



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2023년08월29일  
(11) 등록번호 10-2572854  
(24) 등록일자 2023년08월25일

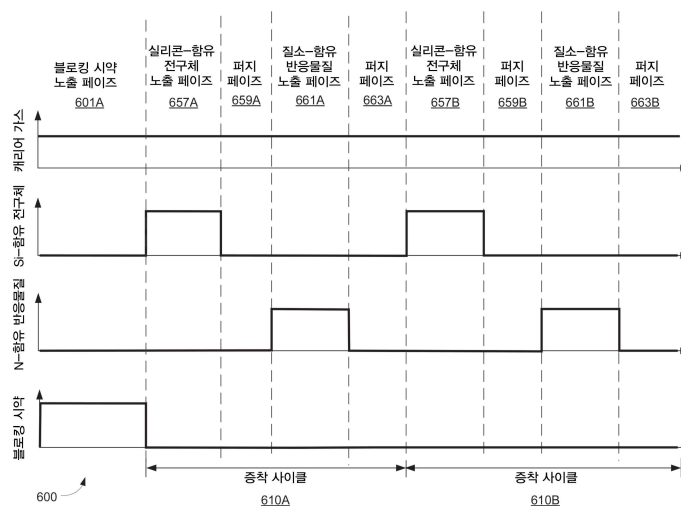
- |   |   |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>H01L 21/02 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>H01L 21/0228 (2013.01)<br/>H01L 21/02112 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-0030157</p> <p>(22) 출원일자 2018년03월15일<br/>심사청구일자 2021년03월10일</p> <p>(65) 공개번호 10-2018-0106933</p> <p>(43) 공개일자 2018년10월01일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>15/462,695 2017년03월17일 미국(US)<br/>15/878,349 2018년01월23일 미국(US)</p> <p>(56) 선행기술조사문헌<br/>KR1020160130165 A*<br/>(뒷면에 계속)</p> <p>전체 청구항 수 : 총 31 항</p> | <p>(73) 특허권자<br/>램 리썬치 코퍼레이션<br/>미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650</p> <p>(72) 발명자<br/>스미스 데이비드 찰스<br/>미국, 오리건 97034, 레이크 오스위고, 파렐리우스 서클 16081<br/>하우스만 데니스 엠.<br/>미국, 오리건 97034, 레이크 오스위고, 레이크리지 드라이브 16951</p> <p>(74) 대리인<br/>특허법인인벤싱크</p> |
|---|---|
- 심사관 : 한상국

(54) 발명의 명칭 **실리콘 나이트라이드의 선택적 성장**

**(57) 요약**

실리콘 옥사이드 표면들에 대하여 실리콘 표면들 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하고 실리콘 표면들에 대하여 실리콘 옥사이드 표면들 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 방법들 및 장치들이 본 명세서에 제공된다. 방법들은 열적 ALD (atomic layer deposition) 를 사용하여 실리콘 옥사이드 표면들 상에 선택적으로 실리콘 나이트라이드를 증착하기 전에 실리콘 표면 상에 유기 모이어티를 형성함으로써 실리콘 표면을 차폐하도록 실리콘 표면과 선택적으로 반응하는 알켄에 기관을 노출하는 단계를 수반한다. 방법들은 열적 ALD를 사용하여 실리콘 표면들 상에 선택적으로 실리콘 나이트라이드를 증착하기 전에 실리콘 옥사이드 표면 상에 유기 모이어티를 형성함으로써 실리콘 옥사이드 표면을 차폐하도록 실리콘 옥사이드 표면과 선택적으로 반응하는 알킬실릴할라이드에 기관을 노출하는 단계를 수반한다.

**대표도** - 도6



(52) CPC특허분류

*H01L 21/0245* (2013.01)  
*H01L 21/02458* (2013.01)  
*H01L 21/02532* (2013.01)  
*H01L 21/0254* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US20150137333 A1\*  
KR1020160061885 A\*  
KR1020130057409 A  
KR1020140113477 A  
KR1020160061890 A  
KR1020160061983 A  
KR1020170016310 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법에 있어서,

노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 노출된 실리콘 표면을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계;

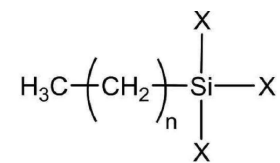
상기 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 상기 노출된 실리콘 표면 중 하나 상에 유기 모이어티를 형성함으로써, 상기 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 상기 노출된 실리콘 표면 중 다른 하나는 블로킹되지 않은 (unblocked) 채로 남는 동안 상기 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 상기 노출된 실리콘 표면 중 상기 하나를 블로킹하도록 블로킹 시약에 상기 반도체 기판을 노출하는 단계; 및

하나 이상의 열적 ALD (atomic layer deposition) 사이클들에 의해 상기 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 상기 노출된 실리콘 표면 중 상기 다른 하나 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계로서, 상기 사이클 각각은,

실리콘-함유 전구체를 상기 블로킹되지 않은 표면에 흡착시키도록 상기 블로킹된 표면 및 상기 블로킹되지 않은 표면을 갖는 상기 반도체 기판을 상기 실리콘-함유 전구체에 노출하는 단계; 및

상기 블로킹된 표면에 상대적으로, 상기 블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 플라즈마를 점화하지 않고 상기 반도체 기판을 질소-함유 반응물질에 노출하는 단계를 포함하는, 상기 하나 이상의 열적 ALD 사이클들에 의해 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함하고,

상기 블로킹 시약은 알켄 또는 다음의 화학 구조를 갖는 알킬실릴할라이드이고,



여기서 X는 할로젠이고, 그리고 n은 1 이상 20 이하의 정수인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 노출된 실리콘 옥사이드 표면은 하이드록실기들을 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착한 후, 상기 유기 모이어티를 제거하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 유기 모이어티를 제거하는 단계는 헬륨 및 아르곤으로 구성된 그룹으로부터 선택된 불활성 가스에 상기 반도체 기판을 노출하는 것 및 500 W 내지 2000 W의 플라즈마 전력에서 플라즈마를 점화하는 것을 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착한 후, 불소-함유 가스 및 산소-함유 가스의 혼합물에 상기 반도체 기판을 노출함으로써 상기 유기 모이어티를 제거하는 단계 및 75 W 내지 200 W의 전력으로 플라즈마를 점화하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 8**

제 1 항 및 제 4 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반도체 기판을 상기 블로킹 시약에 노출하기 전에, 상기 노출된 실리콘 표면 상에 수소화기들을 형성하도록 상기 반도체 기판을 수소에 노출하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 9**

제 1 항 및 제 4 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 실리콘-함유 전구체는 실리콘 할라이드들 및 아미노실란들로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 10**

제 1 항 및 제 4 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 질소-함유 반응물질은 암모니아, 질소, 하이드라진, 또는 이들의 조합인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 11**

제 1 항 및 제 4 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반도체 기판은 25 °C 내지 300 °C의 온도로 설정된 페테스탈 상에 놓이는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 12**

제 1 항 및 제 4 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 반도체 기판은 10 mTorr 내지 10 Torr의 챔버 압력으로 설정된 챔버 내에 놓이는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 13**

제 1 항 및 제 4 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 열적 ALD 사이클 각각은 상기 반도체 기판을 상기 실리콘-함유 전구체에 노출하는 단계와 상기 반도체 기판을 상기 질소-함유 반응물질에 노출하는 단계 사이에 상기 반도체 기판을 하우스징하는 챔버를 퍼지하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서,

상기 알켄은 1-옥타데센 (1-octadecene) 인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 15**

제 1 항에 있어서,

상기 알킬실릴할라이드는 옥타데실트리클로로실란인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 16**

제 7 항에 있어서,

상기 플라즈마는 리모트 플라즈마 생성기에서 점화되는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 17**

제 7 항에 있어서,

상기 플라즈마는 인시츄로 점화되는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 18**

반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법에 있어서,

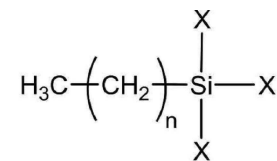
블로킹된 표면 및 블로킹되지 않은 표면을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계로서, 상기 블로킹된 표면은 Si-C 결합을 갖는 유기 모이어티를 포함하는, 상기 반도체 기판을 제공하는 단계; 및

하나 이상의 열적 ALD 사이클들에 의해 상기 블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계로서, 상기 사이클 각각은,

실리콘-함유 전구체를 상기 블로킹되지 않은 표면에 흡착시키도록 상기 블로킹된 표면 및 상기 블로킹되지 않은 표면을 갖는 상기 반도체 기판을 상기 실리콘-함유 전구체에 노출하는 단계;

상기 블로킹된 표면에 상대적으로, 상기 블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 플라즈마를 점화하지 않고 상기 반도체 기판을 질소-함유 반응물질에 노출하는 단계를 포함하는, 상기 하나 이상의 열적 ALD 사이클들에 의해 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계; 및

상기 반도체 기판을 알켄 또는 다음의 화학구조를 갖는 알킬실릴할라이드에 노출함으로써 상기 블로킹된 표면을 준비하는 단계를 포함하는,



여기서 X는 할로젠이고, 그리고 n은 1 이상 20 이하의 정수인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 19**

제 18 항에 있어서,

상기 블로킹되지 않은 표면은 비-실리콘 표면인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 20**

제 18 항에 있어서,

상기 블로킹되지 않은 표면은 비-실리콘-옥사이드 표면인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는

방법.

**청구항 21**

제 18 항에 있어서,

상기 블로킹되지 않은 표면은 하이드록실기들을 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

제 18 항에 있어서,

상기 알켄은 1-옥타데신인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

제 18 항에 있어서,

상기 알킬실릴할라이드는 옥타데실트리클로로실란인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 26**

제 18 항에 있어서,

상기 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착한 후, 불소-함유 가스 및 산소-함유 가스의 혼합물에 상기 반도체 기판을 노출함으로써 상기 유기 모이어티를 제거하는 단계 및 75 W 내지 200 W의 전력으로 플라즈마를 점화하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 27**

제 26 항에 있어서,

상기 플라즈마는 리모트 플라즈마 생성기에서 점화되는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 28**

제 26 항에 있어서,

상기 플라즈마는 인시츄로 점화되는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 29**

제 18 항에 있어서,

상기 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착한 후, 상기 유기 모이어티를 제거하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 30**

제 29 항에 있어서,

상기 유기 모이어티를 제거하는 단계는 헬륨 및 아르곤으로 구성된 그룹으로부터 선택된 불활성 가스에 상기 반도체 기판을 노출하는 것 및 500 W 내지 2000 W의 플라즈마 전력에서 플라즈마를 점화하는 것을 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 31**

반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법에 있어서,

노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계;

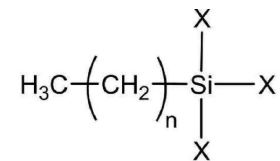
상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 하나 상에 유기 모이어티를 형성함으로써, 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 다른 하나는 블로킹되지 않은 채로 남는 동안 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 상기 하나를 블로킹하도록 블로킹 시약에 상기 반도체 기판을 노출하는 단계; 및

하나 이상의 열적 ALD (atomic layer deposition) 사이클들에 의해 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 상기 다른 하나 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계로서, 상기 사이클 각각은,

실리콘-함유 전구체를 상기 블로킹되지 않은 표면에 흡착시키도록 상기 블로킹된 표면 및 상기 블로킹되지 않은 표면을 갖는 상기 반도체 기판을 상기 실리콘-함유 전구체에 노출하는 단계; 및

상기 블로킹된 표면에 상대적으로, 상기 블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 플라즈마를 점화하지 않고 상기 반도체 기판을 질소-함유 반응물질에 노출하는 단계를 포함하는, 상기 하나 이상의 열적 ALD 사이클들에 의해 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함하고,

상기 블로킹 시약은 알켄 또는 다음의 화학 구조를 갖는 알킬실릴할라이드이고,



여기서 X는 할로젠이고, 그리고 n은 1 이상 20 이하의 정수인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 32**

삭제

**청구항 33**

삭제

**청구항 34**

제 31 항에 있어서,

상기 반도체 기판을 상기 블로킹 시약에 노출하기 전에, 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면을 형성하도록 상기 반도체 기판을 수소에 노출하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 35**

제 31 항에 있어서,

상기 반도체 기판을 상기 블로킹 시약에 노출하기 전에, 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면을 형성하도록 상기 반도체 기판을 주변 공기에 노출하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 36**

제 31 항에 있어서,

상기 반도체 기판을 상기 블로킹 시약에 노출하기 전에, 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면을 형성하도록 상기 반도체 기판을 물에 희석된 1 % 하이드로플루오르산에 노출하는 단계를 더 포함하는, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**청구항 37**

반도체 기판들을 프로세싱하기 위한 장치에 있어서,

기판을 홀딩하기 위한 페데스탈을 포함하는 프로세스 챔버;

진공에 커플링하기 위한 적어도 하나의 유출부; 및

제어기로서,

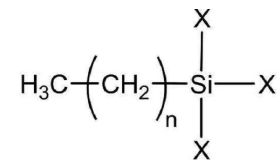
상기 프로세스 챔버의 상기 페데스탈로 반도체 기판의 전달을 유발하고,

상기 프로세스 챔버로 블로킹 시약의 도입을 유발하고,

상기 프로세스 챔버로 실리콘-함유 전구체의 도입을 유발하고, 그리고

플라즈마를 점화하지 않고 질소-함유 반응물질의 도입을 유발하는 머신-판독가능 인스트럭션들을 포함하는 장치의 동작들을 제어하는, 상기 제어기를 포함하고,

상기 블로킹 시약은 알켄 또는 다음의 화학 구조를 갖는 알킬실릴할라이드이고,



여기서 X는 할로젠이고, 그리고 n은 1 이상 20 이하의 정수인, 반도체 기판들을 프로세싱하기 위한 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

**배경 기술**

[0001] 반도체 디바이스 제조는 실리콘 나이트라이드 막들의 증착을 수반할 수도 있다. 실리콘 나이트라이드 박막들은 고유한 물리적, 화학적, 및 기계적 특성들을 갖고, 따라서 다양한 애플리케이션들에 사용된다. 예를 들어, 실리콘 나이트라이드 막들은 확산 배리어들, 게이트 절연체들, 측벽 스페이서들, 캡슐화 층들, 트랜지스터들 내 스트레인드 (strained) 막들, 등에 사용될 수도 있다. 실리콘 나이트라이드 막들을 증착하는 종래의 방법들은 유전체 재료들에 선택적이지 않다.

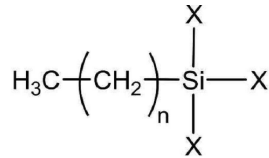
**발명의 내용**

[0002] 반도체 기판들을 프로세싱하기 위한 방법들 및 장치들이 본 명세서에 제공된다. 일 양태는 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법을 수반하고, 방법은 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 노출된 실리콘 표면을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계; 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 노출된 실리콘 표면 중 하나 상에 유기 모이어티를 형성함으로써, 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 노출된 실리콘 표면 중 다른 하나는 블로킹되지 않은 채로 남는 동안 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 노출된 실리콘 표면 중 하나를 블로킹하도록 블로킹 시약에 반도체 기판에 노출하는 단계; 및 하나 이상의 열적 ALD (atomic layer deposition) 사이클들 동안, 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 노출된 실리콘 표면 중 다른 하나 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계로서, 사이클 각각은, 실리콘-함유 전구체를 블로킹되지 않은 표면에 흡착시키도록 블로킹된 표면 및 블로킹되지 않은 표면을 갖는 반도체 기판을 실리콘-함유 전구체에 노출하는 단계; 및 블로킹된 표면에 상대적으로,

블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 플라즈마를 점화하지 않고 반도체 기판을 질소-함유 반응물질에 노출하는 단계를 포함하는, 하나 이상의 열적 ALD 사이클들에 의해 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함한다. 다양한 실시예들에서, 노출된 실리콘 옥사이드 표면은 하이드록실기들을 포함한다.

[0003] 다양한 실시예들에서, 블로킹 시약은 알켄이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 알켄은 1-옥타데센 (1-octadecene) 이다.

[0004] 다양한 실시예들에서, 블로킹 시약은 다음의 화학 구조를 갖는 알킬실릴할라이드이고,



[0005]

[0006] 여기서 X는 할로젠이고, n 은 1 내지 20 이하의 정수이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 알킬실릴할라이드는 옥타데실트리클로로실란이다.

[0007] 다양한 실시예들에서, 방법은 또한 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착한 후, 유기 모이어티를 제거하는 단계를 포함한다.

[0008] 일부 실시예들에서, 유기 모이어티는 헬륨 및 아르곤으로 구성된 그룹으로부터 선택된 불활성 가스에 반도체 기판을 노출하고 약 500 W 내지 약 2000 W의 플라즈마 전력에서 플라즈마를 점화함으로써 제거될 수도 있다. 플라즈마 전력은 300 mm 웨이퍼 표면적 당 약 500 W 내지 약 2000 W일 수도 있다.

[0009] 일부 실시예들에서, 유기 모이어티는 불소-함유 가스 및 산소-함유 가스의 혼합물에 반도체 기판을 노출하고 약 75 W 내지 약 200 W의 플라즈마 전력에서 플라즈마를 점화함으로써 제거될 수도 있다. 플라즈마 전력은 300 mm 웨이퍼 표면적 당 약 75 W 내지 약 200 W일 수도 있다. 플라즈마는 리모트 플라즈마 생성기 내에서와 같이 리모트로, 또는 직접적으로 (즉 인시츄) 생성될 수도 있다.

[0010] 일부 실시예들에서, 방법은 또한 반도체 기판을 블로킹 시약에 노출하기 전에, 노출된 실리콘 표면 상에 수소화기들을 형성하도록 반도체 기판을 수소에 노출하는 단계를 포함한다.

[0011] 다양한 실시예들에서, 실리콘-함유 전구체는 실리콘 할라이드 또는 아미노실란이다. 다양한 실시예들에서, 질소-함유 반응물질은 질소, 암모니아, 하이드라진, 및 이들의 조합 중 임의의 하나이다.

[0012] 반도체 기판은 약 25 °C 내지 약 300 °C의 온도로 설정된 페테스탈 상에 놓일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 반도체 기판은 약 10 mTorr 내지 약 10 Torr의 챔버 압력으로 설정된 챔버 내에 놓일 수도 있다.

[0013] 다양한 실시예들에서, 열적 ALD 사이클 각각은 또한 반도체 기판을 실리콘-함유 전구체에 노출하는 단계와 반도체 기판을 질소-함유 반응물질에 노출하는 단계 사이에 반도체 기판을 하우스징하는 챔버를 퍼지하는 단계를 포함한다.

[0014] 또 다른 양태는 반도체 기판들을 프로세싱하기 위한 장치를 수반하고, 장치는, 기판을 홀딩하기 위한 페테스탈을 포함하는 적어도 하나의 프로세스 챔버; 진공으로 커플링하기 위한 적어도 하나의 유출부; 하나 이상의 알켄 가스 소스들에 커플링된 하나 이상의 프로세스 가스 유입부들; 하나 이상의 실리콘-함유 전구체 가스 소스들에 커플링된 하나 이상의 프로세스 가스 유입부들; 하나 이상의 질소-함유 반응물질 가스 소스들에 커플링된 하나 이상의 프로세스 가스 유입부들; 및 제어기로서, 적어도 하나의 프로세스 챔버 내에 하우스징된 기판의 실리콘 표면들을 블로킹하도록 적어도 하나의 프로세스 챔버로 알켄 가스를 도입하고; 그리고 알켄 가스를 도입한 후, 열적 ALD에 의해 기판의 비-실리콘 표면들 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 시간적으로 분리된 펄스들로 실리콘-함유 전구체 가스 및 질소-함유 반응물질 가스를 도입하기 위한 머신-판독가능 인스트럭션들을 포함하는 제어기를 포함하고, 실리콘-함유 전구체 가스의 펄스 및 질소-함유 반응물질 가스의 펄스는 열적 ALD 일 사이클을 구성한다.

[0015] 또 다른 양태는 반도체 기판들을 프로세싱하기 위한 장치를 수반하고, 장치는, 기판을 홀딩하기 위한 페테스탈을 포함하는 적어도 하나의 프로세스 챔버; 진공으로 커플링하기 위한 적어도 하나의 유출부; 하나 이상의 알킬실릴할라이드 가스 소스들에 커플링된 하나 이상의 프로세스 가스 유입부들; 하나 이상의 실리콘-함유 전구체

가스 소스들에 커플링된 하나 이상의 프로세스 가스 유입부들; 하나 이상의 질소-함유 반응물질 가스 소스들에 커플링된 하나 이상의 프로세스 가스 유입부들; 및 제어기로서, 적어도 하나의 프로세스 챔버 내에 하우징된 기관의 실리콘 옥사이드 표면들을 블로킹하도록 적어도 하나의 프로세스 챔버로 알킬실릴할라이드 가스를 도입하고; 그리고 알킬실릴할라이드 가스를 도입한 후, 열적 ALD에 의해 기관의 비-실리콘 옥사이드 표면들 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 시간적으로 분리된 펄스들로 실리콘-함유 전구체 가스 및 질소-함유 반응물질 가스를 도입하기 위한 머신-판독가능 인스트럭션들을 포함하는 제어기를 포함하고, 실리콘-함유 전구체 가스의 펄스 및 질소-함유 반응물질 가스의 펄스는 열적 ALD 일 사이클을 구성한다.

[0016] 이들 및 다른 양태들은 도면들을 참조하여 이하에 더 기술된다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 도 1은 특정한 개시된 실시예들에 따른 방법을 위한 동작들을 도시하는 프로세스 흐름도이다.

도 2 및 도 3은 특정한 개시된 실시예들에 따라 기술된 동작들을 겪는 기관들의 개략적인 예시들이다.

도 4a 내지 도 4c는 특정한 개시된 실시예들에 따라 기술된 동작들을 겪는 기관들의 개략적인 예시들이다.

도 5a 내지 도 5c는 특정한 개시된 실시예들에 따라 기술된 동작들을 겪는 기관들의 개략적인 예시들이다.

도 6은 특정한 개시된 실시예들에 따른 방법의 사이클들의 예를 도시하는 타이밍 시퀀스도이다.

도 7은 특정한 개시된 실시예들을 수행하기 위한 예시적인 프로세스 챔버의 개략도이다.

도 8은 특정한 개시된 실시예들을 수행하기 위한 예시적인 프로세스 툴의 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0018] 이하의 기술에서, 다수의 구체적인 상세들이 제시된 실시예들의 전체적인 이해를 제공하도록 언급된다. 개시된 실시예들은 이들 구체적인 상세들 중 일부 또는 전부 없이도 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지의 프로세스 동작들은 개시된 실시예들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다. 개시된 실시예들이 구체적인 실시예들에 관하여 기술되지만, 이는 개시된 실시예들을 제한하는 것으로 의도되지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0019] 반도체 제조 프로세스들은 종종 실리콘 나이트라이드 재료의 증착을 수반한다. 일 예에서, 실리콘 나이트라이드는 확산 배리어들, 게이트 절연체들, 측벽 스페이서들, 및 캡슐화 층들로서 반도체 디바이스 제조에 사용될 수도 있다. 컴포지트 실리콘 나이트라이드 층들은 또한 다른 애플리케이션들에 사용될 수도 있다. 예를 들어, 실리콘 나이트라이드는 메모리 구조체들의 제조 동안 사용될 수도 있다.

[0020] 실리콘 나이트라이드 층들을 증착하기 위한 종래의 ALD (atomic layer deposition), PEALD (plasma-enhanced atomic layer deposition), CVD (chemical vapor deposition), 및 PECVD (plasma-enhanced chemical vapor deposition) 기법들은 일반적으로 유전체 재료들에 선택적이지 않다. 일부 기법들이 금속에 상대적으로 옥사이드 재료들 상에 금속 옥사이드를 선택적으로 증착하고, 그리고 옥사이드에 상대적으로 금속 재료들 상에 금속 옥사이드를 선택적으로 증착하기 위해 존재하지만, 이러한 기법들은 다른 유전체 재료에 상대적으로 유전체 재료를 선택적으로 증착하기 불충분하다.

[0021] 실리콘 옥사이드에 상대적으로 실리콘 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하기 위한 방법들 및 장치들 그리고 실리콘에 상대적으로 실리콘 옥사이드 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하기 위한 방법들 및 장치들이 본 명세서에 제공된다. 본 명세서에 기술된 기법들은 블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하도록 다른 표면은 블로킹되지 않은 채로 남는 동안 일 표면을 블로킹하기 위해 실리콘 옥사이드 표면 및 실리콘 표면들의 상대적인 반응성을 사용하는 것을 수반한다. 기관은 블로킹된 표면 상에 유기기 또는 모이어티를 형성함으로써 실리콘 표면 또는 실리콘 옥사이드 표면을 블로킹하도록 선택된 유기 블로킹 시약에 노출되고, 실리콘 옥사이드 표면 또는 실리콘 표면, 각각을 블로킹되지 않은 채로 남긴다. 실리콘 나이트라이드의 증착은 증착이 플라즈마를 사용하지 않고 수행되도록 열적 ALD를 사용하여 수행된다. 많은 실시예들에서, 플라즈마를 점화하는 것은 유기기 또는 모이어티를 제거할 것이고, 따라서 블로킹된 표면으로 하여금 실리콘 나이트라이드 증착에 민감하게 한다. 따라서, ALD는 플라즈마를 점화하지 않고 수행된다.

[0022] ALD는 순차적인 자기 제한 반응들을 사용하여 재료의 박층들을 증착하는 기법이다. 통상적으로, ALD 사이클은

기관 표면으로 적어도 하나의 반응물질을 전달하고 흡착시키고, 이어서 부분적인 막층을 형성하도록 하나 이상의 반응물질들과 흡착된 반응물질을 반응시키는 동작들을 포함한다. 예로서, 실리콘 옥사이드 증착 사이클은 다음의 동작들: (i) 실리콘-함유 전구체의 전달/흡착, (ii) 챔버로부터 실리콘 전구체의 퍼지, (iii) 산소-함유 반응물질 또는 산소-함유 가스의 전달, 및 (iv) 챔버로부터 산소-함유 반응물질의 퍼지를 포함할 수도 있다.

[0023] CVD (chemical vapor deposition) 기법과 달리, ALD 프로세스들은 층 단위 (layer-by-layer basis) 로 막들을 증착하기 위해 표면 매개 증착 반응들을 사용한다. ALD 프로세스의 일 예에서, 표면 활성 사이트들의 집단을 포함하는 기관 표면은, 기관을 하우징하는 챔버에 제공된 도즈 내의 실리콘 함유 전구체와 같은 제 1 전구체의 가스 상 분포에 노출된다. 이 제 1 전구체의 분자들은 기관 표면 상에 흡착되고, 제 1 전구체의 화학흡착 종 및/또는 물리흡착 분자들을 포함한다. 본 명세서에 기술된 바와 같이 화합물이 기관 표면 상에 흡착될 때 흡착된 층은 화합물뿐만 아니라 화합물의 유도체들을 포함할 수도 있다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 실리콘 함유 전구체의 흡착된 층은 실리콘 함유 전구체뿐만 아니라 실리콘 함유 전구체의 유도체들을 포함할 수도 있다. 제 1 전구체 도즈 후에, 이어서 챔버는 주로 또는 흡착된 층만 남도록 가스 상으로 남아 있는 제 1 전구체의 대부분 또는 모두를 제거하도록 배기된다. 일부 구현예들에서, 챔버는 완전히 배기되지 않을 수도 있다. 예를 들어, 챔버는 가스 상의 제 1 전구체의 분압이 반응을 완화시키게 충분히 낮도록 배기될 수도 있다. 제 2 반응물질, 예컨대 질소-함유 반응물질이 챔버로 도입되어 제 2 반응물질의 분자들의 일부가 표면 상에 흡착된 제 1 전구체와 반응한다. 일부 프로세스들에서, 제 2 반응물질은 흡착된 제 1 전구체와 즉시 반응한다. 이어서 챔버는 결합되지 않은 제 2 반응물질 분자들을 제거하기 위해 다시 배기될 수도 있다. 상기 기술된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 챔버는 완전히 배기되지 않을 수도 있다. 부가적인 ALD 사이클들은 막 두께를 구축하기 위해 사용될 수도 있다.

[0024] 특정한 실시예들에서, ALD 제 1 전구체 도즈는 기관 표면을 부분적으로 포화시킨다. 일부 실시예들에서, ALD 사이클의 도즈 페이즈는 표면을 고르게 포화시키기 위해 전구체가 기관과 콘택트하기 전에 종료된다. 통상적으로, 전구체 플로우의 이때 턴오프되거나 방향이 바뀌고, 퍼지 가스만 흐른다. 이 반-포화 (sub-saturation) 레짐에서 동작함으로써, ALD 프로세스는 사이클 시간을 감소시키고 쓰루풋을 증가시킨다. 그러나, 전구체 흡착이 포화 제한되지 않기 때문에, 흡착된 전구체 농도는 기관 표면에 걸쳐 약간씩 가변할 수도 있다. 반-포화 레짐에서 동작하는 ALD 프로세스들의 예들은 전체가 본 명세서에 참조로서 인용된, 2013년 10월 23일 출원된 명칭이 "SUB-SATURATED ATOMIC LAYER DEPOSITION AND CONFORMAL FILM DEPOSITION"인 미국 특허 출원 제 14/061,587 호 (현재 미국 특허 제 9,355,839 호) 에 제공된다.

[0025] 기술된 바와 같이, 일부 구현예들에서, ALD 방법들은 플라즈마 활성화를 포함한다. 본 명세서에 기술된 바와 같이, 본 명세서에 기술된 ALD 방법들 및 장치들은 CFD (conformal film deposition) 방법들일 수도 있고, 이는 각각 전체가 본 명세서에 참조로서 인용된, 명칭이 2011년 4월 11일 출원된 명칭이 "PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION"인 미국 특허 출원 제 13/084,399 호 (현재 미국 특허 제 8,728,956 호), 및 2011년 4월 11일 출원된 명칭이 "SILICON NITRIDE FILMS AND METHODS"인 미국 특허 출원 제 13/084,305 호에 대체적으로 기술된다.

[0026] 도 1은 특정한 개시된 실시예들에 따라 수행된 방법의 예시적인 동작들을 도시하는 프로세스 흐름도를 제공한다. 동작 102에서, 노출된 실리콘 옥사이드 표면 및 노출된 실리콘 표면을 갖는 기관이 프로세스 챔버로 제공된다. 프로세스 챔버는 약 10 mTorr 내지 약 10 Torr, 또는 약 1 Torr 내지 약 3 Torr의 챔버 압력으로 설정될 수도 있다. 이러한 챔버 압력들은 본 명세서에 기술된 바와 같이 동작들 102 내지 114 내내 사용될 수도 있다. 기관은 약 25 °C 내지 약 400 °C, 또는 약 200 °C 내지 약 300 °C의 기관 온도로 가열될 수도 있다. 본 명세서에 사용된 바와 같은 기관 온도는 기관을 홀딩하는 페테스탈이 설정된 온도를 지칭하고, 일부 실시예들에서, 프로세스 챔버에 제공될 때 페테스탈 상의 기관은 기관을 프로세싱하기 전에 목표된 기관 온도로 가열될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 기관 온도는 본 명세서에 기술된 바와 같이 동작들 102 내지 114 내내 동일할 수도 있다.

[0027] 기관은, 실리콘 웨이퍼, 예를 들어, 재료의 하나 이상의 층들, 예컨대 유전체, 도전성 또는 반도체성 재료가 상부에 증착된 웨이퍼들을 포함하여 200 mm 웨이퍼, 300 mm 웨이퍼, 또는 450 mm 웨이퍼일 수도 있다. 하부 층들의 비제한적인 예들은 유전체층들 및 도전층들, 예를 들어, 실리콘 옥사이드들, 실리콘 나이트라이드들, 실리콘 카바이드들, 금속 옥사이드들, 금속 나이트라이드들, 금속 카바이드들, 및 금속 층들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 기관은 도 2에 도시된 바와 같이, 실리콘 옥사이드 및 실리콘을 포함한다.

[0028] 도 2는 노출된 실리콘 옥사이드 표면 (203) 및 노출된 실리콘 표면들 (201) 을 갖는 기관 (200) 을 도시한다.

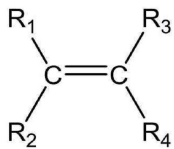
노출된 실리콘 표면들 (201) 은 일부 수소화된 실리콘 원자들을 포함한다. 2 개의 노출된 실리콘 표면들 (201) 이 도 2에 도시되지만, 하나 또는 복수의 노출된 실리콘 표면들이 기판 (200) 상에 존재할 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 노출된 실리콘 표면 (201) 은 수소-종단된 실리콘 표면, 예컨대 폴리-실리콘 또는 비정질 실리콘 표면이다. 수소-종단된 실리콘 표면은 기판의 표면 상의 실리콘 원자들을 수소화하도록 기판을 수소 가스에 노출함으로써 형성될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 증착될 때 실리콘 표면들은 수소화된다. 일부 실시예들에서, 도 1의 동작 104에 주지된 바와 같이, 기판은 실리콘 표면들을 수소화하도록 선택가능하게 수소에 노출될 수도 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 수소 (204) 가 완전히 수소화된 실리콘 표면 (202) 을 형성하도록 도입된다.

[0029] 도 2의 노출된 실리콘 옥사이드 표면 (203) 은, 주변 공기 (H<sub>2</sub>O 및 O<sub>2</sub>) 로부터 또는 H<sub>2</sub>O 내 1 % 하이드로플루오르산 (HF) 과 같은 약한 에천트로부터 형성될 수도 있는, 하이드록실 말단기들을 포함한다. 노출된 실리콘 옥사이드 표면 (203) 상의 하이드록실 말단기들은 또한 실리콘 옥사이드 재료를 형성하도록 사용된 기법으로 인해 형성될 수도 있다. 예를 들어, 실리콘 옥사이드를 증착하기 위한 증기 프로세스들은 실리콘 옥사이드 재료 상에 하이드록실-종단된 표면을 발생시킬 수도 있다. 예시적인 증기 프로세스들은 CVD (chemical vapor deposition) 및 ALD를 포함한다. 일 노출된 실리콘 옥사이드 표면 (203) 이 도 2에 도시되지만, 기판 상의 하나 이상의 표면들이 실리콘 옥사이드를 포함할 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0030] 도 1을 다시 참조하면, 동작 106에서, 기판이 실리콘 또는 실리콘 옥사이드 표면 각각 상에 유기기 또는 모이어티를 형성하여 각각의 표면을 블로킹하도록 알켄 또는 알킬실릴할라이드 블로킹 시약에 노출된다. 플라즈마는 동작 106에서 점화되지 않는다.

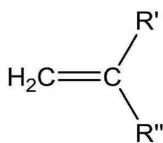
[0031] 기판은 실리콘 표면이 블로킹되고 재료가 기판의 비-실리콘 표면들 상에 선택적으로 증착되는 실시예들에서 알켄에 노출된다. 예를 들어, 알켄은 실리콘 나이트라이드가 실리콘 옥사이드 표면들 상에 선택적으로 증착될 수 있도록 실리콘 표면들을 블로킹하기 위해 사용된다. 노출된 실리콘 표면 상에 형성된 유기 모이어티는 실리콘 나이트라이드가 다른 표면들 (예를 들어, 실리콘 옥사이드 표면) 상에 선택적으로 형성되도록 실리콘 나이트라이드의 증착 동안 실리콘-함유 전구체의 흡착을 방지한다.

[0032] 동작 106에 사용하기 적합한 알켄들은 다음의 일반식을 가질 수도 있고,



[0033]

[0034] 여기서 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, 및 R<sub>4</sub>는 각각 수소 원자 또는 알킬기일 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 알켄은 다음의 구조를 가질 수도 있고,



[0035]

[0036] 여기서 R' 및 R''은 알킬기들이다. 일 구체적인 예는 다음의 구조를 가질 수도 있는, 1-옥타데신이다:



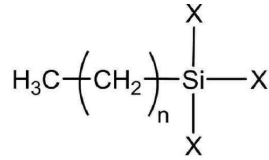
1-octadecene

[0037]

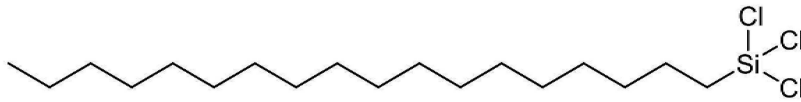
[0038] 알켄들은 유기기가 실리콘 원자에 결합하여, 표면 비반응성을 렌더링하거나 후속하는 막 증착 화학물질과의 반응성을 거의 갖지 않도록, 실리콘 표면의 표면 상에 Si-H 기들과 선택적으로 반응하도록 선택된다. 예가 도 4a에 제공되고, 화학식 CH<sub>2</sub>CHR을 갖는 알켄이 노출된 실리콘 표면들 (402) 및 하이드록실기들을 갖는 노출된 실리콘 옥사이드 표면들 (403) 을 갖는 기판 (400) 으로 도입된다. 도 4a의 기판 (400) 은 도 3과 유사하고, 실리콘 표면은 수소화된다. 도 4b에서, 노출된 실리콘 표면들 (402) 은 표면 상에 Si-R 기들을 갖는 블로킹된 실리

콘 표면들 (412) 을 형성하도록 알켄  $\text{CH}_2\text{CHR}$ 과 반응하였다. 선택된 알켄이 하이드록실-종단된 실리콘 옥사이드 표면 (403) 과 반응성을 거의 갖지 않거나 전혀 갖지 않기 때문에, 노출된 실리콘 옥사이드 표면 (403) 은 반응되지 않은 채로 남는다.

[0039] 도 1의 동작 106에서, 기관은 알킬실릴할라이드에 노출되어, 하이드록실-종단된 기들을 갖는 실리콘 옥사이드 표면이 블로킹되고 재료가 기관의 비-실리콘-옥사이드 표면들 상에 선택적으로 증착된다. 본 명세서에서 사용된 알킬실릴할라이드는 다음의 화학식을 갖고:



[0040] 여기서 X는 염소와 같은 할로젠이고, n 은 1 내지 20 이하의 정수이다. 일 예시적인 알킬실릴할라이드는 옥타데실트리클로로실란일 수도 있고, 다음의 화학식을 갖는다:



[0042] 알킬실릴할라이드들은 유기기가 실리콘 원자에 결합하여, 표면 비반응성을 렌더링하거나 후속하는 막 증착 화학 물질과 반응성을 거의 갖지 않도록 실리콘 옥사이드 표면의 표면 상의 Si-OH 기들과 선택적으로 반응성이도록 선택된다. 일 예가 도 5a에 제공되어, 알킬실릴할라이드 ( $\text{X-SiH}_2\text{R}$ ) 가 노출된 실리콘 표면들 (502) 및 하이드록실기들을 갖는 노출된 실리콘 옥사이드 표면들 (503) 을 갖는 기관 (500) 으로 도입된다. 도 5b에서, 도 5a의 노출된 실리콘 옥사이드 표면들 (503) 은 표면 상에 Si-O-R 기들을 갖는 블로킹된 실리콘 옥사이드 표면들 (513) 을 형성하도록 알킬실릴할라이드와 반응하였다. 선택된 알킬실릴할라이드 수소-종단된 실리콘 표면들 (502) 과 반응성이 거의 없거나 전혀 없기 때문에, 노출된 실리콘 표면들 (502) 은 처리되지 않은 채로 남는다.

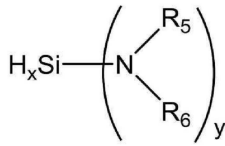
[0044] 도 1을 다시 참조하면, 동작 108에서, 기관이 실리콘-함유 전구체에 노출된다. 실리콘-함유 전구체는 기관의 비-블로킹된 표면 상에 흡착된다. 일부 실시예들에서, 실리콘-함유 전구체가 블로킹된 표면의 임의의 부분에 흡착하더라도, 전구체는 벌크 유기기를 상에 완전히 흡착할 수 없고, 후속하는 퍼지 동작들이 블로킹된 표면들로부터 전구체를 용이하게 제거할 수도 있다. 동작들 108 내지 114는 ALD 사이클을 구성할 수도 있다. 본 명세서에 기술된 실시예들은 실리콘-함유 전구체 노출 또는 질소-함유 반응물질로의 노출 동안 플라즈마가 점화되지 않도록, 사이클들로 수행된 열적 ALD를 수반한다.

[0045] 동작 108 동안 사용된 실리콘-함유 전구체는 일부 실시예들에서 아미노실란일 수도 있다. 본명세서에 참조된 아미노실란들은 아미노실란들, 예컨대 비스(tert부틸)아미노실란 및 실릴아민들, 예컨대 트리실릴아민을 포함한다. 일부 실시예들에서, 아미노실란 분자들은 블로킹된 표면들 및 블로킹되지 않은 표면들 모두에 흡착할 수도 있지만, 동작 112에 대해 이하에 기술된 바와 같이, 실리콘 나이트라이드는 블로킹된 표면들이 아니라 블로킹되지 않은 표면들 상에 선택적으로 형성된다. 다양한 실시예들에서, 동작들 110 및 114에 대해 이하에 기술된 바와 같이 후속하는 퍼지 동작들은 블로킹된 표면들로부터 흡착된 아미노실란을 제거할 수도 있다.

[0046] 일부 실시예들에서, 기관의 표면 상의 흡착은 기관의 표면 상에 아미노실란의 박층을 형성할 수도 있다. 박층은 모노레이어보다 작을 수도 있고, 약 0.2 Å 내지 약 0.4 Å의 두께를 가질 수도 있다.

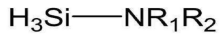
[0047] 동작 108 동안, 불활성 가스가 흐를 수도 있다. 불활성 가스는 동작 108에 대해 상기 열거된 바와 같이 임의의 불활성 가스일 수도 있다. 불활성 가스는 프로세스 챔버의 압력 및/또는 온도 제어, 액체 반응물질의 기화, 반응물질의 보다 신속한 전달을 보조하도록 및/또는 프로세스 챔버 및/또는 프로세스 챔버 플럼빙으로부터 프로세스 가스들을 제거하기 위한 스윕핑 가스로서 제공될 수도 있다.

[0048] 동작 108에서 사용된 아미노실란은 다음과 같은 화학 구조를 갖는다:



[0049]

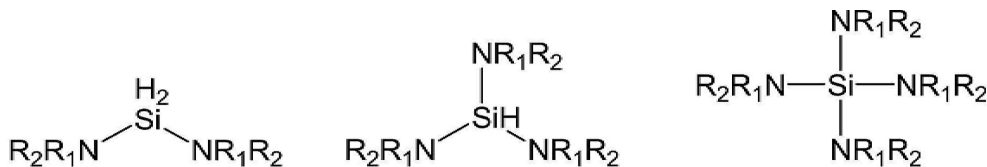
[0050] 여기서 x는 1 내지 3 이하의 정수이고, x + y = 4이고, R<sub>5</sub> 및 R<sub>6</sub> 각각은 수소 원자 또는 알킬 리간드이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 아미노실란은 다음의 화학 구조를 갖는 모노아미노실란이다:



[0051]

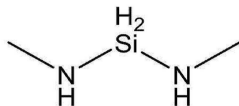
[0052] 여기서 R<sub>1</sub> 및 R<sub>2</sub> 각각은 수소 또는 알킬 리간드이다.

[0053] 일부 실시예들에서, 아미노실란은 모노아미노실란, 디아미노실란, 트리아미노실란, 테트라아미노실란 및 이들의 조합들 중 임의의 것일 수도 있다. 이들 예들에 대한 화학 구조는 다음과 같다:



[0054]

[0055] 상기 주지된 바와 같이, R<sub>1</sub> 및 R<sub>2</sub>는 임의의 알킬 리간드일 수도 있다. 일 예에서, 아미노실란은 다음의 구조를 갖는, N,N'-디메틸실란디아민일 수도 있다:



*N,N'*-dimethylsilanedi-amine

[0056]

[0057] 다른 실리콘-함유 전구체들이 일부 실시예들에서 사용될 수도 있는 실리콘 알콕사이드들 및 실리콘 할라이드들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 사용될 수도 있는 실리콘 할라이드들은 이로 제한되는 것은 아니지만, 실리콘 클로라이드, 실리콘 브로마이드, 및 실리콘 아이오다이드 (iodide) 를 포함한다.

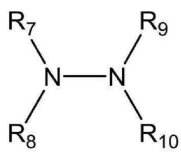
[0058] 동작 110에서, 프로세스 챔버는 기관 표면 상에 흡착되지 않은 실리콘-함유 전구체 분자들을 제거하도록 선택가능하게 퍼지된다. 퍼지는, 벌크 유기기들을 갖고 실리콘-함유 전구체의 흡착에 보다 덜 민감한 블로킹된 표면들로부터 실리콘-함유 전구체 분자들을 제거할 수도 있다.

[0059] 챔버를 퍼지하는 것은 다른 동작들에서 사용된 캐리어 가스일 수도 있고 또는 상이한 가스일 수도 있는 퍼지 가스 또는 스위핑 가스를 흘리는 것을 수반할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 퍼지하는 것은 챔버를 배기하는 것을 수반할 수도 있다. 예시적인 퍼지 가스들은 아르곤, 질소, 수소, 및 헬륨을 포함한다. 다양한 실시예들에서, 퍼지 가스는 불활성 가스이다. 퍼지 가스는 하나 이상의 가스들을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 110은 프로세스 챔버를 배기하기 위한 하나 이상의 배기 서브페이스들을 포함할 수도 있다. 대안적으로, 동작 110이 일부 실시예들에서 생략될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 동작 110은 약 0 초 내지 약 60 초, 예를 들어 약 0.01 초와 같은 임의의 적합한 지속기간을 가질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 퍼지 가스들의 플로우 레이트를 상승시키는 것은 동작 110의 지속기간을 감소시킬 수도 있다. 예를 들어, 퍼지 가스 플로우 레이트는 동작 110의 지속기간을 조절하기 위해 다양한 반응물질 열역학적 특징들 및/또는 프로세스 챔버 및/또는 프로세스 챔버 플럼핑의 기하학적 특징들에 따라 조정될 수도 있다. 일 비제한적인 예에서, 퍼지 페이스의 지속기간은 퍼지 가스 플로우 레이트를 조절함으로써 조정될 수도 있다. 이는 증착 사이클 시간을 감소시킬 수도 있고, 이는 기관 쓰루풋을 개선할 수도 있다. 퍼지 후, 실리콘-함유 전구체 분자들은 기관

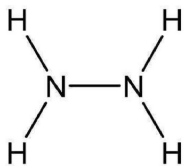
표면 상에 흡착된 채로 남는다. 일부 실시예들에서, 실리콘-함유 전구체는 약 1000 sccm 내지 약 5000 sccm의 플로우 레이트로 기판을 하우징하는 챔버로 흐른다.

[0060] 동작 112에서, 기판은 블로킹된 표면들에 상대적으로, 블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 플라즈마를 사용하지 않고 질소-함유 반응물질 가스에 노출된다. 다양한 실시예들에서, 질소-함유 반응물질은 질소 가스이다. 다양한 실시예들에서, 질소-함유 반응물질은 하이드라진이다. 일부 실시예들에서, 질소-함유 반응물질은 암모니아이다. 도 4c에 도시된 바와 같이, 블로킹된 실리콘 표면 (412) 이 블로킹된 채로 남아 있고 상부에 실리콘 나이트라이드가 증착되지 않는 동안, 실리콘 나이트라이드 (405) 는 블로킹되지 않은 표면 (하이드록실-종단된 실리콘 옥사이드 표면들 (403)) 상에 선택적으로 형성된다. 도 5c에서, 블로킹된 실리콘 옥사이드 표면 (513) 이 블로킹된 채로 남아 있고 상부에 실리콘 나이트라이드가 증착되지 않는 동안, 실리콘 나이트라이드 (505) 는 블로킹되지 않은 표면 (수소-종단된 실리콘 표면 (502)) 상에 선택적으로 형성된다.

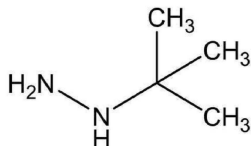
[0061] 상기 기술된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 질소-함유 반응물질 가스는 질소, 암모니아, 하이드라진, 또는 이들의 조합들일 수도 있다. 동작 112 동안 사용된 하이드라진들은 다음의 구조를 갖는다:



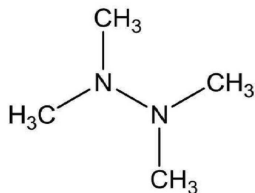
[0062] 여기서 R<sub>7</sub>, R<sub>8</sub>, R<sub>9</sub>, 및 R<sub>10</sub>은 각각 수소 원자 또는 알킬기이다. 예를 들어, 하이드라진이 사용될 수도 있고, 하이드라진은 다음의 구조를 갖는다:



[0064] 또 다른 예에서, 다음의 구조를 갖는 t-부틸하이드라진이 사용될 수도 있다:



[0066] 또 다른 예에서, 다음의 구조를 갖는 테트라메틸 하이드라진이 사용될 수도 있다:



[0068] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 하이드라진들이 혼합물로서 도입될 수도 있다. 하이드라진들은 가스로서 기판으로 전달될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하이드라진은 캐리어 가스 및 하이드라진 가스가 기판으로 함께 흐르도록 (co-flow) 캐리어 가스를 사용하여 전달될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 동작 108에 대해 상기 기술된 바와 같이, 불활성 가스일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 기판을 하우징하는 챔버 내로 하이드라진 가스를 전달하기 전에 방향전환된다. 일부 실시예들에서, 하이드라진은 기판의 업스트림에서 액체상으로부터 기화될 수도 있고 가스로서 챔버 내로 도입될 수도 있다. 기화된 하이드라진은 유사하게 기화된 하이드라진 전구체 캐리어 가스와 함께 흘림으로써 캐리어 가스를 사용하여 도입될 수도 있다. 유사하

게, 캐리어 가스는 일부 실시예들에서 기화된 하이dra진 전구체를 기관으로 전달하기 전에 방향전환될 수도 있다. 동작 112에서 사용된 하이dra진은 약 100 sccm 내지 약 10000 sccm, 또는 약 1000 sccm 내지 약 5000 sccm의 플로우 레이트로 기관을 하우징하는 챔버로 전달될 수도 있다. 상기 기술된 바와 같이, 기관을 하우징하는 챔버의 챔버 압력은 동작들 102 내지 118 내내 일정할 수도 있다. 즉, 다양한 실시예들에서, 동작 112 동안 챔버 압력은 동작들 108, 110, 및 114 동안 챔버 압력과 같다. 다양한 실시예들에서 동작 112 동안 챔버 압력은 동작들 104, 또는 동작 106, 또는 동작 104 및 동작 106 둘다 동안과 같을 수도 있다.

[0070] 동작 114에서, 챔버는 모든 잔여 부산물들을 제거하도록 선택가능하게 퍼지된다. 동작 114는 동작 110에 대해 상기 기술된 조건들 중 임의의 조건들을 사용하여 수행될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 챔버는, 과잉 분자들 및/또는 잔여 부산물들을 챔버로부터 펌핑하도록 아르곤과 같은 불활성 가스를 흘림으로써 퍼지된다.

[0071] 동작 116에서, 목표된 두께의 실리콘 나이트라이드 막이 증착되었는지 여부가 결정된다. 그렇지 않다면, 동작들 108 내지 114는 목표된 두께의 실리콘 나이트라이드를 증착하도록 충분한 사이클들로 반복된다. 목표된 두께의 실리콘 나이트라이드를 증착하도록 임의의 적합한 수의 증착 사이클들이 ALD 프로세스에 포함될 수도 있다. 예를 들어, 약 20 내지 약 40 증착 사이클들이 개시된 실시예들을 사용하여 기관 상에 실리콘 나이트라이드 막을 증착하도록 수행될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 20 내지 40 증착들이 수행된다.

[0072] 일부 실시예들에서, 동작 112는 동작 108 전에 수행된다는 것을 주의한다. 일부 실시예들에서, 동작 108은 동작 112 전에 수행된다. 다양한 실시예들에서, 챔버가 동작 112 및 동작 108의 교번하는 노출들 사이에 퍼지된다.

[0073] 일부 실시예들에서, 실리콘 또는 실리콘 옥사이드 표면들 상에 선택적으로 목표된 양의 실리콘 나이트라이드를 증착하도록 충분한 사이클들이 수행된 후에, 기관은 기관의 블로킹된 표면들로부터 유기 모이어티들 또는 유기기(들)를 제거하기 위한 제거 동작 118을 겪을 수도 있다.

[0074] 블로킹된 실리콘 표면으로부터 유기기들을 제거하기 위해, 300 mm 웨이퍼의 표면적 당 약 500 W 내지 약 2000 W와 같은 고 플라즈마 전력들을 사용하여 스퍼터링함으로써 제거를 위해 플라즈마를 점화하는 동안 기관이 아르곤, 또는 헬륨 가스, 또는 아르곤과 헬륨 가스의 혼합물에 노출될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 고 플라즈마 전력들은 기관을 가열하고 블로킹된 실리콘 표면으로부터 유기기들을 제거하는 것 모두에 충분할 수도 있다.

[0075] 일부 실시예들에서, 블로킹된 실리콘 옥사이드 표면으로부터 유기기들을 제거하기 위해, 300 mm 웨이퍼의 표면적 당 약 500 W 내지 약 2000 W와 같은 고 플라즈마 전력들을 사용하여 스퍼터링함으로써 제거를 위해 플라즈마를 점화하는 동안 기관이 아르곤, 및/또는 헬륨 가스에 노출될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 고 플라즈마 전력들은 기관을 가열하고 블로킹된 실리콘 표면으로부터 유기기들을 제거하는 것 모두에 충분할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 블로킹된 실리콘 옥사이드 표면으로부터 유기기들을 제거하기 위해, 기관은 플라즈마가 점화되는 동안 아르곤 및/또는 헬륨 가스에 노출될 수도 있고, 또는 플라즈마가 점화되는 동안 불소-함유 가스, 산소 가스, 또는 불소-함유 및 산소 가스의 혼합물에 노출될 수도 있다. 플라즈마는 (리모트 플라즈마 생성기에서와 같이) 리모트로 또는 기관을 하우징하는 챔버 내에서 바로 (즉 인시츄) 생성될 수도 있다. 다양한 실시예들에서 유기기들은 불소-함유 및 산소 가스의 혼합물을 사용하여 블로킹된 실리콘 옥사이드 표면으로부터 제거되고, 고 산소 가스 대 불소-함유 가스 플로우 레이트비, 예컨대 약 50:1의 O<sub>2</sub> 대 NF<sub>3</sub>가 사용된다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 약 5000 sccm의 산소가 약 100 sccm의 NF<sub>3</sub>와 함께 흐를 수도 있다. 불소-함유 가스, 산소 가스, 또는 불소-함유 및 산소 가스의 혼합물이 흐르는 동안 점화된 플라즈마의 전력은 300 mm 웨이퍼의 표면적 당 약 75 W 내지 약 200 W일 수도 있다. 플라즈마 전력은 기관의 표면 상의 재료의 스퍼터링을 방지하도록 낮게 선택된다.

[0076] 도 6은 특정한 개시된 실시예들에 따른 방법의 사이클들의 예를 도시하는 타이밍 시퀀스도를 제공한다. 타이밍 시퀀스도는 캐리어 가스, 실리콘-함유 전구체 가스, 질소-함유 반응물질 가스, 및 블로킹 시약 가스 예컨대 알켄 또는 알킬실릴할라이드의 플로우들에 대한 온 또는 오프 페이즈를 도시한다. 도 6은 블로킹 시약 노출 페이즈 601A 및 2 개의 증착 사이클들 - 증착 사이클 610A 및 증착 사이클 610B를 갖는 프로세스 600을 포함한다. 2 개의 증착 사이클들만이 도시되지만, 보다 많은 증착 사이클들이 수행될 수도 있다는 것을 주의한다.

[0077] 블로킹 시약 노출 페이즈 601A 동안, 캐리어 가스가 흐를 수도 있다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 블로킹 시약을 전달하도록 사용될 수도 있고, 이어서 블로킹 시약을 챔버 내로 전달하기 위해 샤워헤드의 업스트림

으로 방향전환될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 불활성 가스이다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스 및 블로킹 시약 가스 둘다 기관으로 전달된다. 이 페이지 동안, 실리콘-함유 전구체 가스 플로우는 턴오프되고, 질소-함유 반응물질 가스 플로우는 턴오프되고, 블로킹 시약 가스 플로우는 턴온된다. 이 페이지는 도 1의 동작 106에 대응할 수도 있다.

[0078] 블로킹 시약 노출 페이지 601A에 이어서, 증착 사이클 610A이 수행된다. 증착 사이클 610A는 실리콘-함유 전구체 노출 페이지 657A, 퍼지 페이지 659A, 질소-함유 반응물질 노출 페이지 661A, 및 퍼지 페이지 663A를 포함한다. 실리콘-함유 전구체 노출 페이지 657A 동안, 캐리어 가스 플로우는 계속해서 온될 수도 있는 한편, 실리콘-함유 전구체 가스 플로우는 턴온된다. 질소-함유 반응물질 가스 플로우는 오프된 채로 남고 블로킹 시약 가스 플로우는 턴오프된다. 이는 도 1의 동작 108에 대응할 수도 있다. 퍼지 페이지 659A 동안, 캐리어 가스는 계속해서 흐를 수도 있다. 일부 실시예들에서 캐리어 가스는 챔버로부터 파잉 분자들을 제거하는 것을 보조하는 퍼지 가스로서 작용할 수도 있다. 이 페이지 동안, 실리콘-함유 전구체 가스 플로우는 턴오프되고, 질소-함유 반응물질 가스 플로우는 오프되고, 블로킹 시약 가스 플로우 또한 턴오프된다. 이는 도 1의 동작 110에 대응할 수도 있다. 질소-함유 반응물질 노출 페이지 661A 동안, 캐리어 가스가 계속해서 흐를 수도 있다. 일부 실시예들에서, 캐리어 가스는 챔버로 질소-함유 반응물질 가스를 전달하는 것을 보조하도록 사용되고 챔버 내로 방향전환되거나 흐를 수도 있다. 이 페이지 동안, 실리콘-함유 전구체 가스 플로우는 턴오프되고 블로킹 시약 가스 플로우는 턴오프되는 한편, 질소-함유 반응물질 가스 플로우는 턴온된다. 이는 도 1의 동작 112에 대응할 수도 있다. 퍼지 페이지 663A 동안, 캐리어 가스 플로우는 계속해서 온될 수도 있고 캐리어 가스는 파잉 분자들 및/또는 부산물들을 챔버로부터 제거하기 위한 퍼지 가스로서 작용할 수도 있다. 실리콘-함유 전구체 가스 플로우, 질소-함유 반응물질 가스 플로우, 및 블로킹 시약 가스 플로우는 턴오프된다. 도 6의 이 예에서, 증착된 실리콘 나이트라이드 막이 불충분한 두께인지 여부가 결정되고, 또 다른 증착 사이클 610B가 수행된다. 증착 사이클 610B는 실리콘-함유 전구체 노출 페이지 657B, 퍼지 페이지 659B, 질소-함유 반응물질 노출 페이지 661B, 및 퍼지 페이지 663B를 포함한다. 실리콘-함유 전구체 노출 페이지 657B 동안, 캐리어 가스가 흐를 수도 있고 실리콘-함유 전구체 가스 플로우가 턴온되는 한편, 질소-함유 반응물질 가스 플로우 및 블로킹 시약 가스 플로우는 턴오프된다. 이는 동작 116에서 막이 적절한 두께로 증착되지 않았다는 결정 후, 도 1의 동작 108의 반복된 동작에 대응할 수도 있다. 퍼지 페이지 659B 동안, 캐리어 가스 플로우는 온인 채로 남아 있는 한편, 실리콘-함유 전구체 가스 플로우는 턴오프되고 질소-함유 반응물질 가스 플로우 및 블로킹 시약 가스 플로우 모두는 오프된 채로 남는다. 이는 도 1의 동작 110의 반복된 동작에 대응할 수도 있다. 질소-함유 반응물질 노출 페이지 661B 동안, 캐리어 가스 플로우는 온인 채로 남을 수도 있는 한편, 질소-함유 반응물질 가스 플로우는 턴온되고 실리콘-함유 전구체 가스 플로우 및 블로킹 시약 가스 플로우는 턴오프된다. 이는 도 1의 동작 112의 반복된 동작에 대응할 수도 있다. 퍼지 페이지 663B 동안, 캐리어 가스 플로우는 온인 채로 남아 있을 수도 있는 한편, 실리콘-함유 전구체 가스 플로우, 질소-함유 반응물질 가스 플로우, 및 블로킹 시약 가스 플로우들은 턴오프된다. 2 개의 증착 사이클들이 도 6에 도시되지만, 부가적인 증착 사이클들이 또한 수행될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 목표된 수의 증착 사이클들이 수행된 후, 부가적인 제거 중 노출 페이지 (미도시)가 기관의 블로킹된 표면들로부터 유기기들을 제거하도록 수행될 수도 있다는 것이 또한 이해될 것이다.

[0079] 장치

[0080] 도 7은 저압 분위기를 유지하기 위한 프로세스 챔버 바디 (702) 를 갖는 ALD 프로세스 스테이션 (700) 의 실시예의 개략적 예시를 도시한다. 복수의 ALD 프로세스 스테이션들 (700) 은 공통 저압 프로세스 툴 분위기 내에 포함될 수도 있다. 예를 들어, 도 8은 멀티-스테이션 프로세싱 툴 (800) 의 실시예를 도시한다. 일부 실시예들에서, 이하에 상세히 논의된 것들을 포함하는 ALD 프로세스 스테이션 (700) 의 하나 이상의 하드웨어 파라미터들은 하나 이상의 컴퓨터 제어기들 (750) 에 의해 프로그램적으로 조정될 수도 있다.

[0081] ALD 프로세스 스테이션 (700) 은 분배 샤워헤드 (706) 로 프로세스 가스들을 전달하기 위한 반응 물질 전달 시스템 (701a) 과 유체적으로 통신한다. 반응 물질 전달 시스템 (701a) 은 샤워헤드 (706) 로의 전달을 위해 프로세스 가스들, 예컨대 알켄 가스, 또는 알킬실릴할라이드 가스, 또는 실리콘-함유 전구체 가스, 또는 질소-함유 가스를 블렌딩 (blending) 및/또는 컨디셔닝 (conditioning) 하기 위한 혼합 용기 (704) 을 포함한다. 하나 이상의 혼합 용기 유입부 밸브들 (720) 이 혼합 용기 (704) 로의 프로세스 가스들의 도입을 제어할 수도 있다.

[0082] 예로서, 도 7의 실시예는 혼합 용기 (704) 로 공급될 액체 반응 물질을 기화하기 위한 기화 지점 (703) 을 포함한다. 일부 실시예들에서, 기화 지점 (703) 은 가열된 기화기일 수도 있다. 이러한 증발기들로부터 생산된 포화된 반응 물질 증기는 다운스트림 전달 파이프에서 응결될 수도 있다. 양립 가능하지 않은 가스들의 응결된

반응 물질로의 노출은 작은 입자들을 생성할 수도 있다. 이들 작은 입자들은 파이프를 막고, 밸브 동작을 지연시키고, 기관을 오염시키는 등을 할 수도 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위한 일부 방법들은 잔류 반응 물질을 제거하기 위해 전달 파이프를 퍼지 및/또는 배기하는 것을 포함할 수도 있다. 그러나, 전달 파이프를 퍼지하는 것은 프로세스 스테이션 쓰루풋을 저하시키는, 프로세스 스테이션 사이클 시간을 상승시킬 수도 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 기화 지점 (703) 의 전달 파이프 다운스트림은 열 추적될 수도 있다. 일부 예들에서, 혼합 용기 (704) 가 또한 열 추적될 수도 있다. 일 비제한적 예에서, 기화 지점 (703) 의 파이프 다운스트림은 혼합 용기 (704) 에서 대략 100 °C에서 대략 150 °C로 연장하는 상승하는 온도 프로파일을 갖는다.

[0083] 일부 실시예들에서, 액체 전구체 또는 액체 반응물질이 액체 주입기에서 기화될 수도 있다. 예를 들어, 이러한 액체 주입기는 혼합 용기의 업스트림에서 캐리어 가스 스트림에 액체 반응 물질의 펄스들을 주입할 수도 있다. 일 실시예에서, 액체 주입기는 고압에서 저압으로 액체를 플래싱 (flashing) 함으로써 반응 물질을 기화할 수도 있다. 또 다른 예에서, 액체 주입기는 가열된 전달 파이프 내에서 나중에 증기화되는 분산된 마이크로 액적들 (microdroplets) 로 액체를 원자화할 수도 있다. 보다 작은 액적들이 보다 큰 액적들보다 빠르게 기화될 수도 있고, 액체 주입과 완전한 기화 사이의 지연을 감소시킨다. 보다 빠른 기화는 기화 지점 (703) 으로부터 다운스트림의 파이프 길이를 감소시킬 수도 있다. 일 시나리오에서, 액체 주입기는 혼합 용기 (704) 에 바로 장착될 수도 있다. 또 다른 시나리오에서, 액체 주입기는 샤워헤드 (706) 에 바로 장착될 수도 있다.

[0084] 일부 실시예들에서, 기화 지점 (703) 의 업스트림에 LFC (liquid flow controller) 가 기화 및 프로세싱 스테이션 (700) 으로의 전달을 위해 액체의 대량 플로우를 제어하기 위해 제공될 수도 있다. 예를 들어, LFC는 LFC의 다운스트림에 위치한 MFM (thermal mass flow meter) 를 포함할 수도 있다. 이어서 LFC의 플런저 밸브가 MFM과 전기적으로 통신하는 PID (proportional-integral-derivative) 제어기에 의해 제공된 피드백 제어 신호들에 응답하여 조정될 수도 있다. 그러나, 이는 피드백 제어를 사용하여 액체 플로우를 안정화시키기 위해 1 초 이상 걸릴 수도 있다. 이는 액체 반응물질을 도징하기 위한 시간을 연장할 수도 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, LFC는 피드백 제어 모드와 직접 제어 모드 사이에서 동적으로 스위칭될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 이는 LFC 및 PID 제어기의 센스 튜브를 디스에이블함으로써 수행될 수도 있다.

[0085] 샤워헤드 (706) 는 프로세스 가스들을 기관 (712) 을 향해 분배한다. 도 7에 도시된 실시예에서, 기관 (712) 은 샤워헤드 (706) 밑에 위치되고 페테스탈 (708) 상에 놓인 것으로 도시된다. 샤워헤드 (706) 는 임의의 적합한 형상을 가질 수도 있고, 기관 (712) 으로 프로세스 가스들을 분배하기 위한 임의의 적합한 수 및 배열의 포트들을 가질 수도 있다.

[0086] 일부 실시예들에서, 페테스탈 (708) 은 기관 (712) 을 기관 (712) 과 샤워헤드 (706) 사이의 볼륨에 노출하도록 상승되거나 하강될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 페테스탈 높이는 적합한 컴퓨터 제어기 (750) 에 의해 프로그램적으로 조정될 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0087] 또 다른 시나리오에서, 페테스탈 (708) 의 높이를 조정하는 것은 플라즈마가 점화되는 실시예들의 프로세스에서 플라즈마 밀도로 하여금 플라즈마 활성화 동안 가변하게 할 수도 있다. 프로세스 페이지의 종료 시, 페테스탈 (708) 은 또 다른 기관 이송 페이지 동안 페테스탈 (708) 로부터 기관 (712) 의 제거를 허용하도록 하강될 수도 있다.

[0088] 일부 실시예들에서, 페테스탈 (708) 은 히터 (710) 를 통해 온도 제어될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 페테스탈 (708) 은 개시된 실시예들에 기술된 바와 같이 실리콘 나이트라이드 막들의 선택적인 증착 동안 약 25 °C 내지 약 400 °C, 또는 약 200 °C 내지 약 300 °C의 온도로 가열될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 페테스탈은 약 25 °C 내지 약 400 °C의 온도, 또는 약 200 °C 내지 약 300 °C의 온도로 설정된다.

[0089] 또한, 일부 실시예들에서, 프로세싱 스테이션 (700) 을 위한 압력 제어가 버터플라이 밸브 (718) 에 의해 제공될 수도 있다. 도 7의 실시예에 도시된 바와 같이, 버터플라이 밸브 (718) 는 다운스트림 진공 펌프 (미도시) 에 의해 제공된 진공을 쓰로틀한다. 그러나, 일부 실시예들에서, 프로세싱 스테이션 (700) 의 압력 제어는 또한 프로세싱 스테이션 (700) 에 도입된 하나 이상의 가스들의 플로우 레이트를 변화시킴으로써 조정될 수도 있다.

[0090] 일부 실시예들에서, 샤워헤드 (706) 의 위치는 기관 (712) 과 샤워헤드 (706) 사이의 체적을 변화시키도록 페테스탈 (708) 에 상대적으로 조정될 수도 있다. 또한, 페테스탈 (708) 및/또는 샤워헤드 (706) 의 수직 위치는 본 개시의 범위 내에서 임의의 적합한 메커니즘에 의해 가변될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 일부 실시예들에서, 페테스탈 (708) 은 기관 (712) 의 배향을 회전시키기 위한 회전 축을 포함할 수도 있다. 일부 실시예

들에서, 하나 이상의 이들 예시적인 조정들은 하나 이상의 적합한 컴퓨터 제어기들 (750) 에 의해 프로그램적으로 수행될 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0091] 플라즈마가 상기 논의된 바와 같이 사용될 수도 있는 일부 실시예들에서, 샤워헤드 (706) 및 페테스탈 (708) 은 플라즈마에 전력을 공급하기 위해 RF 전력 공급부 (714) 및 매칭 네트워크 (716) 와 전기적으로 통신한다. 예를 들어, 플라즈마는 실리콘 나이트라이드를 증착한 후 기판 표면으로부터 유기 모이어티들을 제거하도록 사용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 에너지는 프로세스 스테이션 압력, 가스 농도, RF 소스 전력, RF 소스 주파수, 및 플라즈마 전력 펄스 타이밍 중 하나 이상을 제어함으로써 제어될 수도 있다. 예를 들어, RF 전력 공급부 (714) 및 매칭 네트워크 (716) 는 목표된 조성의 라디칼 종들을 갖는 플라즈마를 형성하도록, 임의의 적합한 전력으로 동작될 수도 있다. 적합한 전력들의 예들은 약 150 W 내지 약 6000 W이다. 블로킹된 실리콘 표면으로부터 유기기들을 제거하기 위해, 300 mm 웨이퍼 표면적 당 약 500 W 내지 약 2000 W와 같은 고 플라즈마 전력들을 사용하여 스퍼터링함으로써 제거를 위해 RF 전력 공급부 (714) 및 매칭 네트워크 (716) 를 사용하여 플라즈마를 점화하는 동안 기판은 아르곤, 또는 헬륨 가스, 아르곤 및 헬륨 가스의 혼합물에 노출될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 이러한 고 플라즈마 전력들은 기판을 가열하는 것 및 블로킹된 실리콘 표면으로부터 유기기들을 제거하는 것 모두를 위해 충분할 수도 있다.

[0092] 일부 실시예들에서, 블로킹된 실리콘 옥사이드 표면으로부터 유기기들을 제거하기 위해, 300 mm 웨이퍼 표면적 당 약 500 W 내지 약 2000 W와 같은 고 플라즈마 전력들을 사용하여 스퍼터링함으로써 제거를 위해 플라즈마를 점화하는 동안 기판은 아르곤 및/또는 헬륨 가스에 노출될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 블로킹된 실리콘 옥사이드 표면으로부터 유기기들을 제거하기 위해, 플라즈마가 점화되는 동안 기판은 아르곤 및/또는 헬륨 가스에 노출될 수도 있고, 또는 플라즈마를 점화하는 동안 기판은 불소-함유 가스, 산소 가스, 불소-함유 및 산소 가스의 혼합물에 노출될 수도 있다. 플라즈마는 리모트로 (예컨대 리모트 플라즈마 생성기 내에서) 또는 기판을 하우징하는 챔버 내에서 바로 (즉 인시츄) 생성될 수도 있다. 다양한 실시예들에서 유기기들이 불소-함유 및 산소 가스의 혼합물을 사용하여 블로킹된 실리콘 옥사이드 표면으로부터 제거되면, 예컨대 약 50:1의 O<sub>2</sub> 대 NF<sub>3</sub>와 같은 고 산소 가스 대 불소-함유 가스 플로우 레이트 비가 사용된다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 약 500 sccm의 산소가 약 100 sccm의 NF<sub>3</sub>와 함께 흐를 수도 있다. RF 전력 공급부 (714) 를 사용하여 점화된 플라즈마의 전력은 불소-함유 가스, 산소 가스, 또는 불소-함유 및 산소 가스의 혼합물을 흘리는 동안 300 mm 웨이퍼의 표면적 당 약 75 W 내지 약 200 W일 수도 있다. 플라즈마 전력은 기판의 표면 상의 재료의 스퍼터링을 방지하도록 낮게 선택된다. RF 전력 공급부 (714) 는 임의의 적합한 주파수의 RF 전력을 제공할 수도 있다. 일부 실시예들에서, RF 전력 공급부 (714) 는 서로 독립적으로 고 주파수 및 저 주파수 RF 전력 소스들을 제어하도록 구성될 수도 있다. 예시적인 저 주파수 RF 주파수들은 이로 제한되는 것은 아니지만, 0 kHz 내지 500 kHz의 주파수를 포함할 수도 있다. 예시적인 고 주파수 RF 주파수들은 이로 제한되는 것은 아니지만, 1.8 MHz 내지 2.45 GHz, 또는 약 13.56 MHz보다 큰, 또는 27 MHz보다 큰, 또는 40 MHz보다 큰, 또는 60 MHz보다 큰 주파수들을 포함할 수도 있다. 표면 반응들을 위한 플라즈마 에너지를 제공하도록 임의의 적합한 파라미터들이 이산적으로 또는 연속적으로 조절될 수도 있다는 것이 이해될 것이다.

[0093] 일부 실시예들에서, 플라즈마는 하나 이상의 플라즈마 모니터들에 의해 인시츄 모니터링될 수도 있다. 일 시나리오에서, 플라즈마 전력은 하나 이상의 전압, 전류 센서들 (예를 들어, VI 프로브들) 에 의해 모니터링될 수도 있다. 또 다른 시나리오에서, 플라즈마 밀도 및/또는 프로세스 가스 농도는 하나 이상의 OES (optical emission spectroscopy) 센서들에 의해 측정될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 플라즈마 파라미터들은 이러한 인시츄 플라즈마 모니터들로부터의 측정치들에 기초하여 프로그램적으로 조정될 수도 있다. 예를 들어, OES 센서는 플라즈마 전력의 프로그램적인 제어를 제공하기 위해 피드백 루프에서 사용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 및 다른 프로세스 특성들을 모니터링하기 위해 다른 모니터들이 사용될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 이러한 모니터들은 이로 제한되는 것은 아니지만, 적외선 (IR) 모니터들, 음향 모니터들, 및 압력 트랜스듀서들을 포함할 수도 있다.

[0094] 일부 실시예들에서, 제어기 (750) 에 대한 인스트럭션들은 IOC (input/output control) 시퀀싱 인스트럭션들을 통해 제어될 수도 있다. 일 예에서, 프로세스 페이지를 위한 조건들을 설정하기 위한 인스트럭션들은 프로세스 레시피의 대응하는 레시피 페이지에 포함될 수도 있다. 일부 경우들에서, 프로세스 레시피 페이지들은 프로세스 단계를 위한 모든 인스트럭션들이 이 프로세스 단계와 동시에 실행되도록 순차적으로 배열될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 반응기 파라미터들을 설정하기 위한 인스트럭션들이 레시피 페이지에 포함될 수도 있다. 예를 들어, 제 1 레시피 페이지는 알켄 (예를 들어, 1-옥타데신) 또는 알킬실릴할라이드 (예를 들어, 옥타데실트리클로로실란) 와 같은 블로킹 시약 가스의 플로우 레이트를 설정하기 위한 인스트럭션들, 캐리어 가

스 (예컨대 아르곤) 의 플로우 레이트를 설정하기 위한 인스트럭션들, 및 제 1 레시피 페이지를 위한 시간 지연 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 제 2 레시피 페이지는 불활성 및/또는 실리콘-함유 전구체 가스의 플로우 레이트를 설정하기 위한 인스트럭션들, 캐리어 가스 (예컨대 아르곤) 의 플로우 레이트를 설정하기 위한 인스트럭션들, 및 제 2 레시피 페이지를 위한 시간 지연 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 제 3, 후속하는 레시피 페이지는 불활성 및/또는 반응 가스의 플로우 레이트를 조절하거나 중단시키기 위한 인스트럭션들, 캐리어 또는 퍼지 가스의 플로우 레이트를 조절하기 위한 인스트럭션들 및 제 3 레시피 페이지를 위한 시간 지연 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 제 4 레시피 페이지는 질소-함유 가스의 플로우 레이트를 조절하기 위한 인스트럭션들, 캐리어 또는 퍼지 가스의 플로우 레이트를 조절하기 위한 인스트럭션들 및 제 4 레시피 페이지를 위한 시간 지연 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 제 5, 후속하는 레시피 페이지는 불활성 및/또는 반응 가스의 플로우 레이트를 조절하거나 중단시키기 위한 인스트럭션들, 캐리어 또는 퍼지 가스의 플로우 레이트를 조절하기 위한 인스트럭션들 및 제 5 레시피 페이지를 위한 시간 지연 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 이들 레시피 페이지들은 더 세분화될 수도 있고 그리고/또는 개시된 실시예들의 범위 내의 임의의 적합한 방식으로 반복될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 일부 실시예들에서, 제어기 (750) 는 도 8의 시스템 제어기 (850) 대에 대해 이하에 기술된 임의의 특징들을 포함할 수도 있다.

[0095] 상기 기술된 바와 같이, 하나 이상의 프로세스 스테이션들은 멀티스테이션 프로세싱 틀에 포함될 수도 있다. 도 8은 인바운드 로드록 (802) 및 아웃바운드 로드록 (804) 중 하나 또는 양자가 리모트 플라즈마 소스를 포함할 수도 있는, 인바운드 로드록 (802) 및 아웃바운드 로드록 (804) 을 갖는, 멀티스테이션 프로세싱 틀 (800) 의 실시예의 개략도를 도시한다. 대기압에서 로봇 (806) 은, 카세트로부터 포트 (808) 를 통해 인바운드 로드록 (802) 으로 로딩된 웨이퍼들을 대기 포트 (810) 를 통해 이동시키도록 구성된다. 웨이퍼는 인바운드 로드록 (802) 내의 페테스탈 (812) 상에 로봇 (806) 에 의해 배치되고, 대기 포트 (810) 는 폐쇄되고, 로드록은 펌프 다운된다 (pump down). 인바운드 로드록 (802) 이 리모트 플라즈마 소스를 포함하면, 웨이퍼는 선택가능한 H<sub>2</sub>O 내 HF의 약한 에천트에 노출될 수도 있고, 또는 프로세싱 챔버 (814) 내로 도입되기 전에 로드록 내 분위기에 노출될 수도 있다. 또한, 웨이퍼는 또한 예를 들어, 수분 및 흡착된 가스들을 제거하기 위해 인바운드 로드록 (802) 내에서 가열될 수도 있다. 다음에, 프로세싱 챔버 (814) 로의 챔버 이송 포트 (816) 가 개방되고, 또 다른 로봇 (미도시) 이 프로세싱을 위해 반응기 내에 도시된 제 1 스테이션의 페테스탈 상의 반응기 내로 웨이퍼를 배치한다. 도 8에 도시된 실시예는 로드록들을 포함하지만, 일부 실시예들에서, 웨이퍼의 프로세스 스테이션으로의 직접적인 진입이 제공될 수도 있다는 것이 인식될 것이다.

[0096] 도시된 프로세싱 챔버 (814) 는 도 8에 도시된 실시예에서 1 내지 4로 번호가 붙여진, 4 개의 프로세스 스테이션들을 포함한다. 스테이션 각각은 히팅된 페테스탈 (스테이션 1에 대해 818로 도시됨), 및 가스 라인 유입부들을 갖는다. 일부 실시예들에서, 프로세스 스테이션 각각이 상이한 목적 또는 복수의 목적들을 가질 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 프로세스 스테이션은 ALD와 PEALD 프로세스 모드 사이에서 스위칭할 수도 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 일부 실시예들에서, 프로세싱 챔버 (814) 는 ALD 프로세스 스테이션 및 PEALD 프로세스 스테이션의 하나 이상의 매칭된 쌍들을 포함할 수도 있다. 도시된 프로세싱 챔버 (814) 는 4 개의 스테이션들을 포함하지만, 본 개시에 따른 프로세싱 챔버는 임의의 적합한 수의 스테이션들을 가질 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 프로세싱 챔버는 5 개 이상의 스테이션들을 가질 수도 있는 반면, 다른 실시예들에서 프로세싱 챔버는 3 개 이하의 스테이션들을 가질 수도 있다.

[0097] 도 8은 프로세싱 챔버 (814) 내에서 웨이퍼들을 이송하기 위한 웨이퍼 핸들링 시스템의 실시예를 도시한다. 일부 실시예들에서, 웨이퍼 핸들링 시스템은 다양한 프로세스 스테이션들 사이 그리고/또는 프로세스 스테이션과 로드록 사이에서 웨이퍼들을 이송할 수도 있다. 임의의 적합한 웨이퍼 핸들링 시스템이 채용될 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 비-제한적인 예들은 웨이퍼 캐로셀들 (carousels) 및 웨이퍼 핸들링 로봇들을 포함한다. 도 8은 또한 프로세스 틀 (800) 의 프로세스 조건들 및 하드웨어 상태들을 제어하도록 채용된 시스템 제어기 (850) 의 실시예를 도시한다. 시스템 제어기 (850) 는 하나 이상의 메모리 디바이스들 (856), 하나 이상의 대용량 저장 디바이스들 (854), 및 하나 이상의 프로세서들 (852) 을 포함할 수도 있다. 프로세서들 (852) 은 CPU 또는 컴퓨터, 아날로그 입력/출력 연결부 및/또는 디지털 입력/출력 연결부, 스택퍼 모터 제어 보드들, 등을 포함할 수도 있다.

[0098] 일부 실시예들에서, 시스템 제어기 (850) 는 프로세스 틀 (800) 의 모든 액티비티들을 제어한다. 시스템 제어기 (850) 는 대용량 저장 디바이스 (854) 에 저장되고 메모리 디바이스 (856) 내로 로딩되어 프로세서 (852) 상에서 실행되는 시스템 제어 소프트웨어 (858) 를 실행한다. 대안적으로, 제어 로직은 제어기 (850) 내에서 하

드 코딩될 수 있다. ASIC (Applications Specific Integrated Circuits), PLD (Programmable Logic Devices) (예를 들어, FPGA (field-Programmable gate arrays)) 등이 이들 목적들을 위해서 사용될 수도 있다. 이하의 논의에서, "소프트웨어" 또는 "코드"가 사용될 때마다, 기능적으로 필적할만한 하드 코딩된 로직이 대신에 사용될 수도 있다. 시스템 제어 소프트웨어 (858)는 타이밍, 가스의 혼합물, 가스 플로우 레이트, 챔버 및/또는 스테이션 압력, 챔버 및/또는 스테이션 온도, 웨이퍼 온도, 타겟 전력 레벨들, RF 전력 레벨들, 기관 페데스탈, 척 및/또는 서셉터 (susceptor) 위치, 및 프로세스 툴 (800)에 의해서 수행되는 특정한 프로세스의 다른 파라미터들을 포함할 수 있다. 시스템 제어 소프트웨어 (858)는 임의의 적합한 방식으로 구성될 수도 있다. 예를 들어, 다양한 프로세스 툴 프로세스들을 실행하는데 사용된 프로세스 툴 컴포넌트들의 동작을 제어하도록 다양한 프로세스 툴 컴포넌트 서브루틴들 또는 제어 객체들이 작성될 수도 있다. 시스템 제어 소프트웨어 (858)는 임의의 적합한 컴퓨터 판독가능 프로그래밍 언어로 코딩될 수도 있다.

- [0099] 일부 실시예들에서, 시스템 제어 소프트웨어 (858)는 상기 기술된 다양한 파라미터들을 제어하기 위한 IOC (input/output control) 시퀀싱 (sequencing) 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 시스템 제어기 (850)와 연관된 대용량 저장 디바이스 (854) 및/또는 메모리 디바이스 (856)에 저장된 다른 컴퓨터 소프트웨어 및/또는 프로그램들이 일부 실시예들에서 채용될 수도 있다. 이 목적을 위한 프로그램들 또는 프로그램들의 섹션들의 예들은 기관 포지셔닝 프로그램, 프로세스 가스 제어 프로그램, 압력 제어 프로그램, 히터 제어 프로그램, 및 플라즈마 제어 프로그램을 포함한다.
- [0100] 기관 포지셔닝 프로그램은 페데스탈 (818) 상에 기관을 로딩하고 기관과 프로세스 툴 (800)의 다른 부분들 사이의 간격을 제어하도록 사용된 프로세스 툴 컴포넌트들에 대한 프로그램 코드를 포함할 수도 있다.
- [0101] 프로세스 가스 제어 프로그램은 가스 조성 (예를 들어, 본 명세서에 기술된 바와 같은 알켄 가스들, 알킬실릴할라이드 가스들, 실리콘-함유 전구체 가스들, 질소-함유 가스들, 캐리어 가스들, 불활성 가스들 및/또는 퍼지 가스들) 및 플로우 레이트들을 제어하기 위한 코드 및 선택가능하게 프로세스 스테이션 내 압력을 안정화시키기 위해 증착 전에 하나 이상의 프로세스 스테이션들 내로 가스를 흘리기 위한 코드를 포함할 수도 있다. 압력 제어 프로그램은 예를 들어, 프로세스 스테이션의 배기 시스템의 쓰로틀 밸브, 프로세스 스테이션 내로의 가스 플로우, 등을 조절함으로써, 프로세스 스테이션 내 압력을 제어하기 위한 코드를 포함할 수도 있다.
- [0102] 히터 제어 프로그램은 기관을 히팅하기 위해 사용된 히팅 유닛으로의 전류를 제어하기 위한 코드를 포함할 수도 있다. 대안적으로, 히터 제어 프로그램은 기관으로의 (헬륨과 같은) 열 전달 가스 (heat transfer gas)의 전달을 제어할 수도 있다.
- [0103] 플라즈마 제어 프로그램은 본 명세서의 실시예들에 따른 하나 이상의 프로세스 스테이션들의 프로세스 전극들로 인가된 RF 전력 레벨들을 설정하기 위한 코드를 포함할 수도 있다.
- [0104] 압력 제어 프로그램은 본 명세서의 실시예들에 따른 반응 챔버 내 압력을 유지하기 위한 코드를 포함할 수도 있다.
- [0105] 일부 실시예들에서, 시스템 제어기 (850)와 연관된 사용자 인터페이스가 있을 수도 있다. 사용자 인터페이스는 디스플레이 스크린, 장치의 그래픽적인 소프트웨어 디스플레이 및/또는 프로세스 조건들의 그래픽적인 소프트웨어 디스플레이, 및 포인팅 디바이스들, 키보드들, 터치 스크린들, 마이크로폰들 등의 사용자 입력 디바이스들을 포함할 수도 있다.
- [0106] 일부 실시예들에서, 시스템 제어기 (850)에 의해 조정된 파라미터들은 프로세스 조건들과 관련될 수도 있다. 비제한적인 예들은 프로세스 가스 조성 및 플로우 레이트들, 온도, 압력, (RF 바이어스 전력 레벨들과 같은) 플라즈마 조건들, 등을 포함한다. 이들 파라미터들은 사용자 인터페이스를 활용하여 입력될 수도 있는, 레시피의 형태로 사용자에게 제공될 수도 있다.
- [0107] 프로세스를 모니터링하기 위한 신호들은 다양한 프로세스 툴 센서들로부터 시스템 제어기 (850)의 아날로그 및/또는 디지털 입력 접속부들에 의해 제공될 수도 있다. 프로세스를 제어하기 위한 신호들은 프로세스 툴 (800)의 아날로그 및 디지털 출력 접속부들에 출력될 수도 있다. 모니터링될 수도 있는 프로세스 툴 센서들의 비제한적인 예들은 질량 플로우 제어기들, 압력 센서들 (예컨대 압력계들), 써모커플들, 등을 포함한다. 적절히 프로그래밍된 피드백 및 제어 알고리즘들은 프로세스 조건들을 유지하도록 이들 센서들로부터 데이터를 사용할 수도 있다.
- [0108] 시스템 제어기 (850)는 상기 기술된 증착 프로세스들을 구현하기 위한 프로그램 인스트럭션들을 제공할 수도 있다. 프로그램 인스트럭션들은 DC 전력 레벨, RF 바이어스 전력 레벨, 압력, 온도, 등과 같은 다양한 프로세

스 파라미터들을 제어할 수도 있다. 인스트럭션들은 본 명세서에 기술된 다양한 실시예들에 따른 막 스택들의 인-시츄 증착을 동작시키기 위한 파라미터들을 제어할 수도 있다.

[0109] 시스템 제어기 (850) 는 통상적으로 하나 이상의 메모리 디바이스들 및 하나 이상의 프로세서들을 포함할 것이고, 장치가 개시된 실시예들에 따른 방법을 수행할 것이다. 개시된 실시예들에 따른 프로세스 동작들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는 머신-판독가능 매체는 시스템 제어기 (850) 에 커플링될 수도 있다.

[0110] 일부 구현예들에서, 시스템 제어기 (850) 는 상술한 예들의 일부일 수도 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 툴 또는 툴들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들 (웨이퍼 페테스탈, 가스 플로우 시스템, 등) 을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이들 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자장치에 통합될 수도 있다. 전자장치들은 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭될 수도 있다. 시스템 제어기 (850) 는, 시스템의 프로세싱 조건들 및/또는 타입에 따라서, 프로세싱 가스들의 전달, 온도 설정사항들 (예를 들어, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정사항들, 진공 설정사항들, 전력 설정사항들, 무선 주파수 (RF) 생성기 설정사항들, RF 매칭 회로 설정사항들, 주파수 설정사항들, 플로우 레이트 설정사항들, 유체 전달 설정사항들, 위치 및 동작 설정사항들, 툴들 및 다른 이송 툴들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스들을 제어하도록 프로그램될 수도 있다.

[0111] 일반적으로 말하면, 시스템 제어기 (850) 는 인스트럭션들을 수신하고, 인스트럭션들을 발행하고, 동작을 제어하고, 세정 동작들을 인에이블하고, 엔드포인트 측정들을 인에이블하는 등을 하는 다양한 집적 회로들, 로직, 메모리, 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자장치로서 규정될 수도 있다. 집적 회로들은 프로그램 인스트럭션들을 저장하는 펌웨어의 형태의 칩들, 디지털 신호 프로세서들 (DSP), ASIC (application specific integrated circuit) 으로서 규정되는 칩들 및/또는 프로그램 인스트럭션들 (예를 들어, 소프트웨어) 을 실행하는 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 마이크로제어기들을 포함할 수도 있다. 프로그램 인스트럭션들은 반도체 웨이퍼 상에서 또는 반도체 웨이퍼에 대한 특정 프로세스를 실행하기 위한 동작 파라미터들을 규정하는, 다양한 개별 설정사항들 (또는 프로그램 파일들) 의 형태로 시스템 제어기 (850) 로 또는 시스템으로 전달되는 인스트럭션들일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 산화물들, 실리콘, 이산화 실리콘, 표면들, 회로들, 및/또는 웨이퍼의 다이들의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.

[0112] 시스템 제어기 (850) 는, 일부 구현예들에서, 시스템에 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 이와 달리 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합으로 될 수 있는 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부일 수도 있다. 예를 들어, 시스템 제어기 (850) 는 웨이퍼 프로세싱의 원격 액세스를 가능하게 할 수 있는 공장 (fab) 호스트 컴퓨터 시스템의 전부 또는 일부이거나 "클라우드" 내에 있을 수도 있다. 컴퓨터는 제조 동작들의 현 진행을 모니터링하고, 과거 제조 동작들의 이력을 조사하고, 복수의 제조 동작들로부터 경향들 또는 성능 계측치들을 조사하고, 현 프로세싱의 파라미터들을 변경하고, 현 프로세싱을 따르는 프로세싱 단계들을 설정하고, 또는 새로운 프로세스를 시작하기 위해서 시스템으로의 원격 액세스를 인에이블할 수도 있다. 일부 예들에서, 원격 컴퓨터 (예를 들어, 서버) 는 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수도 있는 네트워크를 통해서 프로세스 레시피들을 시스템에 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 차후에 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 전달될 파라미터들 및/또는 설정사항들의 입력 또는 프로그래밍을 인에이블하는 사용자 인터페이스를 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 시스템 제어기 (850) 는 하나 이상의 동작들 동안에 수행될 프로세스 단계들 각각에 대한 파라미터들을 특정한, 데이터의 형태의 인스트럭션들을 수신한다. 이 파라미터들은 시스템 제어기 (850) 가 제어하거나 인터페이싱하도록 구성된 툴의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적일 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 상술한 바와 같이, 시스템 제어기 (850) 는 예를 들어 서로 네트워킹되어서 함께 공통 목적을 위해서, 예를 들어 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 제어들을 위해서 협력하는 하나 이상의 개별 제어기들을 포함함으로써 분산될 수도 있다. 이러한 목적을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는, (예를 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

[0113] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, PVD (physical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, CVD (chemical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, ALD (atomic layer deposition) 챔버 또는 모듈, ALE (atomic layer etch) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트렉

(track) 챔버 또는 모듈, 및 반도체 웨이퍼들의 제조 및/또는 제작 시에 사용되거나 연관될 수도 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템들을 포함할 수도 있다.

[0114] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 시스템 제어기 (850) 는, 반도체 제작 공장 내의 툴 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 툴 회로들 또는 모듈들, 다른 툴 컴포넌트들, 클러스터 툴들, 다른 툴 인터페이스들, 인접 툴들, 이웃하는 툴들, 공장 도처에 위치한 툴들, 메인 컴퓨터, 또 다른 제어기 또는 툴들 중 하나 이상과 통신할 수도 있다.

[0115] 본 명세서에 개시된 방법들을 수행하기 적절한 장치는, 각각 전체가 본 명세서에 참조로서 인용된, 2011년 4월 11일 출원된 명칭이 "PLASMA ACTIVATED CONFORMAL FILM DEPOSITION"인 미국 특허 출원 제 13/084,399 호 (현재 미국 특허 제 8,728,956 호), 및 2011년 4월 11일 출원된 명칭이 "SILICON NITRIDE FILMS AND METHODS"인 미국 특허 출원 제 13/084,305 호에 더 논의되고 기술된다.

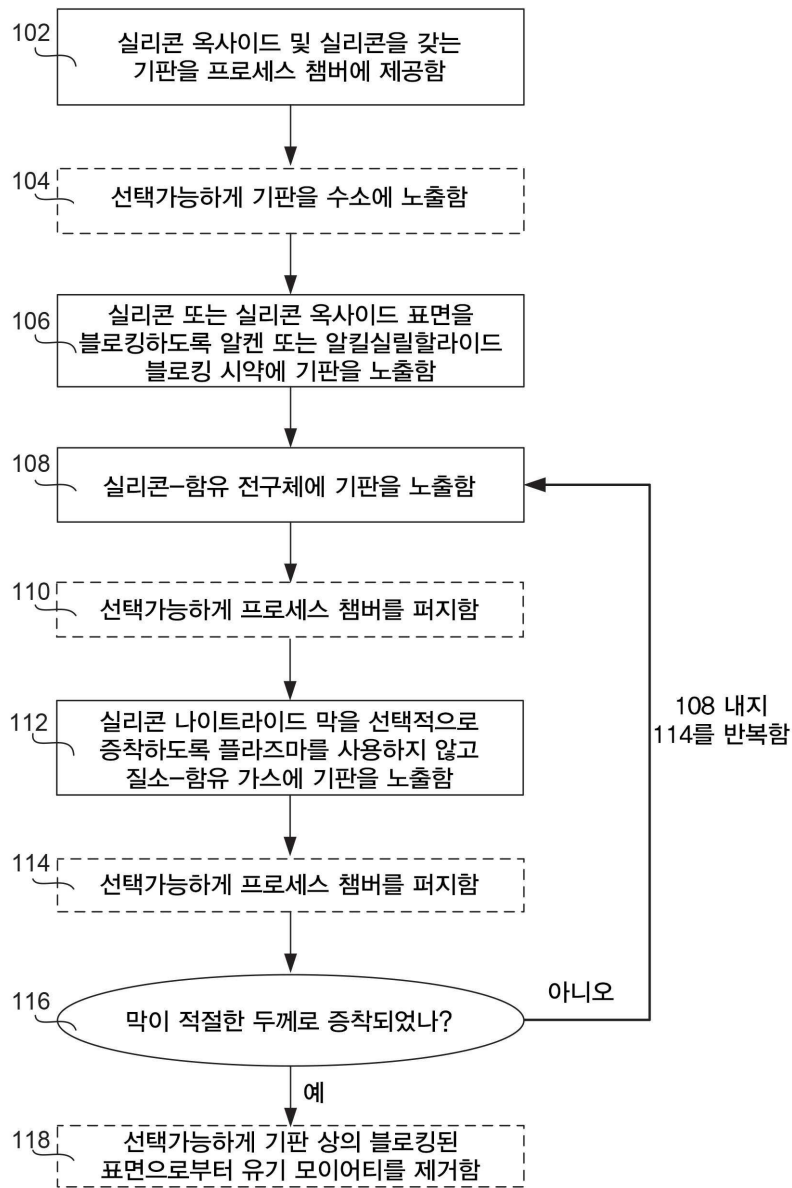
[0116] 본 명세서에 기술된 장치/프로세스는 예를 들어 반도체 디바이스들, 디스플레이들, LED들, 광전 패널들 등의 제조 또는 제작을 위한 리소그래피 패터닝 툴들 또는 프로세스들과 함께 사용될 수도 있다. 통상적으로, 이러한 툴들/프로세스들은 반드시 그러한 것은 아니지만 공통 제조 시설 내에서 함께 사용되거나 수행될 것이다. 막의 리소그래피 패터닝은 통상적으로 각각 다수의 가능한 툴을 사용하여 실현되는 다음의 단계들 중 몇몇 또는 모두를 포함하며, 이 단계들은 (1) 스핀 온 또는 스프레이 온 툴을 사용하여 워크피스, 즉, 기판 상에 포토레지스트를 도포하는 단계, (2) 고온 플레이트 또는 퍼니스 또는 UV 경화 툴을 사용하여 포토레지스트를 경화하는 단계, (3) 웨이퍼 스텝퍼와 같은 툴을 사용하여 포토레지스트를 가시광선 또는 UV 또는 x 선 광에 노출시키는 단계, (4) 습식 벤치 (wet bench) 와 같은 툴을 사용하여 레지스트를 선택적으로 제거하여 이를 패터닝하도록 포토레지스트를 현상하는 단계, (5) 건식 또는 플라즈마-보조 에칭 툴을 사용하여 아래에 놓인 막 또는 워크피스에 레지스트 패턴을 전사하는 단계, 및 (6) RF 또는 마이크로웨이브 플라즈마 레지스트 스트리퍼 (stripper) 와 같은 툴을 사용하여 포토레지스트를 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0117] 결론

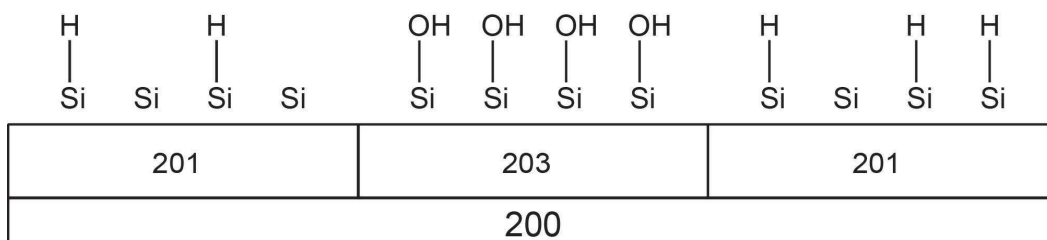
[0118] 전술한 실시예들이 이해의 명확성을 목적으로 다소 상세히 기술되었지만, 특정한 변화들 및 수정들이 첨부된 청구항들의 범위 내에서 실시될 수 있다는 것이 자명할 것이다. 본 실시예들의 프로세스들, 시스템들, 및 장치를 구현하는 많은 대안적인 방식들이 있다는 것을 주의해야 한다. 따라서, 본 실시예들은 예시적이고 제한하지 않는 것으로 간주되고, 실시예들은 본 명세서에 제공된 상세들로 제한되지 않는다.

도면

도면1



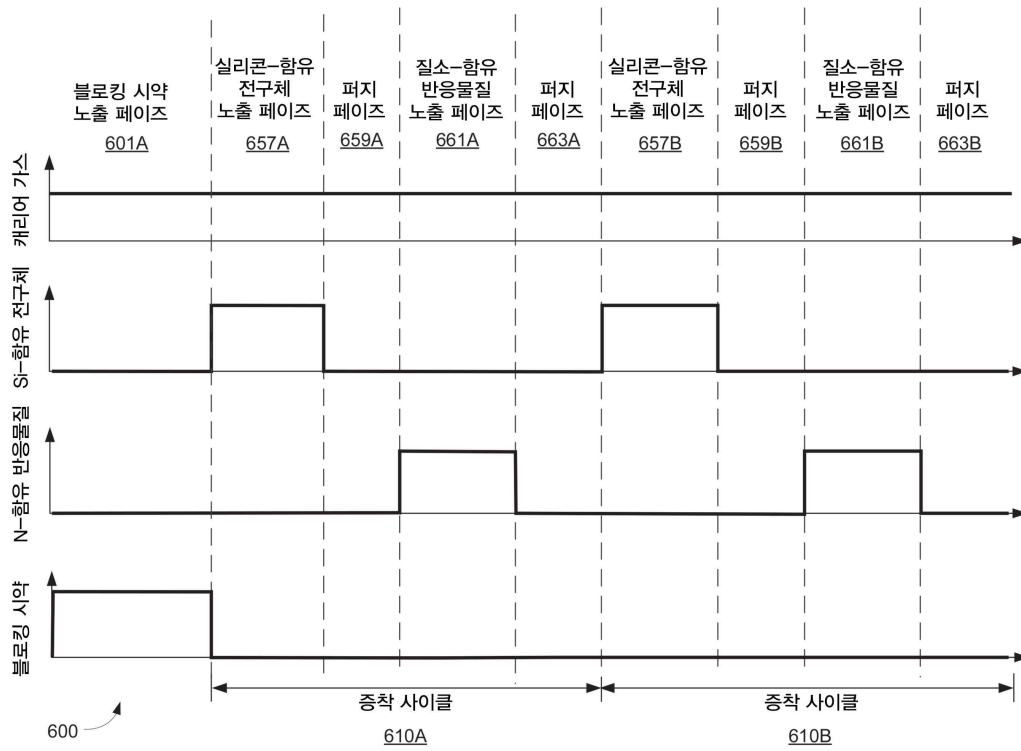
도면2



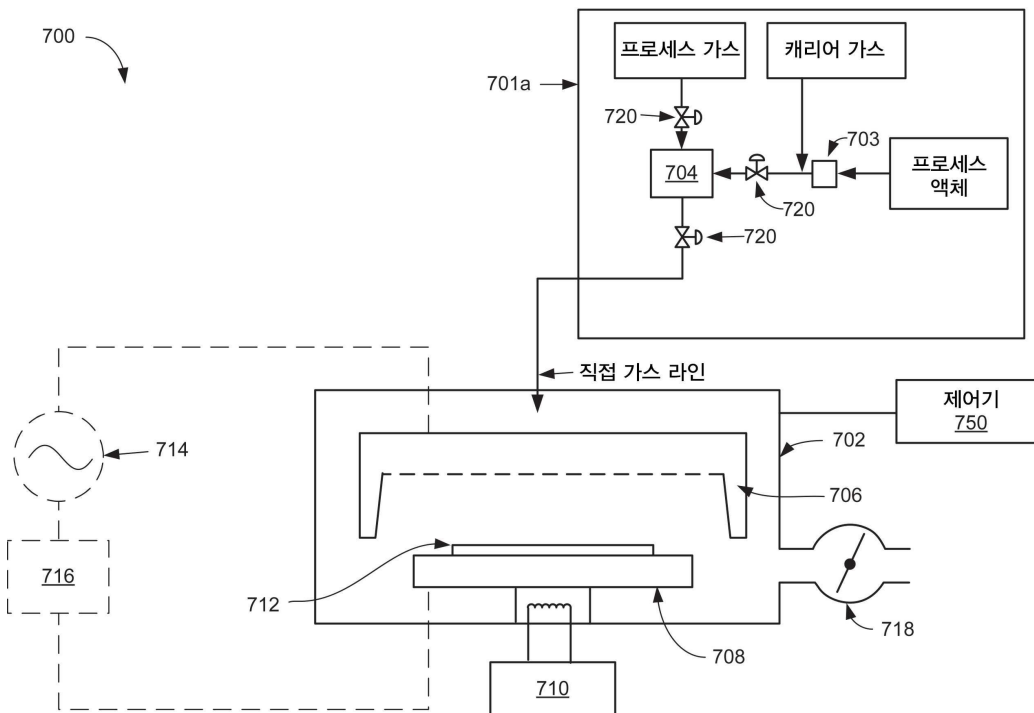




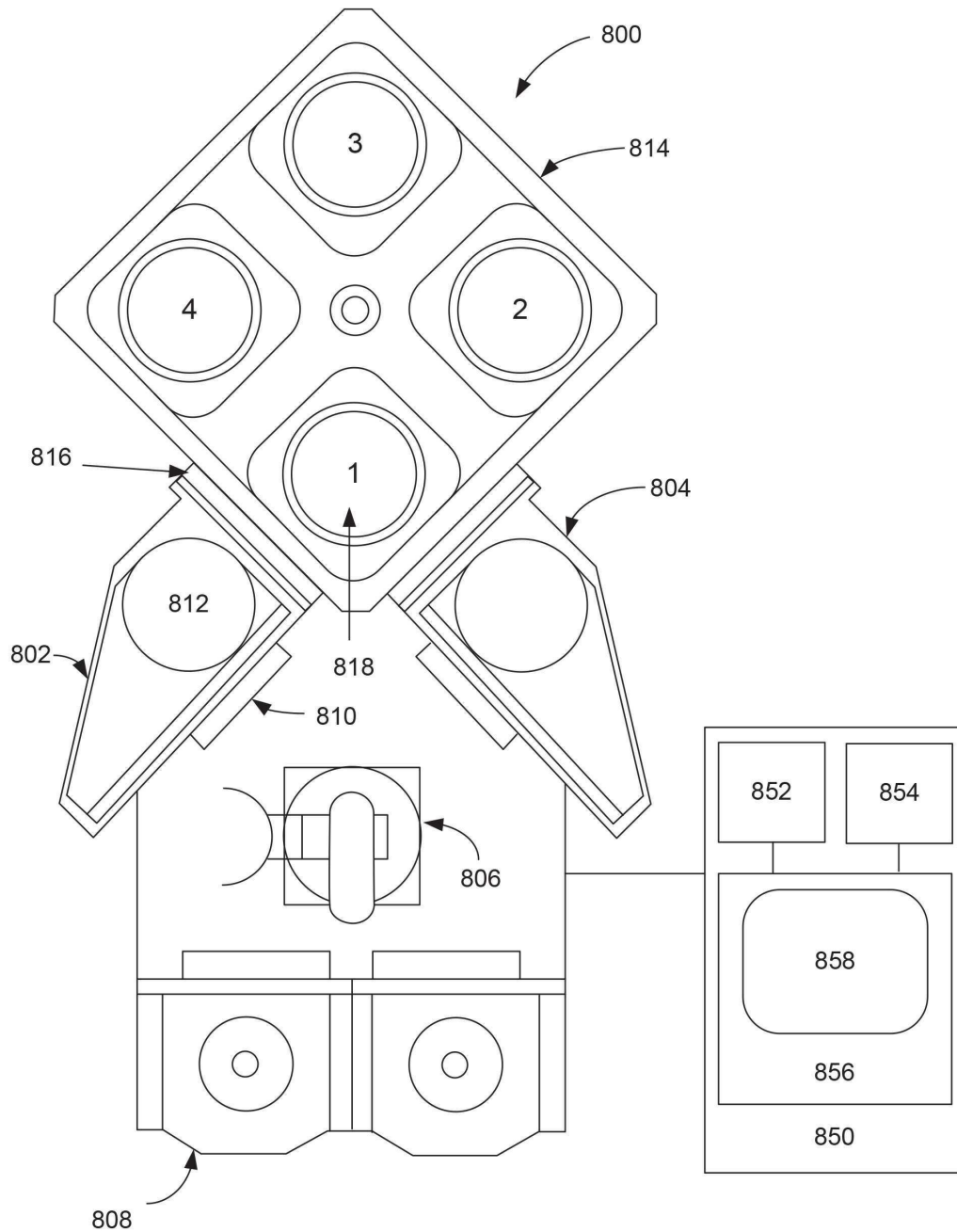
도면6



도면7



도면8



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 31

【변경전】

반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법에 있어서,

노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계;

상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 하나 상에 유기 모이어티를 형성함으로써, 상기 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-

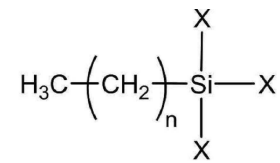
함유 표면 중 다른 하나는 블로킹되지 않은 채로 남는 동안 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 상기 하나를 블로킹하도록 블로킹 시약에 상기 반도체 기판을 노출하는 단계; 및

하나 이상의 열적 ALD (atomic layer deposition) 사이클들에 의해 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 상기 다른 하나 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계로서, 상기 사이클 각각은,

실리콘-함유 전구체를 상기 블로킹되지 않은 표면에 흡착시키도록 상기 블로킹된 표면 및 상기 블로킹되지 않은 표면을 갖는 상기 반도체 기판을 상기 실리콘-함유 전구체에 노출하는 단계; 및

상기 블로킹된 표면에 상대적으로, 상기 블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 플라즈마를 점화하지 않고 상기 반도체 기판을 질소-함유 반응물질에 노출하는 단계를 포함하는, 상기 하나 이상의 열적 ALD 사이클들에 의해 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함하고,

상기 블로킹 시약은 알켄 또는 다음의 화학 구조를 갖는 알킬실릴할라이드이고,



여기서 X는 할로젠이고, 그리고 n은 1 이상 20 이하의 정수인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.

**【변경후】**

반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법에 있어서,

노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면을 갖는 반도체 기판을 제공하는 단계;

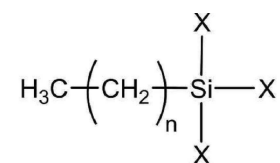
상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 하나 상에 유기 모이어티를 형성함으로써, 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 다른 하나는 블로킹되지 않은 채로 남는 동안 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 상기 하나를 블로킹하도록 블로킹 시약에 상기 반도체 기판을 노출하는 단계; 및

하나 이상의 열적 ALD (atomic layer deposition) 사이클들에 의해 상기 노출된 하이드록실-종단된 실리콘-함유 표면 및 상기 노출된 수소-종단된 실리콘-함유 표면 중 상기 다른 하나 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계로서, 상기 사이클 각각은,

실리콘-함유 전구체를 상기 블로킹되지 않은 표면에 흡착시키도록 상기 블로킹된 표면 및 상기 블로킹되지 않은 표면을 갖는 상기 반도체 기판을 상기 실리콘-함유 전구체에 노출하는 단계; 및

상기 블로킹된 표면에 상대적으로, 상기 블로킹되지 않은 표면 상에 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 형성하도록 플라즈마를 점화하지 않고 상기 반도체 기판을 질소-함유 반응물질에 노출하는 단계를 포함하는, 상기 하나 이상의 열적 ALD 사이클들에 의해 실리콘 나이트라이드를 선택적으로 증착하는 단계를 포함하고,

상기 블로킹 시약은 알켄 또는 다음의 화학 구조를 갖는 알킬실릴할라이드이고,



여기서  $X$ 는 할로젠이고, 그리고  $n$ 은 1 이상 20 이하의 정수인, 반도체 기판 상에 실리콘 나이트라이드를 증착하는 방법.