



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년03월21일
(11) 등록번호 10-2785607
(24) 등록일자 2025년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
H01L 21/3213 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/3065 (2013.01)
H01L 21/02046 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0025532
(22) 출원일자 2017년02월27일
심사청구일자 2022년02월28일
(65) 공개번호 10-2017-0102429
(43) 공개일자 2017년09월11일
(30) 우선권주장
62/302,003 2016년03월01일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150014901 A
KR1020150112896 A
US20150118848 A1
US20150270140 A1

(73) 특허권자
램 리써치 코퍼레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
피셔 안드레아스
미국, 캘리포니아, 카스트로 밸리
릴 토르스텐
미국, 캘리포니아, 산타 클라라
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 20 항

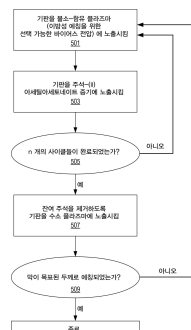
심사관 : 최상원

(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리와 증기 처리의 결합을 사용한 A1203의 원자층 에칭

(57) 요약

기판 상에서 ALE (atomic layer etching) 를 수행하기 위한 방법은, 다음의 방법 단계들: 기판의 표면 상에서 표면 개질 동작을 수행하는 단계로서, 표면 개질 동작은 기판 표면의 적어도 하나의 모노레이어를 개질된 층으로 변환하도록 구성되는, 표면 개질 동작을 수행하는 단계; 기판 표면 상에서 제거 동작을 수행하는 단계로서, 제거 동작은 기판 표면으로부터 개질된 층을 제거하도록 구성되고, 개질된 층을 제거하는 동작은 개질된 층을 휘발시키도록 구성되는 리간드 교환 반응을 통해 발생하는, 제거 동작을 수행하는 단계; 제거 동작 후에, 기판 표면 상에서 플라즈마 처리를 수행하는 단계로서, 플라즈마 처리는 기판 표면으로부터 제거 동작에 의해 생성된 잔여물들을 제거하도록 구성되고, 잔여물들은 플라즈마 처리에 의해 휘발되는, 플라즈마 처리를 수행하는 단계; 및 기판 표면으로부터 미리 규정된 두께가 에칭될 때까지 전술한 동작들을 반복하는 단계를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01L 21/32136 (2013.01)

H05H 1/46 (2013.01)

(72) 발명자

자넷 리차드

미국, 캘리포니아, 오클랜드

보니페이스 존

미국, 캘리포니아, 산 호세

(30) 우선권주장

62/438,978 2016년12월23일 미국(US)

15/435,838 2017년02월17일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

기판 상에서 ALE (atomic layer etching) 를 수행하기 위한 방법에 있어서,

(a) 기판의 표면 상에서 표면 개질 동작을 수행하는 단계로서, 상기 표면 개질 동작은 상기 기판 표면의 적어도 하나의 모노레이어를 개질된 층으로 변환하도록 구성되는, 상기 표면 개질 동작을 수행하는 단계;

(b) 상기 기판 표면 상에서 제거 동작을 수행하는 단계로서, 상기 제거 동작은 상기 기판 표면으로부터 상기 개질된 층을 제거하도록 구성되고, 상기 개질된 층을 제거하는 동작은 리간드 교환 반응이 금속 착물 (metal complex) 과 상기 개질된 층의 변환된 중 사이에서 발생하도록, 상기 금속 착물에 상기 기판 표면을 노출시키는 동작을 포함하는, 상기 제거 동작을 수행하는 단계;

(c) 상기 제거 동작 후에, 상기 기판 표면 상에서 플라즈마 처리를 수행하는 단계로서, 상기 플라즈마 처리는 상기 금속 착물에 상기 기판 표면의 상기 노출로부터 형성된 잔여물들을 제거하도록 구성되고, 상기 잔여물들은 상기 플라즈마 처리에 의해 휘발되는, 상기 플라즈마 처리를 수행하는 단계; 및

(d) 상기 기판 표면으로부터 미리 규정된 두께가 에칭될 때까지 상기 단계 (a) 내지 상기 단계 (c) 를 반복하는 단계를 포함하는, 기판 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 기판의 상기 표면은 금속, 금속 옥사이드, 금속 나이트라이드, 금속 포스파이드, 금속 셀파이드, 또는 금속 아센나이드 (arsenide) 를 포함하는, 기판 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 표면 개질 동작을 수행하는 단계는 상기 기판 표면을 할라이드-함유 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하고, 상기 할라이드-함유 플라즈마에 대한 상기 노출은 상기 기판 표면의 상기 적어도 하나의 모노레이어를 할라이드 층으로 변환하도록 구성되는, 기판 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 기판의 상기 표면을 상기 할라이드-함유 플라즈마에 노출시키는 단계는 상기 기판이 배치되는 챔버 내로 할라이드-함유 가스를 도입하는 단계, 및 플라즈마를 점화하는 단계를 포함하는, 기판 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 할라이드-함유 플라즈마에 상기 기판 표면을 노출시키는 단계는 리모트 플라즈마 소스로부터 상기 할라이드-함유 플라즈마를 수용하는 단계를 포함하는, 기판 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제거 동작을 수행하는 단계는 상기 기판 표면을 주석-(II) 아세틸아세토네이트 ($\text{Sn}(\text{acac})_2$) 증기에 노출시키는 단계를 포함하고, 상기 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 대한 상기 노출은 상기 개질된 층에서 원자들에 대해 acac 리간드

들을 교환하도록 구성되는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 처리를 수행하는 단계는 상기 기관 표면을 수소 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 기관의 상기 표면을 상기 플라즈마에 노출시키는 단계는 수소 가스를 상기 기관이 배치되는 챔버 내로 도입하는 단계, 및 플라즈마를 점화하는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 수소 플라즈마에 상기 기관 표면을 노출시키는 단계는 리모트 플라즈마 소스로부터 상기 수소 플라즈마를 수용하는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (a) 는 제 1 챔버에서 수행되고;

상기 단계 (b) 는 제 2 챔버에서 수행되는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 11

기관 상에서 ALE (atomic layer etching) 를 수행하기 위한 방법에 있어서,

(a) 기관의 표면 상에서 표면 개질 동작을 수행하는 단계로서, 상기 표면 개질 동작은 상기 기관 표면의 적어도 하나의 모노레이어를 개질된 층으로 변환하도록 구성되는, 상기 표면 개질 동작을 수행하는 단계;

(b) 상기 기관 표면 상에서 제거 동작을 수행하는 단계로서, 상기 제거 동작은 상기 기관 표면으로부터 상기 개질된 층을 제거하도록 구성되고, 상기 개질된 층을 제거하는 동작은 리간드 교환 반응이 금속 착물과 상기 개질된 층의 변환된 종 사이에서 발생하도록, 상기 금속 착물에 상기 기관 표면을 노출시키는 동작을 포함하는, 상기 제거 동작을 수행하는 단계;

(c) 미리 규정된 수의 사이클들 동안 상기 단계 (a) 및 상기 단계 (b) 를 반복하는 단계;

(d) 상기 단계 (c) 후에, 상기 기관 표면 상에서 플라즈마 처리를 수행하는 단계로서, 상기 플라즈마 처리는 상기 금속 착물에 상기 기관 표면의 상기 노출로부터 형성된 잔여물들을 제거하도록 구성되고, 상기 잔여물들은 상기 플라즈마 처리에 의해 휘발되는, 상기 플라즈마 처리를 수행하는 단계; 및

(e) 상기 기관 표면으로부터 미리 규정된 두께가 에칭될 때까지 상기 단계 (a) 내지 상기 단계 (d) 를 반복하는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 기관의 상기 표면은 금속, 금속 옥사이드, 금속 나이트라이드, 금속 포스파이드, 금속 셀파이드, 또는 금속 아센나이드를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 표면 개질 동작을 수행하는 단계는 상기 기관 표면을 할라이드-함유 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하

고, 상기 할라이드-함유 플라즈마에 대한 상기 노출은 상기 기관 표면의 상기 적어도 하나의 모노레이어를 할라이드 종으로 변환하도록 구성되는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 기관의 상기 표면을 상기 할라이드-함유 플라즈마에 노출시키는 단계는 상기 기관이 배치되는 챔버 내로 할라이드-함유 가스를 도입하는 단계, 및 플라즈마를 점화하는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 할라이드-함유 플라즈마에 상기 기관 표면을 노출시키는 단계는 리모트 플라즈마 소스로부터 상기 할라이드-함유 플라즈마를 수용하는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 제거 동작을 수행하는 단계는 상기 기관 표면을 주석-(II) 아세틸아세토네이트 ($\text{Sn}(\text{acac})_2$) 증기에 노출시키는 단계를 포함하고, 상기 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 대한 상기 노출은 상기 개질된 층에서 원자들에 대해 acac 리간드들을 교환하도록 구성되는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 17

제 11 항에 있어서,

상기 플라즈마 처리를 수행하는 단계는 상기 기관 표면을 수소 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

상기 기관의 상기 표면을 상기 플라즈마에 노출시키는 단계는 수소 가스를 상기 기관이 배치되는 챔버 내로 도입하는 단계, 및 플라즈마를 점화하는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 수소 플라즈마에 상기 기관 표면을 노출시키는 단계는 리모트 플라즈마 소스로부터 상기 수소 플라즈마를 수용하는 단계를 포함하는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

청구항 20

제 11 항에 있어서,

상기 단계 (a) 는 제 1 챔버에서 수행되고;

상기 단계 (b) 는 제 2 챔버에서 수행되는, 기관 상에서 ALE를 수행하기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 개시의 구현예들은 ALE (atomic layer etching), 보다 구체적으로 플라즈마 처리와 증기 처리의 결합을 사용한 알루미늄 옥사이드의 ALE에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 균일성 및 에칭 레이트에 대한 미세-튜닝된 (fine-tuned) 제어를 사용하여 반도체 기관들 상의 재료를 에칭하는 종래의 기법들은 제한된다. 예를 들어, 반응성 이온 에칭은 반도체 프로세싱 동안 반도체 기관 상의 재료들을 에칭하도록 관습적으로 사용되고 그리고 반응성 이온 에칭을 사용하여 에칭되는 재료들의 에칭 레이트들은 무선 주파수 플라즈마 전력 및 화학물질 선택을 조절함으로써 제어된다. 그러나, 웨이퍼 플라즈마 시스 (sheath) 는 기관의 상단에 형성되고, 그러므로 플라즈마로부터의 이온들은 통상적으로 기관을 에칭하도록 웨이퍼 표면 상으로 가속화된다. 이는 동일한 레이트로 재료의 수직 표면 및 수평 표면을 에칭하지 않는, 이방성, 지향성 에칭 프로세스를 발생시킨다. 또한, 종래의 에칭 프로세스들을 겪은 재료들은 또한 불균일할 수도 있다. 종래의 기법들을 사용하는 것은 종종 특정한 반응기 설계 및/또는 피드-가스 전달 및 배기의 수정뿐만 아니라 챔버 또는 반응기 벽들과 고 에칭 레이트 균일성 제어를 달성하도록 프로세싱 동안 웨이퍼를 홀딩할 수 있는 웨이퍼 홀더의 일부일 수도 있고, 그리고 보다 덜 효율적이고 보다 고가의 기관들의 프로세싱을 발생시킬 수 있는, 정전 척 양자의 온도 분포의 신중한 모니터링을 수반한다.

발명의 내용

- [0003] 일부 구현예들에 따르면, 기관 상에서 ALE (atomic layer etching) 를 수행하기 위한 방법이 제공되고, 방법은 (a) 기관의 표면 상에서 표면 개질 동작을 수행하는 단계로서, 표면 개질 동작은 기관 표면의 적어도 하나의 모노레이어를 개질된 층으로 변환하도록 구성되는, 표면 개질 동작을 수행하는 단계; (b) 기관 표면 상에서 제거 동작을 수행하는 단계로서, 제거 동작은 기관 표면으로부터 개질된 층을 제거하도록 구성되고, 개질된 층을 제거하는 동작은 개질된 층을 휘발시키도록 구성되는 리간드 교환 반응을 통해 발생하는, 제거 동작을 수행하는 단계; (c) 제거 동작 후에, 기관 표면 상에서 플라즈마 처리를 수행하는 단계로서, 플라즈마 처리는 기관 표면으로부터 제거 동작에 의해 생성된 잔여물들을 제거하도록 구성되고, 잔여물들은 플라즈마 처리에 의해 휘발되는, 플라즈마 처리를 수행하는 단계; 및 (d) 기관 표면으로부터 미리 규정된 두께가 에칭될 때까지 단계 (a) 내지 단계 (c) 를 반복하는 단계를 포함한다.
- [0004] 일부 구현예들에서, 표면 개질 동작을 수행하는 단계는 기관 표면을 불소-함유 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하고, 불소-함유 플라즈마에 대한 노출은 기관 표면의 적어도 하나의 모노레이어를 플루오라이드 층으로 변환하도록 구성된다.
- [0005] 일부 구현예들에서, 기관의 표면은 금속, 금속 옥사이드, 금속 나이트라이드, 금속 포스파이드, 금속 셀파이드, 또는 금속 아센나이드 (arsenide) 를 포함하고; 불소-함유 플라즈마에 대한 노출은 금속 플루오라이드를 형성한다.
- [0006] 일부 구현예들에서, 기관의 표면을 불소-함유 플라즈마에 노출시키는 단계는 기관이 배치되는 챔버 내로 불소-함유 가스를 도입하는 단계, 및 플라즈마를 점화하는 단계를 포함한다.
- [0007] 일부 구현예들에서, 불소-함유 플라즈마에 대한 노출은 약 15 초 미만의 지속기간 동안, 약 10 내지 500 mTorr 의 챔버 압력으로 수행된다.
- [0008] 일부 구현예들에서, 제거 동작을 수행하는 단계는 기관 표면을 주석-(II) 아세틸아세토네이트 ($\text{Sn}(\text{acac})_2$) 증기에 노출시키는 단계를 포함하고, $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 대한 노출은 개질된 층에서 불소 원자들에 대해 acac 리간드들을 교환하도록 구성된다.
- [0009] 일부 구현예들에서, 기관의 표면을 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 에 노출시키는 단계는 기관이 배치되는 챔버 내로 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 를 증기로서 도입하는 단계를 포함한다.
- [0010] 일부 구현예들에서, $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 에 대한 노출은 약 1 내지 30 초의 지속기간 동안 수행된다.
- [0011] 일부 구현예들에서, 플라즈마 처리를 수행하는 단계는 기관 표면을 수소 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하고, 수소 플라즈마에 대한 노출은 기관의 표면 상의 주석 잔여물, 주석 플루오라이드 잔여물 또는 주석 옥사이드 잔여물을 휘발시키도록 구성된다.
- [0012] 일부 구현예들에서, 기관의 표면을 수소 플라즈마에 노출시키는 단계는 수소 가스를 기관이 배치되는 챔버 내로 도입하는 단계, 및 플라즈마를 점화하는 단계를 포함한다.

- [0013] 일부 구현예들에서, 수소 플라즈마에 대한 노출은 약 1 내지 30 초, 통상적으로, 약 5 초의 지속기간 동안 수행된다.
- [0014] 일부 구현예들에서, 단계 (a) 는 제 1 챔버에서 수행되고; 단계 (b) 는 제 2 챔버에서 수행된다.
- [0015] 일부 구현예들에서, 단계 (d) 는 제 1 챔버에서 수행된다.
- [0016] 일부 구현예들에서, 단계 (d) 는 제 3 챔버에서 수행된다.
- [0017] 일부 구현예들에 따르면, 기관 상에서 ALE (atomic layer etching) 를 수행하기 위한 방법이 제공되고, 방법은 (a) 기관의 표면 상에서 표면 개질 동작을 수행하는 단계로서, 표면 개질 동작은 기관 표면의 적어도 하나의 모노레이어를 개질된 층으로 변환하도록 구성되는, 표면 개질 동작을 수행하는 단계; (b) 기관 표면 상에서 제거 동작을 수행하는 단계로서, 제거 동작은 기관 표면으로부터 개질된 층을 제거하도록 구성되고, 개질된 층을 제거하는 동작은 개질된 층을 휘발시키도록 구성되는 리간드 교환 반응을 통해 발생하는, 제거 동작을 수행하는 단계; (c) 미리 규정된 수의 사이클들 동안 단계 (a) 및 단계 (b) 를 반복하는 단계; (d) 단계 (c) 후에, 기관 표면 상에서 플라즈마 처리를 수행하는 단계로서, 플라즈마 처리는 기관 표면으로부터 제거 동작에 의해 생성된 잔여물들을 제거하도록 구성되고, 잔여물들은 플라즈마 처리에 의해 휘발되는, 플라즈마 처리를 수행하는 단계; 및 (e) 기관 표면으로부터 미리 규정된 두께가 에칭될 때까지 단계 (a) 내지 단계 (d) 를 반복하는 단계를 포함한다.
- [0018] 일부 구현예들에서, 표면 개질 동작을 수행하는 단계는 기관 표면을 불소-함유 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하고, 불소-함유 플라즈마에 대한 노출은 기관 표면의 적어도 하나의 모노레이어를 플루오라이드 층으로 변환하도록 구성되고; 제거 동작을 수행하는 단계는 기관 표면을 주석-(II) 아세틸아세토네이트 ($\text{Sn}(\text{acac})_2$) 증기에 노출시키는 단계를 포함하고, $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 대한 노출은 개질된 층에서 불소 원자들에 대해 acac 리간드들을 교환하도록 구성되고; 플라즈마 처리를 수행하는 단계는 기관 표면을 수소 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하고, 수소 플라즈마에 대한 노출은 기관의 표면 상의 주석 잔여물, 주석 플루오라이드 잔여물 또는 주석 옥사이드 잔여물을 휘발시키도록 구성된다.
- [0019] 일부 구현예들에서, 기관의 표면은 금속, 금속 옥사이드, 금속 나이트라이드, 금속 포스파이드, 금속 셀파이드, 또는 금속 아센나이드를 포함하고; 불소-함유 플라즈마에 대한 노출은 금속 플루오라이드를 형성한다.
- [0020] 일부 구현예들에서, 불소-함유 플라즈마에 대한 노출은 약 15 초 미만의 지속기간 동안 약 10 내지 500 mTorr의 챔버 압력으로 수행되고; $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 에 대한 노출은 약 1 내지 30 초, 통상적으로, 약 1 초의 지속기간 동안 수행되고; 수소 플라즈마에 대한 노출은 약 1 내지 30 초, 통상적으로 약 5 초의 지속기간 동안 수행된다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1a 내지 도 1f는 본 개시의 구현예들에 따른, ALE 프로세스 시퀀스를 개념적으로 예시한다.
- 도 2는 본 개시의 구현예들에 따른, ALE 사이클에 대한 방법을 예시한다.
- 도 3은 본 개시의 구현예들에 따른, ALE를 수행하기 위한 방법에 대한 프로세스 흐름도를 예시한다.
- 도 4는 본 개시의 구현예들에 따른, ALE 동작들을 수행하기 위한 복수의 챔버들을 가진 장치를 개념적으로 예시한다.
- 도 5는 본 개시의 구현예들에 따른, 도 3의 실시예에 따른 방법을 예시하지만, n 번째 사이클들에 도달될 때까지 불소 노출 및 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 노출이 반복된다.
- 도 6은 본 개시의 구현예들에 따른, 클러스터 톨 (600) 을 예시한다.
- 도 7은 본 개시의 구현예들에 따른, ALE를 수행하기 위한 예시적인 챔버를 예시한다.
- 도 8은 본 개시의 구현예들에 따른, 상기에 기술된 시스템들을 제어하기 위한 제어 모듈을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 다음의 기술에서, 수많은 구체적인 상세들이 제공된 실시예들의 완전한 이해를 제공하도록 제시된다. 개시된 실시예들은 이들 구체적인 상세들의 일부 또는 전부 없이 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지된 프로세스

동작들은 개시된 실시예들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다. 개시된 실시예들은 구체적인 실시예들과 함께 기술될 것이지만, 개시된 실시예들을 제한하도록 의도되지 않음이 이해될 것이다.

[0023] 불소-함유 플라즈마 및 주석-함유 에천트를 수반한 리간드 교환 메커니즘을 통해 금속 옥사이드들 (예컨대, 알루미늄 옥사이드 (Al_2O_3)) 의 등방성 ALE (atomic layer etching) 를 수행하는 방법들이 본 명세서에 제공된다. 본 명세서에 기술된 방법들은 불소-함유 플라즈마를 사용하여 에칭될 재료의 표면을 개질하는 것 및 자기-제한 (self-limiting) 방식으로 재료를 제거하도록 주석-(II) 아세틸아세토네이트 ($Sn(acac)_2$) 증기에 개질된 표면을 노출시키는 것을 수반한다. 리간드 교환 반응은 플라즈마가 없고 $Sn(acac)_2$ 증기를 가진 기상 증착 챔버 내에서 지속된다.

[0024] ALE (atomic layer etching) 는 에칭 거동의 원자 스케일 제어를 위한 일 방법이다. ALE는 일 타입의 순환 프로세스이다. ALE는 순차적인 자기-제한 반응들을 사용하여 재료의 박형 층들을 제거하는 기법이다. 일반적으로, ALE는 임의의 적합한 기법을 사용하여 수행될 수도 있다. 원자층 에칭 기법들의 예들은 2014년 11월 11일 허여된, 미국 특허 제 8,883,028 호; 및 2014년 8월 19일 허여된, 미국 특허 제 8,808,561 호에 기술되고, 이들 특허들은 예시적인 원자층 에칭 및 에칭 기법들을 기술할 목적들을 위해 참조로 본 명세서에 인용된다. 다양한 실시예들에서, ALE는 플라즈마를 사용하여 수행될 수도 있거나, 열적으로 수행될 수도 있다.

[0025] ALE는 표면 개질 동작 (즉, 기관 표면 상에서 반응성 화학물질에 의한 화학흡착) 에 이어서 제거 동작에 의해 행해질 수도 있다. 이러한 동작들은 특정한 수의 사이클들 동안 반복될 수도 있다. ALE 동안, 반응성 화학물질 및 제거 화학물질은 기관으로 개별적으로 전달된다.

[0026] 도 1a 내지 도 1f는 본 개시의 구현예들에 따른, ALE 프로세스 시퀀스를 개념적으로 예시한다.

[0027] 개질되지 않은 상태의 기관의 표면 (100) 의 일부분이 도 1a에 도시된다. 기관 표면 (100) 의 분자들/원자들의 최외측 층 (102) 은 ALE 프로세스 동안 노출된다. 도 1b에 도시된 바와 같이, 표면 변환/개질 동작은 기관의 표면 층을 기능화된 상태로 변환하도록 수행된다. 예를 들어, 표면 층은 표면 상에 흡착하거나 화학흡착할 수도 있는 표면 변환 반응물질 (104) 에 대한 노출에 의해 개질된다. 다양한 구현예들에서 표면 변환 반응물질은 표면 변환 단계를 수행하도록 표면 층 원자들과 반응하는, 분자들 또는 저 에너지 라디칼들을 포함할 수 있다. 차후의 ALE 단계들을 인에이블하도록 분자들의 기능화된 최외측 층 (106) 으로 구성된 결과로 발생한 표면 층이 도 1c에 도시된다. 반응이 자기-제한적이기 때문에, 단지 (또는 실질적으로 단지) 기관 표면의 최외측 층이 변환을 겪을 것이다. 일부 구현예들에서, 이 표면 개질은 할라이드로의 표면 종의 변환을 수반한다. 일부 구현예들에서, 자기-제한 표면 변환 후에, 챔버는 모든 반응 부산물들 또는 과잉의 표면 변환 반응물질을 제거하도록 퍼지된다.

[0028] 표면 변환 동작 후에, 이어서 도 1d에 예시된 바와 같이, 리간드 교환 반응/동작이 수행된다. 예시된 구현예에서, 기관의 개질된 표면 (106) 은 리간드 함유 반응물질 (108) 에 노출되고, 이는 리간드 교환 반응을 초래하고, 리간드 함유 반응물질은 기관 표면 상에 흡착되고 그리고 앞선 표면 개질/변환 동작 동안 형성되었던 변환된 표면 층 (106) 으로 리간드 함유 반응물질의 리간드를 전달한다. 리간드들은 분자들/원자들의 개질된 표면 층과 결합하고, 해제될 수 있는, 도 1e에 도시된 리간드 치환된 표면 층 (110) 으로 구성된 반응 생성물을 형성한다.

[0029] 도 1f에 도시된 바와 같이, 탈착은 기관 표면으로부터 표면 층 (110) (리간드 교환 동작 후의 반응 생성물) 의 최외측 층의 제거를 구동한다. 일부 구현예들에서, 해체는 개별적인 단계에서 또는 리간드 함유 반응물질에 대한 노출과 동시에 적용될 수 있는, 열 에너지의 적용에 의해 달성될 수 있다.

[0030] "ALE 사이클"의 개념은 본 명세서의 다양한 실시예들의 논의와 관련된다. 일반적으로 ALE 사이클은 모노레이어를 에칭하는 것과 같이, 에칭 프로세스를 1 회 수행하도록 사용되는 동작들의 최소 세트이다. 일 사이클의 결과는 기관 표면 상의 막층의 적어도 일부가 에칭된다는 것이다. 통상적으로, ALE 사이클은 반응성 층을 형성하기 위한 개질 동작, 이어서 이 개질된 층만을 제거하거나 에칭하기 위한 제거 동작을 포함한다. 개질은 화학흡착 메커니즘, 증착 메커니즘, 상단 층 변환 메커니즘, 또는 추출 메커니즘을 사용함으로써 수행될 수도 있다. 사이클은 반응물질들 또는 부산물들 중 하나를 스윕핑하는 것과 같은 특정한 보조적인 동작들을 포함할 수도 있다. 일반적으로, 사이클은 특유의 시퀀스의 동작들의 일 예를 포함한다. 예로서, 도 2는 다음의 동작들: (i) 반응물질 가스의 전달 (동작 201), (ii) 챔버로부터 반응물질 가스의 선택 가능한 퍼지 (동작 203), (iii) 제거 가스 및 선택 가능한 플라즈마의 전달 (동작 205), 및 (iv) 챔버의 선택 가능한 퍼지 (동작 207) 를 포함하는, ALE 사이클에 대한 방법을 예시한다. ALE의 추가의 기술 및 예들은 원자층 에칭 프로세스들을 기술할 목적들을

위해 참조로서 본 명세서에 인용되는, 2015년 4월 24일 출원되고 발명의 명칭이 "INTEGRATING ATOMIC SCALE PROCESSES: ALD (ATOMIC LAYER DEPOSITION) AND ALE (ATOMIC LAYER ETCH)"인, 미국 특허 출원 제 14/696,254 호에 기술된다.

- [0031] 개시된 실시예들에 따라 수행된 방법에 대한 프로세스 흐름도가 도 3에 제공된다. 동작들 301 내지 307 동안, 아르곤 가스와 같은 불활성 가스는 캐리어 가스로서 백그라운드에서 연속적으로 흐를 수도 있다.
- [0032] 동작 301에서, 에칭될 재료를 포함한 기판은 기판의 표면을 개질하도록 불소-함유 플라즈마에 노출된다.
- [0033] 불소-함유 플라즈마는 불소-함유 가스를 도입하고 그리고 플라즈마를 점화함으로써 생성될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 불소-함유 가스는 탄소 테트라플루오라이드 (CF_4), 질소 트리플루오라이드 (NF_3), 황 헥사플루오라이드 (SF_6), 불소 (F_2), 또는 임의의 불소-함유 가스일 수도 있다. 다양한 실시예들에서, CF_4 는 기판을 에칭하도록 플라즈마 내에 풍부한 불소 이온들을 생성하기 위해 O_2 와 함께 도입될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 불소-함유 플라즈마를 생성하도록 챔버의 가스들의 총 플로우의 약 35 %는 O_2 가스이다. 탄소를 포함하는 다른 불소-함유 가스들은 카바이드의 형성을 억제하도록 또 다른 가스가 도입될 때 일부 실시예들에서 사용될 수도 있다. 예를 들어, 다른 불소-함유 가스들은 화학식 $C_xH_yF_z$ 를 가질 수도 있고, 여기서 x 는 1 이상의 임의의 정수일 수도 있고, y 는 0 이상의 임의의 정수일 수도 있고, 그리고 z 는 1 이상의 임의의 정수일 수도 있다. 예들은 플루오로포름 (CHF_3) 및 디플루오로메탄 (CH_2F_2)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 불소-함유 가스는 불소-함유 액체를 기화시킴으로써 생성될 수도 있다.
- [0034] 일부 실시예들에서, 기판은 패터닝되지 않는다. 다양한 실시예들에서, 기판은 패터닝될 수도 있다. 기판은 옥사이드 차단 또는 에칭 정지 층과 같은 부가적인 게이트 층을 포함할 수도 있는 트랜지스터 구조체를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 기판은 FinFET 트랜지스터의 fin 위에 알루미늄 옥사이드 층을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 기판은 금속 옥사이드 에칭 정지 층이 에칭될 재료이도록 구조체 내에 형성된 트랜지스터의 하단에서 금속 옥사이드 에칭 정지 층을 가진 3D NAND 구조체를 포함할 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 기판 상의 피쳐들은 약 1.5:1 내지 약 5:1의 종횡비를 가질 수도 있다.
- [0035] 동작 301에서 플라즈마는 인 시츄 (in situ) 생성될 수도 있거나 리모트 플라즈마일 수도 있다. 많은 실시예들에서, 플라즈마는 유도 결합된 플라즈마를 생성하도록 인 시츄 생성된다.
- [0036] 다양한 실시예들에서, 기판은 에칭될 금속 옥사이드, 금속 나이트라이드, 금속 포스파이드, 금속 셀파이드, 금속 아센나이드, 또는 금속 층을 포함한다. 예들은 알루미늄 옥사이드 (Al_2O_3) 및 하프늄 옥사이드를 포함한다. 많은 실시예들에서, 실리콘-함유 재료 (예를 들어, 실리콘 옥사이드, 실리콘 나이트라이드, 실리콘 카바이드, 실리콘, 등)는 개시된 실시예들을 사용하여 에칭되지 않을 수도 있고, 이는 특히 FinFET 트랜지스터 구조체 상의 fin 위의 희생적 게이트 옥사이드 층과 같은 재료를 에칭할 때 에칭 선택도를 달성하는데 기여한다는 것을 주의하라. 개시된 실시예들이 다양한 재료들을 에칭하도록 사용될 수도 있다는 것이 이해될 것이지만, 도 1은 알루미늄 옥사이드의 에칭에 대해 기술될 것이다.
- [0037] 다양한 실시예들에서, 동작 301은 기판 표면의 등방성 개질을 허용하도록 바이어스를 인가하지 않고 수행될 수도 있다. 개시된 실시예들이 등방성 에칭을 수행하도록 사용될 수도 있지만, 이방성 에칭 프로세스가 또한 동작 301 동안 바이어스를 인가함으로써 개시된 실시예들을 사용하여 수행될 수도 있다는 것을 주의하라. 도 1에 대해 본 명세서에 기술된 예는 알루미늄 옥사이드를 등방성으로 에칭하기 위해 기술될 것이다.
- [0038] 특정한 이론에 매이지 않고, 동작 301 동안, 알루미늄 옥사이드 표면과 같은 금속 옥사이드 표면은 알루미늄 플루오라이드 (예를 들어, AlF_3)를 형성하도록 알루미늄 옥사이드의 표면을 개질하게 등방성으로 불소-함유 플라즈마에 의해 불소화될 수도 있다. 알루미늄 옥사이드 표면의 하나 또는 몇몇의 모노레이어들은 알루미늄 플루오라이드를 형성하도록 개질될 수도 있다. 개질 동작은 확산의 깊이에 의해 제한될 수도 있다. 기판은 0 초 초과이지만 약 15 초 미만인 지속기간 동안 약 10 mTorr 내지 약 100 mTorr의 챔버 압력으로, 예컨대, 약 20 mTorr로 불소-함유 플라즈마에 노출될 수도 있다.
- [0039] 일부 실시예들에서, 동작 301을 수행한 후, 기판을 하우징하는 챔버가 폐지되지 않을 수도 있음을 주의하라. 일부 실시예들에서, 기판은 폐지될 수도 있다.
- [0040] 동작 303에서, 기판은 주석-(II) 아세틸아세토네이트 ($Sn(acac)_2$) 증기에 노출된다. 다양한 실시예들에서,

$\text{Sn}(\text{acac})_2$ 는 기관으로 증기를 전달하기 전에 외부 기화기에서 기화될 수도 있다.

- [0041] 특정한 이론에 매이지 않고, 개질된 AlF_3 표면이 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 노출될 때, $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 상의 일 acac 리간드가 AlF_3 분자 상의 일 불소 원자를 교체하고, $\text{AlF}_2(\text{acac})$ 를 형성하도록 리간드 교환 반응이 발생한다고 여겨진다. 추가의 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 및/또는 $\text{Sn}(\text{acac})$ 가 이어서 (acac)로 제 2 불소 원자 및 제 3 불소 원자를 교체하도록 다시 $\text{AlF}_2(\text{acac})$ 와 2회 반응할 수도 있어서, 휘발성이고 따라서 기관으로부터 에칭될 수도 있는 $\text{Al}(\text{acac})_3$ 을 발생시킨다. 리간드 교환 반응이 AlF_3 의 상단 모노레이어 (예를 들어, $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 노출된 제 1 모노레이어)에서 보다 빠른 에칭 레이트를 갖게 이론화되기 때문에, 반응은 자기-제한적이고 그리고 일부 주석, 주석 플루오라이드, 주석 옥사이드, 및 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 는 에칭될 재료의 표면 상에 구축되기 시작할 수도 있고, 따라서 AlF_3 의 모든 개질된 하층들의 추가의 에칭을 차단한다.
- [0042] 다양한 실시예들에서, 동작들 301 및 303은 동일한 챔버 내에서 수행될 수도 있다. 동작 303에서, 증기 플로우를 턴 온하기 (turn on) 전에 플라즈마는 턴 오프되고 (turned off) 그리고 불소-함유 가스 플로우는 턴 오프될 수도 있다. 챔버가 동작 303 전에 퍼지되지 않는 경우에, 플라즈마 없는 불소-함유 가스의 존재는 에칭 메커니즘에 영향을 주지 않을 수도 있다. 오히려, 불소-함유 가스가 가스로서 에칭될 재료와 반응하지 않고 그리고 또한 동작 303에서 사용되는 증기와 반응하지 않도록 불소-함유 가스가 단독으로 선택될 수도 있다.
- [0043] 일부 실시예들에서, 동작들 301 및 303은 동일한 장치의 개별적인 챔버들 내에서 수행될 수도 있다. 도 4는 본 개시의 구현예들에 따른, ALE 동작들을 수행하기 위한 복수의 챔버들을 가진 장치를 개념적으로 예시한다. 다양한 실시예들에서, 기관은 동작 301에서 불소-함유 플라즈마에 대한 노출을 위한 제 1 챔버 (401)와 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 대한 노출을 위한 제 2 챔버 (403) 사이에서 셔틀되거나 (shuttled) 이동될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 제 2 챔버 (403)는 증기 증착 챔버이다. 일부 실시예들에서, 제 2 챔버 (403)는 플라즈마 소스를 포함하지 않는 수정된 챔버이다. 챔버들 사이의 기관의 이동 또는 셔틀은 진공을 파괴하지 않고 수행될 수도 있다는 것을 주의하라.
- [0044] 대안적인 실시예들에서, 기관은 금속 플루오라이드에 대해 선택적이지만 금속 옥사이드와 반응하지 않는 증기 상의 또 다른 화학물질에 노출될 수도 있다. 화학물질은 금속 플루오라이드와 반응할 때, 리간드에 결합된 금속을 포함한 휘발성 화합물을 생성하는 하나 이상의 리간드들을 포함할 수도 있다.
- [0045] 동작 303은 약 200 °C의 온도로 설정된 웨이퍼를 홀딩하는 웨이퍼 홀더 또는 페데스탈의 온도로 약 1 초의 지속 시간 동안 수행될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 대한 노출의 종료시 챔버 압력은 약 20 mTorr일 수도 있다.
- [0046] 동작 305에서, 기관은 플라즈마 처리에 노출될 수도 있다. 특정한 이론에 매이지 않고, 동작 305는 동작 303의 수행으로부터 축적할 수 있는, 기관의 표면 상에 구축된 주석, 주석 플루오라이드 또는 주석 옥사이드를 휘발시키도록 수행된다고 여겨진다. 기관을 수소에 노출시키는 것은 나중에 프로세싱 챔버로부터 펌핑될 수도 있는, 선택된 기관 온도에서 휘발하는 주석 하이드라이드들을 형성할 수도 있다. 기관은 0 초 초과 5 초 미만인 지속 시간 동안 플라즈마 처리에 노출될 수도 있다. 플라즈마 노출의 지속기간은 표면 상의 주석의 양에 의존할 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 주석의 양은 방출 스펙트럼에서 주석 선들을 평가함으로써 결정될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 방출 스펙트럼에서 주석 선들이 사라질 때 플라즈마는 턴 오프될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 기관은 약 5 초 동안 플라즈마에 노출된다. 일부 실시예들에서, 기관은 약 5 초 초과 5 초의 지속 시간 동안 플라즈마에 노출된다. 다양한 실시예들에서, 플라즈마 처리는 수소 가스를 도입하는 것 및 플라즈마를 점화하는 것을 포함할 수도 있다. 동작 305는 동작 301 및 303에서와 동일한 챔버 내에서 수행될 수도 있다. 동작 305가 기관을 수소 플라즈마에 노출시킴으로써 수행될 수도 있지만, 일부 실시예들에서 상이한 화학물질이 에칭될 재료의 표면 상에 구축된 주석 또는 주석 옥사이드를 제거하도록 사용될 수도 있다는 것을 주의하라. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 암모니아 (NH_3) 플라즈마가 사용될 수도 있다.
- [0047] 일부 실시예들에서, 동작 305는 개별적인 챔버 내에서 수행될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 기관은 동작 301이 수행되는 제 1 스테이션/챔버 (401)로 이동되거나 셔틀될 수도 있거나, 동작 305를 수행하도록 제 3 스테이션/챔버 (405)로 이동되거나 셔틀될 수도 있다. 챔버들 사이의 기관의 이동 또는 셔틀은 진공을 파괴하지 않고 수행될 수도 있다는 것을 주의하라.
- [0048] 동작 307에서, 에칭된 양이 에칭될 목표된 양을 달성하기에 충분한지의 여부가 결정된다. 목표된 남아 있는 두

계가 아직 달성되지 않았다면, 동작들 301 내지 305가 선택 가능하게 반복될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 305는 단지 동작들 301 및 303을 수행하는 n 사이클들마다 수행될 수도 있고, 여기서 n 은 1 이상의 정수임을 주의하라. n 이 1인 경우, 동작 305는 사이클마다 수행된다. 다양한 실시예들에서, 동작 305는 사이클마다 수행된다. 또 다른 예에서, 동작 305는, 다음의 동작들: (1) 불소-함유 플라즈마에 대한 노출, (2) $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 대한 노출, (3) 불소-함유 플라즈마에 대한 노출, (4) $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기에 대한 노출, (5) 수소 플라즈마에 대한 노출, (6) 동작 (1) 내지 동작 (5) 반복이 기판을 에칭하도록 수행될 수도 있게 동작들 301 및 303을 수행하는 2 사이클들마다 (여기서 n 은 2) 수행될 수도 있다.

[0049] 도 5는 도 3의 실시예에 따른 방법을 예시하지만, n 번째 사이클들에 도달될 때까지 (동작 505) 불소 노출 (동작 501) 및 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 노출 (동작 503) 이 반복된다. 이어서 수소 플라즈마 노출 (동작 507) 이 수행된다. 전체 시퀀스는 목표된 에칭 양이 달성될 때까지 반복된다 (동작 509).

[0050] 개시된 실시예들은 고 균일도를 가진 매우 제어된 에칭 방법들을 발생시킨다. 개시된 실시예들은 다양한 재료들의 등방성 에칭을 수행하도록 사용될 수도 있고 그리고 또한 약 20 V_b 내지 약 80 V_b 의 바이어스 전압으로, 예컨대, 약 50 V_b 로 바이어스를 인가함으로써 이방성 에칭을 수행하도록 수정될 수도 있다.

[0051] 본 명세서에 기술된 다양한 실시예들은 캘리포니아 프리몬트 소재의 Lam Research Corporation으로부터 입수 가능한 Kiyو와 같은 플라즈마 에칭 챔버 내에서 수행될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 기판은 진공을 파괴하지 않고 에칭 챔버와 증기 챔버 사이에서 서둘릴 수도 있다.

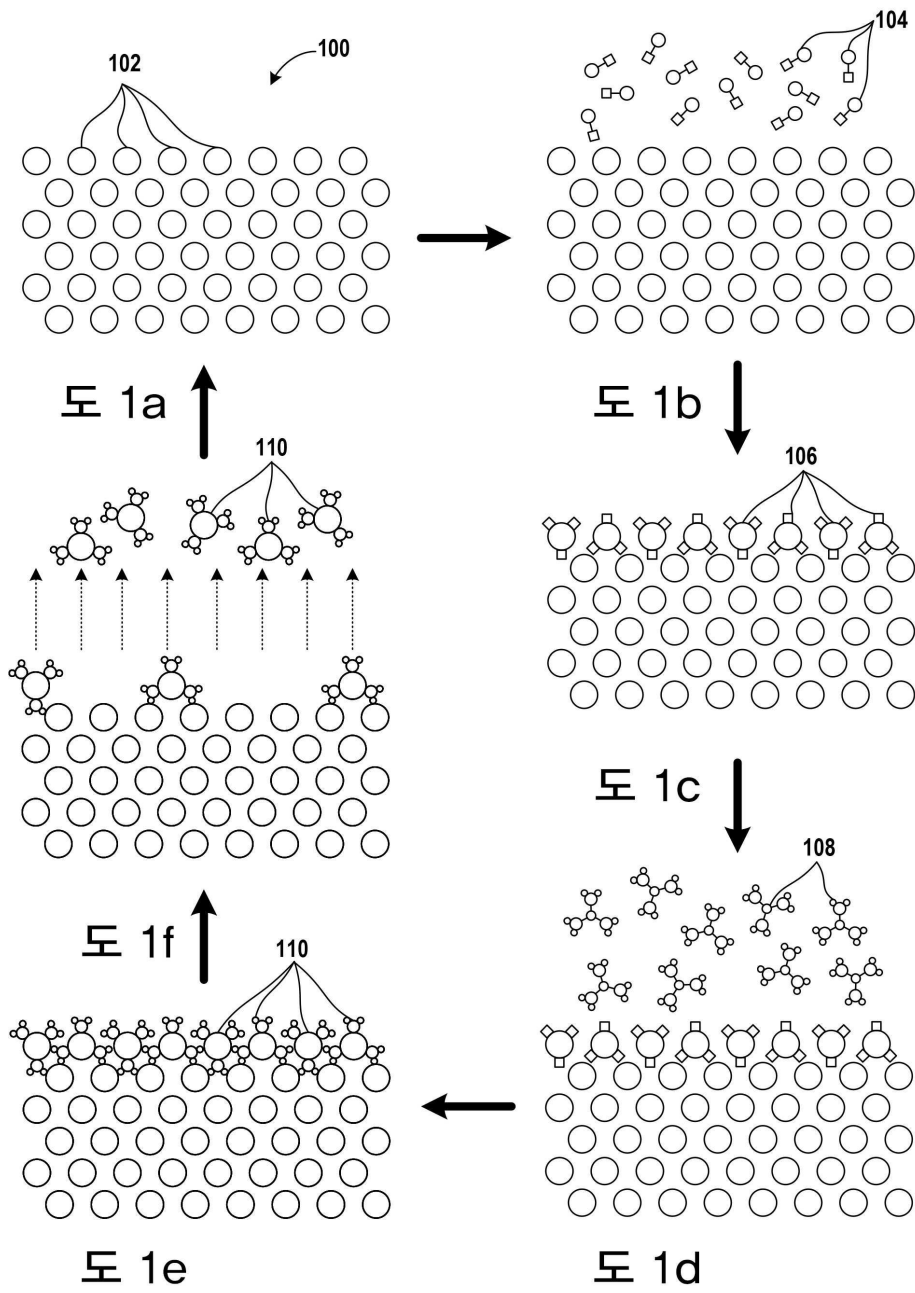
[0052] 개시된 실시예들은 임의의 적합한 챔버 또는 장치, 예컨대, Kiyو® 또는 Flex 내에서 수행될 수도 있고, Kiyو® 또는 Flex 양자는 캘리포니아 프리몬트 소재의 Lam Research Corporation으로부터 입수 가능하다. 일부 실시예들에서, 개시된 실시예들은 하나 이상의 스테이션들을 포함할 수도 있는 클러스터 툴 내에서 수행될 수도 있다. 도 6은 본 개시의 구현예들에 따른, 클러스터 툴 (600) 을 예시한다. 다양한 실시예들에서, 일 스테이션 (601) 은 에칭을 위한 모듈을 포함할 수도 있지만 또 다른 스테이션 (603) 은 증기에 대한 노출을 위한 모듈 (예를 들어, 증기 챔버) 을 포함한다. 일부 구현예들에서, 제 3 스테이션 (605) 은 플라즈마에 대한 노출을 위한 모듈을 포함한다.

[0053] 일부 실시예들에서, ICP (inductively coupled plasma) 반응기가 사용될 수도 있다. 이러한 ICP 반응기들은 또한 본 명세서에 기술된 기법들의 구현예를 위해 적합한 ICP 반응기를 기술할 목적을 위해 참조로 본 명세서에 인용되는, 2013년 12월 10일 출원되고 발명의 명칭이 "IMAGE REVERSAL WITH AHM GAP FILL FOR MULTIPLE PATTERNING"인, 미국 특허 출원 공보 제 2014/0170853 호에 기술된다. ICP 반응기들이 본 명세서에 기술되지만, 일부 실시예들에서, 용량 결합된 플라즈마 반응기들이 또한 사용될 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 도 7에 대해, 예시적인 에칭 챔버 또는 장치는, 불소-함유 가스들 (705), 수소 가스 (707), 또는 $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기 (709) 또는 다른 화학물질들을 챔버 (701) 로 분배하기 위한 샤워헤드 또는 노즐 (703), 챔버 벽들 (711), 웨이퍼를 척킹하고 디척킹하기 위한 정전 전극들을 포함할 수도 있고 그리고 RF 전력 공급부 (717) 를 사용하여 전기적으로 대전될 수도 있는, 프로세싱될 기판 또는 웨이퍼 (715) 를 홀딩하기 위한 척 (713), 플라즈마를 생성하도록 코일 (721) 에 전력을 공급하게 구성된 RF 전력 공급부 (719) 및 본 명세서에 기술된 바와 같이 가스들을 유입하기 위한 가스 플로우 유입부들을 가진 챔버 (701) 를 포함할 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 챔버 벽들 (711) 은 불소에 내성이 있을 수도 있다. 예를 들어, 챔버 벽들 (711) 은 불소-함유 가스들 및/또는 플라즈마가 챔버 벽들 (711) 을 에칭하지 않을 수도 있도록 실리콘-함유 재료 (예컨대, 실리콘 또는 실리콘 옥사이드) 또는 탄소-함유 재료 (예컨대, 다이아몬드) 또는 이들의 조합들을 사용하여 코팅될 수도 있다. 화학흡착을 위한 개질 화학물질 가스 (예컨대, 불소-함유 플라즈마를 생성하기 위한 불소-함유 가스들) 및/또는 증기 노출을 위한 개질 화학물질 가스 (예컨대, $\text{Sn}(\text{acac})_2$) 가 챔버 (701) 로 흐를 수도 있다. 일부 실시예들에서, 수소 가스 (707) 는 주석 또는 주석 옥사이드 잔여물들을 제거하기 위해 수소 플라즈마를 생성하도록 챔버로 흐를 수도 있다. 일부 구현예들에서, 챔버 벽들은 수소 플라즈마를 사용한 벽 세정 효율을 지지하도록 가열된다. 일부 실시예들에서, 장치는 2 개 이상의 챔버를 포함할 수도 있고, 챔버 각각은 기판들을 에칭, 증착, 또는 프로세싱하도록 사용될 수도 있다. 챔버 또는 장치는 챔버 압력, 불활성 가스 플로우, 플라즈마 전력, 플라즈마 주파수, 반응성 가스 플로우 (예를 들어, 불소-함유 가스, $\text{Sn}(\text{acac})_2$ 증기, 등); 바이어스 전력, 온도, 진공 설정사항들; 및 다른 프로세스 조건들을 조절하는 것과 같이 챔버 또는 장치의 동작들의 일부 또는 전부를 제어하기 위한 시스템 제어기 (723) 를 포함할 수도 있다.

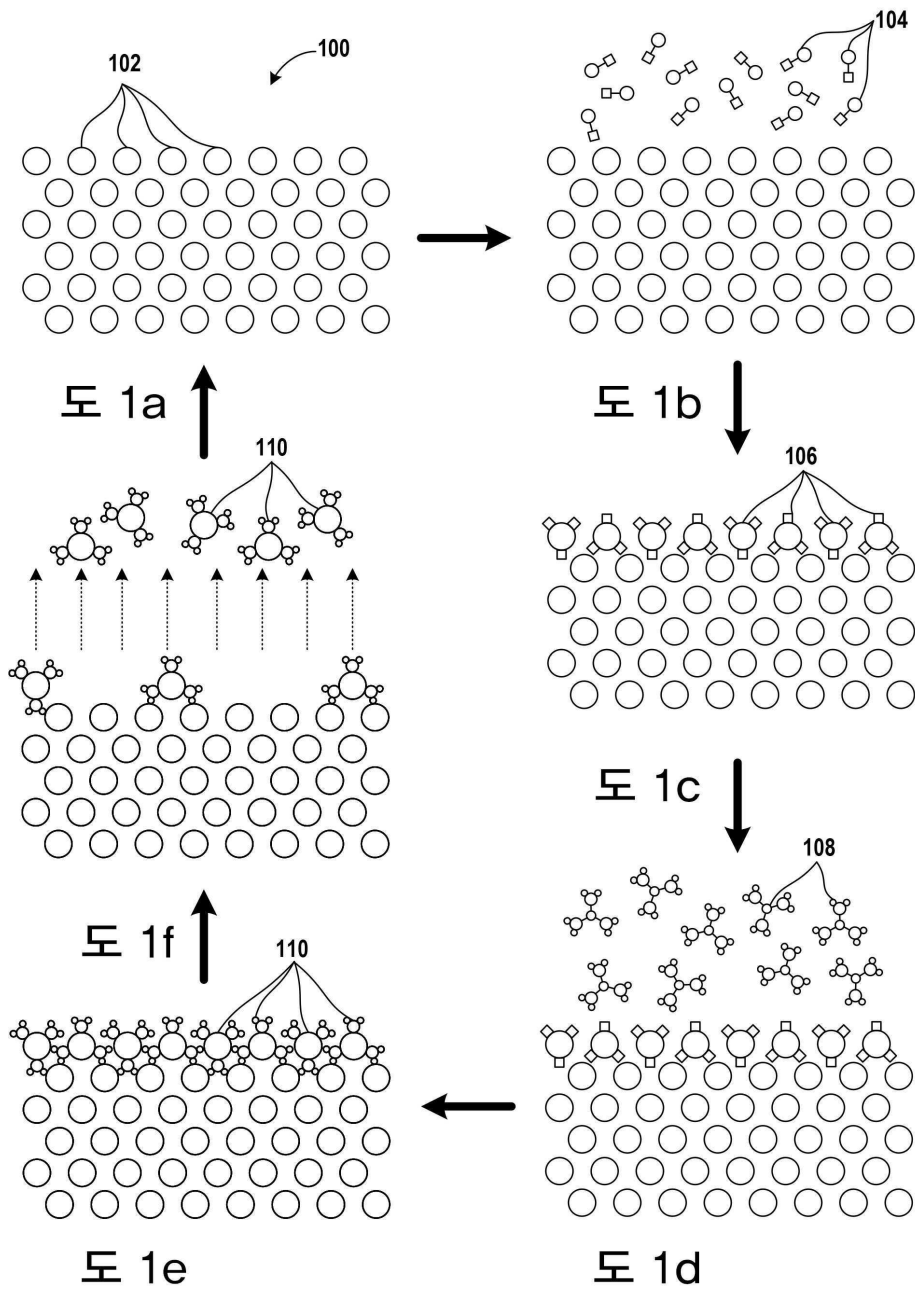
- [0054] 도 8은 본 개시의 구현예들에 따른, 상기에 기술된 시스템들을 제어하기 위한 제어 모듈 (800) 을 도시한다. 예를 들어, 제어 모듈 (800) 은 프로세서, 메모리 및 하나 이상의 인터페이스들을 포함할 수도 있다. 제어 모듈 (800) 은 부분적으로 센싱된 (sense) 값들에 기초하여 시스템 내의 디바이스들을 제어하도록 채용될 수도 있다. 단지 예를 들면, 제어 모듈 (800) 은 센싱된 값들 및 다른 제어 파라미터들에 기초하여 밸브들 (802), 필터 히터들 (804), 펌프들 (806), 및 다른 디바이스들 (808) 중 하나 이상을 제어할 수도 있다. 제어 모듈 (800) 은 단지 예를 들면, 압력 마노미터들 (810), 유량계들 (812), 온도 센서들 (814), 및/또는 다른 센서들 (816) 로부터 센싱된 값들을 수신한다. 제어 모듈 (800) 은 또한 반응물질 전달 및 플라즈마 프로세싱 동안 프로세스 조건들을 제어하도록 채용될 수도 있다. 제어 모듈 (800) 은 통상적으로 하나 이상의 메모리 디바이스들 및 하나 이상의 프로세서들을 포함할 것이다.
- [0055] 제어 모듈 (800) 은 반응물질 전달 시스템 및 플라즈마 프로세싱 장치의 액티비티들을 제어할 수도 있다. 제어 모듈 (800) 은 프로세스 타이밍, 전달 시스템 온도, 필터들에 걸친 압력차들, 밸브 위치들, 가스들의 혼합물, 챔버 압력, 챔버 온도, 웨이퍼 온도, RF 전력 레벨들, 웨이퍼 ESC 또는 페데스탈 위치, 및 특정한 프로세스의 다른 파라미터들을 제어하기 위한 인스트럭션들의 세트들을 포함하는 컴퓨터 프로그램들을 실행한다. 제어 모듈 (800) 은 또한 압력차를 모니터링할 수도 있고 증기 반응물질 전달을 하나 이상의 경로들로부터 하나 이상의 다른 경로들로 자동으로 스위칭할 수도 있다. 제어 모듈 (800) 과 연관된 메모리 디바이스들 상에 저장된 다른 컴퓨터 프로그램들은 일부 실시예들에서 채용될 수도 있다.
- [0056] 통상적으로 제어 모듈 (800) 과 연관된 사용자 인터페이스가 있을 것이다. 사용자 인터페이스는 디스플레이 (818) (예를 들어 장치 및/또는 프로세스 조건들의 디스플레이 스크린 및/또는 그래픽 소프트웨어 디스플레이들) 및 포인팅 디바이스들, 키보드들, 터치 스크린들, 마이크로폰들, 등과 같은 사용자 입력 디바이스들 (820) 을 포함할 수도 있다.
- [0057] 프로세스 시퀀스에서 반응물질의 전달, 플라즈마 프로세싱 및 다른 프로세스들을 제어하기 위한 컴퓨터 프로그램들은 예를 들어, 어셈블리 언어, C, C++, 파스칼, 포트란, 또는 다른 것들과 같은 임의의 종래의 컴퓨터 판독 가능한 프로그래밍 언어로 작성될 수 있다. 컴파일링된 객체 코드 또는 스크립트가 프로그램 내에서 식별된 태스크들을 수행하도록 프로세서에 의해 실행된다.
- [0058] 제어 모듈 파라미터들은 예를 들어, 필터 압력차들, 프로세스 가스 조성 및 플로우 레이트들, 온도, 압력, RF 전력 레벨들과 저주파수 RF 주파수와 같은 플라즈마 조건들, 냉각 가스 압력, 및 챔버 벽 온도와 같은 프로세스 조건들에 관한 것이다.
- [0059] 시스템 소프트웨어는 많은 상이한 방식들로 설계 또는 구성될 수도 있다. 예를 들어, 다양한 챔버 컴포넌트 서브루틴들 또는 제어 객체들이 본 발명의 증착 프로세스들을 수행하기 위해 필요한 챔버 컴포넌트들의 동작을 제어하도록 작성될 수도 있다. 이러한 목적을 위한 프로그램들 또는 프로그램들의 섹션들의 예들은 기관 포지셔닝 (positioning) 코드, 프로세스 가스 제어 코드, 압력 제어 코드, 히터 제어 코드, 플라즈마 제어 코드를 포함한다.
- [0060] 전술한 실시예들이 이해의 명료성의 목적들을 위해 일부 상세히 기술될지라도, 특정한 변화들 및 수정들이 개시된 실시예들의 범위 내에서 실행될 수도 있다는 것이 분명할 것이다. 본 실시예들의 프로세스들, 시스템들, 및 장치를 구현하는 많은 대안적인 방식들이 있다는 것이 주의되어야 한다. 따라서, 본 실시예들은 제한적인 것이 아닌 예시적인 것으로서 고려되고, 본 실시예들은 본 명세서에 주어진 상세사항들로 제한되지 않는다.

도면

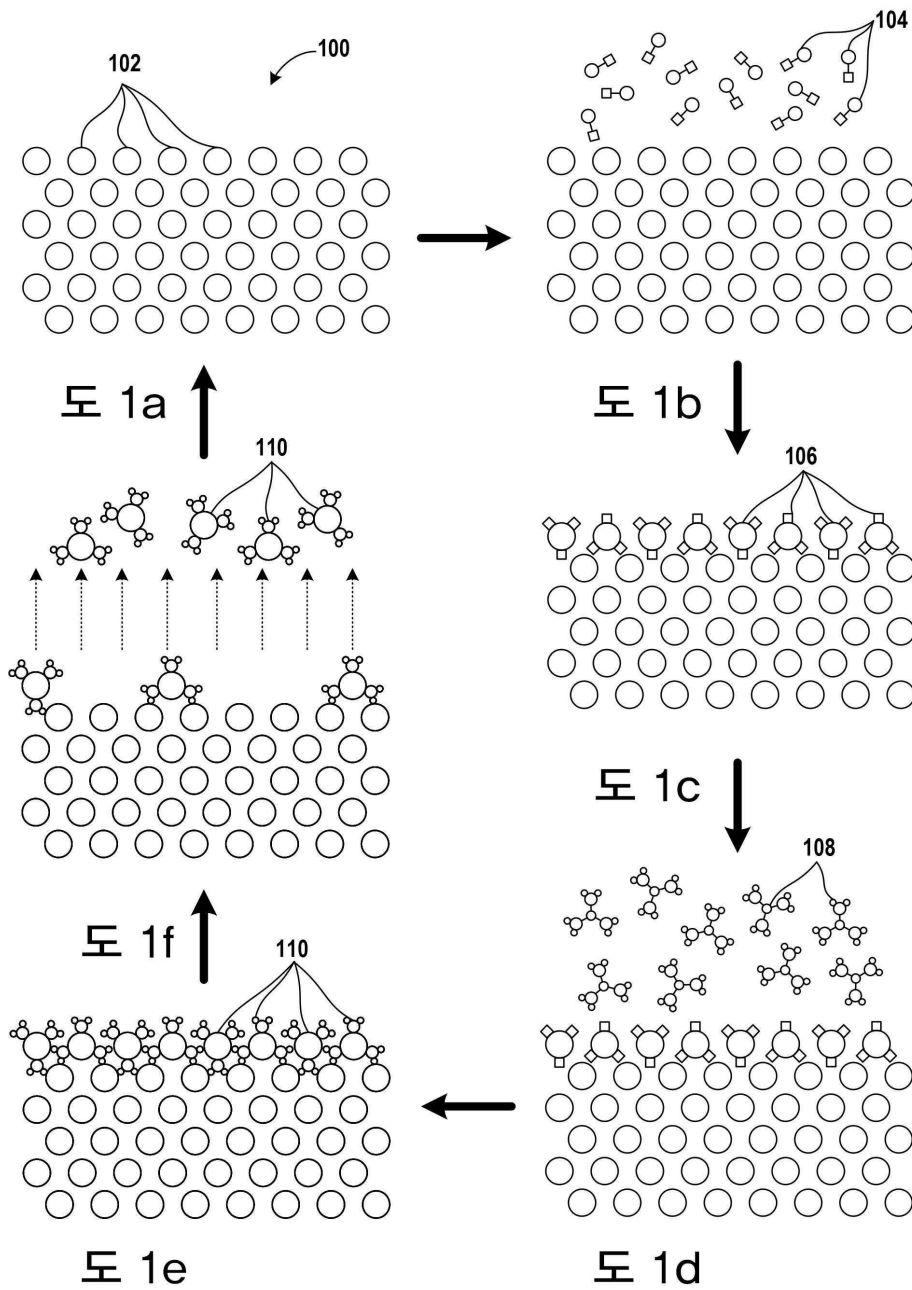
도면1a



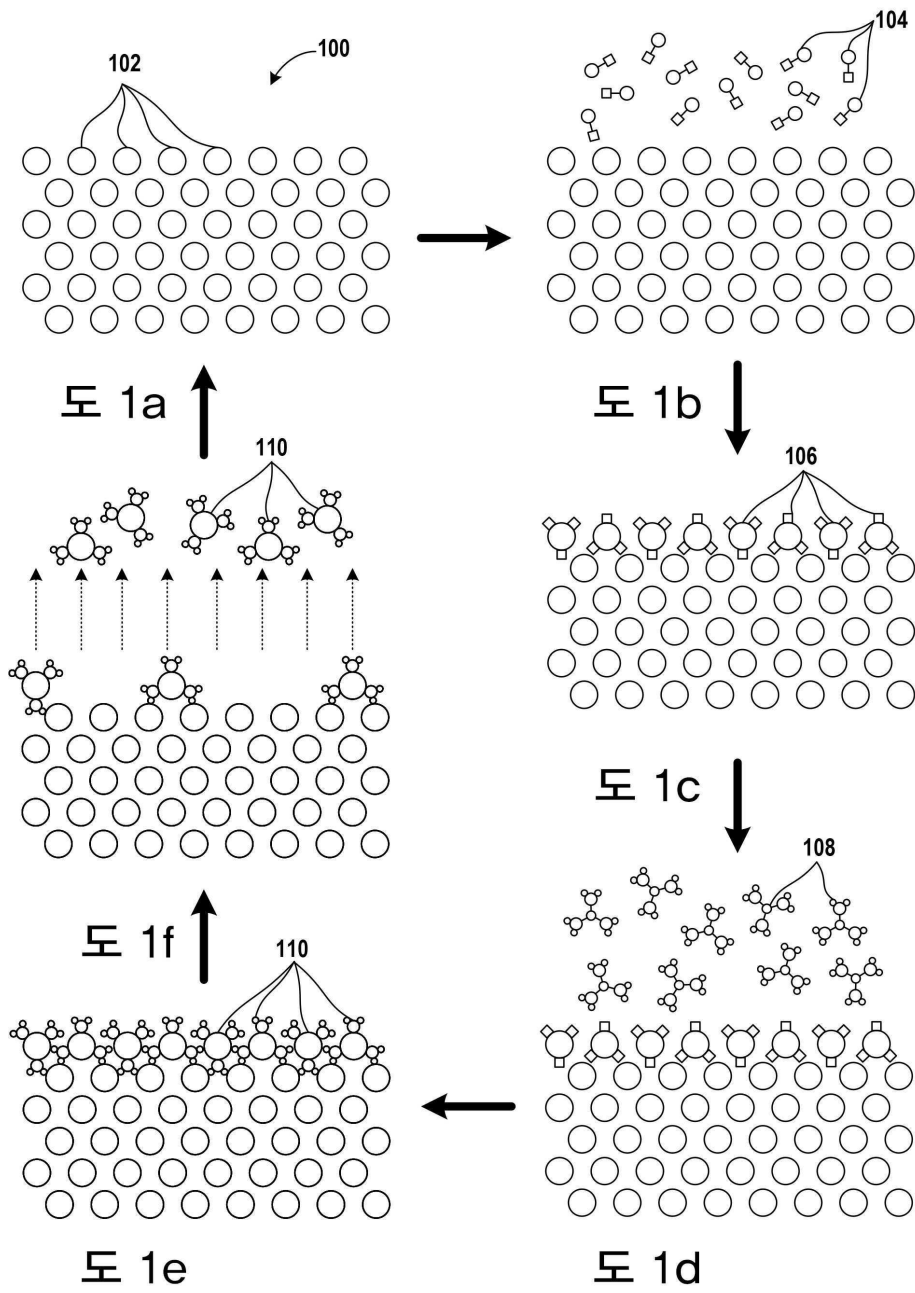
도면 1b



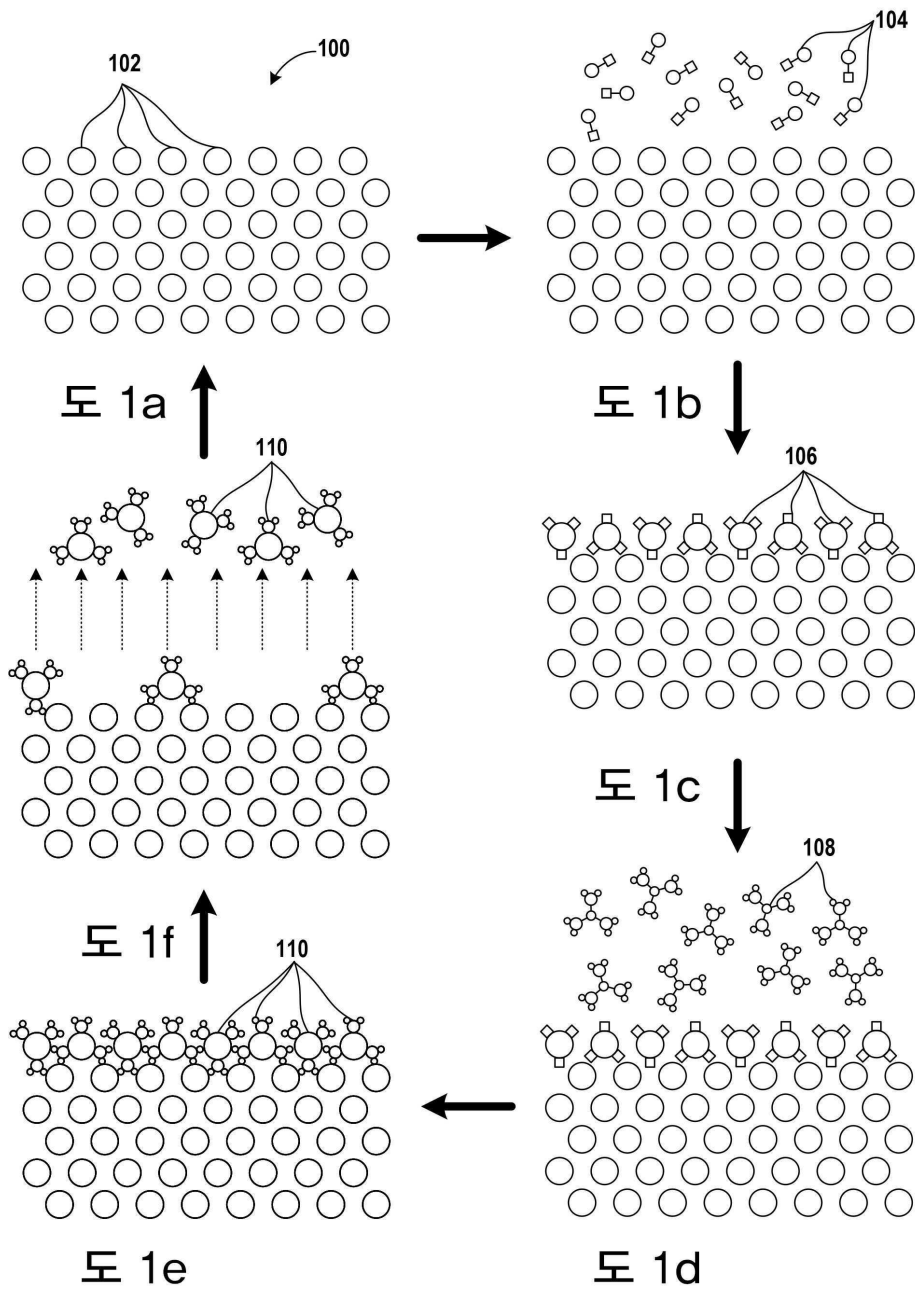
도면1c



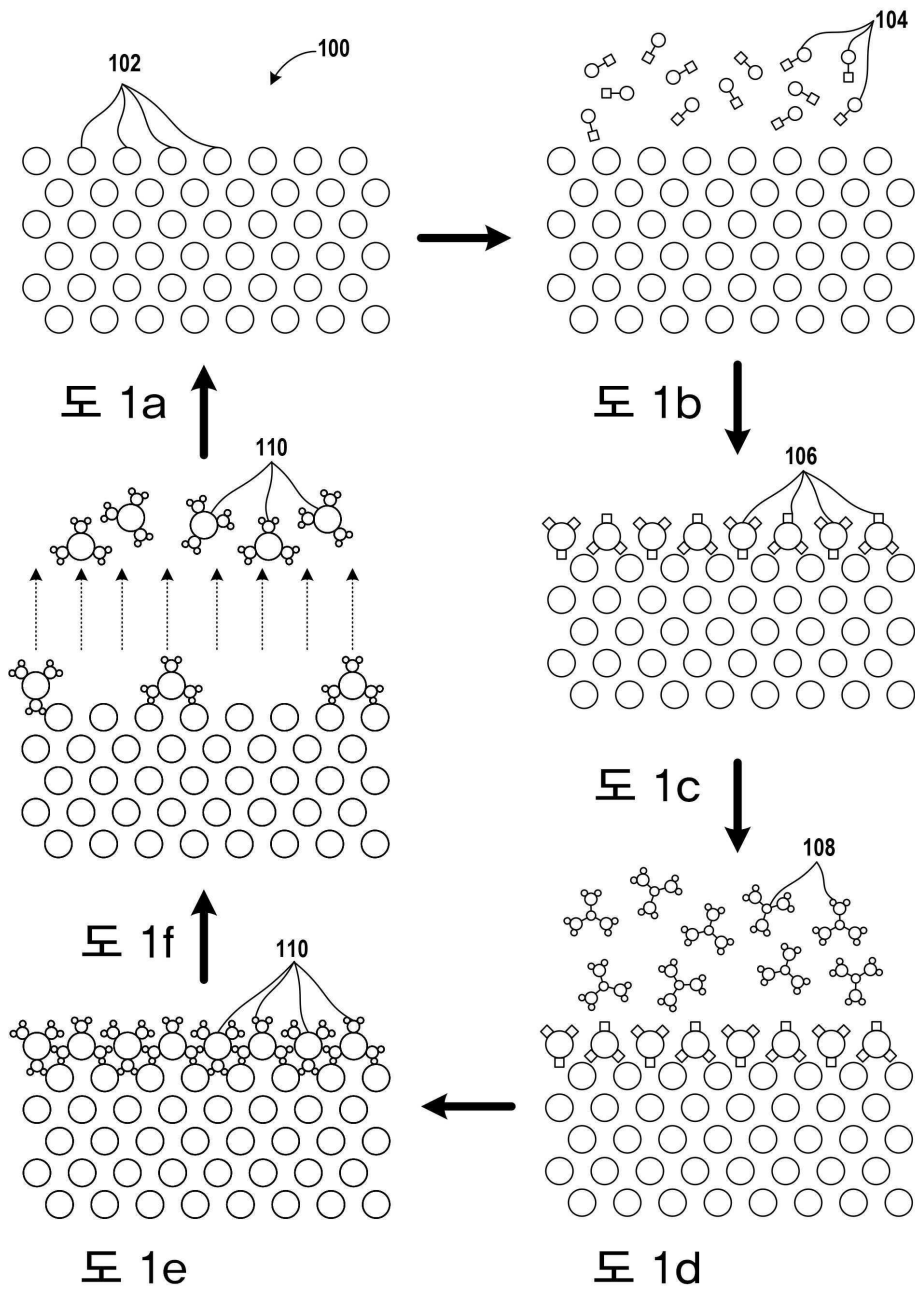
도면1d



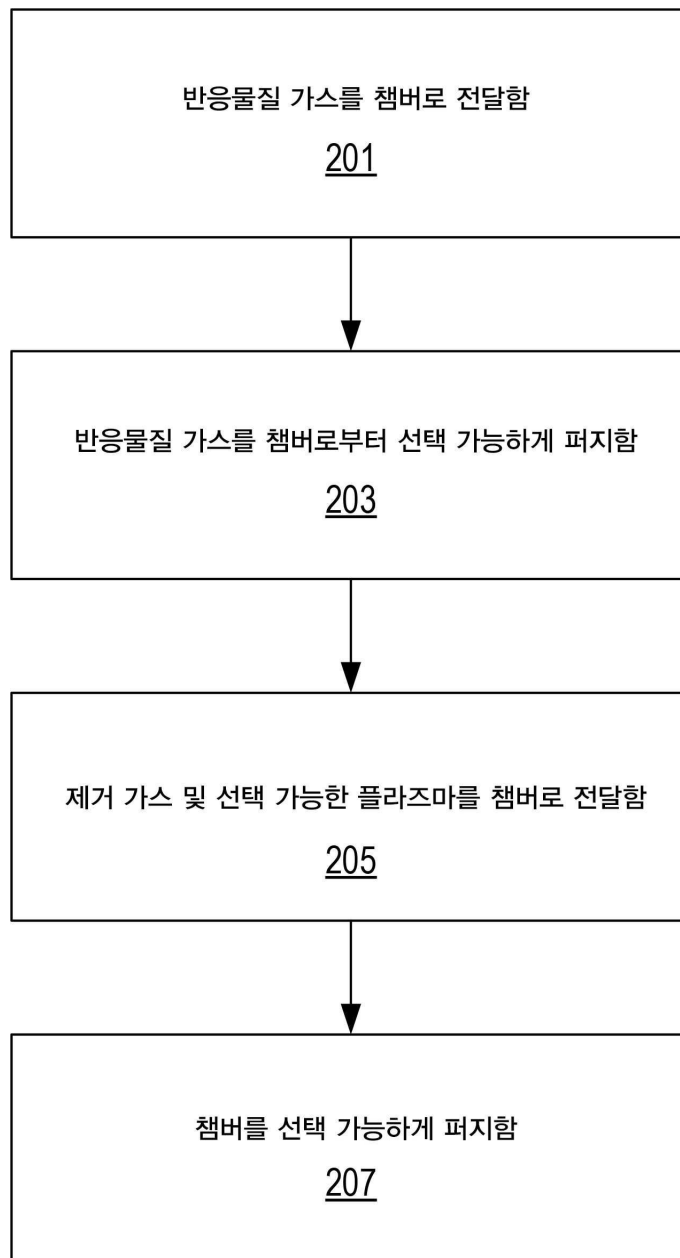
도면1e



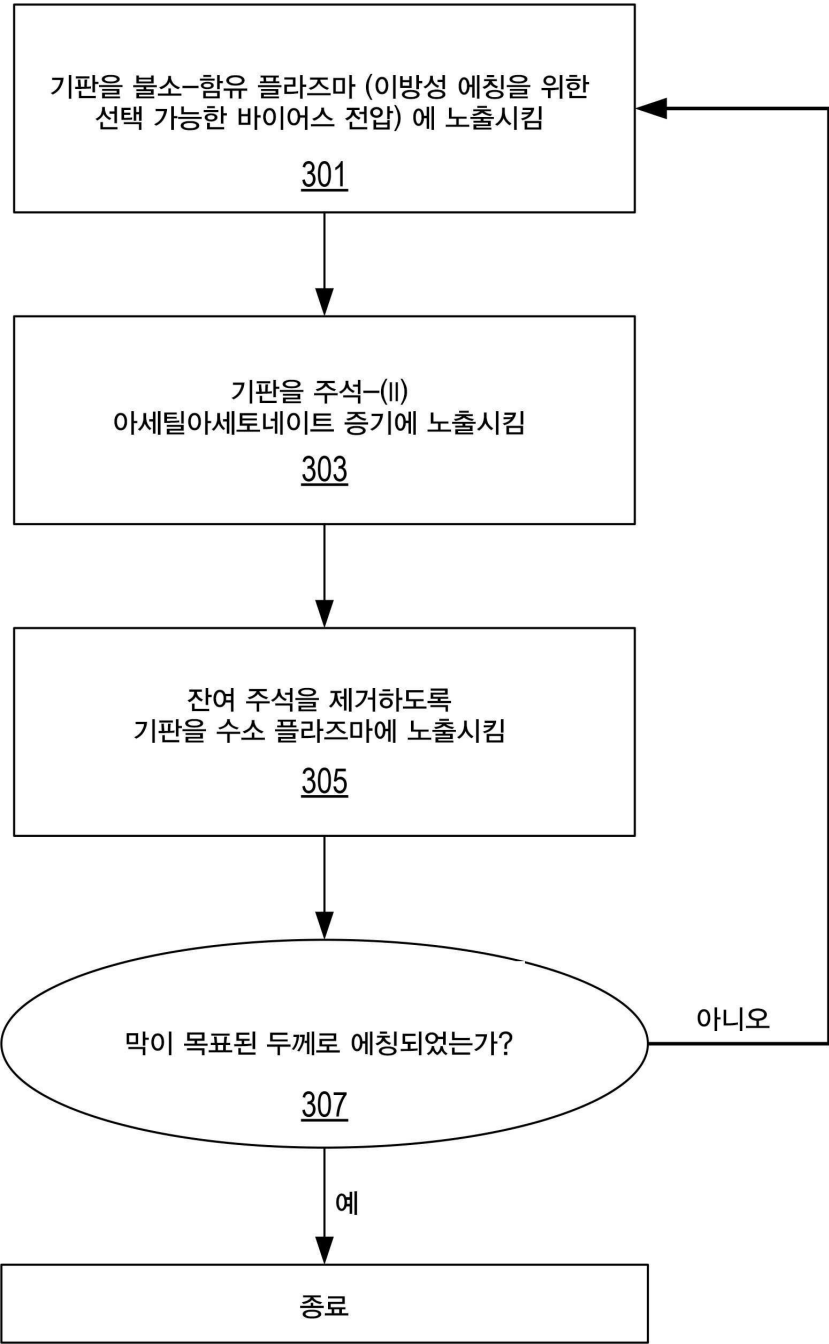
도면1f



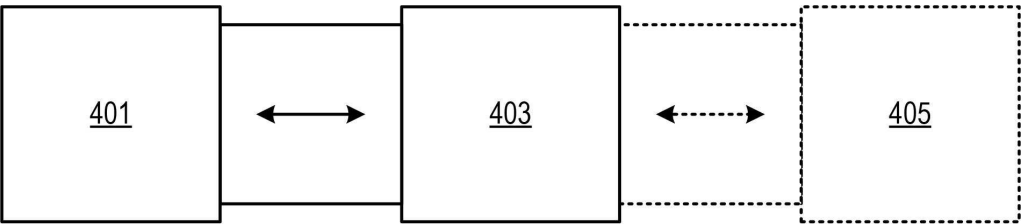
도면2



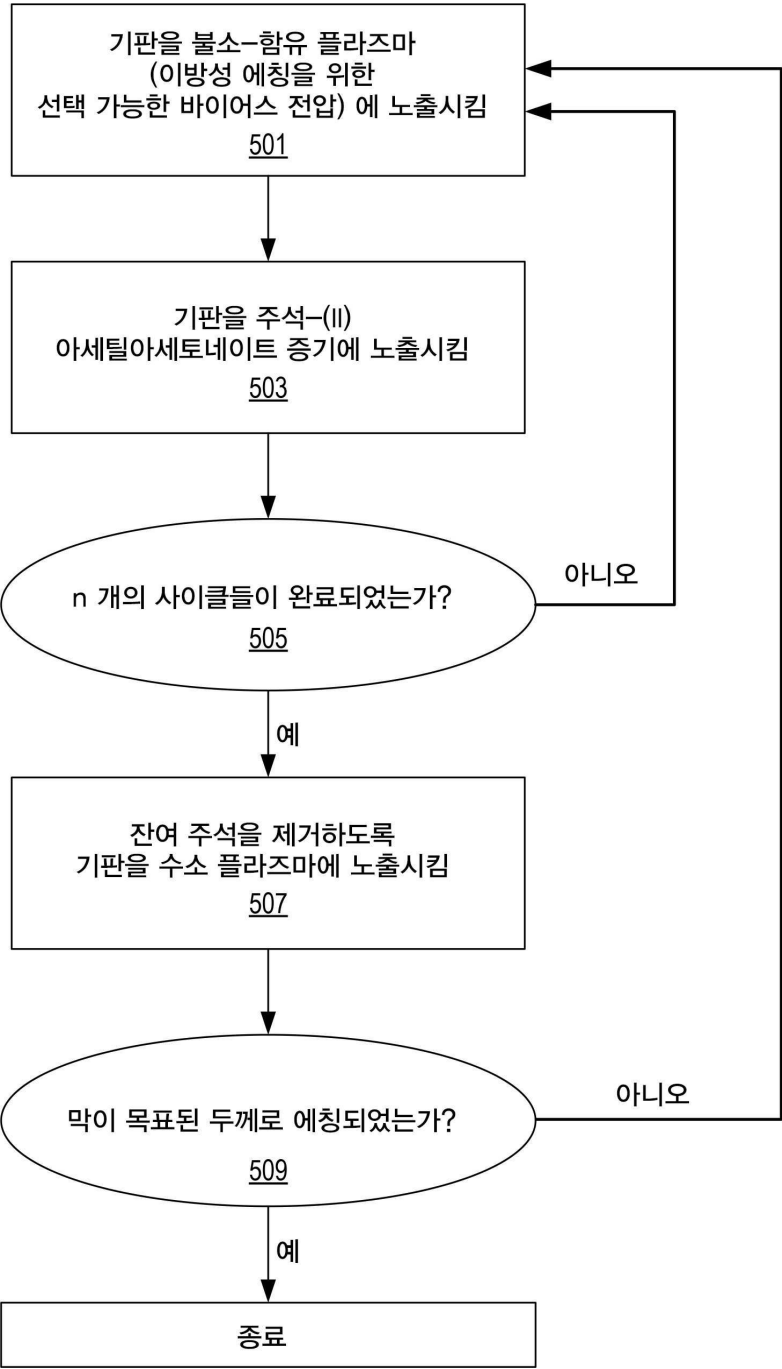
도면3



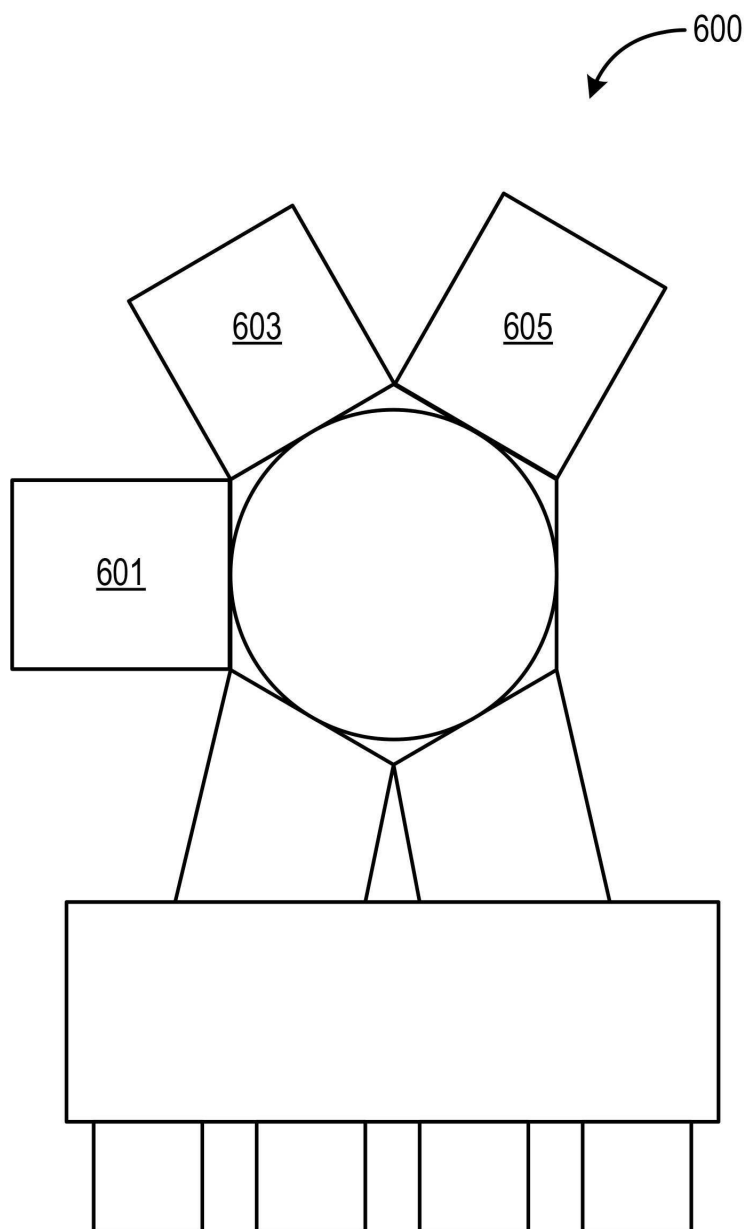
도면4



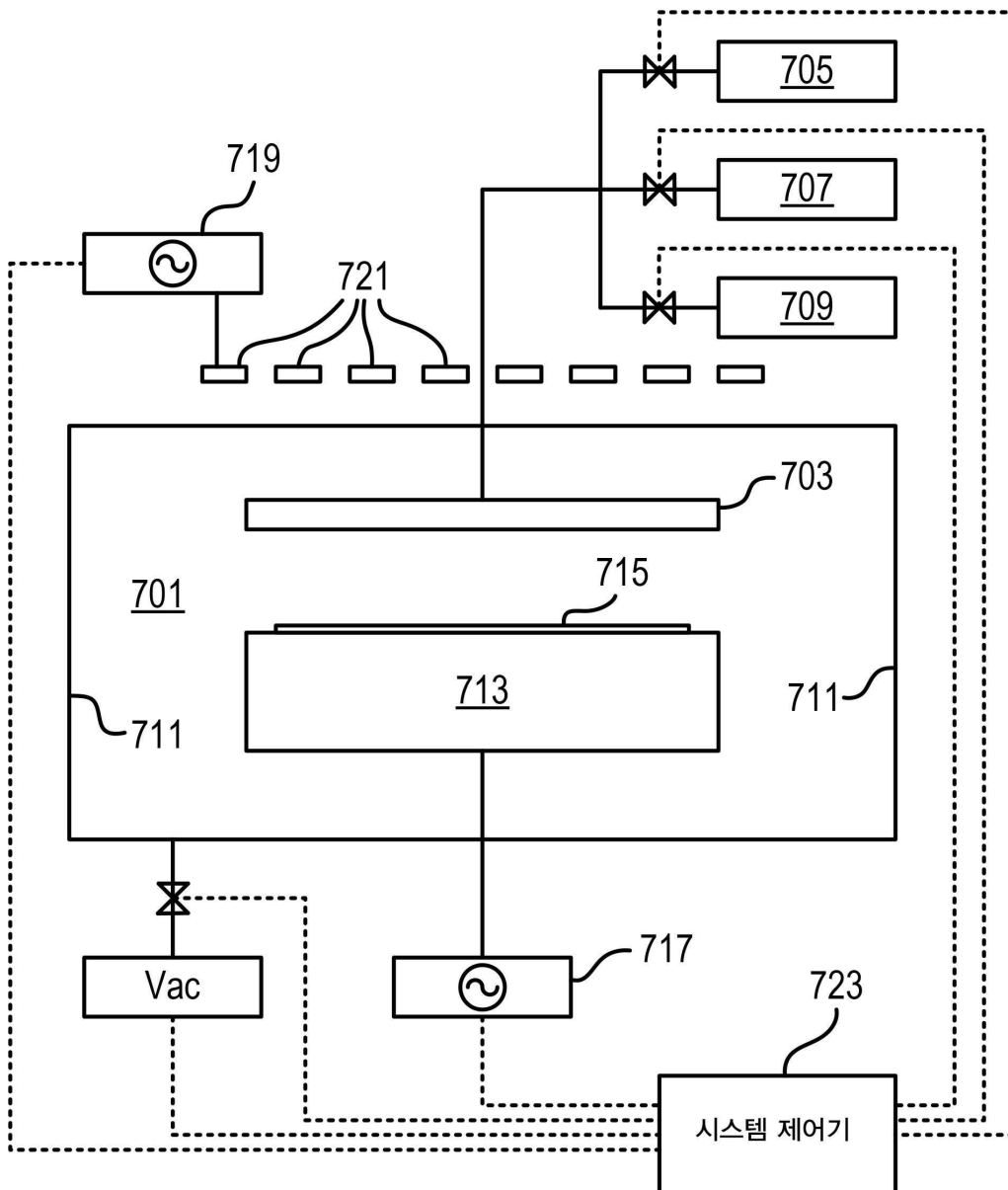
도면5



도면6



도면7



도면8

