(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0102155
(43) 공개일자 2012년09월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/31 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7020616
(22) 출원일자(국제) 2010년12월21일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2012년08월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/061605
(87) 국제공개번호 WO 2011/084812
국제공개일자 2011년07월14일
(30) 우선권주장
12/974,495 2010년12월21일 미국(US)
61/292,520 2010년01월06일 미국(US)

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
(72) 발명자
리앙, 징메이
미국 95120 캘리포니아 샌어제이 마운틴 퀘일 써클 1256
잉글, 니틴, 케이.
미국 95129 캘리포니아 샌어제이 그레이우드 드라이브 1435
(74) 대리인
남상선

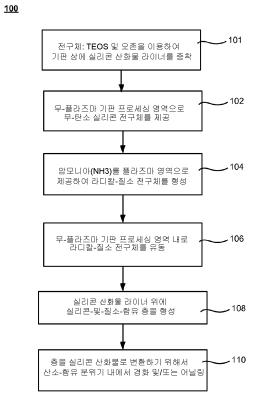
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **산화물 라이너를 이용하는 유동성 유전체**

(57) 요 약

실리콘 산화물 층들의 형성 방법들이 설명된다. 방법들은 무-탄소 실리콘-함유 전구체를 라디칼-질소 전구체와 혼합하는 단계; 및 실리콘-및-질소-함유 층을 기판 상에 증착하는 단계를 포함한다. 라디칼-질소 전구체는 수소-및-질소-함유 전구체를 플라즈마 내로 유동시킴으로써 플라즈마 내에 형성된다. 실리콘-및-질소 함유 층을 증착하기에 앞서서, 실리콘-및-질소-함유 층의 접착력, 평활도 및 유동성을 향상시키기 위해서, 실리콘 산화물 라이너 층이 형성된다. 실리콘-및-질소-함유 층이 필름의 경화 및 어닐링에 의해서 실리콘-및-산소-함유 층으로 변환될 수 있다. 방법들은 또한 스핀-온 실리콘-함유 물질을 도포하기 전에 실리콘 산화물 라이너 층을 형성하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기판 상에 유동성(flowable) 유전체 층을 형성하는 방법으로서,

기판을 실리콘-함유 라이너 전구체 및 산소-함유 라이너 전구체에 노출시킴으로써, 일반적으로(generally) 컨포멀한 실리콘 산화물 라이너 층을 상기 기판 상에 형성하는 단계 - 상기 기판은 라이너 증착 온도에서 유지됨 - ; 및

무-탄소(carbon-free) 유동성 실리콘-질소-및-수소-함유 층을 상기 기판 상에 형성하는 단계 - 상기 기판은 벌크 증착 온도에서 유지됨 -

를 순차적으로 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 무-탄소 유동성 실리콘-질소-및-수소-함유 층을 형성하는 단계는,

라디칼-질소 전구체를 생성하기 위해 질소-및-수소-함유 가스를 플라즈마 영역으로 유동시키는 단계;

무-플라즈마 기판 프로세싱 영역에서 무-탄소 실리콘-함유 전구체를 상기 라디칼-질소 전구체와 조합하는 단계; 및

상기 기판 상에 실리콘-및-질소-함유 층을 증착하는 단계

를 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 질소-및-수소-함유 가스는 암모니아(NH_3)를 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 질소-및-수소-함유 가스는 질소(N_2), 수소(H_2), 히드라진(N_2H_4) 및 암모니아(NH_3) 중 적어도 하나를 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 일반적으로 컨포멀한 실리콘 산화물 라이너의 두께는 약 100 Å 또는 그 미만인, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 무-탄소 실리콘-함유 전구체는 $N(SiH_3)_3$를 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 무-탄소 유동성 실리콘-질소-및-수소-함유 층은 무-탄소 Si-N-H 층을 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체

층을 형성하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 벌크 증착 온도는 상기 라이너 증착 온도보다 더 낮은, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 벌크 증착 온도는 120℃ 미만인, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 라이너 증착 온도는 400℃ 초과인, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

오존-함유 분위기에서 상기 기판의 온도를 약 400℃ 또는 그 미만으로 유지하는 경화 단계를 더 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

원자 산소, 오존, 및 증기(H_2O)로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 또는 그 초과의 가스들을 포함하는 산소-함유 분위기에서 약 600℃ 또는 그 초과의 산소 어닐링 온도로 상기 기판의 온도를 높이는 경화-후 단계를 더 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 13

제 2 항에 있어서,

상기 플라즈마 영역은 원격 플라즈마 시스템에 있는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 14

제 2 항에 있어서,

상기 플라즈마 영역은 샤워헤드에 의해서 상기 무-플라즈마 기판 프로세싱 영역으로부터 분리된 상기 기판 프로세싱 챔버의 구획된(partitioned) 부분인, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 산소-함유 라이너 전구체는 오존을 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 산소-함유 라이너 전구체는 산소(O_2)를 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 실리콘-함유 라이너 전구체는 TEOS를 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 실리콘-및-질소-함유 층을 증착하는 동작은 스핀-온 유전체(SOD: spin-on dielectric) 층을 증착하는 단계를 포함하는, 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본원은 "산화물 라이너를 이용하는 유동성 유전체"란 명칭으로 2010년 12월 21일자로 출원된 미국 특허 출원 제12/974,495호의 PCT 출원이며, "산화물 라이너를 이용하는 라디칼 성분 유전체"란 명칭으로 2010년 1월 6일자로 출원된 미국 가특허 출원 제61/292,520호의 이익을 청구하고, 이들의 전체적인 개시 내용은 모든 목적들을 위해 참조로서 본 명세서에 통합된다.

배 경 기 술

[0003] 반도체 소자의 기하학적 구조들은 수십 년 전 그들이 도입된 이래 크기가 현저히 감소되었다. 현대의 반도체 제조 설비는 일상적으로 45nm, 32nm 및 28nm의 피쳐 크기들(feature sizes)을 가진 소자들을 생산하며, 심지어 더 작은 기하학적 구조들을 가진 소자들을 제조하기 위해 새로운 설비가 개발 및 실행되고 있다. 감소하는 피쳐 크기들은 공간 치수들이 감소된 소자 상에서의 구조적 피쳐들(structural features)을 초래한다. 상기 소자에서 갭들 및 트렌치들의 폭들은, 갭 깊이 대 갭 폭의 종횡비가 유전체 재료로 갭을 충진하기 어렵게 만들 정도로 충분히 커지는 수준(point)까지 좁아진다. 증착되는 유전체 재료는 갭이 완전히 충진되기 전에 상단에서 막혀 갭의 중간에 공극(void)이나 시임(seam)을 형성하는 경향이 있다.

[0004] 수년간, 유전체 재료가 갭의 상단을 막는 것을 방지하거나, 형성된 공극이나 시임을 "메우기(heal)"하기 위한 많은 기법들이 개발되었다. 회전하는 기판 표면에 대해 액상으로 도포될 수 있는 고 유동성의 전구체 재료들을 이용한 하나의 접근법(예컨대, SOG 증착 기법들)이 시작되었다. 이러한 유동성 전구체들은 공극들 또는 약한 시임들을 형성하지 않고 매우 작은 기판 갭들 안에 유입되어 충진할 수 있다. 그러나 이러한 고 유동성의 재료들이 일단 증착되면, 이들은 고체형 유전체 재료로 강화되어야 한다.

[0005] 많은 경우들에서, 강화 프로세스는 증착된 재료로부터 탄소 및 수산기 족(group)들을 제거하기 위한 열처리를 포함하여, 실리콘 산화물과 같은 고체 유전체를 남긴다. 불행하게도, 상기 출발 탄소 및 수산기 종들(species)은 종종 최종 재료의 품질을 저하시키는 기공들(pores)을 경화된 유전체에 남긴다. 게다가, 경화된 유전체는 또한 부피가 수축하는 경향이 있고, 이는 유전체와 주변 기판의 인터페이스에 균열들 및 공간들을 남길 수 있다. 일부 예들에서, 경화된 유전체의 부피는 40% 또는 그 초과만큼 감소할 수 있다.

[0006] 따라서, 기판 갭들 및 트렌치들에 공극들, 시임들, 또는 이들 모두를 발생시키지 않고, 구조화된 기판들 상에 유전체 재료들을 형성하기 위한 새로운 증착 프로세스들 및 재료들에 대한 필요성이 존재한다. 또한, 기공들이 더 적고, 부피 감소가 더 적은 유동성 유전체 재료들의 경화 방법들 및 재료들에 대한 필요성이 존재한다. 이러한 그리고 다른 요구들이 본 출원에서 다루어진다.

발명의 내용

[0007] 실리콘 산화물 층들의 형성 방법이 설명된다. 상기 방법은 무-탄소(carbon-free) 실리콘-함유 전구체를 라디칼-질소 전구체와 혼합하는 단계; 및 실리콘-및-질소-함유 층을 기판 상에 증착하는 단계를 순차적으로 포함한다. 라디칼-질소 전구체는 수소-및-질소-함유 전구체를 플라즈마 내로 유동시킴으로써 플라즈마 내에 형성된다. 실리콘-및-질소 함유 층을 증착하기 이전에, 실리콘-및-질소-함유 층의 접착력, 평활도(smoothness) 및 유동성을 개선하기 위해서, 실리콘 산화물 라이너 층이 형성된다. 실리콘-및-질소-함유 층이 필름의 경화(curing) 및 어닐링에 의해서 실리콘-및-산소-함유 층으로 변환될 수 있다. 방법들은 또한 스핀-온(spin-on) 실리콘-함유 물질을 도포하기(apply) 전에 실리콘 산화물 라이너 층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0008] 본 발명의 실시예들은 기판 상에 유동성 유전체 층을 형성하는 방법들을 포함한다. 그러한 방법들은 순차적으로 (1) 기판이 라이너 증착 온도에서 유지되면서 기판을 실리콘-함유 라이너 전구체 및 산소-함유 라이너 전구

체에 노출시킴으로써, 일반적으로(generally) 컨포멀한(conformal) 실리콘 산화물 라이너 층을 기판 상에 형성하는 단계, 및 (2) 기판이 벌크(bulk) 증착 온도에서 유지되면서 무-탄소 유동성 실리콘-질소-및-수소-함유 층을 기판 상에 형성하는 단계를 포함한다.

[0009] 추가적인 실시예들 및 특징들은 뒤따르는 상세한 설명에 부분적으로 진술되며, 부분적으로 본 명세서의 검토 시 당업자들에게 명백해질 것이고, 또는 본 발명을 실시함으로써 습득될 수 있다. 본 발명의 특징들 및 장점들은 본 명세서에 설명된 수단들(instrumentalities), 조합들 및 방법들에 의해 실현되거나 획득될 수 있을 것이다.

[0010] 도면들 및 명세서의 나머지 부분들을 참조하여 본 발명의 본질과 장점들에 대한 추가적 이해가 실현될 수 있으며, 여기서 몇몇 도면들에 걸쳐 유사한 컴포넌트들을 지칭하기 위해 유사한 참조번호들이 사용된다. 몇몇 예들에서, 서브라벨(sublabel)이 참조번호와 연관되고, 복수의 유사한 컴포넌트들 중 하나를 표시하기 위해 하이픈에 뒤따른다. 기존 서브라벨에 대한 특정이 없이 참조번호에 대한 참조가 이루어질 때, 모든 그러한 복수의 유사한 컴포넌트들을 지칭하도록 의도된다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 실리콘 산화물 필름을 제조하기 위해 선택된 단계들을 예증하는 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 기판 갭에 실리콘 산화물 필름을 형성하기 위해 선택된 단계들을 예증하는 다른 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 기판 프로세싱 시스템을 도시한다.

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

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

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 실리콘 산화물 층들의 형성 방법들이 설명된다. 상기 방법들은 무-탄소 실리콘-함유 전구체를 라디칼-질소 전구체와 혼합하는 단계; 및 실리콘-및-질소-함유 층을 기판 상에 증착하는 단계를 포함한다. 라디칼-질소 전구체는 수소-및-질소-함유 전구체를 플라즈마 내로 유동시킴으로써 플라즈마 내에 형성된다. 실리콘-및-질소 함유 층을 증착하기 이전에서, 실리콘-및-질소-함유 층의 접착력, 평활도 및 유동성을 향상시키기 위해서, 실리콘 산화물 라이너 층이 형성된다. 실리콘-및-질소-함유 층이 필름의 경화 및 어닐링에 의해서 실리콘-및-산소-함유 층으로 변환될 수 있다. 방법들은 또한 스핀-온 실리콘-함유 물질을 도포하기 전에 실리콘 산화물 라이너 층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0013] 기판과 실리콘-및-질소-함유 층 사이에 산화물 라이너 층을 도입하는 것은 접착력을 향상시키고, 후속 프로세싱 동안에 및 그 후에 박리(delamination) 및 균열(cracking) 발생들을 감소시키는 것으로 보인다. 실리콘 산화물 라이너를 이용하는 개시된 실시예들에 따라 형성된 실리콘 산화물 필름들은 증착 역학(dynamics)의 변형을 표시하는 더욱 평활한 외측 표면을 또한 나타내었다. 전체적으로 정확할 수 있거나 또는 정확하지 않을 수 있는 이론적 메커니즘들에 대한 청구항들의 커버리지를 구속시키지 않으면서, 실라놀 그룹들이 실리콘 산화물 라이너 층의 노출된 표면 상에 존재할 수 있고, 이동성을 증가시키는 역할을 할 수 있어, 그에 따라 실리콘-및-질소-함유 층의 초기(nascent) 유동성을 증가시킨다. 실리콘 산화물 층을 포함하는 것의 다른 장점들은 일부 애플리케이션들에서 기초(underlying) 물질인 실리콘 질화물 상에서의 더욱 신속한 초기 성장 레이트를 포함한다. 다른 장점들은 또한 기초 기판에 대한 중첩되는 층의 수축 및 팽창을 수용하는 것을 포함한다. 복수 층의 증착 후에, 실리콘-및-질소-함유 층이 산소-함유 분위기에서 경화 및/또는 어닐링되어, 층을 실리콘 산화물로 변환할 수 있다.

[0014] 실리콘 산화물 층을 형성하기 위한 시스템 및 방법에 대한 추가적인 세부사항에 대해 이하에서 설명할 것이다.

[0015] <u>예시적 실리콘 산화물 형성 프로세스</u>

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 실리콘 산화물 필름들의 제조 방법들(100)에서 선택된 단계들을 나타낸 흐름도이다. 방법(100)은 동작(101)에서 TEOS 및 오존(O_3)의 동시적인 유동들을 이용하여 기판 상에 실리콘 산화물 라이너를 증착하는 단계를 포함한다. 본 명세서에서 설명된 다른 라이너 증착들에서와 같이, 증착 동안의 기판 온도는 본원 발명의 실시예들에서 400℃ 초과, 500℃ 초과, 600℃ 초과이다. 보다 더 큰 유동성 및 평활한 증착을 보장하기 위해서 물(H_2O, 증기), HMDS 및 TMDSO와 같은 첨가제들이 TEOS 및 오존(O_3)에 첨가될 수 있다.

후속하는 라디칼-컴포넌트 증착에 대비하여 기판의 상대적으로 높은 온도는 실리콘 질화물과 같은 비활성 표면들 상에서의 증착을 돕는다. 이어서, 라이너는 비교적 저온의 증착에 대해서 덜 비활성이고 그리고 더 전도성인(conductive) 실리콘 산화물 표면을 제시한다. 그러한 증착 프로세스들은 당업계에서 감압(sub-atmospheric) CVD(SACVD)로서 공지되나, 1 atm을 초과하는 압력에서도 또한 실시될 수 있을 것이다. TEOS의 예시적인 유량들은 상이한 실시예들에서 0.1 gm/min(분당 그램) 초과, 0.5 gm/min 초과, 1 gm/min 초과 및 3 gm/min 초과일 수 있다. 오존은 상이한 실시예들에서 1,000 sccm 초과, 3,000 sccm 초과, 10,000 sccm 초과 또는 30,000 sccm 초과로 유동될 수 있다. 비교적 비활성인 캐리어 가스들이 TEOS 및 선택적인 첨가제들을 기판으로 전달하는데 사용될 수 있고 캐리어 가스의 질량들은 전술한 gm/min 전달 레이트들에 포함되지 않는다.

[0017] 방법은 계속되고 기판 프로세싱 영역에 무-탄소 실리콘-함유 전구체를 제공하는 단계(동작(102))를 포함한다. 상기 무-탄소 실리콘-함유 전구체는, 다른 부류(classes)의 실리콘 전구체들 중, 예컨대, 실리콘-및-질소 전구체, 실리콘-및-수소 전구체, 또는 실리콘-질소-및-수소-함유 전구체일 수 있다. 실리콘-전구체는 무-탄소일 뿐만 아니라 무-산소(oxygen-free)일 수 있다. 산소의 결핍은 전구체들로부터 형성된 실리콘-및-질소층에서 실라놀(Si-OH) 족들의 더 낮은 농도를 초래한다. 증착된 필름에서 과다한 실라놀 부분들(moieties)은 증착된 층으로부터 하이드록실(-OH) 부분들을 제거하는 증착후 단계들에서 증가된 공극율 및 수축율을 유발할 수 있다.

[0018] 무-탄소 실리콘-함유 전구체들 중 특정 예들은, 다른 시릴-아민들 중 $H_2N(SiH_3)$, $HN(SiH_3)_2$ 및 $N(SiH_3)_3$와 같은 시릴-아민들을 포함할 수 있다. 시릴-아민의 유량들은 상이한 실시예들에서 약 200sccm 또는 그 초과, 약 300sccm 또는 그 초과, 또는 약 500sccm 또는 그 초과일 수 있다. 본 명세서에서 주어진 모든 유량들은 이중 챔버 기판 프로세싱 시스템을 지칭한다. 단일 웨이퍼 시스템들은 이들 유량들의 절반을 필요로 할 것이며, 다른 웨이퍼 크기들은 프로세싱되는 영역에 의해 스케일링되는(scaled by) 유량들을 필요로 할 것이다. 이들 시릴-아민들은 캐리어 가스들, 반응성 가스들 또는 이들 모두로서 작용할 수 있는 추가적인 가스들과 혼합될 수 있다. 이들 추가적인 가스들의 예들은, 다른 가스들 중, H_2, N_2, NH_3, He 및 Ar을 포함할 수 있다. 또한, 무-탄소 실리콘-함유 전구체들의 예들은 실란(SiH_4) 단독, 또는 다른 실리콘-함유 가스(예컨대, $N(SiH_3)_3$), 수소 함유 가스(예컨대, H_2), 및/또는 질소 함유 가스(예컨대, N_2, NH_3)와 혼합된 실란을 포함할 수도 있다. 또한, 무-탄소 실리콘-함유 전구체들은 단독의 또는 서로 조합된 디실란, 트리실란, 보다 고차의(higher-order) 실란들, 및 염소화된 실란들, 또는 전술한 무-탄소 실리콘-함유 전구체들을 포함할 수 있다. 무-탄소 실리콘-함유 전구체는 무-플라즈마 기판 프로세싱 영역으로 진입하기 전에 플라즈마 영역(예를 들어, 원격 플라즈마 영역) 내에서 여기되지 않는다.

[0019] 암모니아(NH_3)가 플라즈마 영역으로 전달되어 라디칼-질소 전구체를 형성한다(동작(104)). 라디칼-질소 전구체는 암모니아로부터 기판 프로세싱 영역 외부의 플라즈마 영역에서 발생된 질소-라디칼-함유 전구체이다. 예를 들어, NH_3를 함유한 안정된 질소 전구체 화합물이 프로세싱 챔버 외부의 원격 플라즈마 시스템(RPS) 또는 챔버 플라즈마 영역에서 활성화되어, 라디칼-질소 전구체를 형성할 수 있으며, 그 후, 라디칼-질소 전구체는 기판 프로세싱 영역으로 운반된다(동작(106)). 암모니아의 유량은 상이한 실시예들에서 약 300sccm 또는 그 초과, 약 500sccm 또는 그 초과, 또는 약 700sccm 또는 그 초과일 수 있는 한편, 질소(N_2) 및 수소(H_2)와 같은 부가적인 전구체들이 질소:수소 원자 유동 비율을 조정하기 위해서 포함될 수 있다. 또한, 라디칼-질소 전구체가 NH_3의 이용 없이 생성될 수 있다. 본원 발명의 실시예들에서, 원격 플라즈마 영역 내로 유동된 안정한 질소 전구체들은 H_2, N_2 및 N_2H_4 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 챔버 플라즈마 영역에서 생성된 라디칼-질소 전구체는 ·N, ·NH, ·NH_2 등 중 하나 또는 그 초과일 수 있으며, 또한 플라즈마에서 형성된 이온화된 종들을 수반할 수도 있다.

[0020] 챔버 플라즈마 영역을 채용한 실시예들에서, 라디칼-질소 전구체는 증착 기판(예컨대, 반도체 웨이퍼) 상에 실리콘-및-질소층을 증착하기 위해 전구체들이 혼합되고 반응하는 기판 프로세싱 영역으로부터 구획된(partitioned) 기판 프로세싱 시스템의 섹션에서 발생된다. 또한, 라디칼-질소 전구체는 헬륨, 아르곤 등과 같은 캐리어 가스를 수반할 수 있다. 기판 프로세싱 영역은, 실리콘-및-질소-함유 층의 성장 동안, 그리고 저온 오존 경화 동안, 본 명세서에서 "무-플라즈마"로서 설명될 수 있다. "무-플라즈마"는 본질적으로 영역에 플라즈마가 없다는 것을 의미하지는 않는다. 플라즈마 영역 내에서 생성된 이온화된 종들은 파티션(partition)(샤워헤드) 내의 기공들(개구들)을 통해서 이동하지만, 무-탄소 실리콘-함유 전구체는 플라즈마 영역으로 인가된 플라즈마 전력에 의해서 실질적으로 여기되지 않는다. 챔버 플라즈마 영역의 플라즈마 경계들은 규정하기 어렵

고, 샤워헤드의 개구를 통해 기판 프로세싱 영역으로 침범할 수 있다. 유도적으로 커플링된 플라즈마의 경우, 소량의 이온화가 기판 프로세싱 영역 내에서 직접적으로 이루어질 수 있다. 또한, 형성되는 필름의 유동성 특성을 제거하지 않고, 기판 프로세싱 영역에서 낮은 세기(intensity)의 플라즈마가 생성될 수 있다. 라디칼 질소 전구체의 생성 동안 챔버 플라즈마 영역보다 훨씬 더 낮은 이온 밀도를 가진 기판 프로세싱 영역 내의 플라즈마들은 본 명세서에 사용되는 바와 같이 "무-플라즈마"의 범위를 벗어나지 않는다.

[0021] 기판 프로세싱 영역에서, 무-탄소 실리콘-함유 전구체와 라디칼-질소 전구체는 혼합되고 반응하여 증착 기판 상에 실리콘-및-질소-함유 필름을 형성한다(동작(108)). 증착되는 실리콘-및-질소-함유 필름은 레시피 조합들에 따라 컨포멀하게(conformally) 증착될 수 있으며, 이는 증착 표면에서 높은 라디칼 질소 플럭스들 또는 낮은 증착 레이트들을 초래한다. 다른 실시예들에서, 증착되는 실리콘-및-질소-함유 필름은 통상의 실리콘 질화물(Si_3N_4) 필름 증착 기법들과 다른 유동성 특성들을 갖는다. 포메이션(formation)의 유동성 특성은 필름이 기판의 증착 표면 상의 좁은 갭들, 트렌치들 및 다른 구조물로 흘러들어갈 수 있도록 허용한다. 다른 실시예들에서, 증착 동안(동작(108)) 동안의 기판 온도는 120℃ 미만, 100℃ 미만, 80℃ 미만, 그리고 60℃ 미만이다.

[0022] 유동성은 라디칼-질소 전구체들의 여기되지 않은 무-탄소 실리콘-함유 전구체와 혼합하는 것에 기인한 다양한 특성들로 인한 것일 수 있다. 이들 특성들은 증착된 필름에서 상당한 수소 컴포넌트 및/또는 단쇄형(short chained) 폴리실라잔 폴리머들의 존재를 포함할 수 있다. 이들 단쇄들이 성장하여 네트워킹되어(network), 필름 형성 동안 및 그 후에 더 치밀한 유전체 재료를 형성한다. 예를 들면, 증착된 필름은 실라잔-타입의 Si-NH-Si 백본(backbone)(즉, Si-N-H 필름)을 가질 수 있다. 실리콘-함유 전구체와 라디칼-질소 전구체가 모두 무-탄소인 경우, 증착되는 실리콘-및-질소-함유 필름도 또한 실질적으로 무-탄소이다. 물론, "무-탄소"는 반드시 필름이 극소량의 탄소도 갖고 있지 않다는 것을 의미하지는 않는다. 탄소 오염물들은 증착된 실리콘-및-질소 전구체로의 그들의 진로를 발견하는 전구체 재료들에 존재할 수 있다. 그러나 예를 들어, 동작(101)에서 성장된 라이너 층에서, 이들 탄소 불순물들의 양은 탄소 부분(예컨대, TEOS, TMDSO, 등)을 가진 실리콘-함유 전구체에서 발견되는 것보다 훨씬 더 적다.

[0023] 실리콘-및-질소-함유 층의 증착에 이어서, 증착 기판은 산소-함유 분위기(atmosphere)(들)에서 경화 및/또는 어닐링될 수 있다(동작(110)). 경화는 약 400℃ 또는 그 미만의 기판 온도에서 오존-함유 분위기에서 실시될 수 있다. 일부 조건들(예컨대, 약 100℃ 내지 약 200℃의 기판 온도들 사이)하에서, 변환이 실질적으로 완료되는 것으로 밝혀졌으며, 이에 따라, 본원 발명의 실시예들에서 산소-함유 분위기에서 상대적으로 고온의 어닐링이 필요하지 않을 수 있다. 실리콘-및-질소 함유 층의 경화에 이어서, 기판을 산소 함유 분위기에서 어닐링하여 필름을 실리콘 산화물로 추가로 변환시키는 것이 바람직할 수 있다. 산소-함유 분위기는, 다른 산소 함유 가스들 중에서도, 분자 산소(O_2), 오존(O_3), 수증기(H_2O), 과산화수소(H_2O_2) 및 질소 산화물들(NO, NO_2 등)과 같은 하나 또는 그 초과의 산소-함유 가스를 포함할 수 있다. 산소-함유 분위기는 원격지에서 발생되어 기판 챔버로 전달될 수 있는, 산소 원자(O), 수산화물(OH) 등과 같은 라디칼 산소 및 하이드록실 종을 또한 포함할 수 있다. 또한, 산소 함유 종의 이온들이 존재할 수 있다. 기판의 산소 어닐링 온도는 약 500℃ 내지 약 1100℃ 일 수 있다. 플라즈마가 사용되는 경우에, 기판 프로세싱 영역 내에, 샤워헤드에 의해서 분리된 분리 영역 내에, 또는 원격 플라즈마 시스템(RPS) 내에 플라즈마가 있을 수 있다.

[0024] 경화 및 산소 어닐링 모두의 산소-함유 분위기들은 실리콘-및-질소-함유 필름을 실리콘 산화물(SiO_2) 필름으로 변환시키기 위해 산소를 제공한다. 전술한 바와 같이, 실리콘-및-질소-함유 필름에서의 탄소의 결핍은 최종 실리콘 산화물 필름에 현저히 더 적은 기공들이 형성되는 결과를 초래한다. 또한, 실리콘 산화물로의 변환 동안 필름의 부피 감소(즉, 수축)를 적게 하는 결과를 초래한다. 예를 들어, 탄소-함유 실리콘 전구체들 및 라디칼-질소로부터 형성되는 실리콘-질소-탄소 층은 실리콘 산화물로 변환될 때 40부피% 또는 그 초과만큼 수축할 수 있고, 실질적인 무-탄소 실리콘-및-질소 필름들은 약 17부피% 또는 그 미만만큼 수축할 수 있다.

[0025] 이제, 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따라 기판 갭에 실리콘 산화물 필름을 형성하기 위한 방법들(200)에서 선택된 단계들을 예증하는 다른 흐름도가 도시된다. 상기 방법(200)은 기판 상에 형성된 소자 컴포넌트들(예를 들어, 트랜지스터들)의 구조 및 간격의 갭들을 가지는 패터닝된 기판 상에 실리콘 산화물 라이너를 증착하는 단계를 포함한다. 갭들은 1:1 보다 훨씬 더 큰 높이 대 폭(즉, H/W)의 종횡비(AR)(예컨대, 5:1 또는 그 초과, 6:1 또는 그 초과, 7:1 또는 그 초과, 8:1 또는 그 초과, 9:1 또는 그 초과, 10:1 또는 그 초과, 11:1 또는 그 초과, 12:1 또는 그 초과, 등)를 규정하는 높이 및 폭을 가질 수 있다. 다수의 경우들에서, 높은 AR은 약 90nm 내지 약 22nm의 그 범위의 또는 그 미만의 작은 갭 폭들(예컨대, 90nm, 65nm, 45nm, 32nm, 22nm,

16㎚ 등)에 기인한다.

[0026] 실리콘 산화물 라이너는 TEOS 및 산소(O_2)의 동시적인 유동들로 증착된다(동작(201)). 기판 온도들은 도 1을 참조하여 설명된 실시예들과 동일할 수 있고, 동일한 첨가물들이 동일한 목적들로 첨가될 수 있다. 상대적으로 높은 증착 온도는, 라이너 층 없이 라디칼-컴포넌트 증착이 시도된 경우보다 증착이 더 신속하게 진행되도록 허용한다. 라이너는 상대적으로 저온의 증착에 대해서 덜 비활성이고 더 전도성인(conductive) 실리콘 산화물 표면을 제공한다. 그러한 증착 프로세스들은 당업계에서 감압 CVD(SACVD)로서 공지되어 있으나, 또한 1 atm 초과의 압력들에서 실시될 수도 있다. 여러 실시예들에서, TEOS의 예시적인 유량들은 0.1 gm/min(분당 그램) 초과, 0.5 gm/min 초과, 1 gm/min 초과 및 3 gm/min 초과일 수 있다. 산소는 상이한 실시예들에서 3,000 sccm 초과, 10,000 sccm 초과, 30,000 sccm 초과 또는 60,000 sccm 초과로 유동될 수 있다. 상대적으로 비활성인 캐리어 가스들은 TEOS 및 선택적인 첨가제들을 기판으로 전달하는데 사용될 수 있고 캐리어 가스의 질량들은 상기 주어진 gm/min 전달 레이트들에 포함되지 않는다.

[0027] 그 후, 기판은 기판 프로세싱 영역으로 이송되고(동작(202)), 암모니아(NH_3)가 분리된 챔버 플라즈마 영역 내에서 여기되어, 라디칼-질소 전구체를 형성한다(동작(204)). 챔버 플라즈마 영역 내의 플라즈마는 라디칼-질소 전구체를 생성하고, 그러한 라디칼-질소 전구체는 기판 프로세싱 영역으로부터 챔버 플라즈마 영역을 분리하는 샤워헤드 내의 개구들을 통해서 유동된다. 무-탄소 실리콘-함유 전구체가 기판 프로세싱 영역 내에서 라디칼-질소 전구체와 혼합된다(동작(206)). 유동성 실리콘-및-질소-함유 층이 기판 상에 증착된다(동작(208)). 층이 유동성이기 때문에, 그 층은 충진 물질의 중심 주위에 공극들 또는 약한 시임들을 생성하지 않고 고 종횡비들을 갖는 갭들을 충진할 수 있다. 예를 들어, 유동성 물질의 증착은, 유동성 물질이 완전히 충진되기 전에 갭의 상단부를 너무 빨리 막아서 갭의 중간에 공극을 남기게 될 가능성이 적다. 실시예들에서, 기판 온도는 도 1을 참조하여 논의된 온도들 미만이다.

[0028] 그 후, 실리콘-및-질소-함유 층을 실리콘 산화물로 전이시키기 위해서, 증착된 그대로의(as-deposited) 실리콘-및-질소-함유 층은 오존-함유 분위기에서 경화될 수 있고 및/또는 산소-함유 분위기에서 어닐링될 수 있다(동작(210)). 상기 실리콘 산화물 층을 치밀화하기(densify) 위해 더 높은 기판 온도의 비활성 분위기에서 추가적인 어닐링(미도시)이 실행될 수 있다. 산소-함유 분위기에서의 증착된 그대로의 실리콘-및-질소-함유 층의 경화 및 어닐링은 기판 갭을 포함하는, 기판 상의 실리콘 산화물 층을 형성한다. 실시예들에서, 동작(210)의 프로세싱 파라미터들은 도 1과 관련하여 설명한 것과 동일한 범위들을 가진다. 전술한 바와 같이, 실리콘 산화물 층은, 열처리 단계 이전에 층에 상당량의 탄소가 존재하는, 탄-함유 전구체들로 형성된 유사한 층들보다 기공들이 적고 부피 감소가 적다. 많은 경우들에서, 부피 감소는 수축하는 실리콘 산화물의 결과로서, 갭에 형성하는 공간을 충진, 메움(heal) 또는 다른 방식으로 제거하기 위한 사후 열처리(post heat treatment) 단계들을 피할 수 있을 정도로 충분히 경미하다(예컨대, 약 15 부피% 또는 그 미만).

[0029] <u>예시적 실리콘 산화물 증착 시스템</u>

[0030] 본 발명의 실시예들을 실행할 수 있는 증착 챔버들은, 다른 유형들의 챔버들 중에서, 고밀도 플라즈마 화학 기상 증착(HDP-CVD) 챔버들, 플라즈마 강화 화학 기상 증착(PECVD) 챔버들, 감압 화학 기상 증착(SACVD) 챔버들, 및 열 화학 기상 증착 챔버들을 포함할 수 있다. 본 발명의 실시예들을 실행할 수 있는 CVD 시스템들의 특수한 예들은, 캘리포니아, 산타 클라라에 소재한 어플라이드 머티어리얼스사로부터 입수할 수 있는, CENTURA ULTIMA®HDP-CVD 챔버들/시스템들과 PRODUCER®RECVD 챔버들/시스템들을 포함한다.

[0031] 본 발명의 예시적 방법들과 함께 사용될 수 있는 기판 프로세싱 챔버들의 예들은 본 출원인에게 양도되고 "유전체 갭충진을 위한 프로세스 챔버"란 명칭으로 2006년 5월 30일자로 루보미르스키 등에 의해 출원된 미국 가특허 출원 번호 제60/803,499호에 도시되고 설명된 것들을 포함할 수 있고, 이의 전체 내용들은 모든 목적들을 위해 참조로서 본 명세서에 통합된다. 추가적인 예시적 시스템들은 미국 특허 제6,387,207호 및 제6,830,624호에 도시되고 설명된 것들을 포함할 수 있고, 이들은 또한 모든 목적들을 위해 참조로서 본 명세서에 통합된다.

[0032] 증착 시스템들의 실시예들은 집적 회로 칩들을 생산하기 위한 대형 제조 시스템들에 통합될 수 있다. 도 3은 개시된 실시예들에 따른 증착, 베이킹(baking) 및 경화 챔버들의 그러한 하나의 시스템(300)을 도시한다. 도면에서, 한 쌍의 FOUP들(전면 개구 통합형 포드(pod)들)(302)이 기판들(예컨대, 300㎜ 직경의 웨이퍼들)을 공급하며, 이 기판들은 로봇 암(304)에 의해 수신되고, 웨이퍼 프로세싱 챔버들(308a-f)들 중 하나에 위치되기 전에 저압 유지 영역(306)에 위치된다. 유지 영역(306)으로부터 프로세싱 챔버들(308a-f)로 그리고 그 반대로 기판 웨이퍼들을 운반하기 위해 제 2 로봇 암(310)이 사용될 수 있다.

[0033] 프로세싱 챔버들(308a-f)은 기판 웨이퍼 상에 유동성 유전체 필름을 증착, 어닐링, 경화 및/또는 에칭하기 위한 하나 또는 그 초과의 시스템 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 하나의 구성에 있어서, 유동성 유전체 재료를 기판 상에 증착하기 위해 2쌍의 프로세싱 챔버(예컨대, 308c-d, 및 308e-f)가 사용될 수 있으며, 증착된 유전체를 어닐링하기 위해 제 3 쌍의 프로세싱 챔버들(예컨대, 308a-b)이 사용될 수 있다. 다른 구성에 있어서, 동일한 2쌍의 프로세싱 챔버들(예컨대, 308c-d, 및 308e-f)이 기판 상에서의 유동성 유전체 필름의 증착과 어닐링 모두를 위해 구성될 수 있는 한편, 제 3 쌍의 챔버들(예컨대, 308a-b)은 증착된 필름의 UV 또는 E-빔 경화를 위해 사용될 수 있다. 또 다른 구성에 있어서, 모든 3쌍의 챔버들(예컨대, 308a-f)이 기판 상에서 유동성 유전체 필름을 증착 및 경화하도록 구성될 수 있다. 또 다른 구성에 있어서, 2쌍의 프로세싱 챔버들(예컨대, 308c-d, 및 308e-f)이 유동성 유전체의 증착과 UV 또는 E-빔 경화 모두를 위해 사용될 수 있는 한편, 제 3 쌍의 프로세싱 챔버들(예컨대, 308a-b)은 유전체 필름의 어닐링을 위해 사용될 수 있다. 개시된 프로세스들 중 임의의 하나 또는 그 초과가 상이한 실시예들에서 도시된 제조 시스템으로부터 분리된 챔버(들) 상에서 실시될 수 있다.

[0034] 또한, 상기 프로세싱 챔버들(308a-f) 중 하나 또는 그 초과가 습식 처리 챔버로서 구성될 수 있다. 이들 프로세스 챔버들은 습기를 포함하는 분위기에서 유동성 유전체 필름의 가열을 포함한다. 따라서, 시스템(300)의 실시예들은 증착된 유전체 필름에 대한 습식 및 건식 어닐링을 모두 실시하기 위해 습식 처리 챔버들(308a-b)과 어닐링 프로세싱 챔버들(308c-d)을 포함할 수 있다.

[0035] 실리콘 산화물 라이너 층이 감압 화학 기상 증착(SACVD)을 통해서 라이너 층을 증착하도록 구성되는 챔버들 중 하나 내에서 증착될 수 있다. TEOS 및 오존 또는 TEOS 및 산소(O_2)의 조합에 기판을 노출시키는 것을 포함하는 상대적으로 높은 압력의 프로세스들을 설명하기 위한 다른 명칭들(names)이 사용될 수 있을 것이다. 그러한 시스템들은 캘리포니아 산타 클라라에 소재한 어플라이드 머티어리얼스사로부터 또한 입수할 수 있다. 상이한 실시예들에서, 실리콘 산화물 라이너 층의 두께는 100 Å 미만, 75 Å 미만, 50 Å 미만 및 25 Å 미만일 수 있다. 실리콘 산화물 라이너 층의 증착에 이어서, 기판이 도 4에 설명된 바와 같이 라디칼-컴포넌트 CVD 챔버로 이송될 수 있다. 대안적으로, 스핀-온 유전체(SOD), 스핀-온 글래스(SOG) 또는 다른 스핀-온 실리콘-함유 필름이 도포될 수 있다. 스핀-온 유동성 물질들은, 필름이 층박리 및 균열을 적게 나타낼 것이라는 점에서, 라디칼-컴포넌트 유동성 증착에 대해 유사한 장점들을 제공할 것이다. 본원 발명의 실시예들에서, 실리콘 및 질소를 포함하는 SOD 필름들이 이러한 장점들을 나타낼 것이다.

[0036] 도 4a는 개시된 실시예들에 따른 기판 프로세싱 챔버(400)이다. 원격 플라즈마 시스템(RPS)(410)은 그 후 가스 입구 어셈블리(411)를 통해 이동하는 가스를 프로세싱할 수 있다. 2개의 분리된 가스 공급 채널들을 가스 입구 어셈블리(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(400)를 우회한다(bypass). 개시된 실시예들에서, 제 1 채널(412)은 프로세스 가스를 위해 사용될 수 있고, 제 2 채널(413)은 처리 가스를 위해 사용될 수 있다. 덮개(또는 전도성 상단 부분)(421)와 천공된(perforated) 파티션(453)이 그들 사이의 절연 링(424)과 함께 도시되고, 상기 절연 링은 AC 전위가 천공된 파티션(453)에 대해서 덮개(421)에 인가될 수 있도록 한다. 프로세스 가스는 제 1 채널(412)을 통해 챔버 플라즈마 영역(420)으로 이동하며, 챔버 플라즈마 영역(420) 내의 플라즈마에 의해 단독으로, 또는 RPS(410)와 조합하여 여기될 수 있다. 챔버 플라즈마 영역(420) 및/또는 RPS(410)의 조합은 본 명세서에서 원격 플라즈마 시스템으로 지칭될 수 있다. (샤워헤드로서 또한 지칭되는) 천공된 파티션(453)은 샤워헤드(453) 아래의 기판 프로세싱 영역(470)으로부터 챔버 플라즈마 영역(420)을 분리시킨다. 샤워헤드(453)는 챔버 플라즈마 영역(420)에 존재하는 플라즈마가 기판 프로세싱 영역(470)의 가스들을 직접 여기시키는 것을 방지하도록 허용하는 한편, 여전히 여기된 종들이 챔버 플라즈마 영역(420)으로부터 기판 프로세싱 영역(470)으로 이동하도록 허용한다.

[0037] 샤워헤드(453)는 챔버 플라즈마 영역(420)과 기판 프로세싱 영역(470) 사이에 위치설정되며, 챔버 플라즈마 영역(420) 내부에 생성된 플라즈마 유출물들(전구체들 또는 다른 가스들의 여기된 유도체들)이 복수의 관통 홀들(through hole)(456)을 통과할 수 있도록 허용하며, 상기 관통 홀은 판의 두께를 횡단한다. 또한, 상기 샤워헤드(453)는 (실리콘-함유 전구체와 같이) 증기 또는 가스 형태의 전구체로 충진될 수 있는 하나 또는 그 초과의 중공 체적들(451)을 갖고, 상기 중공 체적들은 작은 홀들(455)을 통해 기판 프로세싱 영역(470)으로 연장되나, 챔버 플라즈마 영역(420)으로 직접 연장되지는 않는다. 개시된 본 실시예에서, 샤워헤드(453)는 관통 홀들(456)의 최소 직경(450)의 길이보다 더 두껍다. 챔버 플라즈마 영역(420)으로부터 기판 프로세싱 영역(470)으로 침투하는 여기된 종들의 상당한(significant) 농도를 유지하기 위해, 관통 홀들의 최소 직경(450)의 길이(426)는 샤워헤드(453)에서 약간 떨어져(part away) 관통 홀들(456)의 더 큰 직경 부분들을 형성함으로써 제한될 수 있다. 개시된 실시예들에서, 상기 관통 홀들(456)의 최소 직경(450)의 길이는 관통 홀들(456)의 최소 직

경과 같은 자릿수(same order of magnitude) 또는 그 미만일 수 있다.

[0038] 도시된 실시예에서, 샤워헤드(453)는 산소, 수소 및/또는 질소를 포함하는 프로세스 가스들 및/또는 챔버 플라즈마 영역(420)의 플라즈마에 의한 여기 시, 그러한 프로세스 가스들의 플라즈마 유출물들을 (관통 홀들(456)을 통해) 분배할 수 있다. 실시예들에서, RPS(410) 및/또는 챔버 플라즈마 영역(420)에서 여기된 프로세스 가스들은 암모니아(NH_3) 및 질소(N_2) 및/또는 수소(H_2)를 포함한다. 일반략적으로 말해서, 제 1 채널(412)을 통해 RPS(410) 및/또는 챔버 플라즈마 영역(420)으로 도입되는 프로세스 가스는 산소(O_2), 오존(O_3), N_2O, NO, NO_2, NH_3, 그리고 N_2H_4를 포함하는 N_xH_y, 실란, 디실란, TSA 및 DSA 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 또한, 프로세스 가스는 헬륨, 아르곤, 질소(N_2) 등과 같은 캐리어 가스를 포함할 수 있다. 또한, 제 2 채널(413)은 성장하는 또는 증착된 그대로의 필름으로부터 원하지 않는 컴포넌트를 제거하기 위해 사용되는 프로세스 가스 및/또는 캐리어 가스, 및/또는 필름-경화 가스를 전달할 수 있다. 플라즈마 유출물들은 프로세스 가스의 이온화된 유도체 또는 중성의 유도체를 포함할 수 있으며, 도입된 프로세스 가스의 원자 성분(atomic constituent)들을 지칭하는 라디칼-산소 전구체 및/또는 라디칼-질소 전구체로서 본 명세서에서 또한 지칭될 수 있다.

[0039] 실시예들에서, 관통 홀들(456)의 수는 약 60 내지 약 2000개일 수 있다. 관통 홀들(456)은 다양한 형상을 가질 수 있으나, 가장 용이하게는 원형으로 제조된다. 개시된 실시예들에서, 관통 홀들(456)의 최소 직경(450)은 약 0.5㎜ 내지 약 20㎜ 이거나, 약 1㎜ 내지 약 6㎜일 수 있다. 또한, 관통 홀들의 단면 형상의 선택에 있어서의 관용도(latitude)가 있으며, 이는 원뿔형, 원통형 또는 이 두 가지 형상의 조합으로 제조될 수 있다. 상이한 실시예들에서, 가스를 기판 프로세싱 영역(470)으로 도입하기 위해 사용되는 작은 홀들(455)의 수는 약 100 내지 약 5000개 또는 약 500 내지 약 2000개일 수 있다. 상기 작은 홀들(455)의 직경은 약 0.1㎜ 내지 약 2㎜일 수 있다.

[0040] 도 4b는 개시된 실시예들에 따른 프로세싱 챔버와 함께 사용하기 위한 샤워헤드(453)의 저면도이다. 샤워헤드(453)는 도 4a에 도시된 샤워헤드에 대응한다. 관통 홀들(456)은 샤워헤드(453)의 바닥에서 더 큰 내경(ID)을 갖고 상단에서 더 작은 ID를 갖는 것으로 도시되어 있다. 작은 홀들(455)이 샤워헤드의 표면에 걸쳐, 심지어는 관통 홀들(456) 사이에서도, 실질적으로 균일하게 분포되며, 이는 본 명세서에 개시된 다른 실시예들보다 더 균일한 혼합을 제공하는 것을 돕는다.

[0041] 샤워헤드(453)에 관통 홀들(456)을 통해 도달하는 플라즈마 유출물들이 중공 체적들(451)로부터 발생하는 작은 홀들(455)을 통해 도달하는 실리콘-함유 전구체와 조합될 때, 기판 프로세싱 영역(470) 내부의 페데스탈(미도시)에 의해 지지되는 기판 상에 예시적 필름이 생성된다. 기판 프로세싱 영역(470)이 경화와 같은 다른 프로세스들을 위해 플라즈마를 지원하도록 구비될 수 있으나, 예시적 필름의 성장 동안 플라즈마는 존재하지 않는다.

[0042] 플라즈마는 샤워헤드(453) 위의 챔버 플라즈마 영역(420) 또는 샤워헤드(453) 아래의 기판 프로세싱 영역(470)에서 점화될 수 있다. 질소-및-수소-함유 가스의 유입으로부터 라디칼 질소 전구체를 생성하기 위해서 플라즈마가 챔버 플라즈마 영역(420)에 존재한다. 증착 동안 챔버 플라즈마 영역(420)에서 플라즈마를 점화하기 위해, 샤워헤드(453)와 프로세싱 챔버의 전도성 상단 부분(421) 사이에, 통상적으로 무선 주파수(RF) 범위인, AC 전압이 인가된다. RF 파워 서플라이는 13.56㎒의 높은 RF 주파수를 발생시키지만, 또한 단독으로 또는 13.56㎒ 주파수와 조합하여 다른 주파수들을 발생시킬 수도 있다.

[0043] 기판 프로세싱 영역(470)과 접한 내부 표면들을 세정하거나 필름을 경화시키기 위해 기판 프로세싱 영역(470)에서 하부 플라즈마가 턴 온될 때, 상부 플라즈마는 저전력으로 유지되거나 무전력으로 유지될 수 있다. 기판 프로세싱 영역(470)의 플라즈마는 샤워헤드(453)와 챔버의 페데스탈 또는 바닥 사이에 AC 전압을 인가함으로써 점화된다. 플라즈마가 존재할 때, 세정 가스가 기판 프로세싱 영역(470)으로 도입될 수 있다.

[0044] 페데스탈은 열 교환 채널을 가질 수 있으며, 기판의 온도를 제어하기 위해 열 교환 채널을 통해 열 교환 유체가 흐른다. 이 구조는 기판 온도가 비교적 저온들(실온부터 약 120℃까지)로 유지되도록 냉각 또는 가열될 수 있도록 허용한다. 상기 열 교환 유체는 에틸렌 글리콜 및 물을 포함할 수 있다. 페데스탈(바람직하게, 알루미늄, 세라믹, 또는 이들의 조합)의 웨이퍼 지지 플래터(platter)는 또한 평행한 동심원들의 형태로 2개의 완전한 턴들(full turns)을 만들도록 구성된 내장식 단일 루프 내장식 히터 엘리먼트를 사용하여 비교적 고온들(약 120℃로부터 약 1100℃)을 달성하기 위해 저항식으로 가열될 수 있다. 히터 엘리먼트의 외부 부분은 지지 플래터의 원주에 인접하여 이어질(run) 수 있는 반면, 내부 부분은 더 작은 반경을 가진 동심원의 경로 상으로 이어진다. 히터 엘리먼트에 대한 배선은 페데스탈의 스템(stem)을 통과한다.

[0045] 기판 프로세싱 시스템은 시스템 제어기에 의해 제어된다. 예시적 실시예에서, 시스템 제어기는 하드 디스크 드라이브, 플로피 디스크 드라이브 및 프로세서를 포함한다. 프로세서는 단일 보드 컴퓨터(SBC), 아날로그 및 디지털 입력/출력 보드들, 인터페이스 보드들 및 스텝퍼 모터 제어기 보드들을 포함한다. CVD 시스템의 다양한 컴포넌트들은 보드, 카드 케이지(cage) 및 커넥터 치수들 및 유형들을 규정하는 VME(Versa Modular European) 표준을 따른다. 또한, VME 표준은 16-비트 데이터 버스와 24-비트 어드레스 버스를 갖는 것으로서 버스 구조를 규정한다.

[0046] 시스템 제어기는 CVD 머신의 모든 활동들을 제어한다. 시스템 제어기는 컴퓨터 판독가능한 매체 내에 저장된 컴퓨터 프로그램인 시스템 제어 소프트웨어를 실행한다. 바람직하게, 매체는 하드 디스크 드라이브이지만, 매체는 또한 다른 종류들의 메모리일 수도 있다. 컴퓨터 프로그램은 타이밍, 가스들의 혼합물, 챔버 압력, 챔버 온도, RF 전력 레벨들, 서셉터 위치, 및 특정 프로세스의 다른 파라미터들을 서술하는 명령들의 세트들을 포함한다. 예를 들어, 플로피 디스크 또는 다른 적합한 드라이브를 포함하는 다른 메모리 디바이스들 상에 저장된 다른 컴퓨터 프로그램들이 시스템 제어기에 지시하는데 또한 사용될 수 있다.

[0047] 기판 상에 필름 스택을 증착하기 위한 프로세스 또는 챔버를 세정하기 위한 프로세스는 시스템 제어기에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램 물건을 사용하여 구현될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 코드는 임의의 종래의 컴퓨터 판독가능한 프로그래밍 언어, 예를 들어 68000 어셈블리 언어, C, C++, 파스칼, 포트란 또는 기타 언어로 기록될 수 있다. 적합한 프로그램 코드가 종래의 텍스트 에디터를 사용하여 단일 파일 또는 다중 파일들로 입력되며, 컴퓨터의 메모리 시스템과 같은 컴퓨터 사용가능한 매체에 저장 또는 구현된다. 입력된 코드 텍스트가 고-레벨 언어로 되어 있다면, 코드는 컴파일되고, 결과적인 컴파일러 코드는 그 후 프리컴파일드 마이크로소프트 윈도우즈® 라이브러리 루틴들의 목적 코드와 링크된다. 링크된 컴파일드 목적 코드를 실행하기 위해, 시스템 유저는 목적 코드를 인보크하여, 컴퓨터 시스템이 메모리에 코드를 로딩하게 한다. 그 후 CPU는 코드를 판독하고 실행하여, 프로그램에서 식별된 임무들을 수행한다.

[0048] 사용자와 제어기 사이의 인터페이스는 평판 터치 감응형 모니터를 통한다. 바람직한 실시예에서, 2개의 모니터들이 사용되는데, 하나는 조작자를 위해서 클린 룸 벽(clean room wall)에 장착되고 다른 하나는 서비스 기술자들을 위해서 벽의 뒤에 장착된다. 2개의 모니터들은 동일한 정보를 동시에 디스플레이할 수 있으며, 그 경우, 한번에 단지 하나만 입력을 수용한다. 특정 스크린 또는 기능을 선택하기 위해서, 조작자는 터치 감응형 모니터의 지정된 영역을 터치한다. 터치된 영역은 그것의 하이라이트 처리된 색상을 변화시키거나, 또는 새로운 메뉴 또는 스크린이 디스플레이되어, 터치 감응형 모니터와 조작자 사이의 통신을 확인한다. 그 밖의 디바이스들, 예컨대, 키보드, 마우스, 또는 다른 포인팅 또는 통신 디바이스가 터치 감응형 모니터 대신에 또는 그에 추가로 사용되어, 사용자가 시스템 제어기와 통신하게 허용할 수 있다.

[0049] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "기판"은 그 위에 층들이 형성되거나 형성되지 않은 지지 기판일 수 있다. 지지 기판은 절연체이거나 다양한 도핑 농도들 및 프로파일들을 가진 반도체일 수 있으며, 예컨대, 집적 회로들의 제조에 사용되는 유형의 반도체 기판일 수 있다. "실리콘 산화물"의 층은 질소, 수소, 탄소 등과 같은 적은(minority) 농도들의 다른 원소 성분(elemental constituent)들을 포함할 수 있다. "여기된 상태"의 가스는 가스 분자들 중 적어도 일부가 진동-여기되고, 해리되고 및/또는 이온화된 상태에 있는 가스를 설명한다. 가스는 둘 또는 그 초과의 가스들의 조합일 수 있다. "트렌치"라는 용어는 에칭된 기하학적 구조가 큰 수평적 종횡비를 갖는다는 암시 없이 전체적으로 사용되었다. 표면 위에서 봤을 때, 트렌치들은 원형, 타원형, 다각형, 직사각형, 또는 다양한 다른 형태들을 나타낼 수 있다. "비아"라는 용어는 수직한 전기적 접속을 형성하기 위해 금속으로 충진되거나 충진되지 않을 수 있는 낮은 종횡비 트렌치를 지칭하기 위해 사용된다. "전구체"라는 용어는 표면으로부터 물질을 제거하거나 또는 표면에 물질을 증착하기 위한 반응에 참여하는 임의의 프로세스 가스를 지칭하기 위해서 사용된다.

[0050] 몇 개의 실시예들을 개시하였지만, 본 발명의 사상을 벗어나지 않고 다양한 변형, 선택적 구성, 및 등가물들이 이용될수 있다는 것을 당업자들은 인식할 것이다. 부가적으로, 본 발명이 불필요하게 불명료해지는 것을 방지하기 위해서, 많은 수의 공지된 프로세스들 및 부재들을 설명하지는 않았다. 따라서, 상기 설명은 본 발명의 범주를 제한하는 것으로 간주되어서는 안 된다.

[0051] 값들의 범위가 제공될 때, 별다른 명확한 지시가 없다면, 이들 범위의 상한치 및 하한치 사이에서, 하한치 유니트(unit)의 1/10 까지, 각각의 중간 값이 또한 구체적으로 개시된 것임을 이해할 수 있을 것이다. 임의의 언급된 값 또는 언급된 범위의 중간 값과 임의의 다른 언급된 값 또는 해당 언급된 범위의 중간 값 사이의 각각의 작은 범위가 포함된다. 이들 작은 범위들의 상한치 및 하한치들은 상기 범위에 독립적으로 포함되거나 배제될

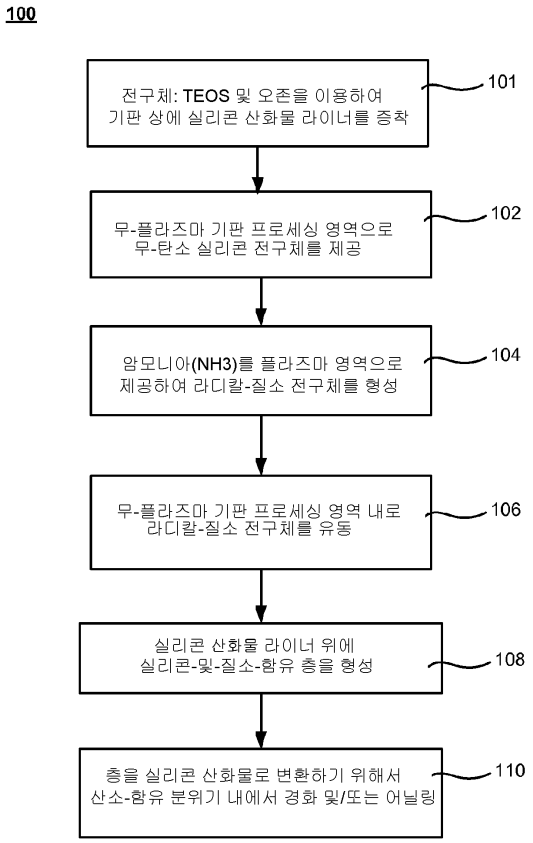
수 있으며, 보다 작은 범위 내에 한계치들 중 하나 또는 둘 모두가 포함되거나 또는 둘 모두가 포함되지 않는 경우, 각각의 범위는 또한 본 발명에 포함되며, 만약 상한치 또는 하한치가 상기 작은 범위 내에 포함되나, 상기 언급된 범위에는 포함되지 않는다면 그러한 상한치 또는 하한치는 본원 발명에 포함되지 않을 것이다. 언급된 범위가 한계치들 중 하나 또는 둘 모두를 포함하는 경우, 이들 포함된 한계치들중 어느 하나 또는 둘 모두를 배제하는 범위가 또한 포함된다.

[0052] 본 명세서 및 첨부되는 청구항들에서 사용되는 바와 같이, 단수 형태("a" "an" 및 "상기(the)")는 문맥상 명백한 다른 언급이 없다면 복수의 인용들을 포함한다. 따라서, 예를 들어, "프로세스(a process)"라는 인용은 복수의 이러한 프로세스들을 포함하며, "상기 전구체(the precursor)"라는 인용은 당업자에게 알려진 하나 또는 그 초과의 전구체 및 등가물들에 대한 인용을 포함하며, 기타의 경우도 유사하다.

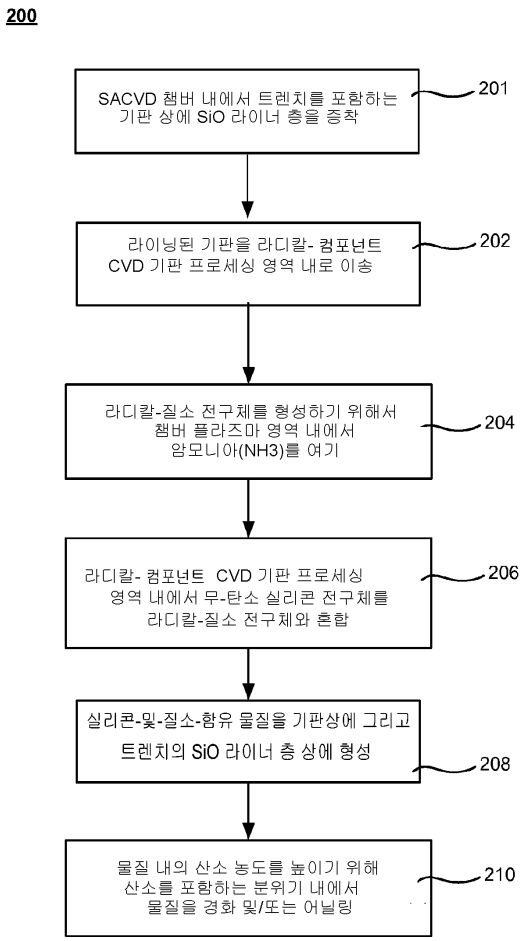
[0053] 또한, 본 명세서 및 하기 청구항들에서 사용되는 포함("comprise," "comprising," "include," "including," 및 "includes")이라는 단어는 언급된 피쳐들, 정수들, 부품들 또는 단계들의 존재를 특정하기 위한 것이나, 이는 하나 또는 그 초과의 다른 피쳐들, 정수들, 부품들, 단계들, 동작들 또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것은 아니다.

도면

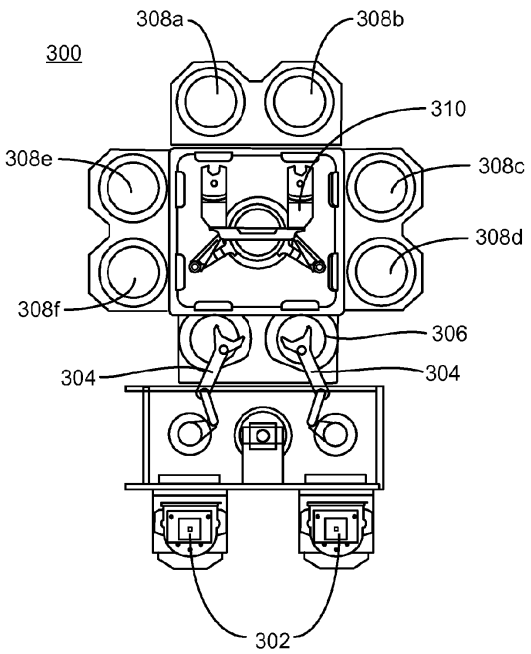
도면1



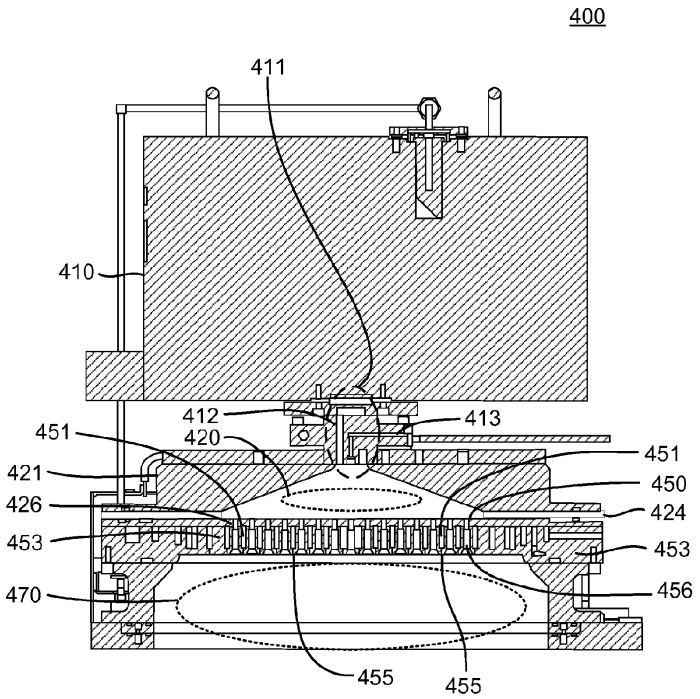
도면2


200
SACVD 챔버 내에서 트렌치를 포함하는 기판 상에 SiO 라이너 층을 증착
201
라이닝된 기판을 라디칼- 컴포넌트 CVD 기판 프로세싱 영역 내로 이송
202
라디칼-질소 전구체를 형성하기 위해서 챔버 플라즈마 영역 내에서 암모니아(NH3)를 여기
204
라디칼- 컴포넌트 CVD 기판 프로세싱 영역 내에서 무-탄소 실리콘 전구체를 라디칼-질소 전구체와 혼합
206
실리콘-및-질소-함유 물질을 기판상에 그리고 트렌치의 SiO 라이너 층 상에 형성
208
물질 내의 산소 농도를 높이기 위해 산소를 포함하는 분위기 내에서 물질을 경화 및/또는 어닐링
210

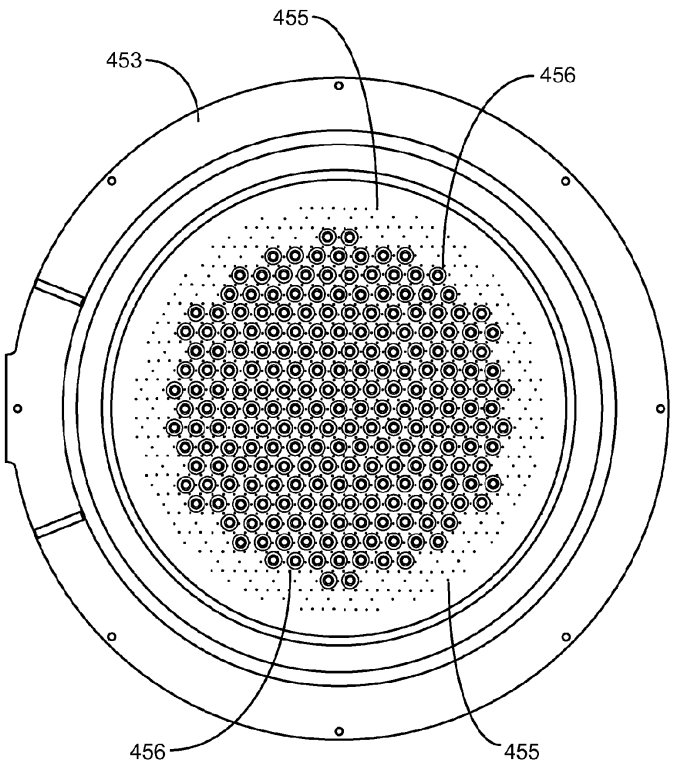
도면3


300
308a
308b
310
308e
308c
308d
308f
306
304
304
302

도면4a


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

도면4b


455
453
456
456
455