(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월04일
(11) 등록번호 10-2574914
(24) 등록일자 2023년08월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/768 (2006.01) *H01L 21/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/76865 (2013.01)
H01L 21/02129 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7036359
(22) 출원일자(국제) 2018년05월30일
심사청구일자 2021년04월15일
(85) 번역문제출일자 2019년12월09일
(65) 공개번호 10-2020-0004399
(43) 공개일자 2020년01월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/035210
(87) 국제공개번호 WO 2018/222771
국제공개일자 2018년12월06일
(30) 우선권주장
62/514,554 2017년06월02일 미국(US)
62/648,073 2018년03월26일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140036203 A
US20120285492 A1
US20160064209 A1
JP2015504239 A

(73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
(72) 발명자
만나, 프라미트
미국 94086 캘리포니아 써니베일 더블유. 워싱턴 애비뉴 299 #421
장, 시시
미국 95051 캘리포니아 산타 클라라 타마라크 레인 3765 #107
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 남앤남

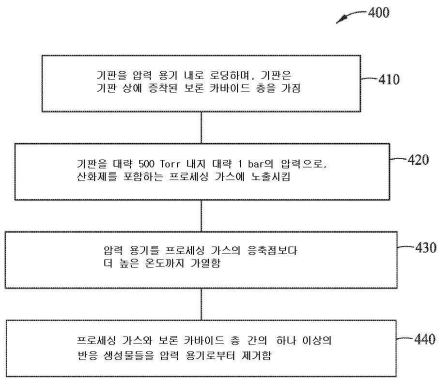
전체 청구항 수 : 총 20 항 심사관 : 권철순

(54) 발명의 명칭 **보론 카바이드 하드마스크의 건식 스트리핑**

(57) 요 약

본 개시내용의 실시예들은 일반적으로, 반도체 기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하기 위한 방법에 관한 것이다. 일 실시예에서, 방법은, 보론 카바이드 층을 갖는 기판을 압력 용기 내로 로딩하는 단계, 기판을 대략 500 Torr 내지 60 bar의 압력으로, 산화제를 포함하는 프로세싱 가스에 노출시키는 단계, 압력 용기를 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도까지 가열하는 단계 및 프로세싱 가스와 보론 카바이드 층 간의 하나 이상의 반응 생성물들을 압력 용기로부터 제거하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H01L 21/02312 (2013.01)
H01L 21/76864 (2013.01)
(72) 발명자
말릭, 아비짓 바수
미국 94539 캘리포니아 프리몬트 마스터스 코트 47863
레스키스, 커티스
미국 95124 캘리포니아 새너제이 타운 클럽 드라이브 1647

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑(stripping)하는 방법으로서,

상기 기판을 압력 용기의 프로세싱 구역 내로 로딩하는 단계 - 상기 기판은 상기 기판 상에 증착된 상기 보론 카바이드 층을 가짐 -;

상기 기판을 500 Torr 내지 60 bar의 압력으로, 산화제를 포함하는 프로세싱 가스에 노출시키는 단계 - 상기 프로세싱 가스는 플라즈마를 포함하지 않음 -;

상기 압력 용기의 프로세싱 구역을 상기 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도까지 가열하는 단계; 및

상기 프로세싱 가스와 상기 보론 카바이드 층 간의 하나 이상의 반응 생성물들을 상기 압력 용기로부터 제거하는 단계를 포함하는,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 기판을 프로세싱 가스에 노출시키는 단계는,

상기 기판을 10 bar보다 더 높은 압력으로 증기에 노출시키는 단계를 포함하는,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 기판은 상기 기판 상에 증착된 보론 카바이드의 양의 적어도 10배의 양의 증기에 노출되는,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 산화제는, 오존, 산소, 수증기, 중수, 암모니아, 퍼옥사이드, 하이드록사이드-함유 화합물, 산소 동위원소들 및 수소 동위원소들로 이루어진 그룹으로부터 선택되는,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 기판은 상기 기판 상에 증착된 보론 카바이드의 양과 완전히 반응하는 데 필요한 양의 산화제를 초과하는 양의 산화제에 노출되는,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 압력 용기의 프로세싱 구역은 300℃ 내지 700℃의 온도까지 가열되는,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 프로세싱 가스는 5% 건조 증기 내지 100% 건조 증기를 포함하는,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 8

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법으로서,

상기 복수의 기판들을 압력 용기의 프로세싱 구역 내로 동시에 로딩하는 단계 - 상기 복수의 기판들은 각각 상기 복수의 기판들 상에 증착된 상기 보론 카바이드 층을 가짐 -;

상기 복수의 기판들을 500 Torr 내지 60 bar의 압력으로, 산화제를 포함하는 프로세싱 가스에 노출시키는 단계;

상기 압력 용기의 프로세싱 구역을 상기 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도까지 가열하는 단계; 및

상기 프로세싱 가스와 상기 보론 카바이드 층 간의 하나 이상의 반응 생성물들을 상기 압력 용기로부터 제거하는 단계를 포함하는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 복수의 기판들을 상기 프로세싱 가스에 노출시키는 단계는,

상기 복수의 기판들을 10 bar보다 더 높은 압력으로 증기에 노출시키는 단계를 포함하는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 10

제8 항에 있어서,

상기 산화제는, 오존, 산소, 수증기, 중수, 암모니아, 퍼옥사이드, 하이드록사이드-함유 화합물, 산소 동위원소들 및 수소 동위원소들로 이루어진 그룹으로부터 선택되는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 11

제8 항에 있어서,

상기 복수의 기판들은 상기 복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드의 양과 완전히 반응하는 데 필요한 양의 산화제를 초과하는 양의 산화제에 노출되는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 12

제8 항에 있어서,

상기 압력 용기의 프로세싱 구역은 300℃ 내지 700℃의 온도까지 가열되는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 13

제8 항에 있어서,

상기 프로세싱 가스는 5% 건조 증기 내지 100% 건조 증기를 포함하는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 14

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법으로서,

상기 복수의 기판들을 압력 용기의 프로세싱 구역 내로 동시에 로딩하는 단계 - 상기 복수의 기판들은 각각 상기 복수의 기판들 상에 증착된 상기 보론 카바이드 층을 가짐 -;

상기 복수의 기판들을 10 bar 내지 60 bar의 압력으로, 증기를 포함하는 프로세싱 가스에 노출시키는 단계;

상기 압력 용기의 프로세싱 구역을 상기 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도까지 가열하는 단계; 및

상기 프로세싱 가스와 상기 보론 카바이드 층 간의 하나 이상의 반응 생성물들을 상기 압력 용기로부터 제거하는 단계를 포함하는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 15

제14 항에 있어서,

상기 프로세싱 가스는 5% 과열 증기(superheated steam) 내지 100% 과열 증기를 포함하는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 16

제4 항에 있어서,

상기 산화제는 하이드로겐 퍼옥사이드인,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 17

제1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 반응 생성물들은, 보론 트리옥사이드, 카본 디옥사이드, 카본 모노옥사이드, 하이드로겐, 붕산 및 메타붕산을 포함하는,

기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 18

제9 항에 있어서,

상기 복수의 기판들을 노출시키는 단계는, 상기 복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드의 양의 적어도 10배의 증기의 양에 노출시키는 것인,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 19

제10 항에 있어서,

상기 산화제는 하이드로겐 퍼옥사이드인,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

청구항 20

제8 항에 있어서,

상기 하나 이상의 반응 생성물들은, 보론 트리옥사이드, 카본 디옥사이드, 카본 모노옥사이드, 하이드로겐, 붕

산 및 메타붕산을 포함하는,

복수의 기판들 상에 증착된 보론 카바이드 층을 스트리핑하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 개시내용의 실시예들은 일반적으로, 집적 회로들의 제조에 관한 것으로, 구체적으로는 반도체 기판 상의 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑(dry stripping)하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] [0002] 반도체 디바이스, 이를테면, 메모리 디바이스들, 로직 디바이스들, 마이크로프로세서들 등의 형성은 하드마스크의 형성을 수반한다. 하드마스크는 에칭될 하부 기판(underlying substrate) 상에 블랭킷 층(blanket layer)으로서 형성된다. 하드마스크가 포토-레지스트 층을 패턴으로서 사용하여 에칭되기 전에, 패터닝된 포토-레지스트 층이 하드마스크 위에 형성된다. 하드마스크를 패터닝한 후에, 포토-레지스트 층이 제거되어서, 하드마스크는 하부 기판을 에칭하기 위한 유일한 패턴으로서 남는다. 하드마스크는, 하부 기판 상에 형성되고, 에칭되고, 그런 다음 기판으로부터 제거되는 별개의 층이지만, 에칭 프로세스에 대한 개선된 내성뿐만 아니라 감소된 비용들이 하드마스크들을 바람직하게 만든다. 보론-도핑된 카본 및 보론 카바이드의 필름들은 우수한 패터닝 성능으로 인해 고품질 하드마스크를 생성하는 것으로 일반적으로 알려져 있다.

[0003] [0003] 그러나, 보론 카바이드 층들은 에칭 후에 하부 기판으로부터 제거 또는 스트리핑하기가 어려운데, 왜냐하면, 보론 카바이드 층들은 종래의 산소 플라즈마를 사용하여서는 애싱될(ashed) 수 없기 때문이다. 보론 카바이드 층들은 산소와 함께 플루오린 또는 클로린을 사용하여 건식 스트리핑될 수 있지만, 플루오린 및 클로린은 반도체 기판들 상에서 일반적으로 발견되는 유전체 재료들, 이를테면, 실리콘 옥사이드, 실리콘 나이트라이드, 및 실리콘 옥시나이트라이드에 대해 부식성이다. 습식-에칭 용액이 사용되는 경우, 습식-에칭 용액은 또한, 반도체 기판들 상에서 일반적으로 발견되는 노출된 금속 표면들 또는 임베딩된 금속들을 손상시킬 수 있다.

[0004] [0004] 따라서, 반도체 기판들로부터 보론 카바이드 층들을 건식 스트리핑하는 개선된 방법이 필요하다.

발명의 내용

[0005] [0005] 본 개시내용의 실시예들은 일반적으로, 반도체 기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하기 위한 방법에 관한 것이다. 일 실시예에서, 방법은, 보론 카바이드 층을 갖는 기판을 압력 용기 내로 로딩하는 단계, 기판을 대략 500 Torr 내지 대략 60 bar의 압력으로, 산화제를 포함하는 프로세싱 가스에 노출시키는 단계, 압력 용기를 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도까지 가열하는 단계, 및 프로세싱 가스와 보론 카바이드 층 간의 하나 이상의 반응 생성물들을 압력 용기로부터 제거하는 단계를 포함한다.

[0006] [0006] 본 개시내용의 다른 실시예에서, 방법은, 보론 카바이드 층을 갖는 적어도 제1 기판을 포함하는 하나 이상의 기판들을 압력 용기 내로 로딩하는 단계, 제1 기판을 대략 500 Torr 내지 60 bar의 압력으로, 산화제를 포함하는 프로세싱 가스에 노출시키는 단계, 압력 용기를 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도까지 가열하는 단계, 및 프로세싱 가스와 보론 카바이드 층 간의 하나 이상의 반응 생성물들을 압력 용기로부터 제거하는 단계를 포함한다.

[0007] [0007] 또 다른 실시예에서, 방법은, 적어도 제1 기판을 포함하는 하나 이상의 기판들을 압력 용기 내로 로딩하는 단계 – 제1 기판은 제1 기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 가짐 –, 제1 기판을 대략 500 Torr 내지 60 bar의 압력으로, 증기를 포함하는 프로세싱 가스에 노출시키는 단계, 압력 용기를 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도까지 가열하는 단계, 프로세싱 가스와 보론 카바이드 층 간의 하나 이상의 반응 생성물들을 압력 용기로부터 제거하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0008] [0008] 본 개시내용의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 앞서 간략히 요약된 본 개시내용의 보다 구체적인 설명이 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 실시예들의 일부는 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 단지 예시적인 실시예들을 예시하는 것이므로 본 개시내용의

범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 개시내용이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

[0009] 도 1은 카세트 상에 로딩된 복수의 기판들로부터 보론 카바이드 층들을 건식 스트리핑하기 위한 압력 용기의 간략화된 전면 단면도이다.

[0010] 도 2a는 반도체 기판 위의 에칭된 층 상의 패터닝된 보론 카바이드 층의 간략화된 단면도이다.

[0011] 도 2b는 보론 카바이드 층의 제거 후의 반도체 기판 위의 에칭된 층의 간략화된 단면도이다.

[0012] 도 3은 보론 카바이드 층들을 건식 스트리핑하기 위한 단일 기판 프로세싱 챔버의 간략화된 전면 단면도이다.

[0013] 도 4는 반도체 기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하기 위한 방법의 블록도이다.

[0014] 이해를 용이하게 하기 위해, 도면들에 대해 공통적인 동일한 엘리먼트들을 가리키기 위해 가능한 경우 동일한 도면부호들이 사용되었다. 일 실시예의 엘리먼트들 및 특징들이 추가의 언급없이 다른 실시예들에 유익하게 통합될 수 있음이 고려된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] [0015] 본 개시내용의 실시예들은 일반적으로, 반도체 기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하기 위한 방법에 관한 것이다. 고압 하의 증기와 같은(그러나 이에 제한되지 않음) 산화제는 보론 카바이드 층을 보론 트리옥사이드로 산화시키는 데 사용된다. 그런 다음, 보론 트리옥사이드는 과잉 증기(excess steam)와 반응하여 가스상 생성물들, 이를테면, 붕산 및 메타붕산을 생성한다. 반도체 기판 상의 고체 보론 카바이드 층의, 가스상 생성물들로의 변환, 및 가스상 생성물들의 후속적인 제거는 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하는 효과적인 방식을 제공한다. 배치 프로세싱 챔버, 이를테면, 도 1에 도시되고 본원에서 설명되는 압력 용기(100)(그러나 이에 제한되지 않음)는 복수의 기판들 상의 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하는 방법을 수행하는 데 활용된다. 본원에서 설명되는 방법은, 단일 기판 챔버, 이를테면, 도 3에 도시된 예시적인 단일 기판 프로세싱 챔버(300) 또는 다른 적절한 단일 기판 프로세싱 챔버들에 배치된 단일 기판에 동일하게 적용될 수 있다.

[0010] [0016] 도 1은 보론 카바이드 층들을 건식 스트리핑하기 위한 배치 프로세싱 압력 용기(100)의 간략화된 전면 단면도이다. 압력 용기(100)는, 프로세싱 구역(115)을 둘러싸는 내측 표면(113) 및 외측 표면(112)을 갖는 바디(110)를 갖는다. 일부 실시예들에서, 이를테면, 도 1에서, 바디(110)는 환형 단면을 갖지만, 다른 실시예들에서, 바디(110)의 단면은 직사각형 또는 임의의 폐쇄된 형상일 수 있다. 바디(110)의 외측 표면(112)은 내부식성 강(CRS; corrosion resistant steel), 이를테면, 스테인리스 강(그러나 이에 제한되지 않음)으로 제조될 수 있다. 바디(110)의 내측 표면(113)은 높은 내부식성을 보이는 니켈계 강철 합금들, 이를테면, HASTELLOY® (그러나 이에 제한되지 않음)로 제조될 수 있다.

[0011] [0017] 압력 용기(100)는 바디(110) 내의 프로세싱 구역(115)을 밀봉가능하게 둘러싸도록 구성된 도어(120)를 가져서, 프로세싱 구역(115)은 도어(120)가 개방될 때 액세스될 수 있다. 밀봉부(122)는, 프로세싱을 위해 프로세싱 구역(115)을 밀봉하기 위해 도어(120)를 바디(110)에 대해 밀봉하는 데 활용된다. 밀봉부(122)는 폴리머, 이를테면, 퍼플루오로엘라스토머(그러나 이에 제한되지 않음)로 제조될 수 있다. 냉각 채널(124)은, 프로세싱 동안 밀봉부들(122)을 밀봉부들(122)의 최대 안전-동작 온도 미만으로 유지하기 위해, 밀봉부들(122)에 인접하게 도어(120) 상에 배치된다. 프로세싱 구역(115)의 온도가 대략 800℃인 동안, 밀봉부들(122)을 대략 250℃ 내지 대략 275℃의 온도로 유지하기 위해, 냉각제, 이를테면, 불활성, 유전체, 및/또는 고성능 열전달 유체(그러나 이에 제한되지 않음)가 냉각 채널(124) 내에서 순환될 수 있다. 냉각 채널(124) 내에서의 냉각제의 유동은, 온도 센서(116) 또는 유동 센서(도시되지 않음)로부터 수신된 피드백을 통해 제어기(180)에 의해 제어된다.

[0012] [0018] 압력 용기(100)는 바디(110)를 통하는 포트(117)를 갖는다. 포트(117)는 포트(117)를 통하는 파이프(118)를 가지며, 파이프(118)는 히터(119)에 커플링된다. 파이프(118)의 일 단부는 프로세싱 구역(115)에 연결된다. 파이프(118)의 다른 단부는 유입 도관(157) 및 배출 도관(161)으로 분기(bifurcate)된다. 유입 도관(157)은 격리 밸브(155)를 통해 가스 패널(150)에 유동적으로 연결된다. 유입 도관(157)은 히터(158)에 커플링된다. 배출 도관(161)은 격리 밸브(165)를 통해 응축기(160)에 유동적으로 연결된다. 배출 도관(161)은 히터

(162)에 커플링된다. 히터들(119, 158, 및 162)은, 파이프(118), 유입 도관(157), 및 배출 도관(161)을 통해 유동하는 프로세싱 가스를 프로세싱 가스의 응축점 초과의 온도로 각각 유지하도록 구성된다. 히터들(119, 158, 및 162)은 전력 소스(145)에 의해 전력이 공급된다.

[0013] [0019] 가스 패널(150)은, 파이프(118)를 통한 프로세싱 구역(115) 내로의 전달을 위해 압력 하의 산화제를 포함하는 프로세싱 가스를 유입 도관(157) 내로 제공하도록 구성된다. 프로세싱 구역(115) 내로 도입된 프로세싱 가스의 압력은 바디(110)에 커플링된 압력 센서(114)에 의해 모니터링된다. 응축기(160)는 냉각 유체에 유동적으로 커플링되고, 파이프(118)를 통한 프로세싱 구역(115)으로부터의 제거 후에 배출 도관(161)을 통해 유동하는 가스상 생성물을 응축시키도록 구성된다. 응축기(160)는 가스상 생성물들을 가스상으로부터 액체상으로 변환시킨다. 펌프(170)는 응축기(160)에 유동적으로 연결되고, 액화된 생성물들을 응축기(160)로부터 펌핑 아웃한다. 가스 패널(150), 응축기(160) 및 펌프(170)의 동작은 제어기(180)에 의해 제어된다.

[0014] [0020] 격리 밸브들(155 및 165)은 한 번에 단지 하나의 유체만이 파이프(118)를 통해 프로세싱 구역(115) 내로 유동하는 것을 가능하게 하도록 구성된다. 격리 밸브(155)가 개방될 때, 격리 밸브(165)는 폐쇄되어서, 유입 도관(157)을 통해 유동하는 프로세싱 가스가 프로세싱 구역(115) 내로 진입하고, 이에 따라 응축기(160) 내로의 프로세싱 가스의 유동은 방지된다. 다른 한편으로는, 격리 밸브(165)가 개방될 때, 격리 밸브(155)는 폐쇄되어서, 가스상 생성물이 프로세싱 구역(115)으로부터 제거되고 배출 도관(161)을 통해 유동되고, 이에 따라 가스 패널(150) 내로의 가스상 생성물의 유동은 방지된다.

[0015] [0021] 하나 이상의 히터들(140)은 바디(110) 상에 배치되고, 압력 용기(100) 내의 프로세싱 구역(115)을 가열하도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 히터들(140)은 도 1에 도시된 바와 같이 바디(110)의 외측 표면(112) 상에 배치되지만, 다른 실시예들에서, 히터들(140)은 바디(110)의 내측 표면(113) 상에 배치될 수 있다. 히터들(140) 각각은 특히, 저항성 코일, 램프, 세라믹 히터, 그래파이트계 탄소 섬유 복합물(CFC; carbon fiber composite) 히터, 스테인리스 강 히터, 또는 알루미늄 히터일 수 있다. 히터들(140)은 전력 소스(145)에 의해 전력이 공급된다. 히터들(140)로의 전력은 온도 센서(116)로부터 수신된 피드백을 통해 제어기(180)에 의해 제어된다. 온도 센서(116)는 바디(110)에 커플링되고, 프로세싱 구역(115)의 온도를 모니터링한다.

[0016] [0022] 액추에이터(도시되지 않음)에 커플링된 카세트(130)는 프로세싱 구역(115) 내외로 이동된다. 카세트(130)는 최상부 표면(132), 최하부 표면(134), 및 벽(136)을 갖는다. 카세트(130)의 벽(136)은 복수의 기판 저장 슬롯들(138)을 갖는다. 각각의 기판 저장 슬롯(138)은 카세트(130)의 벽(136)을 따라 균등하게 이격된다. 각각의 기판 저장 슬롯(138)은 각각의 기판 저장 슬롯(138) 내에 기판(135)을 홀딩하도록 구성된다. 카세트(130)는 기판들(135)을 홀딩하기 위한 50개만큼의 기판 저장 슬롯들(138)을 가질 수 있다. 카세트(130)는 압력 용기(100) 내외로 복수의 기판들(135)을 이송하는 것뿐만 아니라 프로세싱 구역(115) 내에서 복수의 기판들(135)을 프로세싱하기 위한 효과적인 운송수단을 제공한다.

[0017] [0023] 제어기(180)는 압력 용기(100)의 동작을 제어한다. 제어기(180)는, 가스 패널(150), 응축기(160), 펌프(170), 격리 밸브들(155 및 165)뿐만 아니라 전력 소스(145)의 동작을 제어한다. 제어기(180)는 또한, 온도 센서(116), 압력 센서(114), 및 냉각 채널(124)에 통신가능하게 연결된다. 제어기(180)는 중앙 프로세싱 유닛(CPU)(182), 메모리(184), 및 지원 회로(186)를 포함한다. CPU(182)는 산업 현장에서 사용될 수 있는 임의의 형태의 범용 컴퓨터 프로세서일 수 있다. 메모리(184)는 랜덤 액세스 메모리, 판독-전용 메모리, 플로피, 또는 하드 디스크 드라이브, 또는 다른 형태들의 디지털 저장소일 수 있다. 지원 회로(186)는 통상적으로 CPU(182)에 커플링되며, 캐시, 클록 회로들, 입력/출력 시스템들, 전력 공급부들 등을 포함할 수 있다.

[0018] [0024] 압력 용기(100)는 복수의 기판들(135)로부터 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하는 방법을 수행하기에 편리한 챔버를 제공한다. 히터들(140)은 압력 용기(100)를 예열하기 위해 파워 온 된다. 동시에, 히터들(119, 158, 및 162)은, 파이프(118), 유입 도관(157), 및 배출 도관(161)을 각각 예열하기 위해 파워 온 된다.

[0019] [0025] 그런 다음, 복수의 기판들(135)이 카세트(130) 상에 로딩된다. 도 2a는 반도체 기판(200) 위의 에칭된 층(210) 상의 패터닝된 보론 카바이드 층(220)의 간략화된 단면도를 도시한다. 기판들(135)이 카세트(130) 상에 로딩될 때, 기판들(135) 각각은 도 2a의 반도체 기판(200)으로서 관찰된다. 압력 용기(100)의 도어(120)는 카세트(130)를 프로세싱 구역(115) 내로 이동시키기 위해 개방된다. 그런 다음, 도어(120)는, 카세트(130) 상의 기판들(135)의 최상부로부터 보론 카바이드 층들을 스트리핑하기 위한 챔버를 둘러싸기 위해 밀봉가능하게 폐쇄된다. 밀봉부들(122)은, 일단 도어(120)가 폐쇄되면 프로세싱 구역(115)으로부터 어떤 압력 누설도 없음을 보장한다.

[0020] [0026] 가스 패널(150)에 의해 압력 용기(100) 내부의 프로세싱 구역(115) 내로 프로세싱 가스가 제공된다. 프로세싱 가스가 유입 도관(157) 및 파이프(118)를 통해 프로세싱 구역(115) 내로 유동하는 것을 가능하게 하기 위해, 제어기(180)에 의해 격리 밸브(155)가 개방된다. 프로세싱 가스는 대략 1 분 내지 대략 2 시간의 기간 동안 대략 500 sccm 내지 대략 2000 sccm의 유량으로 도입된다. 이때 격리 밸브(165)는 폐쇄된 채로 유지된다. 프로세싱 가스는 프로세싱 구역(115) 내로 유동되는 산화제이다. 일부 실시예들에서, 프로세싱 가스는, 대략 500 Torr 내지 대략 60 bar의 압력 하에서 증기이며, 그 증기는 건조 증기(dry steam) 또는 과열 증기(superheated steam)일 수 있다. 그러나, 다른 실시예들에서, 다른 산화제들, 이를테면, 오존, 산소, 하이드로겐 퍼옥사이드 또는 암모니아(그러나 이에 제한되지 않음)가 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 프로세싱 가스는, 대략 5%의 증기 내지 100%의 산화제, 예컨대 대략 10%의 산화제 내지 대략 80%의 산화제를 포함하는 혼합물이다. 일 예에서, 프로세싱 가스는 대략 5%의 증기 내지 100%의 증기의 혼합물이다. 충분한 프로세싱 가스가 가스 패널(150)에 의해 릴리즈되었을 때, 격리 밸브(155)는 제어기(180)에 의해 폐쇄된다. 가스 패널(150)에 의해 릴리즈되는 프로세싱 가스의 양은, 복수의 기판들(135) 상에 증착된 보론 카바이드와 완전히 반응하기 위해 필요한 프로세싱 가스의 양을 초과하는 양이다. 예컨대, 가스 패널(150)에 의해 릴리즈되는 증기의 양은 기판 상에 증착된 보론 카바이드의 양의 적어도 10배일 수 있다.

[0021] [0027] 기판들(135)의 프로세싱 동안, 프로세싱 구역(115)뿐만 아니라 유입 도관(157), 배출 도관(161), 및 파이프(118)는, 프로세싱 가스가 가스상으로 유지되도록 하는 온도 및 압력으로 유지된다. 그러한 압력 및 온도는 프로세싱 가스의 조성에 기반하여 선택된다. 프로세싱 구역(115)뿐만 아니라 유입 도관(157), 배출 도관(161), 및 파이프(118)의 온도들은, 인가된 압력에서의 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도로 유지된다. 예컨대, 10 bar 내지 60 bar의 압력 하에서 증기가 프로세싱을 위해 사용될 때, 프로세싱 구역(115)뿐만 아니라 유입 도관(157), 배출 도관(161), 및 파이프(118)의 온도들은 대략 300-700℃의 온도까지 상승된다. 이는, 증기가, 층(220) 아래의 에칭된 층(210) 및 기판(200)에 유해한 물로 응축되지 않음을 보장한다.

[0022] [0028] 프로세싱 가스는, 보론 카바이드 층이 프로세싱 가스와 반응하여 가스상 생성물들을 형성하도록 기판들(135) 위로 유동된다. 예컨대, 보론 카바이드는, 반응들 (i) 및 (ii)에서 나타낸 바와 같이, 증기와 반응하여, 보론 트리옥사이드(B_2O_3), 하이드로겐 가스(H_2), 카본 모노옥사이드(CO), 및 카본 디옥사이드(CO_2)를 생성한다:

[0023] $$2BC + 5H_2O \rightarrow B_2O_3 + 2CO + 5H_2 \quad \text{(i)}$$

[0024] $$2BC + 7H_2O \rightarrow B_2O_3 + 2CO_2 + 7H_2 \quad \text{(ii)}$$

[0025] 그런 다음, 보론 트리옥사이드(B_2O_3)는, 반응들 (iii) 및 (iv)에서 나타낸 바와 같이, 과량의 증기와 반응하여, 붕산(H_3BO_3) 및 메타붕산(HBO_2)을 생성한다:

[0026] $$B_2O_3 + H_2O \rightarrow 2HBO_2 \quad \text{(iii)}$$

[0027] $$B_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2H_3BO_3 \quad \text{(iv)}$$

[0028] 붕산 및 메타붕산은 휘발성 생성물들이다. 붕산 및 메타붕산은 하이드로겐 가스, 카본 모노옥사이드 및 카본 디옥사이드와 혼합되어, 보론 카바이드와 증기 사이의 반응의 생성물들의 가스상 혼합물을 형성한다.

[0029] [0029] 프로세싱은, 보론 카바이드 층이 기판(135)으로부터 완전히 스트리핑된 것으로 관찰될 때, 완료된다. 그런 다음, 격리 밸브(165)는 생성물들의 가스상 혼합물을 프로세싱 구역(115)으로부터 파이프(118) 및 배출 도관(161)을 통해 응축기(160) 내로 유동시키기 위해 개방된다. 생성물들의 가스상 혼합물은 응축기(160)에서 액체상으로 응축된다. 그런 다음, 생성물들의 액화된 혼합물은 펌프(170)에 의해 제거된다. 생성물들의 액화된 혼합물이 완전히 제거될 때, 격리 밸브(165)는 폐쇄된다. 그런 다음, 히터들(140, 119, 158, 및 162)은 파워 오프 된다. 그런 다음, 압력 용기(100)의 도어(120)는 카세트(130)를 프로세싱 구역(115)으로부터 제거하기 위해 개방된다. 도 2b는 보론 카바이드 층의 제거 후의 반도체 기판(200) 위의 에칭된 층(210)의 간략화된 단면도이다. 보론 카바이드 층의 제거 후에 기판들(135)이 카세트(130)로부터 언로딩될 때, 기판들(135) 각각은 도 2b의 반도체 기판(200)으로서 관찰된다. 기판들(135)은 패터닝된 에칭된 층(210)만을 갖는다.

[0030] [0030] 도 3은 보론 카바이드 층들을 건식 스트리핑하기 위한 단일 기판 프로세싱 챔버(300)의 간략화된 전면 단면도이다. 단일 기판 프로세싱 챔버(300)는, 내부 볼륨(315)을 둘러싸는 내측 표면(313) 및 외측 표면(312)

을 갖는 바디(310)를 갖는다. 일부 실시예들에서, 이를테면, 도 3에서, 바디(310)는 환형 단면을 갖지만, 다른 실시예들에서, 바디(310)의 단면은 직사각형 또는 임의의 폐쇄된 형상일 수 있다. 바디(310)의 외측 표면(312)은 내부식성 강(CRS), 이를테면, 스테인리스 강(그러나 이에 제한되지 않음)으로 제조될 수 있다. 단일 기판 프로세싱 챔버(300)로부터 외부 환경으로의 열 손실을 방지하는 하나 이상의 열 차폐부들(325)이 바디(310)의 내측 표면(313) 상에 배치된다. 바디(310)의 내측 표면(313)뿐만 아니라 열 차폐부들(325)은 높은 내부식성을 보이는 니켈계 강철 합금들, 이를테면, HASTELLOY®, INCONEL®, 및 MONEL®(그러나 이에 제한되지 않음)로 제조될 수 있다.

[0031] [0031] 기판 지지부(330)는 내부 볼륨(315) 내에 배치된다. 기판 지지부(330)는 스템(334) 및 스템(334)에 의해 홀딩되는 기판-지지 부재(332)를 갖는다. 스템(334)은 챔버 바디(310)를 통해 형성된 통로(322)를 통과한다. 액추에이터(338)에 연결된 로드(rod)(339)는 챔버 바디(310)를 통해 형성된 제2 통로(323)를 통과한다. 로드(339)는 기판 지지부(330)의 스템(334)을 수용하는 애퍼처(336)를 갖는 플레이트(335)에 커플링된다. 리프트 핀들(337)이 기판-지지 부재(332)에 연결된다. 액추에이터(338)는, 플레이트(335)가 리프트 핀들(337)과 연결되게 위로 또는 리프트 핀들(337)과 연결해제되게 아래로 이동되도록, 로드(339)를 작동시킨다. 리프트 핀들(337)이 상승되거나 또는 하강됨에 따라, 기판-지지 부재(332)는 단일 기판 프로세싱 챔버(300)의 내부 볼륨(315) 내에서 상승되거나 또는 하강된다. 기판-지지 부재(332)는 기판-지지 부재(332) 내의 중앙에 임베딩된 저항성 가열 엘리먼트(331)를 갖는다. 전력 소스(333)는 저항성 가열 엘리먼트(331)에 전력을 공급하도록 구성된다. 전력 소스(333)뿐만 아니라 액추에이터(338)의 동작은 제어기(380)에 의해 제어된다.

[0032] [0032] 단일 기판 프로세싱 챔버(300)는 바디(310) 상에 개구(311)를 가지며, 그 개구(311)를 통해 기판들(320)이, 내부 볼륨(315)에 배치된 기판 지지부(330)에 로딩되고 그리고 기판 지지부(330)로부터 언로딩될 수 있다. 개구(311)는 바디(310) 상에 터널(321)을 형성한다. 슬릿 밸브(328)는, 슬릿 밸브(328)가 개방될 때에만 개구(311) 및 내부 볼륨(315)이 액세스될 수 있도록, 터널(321)을 밀봉가능하게 폐쇄하도록 구성된다. 밀봉부(327)는, 프로세싱을 위해 내부 볼륨(315)을 밀봉하기 위해 슬릿 밸브(328)를 바디(310)에 대해 밀봉하는 데 활용된다. 밀봉부(327)는 폴리머, 예컨대 플루오로폴리머, 이를테면, 퍼플루오로엘라스토머 및 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)(그러나 이에 제한되지 않음)으로 제조될 수 있다. 밀봉부(327)는 밀봉 성능을 개선하기 위해 밀봉부를 바이어싱하기 위한 스프링 부재를 더 포함할 수 있다. 냉각 채널(324)은, 프로세싱 동안 밀봉부들(327)을 밀봉부들(327)의 최대 안전-동작 온도 미만으로 유지하기 위해, 밀봉부들(327)에 인접하게 터널(321) 상에 배치된다. 냉각 유체 소스(326)로부터의 냉각제, 이를테면, 불활성, 유전체, 및 고성능 열전달 유체(그러나 이에 제한되지 않음)는 냉각 채널(324) 내에서 순환될 수 있다. 냉각 유체 소스(326)로부터의 냉각제의 유동은, 온도 센서(316) 또는 유동 센서(도시되지 않음)로부터 수신된 피드백을 통해 제어기(380)에 의해 제어된다. 슬릿 밸브(328)가 개방될 때 개구(311)를 통한 내부 볼륨(315)으로부터의 열의 유동을 방지하기 위해, 환형-형상 열 초크(thermal choke)(329)가 터널(321) 둘레에 형성된다.

[0033] [0033] 단일 기판 프로세싱 챔버(300)는 바디(310)를 통하는 포트(317)를 갖고, 포트(317)는, 가스 패널(350), 응축기(360), 및 포트(317)를 연결하는 유체 회로(390)에 유동적으로 연결된다. 유체 회로(390)는 가스 도관(392), 소스 도관(357), 유입 격리 밸브(355), 배기 도관(363), 및 배출 격리 밸브(365)를 갖는다. 다수의 히터들(396, 358, 352, 354, 364, 366)은 유체 회로(390)의 상이한 부분들과 인터페이싱된다. 다수의 온도 센서들(351, 353, 319, 367, 및 369)이 또한 유체 회로(390)의 상이한 부분들에 배치되어 온도 측정들을 하고 정보를 제어기(380)에 전송한다. 제어기(380)는, 유체 회로(390)의 온도가, 내부 볼륨(315) 및 유체 회로(390)에 배치된 프로세싱 유체의 응축점을 초과하는 온도로 유지되도록, 온도 측정 정보를 사용하여 히터들(352, 354, 358, 396, 364, 및 366)의 동작을 제어한다.

[0034] [0034] 가스 패널(350) 및 압력 센서(314)는 성질 및 기능에 있어서 도 1의 가스 패널(150) 및 압력 센서(114)와 실질적으로 유사하다. 응축기(360)는 성질 및 기능에 있어서 도 1의 응축기(160)와 실질적으로 유사하다. 펌프(370)는 성질 및 기능에 있어서 도 1의 펌프(170)와 실질적으로 유사하다. 하나 이상의 히터들(340)은 바디(310) 상에 배치되고, 단일 기판 프로세싱 챔버(300) 내에서 내부 볼륨(315)을 가열하도록 구성된다. 히터들(340)은 또한, 성질 및 기능에 있어서, 배치 프로세싱 압력 용기(100)에서 사용되는 히터들(140)과 실질적으로 유사하다.

[0035] [0035] 제어기(380)는 단일 기판 프로세싱 챔버(300)의 동작을 제어한다. 제어기(380)는, 가스 패널(350), 응축기(360), 펌프(370), 유입 격리 밸브(355), 배출 격리 밸브(365), 및 전력 소스들(333, 345)의 동작을 제어한다. 제어기(380)는 또한, 온도 센서(316), 압력 센서(314), 액추에이터(338), 냉각 유체 소스(326), 온도 판

독 디바이스들(356, 362)에 통신가능하게 연결된다. 제어기(380)는 성질 및 기능에 있어서, 배치 프로세싱 압력 용기(100)에서 사용되는 제어기(180)와 실질적으로 유사하다.

[0036] [0036] 도 4는 본 개시내용의 일 실시예에 따른, 반도체 기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하기 위한 방법의 블록도이다. 방법(400)은, 블록(410)에서, 기판을 압력 용기 내로 로딩함으로써 시작된다. 기판은 기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 갖는다. 일부 실시예들에서, 복수의 기판들은 카세트 상에 배치되고, 압력 용기 내로 로딩된다. 추가의 실시예들에서, 한 번에 하나씩 단일 기판을 프로세싱하도록 구성된 압력 용기 내로 단일 기판이 로딩된다.

[0037] [0037] 블록(420)에서, 기판 또는 복수의 기판들은, 압력 용기 내에서 대략 500 Torr 내지 대략 60 bar의 압력으로, 산화제를 포함하는 프로세싱 가스에 노출된다. 다른 실시예들에서, 기판 또는 복수의 기판들은, 압력 용기 내에서 대략 0 bar보다 더 높은 압력, 이를테면, 대략 1 bar 내지 대략 60 bar의 압력으로, 산화제를 포함하는 프로세싱 가스에 노출된다. 일부 실시예들에서, 프로세싱 가스는, 오존, 산소, 수증기, 중수, 퍼옥사이드, 하이드록사이드-함유 화합물, 산소 동위원소들(14, 15, 16, 17, 18 등) 및 수소 동위원소들(1, 2, 3), 또는 이들의 일부 조합으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 산화제이며, 프로세싱 가스는 대략 10%의 산화제 내지 대략 80%의 산화제의 혼합물이다. 퍼옥사이드는 가스상의 하이드로겐 퍼옥사이드일 수 있다. 일부 실시예들에서, 산화제는 하이드록사이드 이온, 이를테면, 수증기 또는 증기 형태의 중수(그러나 이에 제한되지 않음)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 산화제의 양은 기판(들) 상에 증착된 보론 카바이드의 양과 완전히 반응하는 데 필요한 산화제의 양을 초과한다. 다른 실시예들에서, 프로세싱 가스는 대략 500 Torr 내지 대략 60 bar의 압력에서 증기일 수 있으며, 증기는 혼합물의 대략 5% 내지 혼합물의 100%를 구성한다. 증기는 건조 증기 또는 과열 증기일 수 있다. 증기의 양은 기판 상에 증착된 보론 카바이드의 양의 적어도 10배일 수 있다.

[0038] [0038] 블록(430)에서, 압력 용기는 프로세싱 가스의 응축점보다 더 높은 온도까지 가열된다. 온도를 상승시키는 것은 보론 카바이드 층이 프로세싱 가스와 반응하는 것을 가능하게 한다. 일부 실시예들에서, 증기가 압력 용기에서 프로세싱 가스로서 사용될 때, 압력 용기의 온도는 대략 300℃ 내지 대략 700℃로 유지된다. 그러한 실시예들에서, 보론 카바이드 층은 증기와 반응하여, 보론 트리옥사이드, 카본 디옥사이드, 카본 모노옥사이드, 하이드로겐, 붕산 및 메타붕산을 포함하는 생성물들의 가스상 혼합물을 생성한다.

[0039] [0039] 블록(440)에서, 프로세싱 가스와 보론 카바이드 층 간의 반응 생성물들이 프로세싱 챔버로부터 제거된다. 증기가 사용되는 다른 실시예들에서, 보론 트리옥사이드, 카본 디옥사이드, 카본 모노옥사이드, 하이드로겐, 붕산 및 메타붕산을 포함하는 생성물들의 가스상 혼합물은 압력 용기로부터 펌핑된다. 따라서, 기판들 상의 보론 카바이드 층은 건식 스트리핑되어, 바람직하게 에칭된 층들을 반도체 기판들 상에 남겨 둔다.

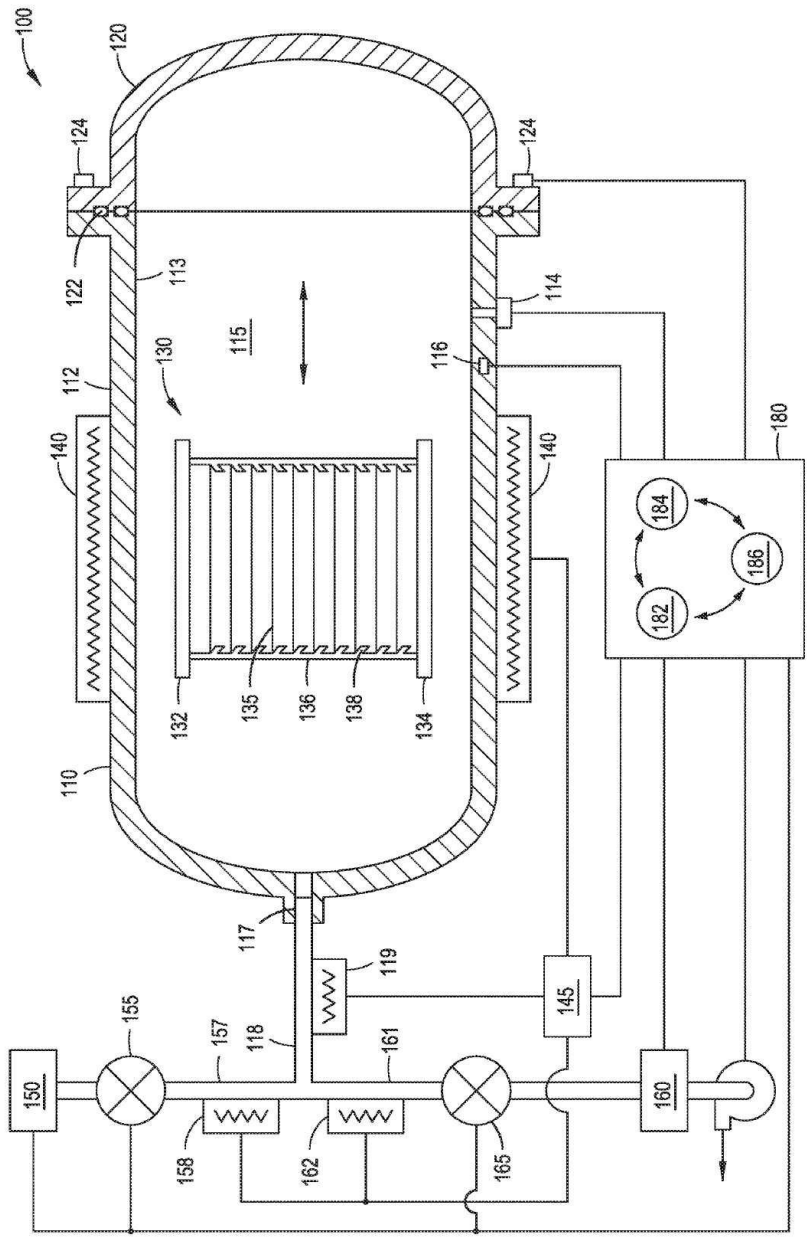
[0040] [0040] 본원에서 설명된 보론 카바이드 층을 건식 스트리핑하기 위한 방법은 유리하게, 반도체 기판들로부터의 보론 카바이드 층의 건식 제거를 가능하게 한다. 습식-에칭 용액은 필요하지 않다. 또한, 압력 하의 증기가 사용될 때, 대략 300℃ 내지 대략 700℃의 프로세스 온도 범위는, 보론 카바이드의 산화 레이트가, 먼저 보론 카바이드를 보론 트리옥사이드의 점성 층(viscous layer)으로 변환시키기에 충분히 낮지만, 보론 트리옥사이드의 점성 층을, 후속적으로 제거될 수 있는 붕산 및 메타붕산과 같은 휘발성 가스들로 변환시키기에 충분히 높다는 것을 보장한다. 프로세스 온도가 300℃ 미만이거나 프로세스 압력이 500 Torr 미만인 경우, 보론 트리옥사이드로의 보론 카바이드의 초기 산화와 붕산 및 메타붕산으로의 보론 트리옥사이드의 후속적인 산화 사이의 밸런스가 상실되어, 층이 완전히 스트리핑되지 못할 수 있다.

[0041] [0041] 본원에서 설명된 방법은, 보론 카바이드 층의 제거를 위해 복수의 기판들을 동시에 프로세싱함으로써 기판들의 스루풋을 개선한다. 또한, 보론 카바이드는, 다른 층들을 제거할 수 있는 종래의 산소 플라즈마에 의해 애싱가능(ashable)하지 않기 때문에, 이 방법은 하드마스크 재료로서의 보론 카바이드의 지속성(viability)을 유지한다. 보론 카바이드는, 보론 카바이드의 높은 에칭 선택성, 높은 경도 및 높은 투명성으로 인해, 하드마스크 재료에 대한 탁월한 선택이다. 따라서, 본원에서 설명된 방법은, 차세대 메모리 디바이스들, 로직 디바이스들, 마이크로프로세서들 등을 패터닝하기 위한 보론 카바이드 층들의 추가의 개발을 돕는다. 추가적으로, 본원에서 설명된 방법들이 보론 카바이드 층들에 관한 것이지만, 다른 타입들의 보론 카바이드 층들이 본 개시내용으로부터 이익을 얻을 수 있다.

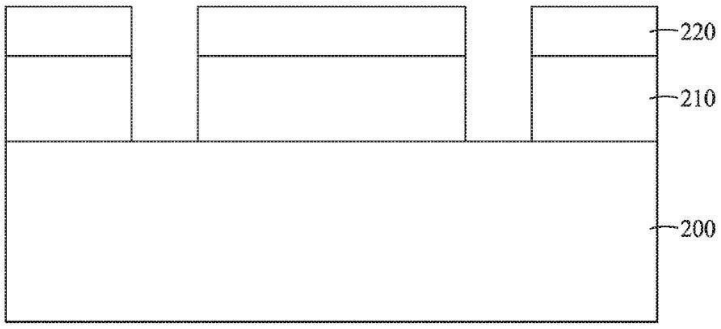
[0042] [0042] 전술한 바가 본 개시내용의 특정 실시예들에 관한 것이지만, 이러한 실시예들은 단지 본 발명의 원리들 및 애플리케이션들을 예시하는 것일 뿐임이 이해되어야 한다. 따라서, 첨부된 청구항들에 의해 정의되는 바와 같은, 본 발명들의 사상 및 범위로부터 벗어남이 없이, 다른 실시예들에 도달하기 위해, 예시적인 실시예들에 대한 다수의 변형들이 이루어질 수 있음이 이해되어야 한다.

도면

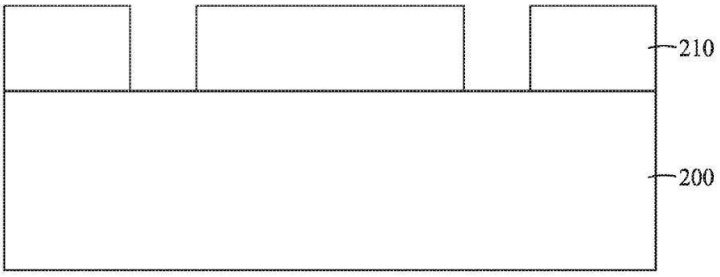
도면1


100
120
124
124
122
113
114
115
130
116
112
140
140
180
184
186
182
132
135
136
138
134
110
117
119
145
155
157
118
161
150
160
158
162
165

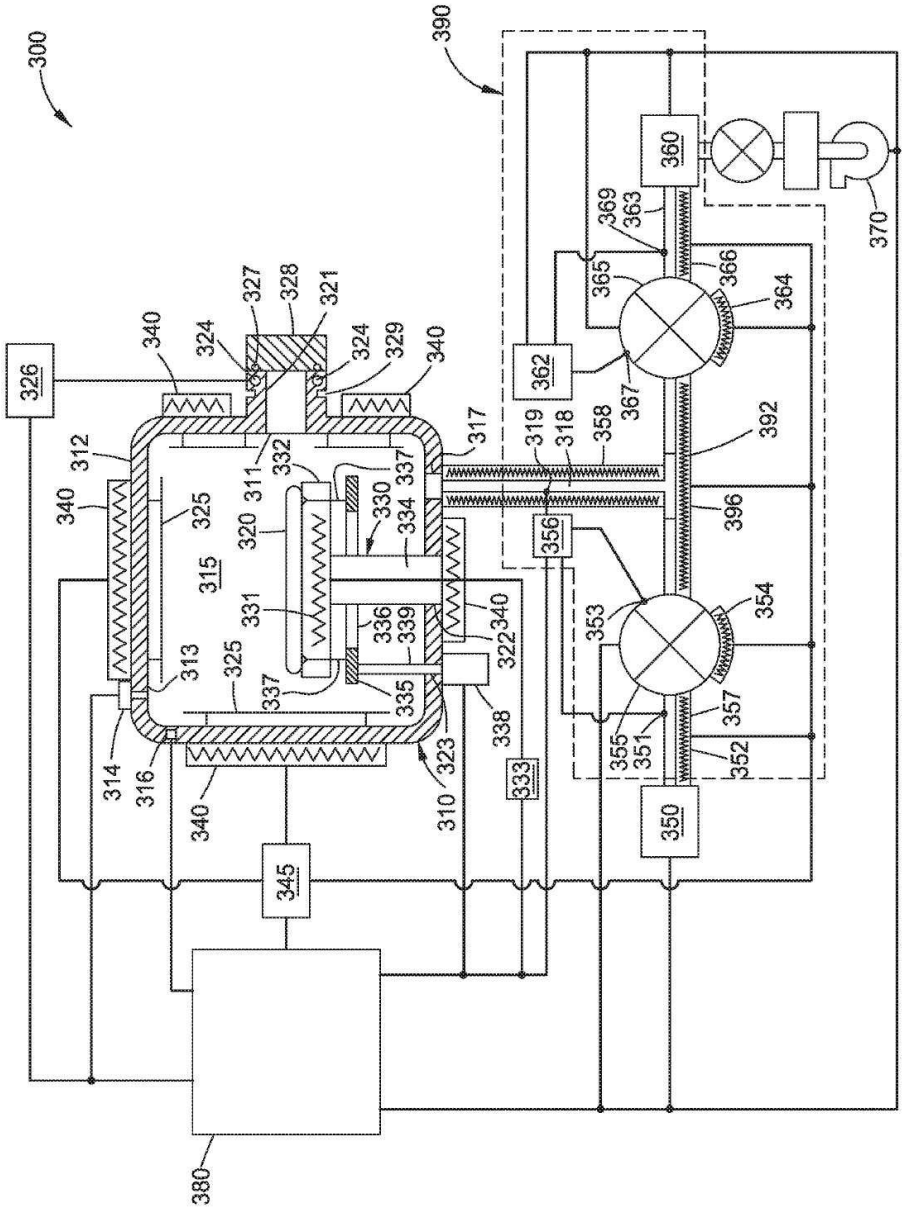
도면2a



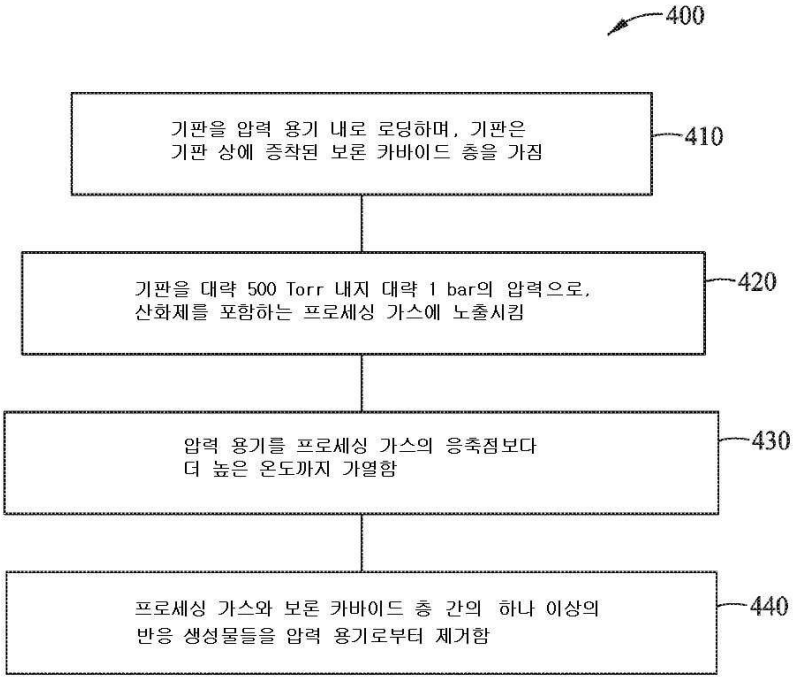
도면2b



도면3


300
390
360
369
363
365
366
364
370
362
367
358
392
396
356
354
353
357
355
351
352
350
345
380
326
340
324
327
328
321
329
317
319
318
312
311
332
337
330
334
320
325
315
331
336
339
322
313
335
338
323
310
333
314
316

도면4


400
기판을 압력 용기 내로 로딩하며, 기판은
기판 상에 증착된 보론 카바이드 층을 가짐
410
기판을 대략 500 Torr 내지 대략 1 bar의 압력으로,
산화제를 포함하는 프로세싱 가스에 노출시킴
420
압력 용기를 프로세싱 가스의 응축점보다
더 높은 온도까지 가열함
430
프로세싱 가스와 보론 카바이드 층 간의 하나 이상의
반응 생성물들을 압력 용기로부터 제거함
440