(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0016903
(43) 공개일자 2014년02월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7024374
(22) 출원일자(국제) 2012년01월31일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2013년09월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/023356
(87) 국제공개번호 WO 2012/115750
국제공개일자 2012년08월30일
(30) 우선권주장
13/232,079 2011년09월14일 미국(US)
61/445,295 2011년02월22일 미국(US)

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
(72) 발명자
장, 징춘
미국 95035 캘리포니아 밀피타스 사우쓰 아벨 스트리트 600 #200
왕, 안추안
미국 95129 캘리포니아 새너제이 볼링거 로드 6556
잉글, 니틴 케이.
미국 95129 캘리포니아 새너제이 그레이우드 드라이브 1435
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

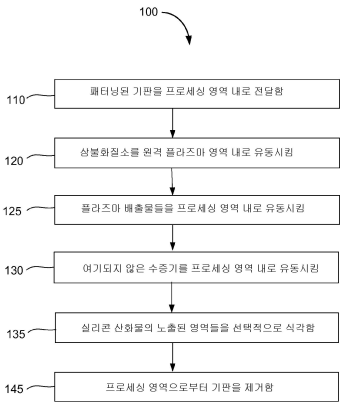
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **원격으로-여기된 불소 및 수증기 식각**

(57) 요 약

패터닝된 이종(heterogeneous) 구조들 상의 노출된 실리콘 산화물을 식각하는 방법이 설명되며, 불소-함유 전구체로부터 형성되는 원격 플라즈마 식각을 포함한다. 원격 플라즈마로부터의 플라즈마 배출물(effluent)들은 기판 프로세싱 영역 내로 유동되며, 기판 프로세싱 영역에서 플라즈마 배출물들은 수증기와 결합한다. 이러한 결합으로부터 초래되는 화학 반응은 반응물들을 생성하는데, 이러한 반응물들은 패터닝된 이종 구조들을 식각하여, 실시예들에서, 변형을 거의 나타내지 않는 남아있는 얇은 구조를 생성한다. 방법들은, 실리콘, 폴리실리콘, 실리콘 질화물, 티탄 또는 질화 티탄을 거의 제거하지 않으면서 또는 아예 제거하지 않으면서, 실리콘 산화물을 컨포멀하게 트리밍(trim)하는 데에 이용될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 본원에서 설명되는 식각 프로세스들은, 얇은 원통형의 전도성 구조 주위에서 이러한 원통형의 구조가 크게 변형되지 않도록 하면서 몰드 산화물을 제거하는 것으로 발견되었다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기판 프로세싱 챔버의 기판 프로세싱 영역에서, 패터닝된 기판을 식각하는 방법 - 상기 패터닝된 기판은 노출된 실리콘 산화물 영역을 가짐 - 으로서,

플라즈마 배출물(plasma effluent)들을 생성하기 위해 원격 플라즈마 영역에서 원격 플라즈마를 형성하면서, 상기 기판 프로세싱 영역에 유체적으로(fluidly) 커플링된 상기 원격 플라즈마 영역 내로 불소-함유 전구체를 유동시키는 단계;

상기 원격 플라즈마 영역을 통해 수증기(water vapor)를 먼저 통과시키지 않으면서, 상기 기판 프로세싱 영역 내로 상기 수증기를 유동시키는 단계; 및

상기 기판 프로세싱 영역 내로 상기 플라즈마 배출물들을 유동시킴으로써, 상기 노출된 실리콘 산화물 영역을 식각하는 단계;

를 포함하는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 노출된 실리콘 산화물 영역을 식각하는 동작 이전에, 상기 노출된 실리콘 산화물 영역은 전기 전도성 물질을 포함하는 전기 전도성 컬럼(column)을 둘러싸는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 노출된 실리콘 산화물 영역을 식각하는 동작 이후, 상기 전기 전도성 컬럼은, 상기 노출된 실리콘 산화물 영역을 제거한 결과로서, 실질적으로 만곡되지 않는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 전기 전도성 물질은 티탄(titanium)을 포함하는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 전기 전도성 물질은 질화 티탄(titanium nitride)을 포함하는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 전기 전도성 컬럼은 원통형 형상을 갖는(cylindrically shaped),

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 전기 전도성 컬럼의 직경은 약 70nm 또는 그 미만인,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 기판 프로세싱 영역 내로 수증기를 유동시키는 동작은, 상기 원격 플라즈마 영역을 통해 알코올을 또한 먼저 통과시키지 않으면서, 상기 기판 프로세싱 영역 내로 상기 알코올을 유동시키는 단계를 더 포함하는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 기판 프로세싱 영역은 "무-플라즈마(plasma-free)"인,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 수증기는 상기 기판 프로세싱 영역 외부에서 형성되는 임의의 원격 플라즈마에 의해 여기되지 않는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 알코올은 상기 기판 프로세싱 영역 외부에서 형성되는 임의의 원격 플라즈마에 의해 여기되지 않는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 알코올은 메탄올, 에탄올 및 이소프로필 알코올로 이루어진 그룹으로부터 선택되는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 불소-함유 전구체는 원자 불소, 이원자 불소, 삼불화질소, 사불화 탄소, 불화수소 및 이불화제논으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 전구체를 포함하는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 불소-함유 전구체 및 상기 플라즈마 배출물들은 본질적으로 수소가 없는,

패터닝된 기판을 식각하는 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 출원은, "REMOTELY-EXCITED FLUORINE AND WATER VAPOR ETCH"라는 명칭으로 2011년 9월 14일자로 출원된 미국 특허 출원번호 제13/232,079호의 PCT 출원이고, "REMOTELY-EXCITED FLUORINE AND WATER VAPOR ETCH"라는 명칭으로 2011년 2월 22일자로 출원된 미국 가특허 출원번호 제61/445,295호에 관한 것으로 이 가특허 출원을 우선권으로 주장하며, 이들 모두는 모든 목적들을 위해 그 전체 내용이 인용에 의해 본원에 포함된다.

배 경 기 술

[0002] 기판 표면들 상에 복잡하게 패터닝된 물질 층들을 생성하는 프로세스들에 의하여, 집적 회로들이 가능하게 된다. 기판 상에 패터닝된 물질을 생성하는 것은 노출된 물질의 제거를 위한 제어된 방법들을 요구한다. 화학적인 식각은, 포토레지스트의 패턴을 하부층들 내에 전사시키는 것, 층들을 박형화하는 것 또는 표면 상에 이미 존재하는 피쳐들의 측방향 치수들을 박형화하는 것을 포함하는 다양한 목적들을 위해 사용된다. 예컨대 패턴 전사 프로세스가 진행하는 것을 돕도록, 하나의 물질을 다른 물질 보다 더 빠르게 식각하는 식각 프로세스를 갖는 것이 종종 바람직하다. 이러한 식각 프로세스를 제 1 물질에 대해 선택적이라고 한다. 물질들, 회로들 및 프로세스들의 다양성의 결과로서, 다양한 물질들에 대한 선택성(selectivity)을 갖는 식각 프로세스들이 개발되었다.

[0003] 습식 HF 식각은 다른 유전체들 및 반도체들에 비해 실리콘 산화물을 우선적으로 제거한다. 하지만, 습식 프로세스들은 일부 속박된(constrained) 트렌치들을 관통할 수 없으며, 종종 남아있는(remaining) 물질을 변형시킨다. 국부적인(local) 플라즈마들(기판 프로세싱 영역 내의 플라즈마들)에서 생성되는 건식 식각들은 더 많은 속박된 트렌치들을 관통하고, 남아있는 정교한 구조들의 보다 적은 변형을 나타낸다. 하지만, 국부적인 플라즈마들은 이들이 방전됨에 따라 전기 아크(electric arc)들의 생성을 통하여 기판을 손상시킬 수 있다.

[0004] Siconi™ 식각은 H_2, NF_3 및 NH_3 플라즈마 부산물들에 대한 기판의 동시 노출을 수반하는 원격 플라즈마 지원 건식 식각 프로세스이다. 수소 및 불소 종의 원격 플라즈마 여기는 플라즈마 손상이 없는(plasma-damage-free) 기판 프로세싱을 가능하게 한다. Siconi™ 식각은 주로 실리콘 산화물층에 대해서는 컨포멀하고(conformal) 선택적이지만, 실리콘이 비정질, 결정질, 또는 다결정질인지에 상관없이, 실리콘을 쉽게 식각하지 않는다. 실리콘 질화물은 전형적으로 실리콘과 실리콘 산화물 사이의 속도(rate)로 식각되지만, 실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 선택성은 전형적으로 실리콘에 대한 실리콘 산화물의 선택성 만큼 뚜렷하지(pronounced) 않다. 선택성은, 이를 테면 얕은 트렌치 격리(STI) 및 층간 유전체(ILD) 오목부 형성과 같은 응용들에 대해 장점들을 제공한다. Siconi™ 프로세스는, 기판 물질이 제거됨에 따라 기판의 표면 상에 성장하는 고체 부산물들을 생성한다. 이러한 고체 부산물들은 이후, 기판의 온도가 올라갈 때 승화(sublimation)에 의해 제거된다. 고체 부산물들의 생성의 결과로서, Siconi™ 식각 프로세스는 남아있는 정교한 구조들을 또한 변형시킬 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 패터닝된 기판 상의 정교한 구조들을 방해(disturb)하지 않으면서 실리콘 산화물을 선택적으로 제거하기 위한 방법들이 필요하다.

과제의 해결 수단

[0006] 패터닝된 이종(heterogeneous) 구조들 상의 노출된 실리콘 산화물을 식각하는 방법이 설명되며, 불소-함유 전구체로부터 형성되는 원격 플라즈마 식각을 포함한다. 원격 플라즈마로부터의 플라즈마 배출물(effluent)들은 기판 프로세싱 영역 내로 유동되며, 기판 프로세싱 영역에서 플라즈마 배출물들은 수증기와 결합한다. 이러한 결합으로부터 초래되는 화학 반응은 반응물들을 생성하는데, 이러한 반응물들은 패터닝된 이종 구조들을 식각하여, 실시예들에서, 변형을 거의 나타내지 않는 남아있는 얇은 구조를 생성한다. 방법들은, 실리콘, 폴리실리콘, 실리콘 질화물, 티탄 또는 질화 티탄을 거의 제거하지 않으면서 또는 아예 제거하지 않으면서, 실리콘 산화물을 컨포멀하게 트리밍(trim)하는 데에 이용될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 본원에서 설명되는 식각

프로세스들은, 얇은 원통형의 전도성 구조 주위에서 이러한 원통형의 구조가 크게 변형되지 않도록 하면서 몰드 산화물(mold oxide)을 제거하는 것으로 발견되었다.

[0007] 본 발명의 실시예들은, 기판 프로세싱 챔버의 기판 프로세싱 영역에서, 패터닝된 기판을 식각하는 방법들을 제공한다. 패터닝된 기판은 노출된 실리콘 산화물 영역을 갖는다. 이 방법들은, 플라즈마 배출물들을 생성하기 위해 원격 플라즈마 영역에서 원격 플라즈마를 형성하면서, 기판 프로세싱 영역에 유체적으로 커플링된 원격 플라즈마 영역 내로 불소-함유 전구체를 유동시키는 단계를 포함한다. 이 방법들은, 원격 플라즈마 영역을 통해 수증기를 먼저 통과시키지 않으면서, 기판 프로세싱 영역 내로 수증기를 유동시키는 단계를 더 포함한다. 이 방법들은 기판 프로세싱 영역 내로 플라즈마 배출물들을 유동시킴으로써, 노출된 실리콘 산화물 영역을 식각하는 단계를 더 포함한다.

[0008] 추가적인 실시예들 및 특징들이 후술하는 설명에서 일부가 제시되어 있고, 그리고 일부는 명세서의 검토를 통해 당업자에게 명확해지거나, 또는 개시된 실시예들의 실시에 의해 학습될 수 있을 것이다. 본 명세서에 설명된 수단들, 조합들, 및 방법들을 이용하여, 개시된 실시예들의 특징들 및 장점들이 실현되고 획득될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 명세서의 나머지 부분들과 도면들을 참조하여, 개시된 실시예들의 본질 및 장점들의 추가적인 이해가 실현될 수 있을 것이다.

도 1은 개시된 실시예들에 따른 실리콘 산화물 선택적 식각 프로세스의 흐름도이다.

도 2a-2b는 개시된 실시예들에 따른, 실리콘 산화물 선택적 식각 프로세스들에 있어서 기판 온도 및 챔버 압력에 대한 식각 레이트 의존성의 챠트들이다.

도 3은 개시된 실시예들에 따른, 실리콘 산화물 선택적 식각 프로세스들에 있어서 실리콘 질화물 및 실리콘과 비교되는 실리콘 산화물 선택성의 챠트이다.

도 4a는 본 발명의 실시예들에 따른 기판 프로세싱 챔버를 나타낸다.

도 4b는 본 발명의 실시예들에 따른 기판 프로세싱 챔버의 샤워헤드를 나타낸다.

도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 기판 프로세싱 시스템을 나타낸다.

첨부된 도면들에서, 유사한 컴포넌트들 및/또는 피쳐들은 동일한 참조 부호(reference label)를 가질 수 있다. 또한, 동일한 타입의 다양한 컴포넌트들은 참조 부호에 이어서, 대시 및 유사한 컴포넌트들을 구별하는 2차 부호를 뒤따르게 함으로써 구별될 수 있다. 만일 본 명세서에서 1차 참조 부호만이 사용되는 경우, 2차 참조 부호와는 무관하게, 동일한 1차 참조 부호를 갖는 유사한 컴포넌트들 중 임의의 것에 대해 설명이 적용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 패터닝된 이종 구조들 상의 노출된 실리콘 산화물을 식각하는 방법이 설명되며, 불소-함유 전구체로부터 형성되는 원격 플라즈마 식각을 포함한다. 원격 플라즈마로부터의 플라즈마 배출물들은 기판 프로세싱 영역 내로 유동되며, 기판 프로세싱 영역에서 플라즈마 배출물들은 수증기와 결합한다. 이러한 결합으로부터 초래되는 화학 반응은 반응물들을 생성하는데, 이러한 반응물들은 패터닝된 이종 구조들을 식각하여, 실시예들에서, 변형을 거의 나타내지 않는 남아있는 얇은 구조를 생성한다. 방법들은, 실리콘, 폴리실리콘, 실리콘 질화물, 티탄 또는 질화 티탄을 거의 제거하지 않으면서 또는 아예 제거하지 않으면서, 실리콘 산화물을 컨포멀하게 트리밍하는 데에 이용될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 본원에서 설명되는 식각 프로세스들은, 얇은 원통형의 전도성 구조 주위에서 이러한 원통형의 구조가 크게 변형되지 않도록 하면서 몰드 산화물을 제거하는 것으로 발견되었다.

[0011] 선택적인 원격 기상(gas phase) 식각 프로세스들은 암모니아(NH_3)의 수소 소스 및 삼불화질소(NF_3)의 불소 소스를 이용하였으며, 이들은 원격 플라즈마 시스템(RPS)를 통해 반응 영역 내로 함께 유동된다. 전형적으로, 암모니아 및 삼불화질소의 유량들은, 이러한 2개의 프로세스 가스들의 성분들을 효율적으로 이용하기 위해 수소의 원자 유량이 불소의 원자 유량의 대략 두배가 되도록 선택된다. 수소 및 불소의 존재는 비교적 낮은 기판 온도들에서 $(NH_4)_2SiF_6$의 고체 부산물들의 형성을 가능하게 한다. 이러한 고체 부산물들은 기판의 온도를 승화 온도보다 높게 올림으로써 제거된다. 원격 기상 식각 프로세스들은, 예를 들어 실리콘 보다 훨씬 더 빠르게 산화물 필름들을 제거한다. 하지만, 실리콘 질화물과 비교하여 전형적인 선택적 원격 기상 식각 프로세스들의 선택성

이 부족할(poor) 수 있다. 본 발명자들은, 원격 플라즈마에서 불소-함유 전구체를 여기시키고, 원격 플라즈마 시스템을 통과하지 않은 수증기와 플라즈마 배출물들을 결합함으로써, 실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 선택성이 강화될 수 있다는 것을 발견하였다.

[0012] 본 발명을 더 잘 이해하고 인식하기 위해, 이제, 개시된 실시예들에 따른 실리콘 산화물 선택적 식각 프로세스(100)의 흐름도인 도 1을 참조한다. 제 1 동작 이전에, 패터닝된 기판 내에 갭이 형성된다. 이러한 갭은, 질화 티탄 컬럼(titanium nitride column)의 증착을 안내(guide)하는 데에 이용되는 몰드 실리콘 산화물로 채워진다. 질화 티탄 컬럼은 갭의 중심 근방에 형성되며, 몰드 실리콘 산화물에 의해 둘러싸인다. 실시예들에서, 기판을 프로세싱 영역 내로 전달하기 전에(동작 110), 실리콘 산화물과 질화 티탄의 양자 모두는 노출된 영역들을 갖는다.

[0013] 프로세싱 영역으로부터 분리된 플라즈마 영역 내로의 삼불화질소의 유동이 시작된다(동작 120). 삼불화질소를 보강(augment)하거나 대체하기 위해 다른 불소 소스들이 사용될 수 있다. 일반적으로, 불소-함유 전구체가 상기 플라즈마 영역 내로 유동될 수 있고, 상기 불소-함유 전구체는 원자 불소, 이원자 불소, 삼불화질소, 사불화탄소, 불화수소 및 이불화제논으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 적어도 하나의 전구체를 포함한다. 분리된 플라즈마 영역은 본원에서 원격 플라즈마 영역으로서 지칭될 수 있으며, 프로세싱 챔버와 별개의 모듈 또는 프로세싱 챔버 내의 격실(compartment) 내에 있을 수 있다. 그런 다음, 원격 플라즈마 영역에서 형성된 플라즈마 배출물들이 기판 프로세싱 영역 내로 유동된다(동작 125). 이 시점에서, 기상 식각은 실리콘 산화물에 대해 선택성을 거의 갖지 않을 것이며, 제한된 유용성(utility)을 가질 것이다. 하지만, 수증기가 기판 프로세싱 영역 내로 동시에 유동되어(동작 130), 플라즈마 배출물들과 반응한다. 수증기는 원격 플라즈마 영역을 통과하지 않으며, 이에 따라 플라즈마 배출물들과의 상호작용에 의해서만 여기된다.

[0014] 질화 티탄 컬럼 주위로부터 몰드 실리콘 산화물이 제거되도록, 패터닝된 기판이 선택적으로 식각된다(동작 135). 질화 티탄 컬럼 주위에서 제거된 물질은 해자(moat) 형상으로 연속적인 트렌치들을 형성한다. 기판 프로세싱 영역으로부터 반응성 화학 종들이 제거된 다음, 프로세싱 영역으로부터 기판이 제거된다(동작 145).

[0015] 다이내믹 랜덤 액세스 메모리(DRAM)의 아키텍쳐는 원통형 전도체, 예를 들어 예시적인 프로세스 흐름에서 질화 티탄 컬럼에 기초한다. 이러한 아키텍쳐는 OCS(one cylindrical storage node)로서 지칭된다. 전도성 원통(conducting cylinder)은 70nm 보다 작은, 50nm 보다 작은, 또는 40nm 보다 작은 직경을 가질 수 있다. 특히, 작은 직경의 전도성 원통들에 대해, 형상은 원통의 형상으로부터 상당히 벗어날 수 있다. 전도성 컬럼은 원통형, 정사각형, 직사각형, 육각형 또는 팔각형 뿐 아니라, 무수한 다른 형상들일 수 있다. 전도성 컬럼은, 이를테면 티탄, 질화 티탄, 폴리실리콘, 텅스텐, 구리 등과 같은 다양한 전기 전도성 물질들을 포함할 수 있다. DRAM들은 용량성 저장에 기초하며, 저장 셀 마다의 더 큰 캐패시턴스로부터 이득을 얻는다. 캐패시턴스는, 실린더(즉, 컬럼)의 표면적의 선택 뿐 아니라, (예를 들어, 유전체 다음의 금속 증착 시퀀스를 통해) 이후 증착되는 대향 전극(opposing electrode)으로부터의 컬럼의 분리에 의해 제어된다. 이러한 예에서의 질화 티탄과 같은 전도성 컬럼들은, 몰드 실리콘 산화물이 제거된 후, 실질적으로 수직으로 유지될 필요가 있다. 본원에서 제시되는 선택적 실리콘 산화물 식각들은 이러한 타입의 작업을 달성하는 데에 특히 적합하다.

[0016] 습식 식각들이 몰드 산화물을 제거하는 데에 이용되었지만, 서로를 향해서 기울어지는(lean) 전도성 컬럼들을 초래하는 것으로 발견되었다. 식각전(pre-etch) 전도성 컬럼의 형상으로부터의 다양한 다른 일탈(deviation)들이 가능하며, 일반적으로 만곡(bowing)으로서 지칭될 것이다. 예를 들어, 선단(tip)과 베이스(base)는 식각전 위치에 비교적 가깝게 유지될 수 있지만, 전도성 컬럼의 중심이 만곡될 수 있다. 모든 변형들은 DRAM 캐패시터 셀을 위한 얇은 유전체층 및 대향 전극을 추가로 증착할 수 있는 능력을 방해할 수 있다. (원격의 또는 국부적인) 불소 만을 수반하는 기상 식각들은, 몰드 산화물을 제거하고 패터닝된 기판의 나머지 부분들을 본질적으로 방해받지 않는 채로 유지하는 데에 필요한 선택성을 가지고 있지 않다. 원격 NF_3/NH_3 식각들은 희망하는 선택성 중 일부, 특히 실리콘 산화물 대 실리콘 선택성을 제공한다. 하지만, 이러한 원격 식각들은 승화에 의해 제거되어야 하는 고체 잔류물을 생성한다. OCS(one cylindrical storage node) DRAM과 같은 아키텍쳐들은 고체 잔류물의 생성의 결과로서 변형되는 것으로 발견되었다. 본원에서 설명되는 기상 식각들은 고체 잔류물을 생성하지 않으면서도, 원격 NF_3/NH_3 식각들과 같은 높은 선택성을 여전히 제공한다.

[0017] 완전히 정확하거나(correct) 정확하지 않을 수도 있는 이론적인 메커니즘들에 청구항들의 적용 범위를 구속하는 것을 원하는 것은 아니지만, 가능한 메커니즘들의 일부 논의는 유익한 것으로 판명될 수 있다. 불소-함유 전구체를 원격 플라즈마 영역 내로 전달함으로써, 라디칼-불소(radical-fluorine) 전구체들이 생성된다. 본 출원인들은, 불소 이온들 및 원자들의 농도(concentration)가 생성되어 기판 프로세싱 영역 내로 전달된다고

가정한다. 수증기(H_2O)는 불소와 반응하여, HF_2와 같은 덜 반응적인 종을 생성할 수 있는데, 이러한 종은 패터닝된 기판 표면으로부터 실리콘 산화물은 여전히 쉽게 제거하지만, 실리콘 및 실리콘 질화물은 쉽게 제거하지 않는다. 고체 부산물들의 결여와 결합되는 선택성은, 이들 식각 프로세스들을, 남아있는 정교한 구조들에 변형을 거의 야기하지 않으면서, 정교한 비-실리콘 산화물 물질들로부터 몰드들 및 다른 실리콘 산화물 지지 구조들을 제거하는 데에 꽤 적합하게 한다.

[0018] 전도성 컬럼(본 예에서는 질화 티탄)은, 자신의 주변으로부터 몰드 실리콘 산화물이 제거됨에 따라, 물리적인 지지체를 잃게 된다. 일부 경우들에서, 본원에서 제시되는 기상 식각 또한 전도성 컬럼들의 약간의 허용가능한 만곡(예를 들어, 기울어짐)을 초래할 수 있지만, 일반적으로 어느 정도(a few) 수직도(degrees of vertical) 내에 있을 것이다. 본 출원인들은 또한, 기판 프로세싱 영역 내에 약간의 알코올을 유입시키는 것이 전도성 컬럼의 변형을 초래하는 힘(force)들을 감소시킬 수 있다는 것을 발견하였다. 실시예들에서, 알코올은 메탄올, 에탄올 및 이소프로필 알코올 중에서 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 알코올은 수증기와 유사한 방식으로 유입된다, 즉 알코올은 기판 프로세싱 영역에 들어가기 전에 원격 플라즈마를 통과하지 않는다. 실시예들에서, 알코올은 수증기와 결합되어, 기판 프로세싱 영역 내로 함께 유동된다.

[0019] 도 2a-2b는 개시된 실시예들에 따라, 상이한 온도들 및 압력들에서 수행된 실리콘 산화물의 원격으로-여기된-불소 및 수증기 식각들의 식각 레이트들의 챠트들이다. 데이터는, 기판의 온도가 0℃로부터 15℃로 증가함에 따라, 식각 레이트의 점차적인 감소를 나타낸다. 실시예들에서, 본원에서 설명되는 원격으로-여기된-불소 및 수증기 식각들 동안 기판의 온도는, 상이한 실시예들에서 약 10℃ 또는 그 미만, 약 5℃ 또는 그 미만, 또는 약 0℃ 또는 그 미만이다. 데이는 또한 프로세스 압력의 함수로서의 식각 레이트의 증가를 나타낸다. 도 2b에서, 다이아몬드들은 10 Torr에 가까운 프로세스 압력에 대해 실리콘 산화물의 식각된 양들을 나타내는 한편, 정사각형들은 약 5 Torr의 프로세스 압력을 이용한 측정들을 나타낸다. 기판 프로세싱 영역 내의 압력은, 개시된 실시예들에서, 약 50 Torr 또는 그 보다 낮거나, 약 5 Torr 또는 10 Torr 또는 그 보다 높다. 상한이 어느 하나의 하한과 결합하여, 본 발명의 부가적인 실시예들을 형성할 수 있다.

[0020] 도 3은 개시된 실시예들에 따른, 실리콘 산화물 선택적 식각 프로세스들에 있어서 실리콘 질화물 및 실리콘과 비교되는 실리콘 산화물 선택성의 챠트이다. 선택성들은 낮은 기판 온도(0℃, 왼쪽) 및 "높은" 기판 온도(10℃, 오른쪽)에 대해 그래프로 나타난다. 양쪽 모두의 경우들에 있어서 실리콘 질화물에 대한 실리콘 산화물의 식각 선택성은 약 40:1 또는 그 보다 크며, 그리고 실리콘에 대한 실리콘 산화물의 선택성은 약 100:1 또는 그 보다 크다.

[0021] 예시적인 프로세싱 챔버와 시스템을 설명하는 동안, 부가적인 수증기 및 원격으로-여기된-불소 식각 프로세스 파라미터들이 개시된다.

[0022] 예시적인 프로세싱 시스템

[0023] 본 발명의 실시예들을 구현할 수 있는 프로세싱 챔버들은 캘리포니아, 산타 클라라에 소재하는 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드로부터 입수할 수 있는 CENTURA® 및 PRODUCER® 시스템들과 같은 프로세싱 플랫폼들 내부에 포함될 수 있다. 본 발명의 예시적인 방법들과 함께 사용될 수 있는 기판 프로세싱 챔버들의 예들은, "유전체 갭충진을 위한 프로세스 챔버"란 명칭으로 2006년 5월 30일자로 루보미르스키 등에 의해 출원되었으며 본원과 양수인이 동일한 미국 가특허 출원번호 제60/803,499호에 도시되고 개시된 것들을 포함할 수 있고, 이의 전체 내용들은 모든 목적들을 위해 인용에 의해 본원에 포함된다. 추가의 예시적인 시스템들은 미국 특허 번호 제6,387,207호 및 제6,830,624호에 도시되고 개시된 것들을 포함할 수 있고, 이들 또한 모든 목적들을 위해 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0024] 도 4a는 개시된 실시예들에 따른 기판 프로세싱 챔버(400)이다. 원격 플라즈마 시스템(RPS)(410)은 불소-함유 전구체를 프로세싱할 수 있으며, 이러한 불소-함유 전구체는 이후 가스 유입 조립체(gas inlet assembly)(411)를 통해 이동한다. 2개의 분리된 가스 공급 채널들을 가스 유입 조립체(411) 내에서 볼 수 있다. 제 1 채널(412)은 원격 플라즈마 시스템(RPS)(410)을 통과하는 가스를 운반하는 반면, 제 2 채널(413)은 RPS(410)를 바이패스한다. 실시예들에서, 어느 채널이든 불소-함유 전구체를 위해 사용될 수 있다. 한편, 제 1 채널(412)은 프로세스 가스를 위해 사용될 수 있고, 제 2 채널(413)은 트리트먼트 가스(treatment gas)를 위해 사용될 수 있다. 덮개(421)(예를 들어, 전도성 상단부)와 천공된 격벽(perforated partition)(샤워헤드, 453)이 이들 사이의 절연링(424)과 함께 도시되어 있으며, 상기 절연링은 AC 전위가 샤워헤드(453)에 대해서 덮개(421)에 인가될 수 있게 한다. AC 전위는 챔버 플라즈마 영역(420)에서 플라즈마를 점화시킨다(strike). 프로세스 가스는 제

1 채널(412)을 통해 챔버 플라즈마 영역(420) 내로 이동할 수 있으며, 챔버 플라즈마 영역(420)에서 플라즈마에 의해 단독으로, 또는 RPS(410)와 조합하여 여기될 수 있다. 프로세스 가스(불소-함유 전구체)가 제 2 채널(413)을 통해 유동하면, 챔버 플라즈마 영역(420) 만이 여기를 위해 사용된다. 챔버 플라즈마 영역(420) 및/또는 RPS(410)의 조합은 본 명세서에서 원격 플라즈마 시스템으로 지칭될 수 있다. (또한 '샤워헤드'라고도 지칭되는) 천공된 격벽(453)은 샤워헤드(453) 아래의 기판 프로세싱 영역(470)으로부터 챔버 플라즈마 영역(420)을 분리시킨다. 샤워헤드(453)는 챔버 플라즈마 영역(420) 내에 존재하는 플라즈마가 기판 프로세싱 영역(470) 내의 가스들을 직접 여기시키지 않도록 하는 한편, 여기된 종이 챔버 플라즈마 영역(420)으로부터 기판 프로세싱 영역(470) 내로 여전히 이동할 수 있게 한다.

[0025] 샤워헤드(453)는 챔버 플라즈마 영역(420)과 기판 프로세싱 영역(470) 사이에 위치되며, RPS(410) 및/또는 챔버 플라즈마 영역(420) 내에서 생성되는 플라즈마 배출물들(전구체들 또는 다른 가스들의 여기된 유도체들)로 하여금, 판(plate)의 두께를 횡단하는 복수의 관통홀들(456)을 통과할 수 있도록 허용한다. 또한, 샤워헤드(453)는 하나 또는 그 초과의 빈 볼륨들(hallow volumes)(451)을 가지며, 이러한 볼륨들은 증기 또는 가스 형태의 전구체(이를 테면, 실리콘-함유 전구체)로 충진될 수 있고, 작은 홀들(455)을 통해 기판 프로세싱 영역(470) 내로 통과하지만, 챔버 플라즈마 영역(420) 내로는 직접 통과되지 않는다. 개시된 본 실시예에서, 샤워헤드(453)는 관통홀들(456)의 최소 직경(450)의 길이 보다 더 두껍다. 챔버 플라즈마 영역(420)으로부터 기판 프로세싱 영역(470)으로 침투(penetrate)하는 여기된 종의 상당한(significant) 농도를 유지하기 위해, 관통홀들의 최소 직경(450)의 길이(426)는 샤워헤드(453)를 관통하는 중간에 관통홀들(456)의 더 큰 직경 부분들을 형성함으로써 제한될 수 있다. 개시된 실시예들에서, 상기 관통홀들(456)의 최소 직경(450)의 길이는 관통홀들(456)의 최소 직경과 동일한 크기(same order of magnitude)이거나 그 보다 작을 수 있다.

[0026] 도시된 실시예에서, 샤워헤드(453)는 산소, 수소 및/또는 질소를 포함하는 프로세스 가스들, 및/또는 챔버 플라즈마 영역(420)에서 플라즈마에 의해 여기될 때 그러한 프로세스 가스들의 플라즈마 배출물을 (관통홀들(456)을 통해) 분배할 수 있다. 실시예들에서, 제 1 채널(412)을 통해 챔버 플라즈마 영역(420) 내로 및/또는 RPS(410) 내로 유입되는 프로세스 가스는 불소(예컨대, CF_4, NF_3 또는 XeF_2)를 포함할 수 있다. 또한, 상기 프로세스 가스는 헬륨, 아르곤, 질소(N_2) 등과 같은 캐리어 가스를 포함할 수 있다. 플라즈마 배출물은 프로세스 가스의 이온화된 또는 중성의 유도체들을 포함할 수 있으며, 유입된 프로세스 가스의 원자 성분을 참조(refer)하여 본 명세서에서는 라디칼-불소 전구체로 또한 지칭될 수 있다.

[0027] 실시예들에서, 관통홀들(456)의 개수는 약 60 내지 약 2000개일 수 있다. 관통홀들(456)은 다양한 형상들을 가질 수 있으나, 가장 용이하게는 원형으로 제조된다. 개시된 실시예들에서, 관통홀들(456)의 최소 직경(450)은 약 0.5㎜ 내지 약 20㎜이거나, 약 1㎜ 내지 약 6㎜일 수 있다. 또한, 관통홀들의 단면 형상을 자유롭게 선택할 수 있으며, 상기 단면 형상은 원뿔형, 원통형 또는 이 두가지 형상들의 조합으로 제조될 수 있다. 기판 프로세싱 영역(470) 내로 가스를 유입시키는 데에 사용되는 작은 홀들(455)의 개수는, 상이한 실시예들에서, 약 100 내지 약 5000개이거나, 또는 약 500 내지 약 2000개일 수 있다. 상기 작은 홀들(455)의 직경은 약 0.1㎜ 내지 약 2㎜일 수 있다.

[0028] 도 4b는 개시된 실시예들에 따른 프로세싱 챔버와 함께 사용하기 위한 샤워헤드(453)의 저면도이다. 샤워헤드(453)는 도 4a에 도시된 샤워헤드와 대응한다. 관통홀들(456)은 샤워헤드(453)의 바닥에서 더 큰 내부 직경(ID)을 갖고 상단에서 더 작은 ID를 갖는 것으로 도시되어 있다. 작은 홀들(455)이 샤워헤드의 표면에 걸쳐, 심지어는 관통홀들(456) 사이에서도 실질적으로 균일하게 분포됨으로써, 본 명세서에 설명되는 다른 실시예들보다 더 균일한 혼합을 제공하는 것을 돕는다.

[0029] 샤워헤드(453) 내의 관통홀들(456)을 통해 도달하는 불소-함유 플라즈마 배출물들이, 빈 볼륨들(451)로부터 비롯되는 작은 홀들(455)을 통해 도달하는 수분과 결합할 때, 예시적인 패터닝된 기판은 기판 프로세싱 영역(470) 내부의 페디스털(pedestal)(미도시)에 의해 지지될 수 있다. 비록 기판 프로세싱 영역(470)이 경화(curing)와 같은 다른 프로세스들을 위해 플라즈마를 지원하도록 설비될 수 있기는 하지만, 본 발명의 실시예들에서는, 패터닝된 기판을 식각하는 동안 어떠한 플라즈마도 존재하지 않는다.

[0030] 플라즈마는 샤워헤드(453) 위의 챔버 플라즈마 영역(420) 또는 샤워헤드(453) 아래의 기판 프로세싱 영역(470) 중 어느 하나에서 점화될 수 있다. 불소-함유 전구체의 유입으로부터 라디칼-불소 전구체들을 생성하기 위해 플라즈마가 챔버 플라즈마 영역(420)에 존재한다. 증착 동안 챔버 플라즈마 영역(420)에서 플라즈마를 점화하기 위해, 통상적으로 무선 주파수(RF) 범위의 AC 전압이 샤워헤드(453)와 프로세싱 챔버의 전도성 상단부(421) 사이에 인가된다. RF 전원공급장치는 13.56㎒의 높은 RF 주파수를 발생시키지만, 또한 다른 주파수들을 단독으

로 또는 13.56㎒ 주파수와 조합하여 발생시킬 수 있다.

[0031] 기판 프로세싱 영역(470)과 접한 내부 표면들을 세정(clean)하거나 필름을 경화시키기 위해 기판 프로세싱 영역(470)에서 하위 플라즈마(bottom plasma)가 턴온(turn on)될 때, 상위 플라즈마(top plasma)는 저전력 또는 무전력으로 유지될 수 있다. 기판 프로세싱 영역(470) 내의 플라즈마는 샤워헤드(453)와 챔버의 페디스털 또는 바닥 사이에 AC 전압을 인가함으로써 점화된다. 플라즈마가 존재하는 동안, 세정 가스(cleaning gas)가 기판 프로세싱 영역(470) 내로 유입될 수 있다.

[0032] 페디스털은 열 교환 채널을 가질 수 있으며, 이러한 열 교환 채널을 통해 열 교환 유체가 유동하여 기판의 온도를 제어한다. 이러한 구성은 기판 온도가 비교적 저온들(실온 내지 약 120℃)로 유지되도록 냉각 또는 가열될 수 있도록 한다. 열 교환 유체는 에틸렌 글리콜과 물을 포함할 수 있다. 또한, 페디스털(바람직하게는, 알루미늄, 세라믹, 또는 이들의 조합)의 웨이퍼 지지 플래터(platter)는, 평행한 동심원들의 형태로 2개의 완전한 턴들(turns)을 만들도록 구성된 내장식 단일 루프 내장식 히터 엘리먼트를 사용하여 비교적 고온들(약 120℃ 내지 약 1100℃)을 달성하기 위해 저항식으로 가열될 수 있다. 히터 엘리먼트의 바깥 부분은 지지 플래터의 주변(perimeter) 근처에서 연장될 수 있는 반면, 안쪽 부분은 더 작은 반경을 가진 동심원의 경로 상으로 연장된다. 상기 히터 엘리먼트에 대한 배선은 페디스털의 스템(stem)을 통과한다.

[0033] 기판 프로세싱 시스템은 시스템 제어기에 의해 제어된다. 예시적인 실시예에서, 시스템 제어기는 하드 디스크 드라이브, 플로피 디스크 드라이브 및 프로세서를 포함한다. 프로세서는 싱글-보드 컴퓨터(SBC), 아날로그 및 디지털 입/출력 보드들, 인터페이스 보드들 및 스텝퍼 모터 제어기 보드들을 포함한다. CVD 시스템의 다양한 부분들은, 보드, 카드 케이지 및 커넥터 치수들 및 타입들을 정의하는 VME(Versa Modular European) 표준을 따른다. 이러한 VME 표준은 또한 버스 구조를 16-비트 데이터 버스 및 24-비트 어드레스 버스를 갖는 것으로서 정의한다.

[0034] 시스템 제어기는 식각 챔버의 모든 활동(activity)들을 제어한다. 시스템 제어기는, 컴퓨터-판독가능한 매체에 저장되어 있는 컴퓨터 프로그램인 시스템 제어 소프트웨어를 실행한다. 바람직하게는, 매체는 하드 디스크 드라이브이지만, 이러한 매체는 또한 다른 종류들의 메모리일 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 타이밍, 가스들의 혼합, 챔버 압력, 챔버 온도, RF 전력 레벨들, 서셉터 위치, 및 특정 프로세스의 다른 파라미터들을 지시하는 명령어들의 세트(set)들을 포함한다. 예를 들어, 플로피 디스크 또는 기타의 다른 적절한 드라이브를 포함하는 다른 메모리 디바이스들 상에 저장된 다른 컴퓨터 프로그램들이 또한 시스템 제어기에게 명령하는 데에 이용될 수 있다.

[0035] 기판 상에 필름 스택을 증착하기 위한 프로세스 또는 챔버를 세정하기 위한 프로세스는 상기 시스템 제어기에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램 제품을 사용하여 실시될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 코드는 종래의 임의의 컴퓨터 판독가능한 프로그래밍 언어, 예를 들어 68000 어셈블리 언어, C, C++, 파스칼, 포트란 또는 기타 언어들로 기록될 수 있다. 적합한 프로그램 코드가 통상의 텍스트 에디터를 사용하여 단일 파일 또는 다중 파일들에 입력되고, 컴퓨터의 메모리 시스템과 같은 컴퓨터 사용가능한 매체에 저장되거나 내장된다. 입력된 코드 텍스트가 고수준 언어라면, 코드는 컴파일된 다음, 결과적인 컴파일러 코드가 프리컴파일형(precompiled) Microsoft Windows® 라이브러리 루틴들의 목적 코드와 링크된다. 링크되는 컴파일된 목적 코드를 실행하기 위해, 시스템 사용자는 목적 코드를 호출하여, 컴퓨터 시스템으로 하여금 메모리에 코드를 로딩하게 한다. 그 다음, CPU는 코드를 판독하고 실행하여, 프로그램에서 식별된 임무들을 수행한다.

[0036] 사용자와 제어기 사이의 인터페이스는 평판 터치 감응형 모니터를 통해 이루어질 수 있다. 바람직한 실시예에서는, 2개의 모니터들이 사용되는데, 하나는 작업자들을 위해 클린룸 벽에 장착되고, 다른 하나는 서비스 기술자들을 위해 벽 뒤에 장착된다. 이러한 2개의 모니터들은 동일한 정보를 동시에 디스플레이할 수 있는데, 이 경우, 한번에 단지 하나의 모니터 만이 입력을 받아들인다. 특정 스크린 또는 기능을 선택하기 위해, 작업자는 터치 감응형 모니터의 지정된 영역을 터치한다. 터치된 영역은 자신의 하이라이트된 색을 변화시키거나, 새로운 메뉴 또는 스크린이 디스플레이되어, 작업자와 터치 감응형 모니터 간의 통신을 확인한다. 다른 디바이스들, 이를 테면 키보드, 마우스, 또는 다른 포인팅 또는 통신 디바이스가, 터치 감응형 모니터 대신 또는 터치 감응형 모니터에 부가하여 이용되어, 사용자에게 시스템 제어기와 통신할 수 있게 한다.

[0037] 상기 챔버 플라즈마 영역 또는 RPS 내의 영역은 원격 플라즈마 영역으로 지칭될 수 있다. 실시예들에서, 라디칼 전구체(예를 들어, 라디칼-불소 전구체)가 원격 플라즈마 영역에서 생성된 다음, 기판 프로세싱 영역 내로 이동하여, 수증기와 결합한다. 실시예들에서, 수증기는 라디칼-불소 전구체에 의해서만 여기된다. 실시예들에서, 라디칼-불소 전구체가 수증기에 대해 우세한(dominant) 여기를 제공하는 것을 보장하기 위해, 플라즈마 전

력은 본질적으로 원격 플라즈마 영역에만 인가될 수 있다.

[0038] 챔버 플라즈마 영역을 사용하는 실시예들에서, 여기된 플라즈마 배출물들은 증착 영역으로부터 구획되는 기판 프로세싱 영역의 섹션에서 발생된다. 본 명세서에서 기판 프로세싱 영역으로 또한 알려져있는 증착 영역은, 패터닝된 기판(예를 들어, 반도체 웨이퍼)을 식각하기 위해 플라즈마 배출물들이 수증기와 혼합되고 반응하는 곳이다. 여기된 플라즈마 배출물들은 또한 비활성 가스들(예시적인 경우, 아르곤)을 수반할 수 있다. 실시예들에서, 수증기는 기판 플라즈마 영역에 들어가기 전에 플라즈마를 통과하지 않는다. 상기 기판 프로세싱 영역은, 본 명세서에서, 패터닝된 기판의 식각 동안, "무-플라즈마(plasma-free)"인 것으로서 설명될 수 있다. "무-플라즈마"가 반드시 상기 영역에 플라즈마가 없다는 것을 의미하지는 않는다. 플라즈마 영역 내에서 생성되는 이온화된 종 및 자유 전자들은 구획(샤워헤드)의 구멍들(개구들)을 통해 이동하지만, 수증기는 플라즈마 영역에 인가되는 플라즈마 전력에 의해 실질적으로 여기되지 않는다. 챔버 플라즈마 영역에서의 플라즈마의 경계들은 정의하기 어렵고, 샤워헤드의 개구들을 통해 기판 프로세싱 영역을 침범할 수 있다. 유도적으로 커플링된 플라즈마의 경우, 소량의 이온화가 직접적으로 기판 프로세싱 영역 내에서 이루어질 수 있다. 또한, 형성하는 필름의 바람직한 특징들을 없애지 않으면서, 기판 프로세싱 영역 내에서 저 강도(intensity)의 플라즈마가 생성될 수 있다. 여기된 플라즈마 배출물들을 생성하는 동안 챔버 플라즈마 영역(또는, 그 점에 대해서는, 원격 플라즈마 영역) 보다 훨씬 더 낮은 강도의 이온 밀도를 갖는 플라즈마에 대한 모든 원인들(causes)은 본 명세서에 사용되는 "무-플라즈마"의 범위를 벗어나지 않는다.

[0039] 삼불화질소(또는 다른 불소-함유 전구체)는, 상이한 실시예들에서, 약 25sccm 내지 약 200sccm, 약 50sccm 내지 약 150sccm, 또는 약 75sccm 내지 약 125sccm의 유량들로 챔버 플라즈마 영역(420) 내로 유동될 수 있다. 수증기는, 상이한 실시예들에서, 약 25sccm 내지 약 200sccm, 약 50sccm 내지 약 150sccm, 또는 약 75sccm 내지 약 125sccm의 유량들로 기판 프로세싱 영역(470) 내로 유동될 수 있다. 에탄올(또는 다른 알코올)은, 상이한 실시예들에서, 약 100sccm 또는 그 미만, 약 50sccm 또는 그 미만, 또는 약 25sccm 또는 그 미만의 유량들로 기판 프로세싱 영역(470) 내로 유동될 수 있다.

[0040] 챔버 내로의 수증기, 불소-함유 전구체 및 알코올의 조합된 유량들은 전체 가스 혼합물의 0.05체적% 내지 약 20체적%를 차지할 수 있으며, 나머지는 캐리어 가스들이다. 실시예들에서, 불소-함유 전구체가 원격 플라즈마 영역 내로 유동되지만, 플라즈마 배출물들은 동일한 체적 유동 비율을 갖는다. 불소-함유 전구체의 경우, 원격 플라즈마 영역 내의 압력을 안정화하기 위해, 불소-함유 가스의 개시 전에, 퍼지 가스 또는 캐리어 가스가 원격 플라즈마 영역 내로 먼저 개시될 수 있다.

[0041] 플라즈마 전력은 다양한 주파수들이거나 다중 주파수들의 조합일 수 있다. 예시적인 프로세싱 시스템에서, 플라즈마는 샤워헤드(453)에 대하여 덮개(421)에 전달되는 RF 전력에 의해 제공된다. 상이한 실시예들에서, RF 전력은 약 100W 내지 약 2000W, 약 200W 내지 약 1500W, 또는 약 500W 내지 약 1000W일 수 있다. 상이한 실시예들에서, 예시적인 프로세싱 시스템에서 인가되는 RF 주파수는 약 200㎑ 미만의 낮은 RF 주파수들, 약 10㎒ 내지 약 15㎒의 높은 RF 주파수들, 또는 약 1㎓ 또는 그 초과의 극초단파 주파수들일 수 있다.

[0042] 수증기, 임의의 캐리어 가스들 및 플라즈마 배출물들이 기판 프로세싱 영역(470) 내로 유동하는 동안, 기판 프로세싱 영역(470)은 다양한 압력들로 유지될 수 있다. 상이한 실시예들에서, 압력은 약 500mTorr 내지 약 30Torr, 약 1Torr 내지 약 20 Torr, 또는 약 5Torr 내지 약 15Torr로 유지될 수 있다.

[0043] 하나 또는 그 초과의 실시예들에서, 기판 프로세싱 챔버(400)는 캘리포니아, 산타 클라라에 소재하는 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드로부터 입수할 수 있는 Producer™ GT, Centura™ AP 및 Endura™ 플랫폼들을 포함하는 다양한 멀티-프로세싱 플랫폼들 내에 통합될 수 있다. 이러한 프로세싱 플랫폼은 진공을 깨뜨리지 않으면서 여러개의 프로세싱 작업들을 수행할 수 있다. 본 발명의 실시예들을 구현할 수 있는 프로세싱 챔버들은, 다른 타입들의 챔버들 중에서도, 유전체 식각 챔버들 또는 다양한 화학기상증착 챔버들을 포함할 수 있다.

[0044] 증착 시스템들의 실시예들은 집적 회로 칩들을 생산하기 위한 보다 큰 제조 시스템들에 통합될 수 있다. 도 5는 개시된 실시예들에 따른 증착, 베이킹(baking) 및 경화 챔버들의 그러한 하나의 시스템(500)을 도시한다. 도면에서, 한 쌍의 FOUP들(front opening unified pods)(전면 개방형 통합 포드들)(502)이 기판들(예컨대, 300㎜ 직경의 웨이퍼들)을 공급하며, 이러한 기판들은 로봇 암들(504)에 의해 수용(receive)되고, 기판 프로세싱 챔버들(508a-f) 중 하나 내에 배치되기 전에 저압의 홀딩 영역(506) 내에 배치된다. 홀딩 영역(506)으로부터 기판 프로세싱 챔버들(508a-f)로 그리고 그 역으로 기판 웨이퍼들을 운반하기 위해, 제 2 로봇 암(510)이 사용될 수 있다. 각각의 기판 프로세싱 챔버들(508a-f)은 순환식 층 증착(cyclical layer deposition)(CLD), 원자층 증착(ALD), 화학기상증착(CVD), 물리기상증착(PVD), 식각, 예비 세정(pre-clean), 탈기(degas), 배향 및 다

른 기판 프로세스들에 부가하여 본 명세서에 설명된 건식 식각 프로세스들을 포함하는 다수의 기판 프로세싱 작업들을 수행하도록 갖춰질 수 있다.

[0045] 기판 프로세싱 챔버들(508a-f)은 기판 웨이퍼 상에 유동성 유전체 필름을 증착, 어닐링, 경화 및/또는 식각하기 위한 하나 또는 그 초과의 시스템 구성요소들을 포함할 수 있다. 하나의 구성에서, 유전체 물질을 기판 상에 증착하기 위해 2쌍의 프로세싱 챔버(예를 들어, 508c-d 및 508e-f)가 사용될 수 있으며, 증착된 유전체를 식각하기 위해 제 3 쌍의 프로세싱 챔버들(예를 들어, 508a-b)이 사용될 수 있다. 다른 구성에서, 모든 3쌍의 챔버들(예를 들어, 508a-f)은 기판 상의 유전체 필름을 식각하도록 구성될 수 있다. 설명된 프로세스들 중 임의의 하나 또는 그 초과의 프로세스는, 상이한 실시예들에서, 도시된 제조 시스템으로부터 분리된 챔버(들)에서 실시될 수 있다.

[0046] 시스템 제어기(557)는 모터들, 밸브들, 유동 제어기들, 전력 공급기들 및 본 명세서에 설명되는 프로세스 레시피들을 실시하기 위해 요구되는 다른 기능들을 제어하는 데에 사용된다. 기판 프로세싱 챔버들(508a-f) 중 하나 또는 모두에 가스들을 유입하도록, 가스 핸들링 시스템(555) 또한 시스템 제어기(557)에 의해 제어될 수 있다. 시스템 제어기(557)는 가스 핸들링 시스템(555) 및/또는 기판 프로세싱 챔버들(508a-f) 내에서 이동가능한 기계 조립체들의 위치를 결정하고 조정하기 위하여 광학 센서들로부터의 피드백에 의존할 수 있다. 기계 조립체들은 시스템 제어기(557)의 제어하에서 모터들에 의해 움직이는 서셉터들, 스로틀 밸브들 및 로봇을 포함할 수 있다.

[0047] 예시적인 실시예에서, 시스템 제어기(557)는 하드 디스크 드라이브(메모리), USB 포트들, 플로피 디스크 드라이브 및 프로세서를 포함한다. 시스템 제어기(557)는 아날로그 및 디지털 입/출력 보드들, 인터페이스 보드들 및 스텝퍼 모터 제어기 보드들을 포함한다. 프로세싱 챔버(400)를 포함하는 멀티-챔버 프로세싱 시스템(500)의 다양한 부분들은 시스템 제어기(557)에 의해 제어된다. 시스템 제어기는 하드 디스크, 플로피 디스크 또는 플래시 메모리 섬(thumb) 드라이브와 같은 컴퓨터 판독가능한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 형태의 시스템 제어 소프트웨어를 실행한다. 다른 타입들의 메모리가 또한 사용될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 타이밍, 가스들의 혼합, 챔버 압력, 챔버 온도, RF 전력 레벨들, 서셉터 위치, 및 특정 프로세스의 다른 파라미터들을 지시하는 명령어들의 세트들을 포함한다.

[0048] 기판 상에 필름을 식각, 증착 또는 다른 처리를 하기 위한 프로세스 또는 챔버를 세정하기 위한 프로세스는 상기 제어기에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램 제품을 사용하여 실시될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 코드는 종래의 임의의 컴퓨터 판독 가능한 프로그래밍 언어, 예를 들어 68000 어셈블리 언어, C, C++, 파스칼, 포트란 또는 기타 언어들로 기록될 수 있다. 적합한 프로그램 코드가 통상의 텍스트 에디터를 사용하여 단일 파일 또는 다중 파일들에 입력되고, 컴퓨터의 메모리 시스템과 같은 컴퓨터 사용가능한 매체에 저장되거나 내장된다. 입력된 코드 텍스트가 고수준 언어라면, 코드는 컴파일된 다음, 결과적인 컴파일러 코드가 프리컴파일형(precompiled) Microsoft Windows® 라이브러리 루틴들의 목적 코드와 링크된다. 링크되는 컴파일된 목적 코드를 실행하기 위해, 시스템 사용자는 목적 코드를 호출하여, 컴퓨터 시스템으로 하여금 메모리에 코드를 로딩하게 한다. 그 다음, CPU는 코드를 판독하고 실행하여, 프로그램에서 식별된 임무들을 수행한다.

[0049] 사용자와 제어기 사이의 인터페이스는 터치 감응형 모니터를 통해 이루어질 수 있고, 마우스와 키보드를 또한 포함할 수 있다. 일 실시예에서는, 2개의 모니터들이 사용되는데, 하나는 작업자들을 위해 클린룸 벽에 장착되고, 다른 하나는 서비스 기술자들을 위해 벽 뒤에 장착된다. 이러한 2개의 모니터들은 동일한 정보를 동시에 디스플레이할 수 있는데, 이 경우, 한번에 단지 하나의 모니터 만이 입력을 받아들이도록 구성된다. 특정 스크린 또는 기능을 선택하기 위해, 작업자는 손가락 또는 마우스로 디스플레이 스크린 상의 지정된 영역을 터치한다. 터치된 영역은 자신의 하이라이트된 색을 변화시키거나, 새로운 메뉴 또는 스크린이 디스플레이되어, 작업자의 선택을 확인한다.

[0050] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "기판"은 그 위에 층들이 형성되거나 형성되지 않은 지지 기판일 수 있다. 패터닝된 기판은 절연체이거나, 다양한 도핑 농도들과 프로파일들의 반도체일 수 있으며, 예를 들어, 집적 회로들의 제조에 사용되는 타입의 반도체 기판일 수 있다. 패터닝된 기판의 노출된 "실리콘 산화물"은 주로 SiO_2이지만, 질소, 수소, 탄소 등과 같은 다른 원소 성분들의 농도들을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 본 명세서에 개시된 방법들을 사용하여 식각되는 실리콘 산화물 필름들은 본질적으로 실리콘과 산소로 이루어진다. 용어 "전구체"는 표면으로부터 물질을 제거하거나 표면에 물질을 증착하기 위해 반응에 참여하는 임의의 프로세스 가스를 나타내기 위해 사용된다. "플라즈마 배출물들"은 챔버 플라즈마 영역으로부터 빠져나와 기판 프로세싱 영역에 들어가는 가스를 설명한다. 플라즈마 배출물들은, 가스 분자들 중 적어도 일부가 진동 여기되거나, 분

해되거나 및/또는 이온화된 상태인 "여기된 상태"에 있다. "라디칼 전구체"는 표면으로부터 물질을 제거하거나 표면에 물질을 증착하기 위해 반응에 참여하는 플라즈마 배출물들(플라즈마를 빠져나가는 여기된 상태의 가스)을 설명하는데 사용된다. "라디칼-불소 전구체"는 불소를 함유하는 라디칼 전구체이지만, 다른 원소 성분들을 함유할 수 있다. "비활성 가스"의 문구(phrase)는, 필름을 식각하거나 필름 내에 포함될 때 화학적 결합들을 형성하지 않는 임의의 가스를 나타낸다. 예시적인 비활성 가스들은 영족 기체(noble gas)들을 포함하지만, (전형적으로) 소량(trace amounts)이 필름에 혼입될(trapped) 때 화학적 결합들이 형성되지 않는 한 다른 가스들을 포함할 수 있다.

[0051] 용어들 "갭"과 "트렌치"는 식각되는 기하구조가 큰 수평적 종횡비를 갖는다는 암시 없이 전체적으로 사용되었다. 표면 위에서 봤을 때, 트렌치들은 원형, 타원형, 다각형, 직사각형, 또는 다양한 다른 형상들을 나타낼 수 있다. 트렌치는 물질의 섬(island) 주위에 해자(moat) 형상(예를 들어, 실질적으로 원통형의 TiN 필러(pillar))일 수 있다. 용어 "비아(via)"는 수직의 전기적인 연결을 형성하기 위해 금속으로 충진되거나 또는 충진되지 않을 수 있는 (위에서 봤을 때) 낮은 종횡비 트렌치를 나타내기 위해 사용되었다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 컨포멀한(conformal) 식각 프로세스는 표면과 동일한 형상으로 표면 상의 물질을 대체로 균일하게 제거하는 것을 나타내고, 즉, 식각된 층의 표면과 식각전 표면이 대체로 평행하다. 당업자라면, 식각된 인터페이스가 100% 컨포멀할 수는 없으므로, 용어 "대체로"는 허용가능한 공차들을 허용한다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

[0052] 몇몇 실시예들을 개시하였지만, 개시된 실시예들의 사상을 벗어나지 않으면서 다양한 변형들, 대안적 구성들, 및 등가물들이 이용될 수 있다는 것을 당업자들은 인식할 것이다. 아울러, 본 발명이 불필요하게 불명료해지는 것을 방지하기 위해서, 많은 주지의 프로세스들 및 엘리먼트들은 설명하지 않았다. 따라서, 상기 설명은 본 발명의 범주를 제한하는 것으로 간주되어서는 안된다.

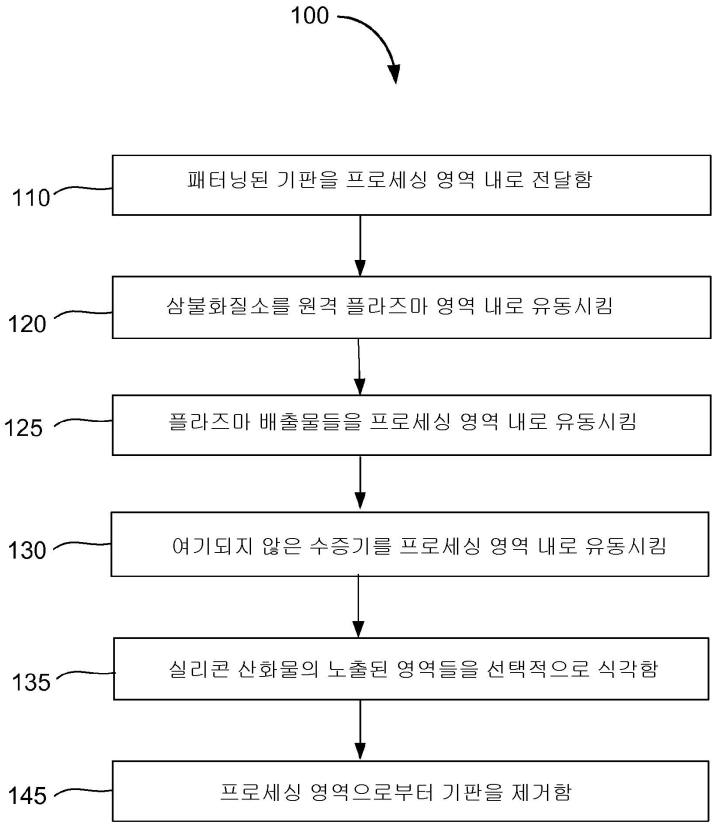
[0053] 수치 범위가 주어진 경우, 그러한 수치 범위의 상한들과 하한들 사이에 존재하는 각각의 값은, 문맥상 달리 명백히 표시되어 있지 않는 한 하한의 단위의 소수점 이하 추가 한 자리까지 또한 구체적으로 기재된 것으로 해석된다. 명시된 범위 내의 임의의 명시된 값 또는 그 범위에 속하는 값과 그러한 명시된 범위내의 임의의 다른 명시된 값 또는 그 범위에 속하는 다른 값 사이에 존재하는 각각의 소범위가 본 발명에 포함된다. 이러한 소범위의 상한들과 하한들은 독립적으로 그러한 범위에 포함되거나 그러한 범위에서 제외될 수 있고, 각각의 범위는, 상한과 하한 중 하나 또는 둘 모두가 그러한 소범위에 포함되든지 그러한 소범위에서 제외되든지 간에, 임의의 한계값이 명시된 범위에서 구체적으로 제외된 것이 아닌 한, 또한 본 발명에 포함된다. 명시된 범위가 한계값들 중 하나 또는 둘 모두를 포함하는 경우, 그렇게 포함된 한계값들 중 하나 또는 둘 모두를 제외한 범위들이 또한 본 발명에 포함된다.

[0054] 본 명세서 및 첨부되는 청구항들에서 사용되는 바와 같이, 단수 형태들 "a" "an" 및 "the"는 문맥상 명백히 달리 지시되지 않는 한, 복수의 지시대상들을 포함한다. 따라서, 예를 들어, "프로세스(a process)"라는 언급은 복수의 이러한 프로세스들을 포함하며, "유전체 물질(the dielectric material)"이라는 언급은 당업자에게 알려진 하나 또는 그 초과의 유전체 물질들 및 그 등가물들에 대한 언급을 포함하며, 기타의 경우도 유사하다.

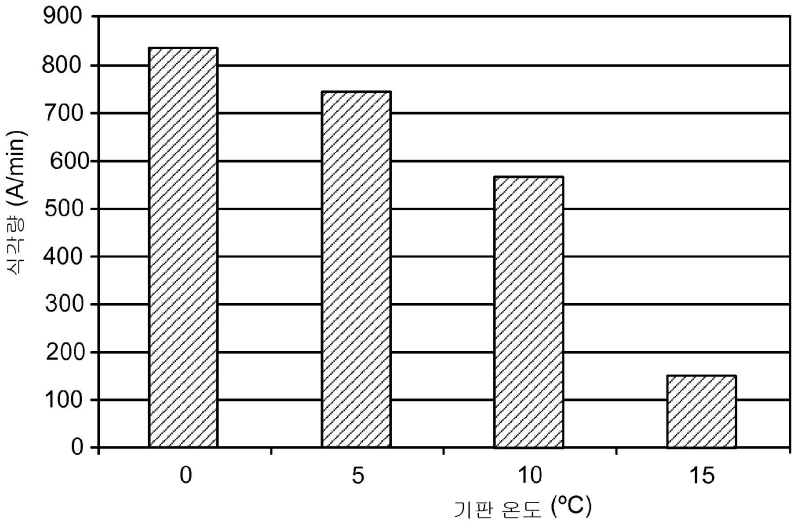
[0055] 또한, "포함하다(comprise)", "포함하는(comprising)", "구비하다(include)", "구비하는(including)", 및 "구비하다(includes)"라는 단어들은, 본 명세서 및 다음의 청구항들에서 사용되는 경우에, 명시된 특징들, 정수들, 구성요소들, 또는 단계들의 존재를 특정하도록 의도되지만, 이들이 하나 또는 그 초과의 다른 특징들, 정수들, 구성요소들, 단계들, 동작들, 또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것은 아니다.

도면

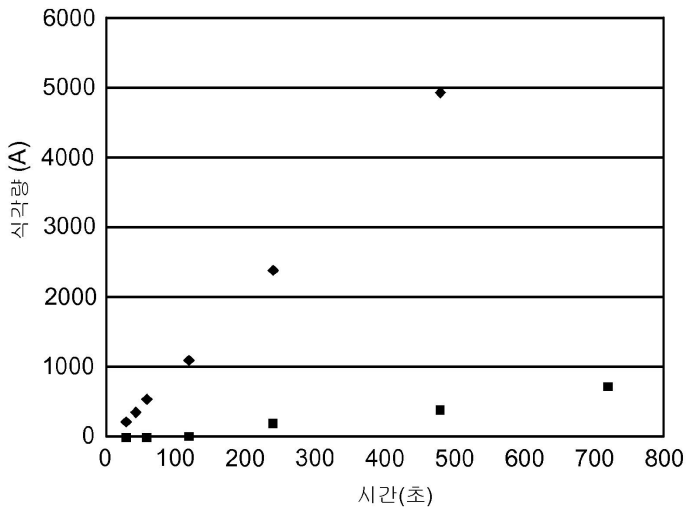
도면1


100
110
패터닝된 기판을 프로세싱 영역 내로 전달함
120
삼불화질소를 원격 플라즈마 영역 내로 유동시킴
125
플라즈마 배출물들을 프로세싱 영역 내로 유동시킴
130
여기되지 않은 수증기를 프로세싱 영역 내로 유동시킴
135
실리콘 산화물의 노출된 영역들을 선택적으로 식각함
145
프로세싱 영역으로부터 기판을 제거함

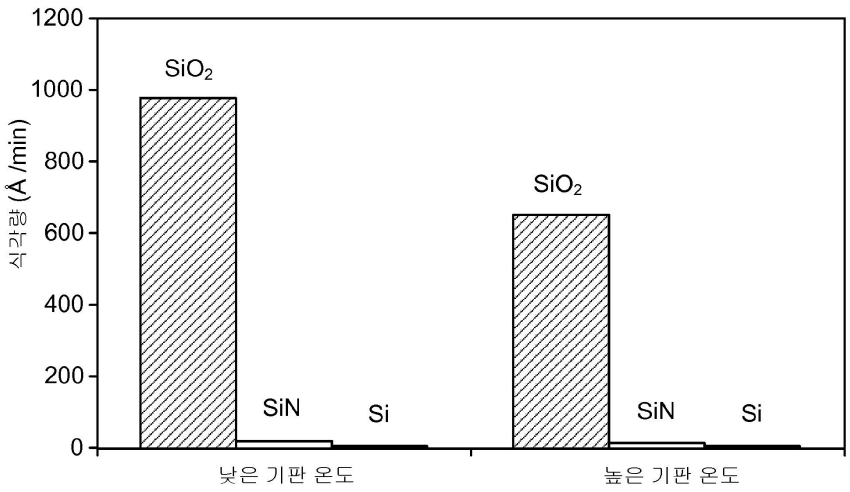
도면2a


900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
식각량 (A/min)
0
5
10
15
기판 온도 (℃)

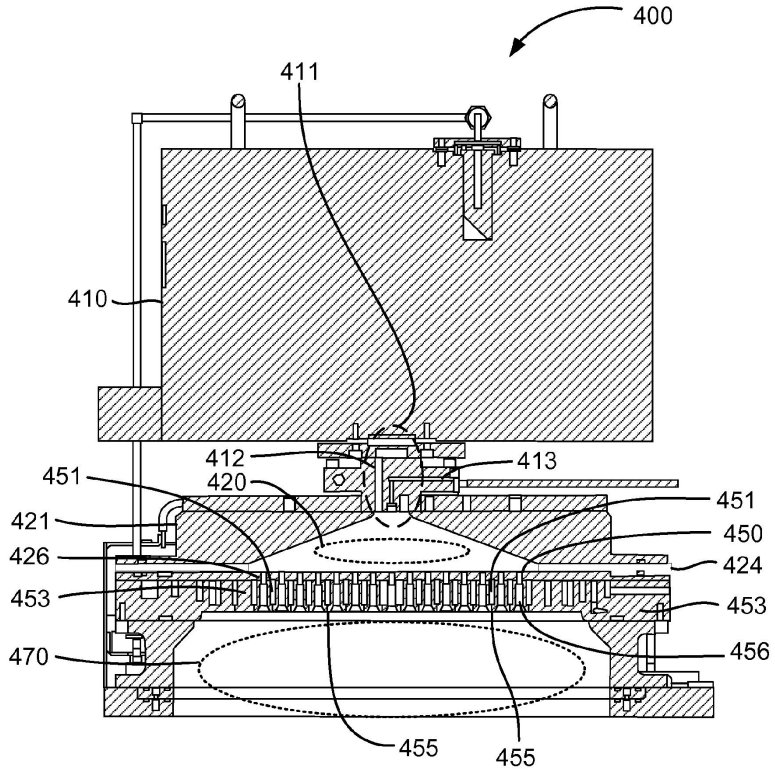
도면2b


6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
식각량 (A)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
시간(초)

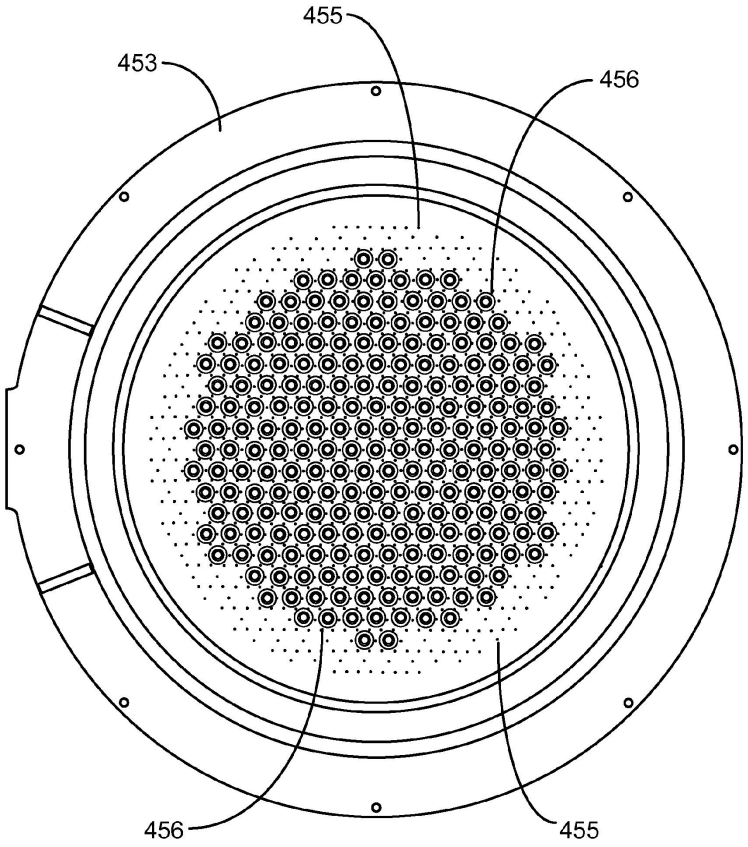
도면3


1200
1000
800
600
400
200
0
식각량 (Å /min)
SiO2
SiN
Si
SiO2
SiN
Si
낮은 기판 온도
높은 기판 온도

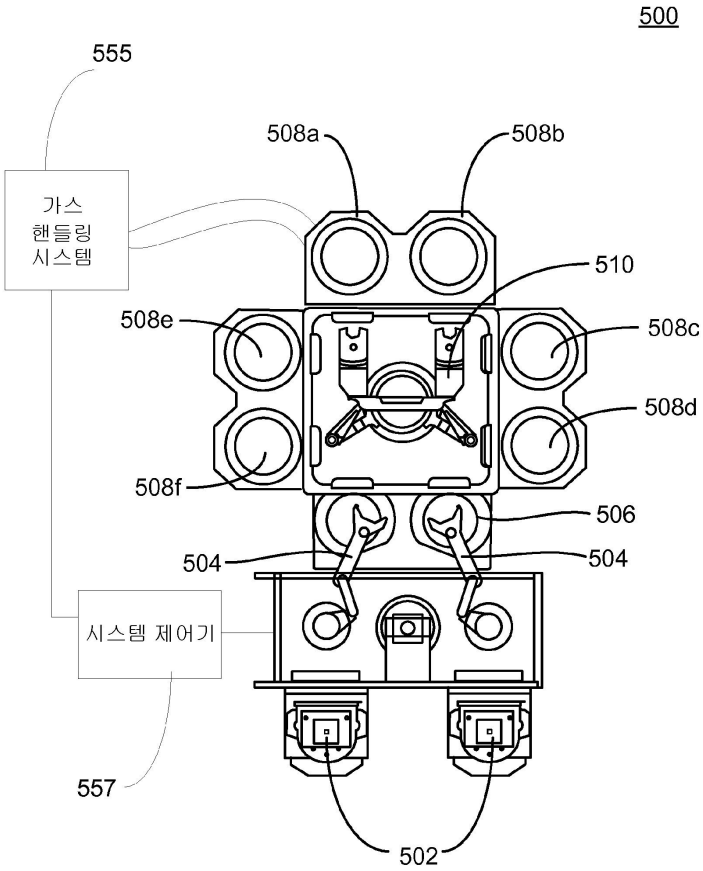
도면4a


400
411
410
412
413
451
420
451
421
450
426
424
453
453
470
456
455
455

도면4b


455
453
456
456
455

도면5


500
555
508a
508b
가스
핸들링
시스템
510
508e
508c
508d
508f
506
504
504
시스템 제어기
557
502