이다.
 도 3a 내지 도 3f는 제조 동안의 다양한 스테이지들에서의 부분적으로 제조된 집적 회로를 도시한다.
 도 4a 및 도 4b는 본 명세서에서의 다양한 실시예들에 따른 그리드 어셈블리에서 사용될 수 있는 그리드의 잠재적 실시예를 각기 도시한다.
 도 5는 본 명세서에서의 특정 실시예들에 따른 에칭 장치의 간략한 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본원에서, 용어 "반도체 웨이퍼", "웨이퍼", "기판", "웨이퍼 기판" 및 "부분적으로 제조된 집적 회로"는 상호 교환가능하게 사용된다. 본 기술 분야의 당업자는 용어 "부분적으로 제조된 집적 회로"가 실리콘 웨이퍼 상에서의 집적 회로 제조의 다양한 스테이지들 중 임의의 스테이지 동안의 실리콘 웨이퍼를 지칭함을 이해할 것이다. 반도체 디바이스 산업에서 사용되는 웨이퍼 또는 기판은 통상적으로 직경 200 mm, 300 mm 또는 450 mm를 갖는다. 다음의 상세한 설명은 본 발명이 웨이퍼 상에서 구현됨을 가정한다. 그러나, 본 발명은 이로 한정되지 않는다. 작업 피스 (work piece)는 다양한 형상, 크기 및 재료를 가질 수 있다. 반도체 웨이퍼들 이외에, 본 발명을 이용할 수 있는 다른 작업 피스들은 인쇄 회로 기판 등과 같은 다양한 물체들을 포함한다.

[0016] 다음의 설명 부분에서, 다수의 특정 세부 사항들이 제공된 실시예들의 철저한 이해를 제공하기 위해서 제안된다. 개시된 실시예들은 이러한 특정 세부 사항 전부 또는 일부 없이도 실시될 수 있다. 다른 경우들로서, 잘 알려진 공정 동작들을 개시된 실시예들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 세부적으로 기술되지 않았다. 개시된 실시예들은 특정 실시예들과 함께 기술될 것이지만, 이는 개시된 실시예들을 한정하려고 하는 것이 아님이 이해될 것이다.

[0017] 또한, 본 설명은 때로 "하부" 요소들 및 "상부" 요소들 (또는 마찬가지로 "상단" 및 "하단", "좌측" 및 "우측" 등)을 참조하지만, 이러한 용어들은 오직 명료성을 위해서 비한정적 방식으로 사용된다. 다른 구성이 역시 가능함이 본 기술 분야의 당업자는 이해할 것이다. 특정 실시예들에서, 본 명세서에서 "상부" 및 "하부"로서 기

술되는 요소들은 예를 들어서 "하부" 요소 및 "상부" 요소 또는 "좌측" 요소 및 "우측" 요소가 될 수 있다.

[0018] 본 명세서에서의 실시예들은 전반적으로 반도체 프로세싱 장치 및 방법들에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 실시예들은 반도체 기판을 에칭하기 위한 방법들 및 장치에 관한 것이다. 개시된 기법을 실시할 시에, 기판이 프로세싱 챔버 내에 제공된다. 도 1은 적합한 프로세싱 장치 (100)의 간략화된 단면도이다. 그리드 어셈블리 (107)가 프로세싱 챔버를 상부 서브-챔버 (101) (플라즈마가 생성됨)와 하부 서브-챔버 (103) (기판이 위치되며, 다수의 실시예들에서 어떠한 플라즈마도 존재하지 않음)로 분할한다. 그리드 어셈블리 (107)는 적어도 2개의 그리드들 (105 및 106)을 포함하며, 각 그리드는 통상적으로 프로세싱 동안에 네거티브 바이어스 (negative bias)를 갖는다. 프로세싱 동안에, 상부 그리드 (105)는 전자들에 대해 척력을 부가하도록 (접지부에 비해서) 네거티브로 바이어스되며, 하부 그리드 (106)는 웨이퍼 지지부 (115)에 의해서 지지되는 기판 (113)을 향해서 양이온들을 가속시키도록 (상부 그리드에 비해서) 더욱 네거티브로 바이어스된다.

[0019] 플라즈마는 플라즈마 생성 디바이스에 의해서 주로 또는 오직 상부 서브-챔버 (101) 내에서 생성된다. 도 1의 실시예에서, 유도 결합형 플라즈마가 유전체 윈도우 (119)에 의해서 상부 서브-챔버 (101)로부터 분리된 코일들 (109)을 사용하여서 생성되지만, 다른 플라즈마 생성 기법들이 사용될 수 있다. 플라즈마를 생성하는데 사용되는 가스는 플라즈마 생성 가스로 지칭된다. 양이온들이 도시된 바와 같이 상부 그리드 (즉, 최상부 그리드) (105) 및 하부 그리드 (즉, 최하부 그리드) (106) 내의 슬롯들/홀들을 통과하며, 이들이 통과할 때에 하부 그리드 (106)에 의해서 가속된다. 이러한 양이온들은 기판 (113) 표면을 때려서 반응할 표면을 활성화시킨다. 프로세스 가스 유입구 (111)가 프로세스 가스를 하부 서브-챔버 (103)로 직접적으로 전달한다. 프로세스 가스 또는 가스들을 하부 서브-챔버 (103)로 직접적으로 전달함으로써, 프로세스 가스들은 상부 서브-챔버 (101) 내의 플라즈마로부터 차폐된다. 마찬가지로, 프로세스 가스가 기판 (113)과 반응한 후에, 에칭 부산물들도 상부 서브-챔버 (101) 내의 플라즈마로부터 차폐된다. 이러한 차폐는 에칭 부산물들의 해리를 방지하며, 따라서 기판 (113) 및 장치 (100) 상으로의 부산물들의 재퇴적을 방지하는 것을 지원한다. 대신에 부산물들은 반응 챔버로부터 휘발성 형태로 챔버에 인가된 진공 (117)을 사용하여서 제거된다. 이로써, 우수한 에칭 결과가 달성된다. 도 1이 2개의 진공 소스들 (117)을 도시하지만, 특정 실시예들에서는 오직 하나의 진공 소스가 필요하다. 몇몇 경우들에서, 단일 진공 소스는 하부 서브-챔버 (103)의 다수의 유출구들과 연결된다.

[0020] 본 개시에 따른 플라즈마 반응기의 보다 상세한 실례가 도 5를 참조하여서 이하에서 기술된다. 상부 그리드 (105) 및 하부 그리드 (106)로서 사용되기에 적합한 그리드 구조체의 실례들이 도 4a 및 도 4b에서 도시된다.

[0021] 방법들

[0022] 도 2는 본 명세서에서의 다양한 실시예들에 따른 재료를 에칭하는 흐름도를 제공한다. 프로세스 (200)는 블록 (202)에서 시작하며, 이 블록에서 그 상에 제거될 재료를 갖는 기판이 반응 챔버 내에서 수용된다. 상술한 바와 같이, 반응 챔버는 그리드 어셈블리에 의해서 상부 서브-챔버와 하부 서브-챔버로 분할된다. 기판은 하부 서브-챔버 내에 수용되며, 통상적으로 정전 척과 같은 기판 홀더 상에 위치한다. 블록 (204)에서, 플라즈마가 상부 서브-챔버 내에서 생성된다. 그리드 어셈블리의 존재로 인해서, 플라즈마는 대체적으로 상부 서브-챔버로 한정되며 하부 서브-챔버 내로 실질적으로 이동하지 않거나 전혀 이동하지 않는다. 그러나, 플라즈마 내의 양이온들 및 라디칼과 같은 특정 종들은 이하에서 기술되는 바와 같이 그리드를 통과하여서 하부 서브-챔버에 도달하여 기판과 상호작용한다.

[0023] 블록 (206)에서, (접지부에 비하여서) 네거티브 바이어스가 그리드 어셈블리 내의 각 그리드에 인가된다. 네거티브 바이어스는 플라즈마를 상부 서브-챔버로 한정하기 위해서 그리드 어셈블리의 상부 그리드에 인가된다. 전자들에게 척력을 부여하여서 전자들이 하부 서브-챔버 내로 누설되는 것을 방지함으로써 이러한 바가 달성될 수 있다. 양이온들을 그리드 어셈블리를 통하여서 기판의 표면을 향하여 가속시키도록 보다 네거티브한 네거티브 바이어스가 그리드 어셈블리의 하부 그리드에 인가된다. 그리드 어셈블리를 떠나는 이온들의 에너지는 하부 그리드 상에 설정된 바이어스에 의해서 결정된다. 따라서, 하부 그리드 상의 바이어스는 목표된 이온 에너지를 제공하도록 특정 애플리케이션에 대해서 최적화될 수 있다. 블록 (208)에서, 가속된 양이온들이 그리드 어셈블리로부터 하부 서브-챔버를 통과하여서 이동하여서 기판의 표면과 충돌하여서 반응할 표면을 활성화시킨다. 블록 (210)에서, 하나 이상의 에천트 가스들/프리커서들이 하부 서브-챔버에 제공되며, 블록 (212)에서, 기판이 에칭된다. 몇몇 경우들에서, 블록 (210)에서 제공되는 물질이 기판을 직접적으로 에칭한다. 다른 경우들에서, 제공된 재료들은 다른 재료 (예를 들어서, 다른 에천트 가스)와 반응하여서 기판을 에칭하는 화합물을 생성한다. 도 2에서 관련된 동작들은 반드시 열거된 순서로 발생할 필요는 없으며, 다수의 경우들에서, 이

동작들 간에 중첩이 존재한다. 예를 들어서, 통상적으로 블록 (210) 에서 에천트 가스가 챔버에 공급되고 있는 동안에 블록 (212) 에서 에칭이 발생한다. 또한, 특정 실시예들에서, 블록들 (204, 206 및 208) 에서의 동작들은 동시에 수행된다. 이 3 개의 동작들은 동시에 시작하거나 하나의 동작이 다음 동작 이전에 시작할 수 있다.

[0024] 도 3a 내지 도 3f는 특정 실시예에 따른 반도체 미세제조 방법의 일부를 설명하는 단면도들이다. 특히, 도 3a 내지 도 3f는 도 2에 기술된 에칭 프로세스가 발생할 수 있는 보다 넓은 제조 상황에 대한 것이다. 이러한 보다 넓은 반도체 제조 방법은 그 전체 내용들이 본 명세서에서 참조로서 인용되는, 미국 특허 번호 6,689,283 "DRY ETCHING METHOD, MICROFABRICATION PROCESS AND DRY ETCHING MASK" 및 미국 재발행 특허 번호 RE40,951 "DRY ETCHING METHOD FOR MAGNETIC MATERIAL"에서 더 기술 및 논의된다.

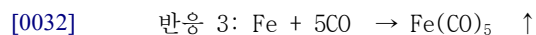
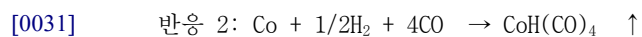
[0025] 먼저, 도 3a에 도시된 바와 같이, 에칭될 층 (12) 이 기판 (10) 상에 형성된 하지층 (under layer) (11) 상에 증착된다. 특정 실시예에서, 기판은 실리콘 웨이퍼며, 하지층 (11) 은 티타늄이며, 에칭될 층은 코발트-백금 합금이다. 이어서, 도 3b에 도시된 바와 같이, 레지스트 층 (13) 이 에칭될 층 (12) 상에 증착된다. 이 레지스트 층 (13) 은 리소그래피 기법을 사용하여서 미세 패터닝된다. 특정 경우에서, 패터닝된 레지스트 층 (13) 은 포지티브 타입 레지스트를 예를 들어서 스핀-온 코팅 방법을 사용하여서 코팅하고, UV 또는 전자빔 노광 장비를 사용하여서 미세 패턴을 노광시키며 이어서 노광된 레지스트 패턴을 현상함으로써 층 (12) 상에 형성된다.

[0026] 이어서, 도 3c에 도시된 바와 같이, 마스크 층 (14) 이 미세-패터닝된 레지스트 층 (13) 상에 증착된다. 몇몇 경우들에서, 마스크 층은 반응성 스퍼터링 방법에 의해서 성막될 수 있는 티타늄 질화물 (TiN) 으로 이루어진다. 이어서, 도 3d에 도시된 바와 같이, 레지스트 층 (13) 이 리프트-오프 (lift-off) 방법에 의해서 제거되어서 패터닝된 마스크 (14') 가 형성된다. 보다 구체적으로, 리프트-오프는 초음파 워셔 (ultrasonic washer) 에 의해서 웨이퍼를 예를 들어서 테트라하이드로퓨란 (tetrahydrofuran) 과 같은 용매 내로 디핑 (dipping) 함으로써 수행된다. 이후에, 도 3e에 도시된 바와 같은 에칭된 층 (12') 을 형성하도록 기판이 본 명세서에서의 다른 개소들에서 기술되는 기법들에 따라서 건식 에칭된다. 마지막으로, 이 에칭 이후에 마스크 층 (14) 이 도 3f에 도시된 바와 같이 제거될 수 있다. 선행하는 설명은 그 특성상 단지 예시적이며 개시된 실시예들이 실시될 수 있는 일 특정 상황을 예시한다.

[0027] 에칭 화학물질

[0028] 반도체 에칭 프로세스의 난해성은 에칭 부산물들 및 이들의 해리 산물들의 증기압에 의해서 크게 영향을 받는다. 실제로, 저 증기압 해리 산물들의 형성은 특정 재료들 (예를 들어서, Fe, Mn, Ni, Mg, Pt, Pd, Co, Ru, Cu, Ir 및 등) 을 에칭하는 것이 그렇게 어려운 주요한 이유이다. 본 명세서에서의 기법들은 이러한 에칭하기 어려운 재료들과 관련된 특정 문제들을 처리한다. 본 명세서에서의 설명은 직접적 부산물, 에칭 부산물, 및 부산물과 같은 용어들을 상호교환가능하게 사용한다. 직접적 부산물의 실례는 이하에서 반응 1에서 $\text{Pd}(\text{PF}_3)_4$ 이다. 용어 해리 산물 (dissociation product) 은 직접적 에칭 부산물의 해리로부터 얻어지는 산물을 의미하는 것으로 이해된다. 반응 1의 상황에서 해리 산물의 실례는 $\text{Pd}(\text{PF}_3)_3$ 이다.

[0029] 에칭 동작에서 제거되는 다양한 재료들은 에칭 가스와 반응하여서 휘발성 화합물들을 형성할 것이다. 때로, 이러한 휘발성 반응 산물들은 몇몇 경우들에서는 유기 리간드들을 갖는 금속 함유 화합물들이다. 이하에서 반응 1 및 반응 2는 휘발성 부산물들을 형성하는 에칭 반응들의 실례들을 나타낸다:



[0033] 반응 1의 경우에, Pd는 에칭될 재료이며, PF_3 는 에칭 화학물질이며, $\text{Pd}(\text{PF}_3)_4$ 가 휘발성 부산물이다. 마찬가지로, 반응 2의 경우에, Co 가 에칭될 재료이며, CO 및 H_2 는 에칭 화학물질 (etching chemistry) 이며 $\text{CoH}(\text{CO})_4$ 가 휘발성 부산물이다. 이러한 부산물들로부터 하나 이상의 리간드들을 제거하는 것은 증기압에 매우 부정적인 영향을 줄 수 있다. 예를 들어서, $\text{CoH}(\text{CO})_3$ 는 $\text{CoH}(\text{CO})_4$ 보다 매우 낮은 증기압을 갖는다. $\text{CoH}(\text{CO})_3$ 및 유사한 해리 산물들의 증기압이 매우 낮기 때문에, 이러한 재료들은 기판 및/또는 장치 상에 재퇴적될 가능성이 높다.

[0034] 에칭될 재료는 자기저항 랜덤 액세스가능한 메모리 디바이스들에서 사용되는 것과 같은 자기 재료 (magnetic

material) 를 포함할 수 있다. 특정 경우들에서, 에칭될 재료는 Fe, Mn, Ni, Mg, Pt, Pd, Co, Ru, Cu, 및/또는 Ir을 포함한다. 이러한 또는 다른 경우들에서, 이러한 재료를 에칭하는데 사용되는 반응물은 PF_3 (phosphorus trifluoride), COF_2 (carbonyl fluoride), CO (carbon monoxide), NO (nitric oxide), CH_3OH (methanol), $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (ethanol), $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$ (acetylacetone), $\text{C}_5\text{H}_2\text{F}_6\text{O}_2$ (hexafluoroacetylacetone), SOCl_2 (thionyl chloride), SOF_2 (thionyl fluoride), CH_3COOH (acetic acid), $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ (pyridine), 및/또는 HCOOH (formic acid) 를 포함한다. 다양한 실시예들에서, 이러한 에칭 반응물들의 조합이 사용된다. 예를 들어, 몇몇 경우들에서, 금속의 니트로실 카르보닐을 형성하게 $\text{CO} + \text{NO}$ 조합이 사용된다. 다른 경우에서, $\text{CO}_2 + \text{NO}_2$ 조합이 사용된다. 다른 경우에서, 피리딘 (pyridine) 이 티오닐 클로라이드 (thionyl chloride) 및/또는 티오닐 플루오라이드 (thionyl fluoride) 와 조합된다. 다른 조합들도 역시 가능하다. 이러한 재료들 및 반응들은 단지 예시적이며 어떠한 방식으로든 실시예들을 한정하는 것은 아니다. 본 명세서에서의 기법들은 다양한 재료들 및 반응들과 함께 사용될 수 있음을 본 기술 분야의 당업자는 이해할 것이다.

[0035] 휘발성 부산물들의 안정성은 이 부산물들이 플라즈마 분위기에 노출되면 크게 저하되며 특히 플라즈마 분위기 내에 존재하는 고 에너지 전자들에 노출되면 더욱 그러하다. 이는 수많은 에칭 반응들이 성공적으로 되기 위해서, 기관 표면이 어느 정도로는 활성화되어야 하기 때문에 문제가 된다. 이러한 활성화는 때로 기관 표면의 이온 충격을 통해서 발생한다.

[0036] 임의의 이론 또는 작용 메커니즘에 한정되지 않고서, 이온 충격 (ion bombardment) 은 에칭될 금속 또는 다른 재료 상에 땀글링 본드 (dangling bonds) 및/또는 다른 물리화학적으로 민감한 피처들 (physicochemically receptive features) 를 생성함으로써 활성 자리들을 생성할 수 있다고 사료된다. 이온 충격에 의한 활성화는 통상적으로 플라즈마로의 노출을 통해서 달성된다. 통상적으로, 플라즈마는 기관 바로 위의 영역에서 생성되며, 기관을 지지하는데 사용되는 정전 척이 기관의 표면 상으로 양이온들을 끌어당기도록 네거티브로 바이어스된다. 몇몇 통상적인 구현예들에서, 정전 척은 이 척 자체가 기관 바로 위에서 플라즈마를 생성하게 되는 정도로 에너지가 공급될 수 있다.

[0037] 부산물들은 때로 매우 크고/부피가 나가고 다수의 리간드들이 중앙 원자에 부착되기 때문에, 플라즈마 내의 에너지를 갖고 있는 입자들 (특히, 전자들) 이 해리를 통해서 이 리간드들 중 하나 이상을 제거하는 것이 상대적으로 흔하다. 심지어 하나의 리간드가 제거되는 경우에도, 부산물이 통상적으로 휘발되지 않게 되며 따라서 기관 또는 장치 상에 재퇴적될 가능성이 있다.

[0038] 본 명세서에서의 실시예들은 에칭 화학물질/부산물들/해리 산물들이 플라즈마 분위기에 노출되는 것을 방지하는 그리드 어셈블리에 의해서 상부 서브-챔버 (플라즈마 생성용) 및 하부 서브-챔버 (기관 프로세싱용) 로 분할되는 반응 챔버를 제공함으로써 부산물들 및 이와 관련된 해리 산물들의 재퇴적을 방지한다.

[0039] 몇몇 경우들에서, 에칭 프로세스 동안에 하부 서브-챔버에 공급된 프로세스 가스는 에치트 가스뿐만 아니라 하나 이상의 다른 가스들 (제 2 프로세스 가스, 제 3 프로세스 가스, 추가 프로세스 가스 등으로 지칭됨) 을 포함한다. 추가 가스는 예를 들어 산소, 수소 또는 질소일 수 있다. 다른 경우들에서, 추가 가스는 클로린 (chlorine), 플루오린 (fluorine) 또는 다른 재료를 포함할 수 있다. 이 가스는 기관의 표면과 반응하여 예를 들어 금속 산화물, 금속 하이드라이드 (hydride), 금속 질화물, 금속 클로라이드, 금속 플루오라이드, 또는 다른 유기금속성 착물들 (organometallic complexes) 을 형성한다. 이러한 산화물/하이드라이드/질화물/클로라이드/플루오라이드/등 (oxide/hydride/nitride/chloride/fluoride/etc) 의 재료는 몇몇 경우들에서 순수 금속보다 에칭되기 더 용이할 수 있다. 추가 가스는 연속적으로 또는 펄스형으로 (in pulse) 공급될 수 있다. 펄스형으로 공급되는 경우에, 제 2 프로세스 가스가 펄스형으로 공급되는 에칭 가스와 펄스형으로 공급되는 제 2 프로세스 가스의 교번하는 반복 사이클로 공급될 수 있다.

[0040] 다른 실시예에서, 산화물/하이드라이드/질화물/클로라이드/플루오라이드/등의 형성을 구현하는 재료가 이온화된 형태로 해서 상부 서브-챔버로부터 하부 서브-챔버로 전달된다. 몇몇 구현예들에서, 기관의 표면은 화학적으로 불활성인 이온들 및 화학적으로 반응성인 이온들의 교번하는 스트림에 노출된다.

[0041] 프로세스 가스들의 상부 서브-챔버 및 하부 서브-챔버로의 전달은 임의의 다양한 수단들에 의해서 달성될 수 있다. 일 실시예에서, 유입 노즐들이 상부 서브-챔버 및 하부 서브-챔버에 위치할 수 있다. 각 서브-챔버에 복수의 유입구들이 존재할 수 있다. 일 구현예에서, 다수의 유입구들이 프로세스 가스들의 균일한 유동을 제공하도록 서브-챔버들의 둘레부에 걸쳐서 배치된다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 그리드들이 상부 서브-챔버 및 하부 서브-챔버 중 하나 또는 양자로 가스들을 제공하기 위한 샤워헤드 역할을 할 수 있다. 다른 경우들에서,

프로세스 가스들은 각 서브-챔버 내로 연장된 중앙 노즐을 통해서 공급될 수 있다. 상이한 형태의 가스 전달이 개시된 실시예들의 범위 내에서 사용될 수 있음을 본 기술 분야의 당업자는 이해할 것이다.

[0042] **플라즈마 생성**

[0043] 플라즈마가 상부 서브-챔버 내에서 주로 생성되며 몇몇 경우들에서는 상부 서브-챔버 내에서만 생성된다. 특정 경우들에서, 플라즈마가 헬륨 (helium), 네온 (neon), 아르곤 (argon), 크립톤 (krypton) 및 제논 (xenon)을 포함하는 하나 이상의 불활성 가스로부터 생성된다. 다른 경우들에서, 플라즈마는 H_2 , N_2 , O_2 , 등과 같은 반응성 가스로부터 생성된다. 몇몇 경우들에서, 불활성 가스와 반응성 가스의 조합이 플라즈마를 생성하게 사용된다. 플라즈마를 생성하는데 사용되는 가스는 사용되는 에칭 화학물질 및 에칭될 재료에 부분적으로 기초하여서, 반응 챔버 내에서 원하지 않은 반응들을 저감 또는 제거하도록 선택될 수 있다. 통상적으로, 플라즈마의 역할은 하부 서브-챔버 내로 주입될 이온들의 소스일 것이다. 이러한 이온들은 본 명세서의 다른 개소들에서 설명되는 바와 같이, 화학적으로 불활성이거나 반응성일 수 있다.

[0044] 다양한 타입의 플라즈마 생성 기법들이 상부 서브-챔버 내에서 플라즈마를 생성하는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 플라즈마는 예를 들어서 상부 서브-챔버 위에 위치한 코일들을 사용하여서 생성되는 유도 결합형 플라즈마이다. 다른 실시예에서, 플라즈마는 용량 결합형 플라즈마이다. 이와 달리, 플라즈마 소스는 헬리콘 플라즈마 소스 또는 전자 사이클로트론 공진 (ECR) 플라즈마 소스일 수 있다. 유도 결합형 플라즈마의 경우에, 넓은 범위의 여기 주파수들이 사용될 수 있다. 특정 경우들에서, 여기 주파수들은 무선 주파수들 또는 마이크로웨이브 주파수들이다. 몇몇 실시예들에서, 상부 서브-챔버에 접속된 플라즈마 소스는 자체 인가에 의해서 강화될 수 있다. 본 명세서에서의 교시사항들에 따라서 수정될 수 있는 플라즈마 생성 반응기의 실례는 미국 캘리포니아 프레몬트 소재의 Lam Research Corporation으로부터 입수가 가능한 Kiyo 반응기이다.

[0045] 다양한 실시예들에서, 그리드 어셈블리는 플라즈마 생성 시에 큰 역할을 하지 않는다. 그러나, 그리드 어셈블리는 플라즈마를 상부 서브-챔버로 한정하고 하부 서브-챔버로 전달할 종들을 필터링하는데 중요한 역할을 한다.

[0046] **반응기 내에서의 그리드 어셈블리의 위치**

[0047] 그리드 어셈블리가 반응 챔버 내에 위치하여서, 반응 챔버를 상부 서브-챔버와 하부 서브-챔버로 분할한다. 본 명세서에서 개시된 그리드 어셈블리를 포함하도록 수정되기에 적합한 반응 챔버의 실례는 미국 캘리포니아 프레몬트 소재의 Lam Research Corporation으로부터 입수가 가능한 Kiyo 반응기이다. 문맥상, 다음의 설명은 위에서 더 상술된 도 1을 참조하여서 고려될 수 있다. 특정 구현예들에서, 그리드 어셈블리 (107)는 반응 챔버의 내측 베이스의 약 1 내지 6 인치 상방에 위치하거나, 페테스탈과 같은 기관 지지부 (115)의 약 1 내지 6 인치 (예를 들어서, 약 1.5 내지 3 인치) 상방에 위치한다. 이러한 또는 다른 구현예들에서, 그리드는 반응 챔버의 내측 천장부의 약 1 내지 6 인치 (예를 들어서, 약 1.5 내지 3 인치) 하방에 위치한다. 천장부는 때로 유전체 윈도우를 구비하고 있다.

[0048] 특정 실시예들에서, 상부 서브-챔버와 하부 서브-챔버의 높이들은 실질적으로 (예를 들어서, 약 5 퍼센트 내에서) 동일한 반면에, 다른 실시예에서는, 보다 현저하게 서로 상이하다. 또한 서브-챔버 높이 비로도 지칭되는, 하부 챔버 높이에 대한 상부 챔버 높이의 비 (h_u/h_l)는 약 0.1 내지 10 또는 약 0.2 내지 5일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 서브-챔버 높이 비는 약 1/6보다 크다.

[0049] 그리드 어셈블리가 웨이퍼에 너무 가깝게 위치하지 말아야 하는데, 너무 가까우면 그리드의 표면 패턴이 웨이퍼의 면에 프린팅 (printing) 될 수 있기 때문이다. 달리 말하면, 그리드 어셈블리의 슬롯들/홀들의 패턴이 프로세싱 후에 바람직하지 않게 웨이퍼의 면에서 나타날 수 있으며, 이는 기관 표면 상에서의 상당한 에칭 불균일성을 야기한다. 다수의 애플리케이션들에서, 기관의 상단으로부터 하부 그리드의 하단까지의 적어도 약 1 인치의 이격 거리이면 이러한 프린팅 현상을 방지하는데 충분하다.

[0050] **그리드 어셈블리 설계**

[0051] 다양한 설계들이 그리드 어셈블리를 구현하는데 사용될 수 있다. 대체적으로, 그리드 어셈블리는 적어도 2 개의 그리드를 포함한다. 수많은 구현예들에서, 그리드 어셈블리는 2 개 또는 3 개의 그리드를 포함한다. 최상부 그리드 (때로 상부 그리드로 지칭됨)는 상부 서브-챔버에 가장 근접한 그리드이다. 최하부 그리드 (때로 하부 그리드로 지칭됨)는 기관에 가장 근접한 그리드이다. 각 그리드는 이온들로 하여금 상부 서브-챔버로부터 그리드들을 통과하여서 하부 서브-챔버로 가게 할 수 있는 복수의 슬롯들, 홀들 및/또는 다른 천공들을 갖는

다. 그리드 구조의 비한정 실례가 도 4a 및 도 4b에 도시된다. 간단한 실시예에서, 그리드는 와이어 메시(wire mesh)로 구성된다. 와이어들(402)은 도 4a에 도시된 바와 같은 크리스-크로싱 패턴(criss-cross pattern)을 형성하며, 개방 공간들(404)이 와이어들(402)간에 형성된다. 이와 달리, 도 4b에 도시된 바와 같이, 와이어들(402)은 스파이더웹 형상(spiderweb shape)을 형성할 수 있다. 다수의 다른 그리드 설계들이 가능하다. 일 경우에, 예를 들어서, 천공들은 T형상이며 서로 교번하는 방식으로 상호록킹된다(interlock). 다른 경우에서, 그리드 설계는 원형 홀들을 갖는다. 몇몇 경우들에서, 플라스마 생성 동안에 그리드에서 전류가 전혀 유도되지 않거나 거의 유도되지 않도록 천공들이 설계될 수 있다. 이러한 결과를 보장하는 다른 설계는 방사상으로 향하는 슬롯들을 갖는 그리드이다. 장치가 이러한 타입의 문제를 방지하도록 설계되지 않는다면, 전류가 그리드 주변에서 실질적으로 원형으로 유동하도록 유도되거나 작은 와전류(eddy current)가 그리드 상에서 유동하게 유도되어서, 기생 전력 소비를 증가시킬 수 있다.

[0052] 그리드 어셈블리의 그리드들 내의 천공들은 상부 서브-챔버와 하부 서브-챔버 간의 직선 시선(direct line-of-sight)를 가능하게 해야 하며 상부 서브-챔버 내로 플라스마를 한정하도록 구성되어야 한다. 이러한 직선 시선이 없다면, 이온들은 그리드와 충돌할 것이며 기관 표면을 활성화시키게 하부 서브-챔버 내로 통과하지 못할 것이다. 몇몇 경우들에서, 천공들은 약 0.5 내지 10 mm, 예를 들어서 약 1 내지 5 mm의 주요 치수(principal dimension)을 갖는다. 주요 치수는 작업 피스와 평행한 방향으로 존재하며 천공 내의 최장 선형 경로에 걸쳐 있다. 본 기술 분야의 당업자는 다양한 천공 설계들이 본 개시의 범위 내에서 사용될 수 있음을 이해할 것이다.

[0053] 그리드 개방 면적은 해당 면적을 통해서 특정 그리드 위에서 아래로의 선명한 시선이 존재하는, 위에서 볼 때의 웨이퍼 또는 다른 프로세싱 기관의 활성 면에 걸친 총 면적을 나타낸다. 그리드 어셈블리 개방 면적은 해당 면적을 통해서 그리드 어셈블리의 모든 그리드들을 통해서 선명한 시선이 존재하는, 위에서 볼 때의 총 면적으로서 표현된다. 그리드 개방 면적 및 그리드 어셈블리 개방 면적은 절대 면적으로 해서 또는 그리드 상의 총 면적의 퍼센티지로 해서 기술될 수 있다. 예를 들어서, 300 mm 직경 그리드가 대략 700 cm²의 면적을 가질 수 있다. 그리드가 약 350 cm²의 개방 면적을 갖는다면, 약 50 퍼센트 개방 면적을 갖는 것으로 간주될 수 있다. 몇몇 경우들에서, 그리드 개방 면적 및 어셈블리 개방 면적은 동일하다. 다른 경우들에서, 어셈블리 개방 면적이 하나 이상의 그리드들에 대한 그리드 개방 면적보다 작다. 몇몇 구현예들에서, 적어도 하나의 그리드는 약 30 내지 75 퍼센트의 그리드 개방 면적을 갖는다. 이러한 또는 다른 구현예들에서, 그리드 어셈블리 개방 면적은 약 0 내지 75 퍼센트이다.

[0054] 몇몇 경우들에서, 그리드/어셈블리의 개방 구역은 기관의 상이한 부분들에 상이한 레벨들의 이온 플럭스(ion flux)를 제공하게 설계된다. 예를 들어서, 개방 구역이 그리드의 중앙을 향해서 집중된 경우에, 이온들은 웨이퍼 에지보다는 웨이퍼의 중앙 영역을 보다 많이 활성화시킬 수 있을 것이다. 마찬가지로, 개방 구역이 그리드 어셈블리의 에지 근처에 집중된 경우에, 이온들은 웨이퍼 중앙보다는 웨이퍼의 에지 영역들을 보다 많이 활성화시킬 수 있을 것이다. 이러한 기법들은 중앙 대 에지 불균일성을 해결하는데 특히 유용할 수 있으며 몇몇 경우들에서는 이하에서 기술되는 바와 같은 이동가능한 그리드들을 통해서 구현될 수 있다.

[0055] 그리드들은 다양한 재료들로 형성될 수 있으며 코팅되거나 코팅되지 않을 수 있다. 에칭 동안에 그리드들에 인가된 바이어스로 인해서, 그리드들을 구성하거나 코팅하는데 사용되는 재료는 도전성이어야 한다. 다양한 실시예들에서, 그리드들은 금속 또는 금속성 합금으로 구성 또는 코팅될 수 있다. 몇몇 경우들에서, 그리드들은 하드 카본 재료(hard carbon material)로 코팅될 수 있다. 몇몇 특정 경우들에서, 그리드들은 Y₂O₃, YF₃, YAG, 티타늄 질화물, 또는 CeO₂로 코팅될 수 있다. 그리드 재료는 침식 내성을 위해서 애노다이징되거나(anodized) 이와 달리 패시베이션될 수 있거나(passivated) 그렇지 않을 수도 있다.

[0056] 그리드들은 반응 챔버 내에 배치된 때에 활 형태로 휘어지거나 이와 달리 휘어지지 않도록 충분히 강해야 한다. 이는 균일한 에칭 결과들을 보장하는 것을 지원한다.

[0057] 인접하는 그리드들 간에 어느 정도의 이격 거리가 존재한다. 이러한 이격 거리는 전자들의 하부 서브-챔버 내로의 누설을 방지하는 것을 지원하기 위해서, 대체적으로 매우 작다(예를 들어서, 약 5 mm보다 작거나, 약 3 mm보다 작거나, 약 2 mm보다 작음). 이격 거리는 그리드들의 직경에 걸쳐서 균일해야 하며 이러한 균일성은 그리드들을 충분히 강한 재료로 구성함으로써 가능하게 된다.

[0058] 그리드 어셈블리는 대체적으로 챔버의 전체 수평 섹션에 걸쳐서 연장된다. 챔버가(작업 피스 위에서 보거나 작업 피스를 마주보면서 볼 때에) 원형인 경우에, 그리드 어셈블리도 또한 원형일 것이다. 이로써, 그리드 어

셈블리는 2 개의 서브-챔버들로 반응 챔버를 효과적으로 분할할 수 있다. 특정 설계에서, 그리드 어셈블리의 형상은 (통상적으로 그렇지만 반드시 그러한 것만은 아니지만 원형 웨이퍼인) 기관의 기하구조에 의해서 규정된다. 잘 알려진 바와 같이, 웨이퍼들은 때로 200 mm, 300 mm, 450 mm 등과 같은 다양한 크기들로 제공될 수 있다. 정방형 또는 다른 다각형 기관들 또는 보다 작거나 보다 큰 기관들에 대해서는 다른 형상들이 가능하다. 따라서, (위에서 볼 때에) 그리드의 단면은 다양한 형상 및 크기를 갖는다. (측면에서 볼 때에) 편평한 평면형 그리드 단면이 몇몇 실시예들에서는 적합하지만, 다른 편평하지 않은 단면들이 다른 실시예들에서 적합할 수도 있다. 예를 들어서, 그리드 어셈블리의 하나 이상의 그리드들은 접시형, 돔형, 파형 (예를 들어서, 정현파형, 구형파형, 체크론 형상 (chevron shapes)) 경사진 형상 등일 수 있다. 비편평한 단면의 그리드 어셈블리가 사용되는 경우에, 그리드들을 통한 시선에 각별히 주의가 기울어져야 한다. 그리드 어셈블리를 통한 선명한 시선이 없다면, 이온들은 그리드 어셈블리를 통해서 하부 서브-챔버 내로 통과할 수 없을 것이다.

[0059] 그리드 어셈블리의 각 그리드는 평균적으로 약 1 내지 50 mm 두께 또는 약 5 내지 20 mm 두께를 가질 수 있다. 몇몇 경우들에서, 그리드 어셈블리 내의 그리드들의 총 두께는 약 2 내지 75 mm, 또는 약 2 내지 50 mm이다. 이 두께는 대체로 그리드를 구성하는데 선택된 재료 및 이 재료의 기계적 강도에 의존할 것이다. 그리드가 너무 두꺼우면, 또는 그리드 내의 천공들이 너무 작으면, 그리드는 아주 많은 개수의 이온들이 자신을 통과하는 것을 막을 수 있다 (즉, 이온들이 그리드를 통과하는 대신에 그리드에 충돌하거나, 때로 그리드 내의 천공의 측벽과 충돌할 수 있음). 이로써, 기관 표면이 충분하지 않게 활성화되며, 이로써 에칭은 덜 성공적으로 되게 될 수 있다. 그리드가 너무 얇으면, 이는 적합한 그리드일 수 없으며, 플라즈마 프로세싱을 견딜 수 없으며, 매우 자주 교체되어야 한다.

[0060] 몇몇 실시예들에서, 그리드 어셈블리는 가스 전달 홀들을 포함한다. 이러한 실시예들에서, 그리드 어셈블리는 상부 서브-챔버 및/또는 하부 서브-챔버에 대한 샤워헤드가 되는 추가되는 목적을 감당할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 하나 이상의 채널들이 하부 그리드 및/또는 상부 그리드에 포함될 수 있다. 이러한 채널들에는 유입구 (또는 다수의 유입구들) 로부터 가스가 공급되고 이 채널들은 가스를 그리드(들) 내의 복수의 유출구 홀들로 전달한다. 유출구 홀들은 상부 서브-챔버 및/또는 하부 서브-챔버에 프로세스 가스들을 전달하는 가스 분배 샤워헤드를 형성할 수 있다.

[0061] 몇몇 구현예들에서, 그리드 어셈블리는 프로빙 장치가 그리드를 통해서 배치될 수 있도록 하는 피처를 포함하는 중앙 영역과 같은 영역을 갖는다. 프로빙 장치는 동작 동안에 플라즈마 프로세싱 시스템과 연관된 프로세스 파라미터들을 프로빙하도록 제공될 수 있다. 프로빙 프로세스 (probing process) 는 광학적 방사 엔드포인트 검출 (optical emission endpoint detection), 간섭계 엔드포인트 검출 (interferometric endpoint detection), 플라즈마 밀도 측정, 이온 밀도 측정, 및 다른 계측 프로빙 동작들을 포함한다. 특정 실시예들에서, 그리드 어셈블리의 중앙 영역은 개방된다. 다른 실시예들에서, 그리드 어셈블리의 중앙 영역은 광이 이 그리드를 통과하여서 전달될 수 있도록 광학적으로 투명한 재료 (예를 들어서, 석영, 사파이어 등) 를 포함한다.

[0062] 몇몇 실시예들에서, 그리드 어셈블리는 그리드 내에 내장된 냉각 채널들을 포함하며, 이러한 냉각 채널은 유동 또는 비유동 냉각제 물질로 충전될 수 있다. 특정 실시예들에서, 냉각 물질은 헬륨 또는 다른 불활성 기체와 같은 유체, 탈이온수, 프로세스 냉각수, 3M사로부터의 fluoroinertTM과 같은 액체, 퍼플루오로카본들 (perfluorocarbons), 하이드로플루오로카본들 (hydrofluorocarbons), 암모니아 및 CO₂와 같은 냉매이다. 이러한 또는 다른 실시예들에서, 그리드 어셈블리는 내장된 가열 요소들 및/또는 온도 측정 장치를 포함할 수 있다. 냉각 채널들 및 내장된 가열 요소들은 정밀한 온도 제어를 가능하게 하며, 이는 입자 및 벽 상태들에 대한 면밀한 제어를 가능하게 한다. 이러한 제어는 특정 경우들에서 하부 서브-챔버 내에서의 조건들을 튜닝하는데 사용될 수 있다. 예를 들어서, 하부 그리드 또는 그리드 어셈블리가 저온에서 유지되는 경우에, 웨이퍼로부터의 에칭 부산물들이 하부 그리드 상에 선호적으로 퇴적하고 이로써 하부 서브-챔버 내에서의 에칭 부산물들의 가스상 밀도를 저감시킨다. 이와 달리, 하부 그리드 또는 그리드 어셈블리가 상승된 온도에서 (예를 들어서, 80 °C 보다 높은 온도에서) 유지될 수 있으며 이로써 그리드 상에서의 퇴적을 저감시키고 챔버가 상대적으로 클린 상태 (clean) 로 유지될 수 있게 하고/하거나 무웨이퍼 자동 세정 (WAC) 동안에 챔버를 세정하는데 필요한 시간을 저감시킬 수 있다.

[0063] 특정 구현예들에서, 하나 이상의 그리드들은 다른 그리드(들) 및/또는 기관에 대해서 이동가능하다. 이러한 이동은 그리드의 표면에 대해서 수직인 축을 중심으로 한 회전을 통해서 일어나고/나거나, 이와 동일한 축을 따라서 그리드를 상향 또는 하향으로 이동시킴으로써 이루어질 수 있다. 이동은 상이한 기관들을 프세싱하는 사이에, 또는 단일 기관의 프로세싱 동안에 발생할 수 있다. 이는 광범위한 프로세싱 조건들을 제공하며, 이로써

장치가 보다 다양한 기능을 가질 수 있게 한다. 그리드 어셈블리의 하나 이상의 그리드들을 이동시킴으로써, 하부 서브-챔버 내에서의 프로세스 조건들이 특정 애플리케이션에 적합하게 튜닝될 수 있다. 예를 들어서, 그리드들 중 하나를 회전시킴으로써, 어셈블리 개방 면적이 변할 수 있으며, 이로써 어셈블리를 통과하여서 기관과 상호작용하게 되는 이온들의 양이 변할 수 있다. 때로, 디바이스 제조는 에칭 동작들의 시퀀스를 필요로 하며, 각 동작은 상이한 에칭 조건들 하에서 수행된다. 이러한 조건들은 그리드 위치 조절에 의해서 집중될 수 있으며, 이로써 보다 추가된 자유도가 제공된다.

[0064] 특정 실시예에서, (a) 에칭 프로세스의 시작을 향해서 기관으로의 이온의 보다 많은 플럭스를 제공하거나, (b) 에칭 프로세스의 종료를 향해서 기관으로의 이온의 보다 많은 플럭스를 제공하거나, (c) 펄스형 이온 플럭스 제공을 반복하거나 (즉, 이온 플럭스 제공/중지를 반복하거나), (d) 고 이온 플럭스 및 저 이온 플럭스의 펄스들을 반복하거나 (즉, 이온 플럭스를 높게 낮게 반복하거나) (e) 시간 의존형 그리고 방사상 의존형 이온 플럭스를 제공하기 위해서, 일 그리드가 에칭 동안에 회전한다. 다른 실시예들에서, 이온 플럭스는 상기 (a) 내지 (d) 에서 관련된 바와 같이 변할 수 있지만, 이온 플럭스는 그리드들의 위치보다는 (또는 그리드들의 위치와 더불어서) 플라스마 또는 그리드 어셈블리에 전달되는 전력에 의해서 결정된다.

[0065] (a) 에칭 프로세스의 시작을 향해서 기관으로의 이온의 보다 많은 플럭스를 달성하기 위해서, 그리드는 에칭 프로세스의 시작을 향해서 보다 큰 어셈블리 개방 면적량을 제공하게 회전한다. 마찬가지로, (b) 에칭 프로세스의 종료를 향해서 기관으로의 이온의 보다 많은 플럭스를 달성하기 위해서, 그리드는 에칭 프로세스의 종료를 향해서 보다 큰 어셈블리 개방 면적량을 제공하게 회전한다. (c) 펄스형 이온 플럭스 제공을 반복하는 것을 이루기 위해서, 또는 (d) 고 이온 플럭스 및 저 이온 플럭스의 펄스들을 반복하는 것을 이루기 위해서, 그리드는 어셈블리 개방 면적의 교번하는 패턴들 간에서 회전할 수 있다. 예를 들어서, 그리드는 제 1 위치와 제 2 위치 간에서 회전할 수 있는데, 제 1 위치는 제 1 어셈블리 개방 면적량을 달성하며, 제 2 위치는 제 2 어셈블리 개방 면적량을 달성한다. 물론, 3 개 이상의 그리드 위치들이 특정 애플리케이션에 적합하게 사용될 수도 있다. 상기 (c) 를 실시할 시에, 적어도 하나의 그리드 위치는 제로 어셈블리 개방 면적에 대응할 것이다 (즉, 이 위치에서, 어떠한 이온도 하부 서브-챔버로 통과할 수 없을 것이다). 몇몇 실시예들에서, 이온 플럭스가 낮거나 제로인 기간들 동안에 에치트가 하부 서브-챔버에 전달된다. 달리 말하면, 기관이 에치트 및 이온에 교번되는 단계로 해서 노출될 수 있다. (e) 시간 의존형 그리고 방사상 의존형 이온 플럭스를 제공하기 위해서, 그리드가 회전하여서 어느 정도의 양의 어셈블리 개방 면적이 그리드 어셈블리의 일 부분 (예를 들어서, 예지) 으로부터 그리드 어셈블리의 다른 부분 (예를 들어서, 중앙) 으로 변위되도록, 그리드 어셈블리의 그리드들이 서로 협동하도록 설계되어야 한다. 이로써, 프로세스의 상이한 부분들 동안에 기관의 상이한 부분들로 상이한 레벨들의 이온 플럭스를 제공하게 그리드가 프로세싱 동안에 회전할 수 있다. 전술한 바와 같이, 이온 플럭스는 플라스마 생성 전력 및 하나의 그리드 또는 양 그리드들에 인가된 바이어스에 의해서 추가적으로 제어될 수 있다.

[0066] 이동가능한 그리드들의 사용은 단일 프로세싱 스테이션에서 웨이퍼에 걸쳐서 광범위한 반응 조건 프로세스 윈도우 (wide process window of reaction conditions) 제공하기 때문에 특히 유리할 수 있다. 이러한 이점은 다수의 층들 및 다수의 타입의 노출된 재료들을 갖는 복잡한 구조물들을 프로세싱할 때에 특히 도움이 된다. 전술한 바와 같이, 처리되는 각 층에 대하여서 프로세싱 조건들을 변경하는 것이 때로 필요하기도 한다.

[0067] 그리드 어셈블리 바이어싱

[0068] 상술한 바와 같이, 그리드 어셈블리는 적어도 2 개의 그리드들을 포함하며, 각 그리드는 개별 그리드들에 인가되는 바이어스가 독립적으로 제어될 수 있게 하는, 전원에 접속된 전기적 접속부를 갖는다. 몇몇 경우들에서, 각 그리드는 개별 전원 (예를 들어서, DC 전원) 에 접속된다. 다른 경우들에서, 단일 전원이 전력을 다수의 그리드들에 제공할 수 있다. 에칭 동안에, 네거티브 바이어스 (negative bias) 가 어셈블리 내의 각 그리드에 인가된다. 최상부 그리드는 전자에 척력을 부여하여서 전자들을 상부 서브-챔버 내의 플라스마로 한정하게, 최상부 그리드는 네거티브로 바이어스된다. 이러한 전자 한정 은 전자들이 하부 서브-챔버 내로 누설하는 것을 방지하는 것을 지원한다. 이로써, 하부 서브-챔버 내의 종들은 상부 서브-챔버 플라스마 내의 고 에너지 전자들로부터 차폐되며, 이로써 기관 또는 장치 상으로 재퇴적될 가능성이 높은 비휘발성 재료들로 해리되지 않게 된다. 대신에, 이 종들 (특히, 부피가 나가는 (bulky) 에칭 부산물들) 이 전자로부터 차폐되기 때문에, 이 종들은 휘발성으로 유지되며 인가된 진공 또는 다른 스위핑 메카니즘 (sweeping mechanism) (예를 들어서, 가스 스위핑) 에 의해서 하부 서브-챔버로부터 효과적으로 스위핑된다. 특정 실시예들에서, 상부 그리드는 - 0.5 V 내지 - 50 V 또는 - 5 V 내지 - 50 V 로 바이어스될 수 있다. 특정 구현예에서, 상부 그리드는 - 6 V 로 바이어스될 수 있다. 상부 그리드에 인가할 적합한 바이어스는 플라스마를 생성하기 위해 공급된 전력의 레벨 및 압력에

의존하는, 플라스마 내의 전자의 에너지에 의존할 것이다. 상부 서브-챔버 내에서 생성된 플라스마가 보다 높은 전자 에너지를 갖는 경우에, 보다 상당한 크기의 바이어스가 이 영역으로 전자를 한정하게 인가될 필요가 있다. 이로써, 상술된 바이어스 전압들은 수많은 애플리케이션들에서 적합한 반면에, 특정 구현예들에서, 상부 그리드에 인가된 바이어스는 이보다 클 수 있다 (즉, -50 V보다 더 네거티브할 수 있다).

[0069] 그리드 어셈블리의 최상부 그리드에 비해서, 최하부 그리드는 보다 더 네거티브하게 바이어스될 것이다 (예를 들어서, 상부 그리드가 -5 V로 바이어스되면, 예를 들어서 -10 V의 보다 네거티브한 바이어스가 하부 그리드에 인가된다). 이 바이어스는 양이온들을 상부 서브-챔버로부터 하부 서브-챔버로 그리고 기관 표면으로 가속시키는 역할을 한다. 이렇게 가속된 이온들은 수직 속도 성분을 가질 것이며, 이로써 기관 표면을 효과적으로 공격 하여서, 반응성 에칭 화학물질에 의해서 에칭되기 위해서 기관 표면을 활성화시킬 수 있다. 이로써, 기관 표면은 에칭 화학물질을 플라스마 내의 에너지성 전자들에 노출시키지 않고서 활성화될 수 있는데, 만일에 전자에 노출되게 되면 이 에칭 화학물질들은 특정 화학적 종들로 해리될 가능성이 높다.

[0070] 또한, 가속된 이온들은 최하부 그리드에 인가된 바이어스에 직접적으로 의존하는 에너지를 가질 것이다. 이로써, 이온 에너지는 최하부 그리드 상에 적합한 바이어스를 인가함으로써 목표된 레벨로 튜닝될 수 있다 (tuned). 몇몇 실시예들에서, 이온 에너지는 정전 척과 같은 기관 지지부에 바이어스를 인가하지 않고서 (또는 바이어스를 변화시키지 않고서) 튜닝된다. 이온 에너지의 적합한 크기 (및 따라서 최하부 그리드 상으로의 바이어스)는 처리되는 특정 기관 및 사용되는 특정 에칭 조건들에 의존한다. 몇몇 실시예들에서, 최하부 그리드는 -0.5 V 내지 -2000 V로 바이어스될 수 있다. 특정 구현예에서, 최하부 그리드는 -12 V로 바이어스될 수 있다.

[0071] 이러한 그리드들에 인가된 바이어스들은 에칭 프로세스에 걸쳐서 일정하거나 변할 수 있다. 몇몇 경우들에서, 최하부 그리드에 인가된 바이어스만이 에칭 프로세스 동안에 변한다. 이온 에너지가 최하부 그리드에 인가된 바이어스에 의해서 결정되기 때문에, 이 최하부 그리드에 인가된 바이어스가 에칭 프로세스 동안의 상이한 시점들에서 상이한 에너지를 갖는 이온들을 제공하도록 제어될 수 있다. 일 실례에서, 최하부 그리드에 인가된 바이어스는, 기관 표면을 활성화시키기 위해서 초기에는 상대적으로 낮은 레벨의 "활성화 바이어스" (예를 들어서, -8 V)로 설정되고, 그 이후에 기관으로부터 에칭된 재료를 제거하는 것을 지원하기 위해서 에칭 프로세스의 끝부분을 향해서 보다 높은 레벨의 "제거 바이어스" (예를 들어서, -20 V 내지 -1000 V로 설정될 수 있다. 수많은 경우들에서, 에칭되는 재료는 에칭 산물이 휘발성 특성을 가지고 있으며 그리드 어셈블리가 에칭 산물이 해리되는 것을 방지하기 때문에 효율적으로 그리고 효과적으로 제거되므로, 보다 높은 제거 바이어스를 사용할 필요가 없다.

[0072] 그리드들에 인가된 바이어스가 가변하는 다른 구현예는 이하의 타이밍 섹션에서 더 기술될, 이온 플럭스/에너지가 펄스형으로 전달되는 경우이다. 이 경우에, 그리드 어셈블리 (또는 그리드 어셈블리의 적어도 최하부 그리드) 상의 바이어스는 상이한 레벨들의 이온 플럭스/에너지를 하부 서브-챔버에 제공하도록 2 개 이상의 값들 간에서 변할 수 있다. 특정 실시예에서, 에천트 가스가 펄스형으로 공급되는 동안에 상부 서브-챔버로부터의 하부 서브-챔버로의 이온 플럭스는 연속적이다. 이 실시예에서, 이온 에너지는 (그리드 어셈블리의 최하부 그리드 상의 바이어스를 변화시킴으로써) 에천트 가스가 공급되는 시간과 중지되는 시간 간에서 변할 수 있다.

[0073] 몇몇 실시예들에서, 3 개 이상의 그리드들이 그리드 어셈블리에서 사용된다. 이 경우에, 각 그리드는 상이한 레벨의 네거티브 바이어스를 가질 수 있다. 기관에 가장 근접한 그리드들은 보다 높은 레벨의 네거티브 바이어스를 가질 것이며, 플라스마 생성 챔버에 보다 근접한 그리드들은 보다 낮은 레벨의 네거티브 바이어스를 가질 것이다. 이로써, 상부 서브-챔버 내의 플라스마로부터 추출되는 양이온들은 그리드 어셈블리를 통해서 점진적으로 가속될 수 있다. 일 특정 실시예에서, 그리드 어셈블리는 4 개의 개별 그리드들을 포함하는데, 즉 상부 서브-챔버에 가장 근접한 그리드 A, 다음으로 그리드 B, 다음으로 그리드 C 및 기관에 가장 근접한 그리드 D를 포함한다. 그리드 A는 약 -6 V로 바이어스되며, 그리드 B는 약 -8 V로 바이어스되며, 그리드 C는 약 -10 V로 바이어스되며, 그리드 D는 약 -12 V로 바이어스될 수 있다. 몇몇 경우들에서, 인접하는 그리드들에 인가되는 바이어스들 간의 차는 선행하는 실례에서보다 실질적으로 크다.

[0074] **기관 홀더 바이어싱**

[0075] 기관은 때로 하부 서브-챔버 내에 위치한 정전 척과 같은 기관 홀더에 의해서 지지된다. 통상적인 동작에서, 이 정전 척은 기관의 표면으로 양이온들을 끌어당기기 위해서 네거티브로 바이어스될 수 있다. 때로, 척 자체가 기관 바로 위에서 플라스마를 생성하도록 하는 정도로 척이 바이어스된다.

- [0076] 본 실시예들에서, 기관 홀더 (및 기관) 는 네거티브로 바이어스되거나 되지 않을 수도 있다. 특정 구현예들에서, 그리드 어셈블리가 이온들을 활성화할 기관으로 가속시키기 때문에 기관 홀더가 바이어스될 필요는 없다. 그러나, 몇몇 다른 경우들에서, 양이온들을 기관 표면으로 끌어당기는 것을 지원하기 위해서 네거티브 바이어스가 기관 홀더에 인가될 수 있다. 바이어스가 기관 홀더에 인가되는 경우들에서, 바이어스 레벨은 하부 서브-챔버에서는 어떠한 플라스마도 형성되지 않도록 (주파수 및/또는 전력이) 충분하게 낮아야 한다. 다양한 실시예들에서, 에칭 부산물들의 해리를 막기 위해서 하부 서브-챔버에는 플라스마가 존재하지 않는 것이 바람직하다. 하부 서브-챔버에서의 플라스마 형성을 막기 위해서, 기관 지지부에 인가되는 바이어스는 상대적으로 낮은 주파수 (예를 들어서, 약 400 kHz 또는 약 2 MHz 또는 이러한 값들 간의 주파수) 를 가질 수 있다. (충분한 전력이 인가되는 경우에) 통상적으로 기관 상방에서 플라스마를 생성하는 주파수의 실례는 13.56 MHz이다. 기관 지지부에 인가되는 바이어스가 이 값이거나 이 값에 근사하면, 기관 지지부에 인가되는 전력은, 하부 서브-챔버에서의 실질적 플라스마 생성을 억제하기 위해서, 상대적으로 낮게 (예를 들어서, 단일 300 mm 기관의 경우에 약 200 W보다 낮게) 유지될 수 있다.
- [0077] 몇몇 실시예들에서, 하부 서브-챔버 내에서 플라스마를 갖는 것이 유리할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 기관 지지부에 인가되는 RF 바이어스 주파수/전력은 하부 서브-챔버 내에서 플라스마를 생성하도록 충분하게 높을 수 있다. 이 실시예에서, 서로 다른 조성 및/또는 플로우 레이트의 가스를 상부 서브-챔버 및 하부 서브-챔버에 전달하는 것이 바람직할 수 있다. 일반적으로, 플라스마가 기관 위에 위치하는 경우에, 기관 지지부에 인가되는 바이어스는 기관 상에서의 자기 바이어스를 생성할 것이다. 기관 위에 어떠한 플라스마도 존재하지 않으면, 기관 지지부에 인가되는 RF 전력은 기관 상에서 자기 바이어스 (self bias) 를 생성하지 않는다.
- [0078] 몇몇 실시예들에서, 기관 홀더 상의 바이어스는 펄스형일 수 있다. 이는 예를 들어서 상부 서브-챔버로부터의 이온 플럭스와 같은 다른 파라미터들이 펄스형일 때에 특히 유용할 수 있다.
- [0079] **하부 서브-챔버 내의 조건들**
- [0080] 다수의 실시예들에서, 하부 서브-챔버에는 프로세싱 동안에 실질적으로 어떠한 플라스마도 존재하지 않는다. 본 명세서에서의 다른 개소들에서 설명되는 바와 같이, 이는 휘발성 에칭 부산물들의 해리를 방지하는 것을 지원한다.
- [0081] 하부 서브-챔버 내의 압력은 통상적으로 0.5 내지 100 m Torr 또는 0.5 내지 5 m Torr 이다. 다른 이점들 중에서도, 저압으로 동작하는 것은 원하지 않는 가스상 반응들이 발생하는 것을 방지하는 것을 지원한다. 또한, 하부 서브-챔버 내에 존재하는 종들 (species) 이 상부 서브-챔버 내로 확산되지 않도록, 하부 서브-챔버 내의 압력은 상부 서브-챔버 내의 압력보다 낮을 수 있다. 교번하는 이온 활성화 및 에천트 노출이 반복적으로 발생하는 일 실시예에서, 하부 서브-챔버 내의 압력은 (비반복적 (non-cyclic) 경우에 비해서) 다소 높을 수 있다. 이러한 상황에서는, 하부 서브-챔버 내의 가스들이 상부 서브-챔버 내의 플라스마를 오염시키지 않도록 보장하는 조치가 취해져야 한다. 이러한 문제를 다루는 일 기법은 플라스마를 점화하기 이전에 상부 서브-챔버 내의 가스를 스윕핑하는 것이다. 기관 및/또는 하부 서브-챔버의 온도는 다수의 경우들에서 정전 척인 기관 지지부에 의해서 제어될 수 있다. 다양한 경우들에서, 기관 및/또는 하부 서브-챔버의 온도는 약 0 내지 250 °C에서 유지되어야 한다.
- [0082] **타이밍**
- [0083] 위에서 보다 상세하게 기술된 도 2는 본 명세서에서의 실시예에 따른 에칭 프로세스의 실례를 제공한다. 그러나, 몇몇 경우들에서, 단계들이 상이한 순서들로 수행되거나, 몇몇 단계들은 생략되거나, 몇몇 단계들은 반복될 수 있다.
- [0084] 다양한 프로세스 조건들 (예를 들어서, 에천트 가스의 유동, 제 2 프로세스 가스의 유동, 하나 이상의 그리드들에 인가되는 바이어스, 기관 홀더에 인가되는 바이어스, 상부 서브-챔버에서 하부 서브-챔버로의 이온의 플럭스 등) 이 펄스형으로 제공될 수 있다. 본 개시에 걸쳐서 사용되는 바와 같이, 달리 특정되지 않은 이상, 용어 "펄스형"은 "온" 상태와 "오프" 상태 간의 변화, 또는 "낮은" 상태와 "높은" 상태 간의 변화, 또는 3 개 이상의 이러한 상태들 간의 변화를 의미한다.
- [0085] 일 실례에서, 에천트 가스는 펄스형으로 제공될 수 있다. 다른 경우들에서, 에천트 가스는 연속적용 제공된다. 마찬가지로, 상부 서브-챔버에서 하부 서브-챔버로의 이온의 플럭스도 연속형 또는 펄스형으로 공급될 수 있다. 특정 경우에서, 이온 플럭스 및 에천트 가스는 서로 교번하는 펄스형으로 제공된다. 달리 말하면, 이온 플럭스가 거의 없거나 전혀 없는 동안에 에천트 가스가 공급되고, 에천트 가스가 거의 전달되지 않거나 전혀 전달되지

않는 동안에 이온 펄스가 공급된다. 이 방법은 목표된 에칭 깊이가 달성될 때까지 반복될 수 있다.

[0086] 몇몇 경우들에서, 기관 표면이 에천트 가스에 노출되기 이전에, 기관 표면이 이온 플럭스에 공격을 받는다.

[0087] 에칭 반응기 장치

[0088] 본 명세서에서 기술된 방법들은 적합한 네거티브 바이어스를 지원하는 적어도 2 개의 그리드들을 갖는 임의의 적합한 플라즈마 에칭 장치에 의해서 수행될 수 있다. 적합한 장치는 챔버 및 본 명세서에서 기술된 바와 같은 에칭 조건들을 제공 및 유지하기 위한 전자적 하드웨어를 포함한다. 적합한 장치는 상술한 바와 같은 하드웨어를 지시하고 (예를 들어, MRAM 구조물 또는 FET의 게이트 전극을 에칭하기 위한) 에칭 애플리케이션들을 위해서 적합한 프로세스 동작들의 시퀀스를 수행하기 위한 인스트럭션들을 갖는 제어기를 때로 포함할 수도 있다. 몇몇 실시예들에서, 플라즈마 에칭 장치는 프로세스 툴 내에 포함되는 하나 이상의 프로세스 스테이션들을 포함할 수 있다.

[0089] 도 5는 특정 실시예들에 따른 유도 결합형 플라즈마 에칭 장치 (500) 의 단면도를 제공한다. 전술한 바와 같이, 본 명세서에서의 실시예들은 역시 유도 결합형이 아닌 플라즈마들에서도 실시될 수 있다. 유도 결합형 플라즈마 에칭 장치 (500) 는 챔버 벽들 (501) 및 윈도우 (511) 에 의해서 구조적으로 구획된 전체 에칭 챔버를 포함한다. 챔버 벽들 (501) 은 통상적으로 스테인레스 스틸 또는 알루미늄으로 제조된다. 윈도우 (511) 는 통상적으로 석영 또는 다른 유전체 재료로 제조된다.

[0090] 상부 그리드 (즉, 최상부 그리드) (551) 및 하부 그리드 (즉, 최하부 그리드) (552) 를 갖는 내부 플라즈마 그리드 어셈블리 (550) 는 전체 에칭 챔버를 상부 서브-챔버 (502) 와 하부 서브-챔버 (503) 로 분할한다. 각 그리드 (551 및 552) 는 그리드의 두께를 통과하는 천공들 (미도시) 을 포함한다. 또한, 각 그리드 (551 및 552) 는 자신의 전원들 (557 및 567) 에 접속된다. 예를 들어, 상부 그리드 (551) 는 접속부 (554) 를 통해서 매칭 회로 (555) 에 접속되고, 매칭 회로 (555) 는 접속부 (556) 를 통해서 전원 (557) 에 접속된다. 마찬가지로, 하부 그리드 (552) 는 접속부 (564) 를 통해서 매칭 회로 (565) 에 접속되고, 매칭 회로 (565) 는 접속부 (566) 를 통해서 전원 (567) 에 접속된다. 이 전원들 (557 및 567) 이 각 그리드 (551 및 552) 에 적합한 바이어스를 공급한다. 특정 또는 다른 구현예들에서, 보다 복잡한 플라즈마 그리드 어셈블리가 사용된다. 프로세싱 동안에, 플라즈마는 대체적으로 상부 서브-챔버 (502) 에서 생성되고 하부 서브-챔버 (503) 에서는 존재하지 않는다.

[0091] 척 (517) 이 하단 내측 표면 근처에서 하부 서브-챔버 (503) 내에 위치한다. 척 (517) 은 에칭 프로세스가 수행되는 반도체 웨이퍼 (519) 를 수용 및 홀딩하도록 구성된다. 척 (517) 은 웨이퍼가 존재하는 경우에 웨이퍼를 지지하는 정전 척일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 에지 링 (미도시) 이 척 (517) 을 둘러싸며 척 (517) 상에 존재할 경우에 웨이퍼의 상단 표면과 대략 동평면에 있는 상부 표면을 갖는다. 척 (517) 은 또한 웨이퍼의 척킹 및 디척킹을 가능하게 하는 정전 전극들을 포함한다. 필터 및 DC 클램프 전원이 이를 위해서 제공될 수 있다. 척 (517) 으로부터 웨이퍼를 리프팅 (lifting) 하기 위한 다른 제어 시스템들이 또한 제공될 수 있다. 척 (517) 은 RF 전원 (523) 을 사용하여서 전기적으로 대전된다. RF 전원 (523) 은 접속부 (527) 를 통해서 매칭 회로 (521) 에 접속된다. 매칭 회로 (521) 는 접속부 (525) 를 통해서 척 (517) 에 접속된다. 이로써, RF 전원 (523) 은 척 (517) 에 접속된다.

[0092] 코일 (533) 이 윈도우 (511) 위에 배치된다. 코일 (533) 은 전기 도전성 재료로 구성되며 적어도 1 회의 완전한 턴 (turn) 을 포함한다. 도 5에 도시된 예시적인 코일 (533) 은 3 개의 턴을 포함한다. "X"를 갖는 코일 (533) 단면 부호는 코일 (533) 이 페이지 안으로 회전 방식으로 연장됨을 표시한다. 이와 반대로, "●"를 갖는 코일 (533) 단면 부호는 코일 (533) 이 페이지 바깥으로 회전 방식으로 연장됨을 표시한다. RF 전원 (541) 이 코일 (533) 에 RF 전력을 공급하게 구성된다. 일반적으로, RF 전원 (541) 은 접속부 (545) 를 통해서 매칭 회로 (539) 에 접속된다. 매칭 회로 (539) 는 접속부 (543) 를 통해서 코일 (533) 에 접속된다. 이로써, RF 전원 (541) 은 코일 (533) 에 접속된다. 선택적인 패러데이 차폐부 (549) 가 코일 (533) 과 윈도우 (511) 간에 배치된다. 패러데이 차폐부 (549) 는 코일 (533) 에 대해서 이격된 관계로 유지된다. 패러데이 차폐부 (549) 는 윈도우 (511) 바로 위로 배치된다. 코일 (533), 패러데이 차폐부 (549) 및 윈도우 (511) 각각은 서로 실질적으로 평행하게 구성된다. 패러데이 차폐부는 플라즈마 챔버의 유전체 윈도우 상에 금속 또는 다른 종들이 퇴적되는 것을 방지한다.

[0093] 프로세스 가스들이 상부 서브-챔버 내에 위치한 메인 주입 포트 (560) 를 통해서 그리고 선택사양적으로 때로 STG로 지칭되는 측면 주입 포트 (550) 를 통해서 공급된다. 다양한 실시예들에서, 에천트 가스가 측면 주입 포

트 (550) 를 통해서 공급되고, 플라스마를 생성하는데 사용되는 가스는 메인 주입 포트 (560) 를 통해서 공급된다. 가스 배출 포트들은 도시되지 않는다. 또한, 챔버 (501) 에 연결되어서 작용성 플라스마 프로세싱 동안에 챔버로부터 가스상 부산물들을 제거하고 진공 제어를 가능하게 하는 펌프들도 도시되지 않는다.

[0094] 무선주파수 전력이 RF 전원 (541) 으로부터 코일 (533) 로 인가되어서 RF 전류가 코일 (533) 을 통과하여 흐르게 한다. 코일 (533) 을 통과하는 RF 전류는 코일 (533) 주변에 전자계를 생성한다. 전자계는 상부 서브-챔버 (502) 내에서 유도 전류를 생성한다. 유도 전류는 상부 서브-챔버 (502) 내에서 플라스마를 생성하도록 상부 서브-챔버 (502) 내에 존재하는 가스에 대하여 작용한다. 그리드 어셈블리 (550) 가 하부 서브-챔버 (503) 내로 이동할 수 있는 플라스마 종들의 양을 한정한다.

[0095] 다양한 이온들 및 다른 종들의 웨이퍼 (519) 와의 물리적 및 화학적 상호작용들이 웨이퍼의 피쳐들을 선택적으로 에칭한다. 휘발성 에칭 부산물들이 배출 포트 (미도시) 를 통해서 하부 서브-챔버 (503) 로부터 제거된다. 중요하게는, 이러한 휘발성 부산물들은 플라스마 내의 고 에너지 전자들에 대해서 실질적으로 노출되지 않으며 따라서 비휘발성 부산물들로 해리될 가능성이 작아진다.

[0096] 통상적으로, 본 명세서에서 개시된 척은 약 30 °C 내지 약 250 °C, 바람직하게는 약 30 °C 내지 약 150 °C에 이르는 증가된 온도에서 동작한다. 이 온도는 사용되는 특정 레시피 및 에칭 프로세스 동작에 의존할 것이다.

[0097] 도시되지는 않았지만, 챔버 (501) 는 클린 룸 또는 제조 설비에 설치된 때에 설비들에 연결된다. 설비들은 프로세싱 가스들, 진공, 온도 제어, 분위기 입자 제어를 제공하는 배관을 포함한다. 이 설비들은 목표 제조 설비에 설치된 때에 챔버 (501) 에 연결된다. 또한, 챔버 (501) 는 로봇들로 하여금 반도체 웨이퍼를 통상적인 자동화를 통해서 챔버 (501) 내부로 그리고 외부로 전달할 수 있게 하는 전달 챔버에 연결될 수 있다.

[0098] 시스템 제어기

[0099] 몇몇 실시예들에서, 시스템 제어기 (하나 이상의 물리적 제어기 또는 논리적 제어기를 포함함) 는 에칭 챔버의 동작들 모두 또는 몇몇을 제어한다. 시스템 제어기는 하나 이상의 메모리 장치 및 하나 이상의 프로세서를 포함한다. 이 프로세서는 CPU, 컴퓨터, 아날로그 및/또는 디지털 입출력 접속부, 스텝퍼 모터 제어기 보드 및 다른 유사한 구성 요소들을 포함한다. 본 명세서에서 개시된 바와 같은 적합한 제어 동작들을 구현하기 위한 인스트럭션들이 프로세서 상에서 실행될 수 있다. 이러한 인스트럭션들은 시스템 제어기와 연관된 메모리 장치 상에 저장되거나 네트워크 상에서 제공될 수 있다. 소정의 실시예들에서, 시스템 제어기는 시스템 제어 소프트웨어를 실행한다.

[0100] 시스템 제어 소프트웨어는 타이밍, 프로세스 가스 성분들의 혼합 (예를 들어서, 플라스마를 생성하는데 사용되는 가스의 조성 및 에천트 가스의 조성), 챔버 압력, 챔버 온도, 웨이퍼 온도, 척/웨이퍼 및 임의의 다른 전극들에 인가된 전류 및 전위, 그리드 어셈블리의 각 그리드에 인가되는 바이어스, 웨이퍼 위치, 프로세스 톨에 의해서 수행되는 특정 프로세스의 다른 파라미터들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수 있다. 이 시스템 제어 소프트웨어는 임의의 적합한 방식으로 구성될 수 있다. 예를 들어서, 다양한 프로세스 톨의 프로세스를 실행시키는데 필요한 프로세스 톨 구성 요소들의 동작을 제어하도록 다양한 프로세스 톨 구성 요소 서브루틴 또는 제어 객체가 기록될 수 있다. 이 시스템 제어 소프트웨어는 임의의 적합한 컴퓨터 판독 가능한 프로그래밍 언어로서 코딩될 수 있다.

[0101] 몇몇 실시예들에서, 시스템 제어 소프트웨어는 상술한 바와 같은 다양한 파라미터를 제어하기 위한 인스트럭션들을 시퀀싱하는 IOC (input/output control) 를 포함한다. 예를 들어서, 에칭 프로세스의 각 페이지는 시스템 제어기에 의해서 실행되도록 하나 이상의 인스트럭션들을 포함할 수 있다. 플라스마 생성 프로세스 페이지에 대한 프로세스 조건들을 설정하기 위한 인스트럭션들이 예를 들면 대응하는 플라스마 생성 레시피 페이지 내에 포함될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 에칭 레시피 페이지는 에칭 프로세스 페이지에 대한 모든 인스트럭션들이 이 프로세스 페이지와 동시에 실행되도록 순차적으로 구성될 수 있다.

[0102] 다른 컴퓨터 소프트웨어 및/또는 프로그램들이 몇몇 실시예들에서 사용될 수 있다. 이러한 목적을 위한 프로그램들 또는 프로그램들의 섹션들의 실례들은 기관 포지셔닝 프로그램, 플라스마 가스 조성 제어 프로그램, 에칭 가스 조성 제어 프로그램, 가스 유입구 타이밍 제어 프로그램, 그리드 어셈블리 바이어스 제어 프로그램, 그리드 어셈블리 위치 제어 프로그램, 정전 척 바이어스 제어 프로그램, 압력 제어 프로그램, 가열기 제어 프로그램, 및 전위/전류 전원 제어 프로그램을 포함한다. 본 명세서에서 언급된 소프트웨어/프로그램들 중 임의의 것은 에칭 동안에 관련 파라미터들을 수정하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수 있다. 일 실례에서, 그리드 어셈블리 바이어스 제어 프로그램은 에칭 동안에 그리드 어셈블리의 하나 이상의 그리드들로의 바이어스를

수정하는 인스트럭션들을 포함할 수 있다. 이로써, 하부 서브-챔버 내로 이동하는 이온들의 이온 에너지는 에칭 프로세스 동안에 수정될 수 있다.

[0103] 몇몇 경우들에서, 제어기들은 다음과 같은 기능들 중 하나 이상을 제어한다: 플라즈마 생성 가스의 상부 서브-챔버로의 전달, 에천트 가스의 하부 서브-챔버로의 전달, 상부 서브-챔버 내의 플라즈마 생성 조건들, 그리드 어셈블리의 각 그리드에 인가되는 바이어스 등. 예를 들어서, 가스의 서브-챔버들로의 전달은 특정 시간들에서 특정 밸브들이 개방 및 폐쇄되게 함으로써 달성될 수 있다. 이는 제어기로 하여금 가스 전달의 타이밍 및 전달된 가스들의 조성을 모두 제어할 수 있게 한다. 제어기는 예를 들어서 플라즈마 생성기 (예를 들어서, ICP 반응기의 코일들) 로 전력을 제공하는 전원을 임의의 특정 주파수들/전력 레벨들로 되게 지시함으로써 플라즈마 생성 조건들을 제어할 수 있다. 또한, 제어기는 플라즈마 생성 챔버로 진입하도록 불활성 가스 (및/또는 몇몇 실시예들에서는 반응성 가스) 의 유동을 지시하거나, 서브-챔버들 내의 압력을 제어하거나, 서브-챔버들 내의 온도를 제어함으로써 플라즈마 생성 조건들을 제어할 수 있다. 제어기들은 이러한 측면들을, (예를 들어서, 전류, 전류 밀도, 전위, 압력, 등이 특정 임계치에 도달할 때의) 센서 출력, 동작 타이밍 (예를 들어서, 프로세스에서의 소정의 시간들에서의 밸브 개방) 또는 사용자로부터 수신된 인스트럭션들에 기초하여서 제어할 수도 있다.

[0104] 본 명세서에서 상술한 다양한 하드웨어 및/또는 방법 실시예들은 예를 들어서 반도체 소자, 디스플레이, LED, 광전 패널 등의 제조 또는 가공을 위한 리소그래피 패터닝 툴들 또는 공정들과 함께 사용될 수 있다. 통상적으로, 이러한 툴들 또는 공정들은 반드시 그러한 것은 아니지만 공통 제조 시설 내에서 함께 사용 또는 수행될 수 있다.

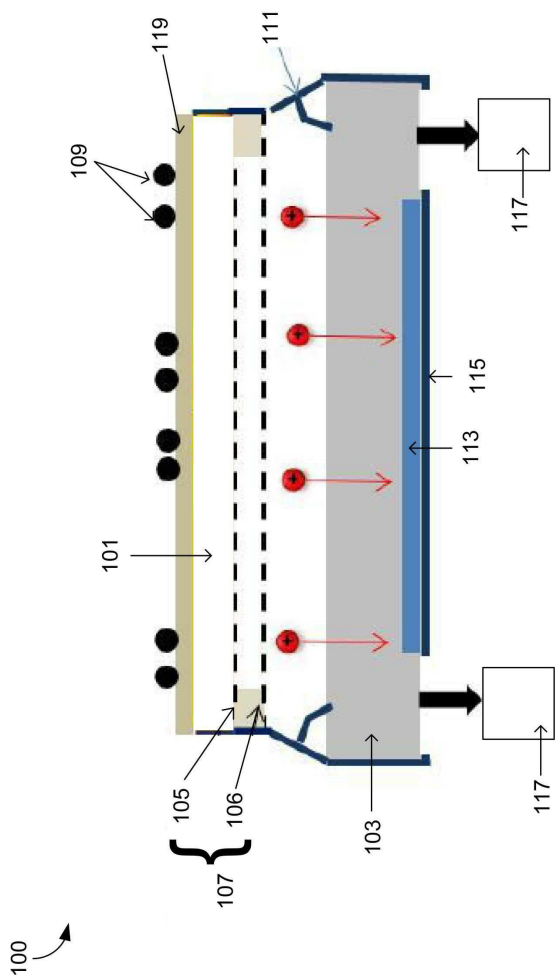
[0105] 막 리소그래피 패터닝은 통상적으로 다음의 단계들 중 몇몇 또는 모두를 포함하며, 다음의 각 단계는 다수의 가능한 툴을 사용하여서 수행되며, 이러한 단계들은 (1) 스핀 온 또는 스프레이 온 툴을 사용하여서, 그 상에 형성된 실리콘 질화물 막을 갖는 기판과 같은 작업 대상에 포토레지스트를 도포하는 단계, (2) 고온 플레이트 또는 퍼니스 또는 다른 적합한 경화 툴을 사용하여서 포토레지스트를 경화하는 단계, (3) 웨이프 스테퍼와 같은 툴을 사용하여서 포토레지스트를 가시광선 또는 자외선 또는 x 선 광에 노광시키는 단계, (4) 습식 벤치 (wet bench) 또는 스프레이 현상기와 같은 툴을 사용하여서 포토레지스트를 선택적으로 제거하여서 이를 패터닝하도록 상기 포토레지스트를 현상하는 단계, (5) 건식 또는 플라즈마 보조 에칭 툴을 사용하여서 상기 포토레지스트 패턴을 그 아래의 막 또는 작업 대상에 전사하는 단계 및 (6) RF 또는 마이크로웨이브 플라즈마 레지스트 탈피기 (stripper) 와 같은 툴을 사용하여서 포토레지스트를 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 애쉬가능한 (ashable) 하드 마스크 (예컨대, 비정질 탄소 층) 및 다른 적합한 하드 마스크 (예컨대, 반사 방지층) 이 포토레지스트를 도포하기 이전에 증착될 수 있다.

[0106] 본 명세서에서 기술된 구성들 및/또는 방식들은 본질상 예시적이며 이러한 특정 실시예들 또는 실례들은 한정적으로 해석되지 말아야 하며 다수의 변형들이 가능성이 이해되어야 한다. 본 명세서에서 기술된 특정 방법들 또는 루틴들은 임의의 개수의 처리 전략들 중 하나 이상을 나타낼 수 있다. 따라서, 예시된 다양한 동작들은 예시된 순서로, 다른 순서로, 병렬도 또는 몇몇 경우에는 생략되어서 수행될 수 있다. 마찬가지로, 상술된 공정들의 순서는 변화될 수 있다.

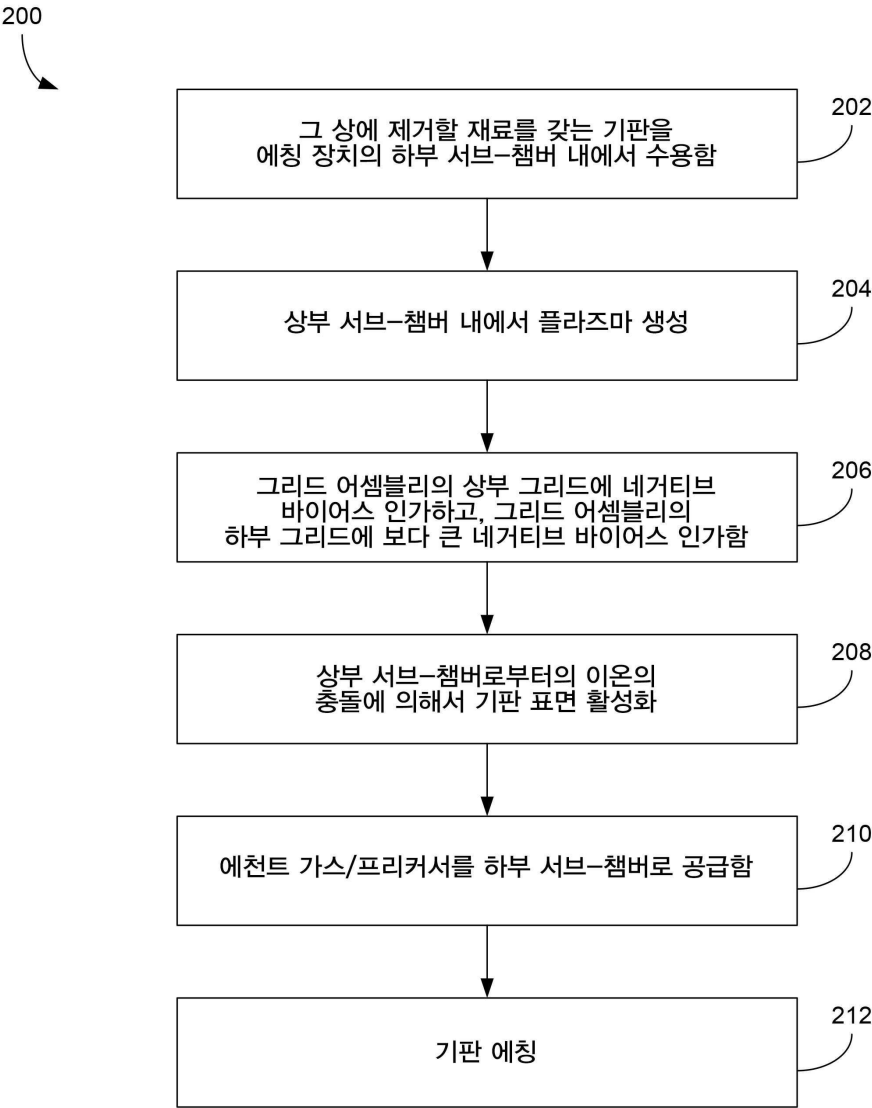
[0107] 본 개시의 주제 대상은 본 명세서에서 개시된 다양한 공정들, 시스템들, 구성들, 다른 특징들, 기능들, 동작들 및/또는 특성들 및 이들의 임의의 모든 균등 사항들의 모든 새롭고 비자명한 조합들 및 하위 조합들을 포함한다.

도면

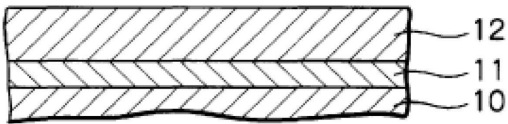
도면1



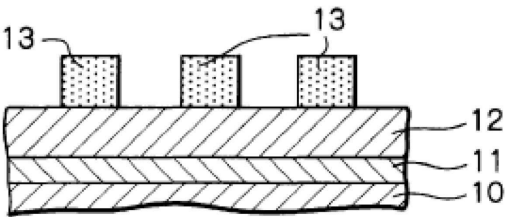
도면2



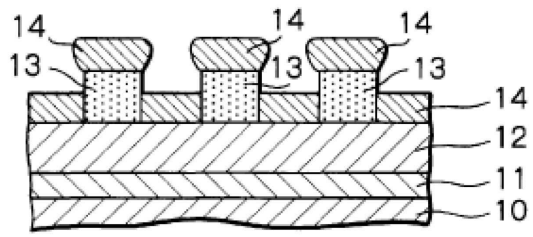
도면3a



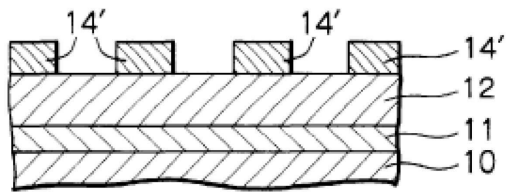
도면3b



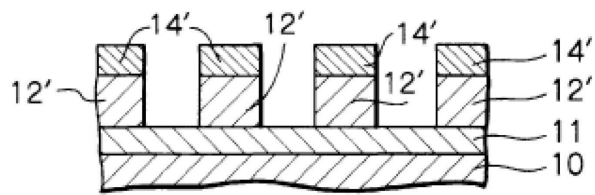
도면3c



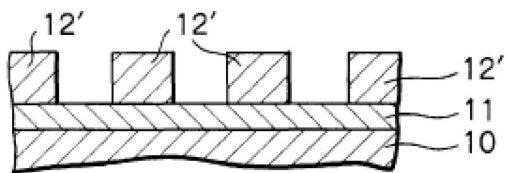
도면3d



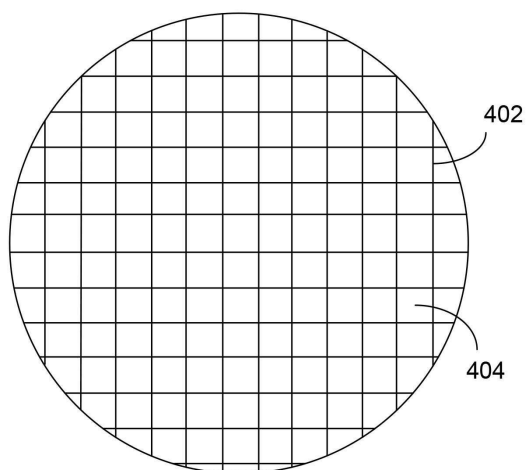
도면3e



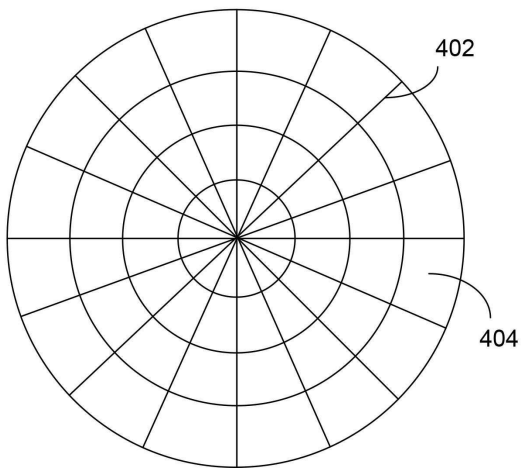
도면3f



도면4a



도면4b



도면5

