(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0121720
(43) 공개일자 2022년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *C23C 16/40* (2006.01)
C23C 16/50 (2006.01) *C23C 16/56* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02129 (2013.01)
C23C 16/40 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0021793
(22) 출원일자 2022년02월18일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
63/153,556 2021년02월25일 미국(US)

(71) 출원인
에이에스엠 아이피 홀딩 비.브이.
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트라아트 8
(72) 발명자
이승현
네덜란드 에이피 알메르 1322 베르스테르케르스트라아트 8
(74) 대리인
리앤목특허법인

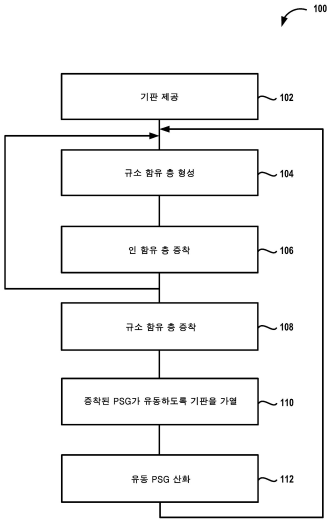
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 **포스포실리케이트 유리 층을 형성하는 방법, 방법을 사용하여 형성된 구조 및 방법을 수행하기 위한 시스템**

(57) 요 약

포스포실리케이트 유리 층을 형성하는 방법이 개시된다. 예시적인 방법은 기판 위에 놓이는 규소 함유 층을 형성하는 단계 및 기판 위에 놓이는 인 함유 층을 증착하는 단계를 포함한다. 증착된 인 함유 층은 p_2o_3를 포함할 수 있고/있거나 500℃ 이하의 용융 온도를 나타낼 수 있다. 증착된 인 함유 층은 가열되어 유동하고 원하는 속성을 제공하도록 산화될 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C23C 16/50 (2013.01)
C23C 16/56 (2013.01)
H01L 21/02255 (2013.01)
H01L 21/02337 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

포스포실리케이트 유리 층을 형성하는 방법으로서, 상기 방법은,

반응 챔버 내에 기판을 제공하는 단계;

상기 기판 위에 놓이는 규소-함유 층을 형성하는 단계; 및

상기 기판 위에 놓이는 인-함유 층을 증착하는 단계를 포함하고,

상기 인-함유 층을 증착하는 단계는 인-함유 전구체를 상기 반응 챔버로 유동시키는 단계를 포함하고,

상기 규소-함유 층을 증착하는 단계 및 상기 인-함유 층을 증착하는 단계는 증착된 포스포실리케이트 유리 층을 형성하기 위해 사용되고,

상기 증착된 인-함유 층은 P_2O_3를 포함하는, 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 인-함유 층을 증착하는 단계 동안 추가 산화제가 상기 반응 챔버로 유동되지 않는, 방법.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 규소-함유 층을 형성하는 단계 및 상기 인-함유 층을 증착하는 단계가 반복되어 상기 증착된 포스포실리케이트 유리 층을 형성하는, 방법.

청구항 4

청구항 1 내지 3 중 어느 한 항에 있어서, 상기 규소-함유 층을 형성하는 단계는 CVD, ALD, PECVD, PEALD 중 하나 이상을 포함하는, 방법.

청구항 5

청구항 1 내지 4 중 어느 한 항에 있어서, 상기 규소-함유 층을 형성하는 단계는 BDEAS, DIPAS로 구성된 그룹으로부터 선택된 규소 전구체를 상기 반응 챔버로 유동시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 6

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서, 상기 규소-함유 층을 형성하는 단계 동안 추가 산화제가 상기 반응 챔버로 유동되지 않는, 방법.

청구항 7

청구항 1 내지 6 중 어느 한 항에 있어서, 상기 규소-함유 층을 형성하는 단계는 상기 규소 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 규소 전구체를 상기 반응 챔버로 유동시키는 단계 및 상기 규소 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계는 중첩되지 않는, 방법.

청구항 9

청구항 1 내지 8 중 어느 한 항에 있어서, 상기 인-함유 층을 증착하는 단계는 상기 인-함유 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 인-함유 전구체를 반응 챔버로 유동시키는 단계 및 상기 인-함유 전구체를 상기 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계는 중첩되지 않는, 방법.

청구항 11

청구항 1 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 인-함유 전구체를 상기 반응 챔버로 유동시키는 단계는 TMPI, TEPO, TMPO 중 하나 이상을 상기 반응 챔버로 유동시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

청구항 1 내지 11 중 어느 한 항에 있어서, 상기 인-함유 층을 증착하는 단계는 CVD, ALD, PEALD, PECVD 중 하나 이상을 포함하는, 방법.

청구항 13

청구항 7 내지 12 중 어느 한 항에 있어서, 상기 불활성 가스 플라즈마는 아르곤, 헬륨, 질소 중 하나 이상으로부터 선택된 불활성 가스를 사용하여 형성되는, 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서, 상기 불활성 가스는 상기 규소-함유 층을 형성하는 단계 및 상기 인-함유 층을 증착하는 단계 동안 상기 반응 챔버에 연속적으로 제공되는, 방법.

청구항 15

청구항 1 내지 14 중 어느 한 항에 있어서, 상기 증착된 인-함유 층의 용융 온도는 500℃ 미만, 250℃ 미만, 50℃ 미만, 또는 30℃ 미만인, 방법.

청구항 16

청구항 1 내지 14 중 어느 한 항에 있어서, 비산화 환경에서 상기 기판을 가열하여 상기 증착된 포스포실리케이트 유리 층을 유동시켜 유동 포스포실리케이트 유리 층(flowed phosphosilicate glass layer)을 형성하게 하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서, 상기 가열하는 단계 동안의 온도는 500℃ 이하, 또는 400℃ 미만 또는 300℃ 미만인, 방법.

청구항 18

청구항 16 또는 17에 있어서, 상기 유동 포스포실리케이트 유리 층을 산화시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 19

포스포실리케이트 유리 층을 형성하는 방법으로서, 상기 방법은,

반응 챔버 내에 기판을 제공하는 단계;

상기 기판 위에 놓이는 규소-함유 층을 형성하는 단계; 및

상기 기판 위에 놓이는 인-함유 층을 증착하는 단계를 포함하고,

상기 규소-함유 층을 형성하는 단계 및 상기 인-함유 층을 증착하는 단계는 증착된 포스포실리케이트 유리 층을 형성하기 위해 사용되고,

상기 증착된 인-함유 층의 용융 온도는 500℃ 이하인, 방법.

청구항 20

청구항 1 내지 19 중 어느 한 항의 방법에 따라 형성된 구조체.

청구항 21

시스템에 있어서,

반응 챔버;

상기 반응 챔버에 유체 흐름 가능하게(fluidly) 결합된 가스 주입 시스템;

규소-함유 전구체 및 선택적으로 운반 가스를 상기 반응 챔버로 도입하기 위한 제1 가스 소스;

인-함유 전구체 및 선택적으로 운반 가스를 상기 반응 챔버로 도입하기 위한 제2 가스 소스;

불활성 가스를 상기 반응 챔버로 도입하기 위한 불활성 가스 소스;

불활성 가스 플라즈마를 형성하기 위한 플라즈마 전원;

배기 소스; 및

제어기를 포함하고, 상기 제어기는 상기 가스 주입 시스템으로의 가스 유동을 제어하고 상기 시스템이 청구항 1 내지 19 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하게 하도록 구성된, 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 일반적으로 전자 디바이스의 제조에 사용하기에 적절한 층 및 구조체를 형성하는 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 개시의 예는 포스포실리케이트 유리 층의 형성을 포함하는 방법, 이러한 층을 형성하기 위한 시스템, 및 포스포실리케이트 유리 층을 포함하는 구조체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 디바이스와 같은 디바이스를 제조하는 동안, 기판 표면 상의 피처(예를 들어, 트렌치 또는 간극)를 절연 또는 유전 재료로 채우는 것이 종종 바람직하다. 피처(feature)를 채우기 위한 일부 기술은 PSG(포스포실리케이트 유리)의 증착 및 재용융을 포함한다.

[0003] PSG 필름은 상압 CVD(APCVD), 감압 CVD(RPCVD), 저압 CVD(LPCVD), 플라즈마 강화 CVD(PECVD) 등과 같은 여러 화학 기상 증착(CVD) 기술 중 하나를 사용하여 증착될 수 있다. 일단 증착되면, PSG 필름은 예를 들어 간극 또는 트렌치를 채우기 위해 예를 들어, 약 900℃ 내지 1100℃의 온도에서 재용융될 수 있다.

[0004] 이러한 기술은 여러 애플리케이션에서 잘 작동할 수 있지만 기존 PSG 증착 기술을 사용하여 피처를 채우는 데는 여러 단점이 있다. 예를 들어, CVD 증착된 PSG는 비교적 열악한 스텝 커버리지를 나타내므로 증착된 재료 내에 공극이 형성될 수 있다. 이러한 공극은 증착된 재료를 재용융한 후에 남아 있을 수 있다. 또한, 공극을 감소시키기 위한 노력의 일환으로 PSG 재료를 재용융하는 데 비교적 높은 온도와 긴 어닐링 시간이 종종 사용된다. 이러한 고온 및/또는 긴 어닐링 시간은 여러 애플리케이션에서 바람직하지 않을 수 있다.

[0005] 디바이스 성능에 대한 요구가 증가함에 따라, 일반적으로 기존 PSG 증착 및 재용융 기술을 제조 프로세스에 적용하는 것이 점점 더 어려워지고 있다. 따라서, 개선된 구조체 형성 방법, 특히 구조체 형성 동안 간극을 채우는 방법이 요망된다.

[0006] 본 섹션에 설명된 문제 및 해결책에 대한 설명을 비롯한 임의의 설명은 오로지 본 개시에 대한 문맥을 제공할 목적으로 본 개시에 포함되었으며, 임의의 또는 모든 설명이 본 발명이 이루어진 시점에 알려져 있거나 달리 종래 기술을 구성한다는 것을 인정하는 것으로 해석되지 않아야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 본 개시의 다양한 실시예는 디바이스의 형성에 사용하기에 적절한 구조체를 형성하는 방법에 관한 것이다. 본 개시의 다양한 실시예가 종래의 방법 및 구조체의 결점을 해결하는 방식이 아래에서 더 상세하게 설명되지만, 일반적으로 본 개시의 예시적인 실시예는 기판의 표면 상에 피처를 채우고/채우거나 인, 규소 및 산소를 포함하는 층 또는 필름을 형성하기 위한 개선된 방법을 제공한다. 예시적인 방법은 비교적 낮은 재용융 온도를 사용하므로 고온 재용융 프로세스를 피하는 것이 바람직한 애플리케이션에서 사용될 수 있다.

[0008] 본 개시의 적어도 하나의 실시예에 따르면, 포스포실리케이트 유리 층을 형성하는 방법이 제공된다. 방법은 반응 챔버 내에 기판을 제공하는 단계, 기판 위에 놓이는(overlying) 규소-함유 층을 형성하는 단계, 및 기판 위에 놓이는 인-함유 층을 증착하는 단계를 포함하고, 규소-함유 층을 증착하는 단계 및 인-함유 층을 증착하는 단계는 증착된 포스포실리케이트 유리 층을 형성하기 위해 사용된다. 규소-함유 층을 형성하고 인-함유 층을 증착하는 단계는 증착된 포스포실리케이트 유리 층을 형성하기 위해 개별적으로 및/또는 총괄하여 여러 번 반복될 수 있다. 이 방법은 규소-함유 층을 증착하는 단계로 마무리될 수 있다. 본 개시의 예에 따르면, 증착된 인-함유 층은 P_2O_3를 포함한다. 추가적으로 또는 대안적으로, 증착된 인-함유 층의 용융 온도는 500℃ 미만, 250℃ 미만, 50℃ 미만, 또는 30℃ 미만일 수 있다. 본 개시의 다양한 예에 따르면, 인-함유 층을 증착하는 단계 동안, 인-함유 전구체는 반응 챔버로 유동하고 추가 산화제는 반응 챔버로 유동되지 않는다. 예시적인 인-함유 전구체는 예를 들어, 트리메틸포스페이트(TMPO), 트리메틸포스파이트(TMPI), 트리에틸포스페이트(TEPO), 및 트리에틸포스파이트(TEPI)로 구성된 그룹 중 하나 이상으로부터 선택된 화합물과 같은 알킬-인 화합물을 포함한다. 추가적인 예에 따르면, 규소-함유 층을 형성하는 단계 동안, 규소-함유 전구체는 반응 챔버로 유동하고 추가 산화제는 반응 챔버로 유동되지 않는다. 예시적인 규소-함유 전구체는 예를 들어 (디메틸아미노)실란(DMAS), 비스(디메틸아미노)실란(BDMAS), 비스(디에틸아미노)실란(BDEAS), 비스(에틸메틸아미노)실란(BEMAS), 비스(테르트부틸아미노)실란(BTBAS), 트리스(디메틸아미노)실란(TDMAS), 테트라키스(디메틸아미노)실란(TKDMAS) 및 디-이소프로필아미노실란(DIPAS)으로 구성되는 그룹 중 하나 이상으로부터 선택된 화합물 같은 아미노 실란 화합물을 포함한다. 본 개시의 추가적인 예에 따르면, 규소-함유 층을 형성하는 단계는 규소 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함한다. 이러한 경우, 규소 전구체를 반응 챔버로 유동시키는 단계와 규소 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계는 중첩되지 않을 수 있다. 유사하게, 인-함유 층을 증착하는 단계는 인-함유 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 실시예의 예에 따르면, 인-함유 전구체를 반응 챔버로 유동시키는 단계 및 인-함유 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계는 중첩되지 않는다. 본 개시의 추가적인 예에 따르면, 불활성 가스는 규소-함유 층을 형성하고 인-함유 층을 증착하는 단계 동안 반응 챔버에 연속적으로 제공된다. 추가적인 예에 따르면, 방법은 비산화 환경에서 기판을 가열하여 증착된 포스포실리케이트 유리 층이 유동하여 유동 포스포실리케이트 유리 층을 형성하게 하는 단계를 포함한다. 가열 단계 동안 기판 온도는 500℃ 이하, 또는 400℃ 미만, 또는 300℃ 미만일 수 있다. 또 다른 추가적인 예에 따르면, 방법은 유동 포스포실리케이트 유리 층을 산화시키는 단계를 포함한다.

[0009] 본 개시의 또 다른 추가적인 예시적인 실시예에 따르면, 적어도 부분적으로 본 출원에 설명된 방법에 따라 구조체가 형성된다.

[0010] 본 개시의 또 다른 추가적인 예에 따르면, 본 출원에 설명된 바와 같이 포스포실리케이트 유리 층을 형성하기 위한 시스템이 제공된다. 예시적인 시스템은 반응 챔버, 반응 챔버에 유체 흐름 가능하게(fluidly) 결합된 가스 주입 시스템, 규소-함유 전구체 및 선택적으로 운반 가스를 반응 챔버로 도입하기 위한 제1 가스 소스, 인-함유 전구체 및 선택적으로 운반 가스를 반응 챔버 내로 도입하기 위한 제2 가스 소스, 불활성 가스를 반응 챔버 내로 도입하기 위한 불활성 가스 소스, 불활성 가스 플라즈마를 형성하기 위한 플라즈마 소스, 배기 소스, 및 제어기를 포함한다. 제어기는 가스 주입 시스템으로의 가스 유동을 제어하고 시스템이 본 출원에 설명된 방법을 수행하게 하도록 구성될 수 있다.

[0011] 이들 및 다른 실시예는 도면을 참조하여 특정 실시예에 대한 다음의 상세한 설명으로부터 본 기술 분야의 숙련자에게 용이하게 명백해질 것이며; 본 발명은 개시된 임의의 특정 실시예(들)로 제한되지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0012] 다음의 예시적인 도면과 관련하여 고려할 때 상세한 설명 및 청구범위를 참조하여 본 개시의 예시적인 실시예의 보다 완전한 이해가 도출될 수 있다.

도 1은 본 개시의 예시적인 실시예에 따른 방법을 예시한다.

도 2는 본 개시의 적어도 하나의 실시예에 따른 타이밍 시퀀스를 예시한다.

도 3 내지 도 6은 본 개시의 예에 따른 구조체를 예시한다.

도 7은 본 개시의 적어도 하나의 실시예에 따른 시스템을 예시한다.

도 8은 본 개시의 적어도 하나의 실시예에 따라 사용가능한 FPS(flow-pass system)을 사용하는 전구체 공급 시스템을 예시한다.

도면의 요소가 단순성 및 명확성을 위해 예시되어 있으며 반드시 축척에 맞게 그려진 것이 아니라는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 도면의 일부 요소의 치수는 본 개시의 예시된 실시예의 이해를 개선시키는 데 도움이 되도록 다른 요소에 비교하여 과장될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 특정 실시예 및 예가 아래에 개시되어 있지만, 본 기술 분야의 숙련자는 본 발명이 본 발명의 구체적으로 개시된 실시예 및/또는 용도 및 이의 명백한 수정 및 균등물을 넘어 확장된다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 개시된 본 발명의 범위는 아래에서 설명되는 특정한 개시된 실시예에 의해 제한되어서는 안 되는 것을 의도한다.

[0014] 본 개시는 일반적으로 포스포실리케이트 유리 층을 증착하는 방법, 구조체를 형성하는 방법, 방법을 사용하여 형성된 구조체, 및 방법을 수행하고/수행하거나 구조체를 형성하기 위한 시스템에 관한 것이다. 예로서, 본 출원에 설명된 방법은 기판의 표면 상의 간극(예를 들어, 트렌치 또는 비아)과 같은 피처를 포스포실리케이트 유리로 채우는 데 사용될 수 있다. 아래에 보다 상세하게 설명되는 바와 같이, 예시적인 방법은 포스포실리케이트 유리 층을 증착 또는 형성하는 단계, 및 증착된 포스포실리케이트 유리 층을 비교적 더 낮은 온도에서 재용융시키는 단계를 포함한다.

[0015] 본 개시에서, "가스(gas)"는 상온 및 상압에서 가스인 재료, 기화된 고체 및/또는 기화된 액체를 의미할 수 있으며, 문맥에 따라 단일 가스 또는 가스 혼합물로 구성될 수 있다. 프로세스 가스 이외의 가스, 즉, 샤워 헤드, 기타 가스 분배 디바이스 등과 같은 가스 분배 조립체를 통과하지 않고 도입된 가스는 예를 들어 반응 공간을 밀봉하기 위해 사용될 수 있으며, 이는 희가스와 같은 밀봉 가스를 포함한다. 일부 경우에, "전구체(precursor)"라는 용어는 다른 화합물을 생성하는 화학 반응에 참여하는 화합물, 특히 필름 매트릭스 또는 필름의 주 골격을 구성하는 화합물을 의미할 수 있는 반면, 용어 "반응물(reactant)"은 일부 경우에, 전구체 이외의, 전구체를 활성화하거나, 전구체를 변형하거나, 전구체의 반응을 촉진하는 화합물을 의미할 수 있다. 일부 경우에는 전구체와 반응물이라는 용어를 상호 교환적으로 사용할 수 있다. "불활성 가스(inert gas)"라는 용어는 상당한 정도로 화학 반응에 참여하지 않는 가스 및/또는 플라즈마 파워가 인가될 때 전구체를 여기시키지만 상당한 정도로 필름 매트릭스의 일부가 되지 않을 수 있는 가스를 의미한다. 본 개시의 예에 따르면, 불활성 가스는 아르곤, 헬륨, 및 질소 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0016] 본 출원에 사용될 때, "기판(substrate)"이라는 용어는 디바이스, 회로 또는 필름을 형성하기 위해 사용될 수 있거나 이들이 그 위에 형성될 수 있는 임의의 아래에 놓이는(underlying) 재료 또는 재료들을 지칭할 수 있다. 기판은 규소(예를 들어, 단결정 규소)와 같은 벌크 재료, 게르마늄과 같은 기타 IV족 재료 또는 GaAs와 같은 화합물 반도체 재료를 포함할 수 있으며, 벌크 재료 위에 놓이거나 또는 아래에 놓이는 하나 이상의 층을 포함할 수 있다. 또한, 기판은 기판의 층 또는 벌크 재료의 적어도 일부 내에 또는 위에 형성된 간극, 리세스, 비아, 라인 등과 같은 다양한 피처를 포함할 수 있다. 예로서, 하나 이상의 피처는 약 10 nm 내지 약 100 nm의 폭, 약 30 nm 내지 약 1000 nm의 깊이 또는 높이, 및/또는 약 3 내지 100 또는 약 3 내지 약 20의 종횡비를 가질 수 있다.

[0017] 일부 실시예에서, "필름(film)"은 두께 방향에 수직인 방향으로 연장되는 층을 의미한다. 일부 실시예에서, "층(layer)"은 표면에 형성된 특정 두께를 갖는 구조체 또는 필름 또는 비필름 구조체의 동의어를 의미한다. 필름 또는 층은 특정 특성을 갖는 별개의 단일 필름 또는 층 또는 다중 필름 또는 층으로 구성될 수 있으며, 인접한 필름 또는 층 사이의 경계는 명확하거나 명확하지 않을 수 있으며 물리적, 화학적, 및/또는 임의의 다른 특성, 형성 프로세스 또는 시퀀스, 및/또는 인접한 필름 또는 층의 기능 또는 목적에 기초하여 성립되거나 그렇지 않을 수 있다. 층이나 필름은 연속적이거나 그렇지 않을 수 있다.

[0018] 본 출원에 사용될 때, 용어 "규소-함유 층(silicon-containing layer)"은 화학식이 규소를 포함하는 것으로 표

현될 수 있는 층을 지칭할 수 있다. 규소-함유 층은 전구체 또는 반응물로부터 유도될 수 있는 산소, 탄소, 수소, 질소 등 중 하나 이상과 같은 다른 원소를 포함할 수 있다. 예로서, 규소-함유 층은 이산화규소와 같은 규소 산화물을 포함할 수 있다.

[0019] 본 출원에 사용될 때, 용어 "인-함유 층(phosphorus-containing layer)"은 화학식이 인을 포함하는 것으로 표현될 수 있는 층을 의미할 수 있다. 인-함유 층은 전구체 또는 반응물로부터 유도될 수 있는 산소, 탄소, 수소, 질소 등 중 하나 이상과 같은 다른 원소를 포함할 수 있다. 예로서, 증착된 인-함유 층은 인 산화물, 예컨대, P_2O_3를 주로 (예를 들어, 50 원자% 초과, 75 원자% 초과, 또는 90 원자% 초과) 포함하는 인 산화물을 포함할 수 있다.

[0020] 본 출원에 사용될 때, "포스포실리케이트 유리 층(phosphosilicate glass layer)"이라는 용어는 화학식이 규소, 인 및 산소를 포함하는 것으로 표현될 수 있는 층을 의미할 수 있다. 포스포실리케이트 유리 층은 전구체 또는 반응물로부터 유도될 수 있는 탄소, 수소, 질소 등 중 하나 이상과 같은 다른 원소를 포함할 수 있다.

[0021] 본 출원에 사용될 때, "구조체(structure)"라는 용어는 부분적으로 또는 완전히 제조된 디바이스 구조체를 지칭할 수 있다. 예로서, 구조체는 그 위에 형성된 하나 이상의 층 및/또는 피처를 갖는 기판을 포함할 수 있다.

[0022] 본 출원에 사용될 때, "순환 증착 프로세스(cyclic deposition process)"라는 용어는 증착 사이클, 전형적으로 복수의 연속 증착 사이클이 프로세스 챔버에서 수행되는 기상 증착 프로세스를 지칭할 수 있다. 순환 증착 프로세스는 순환 화학 기상 증착(CVD) 및 원자 층 증착(ALD) 프로세스를 포함할 수 있다. 순환 증착 프로세스는 전구체, 반응물, 및/또는 불활성 가스의 플라즈마 활성화를 포함하는 하나 이상의 사이클을 포함할 수 있다.

[0023] 본 개시에서, 변수의 임의의 2개의 숫자는 변수의 작용 가능한 범위를 구성할 수 있고, 표시된 임의의 범위는 종점을 포함하거나 제외할 수 있다. 추가로, 표시된 변수의 임의의 값("약"과 함께 표시되었는지 아닌지 여부에 무관하게)은 정확한 값 또는 근사값을 지칭할 수 있고 균등물을 포함할 수 있고 일부 실시예에서 평균, 중앙값, 대표값, 다수 등을 지칭할 수 있다. 또한, 본 개시에서 용어 "포함하는", "구성되는" 및 "갖는" 등은 일부 실시예에서 독립적으로 "전형적으로 또는 광범위하게 포함하는", "포함하는", "본질적으로 구성되는" 또는 "구성되는"을 지칭할 수 있다. 본 개시에서, 임의의 정의된 의미는 일부 실시예에서 통상적이고 관례적인 의미를 반드시 제외하지는 않는다.

[0024] 본 개시에서, "연속적으로(continuously)"는 일부 실시예에서 진공을 파괴하지 않고, 타임라인으로서 중단 없이, 어떠한 재료 개입 단계도 없이, 처리 조건을 변경하지 않고, 그 직후에, 다음 단계로서, 또는 2개의 구조체 이외의 2개의 구조체 사이의 개입하는 별개의 물리 또는 화학 구조 없이 중 하나 이상을 의미할 수 있다.

[0025] 이제, 도면을 참조하면, 도 1은 본 개시의 예에 따른 포스포실리케이트 유리 층을 형성하는 방법(100)을 예시한다. 도 3 내지 도 6은 방법(100) 동안 형성되거나 사용되는 구조를 예시한다.

[0026] 방법(100)은 반응 챔버 내에 기판을 제공하는 단계(단계 102), 규소-함유 층을 형성하는 단계(단계 104), 및 인-함유 층을 증착하는 단계(단계 106)를 포함한다. 아래에서 더 상세하게 설명되는 바와 같이, 단계 104 및/또는 106 및 선택적으로 단계 108은 개별적으로 및/또는 총괄하여 반복되어 증착된 포스포실리케이트 유리 층을 형성할 수 있다. 방법(100)은 또한 규소-함유 층을 증착하는 단계(단계 108), 기판을 가열하여 증착된 포스포실리케이트 유리 층이 유동하여 유동 포스포실리케이트 유리 층을 형성하는 단계(단계 110), 및/또는 유동 포스포실리케이트 유리 층을 산화시키는 단계(단계 112)를 포함할 수 있다. 단계 104-108과 같은 방법(100)의 다양한 단계는 화학 기상 증착(CVD), 플라즈마 강화 CVD(PECVD), 원자 층 증착(ALD) 또는 플라즈마 강화 ALD(PEALD) 반응기 시스템의 하나 이상의 챔버 내에서 수행될 수 있다.

[0027] 단계 102는 기판을 반응 챔버에 제공하는 단계를 포함한다. 도 3은 그 사이에 형성된 리세스(308)를 갖는 피처(304, 306)를 포함하는 예시적인 기판(302)을 예시한다.

[0028] 기판은 증착 온도로 가열될 수 있다. 예를 들어, 기판은 하나 이상의 부분적으로 제조된 디바이스 구조체를 포함할 수 있으며, 기판은 500℃ 미만, 250℃ 미만, 50℃ 미만, 또는 30℃ 미만의 증착 온도로 가열될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 증착 온도는 20℃ 초과 또는 25℃ 초과일 수 있다. 또한, 반응 챔버 내의 압력이 제어될 수 있다. 예를 들어, 증착 프로세스 동안 반응 챔버 내의 압력은 2000 Pa 미만, 1500 Pa 미만, 또는 1000 Pa 미만 및/또는 200 Pa 초과, 400 Pa 초과, 또는 800 Pa 초과일 수 있다.

[0029] 단계 104 동안, 규소-함유 층이 기판에 오버라잉하여 형성된다. 본 개시의 예에 따르면, 규소-함유 층은 순환 증착 프로세스를 사용하여 형성된다. 단계 104 동안 반응 챔버 내의 온도 및 압력은 단계 102와 관련하여 앞서

설명된 반응 챔버 내의 온도 및 압력과 동일하거나 유사할 수 있다. 예로서, 그리고 도 2에 예시된 바와 같이, 규소-함유 층(202)을 형성하기 위한 순환 프로세스는 하나 이상의 사이클을 포함할 수 있으며, 각각의 사이클은 규소 전구체를 반응 챔버에 제공하고 규소 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함한다. 예시된 예에서, 규소-함유 층(202)을 형성하기 위한 순환 프로세스는 펄스(204)를 위한 규소 전구체를 제공하고, 플라즈마 펄스(206)를 위해 플라즈마 파워를 제공하고, 기간(208) 동안 불활성 가스를 제공하는 단계를 포함할 수 있다. 본 개시의 예에 따르면, 규소-함유 층 내의 산소의 양을 비교적 낮게 유지하는 것이 바람직할 수 있다. 따라서, 본 개시의 예에 따르면, 규소-함유 층을 형성하는 단계 동안 추가 산화제가 반응 챔버로 유동되지 않는다. 이러한 경우, 규소-함유 층을 형성하는 단계 동안 규소 전구체 및 불활성 가스만이 반응 챔버로 유동된다. 펄스(204)의 지속기간은 약 0.2초 내지 약 5초의 범위일 수 있다. 플라즈마 펄스(206)의 지속기간은 약 0.2초 내지 약 5초의 범위일 수 있다. 펄스(204) 동안의 규소 전구체의 유량은 약 500sccm 내지 약 6000sccm의 범위일 수 있다. 단계 208 동안 불활성 가스의 유량은 약 500sccm 내지 약 6000sccm의 범위일 수 있다. 펄스(206) 동안 플라즈마를 생성하기 위한 전력은 약 50W와 약 1000W 사이일 수 있다. 전력의 주파수는 약 13.56MHz와 약 60MHz 사이일 수 있다. 펄스(206)의 지속기간은 약 10% 내지 약 100%의 범위일 수 있다.

[0030] 규소 전구체는 아미노실란 화합물을 포함할 수 있다. 예로서, 규소 전구체는 (디메틸아미노)실란(DMAS), 비스(디메틸아미노)실란(BDMAS), 비스(디에틸아미노)실란(BDEAS), 비스(에틸메틸아미노)실란(BEMAS), 비스(테르트부틸아미노)실란(BTBAS), 트리스(디메틸아미노)실란(TDMAS), 테트라키스(디메틸아미노)실란(TKDMAS) 및 디-이소프로필아미노실란(DIPAS)로 구성되는 그룹 중 하나 이상으로부터 선택될 수 있다.

[0031] 도 2에 예시된 바와 같이, 본 개시의 예에 따르면, 규소 전구체를 반응 챔버로 유동시키는 단계(규소 전구체 펄스(204)) 및 규소 전구체를 불활성 가스 플라즈마에 노출시키는 단계(플라즈마 펄스(206))는 시간 및/또는 공간이 중첩하지 않는다. 추가로 예시된 바와 같이, 규소 전구체 펄스(204) 및 플라즈마 펄스(206)는 불활성 가스와 같은 퍼지 가스를 반응 챔버에 제공하는 단계를 포함하는 퍼지 펄스(210)에 의해 분리될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 규소-함유 층(202)을 형성하기 위한 순환 프로세스는 퍼지 펄스(211)를 포함할 수 있다.

[0032] 도 2에는 하나의 사이클만이 예시되어 있지만, 규소-함유 층(202)을 형성하기 위한 순환 프로세스는 하나 이상의 사이클을 포함할 수 있다. 예를 들어, 펄스(204) 및 플라즈마 펄스(206)에 대한 규소 전구체는 단계 106으로 진행하기 전에 반복될 수 있다.

[0033] 다시 도 1을 참조하면, 단계 106은 기판 위에 놓이는 인-함유 층을 증착하는 단계를 포함한다. 단계 106 동안 반응 챔버 내의 온도 및 압력은 단계 102와 관련하여 앞서 설명된 반응 챔버 내의 온도 및 압력과 동일하거나 유사할 수 있다.

[0034] 본 개시의 예에 따르면, 인-함유 층은 도 2에 예시된 바와 같이 순환 증착 프로세스(212)를 사용하여 형성된다. 순환 증착 프로세스(212)는 하나 이상의 사이클(i-n)을 포함할 수 있으며, 각각의 사이클은 인 전구체 펄스(214)를 위해 인-함유 전구체를 반응 챔버로 유동하게 하고, 플라즈마 펄스(216)를 위해 불활성 가스 플라즈마 및 불활성 가스 펄스(218)에 인-함유 전구체를 노출시키는 단계를 포함한다. 본 개시의 예에 따르면, 인-함유 층 내의 산소의 양을 비교적 낮게 유지하는 것이 바람직할 수 있다. 따라서, 본 개시의 예에 따르면, 인-함유 층을 증착하는 단계 동안 추가 산화제가 반응 챔버로 유동되지 않는다. 이러한 경우, 인-함유 층을 증착하는 단계(212) 동안 인-함유 전구체 및 불활성 가스만이 반응 챔버로 유동된다. 본 개시의 예에 따르면, 증착된 인-함유 층은, 예를 들어, 주로 P_2O_3를 포함한다. 추가적으로 또는 대안적으로, 증착된 인-함유 층의 용융 온도는 500 ℃ 미만, 250℃ 미만, 50℃ 미만, 또는 30℃ 미만일 수 있다.

[0035] 플라즈마 펄스(216)의 지속기간은 약 0.2초 내지 약 5초의 범위일 수 있다. 펄스(214) 동안 인-함유 전구체의 유량은 약 500sccm 내지 약 6000sccm의 범위일 수 있다. 단계 218 동안의 불활성 가스의 유량은 단계 202와 관련하여 앞서 설명된 것과 동일할 수 있다. 펄스(216) 동안 플라즈마를 생성하기 위한 전력은 약 50W와 약 1000W 사이일 수 있고; 전력의 주파수는 약 13.56MHz 내지 약 60MHz의 범위일 수 있다. 펄스(216)의 지속기간은 약 10% 내지 약 100%의 범위일 수 있다. 각각의 사이클(i)은 퍼지 펄스(210, 211)와 동일하거나 유사할 수 있는 하나 이상의 퍼지 펄스(215, 217)를 포함할 수 있다.

[0036] 인-함유 전구체는 하나 이상의(예를 들어, 4개의) 산소 원자에 결합된 인을 포함하는 화합물을 포함할 수 있고, 여기서, 하나 이상의 산소 원자는 C1-C4 탄화수소에 결합된다. 특정 예로서, 인-함유 전구체는 트리메틸포스파이트(TMPI), 트리에틸포스페이트(TEPO), 및/또는 트리메틸포스페이트(TMPO) 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0037] 본 개시의 예에 따르면, 인-함유 전구체를 반응 챔버로 유동시키는 단계(인 전구체 펄스(214)) 및 인-함유 전구

체를 불활성 가스 플라즈마(플라즈마 펄스(216))에 노출시키는 단계는 중첩되지 않는다. 추가로 예시된 바와 같이, 인 전구체 펄스(214) 및 플라즈마 펄스(216)는 퍼지 펄스(215)에 의해 분리될 수 있다.

[0038] 도 1로 돌아가서, 단계 108은 다른 규소-함유 층을 증착하는 단계를 포함할 수 있다. 단계 108은 단계 104와 동일하거나 유사할 수 있다. 예를 들어, 단계 108은 펄스(224)를 위한 규소 전구체를 제공하고, 플라즈마 펄스(226)를 위한 플라즈마 파워를 제공하고, 기간(228) 동안 불활성 가스를 제공하는 단계를 포함하는 순환 프로세스(222)를 포함할 수 있다. 펄스(224), 플라즈마 펄스(226), 및 기간(228)은 펄스(204), 플라즈마 펄스(206), 및 기간(208)과 동일하거나 유사할 수 있다.

[0039] 별개의 펄스 단계(208, 218, 228)로 예시되어 있지만, 규소-함유 층을 형성/증착하고 인-함유 층을 증착하는 단계(단계 104-108) 동안 불활성 가스가 반응 챔버에 연속적으로 제공될 수 있다.

[0040] 도 4는 기판(302) 및 예를 들어 단계 102-108을 사용하여 형성된, 증착된 포스포실리케이트 유리 층(402)을 포함하는 구조체(400)를 예시한다. 예시된 바와 같이, 증착된 포스포실리케이트 유리 층(402)은 비교적 컨포멀(conformal)일 수 있다.

[0041] 기판의 표면에 원하는 양의 증착된 인-함유 층이 형성되면, 기판은 단계 110 동안에 증착된 포스포실리케이트 유리 층이 유동하게 하여 유동 포스포실리케이트 유리 층을 형성하도록 가열된다. 도 5는 기판(302) 및 유동 포스포실리케이트 유리 층(502)을 포함하는 구조체(500)를 예시한다.

[0042] 본 개시의 예에 따르면, 단계 110은 비산화 환경에서 수행된다. 비산화 환경에서 단계 110을 수행하는 것은 증착된 인-함유 층이 비교적 낮은 온도에서 유동하게 한다. 단계 110은 500℃ 이하, 또는 400℃ 미만, 또는 300℃ 미만의 온도로 기판을 가열하는 단계를 포함할 수 있다. 단계 110 동안 반응 챔버 내의 압력은 약 200Pa 내지 대략 대기압일 수 있다. 불활성 가스는 단계 110 동안 반응 챔버에 제공될 수 있다. 불활성 가스의 유량은 약 500sccm 내지 약 6000sccm일 수 있다.

[0043] 일단 단계 110이 완료되면, 방법(100)은 유동 포스포실리케이트 유리 층을 산화시키는 단계 112로 진행할 수 있다. 도 6은 산화된 유동 포스포실리케이트 유리 층(602)을 포함하는 구조체(600)를 예시한다.

[0044] 이 단계 동안, 하나 이상의 O_2, N2O, N2, H2O 등과 같은 산화제가 반응 챔버 내에서 유동할 수 있다. 반응 챔버로의 산화제의 유량은 약 500sccm 내지 약 6000sccm일 수 있다. 단계 112 동안 반응 챔버 내의 압력은 약 200Pa 내지 대략 대기압일 수 있고; 단계 112 동안 반응 챔버의 온도는 약 300℃ 내지 약 500℃일 수 있다. 산화제는 예를 들어, P_2O_5를 형성하도록 유동 포스포실리케이트 유리 층을 산화시킬 수 있다.

[0045] 시스템이 본 출원에 추가로 설명된다. 예시적인 시스템은 반응 챔버, 플라즈마 소스, 가스 주입 시스템, 인-함유 전구체 가스 소스, 규소-함유 가스 전구체 소스, 불활성 가스 소스, 배기 소스, 및 제어기를 포함할 수 있다. 반응 챔버는 기판 지지부 및 상부 전극을 포함할 수 있다. 기판 지지부는 하부 전극일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 플라즈마 전원은 (예를 들어, 무선 주파수) 전력 파형을 생성하도록 배열될 수 있다. 가스 주입 시스템은 반응 챔버와 유체 연결되어 있고 규소 전구체 및/또는 인-함유 전구체를 반응 챔버 내로 도입하도록 배열된다. 선택적으로, 규소 전구체 및/또는 인-함유 전구체는 운반 가스에 의해 반응 챔버로 도입된다. 배기는 반응 챔버로부터 반응 생성물 및 미사용 전구체를 제거하기 위해 적절하게 배열된다. 제어기는 본 출원의 다른 곳에서 설명된 방법이 수행되도록 프로그래밍되거나 달리 구성된다. 제어기(들)는 본 기술 분야의 숙련자가 이해하는 바와 같이 시스템의 다양한 전원, 가열 시스템, 펌프, 로봇, 가스 유동 제어기 또는 밸브와 통신한다.

[0046] 일부 실시예에서, 가스 주입 시스템은 전구체를 하나 이상의 반응 챔버로 운반하기 위한 운반 가스를 사용하는 전구체 전달 시스템을 포함한다. 일부 실시예에서, 운반 가스의 연속적인 유동은 유동-통과 시스템을 사용하여 달성된다. 유동-통과 시스템에서, 운반 가스 라인에는 전구체 저장소(병 모양의 용기(bottle))를 갖는 우회 라인이 제공되며, 메인 라인과 우회 라인이 스위칭되고, 운반 가스만이 반응 챔버에 공급되도록 의도된 경우, 우회 라인이 폐쇄되고, 반면에, 운반 가스와 전구체 가스 모두가 반응 챔버에 공급되도록 의도된 경우, 메인 라인이 폐쇄되고, 운반 가스가 우회 라인을 통해 유동하여 전구체 가스와 함께 병 모양의 용기 외부로 유동된다. 이러한 방식으로, 운반 가스는 반응 챔버로 연속적으로 유동할 수 있고 메인 라인과 우회 라인을 스위칭하여 전구체 가스를 펄스로 운반할 수 있다.

[0047] 현재 제공된 방법은 도 7에 도시된 바와 같이 시스템을 포함하는 임의의 적절한 장치에서 실행될 수 있다. 유사하게, 현재 제공된 구조체는 도 7에 도시된 바와 같은 시스템을 포함하는 임의의 적절한 장치로 제조될 수 있다.

[0048] 도 7은 본 개시의 적어도 일부 실시예에서 사용가능한, 본 출원에 설명된 순환 시퀀스를 수행하도록 프로그래밍된 제어를 갖는 플라즈마 강화 순환 증착 장치의 개략도이다. 이 도면에서, 한 쌍의 전기 전도성 평판 전극(2, 4)을 병렬로 제공하고 반응 챔버(3)의 내부(11)(반응 구역)에서 서로 대면시키고, 일측에, 플라즈마 전원(25)으로부터 RF 전력(예를 들어, 13.56MHz 및/또는 27MHz)을 인가하고, 그리고 타측(12)을 전기적으로 접지함으로써, 플라즈마가 전극 사이에서 여기된다. 하부 스테이지(2), 즉, 하부 전극에는 온도 조절기가 제공될 수 있다. 기판(1)이 그 위에 배치되고 그 온도는 원하는 온도로 일정하게 유지될 수 있다. 상부 전극(4)은 가스 주입 시스템(35)의 샤워 플레이트의 역할을 할 수 있고, 전구체 가스 및/또는, 존재하는 경우, 희석 가스는 가스 소스(각각 30, 31, 32)로부터 가스 라인(19), 가스 라인(21) 및 가스 라인(22)을 통해, 그리고, 샤워 플레이트(4)를 통해 반응 챔버(3) 내로 도입될 수 있다. 추가로, 반응 챔버(3)에는 배기 라인(17)을 갖는 원형 덕트(13)가 제공되며, 이를 통해 반응 챔버(3)의 내부(11)에 있는 가스가 배기된다. 추가로, 전달 챔버(5)는 반응 챔버(3) 아래에 배치되고, 가스 밀봉 라인(24)이 제공되어 밀봉 가스를 전달 챔버(5)의 내부(16)를 통해 반응 챔버(3)의 내부(11)로 도입하고, 여기서, 반응 구역과 전달 구역을 분리하는 분리판(14)이 제공된다. 이 도면에서는 그를 통해 웨이퍼를 전달 챔버(5)로 또는 전달 챔버(5)로부터 반송할 수 있는 게이트 밸브가 생략되어 있음을 유의한다. 전달 챔버에는 배기 라인(6)도 제공된다. 일부 실시예에서, 간극 충전 유체를 증착하고, 재료를 유동시키고, 재료를 산화시키는 것은 하나의 동일한 반응 챔버에서 수행된다. 일부 실시예에서, 간극 충전 유체의 증착 및 가열 및/또는 산화는 하나의 동일한 시스템에 포함된 별개의 반응 챔버에서 수행된다.

[0049] 일부 실시예에서, 도 8에 예시된 불활성 가스의 유동 및 전구체 가스의 유동을 스위칭하기 위한 시스템은 반응 챔버의 압력을 실질적으로 변동시키지 않으면서 펄스로 전구체 가스를 도입하기 위해 도 7에 따른 장치에서 사용될 수 있다.

[0050] 실제로, 운반 가스의 연속적인 유동은 FPS(flow-pass system)을 사용하여 달성될 수 있으며, 여기서, 운반 가스 라인에는 전구체 저장소(병 모양의 용기)를 갖는 우회 라인이 제공되고, 메인 라인과 우회 라인이 스위칭되고, 운반 가스만이 반응 챔버에 공급되도록 의도된 경우, 우회 라인이 폐쇄되고, 반면에, 운반 가스와 전구체 가스 모두가 반응 챔버에 공급되도록 의도된 경우, 메인 라인이 폐쇄되고, 운반 가스가 우회 라인을 통해 유동하여 전구체 가스와 함께 병 모양의 용기 외부로 유동된다. 이러한 방식으로, 운반 가스는 반응 챔버로 연속적으로 유동할 수 있고 메인 라인과 우회 라인을 스위칭하여 전구체 가스를 펄스로 운반할 수 있다.

[0051] 도 8은 본 출원에 설명된 시스템의 실시예에서 사용될 수 있는 FPS(flow-pass system)을 사용하는 전구체 공급 시스템을 예시한다(검은색 밸브는 밸브가 폐쇄되어 있음을 나타낸다). 도 8의 (a)에 도시된 바와 같이, 반응 챔버에 전구체를 공급할 때 먼저 Ar(또는 He)과 같은 운반 가스가 밸브(b, c)를 갖는 가스 라인을 통해 유동하고, 그 후, 병 모양의 용기(저장소)(20)에 진입한다. 운반 가스는 병 모양의 용기(20) 내부의 증기압에 대응하는 양의 전구체 가스를 운반하면서 병 모양의 용기(20) 외부로 유동하고, 밸브(f, e)를 갖는 가스 라인을 통해 유동한 다음 전구체와 함께 반응 챔버로 공급된다. 위의 경우, 밸브 a와 d는 폐쇄되어 있다. 운반 가스(He 또는 Ar과 같은 비활성 가스일 수 있음)만 반응 챔버에 공급할 때, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이, 운반 가스는 병 모양의 용기(20)을 우회하면서 밸브(a)를 갖는 가스 라인을 통해 유동된다. 위의 경우, 밸브 b, c, d, e, f는 폐쇄되어 있다.

[0052] 숙련자는 장치가 본 출원의 다른 곳에서 설명된 증착 프로세스가 수행되게 하도록 프로그래밍되거나 달리 구성된 하나 이상의 제어기(들)(40)를 포함한다는 것을 이해할 것이다. 제어기(들)(40)는 본 기술 분야의 숙련자가 이해할 수 있는 바와 같이 반응기의 다양한 전원, 가열 시스템, 펌프, 로봇 공학 및 가스 유동 제어기 또는 밸브와 통신한다. 제어기(들)(40)은 프로세서, 및 밸브, 매니폴드, 가열기, 펌프 및 시스템에 포함된 기타 컴포넌트를 선택적으로 동작시키는 소프트웨어를 포함하는 전자 회로부를 포함한다. 이러한 회로부 및 컴포넌트는 각각의 소스(예를 들어, 병 모양의 용기(20))로부터의 전구체, 반응물, 및 선택적으로 퍼지 가스를 도입하도록 동작한다. 제어기는 시스템의 적절한 동작을 제공하기 위해 가스 공급 시퀀스의 타이밍, 기판 및/또는 반응 챔버(3)의 온도, 반응 챔버(3) 내의 압력, 및 다양한 기타 동작을 제어할 수 있다. 제어기(들)는 반응 챔버(3) 안팎으로 전구체, 반응물 및 퍼지 가스의 유동을 제어하기 위해 밸브를 전기적으로 또는 공압적으로 제어하는 제어 소프트웨어를 포함할 수 있다. 제어기(들)(40)은 특정 작업을 수행하는 소프트웨어 또는 하드웨어 컴포넌트, 예를 들어 FPGA 또는 ASIC와 같은 모듈을 포함할 수 있다. 제어기가 특정 작업을 수행하기 위한 소프트웨어 컴포넌트를 포함하는 경우, 제어기는 특정 작업을 수행하도록 프로그래밍되는 것을 이해하여야 한다. 모듈은 제어 시스템의 어드레싱 가능한 저장 매체, 즉, 메모리에 상주하도록 구성되고 하나 이상의 프로세스를 실행하도록 구성되는 것이 유리할 수 있다.

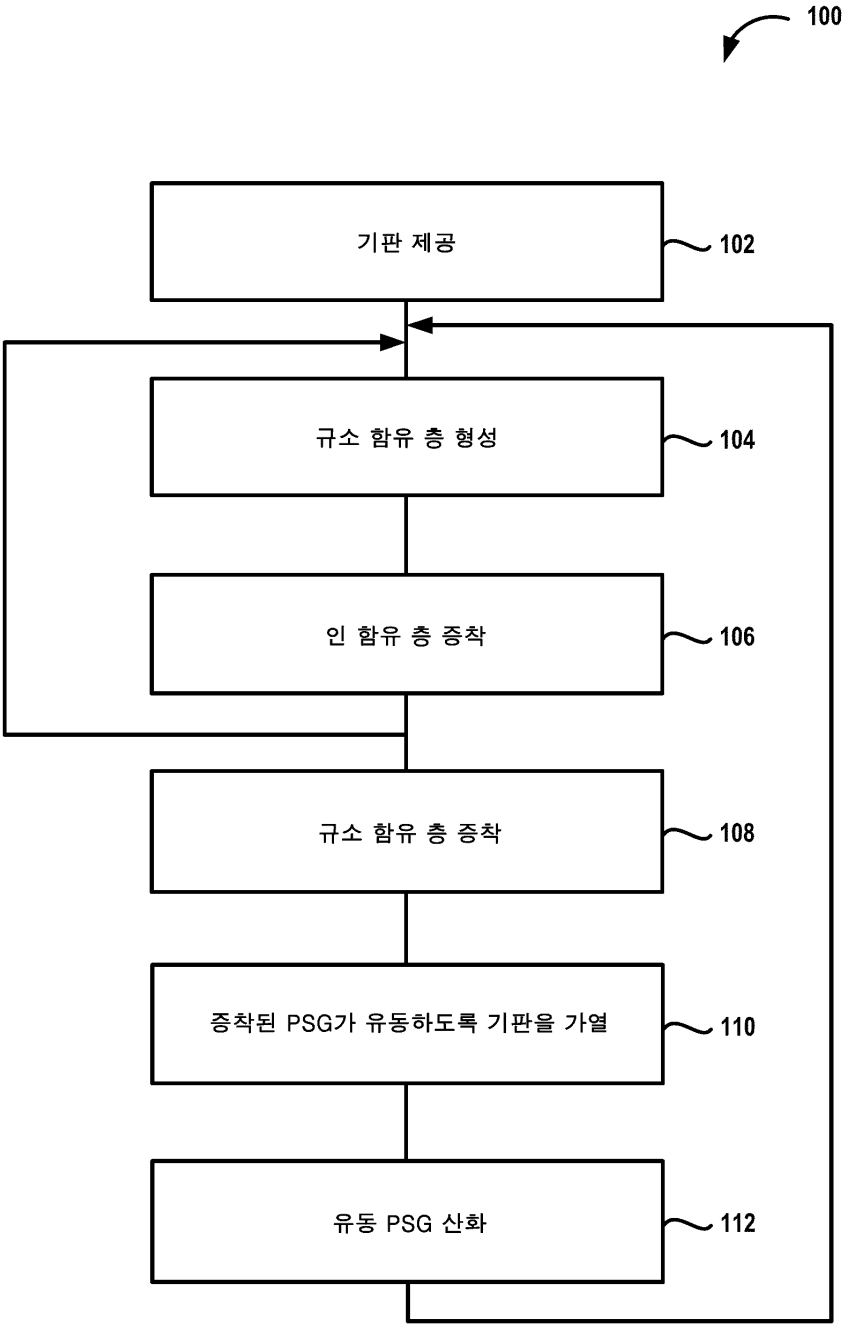
[0053] 선택적으로, 이중 챔버 반응기를 사용할 수 있다. 이중 챔버 반응기는 서로 근접하게 배치된 웨이퍼를 처리하기

위한 2개의 섹션 또는 구획을 포함한다. 이러한 이중 챔버 반응기에서 불활성 가스는 공유 라인을 통해 공급될 수 있고 전구체 함유 가스는 비공유 라인에 의해 제공된다.

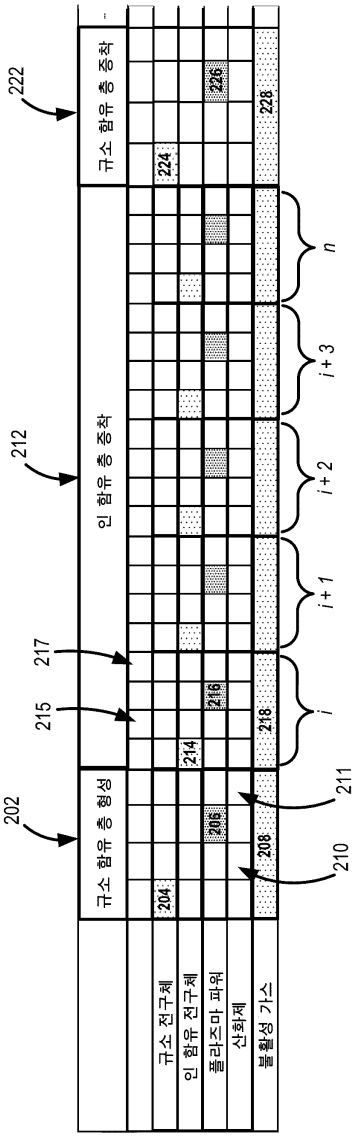
[0054] 앞서 설명한 개시의 예시적인 실시예는 본 발명의 범위를 제한하지 않으며, 그 이유는 이러한 실시예가 본 발명의 실시예의 예일 뿐이기 때문이다. 임의의 균등 실시예가 본 발명의 범위 내에 있는 것을 의도한다. 실제로, 본 기술 분야의 숙련자는 본 출원에 도시되고 설명된 것에 추가하여, 설명된 요소의 대안적인 유용한 조합과 같은 본 개시의 다양한 수정을 본 설명으로부터 명백히 알 수 있을 것이다. 이러한 수정 및 실시예는 또한 첨부된 청구범위의 범위 내에 속하는 것을 의도한다.

도면

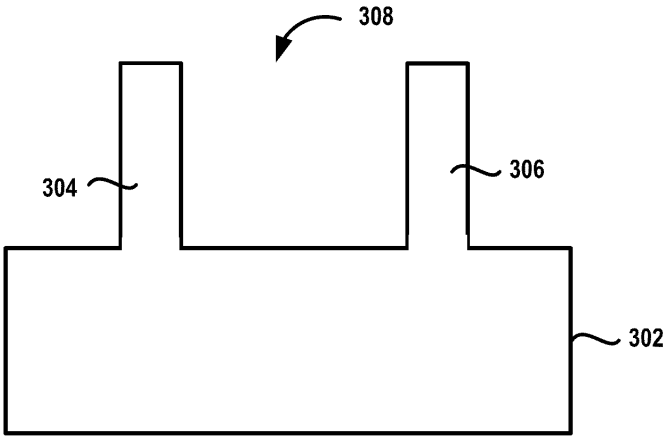
도면1



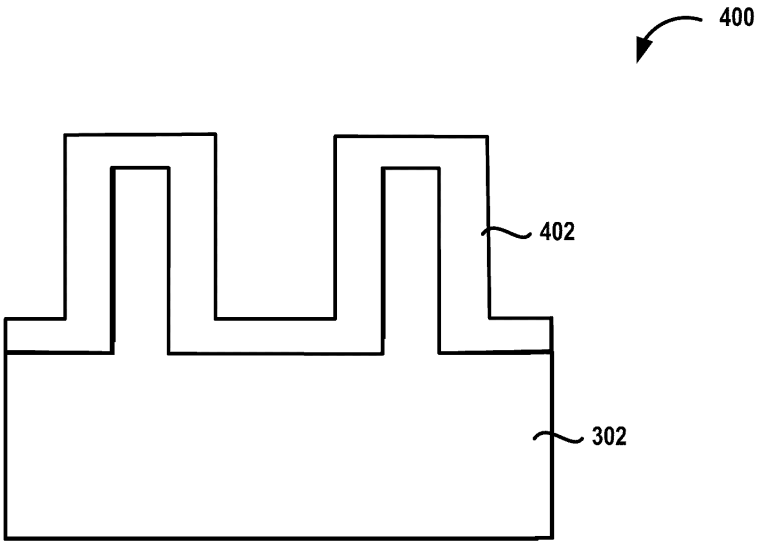
도면2


222
212
217
215
202
211
210
규소 함유 층 증착
인 함유 층 증착
규소 함유 층 형성
224
226
228
214
216
218
206
208
204
i
i + 1
i + 2
i + 3
n
규소 전구체
인 함유 전구체
플라즈마 파워
산화제
불활성 가스

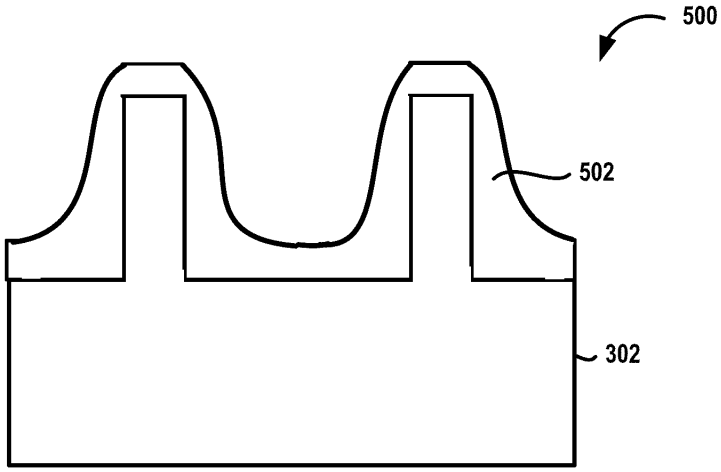
도면3


308
304
306
302

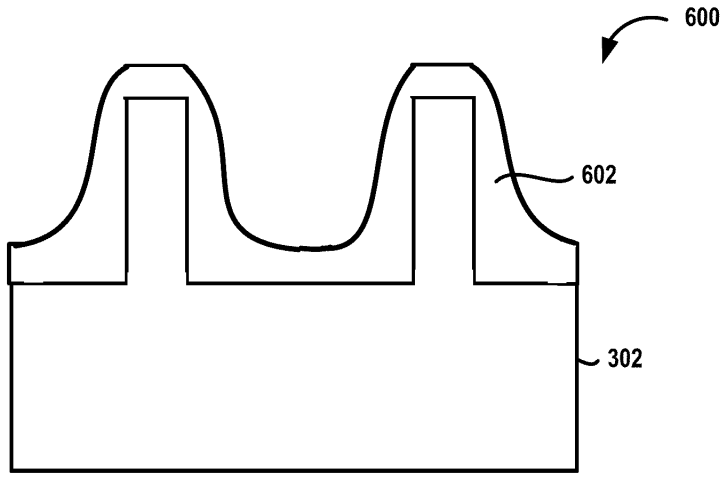
도면4



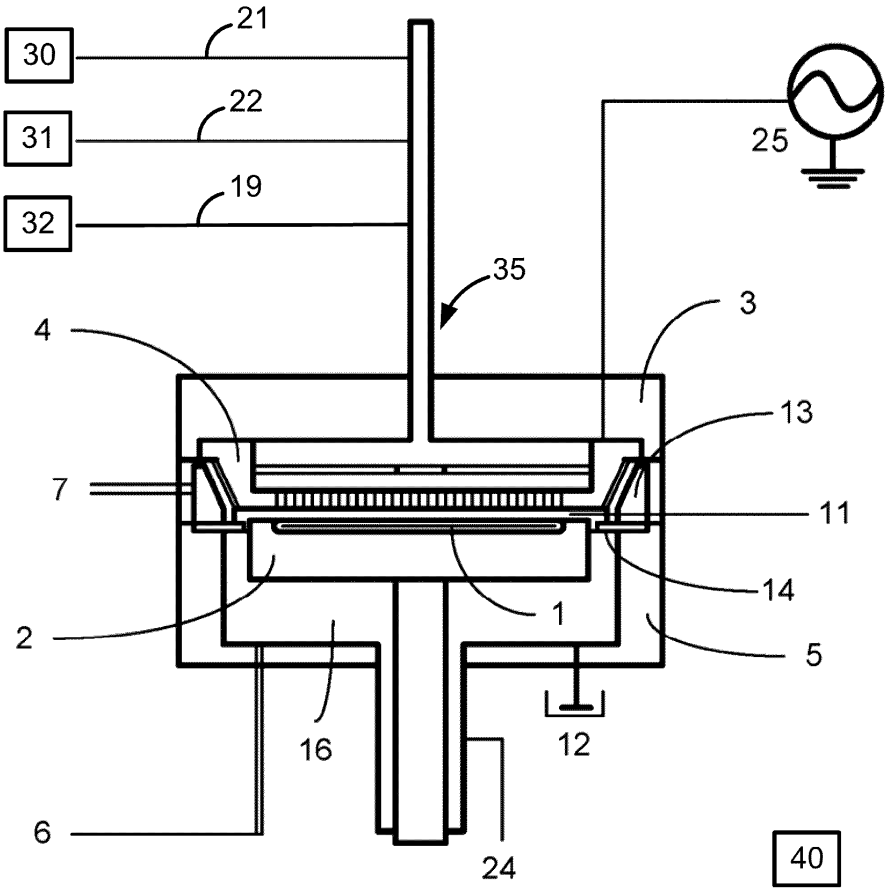
도면5



도면6



도면7



도면8

