



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월28일
 (11) 등록번호 10-1216358
 (24) 등록일자 2012년12월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/205 (2006.01) *H01L 21/31* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2008-0088144
 (22) 출원일자 2008년09월08일
 심사청구일자 2008년09월08일
 (65) 공개번호 10-2009-0026107
 (43) 공개일자 2009년03월11일
 (30) 우선권주장
 12/204,523 2008년09월04일 미국(US)
 60/970,884 2007년09월07일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100689826 B1*
 US20040245091 A1*
 US20050124166 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
 미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
 (72) 발명자
왕, 안추안
 미국 94086 캘리포니아 쉐니베일 웨스트 올리브 애브뉴 1154 아파트먼트 104
이, 영 에스.
 미국 95120 캘리포니아 샌어제이 비아 코르티나 1714
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 12 항

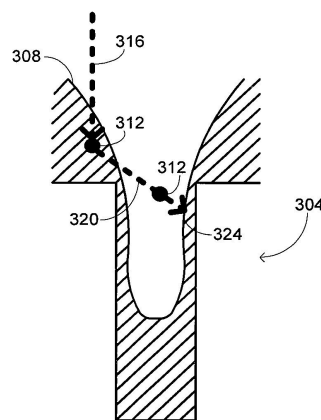
심사관 : 김한수

(54) 발명의 명칭 **HDP-CVD DEP/ETCH/DEP 프로세스들에서의 불순물 제어**

(57) 요약

기판 처리 챔버에 배치되는 기판상에 실리콘 산화물막을 증착시키는 방법이 개시된다. 기판은 인접한 상승된 표면들 사이에 형성된 갭을 갖는다. 실리콘 산화물막의 제1 부분이 고밀도 플라즈마 프로세스를 사용하여 갭 내에 기판 위에 증착된다. 그 후 실리콘 산화물막의 증착된 제1 부분의 일부분이 에치백(etch back)된다. 에치백시키는 단계는, 할로젠 프리커서 소스로부터 기판 처리 챔버로 제1 도관을 통해 할로젠 프리커서를 유동하는 단계, 할로젠 프리커서로부터 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계, 및 상기 부분이 에치백된 이후에 할로젠 프리커서의 유동을 종결하는 단계를 포함한다. 그 후, 기판 처리 챔버에서 잔여 할로젠과 반응하도록 기판 처리 챔버에 할로젠 스카벤저(scavenger)가 흘러보내진다. 그 후, 고밀도 플라즈마 프로세스를 사용하여 갭 내에 실리콘 산화물막의 제1 부분 위에 실리콘 산화물막의 제2 부분이 증착된다.

대표도 - 도3a



(72) 발명자

벨라이갈, 마노즈

미국 94085 캘리포니아 씨니베일 #127 산타페 테라스 250

블로킹, 자슨 토마스

미국 94043 캘리포니아 마운틴 뷰 노쓰 쇼어라인 블러바드 750 아파트먼트 104

전, 진 호

미국 94582 캘리포니아 산 라몬 바로싸 드라이브 1824

문계갈, 헤만트 피

미국 95008 캘리포니아 캠프벨 아드레이 애브뉴 1190

특허청구의 범위

청구항 1

기관 처리 챔버에 배치되며 인접한 상승된 표면들 사이에 형성된 갭을 가지는 기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법으로서,

고밀도 플라즈마 프로세스를 사용하여 상기 기관 위에 그리고 상기 갭 내부에 상기 실리콘 산화물막의 제 1 부분을 증착하는 단계 ? 상기 제 1 부분을 증착하는 단계는,

프리커서 가스들을 상기 기관 처리 챔버 내에 유동하는 단계;

상기 프리커서 가스들로부터 제 1 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계; 및

상기 실리콘 산화물막의 상기 제 1 부분이 증착된 이후에 상기 프리커서 가스들의 유동을 종결하는 단계를 포함함 ?;

상기 실리콘 산화물막의 상기 제 1 부분을 증착한 후, 상기 실리콘 산화물막의 증착된 제 1 부분의 두께를 감소시키기 위해 상기 실리콘 산화물막의 상기 증착된 제 1 부분의 일부분을 에치백(etch back)하는 단계 ? 상기 일부분을 에치백하는 단계는,

할로젠 프리커서 소스로부터 상기 기관 처리 챔버로 제 1 도관을 통해 할로젠 프리커서를 유동하는 (flowing) 단계;

상기 실리콘 산화물막의 상기 증착된 제 1 부분의 일부분을 에치백하는 동안, 85,000 내지 140,000 W/m²의 전력 밀도를 상기 기관 상에 제공하는 소스 무선 주파수 전력을 상기 기관 처리 챔버 내에 유도성으로 결합함으로써 상기 할로젠 프리커서로부터 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계; 및

상기 일부분이 에치백된 이후에 상기 할로젠 프리커서의 유동을 종결하는 단계를 포함함 ?;

상기 실리콘 산화물막의 상기 증착된 제 1 부분의 일부분을 에치백한 후, 상기 기관 처리 챔버의 잔여 할로젠과 반응하도록 상기 기관 처리 챔버에 할로젠 스카벤저(scavenger)를 유동하는 단계; 및

상기 할로젠 스카벤저를 유동한 후, 고밀도 플라즈마 프로세스를 사용하여 상기 실리콘 산화물막의 상기 제 1 부분 위에 그리고 상기 갭 내부에 상기 실리콘 산화물막의 제 2 부분을 증착하는 단계

를 포함하는 기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 할로젠 프리커서는 불소 프리커서를 포함하고, 상기 할로젠 스카벤저는 O₂를 포함하는,

기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 할로젠 프리커서와 비반응성인 제 1 가스의 흐름으로 상기 제 1 도관을 플러싱(flushing)하는 단계를 더 포함하는,

기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 할로젠 프리커서와 비반응성인 상기 제 1 가스는 Ar을 포함하는,

기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,
 상기 할로겐 프리커서와 비반응성인 상기 제 1 가스는 He를 포함하는,
 기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 6

제 3 항에 있어서,
 상기 제 1 도관과 상이한 제 2 도관을 통해 상기 기관 처리 챔버로 상기 할로겐 프리커서와 비반응성인 제 2 가스를 유동하는 단계를 더 포함하는,
 기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
 상기 할로겐 프리커서와 비반응성인 상기 제 2 가스는 He를 포함하는,
 기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
 상기 프리커서 가스들을 상기 기관 처리 챔버 내에 유동하는 단계는,
 상기 기관 처리 챔버로 실리콘-함유 가스를 유동하는 단계;
 상기 기관 처리 챔버로 산소-함유 가스를 유동하는 단계; 및
 상기 기관 처리 챔버로 유동성(fluent) 가스를 유동하는 단계를 포함하는,
 기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
 상기 실리콘-함유 가스는 SiH_4 를 포함하고, 상기 산소-함유 가스는 O_2 를 포함하는,
 기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

제 1 항에 있어서,
 상기 소스 무선 주파수 전력은 상기 기관 처리 챔버의 최상부에 그리고 상기 기관 처리 챔버의 측면에 배치된 소스들에 의하여 제공되고,
 상기 기관 처리 챔버의 측면에 배치된 상기 소스에 의해 제공된 전력은 상기 기관 처리 챔버의 최상부에 배치된 상기 소스에 의해 제공된 전력보다 더 큰,
 기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 기관 처리 챔버의 측면에 배치된 상기 소스에 의해 제공된 전력은 상기 기관 처리 챔버의 최상부에 배치된 상기 소스에 의해 제공된 전력의 적어도 3배인,

기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 실리콘 산화물막의 상기 제 2 부분을 증착한 후, 상기 실리콘 산화물막의 상기 증착된 제 2 부분의 일부분을 에치백하는 단계 ? 상기 일부분을 에치백하는 단계는,

상기 할로젠 프리커서 소스로부터 상기 기관 처리 챔버로 상기 제 1 도관을 통해 할로젠 프리커서를 유동하는 단계;

상기 할로젠 프리커서로부터 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계; 및

상기 일부분이 에치백된 이후에 상기 할로젠 프리커서의 유동을 종결하는 단계를 포함함 ?;

상기 실리콘 산화물막의 상기 증착된 제 2 부분의 일부분을 에치백한 후, 상기 기관 처리 챔버의 잔여 할로젠과 반응하도록 상기 기관 처리 챔버로 상기 할로젠 스카벤저를 유동하는 단계; 및

상기 할로젠 스카벤저를 유동한 후, 고밀도 플라즈마 프로세스를 사용하여 상기 실리콘 산화물막의 상기 제 2 부분 위에 그리고 상기 갭 내에 상기 실리콘 산화물막의 제 3 부분을 증착하는 단계를 더 포함하는,

기관 상에 실리콘 산화물막을 증착하는 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 "통합된 프로세스 모듈레이션"이란 명칭으로 앤차우안 왕 등에 의해 2007년 9월 7일자로 출원된 정규 출원인 미국 출원 No. 60/970,884호의 장점을 청구하며, 이는 본 명세서에서 참조된다.

[0002] 또한 본 출원은 "HDP-CVD 통합 프로세스 모듈레이션 SiO₂ 프로세스의 갭충진 연장"이란 명칭으로 앤차우안 왕 등에 의해 2007년 6월 4일 출원된 미국 특허 출원 No. 11/757,637호 및 "HDP-CVD DEP/ETCH/DEP 프로세스에서 불순물 제어"란 명칭으로 앤차우안 왕 등에 의해 공동으로 출원되고 공동으로 양도된 미국 특허 출원 No. ___/___, ___호와 관련되며, 이들은 본 명세서에서 참조된다.

배경 기술

[0003] 반도체 기술의 개발에 있어 지속적으로 직면하게 되는 문제점중 하나는 회로 소자들의 밀도 및 회로 소자들 간에 위조 상호작용을 도입하지 않고 기관 상에 상호접속부들을 증가시키는 것이 요구된다는 것이다. 통상적으로 원치않는 상호접속부들은 소자들을 물리적으로 그리고 전기적으로 모두 절연시키기 위해 전기적으로 절연성인 물질로 충전되는 갭들 또는 트랜치들을 제공함으로써 방지된다. 그러나, 회로 밀도가 증가함에 따라, 이들 갭들 간의 폭들은 감소되어, 이들의 종횡비가 증가되어 보이드를 남기지 않고 갭들을 충전시키는 것이 보다 어려워졌다. 갭이 완전히 충전되지 않는 경우 보이드의 형성은 바람직하지 못하며, 이는 이를 테면 절연성 물질 내에서 불순물들이 포획됨으로써, 완성된 디바이스의 동작에 악영향을 미칠 수 있기 때문이다.

[0004] 이러한 갭충진에 사용되는 공통 기술들로는 화학적 기상 증착("CVD") 기술들이 있다. 종래의 열적 CVD 프로세스들은 원하는 막이 생성되도록 열-유도 화학 반응들이 발생하는 기관 표면에 반응성 가스들을 공급한다. 플라즈마-강화 CVD("PECVD") 기술들은 플라즈마가 생성되도록 기관 표면 부근의 반응 영역에 무선주파수("RF") 에너지를 인가함으로써 반응 가스들의 여기 및/또는 분해를 조장한다. 플라즈마에서 종들(species)의 높은 반응도는 화학 반응이 일어나도록 하는데 요구되는 에너지를 감소시켜, 종래의 열적 CVD 프로세스들과 비교할 때 이러한 CVD 프로세스들에 대해 요구되는 온도는 낮다. 이들 장점은 플라즈마 종들이 보다 균일하게 반응하도록 낮은 진공 압력에서 조밀한 플라즈마를 형성하는 고밀도 플라즈마("HDP") CVD 기술들에 의해서도 이용될 수 있다. 이들 기술들 각각은 포괄적인 "CVD" 기술들 하에 광범위하게 분류되는 반면, 이들 각각은 일정한 특정 분야에

대해 보다 많이 또는 보다 덜 적합하게 하는 특성을 갖는다.

[0005] HDP-CVD 시스템은 표준 용량성 결합된 플라즈마 CVD 시스템 보다 적어도 대략 100배(two orders of magnitude) 더 큰 플라즈마를 형성한다. HDP-CVD 시스템의 예들로는 특히 유도성으로 결합된 플라즈마 시스템 및 ECR 플라즈마 시스템들이 포함된다. HDP-CVD 시스템들은 일반적으로 저밀도 플라즈마 시스템 보다 낮은 압력 범위에서 동작한다. HDP-CVD 시스템에서 이용되는 낮은 챔버 압력은 긴 평균-자유거리 및 감소된 각 분포를 갖는 활성 종들을 제공한다. 플라즈마 밀도와 조합하여 이들 팩터들은 근접하게 이격된 깎들의 가장깊은 부분들에도 도달하는 플라즈마로부터 상당수의 구성물에 기여하여, 저밀도 플라즈마 CVD 시스템에서 증착되는 막들과 비교할 때 개선된 깎충진 능력들을 갖는 막을 제공한다.

[0006] HDP-CVD 기술들에 의해 증착된 막들이 개선된 깎충진 특성들을 갖도록 하는 또 다른 요인은 막 증착과 동시에, 고밀도 플라즈마에 의한 스퍼터링의 조장에 있다. 이러한 HDP 증착 프로세스들의 스퍼터링 컴포넌트는 상수된 표면의 코너와 같은 특정 피쳐들 상에서의 증착을 늦춰, HDP 증착된 막들의 깎충진 능력 증가에 기여한다. 일부 HDP-CVD 시스템들은 스퍼터링 효과를 보다 조장하기 위해 아르곤 또는 유사한 중량의 불활성 가스를 도입시킨다. 이러한 HDP-CVD 시스템들은 통상적으로 기판 지지 페데스털 내에 기판을 향해 플라즈마를 바이어스시키기 위해 전기장을 생성할 수 있는 전극을 이용한다. 전기장은 스퍼터링을 보다더 조장하고 주어진 막에 대한 보다 나은 깎충진 특성을 제공하기 위해 HDP 증착 프로세스 동안 적용될 수 있다.

[0007] 동시적 증착/스퍼터링 특성 때문에, 초기에는 HDP-CVD 프로세스들은 거의 모든 분야에서 생성되는 깎들 또는 트렌치들을 충진할 수 있다고 생각되었다. 그러나, 반도체 제조자들은 HDP-CVD 프로세스들이 충진할 수 있는 깎들의 종횡비에 대해 실제 제한이 있다는 것을 밝혀냈다. 예를 들면, 실리콘 깎충진 막을 증착하기 위해 통상적으로 이용되는 HDP-CVD 프로세스는 실란(SiH_4), 분자형 산소(O_2) 및 아르곤(Ar)을 포함하는 프로세스 가스로부터 플라즈마를 형성한다. 이러한 프로세스가 소정의 폭이 좁은 고종횡비 깎들을 충진시키는데 이용될 때, 프로세스 가스에서 아르곤에 의해 야기되는 스퍼터링은 깎충진 작용을 방해할 수 있다고 보고되었다. 특히, 프로세스에서 아르곤에 의해 스퍼터링된 물질은 하부 부분 보다 빠른 속도로 충진되는 깎들의 측벽들의 상부 부분들 상에 재증착된다고 보고되었다. 결국, 이는 깎이 완전히 충진되기 이전에 상부 영역 재성장이 합류될 경우 깎에서 보이드가 형성되게 할 수 있다.

[0008] 도 1은 일부 CVD 프로세스와 연관된 잠재적 깎충진 제한을 나타내기 위해 상이한 증착 스테이지들에서 실리콘 산화물막의 개략적 단면도들을 제공한다. 문제점을 보다 잘 나타내기 위해 깎충진 문제는 다소 확대된 형태로 도시된다. 도 1의 상부 부분은 초기 구조물(104)을 나타내며, 깎(120)은 수평 표면(122)을 갖는 2개의 인접한 피쳐들(124, 128)에 의해 형성되며, 깎의 바닥부에서 수평 표면은 132로 도시된다. 구조물(108)에 도시된 것처럼, 즉, 위에서부터 도면의 제 2 부분에 도시된 것처럼, 종래의 HDP-CVD 실리콘 산화물 증착 프로세스들은 깎(120)의 바닥부에서 수평 표면(132) 상에 그리고 피쳐들(124, 128) 위에서 수평 표면(122) 상의 직접적 증착이 이루어진다. 그러나, 성장함에 따라 실리콘 산화물막으로부터 스퍼터링되는 물질의 재결합으로 인해, 깎(120)의 측벽들(140) 상에서의 비간접 증착("재증착"이라 불림)도 이루어진다. 소정의 작은폭, 고종횡비 분야들에서, 실리콘 산화물막의 지속된 성장은 측벽(140)의 상부 섹션 상에 막이 측벽의 하부 부분에 측방으로 성장하는 속도를 초과하는 성장 속도로 서로를 향해 성장하는 형성물(136)을 생성한다. 이러한 성장이 구조물(108, 112)에 도시되며, 구조물(116)에서 최종 결과로 막 내부에는 보이드(144)가 형성된다. 보이드 형성 가능성은 재증착 속도 및 특성과 상당히 직접적으로 관련된다.

[0009] 따라서, 기술상 깎충진 기술을 개선할 필요성이 요구되고 있다.

발명의 내용

[0010] 본 발명의 실시예들은 기판 처리 챔버에 배치되는 기판상에 실리콘 산화물막을 증착시키는 방법을 제공한다. 기판은 인접한 상승된 표면들 사이에 형성된 깎을 갖는다. 실리콘 산화물막의 제1 부분이 고밀도 플라즈마 프로세스를 사용하여 깎 내에 기판 위에 증착된다. 그 후 실리콘 산화물막의 증착된 제1 부분의 일부분이 에치백(etch back)된다. 에치백시키는 단계는, 할로젠 프리커서 소스로부터 기판 처리 챔버로 제1 도관을 통해 할로젠 프리커서를 유동하는 단계, 할로젠 프리커서로부터 고밀도 플라즈마를 형성하는 단계, 및 상기 부분이 에치백된 이후에 할로젠 프리커서의 유동을 종결하는 단계를 포함한다. 그 후, 기판 처리 챔버에서 잔여 할로젠과 반응하도록 기판 처리 챔버에 할로젠 스카벤저(scavenger)가 흘러보내진다. 그 후, 고밀도 플라즈마 프로세스를 사용하여 깎 내에 실리콘 산화물막의 제1 부분 위에 실리콘 산화물막의 제2 부분이 증착된다.

[0011] 할로젠 프리커서는 불소 프리커서를 포함하고, 할로젠 스카벤저는 O_2 를 포함할 수 있다. 제1 도관은 또한 Ar

또는 He와 같은 할로겐 프리커서와 비반응성인 가스의 흐름으로 플라싱될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, He와 같은 할로겐 프리커서와 비반응성인 제2 가스가 제1 도관과 상이한 기관 처리 챔버로 제2 도관을 통해 흘러보내 진다.

[0012] 상기 실리콘 산화물막의 제1 부분은 기관 처리 챔버로 실리콘-함유 가스, 산소-함유 가스, 및 유동성(fluent) 가스를 유동하는 단계에 의하여 증착될 수 있다. 제1 고밀도 플라즈마는 실리콘-함유 가스, 산소-함유 가스, 및 변량 가스로부터 형성된다. 실리콘 산화물막의 제1 부분은 900 내지 6000 Å/min의 증착율에서 20을 초과하는 증착/스퍼터링 비율로 제1 고밀도 플라즈마를 사용하여 증착된다. 증착/스퍼터링 비율은 상기 블랭킷(blanket) 스퍼터링 비율은 순수(net) 증착율 및 블랭킷 스퍼터링율 대 블랭킷 스퍼터링율의 비율로서 정의된다. 실리콘-함유 가스는 SiH₄를 포함할 수 있고, 산소-함유 가스는 O₂를 포함할 수 있다.

[0013] 할로겐 프리커서로부터 형성된 고밀도 플라즈마는, 소스 무선 주파수 전력을 기관 처리 챔버로 유도성으로 결합하는 단계에 의하여 형성되며, 소스 무선 주파수 전력은 85,000 내지 140,000 W/m²의 기관상의 전력 밀도를 제공한다. 소스 무선-주파수 전력은 기관 처리 챔버의 최상부에 그리고 기관 처리 챔버의 측면에 배치된 소스들에 의하여 제공될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 기관 처리 챔버의 측면에 배치된 소스에 의해 제공된 전력은 기관 처리 챔버의 최상부에 배치된 소스에 의해 제공된 전력보다 클 수 있다. 일실시예에서 기관 처리 챔버의 측면에 배치된 소스에 의해 제공된 전력은 기관 처리 챔버의 최상부에 배치된 소스에 의해 제공된 전력의 적어도 3배이다.

[0014] 본 발명의 원리 및 장점들에 대한 추가의 이해는 상세한 설명 및 도면들의 나머지 부분들을 참조로 하여 이루어질 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명의 실시예들은 고밀도 플라즈마 CVD 프로세스를 이용하여 기관의 표면에서 갭을 충전시키기 위해 실리콘 산화물층을 증착하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 기술들에 따라 증착된 막들은 뛰어난 갭충진 능력들을 가지며 예를 들어, 얇은-트렌치-절연("STI") 구조물에서 나타나는 갭들을 충전시킬 수 있다. 따라서, 본 발명의 방법들에 의해 증착된 막들은 45nm정도 또는 이보다 작은 피처 크기를 갖는 다양한 집적회로 제조에 이용될 수 있다. 본 방법의 일부는 증착된 막들로 통합되는 불순물들의 제어에 도움이 된다.

[0016] 본 발명의 실시예들에 따라 충전될 수 있는 구조물의 형태가 도 2에 도시되었으며, 이는 부분적으로 완성된 집적회로(200)의 개략적 단면도를 제공한다. 이러한 집적회로는 다수의 STI 구조물들을 포함하는 기관(204) 상에 형성되며, 이들 각각은 통상적으로 기관(204)의 표면 위에 얇은 패드 산화물층(220)을 형성한 다음 패드 산화물층(220) 위에 실리콘 질화물층(216)을 형성함으로써 생성된다. 다음 질화물 및 산화물층들은 표준 포토리소그래피 기술들을 사용하여 패터닝되고 트렌치들(224)은 기관(204)속으로 질화물/산화물 스택을 통해 예칭된다. 도 2는 트랜지스터들 또는 다른 활성 디바이스들과 비교적 조밀하게 패키징된 영역(208)을 포함할 수 있고 상대적으로 절연된 개방 영역(212)을 포함할 수 있다. 개방 영역(212)에서 활성 디바이스들은 조밀하게 패키징된 영역(208)에서의 간격 보다 더 큰 크기만큼 서로 이격될 수 있으나, 본 명세서에서 사용되는 "개방 영역(open area)"은 "조밀한 영역(dense area)"에서의 갭 폭의 적어도 5배의 폭을 갖는 갭이 있는 영역으로 간주된다.

[0017] 본 발명의 실시예들은 양호한 갭충진 특성을 갖는 증착 프로세스를 이용하여 실리콘 이산화물과 같은 전기적 절연 물질로 트렌치들(224)을 충전하는 방법을 제공한다. 일부 경우에서, 갭충진 프로세스 이전에, 인시튜 스텝 생성("ISSG") 또는 다른 열산화물층, 또는 실리콘 질화물층으로서 기관 상에 초기 라이닝층이 증착된다. 트렌치들(224)의 충전시키기 이전에 이러한 라이너 증착에 따른 장점중 하나는 적절한 코너 라운딩을 제공한다는 것이며, 이로 인해 형성되는 트랜지스터들에서 조기(early) 게이트 브레이크다운과 같은 것이 방지될 수 있다.

[0018] 본 명세서에서 사용되는 것처럼, 고밀도 플라즈마 프로세스는 플라즈마 CVD 프로세스로, 동시적인 증착 및 스퍼터링 컴포넌트들을 포함하며 10¹¹ ions/cm³ 정도의 이온 밀도를 갖는 플라즈마를 이용한다. 고밀도 플라즈마의 조합된 증착 및 스퍼터링 특성의 상대적 레벨들은 가스 혼합물들을 제공하는데 이용되는 유량들, 플라즈마를 유지하기 위해 인가되는 소스 전력 레벨들, 기관에 인가되는 바이어스 전력들 등과 같은 요인들과 관련된다. 이러한 요인들의 조합은 "증착/스퍼터 비율"로 편의상 한정되며, 때로 프로세스를 특정 지우도록 D/S로 표시된다 :

$$\frac{D}{S} \equiv \frac{(\text{순수증착속도})+(\text{블랭킷스퍼터링속도})}{(\text{블랭킷스퍼터링속도})}$$

[0019]

[0020]

증착/스퍼터링 비율은 증착 증가에 따라 증가되며 스퍼터링 증가에 따라 감소된다. D/S의 정의에서 사용되는 것처럼, "순수 증착 속도(net deposition rate)"은 증착 및 스퍼터링이 동시에 이루어질 경우 측정된 증착 속도로 간주된다. "블랭킷 스퍼터링 속도(blanket sputtering rate)"은 증착 가스들 없이 프로세스 레시피가 수행될 때 측정된 스퍼터링 속도이다; 프로세스 챔버내에서의 압력은 증착 동안 압력으로 조절되며 스퍼터링 속도는 블랭킷 열적 산화물 상에서 측정된다.

[0021]

다른 등가적 측정치는 당업자들에게 공지된 바와 같이, HDP 프로세스의 상대적 증착 및 스퍼터링 기여도를 한정 하는데 이용될 수 있다. 일반적 선택 비율로는 "예칭/증착 비율"이 있고,

$$\frac{E}{D} \equiv \frac{(\text{소스-온리증착속도})-(\text{순수증착속도})}{(\text{소스-온리증착속도})}$$

[0022]

이며,

[0023]

이는 스퍼터링 증가에 따라 증가하며 증착 증가에 따라 감소된다. E/D의 정의에서 이용되는 것처럼, "순수 증착 속도(net deposition rate)"는 증착 및 스퍼터링이 동시에 발생할 때 측정된 증착 속도로 간주된다. 그러나 "소스-온리 증착 속도(source-only deposition rate)"는 스퍼터링 없이 프로세스 레시피가 수행될 때 측정된 증착 속도로 간주된다. 본 발명의 실시예들은 D/S 비율들과 관련하여 개시된다. D/S 및 E/D는 정확히 상관되는 것은 아니지만, 이들은 반비례관계에 있으며 이들 간의 전환을 당업자들은 이해할 수 있을 것이다.

[0024]

HDP-CVD 프로세스들에서 주어진 단계에 대해 요구되는 D/S 비율들은 일반적으로, 프리커서 가스들의 흐름들, 소정의 경우, 스퍼터링제(sputtering agent)로 작용할 수 있는 유동성 가스(fluent gas)의 흐름을 포함시킴으로써 달성된다. 프리커서 가스들에 의해 포함되는 원소들은 원하는 조성을 갖는 막이 형성되도록 반응한다. 예를 들어, 실리콘 산화물막을 증착하기 위해, 프리커서 가스들은 실란(SiH₄)과 같은 실리콘-함유 가스 및 분자형 산소(O₂)와 같은 산화 가스 반응제를 포함할 수 있다. 도펀트들은 원하는 도펀트를 갖는 프리커서 가스를 포함시킴으로써, 이를 테면 막을 불소화시키기(fluorinate) 위해 SiF₄의 흐름을 포함시키고, 막을 인화시키기(phosphorate) 위해 PH₃의 흐름을 포함시키고, 막을 붕소화시키기(boronate)위해 B₂H₆의 흐름을 포함시키고, 막을 질소화시키기(nitrogenate) 위해 N₂를 포함시키고, 이와 유사하게 함으로써 막에 첨가될 수 있다. 유동성 가스는 H₂의 흐름과 함께 또는 He의 흐름, 또는 Ne, Ar 또는 Xe와 같은 중량의 불활성 가스의 흐름을 포함하는 불활성 가스의 흐름과 함께 제공될 수 있다. 상이한 유동성 가스들에 의해 제공되는 스퍼터링 레벨은 이들의 원자 질량(또는 H₂의 경우 분자 질량)과 직접적으로 관련되며, H₂는 He보다 스퍼터링을 덜 산출한다. 전반적으로 본 발명의 실시예들은 5amu 미만의 평균 분자 질량을 가지는 유동성-가스 흐름들을 제공한다. 이는 이를 테면 실질적으로 순수한 H₂의 흐름 또는 실질적으로 순수한 He의 흐름과 함께 단일의 낮은-질량 가스의 흐름들을 사용함으로써 달성될 수 있다. 선택적으로, 흐름들은 이를 테면 HDP-CVD 프로세스 챔버에서 혼합되는 H₂의 흐름 및 He의 흐름 모두를 제공함으로써 다수의 가스들로 공급될 수 있다. 선택적으로, 때로 가스는 프로세스 챔버에 혼합된 상태로 H₂/He의 흐름이 제공되도록 예비혼합될 수 있다. 또한, 이는 5amu 미만의 평균 분자 질량을 유지하도록 선택되는 예비혼합물의 농도들 및/또는 상대적 유량들을 갖는 보다 높은-질량 가스들의 개별 흐름을 제공하거나, 또는 예비혼합물에서 보다 높은-질량 가스들을 포함할 수 있다.

[0025]

고종횡비 구조물에서, 낮은-질량 유동성 가스들의 상대적으로 높은 유량들이 사용은 Ar과 같은 유동성 가스들의 보다 통상적인 사용에 비해 갭충진 능력을 전반적으로 향상시키는 것으로 밝혀졌다. 이는 갭의 폐쇄(closure)가 덜 빠르게 이루어지도록 유동성 가스로서 He 또는 H₂를 사용함으로써 달성되는 재증착의 감소 결과인 것으로 여겨진다. 이러한 낮은-질량 유동성 가스들이 사용되더라도, 증착 동안에는 코너 클리핑(clipping) 위험이 따른다. 이러한 작용은 도 3a 및 도 3b를 참조로 이해될 것이며, 도 3a 및 도 3b는 조밀하게 패키징된 영역에서의 갭 및 개방 영역에서의 갭에 대해 각각 HDP 프로세스의 스퍼터링 컴포넌트의 작용을 나타낸다.

[0026]

특히, 도 3a의 갭(304)은 수평 표면 위에 특징적인 돌출(cusp) 구조물(308)을 형성하는 HDP-CVD 프로세스를 이용하여 증착된 물질을 갖는 고종횡비 갭이다. 물질(312)이 경로(316)를 따라 플라즈마 이온들의 충돌에 반응하여 돌출부(308)로부터 스퍼터링됨에 따라 재증착이 이루어진다. 스퍼터링된 물질(312)은 갭(304)의 맞은편 측

면상의 측벽(324)과 만나는 경로(320)를 따른다. 이러한 작용은 물질이 갭의 좌측에서 우측상으로 스퍼터링됨에 따라, 물질이 갭의 우측에서 좌측으로 스퍼터링되도록 대칭된다. 물질의 재증착은 코너의 클립핑을 야기시키는 과도한 스퍼터링에 대해 보호된다.

[0027] 이러한 대칭은 도 3b에 도시된 개방 영역 구조물(330)로 도시되는 것처럼, 개방 영역에서는 존재하지 않는다. 이를 테면, 증착은 유사한 돌출부(308')의 형성을 야기시키거나, 물질(312')이 경로(316')를 따라 플라즈마 이온들의 충돌에 반응하여 경로(320')를 따라 스퍼터링될 때, 갭의 맞은편 측면은 보호될 재증착에 대해 너무 멀리 있다. 도 3b의 구조물의 코너는 갭의 맞은편 측면으로부터 스퍼터링되는 물질을 수용하는 보상 작용 없이, 도 3a의 구조물의 코너에서 이루어지는 것처럼 동일한 물질 방출을 겪게 된다. 결과적으로, 코너 클립핑 위험성이 증가되고 하부 구조물이 손상된다.

[0028] 본 발명의 방법들은 도 4의 흐름도와 함께 요약된다. 기판 위에 막의 증착은 기판을 프로세스 챔버로 이송함으로써 블럭(404)에서 시작된다. 기판은 통상적으로 200-mm 또는 300-mm-직경 웨이퍼와 같은 반도체 웨이퍼이다. 실리콘 프리커서의 흐름, 산소 프리커서 흐름, 및 유동성 가스의 흐름을 포함하는 프리커서 가스들의 흐름들이 블럭(408)에서 챔버로 제공된다. 그것이 도펀트 소스들을 포함하는 다른 프리커서 가스들, 및 다른 유동성 가스들이 상기 논의된 바와 같이 사용된다는 것을 이해해야 하지만, 표 1은 모노실란(SiH₄), 분자 산소(O₂), 및 H₂의 흐름들을 사용하여 도핑되지 않은 실리케이트 유리("USG": undoped silicate glass)의 증착을 위한 예시적인 유속을 제공한다. 표에 나타낸 바와 같이, 프리커서 가스들의 유속은 200-mm 및 300-mm-직경 웨이퍼들에 대한 것과 유사할 수 있으나, 유동성 가스의 유속은 일반적으로 더 높다.

Flow Rates for 200-mm Wafer Process		Flow Rates for 300-mm Wafer Process	
$F(\text{SiH}_4)$	10 – 200 sccm	$F(\text{SiH}_4)$	10 – 200 sccm
$F(\text{O}_2)$	20 – 300 sccm	$F(\text{O}_2)$	20 – 300 sccm
$F(\text{H}_2)$	50 – 400 sccm	$F(\text{H}_2)$	50 – 600 sccm
$F(\text{He})$	50 – 400 sccm	$F(\text{He})$	50 – 600 sccm

[0029]

[0030] 고밀도 플라즈마는 에너지를 챔버에 결합함으로써 블럭(412)에서 기체 흐름들로부터 형성된다. 고밀도 플라즈마를 생성하는 공통 기술은 rf 에너지의 유도성 결합이다. D/S 비율은 가스들에 대한 유속에 의해서뿐 아니라, 챔버로 결합된 에너지의 전력 밀도에 의해, 기판에 인가될 수 있는 바이어스의 강도에 의해, 챔버 내의 온도에 의해, 챔버 내의 압력에 의해, 그리고 다른 요소들에 의해 결정된다.

[0031] 증착의 완료 이후에, 증착 프리커서들의 흐름들은 420에서 종결되며, 블럭(424)에서 이루어지는 막이 원하는 두께에 도달되었는지 여부에 대해 체크가 이루어진다. 본 발명이 에칭 스테이지에 의해 분리되는 적어도 두 개의 증착 스테이지들을 포함한다면, 실시예들은 종종 5-15 증착 스테이지들을, 또는 충전되고 있는 갭의 특정한 특성에 따라 그 이상의 증착 스테이지들을 가질 수 있다.

[0032] 프로세스의 에칭 위상은 통상적으로 NF₃ 또는 클로로플루오로탄소와 같은 불소 프리커서를 포함하는 할로젠 프리커서를 흘려보냄으로써 블럭(428)에서 시작할 수 있다. 고밀도 플라즈마는 블럭(430)에서 할로젠 프리커서로부터 형성된다. 몇몇 실시예들에서, 소스 전력 밀도는 약 80,000 내지 140,000 W/m²이며, 이는 300-mm-직경 웨이퍼에 대한 약 6000 내지 10,000 W의 전체 소스 전력과, 200-mm-직경 웨이퍼에 대한 약 2500 내지 4500 W의 전체 소스 전력에 대응한다. 본 발명자들은 높은 소스 전력의 사용이 낮은 소스 전력의 사용보다 증착 프로파일이 대칭적이게 한다는 것을 발견하였다. 몇몇 실시예들에서, 전체 소스 전력은 소스 전력의 대부분이 측면 소스들로부터 제공되도록 최상부 및 측면 소스들 중에 분포된다. 예를 들어, 측면 소스 전력은 최상부 소스 전력의 1-5배일 수 있으며, 이것은 특정 실시예에서 최상부 소스 전력의 3배이다.

[0033] 형성되는 할로젠 플라즈마는 증착된 막을 에칭백하는데 이용된다(블록 432). 에칭될 수 있는 특정 양의 물질은 비교적 기판 구조물의 특정한 구성과 관련되지만, 에칭된 물질의 양이 이른 에칭 사이클에서보다 늦은 에칭 사이클에서 클 수 있다는 것은 사실이다. 이는 증착 및 에칭 단계들의 시퀀스 결과로서 기판의 전체 토폴로지가 변경된다는 사실의 일반적 결과이다. 단계들의 시퀀스에 따른 일반적 성향은 토폴로지가 사이클의 에칭 단계 동안 에칭 양이 더 커지도록 따르게 된다는 것이다. 블록 436에서, 할로젠 프리커서 흐름은 종료된다.

- [0034] 이러한 예칭 위상은 그 후 블럭들(440, 444 및/또는 448)과 관련하여 개시된 모든 프로세스들 또는 임의의 프로세스들을 포함할 수 있는 처리 위상을 수반한다. 각각의 이러한 프로세스들은 할로겐의 막으로의 통합을 제한하도록 작용한다. 블럭(440)에서 나타난 바와 같이, 할로겐 스카벤저는 처리 챔버 내에 남아있는 초과 할로겐과 반응하도록 처리 챔버로 흘려보내질 수 있다. 다른 스카벤저들이 대안적인 실시예에서 사용될 수 있지만, 적절한 스카벤저는 O₂이다. 블럭(444)에서, 처리 챔버에 대해 할로겐 도관이 예를 들어 Ar 및 He를 포함하는 할로겐 프리커서와 비반응적인 가스로 플라싱된다. 그러한 비반응적 가스는 또한 그러한 도관으로의 할로겐의 역류를 방지하기 위하여 처리 챔버로 다른 도관들을 통해 블럭(448)에서 나타난 바와 같이 흘려보내질 수 있다.
- [0035] 일반적으로는, 각각의 증착 단계 동안 물질의 증착을 위해 동일한 프리커서들이 사용되며 예칭 단계 동안 물질을 제거하기 위해 동일한 프리커서가 이용될 것으로 예상되나, 이는 본 발명에 있어 요구조건은 아니다. 각각의 증착 단계 동안 증착된 물질의 양은 통상적으로 300 내지 1000Å이며, 사이클당 보다 많은 증착 양이 이용될 경우 전체 프로세스는 보다 적은 사이클을 요구한다. 각각의 사이클이 300Å을 증착할 때, 각각의 사이클이 1000Å을 증착할 때와 동일한 물질의 양을 증착하기 위해 약 6배의 많은 사이클을 이용할 것이 요구될 수 있다.
- [0036] 일단 막이 원하는 두께로 성장되면, 기판은 블럭(452)에서 나타나는 바와 같이 처리 챔버 외부로 이송된다.
- [0037] 예시적인 기판 처리 시스템
- [0038] 본 발명자들은 프레드 씨. 레테커, 파하드 모그하담, 히로기 하나와, 테추야 이스히카와, 단 메이단, 시지안 리, 브리안 루에, 로버트 스테거, 야신 왕, 마누스 왕 및 어숙 시하에 의해 1996년 7월 15일자로 출원된 "대칭 조정가능한 유도결합된 HDP-CVD 반응기"란 명칭의 공동 양도된 미국 특허 No. 6,170,428호에 일반적 설명이 제공되며, 캘리포니아 산타클라라의 어플라이드 머티리얼스사에 의해 제조되는 ULTIMA™ 시스템을 이용하여 본발명의 실시예들을 구현했으며, 상기 문헌은 본 명세서에서 참조된다. 시스템의 개요는 도 5a 및 도 5b를 참조로 하기에 개시된다. 도 5a는 일 실시예에서 HDP-CVD 시스템(510)의 구조물을 개략적으로 나타낸다. 시스템(510)은 챔버(513), 진공 시스템(570), 소스 플라즈마 시스템(580A), 바이어스 플라즈마 시스템(580B), 가스 전달 시스템(533), 및 원격 플라즈마 세정 시스템(550)을 포함한다.
- [0039] 챔버(513)의 상부는 알루미늄 산화물 또는 알루미늄 질화물과 같은 세라믹 유전체 물질로 구성된 돔(514)을 포함한다. 돔(514)은 플라즈마 처리 영역(516)의 상부 경계를 한정한다. 플라즈마 처리 영역(516)은 기판(517)의 상부 표면 및 기판 지지 부재(518)에 의해 바닥부 상에 경계설정된다.
- [0040] 히터 플레이트(523) 및 냉각 플레이트(524)가 돔(514) 위에 놓이며 돔(514)과 열적으로 결합된다. 히터 플레이트(523) 및 냉각 플레이트(524)는 100°C 내지 200°C 범위에 걸쳐 ±10°C 이내로 돔 온도의 제어를 허용한다. 이는 다양한 프로세스에 대한 돔 온도 최적화를 허용한다. 예를 들면, 증착 프로세스를 위해서 보다는 세정 또는 예칭 프로세스들을 위해 보다 높은 온도로 돔을 유지하는 것이 요구될 수 있다. 돔 온도의 정확한 제어는 챔버내에서의 박리(flake) 또는 미립자 수를 감소시키며 증착된 층과 기판 사이의 접착력을 개선시킨다.
- [0041] 챔버(513)의 하부는 진공 시스템과 챔버를 결합시키는 바디 부재(522)를 포함한다. 기판 지지 부재(518)의 베이스부(521)는 바디 부재(522) 상에 장착되며 바디 부재(522)와 연속적인 내부 표면을 형성한다. 기판들은 챔버(513)의 측면에 있는 삽입/제거 개구(미도시)를 통해 로봇 블레이드(미도시)에 의해 챔버(513) 안팎으로 이송된다. 리프트 핀들(미도시)이 모터(미도시)의 제어하에 상승된 다음 하강되어 상부 로딩 위치(557)에서의 로봇 블레이드로부터 기판 지지 부재(518)의 기판 수용부(519) 상에 기판이 위치되는 하부 처리 위치(556)로 기판을 이동시킨다. 기판 수용부(519)는 기판 처리 동안 기판 지지 부재(518)에 기판을 고정하는 정전기 척(520)을 포함한다. 바람직한 실시예에서, 기판 지지 부재(518)는 알루미늄 산화물 또는 알루미늄 세라믹 물질로부터 형성된다.
- [0042] 진공 시스템(570)은 트윈-블레이드 트로틀 밸브(526)를 수용하고 게이트 밸브(527)와 터보-분자형 펌프(528)에 부착되는 트로틀 바디(525)를 포함한다. 트로틀 바디(525)는 가스 흐름에 대한 최소 차단을 제공하며, 대칭 펌핑을 허용한다. 게이트 밸브(527)는 트로틀 바디(525)로부터 펌프(528)를 분리시킬 수 있고 트로틀 밸브(526)가 완전히 개방될 때 배기 흐름 용량을 제한함으로써 챔버 압력을 제어할 수 있다. 트로틀 밸브, 게이트 밸브 및 터보-분자형 펌프의 배열은 약 1 밀리토르 내지 약 2 토르로 챔버 압력을 정확히 안정하게 제어할 수 있다.
- [0043] 소스 플라즈마 시스템(580A)은 돔(514) 상에 장착된 상부 코일(529) 및 측면 코일(530)을 포함한다. 대칭 접지 실드(미도시)는 코일들 사이의 전기적 결합을 감소시킨다. 코일(529)은 상부 소스 RF(SRF) 발생기(531A)에 의

해 전력공급되는 반면, 측면 코일(530)은 측면 SRF 발생기(531B)에 의해 전력공급되어, 각각의 코일에 대한 독립적인 전력 레벨 및 동작 주파수를 허용한다. 이러한 이중 코일 시스템은 챔버(513)에서의 방사상 이온 밀도의 제어를 허용하여 플라즈마 균일성을 개선시킨다. 측면 코일(530) 및 상부 코일(529)은 통상적으로 유도성으로 구동되어, 상보형 전극을 필요로 하지 않는다. 특정 실시예에서, 상부 소스 RF 발생기(531A)는 공칭적으로 2MHz에서 2,500와트에 이르는 RF 전력을 제공하고 측면 소스 RF 발생기(531B)는 공칭적으로 2MHz에서 5,000와트에 이르는 전력을 제공한다. 상부 및 측면 RF 발생기들의 동작 주파수들은 플라즈마-발생 효율이 개선되도록 공칭 동작 주파수(예를 들어, 각각 1.7-1.9MHz 및 1.9-2.1MHz)로부터 상쇄될 수 있다.

[0044] 바이어스 플라즈마 시스템(580B)은 바이어스 RF("BRF") 발생기(531C) 및 바이어스 정합망(matching network)(532C)을 포함한다. 바이어스 플라즈마 시스템(580B)은 바디 부재(522)와 기관 부분(517)을 결합시켜 상보형 전극으로 작용한다. 바이어스 플라즈마 시스템(580B)은 소스 플라즈마 시스템(580A)에 의해 생성된 플라즈마 종들(예를 들어, 이온들)의 기관 표면으로의 수송을 강화시키는 역할을 한다. 특정 실시예에서, 바이어스 RF 발생기는 하기에 보다 상세히 개시되는 바와 같이, 5MHz 미만의 주파수에서 10,000와트에 이르는 RF 전력을 제공한다.

[0045] RF 발생기(531A, 531B)는 디지털방식으로 제어되는 합성기를 포함하며 약 1.8 내지 약 2.1MHz 범위의 주파수에 대해 동작한다. 각각의 발생기는 챔버 및 코일로부터 다시 발생기로 반사되는 전력을 측정하고 당업자에 의해 이해되는 바와 같이, 최저 반사 전력을 얻기 위해 동작 주파수를 조절하는 RF 제어 회로(미도시)를 포함한다. RF 발생기는 통상적으로 50옴의 특성 임피던스를 갖는 부하(load)에서 동작하도록 설계된다. RF 전력은 발생기와 상이한 특성 임피던스를 갖는 부하들로부터 반사될 수 있다. 이는 부하로 전달되는 전력을 감소시킬 수 있다. 부가적으로, 부하로부터 발생기로 다시 반사되는 전력은 발생기에 과부하를 걸어 손상시킬 수 있다. 플라즈마의 임피던스는 다른 요인들중에서도 특히 플라즈마 이온 밀도에 따라 5옴 미만 900 옴 이상의 범위이기 때문에, 그리고 반사 전력은 주파수의 함수이기 때문에, 반사 전력에 따른 발생기 주파수 조절은 RF 발생기로부터 플라즈마로 전달되는 전력을 증가시켜 발생기를 보호한다. 반사 전력을 감소시키고 효율을 개선하는 또다른 방법은 정합망을 이용하는 것이다.

[0046] 정합망(532A, 532B)은 발생기들(531A, 531B)의 출력 임피던스를 이들 각각의 코일들(529, 530)과 매칭시킨다. RF 제어 회로는 부하가 변함에 따라 발생기를 부하와 매칭시키기 위해 정합망 내에서 커패시터들의 값을 변화시킴으로써 정합망들을 조절할 수 있다. RF 제어 회로는 부하로부터 발생기로 다시 반사된 전력이 일정 제한치를 초과할 때 정합망을 조절할 수 있다. 일정한 정합을 제공하고 RF 제어 회로가 정합망으로부터 조절되는 것을 효과적으로 불가능하게 하게 하는 방법 중 하나는 반사 전력의 임의의 예상된 값 이상으로 반사 전력 제한치를 설정하는 것이다. 이는 가장 최근 조건에서 정합망 상수를 고정시킴으로써 소정의 조건하에서 플라즈마 안정화를 도울 수 있다.

[0047] 다른 방안으로 플라즈마 안정화를 도울 수 있다. 예를 들어, RF 제어 회로는 부하(플라즈마)로 전달된 전력을 결정하기 위해 이용될 수 있고 층을 증착하는 동안 전달된 전력을 실질적으로 일정하게 유지하기 위해 발생기 출력 전력을 증가 또는 감소시킬 수 있다.

[0048] 가스 전달 시스템(533)은 몇 개의 소스들(534A-534E)로부터 가스 전달 라인들(538)(단지 일부만이 도시됨)을 통해 기관을 처리하는 챔버에 가스들을 공급한다. 당업자들이 이해할 수 있듯이, 소스들(534A-534E)을 위해 사용되는 실제 소스들 및 챔버(513)와 전달 라인들(538)의 실제 접속은 챔버(513) 내에서 실행되는 증착 및 세정 프로세스들에 따라 변한다. 가스들은 가스 링(537) 및/또는 상부 노즐(545)을 통해 챔버(513)로 주입된다. 도 5b는 가스 링(537)의 추가 사항들을 나타내는 챔버(513)의 간략화된 부분 단면도이다.

[0049] 일 실시예에서, 제 1 및 제 2 가스 소스들(534A, 534B) 및 제 1 및 제 2 가스 흐름 제어기들(535A', 535B')은 가스 전달 라인들(538)(단지 일부만이 도시됨)을 통해 가스 링(537)의 링 플레넘(536)에 가스를 제공한다. 가스 링(537)은 기관 위로 가스의 균일한 흐름을 제공하는 다수의 소스 가스 노즐들(539)(설명을 위해 단지 하나만이 도시됨)을 갖는다. 노즐 길이 및 노즐 각도는 개별 챔버내에서 특정 프로세스를 위한 가스 활용 효율성 및 균일성 프로파일의 조절이 허용되도록 변경될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 가스 링(537)은 알루미늄 산화물 세라믹으로 제조된 12개의 소스 가스 노즐들을 갖는다.

[0050] 가스 링(537)은 다수의 산화제 가스 노즐들(540)(단지 하나만이 도시됨)을 포함하며, 이는 바람직한 실시예에서, 소스 가스 노즐들(539)과 동일평면(co-planar)이며 소스 가스 노즐들(539) 보다 짧고, 일 실시예에서는 바디 플레넘(541)으로부터 가스를 수용한다. 일부 실시예에서, 챔버(513) 속으로 가스들을 주입하기 이전에 소스 가스들 및 산화제 가스들을 혼합시키는 것을 바람직하지 않다. 다른 실시예에서, 산화제 가스 및 소스

가스는 바디 플레넘(541)과 가스 링 플레넘(536) 사이에 구멍들(미도시)을 제공함으로써 챔버(513) 속으로 가스들을 주입하기 이전에 혼합될 수 있다. 일 실시예에서, 제 3, 제 4, 및 제 5 가스 소스들(534C, 534D, 534D') 및 제 3 및 제 4 가스 흐름 제어기들(535C, 535D')은 가스 전달 라인들(538)을 통해 바디 플레넘에 가스를 공급한다. 543B(다른 밸브들을 미도시)와 같은 추가 밸브들은 흐름 제어기들로부터 챔버로의 가스를 차단시킬 수 있다. 본 발명의 일부 실시예들을 구현할 때, 소스(534A)는 실란(SiH_4) 소스를 포함하며, 소스(534B)는 분자형 산소(O_2) 소스를 포함하며, 소스(534C)는 실란(SiH_4) 소스를 포함하며, 소스(534D)는 헬륨(He) 소스를 포함하며, 소스(534D')는 분자형 수소(H_2) 소스를 포함한다.

[0051] 자연성, 유독성 또는 부식성 가스가 사용되는 실시예에서는, 증착 이후 가스 전달 라인들에 남아있는 가스들을 제거하는 것이 바람직하다. 이는 예를 들어, 전달 라인(538A)으로부터 챔버(513)를 절연시키고 진공 포어라인(544)로 전달 라인(538A)을 배기시키기 위해 밸브(543B)와 같은 3-웨이 밸브를 사용하여 달성될 수 있다. 도 5a에 도시된 것처럼, 543A 및 543C와 같은 다른 유사한 밸브들이 다른 가스 전달 라인들상에 통합될 수 있다. 이러한 3-웨이 밸브들은 배기되지 않은 가스 전달 라인(3-웨이 밸브와 챔버 사이)의 체적을 최소화시키기 위해 실제 챔버(513)를 폐쇄시키는 것처럼 위치될 수 있다. 부가적으로, 2-웨이(온-오프) 밸브들(미도시)은 질량 흐름 제어기("MFC")와 챔버 사이 또는 가스 소스와 MFC 사이에 위치될 수 있다.

[0052] 다시 도 5a를 참조로, 챔버(513)는 상부 노즐(545)과 상부 벤트(546)를 갖는다. 상부 노즐(545)과 상부 벤트(546)는 가스들의 상부 및 측면 흐름들의 독립적 제어를 허용하여, 막 균일성을 개선하고 막의 증착 및 도핑 파라미터들의 미세한 조절을 허용한다. 상부 벤트(546)는 상부 노즐(545) 부근의 환형 개구이다. 일 실시예에서, 제 1 가스 소스(534A)는 소스 가스 노즐들(539)과 상부 노즐(545)을 공급한다. 소스 노즐 MFC(535A')는 소스 가스 노즐(539)로 전달되는 가스의 양을 제어하며 상부 노즐 MFC(535A)는 상부 가스 노즐(545)로 전달되는 가스의 양을 제어한다. 유사하게, 2개의 MFC(535B, 535B')는 소스(534B)와 같은 단일의 산소 소스로부터 상부 벤트(546)와 산화제 가스 노즐(540)에 대한 산화의 흐름을 제어하는데 이용된다. 일부 실시예에서, 산소는 임의의 측면 노즐들로부터 챔버에 공급되지 않는다. 상부 노즐(545)과 상부 벤트(546)로 공급되는 가스들은 챔버(513)로 가스들을 흘려보내기 이전에 개별적으로 유지되거나, 또는 챔버(513)로 이들을 흘려보내기 이전에 상부 플레넘(548)에서 혼합될 수 있다. 동일한 가스의 개별 소스들은 챔버의 다양한 부분들에 공급되도록 이용될 수 있다.

[0053] 원격 마이크로파-생성 플라즈마 세정 시스템(550)은 챔버 콤포넌트들로부터 증착 잔류물을 주기적으로 세정하도록 제공된다. 세정 시스템은 반응기 캐비티(553)에서 세정 가스 소스(534E)(예를 들어, 분자형 불소, 질소 삼불화물, 다른 불화탄소 또는 등가물)로부터 플라즈마를 생성하는 원격 마이크로파 발생기(551)를 포함한다. 이러한 플라즈마로부터 생성되는 반응성 종들은 애플리케이터 튜브(555)를 경유하여 세정 가스 공급 포트(554)를 통해 챔버(513)로 전달된다. 세정 플라즈마를 함유하도록 이용되는 물질(예를 들어, 캐비티(553) 및 애플리케이터 튜브(555))은 플라즈마에 의한 공격을 견뎌내야 한다. 반응기 캐비티(553)와 공급 포트(554) 사이의 간격은 실제 짧게 유지되어야 하며, 이는 원하는 플라즈마 종들의 농도는 반응기 캐비티(553)로부터의 간격에 따라 감소될 수 있기 때문이다. 원격 캐비티에서의 세정 플라즈마 생성은 유효 마이크로파 발생기의 사용을 허용하며 챔버 콤포넌트들이 인시튜로 형성되는 플라즈마가 존재할 수 있는 온도, 방사, 또는 글로우 방전의 충격을 겪지 않게 한다. 결과적으로, 정전기 척(520)과 같이 비교적 민감한 콤포넌트들은 인시튜 플라즈마 세정 프로세스가 요구될 수 있는, 더미 웨이퍼들로 커버되거나 또는 보호될 필요가 없다. 도 5a에서, 플라즈마-세정 시스템(550)은 챔버(513) 상부에 배치되는 것으로 도시되었지만, 다른 위치가 선택적으로 이용될 수 있다.

[0054] 상부 노즐을 통해 챔버 속으로 공급되는 소스 가스들의 흐름을 지향시키고 원격적 생성된 플라즈마의 흐름들을 지향시키기 위해 상부 노즐 부근에 배플(561)이 제공될 수 있다. 상부 노즐(545)을 통해 공급된 소스 가스들은 중앙 통로(562)를 통해 챔버로 지향되는 반면, 세정 가스 공급 포트(554)를 통해 제공된 원격적으로 생성된 플라즈마 종들은 배플(561)에 의해 챔버(513)의 측면으로 지향된다.

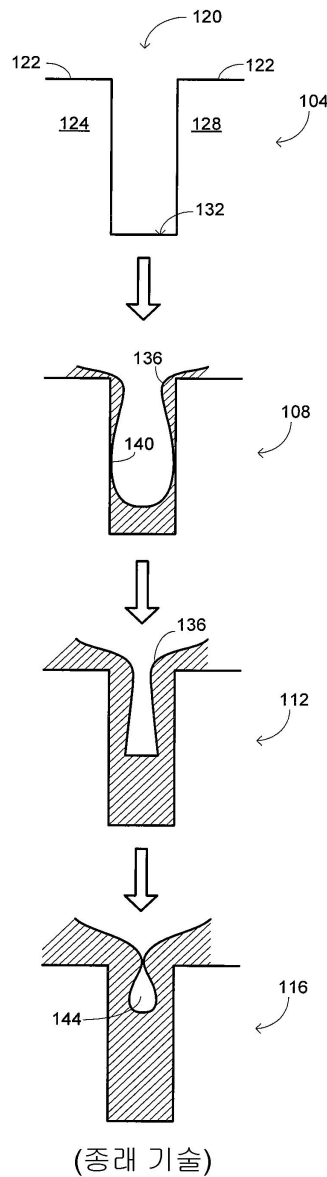
[0055] 당업자들은 본 발명의 범주를 벗어나지 않고 특정 파라미터들이 상이한 처리 챔버 및 상이한 처리 조건을 위해 변형될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 또한 당업자들은 다른 변형을 이해할 것이다. 이러한 등가물 및 대안물은 본 발명의 범주에 포함된다. 따라서, 본 발명의 범주는 개시된 실시예들로 제한되는 것이 아니라, 첨부되는 특허청구항들에 의해 한정되어야 한다.

도면의 간단한 설명

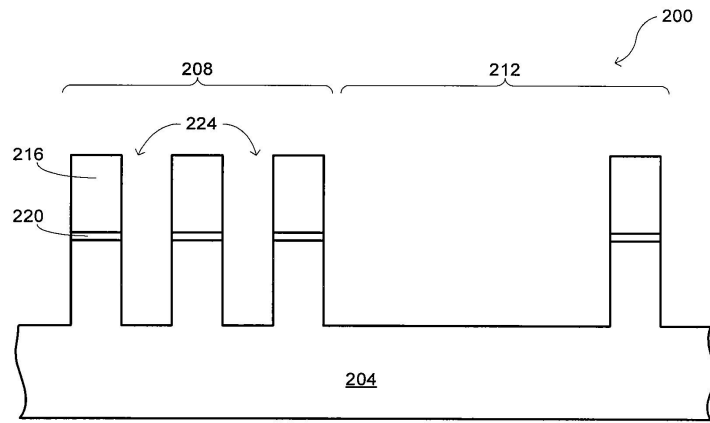
- [0056] 도 1은 종래 기술의 껍충진 프로세스 동안 보이드 형성을 나타내는 개략적 단면도;
- [0057] 도 2는 다수의 얇은-트렌치-절연 구조물들을 포함하는 부분적으로 완성된 집적회로의 단면도;
- [0058] 도 3a 및 도 3b는 구조물 내에 조밀하게 팩킹된 영역 및 개방 영역의 껍충진 특성을 각각 나타내는 개략도들;
- [0059] 도 4는 본 발명의 실시예들에서 막을 증착시키기 위한 방법들을 요약하는 흐름도;
- [0060] 도 5a는 본 발명의 방법들이 실행될 수 있는 고밀도 플라즈마 화학적 기상 증착 시스템의 일 실시예의 개략도;
- [0061] 도 5b는 도 5a의 예시적인 처리 시스템과 조합되어 사용될 수 있는 가스 링의 개략적 단면도.

도면

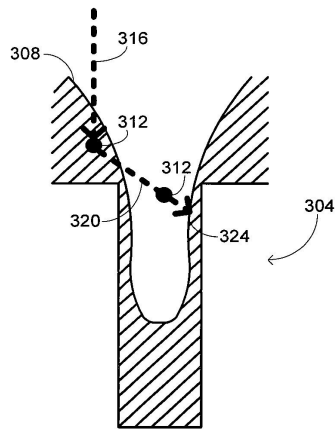
도면1



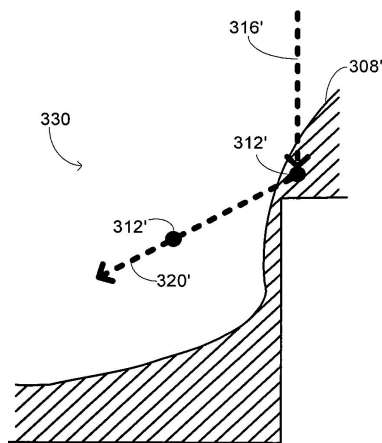
도면2



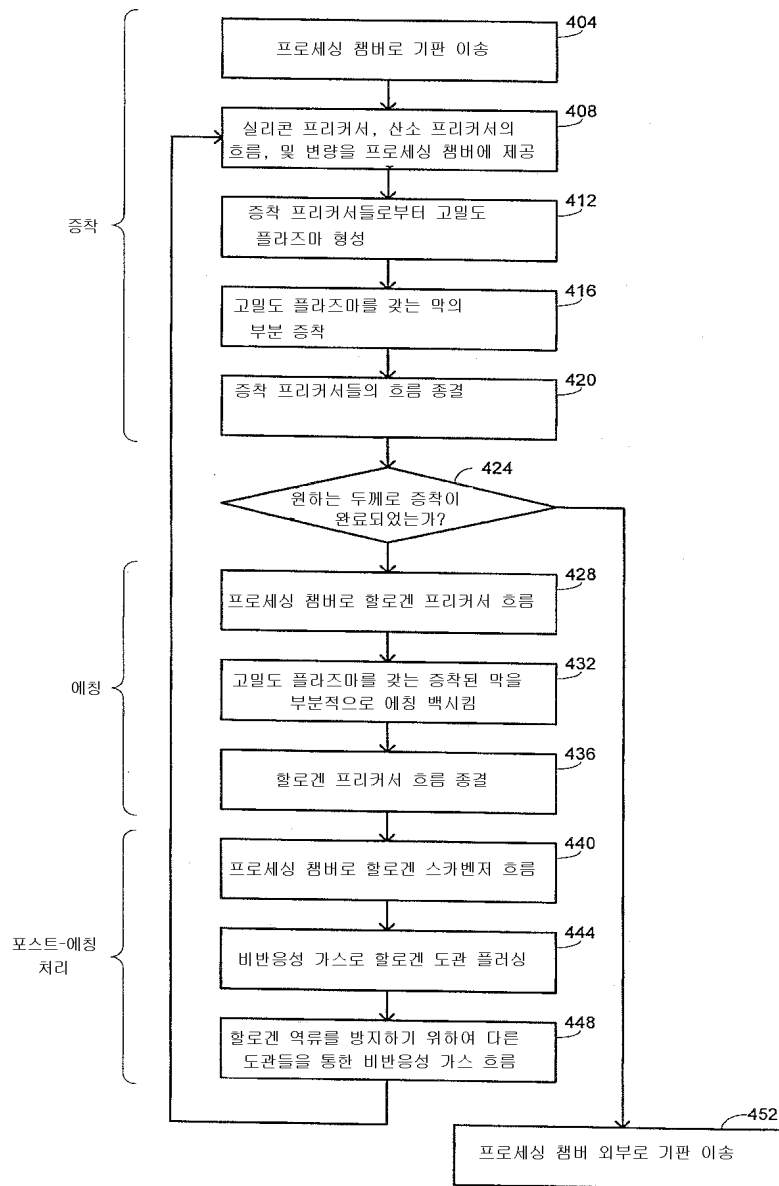
도면3a



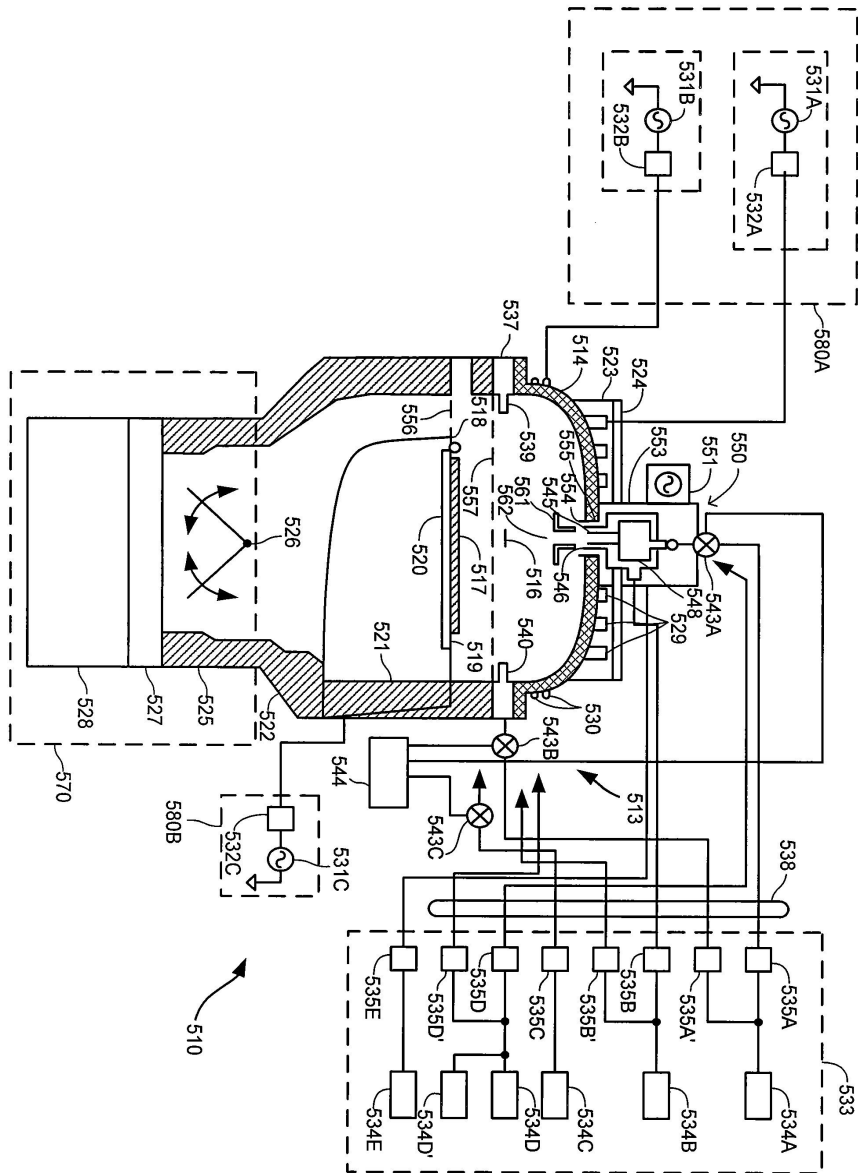
도면3b



도면4



도면5a



도면5b

