(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
H01L 21/265 (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01)
H01J 37/30 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0026608
(43) 공개일자 2007년03월08일

(21) 출원번호 10-2006-7026723
(22) 출원일자 2006년12월19일
심사청구일자 없음
번역문 제출일자 2006년12월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/017699
국제출원일자 2005년05월19일
(87) 국제공개번호 WO 2005/114692
국제공개일자 2005년12월01일

(30) 우선권주장 10/850,222 2004년05월20일 미국(US)

(71) 출원인 베리안 세미콘덕터 이큅먼트 어소시에이츠, 인크.
미국 01930 매사추세츠주 글로스터 도리 로드 35

(72) 발명자 신히 비크람
미국 01845 매사추세츠주 노쓰 앤도버 앰버빌 로드 75
굽타 아툴
미국 01915 매사추세츠주 베버리 아벨라 드라이브 4
퍼싱 하롤드 엠.
미국 01966 매사추세츠주 록포트 #4 그라니트 스트리트 101
웰터 스티븐 알.
미국 01810 매사추세츠주 앤도버 모톤 스트리트 83
테스토니 안네 엘.
미국 01740 매사추세츠주 볼톤 마운트 와추세트 레인 8

(74) 대리인 주성민
안국찬

전체 청구항 수 : 총 52 항

(54) 플라즈마 이온 주입 시스템을 위한 현장 공정 챔버 준비방법

(57) 요약

본 발명에 따른 기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법은, 공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와; 기판의 플라즈마 이온 주입으로부터 기인하는 증착된 피막과 조성이 유사한 새로운 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 단계와; 새로운 코팅을 증착하는 단계 전에, 1개 이상의 활성화된 세정 전

구체를 사용하여 오래된 피막을 제거함으로써 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계와; 플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계와; 1개 이상의 기판의 플라즈마 이온 주입에 후속하여 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계 그리고 새로운 코팅을 증착하는 단계를 반복하는 단계를 포함한다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법에 있어서,

공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와;

공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 주입 공정과 친화성인 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 단계와;

플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 기판 재료를 함유하는 코팅을 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 3.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 규소-함유 재료를 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 Si, Si-Ge, Ge, GaAs, GaN 및 사파이어로 구성된 그룹으로부터 선택되는 재료를 함유하는 코팅을 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 5.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 공정 챔버 내로 코팅 전구체를 유입시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 6.

제5항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 플라즈마로 코팅 전구체를 분해시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 7.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 증착 동안에 코팅 두께를 감시하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 8.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 SiH_4, Si_2H_6, SiF_4, $SiCl_4$, 트리메틸실란 및 트리에틸실란으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 규소-함유 전구체를 공정 챔버 내로 유입시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 9.

제8항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 규소-함유 전구체와 함께 공정 챔버 내로 불활성 가스를 유입시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 10.

제8항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 H_2, O_2, N_2, BF_3, B_2H_6, PH_3, AsF_5, PF_5, PF_3 또는 아르신으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 반응성 가스를 규소-함유 전구체와 함께 공정 챔버 내로 유입시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 11.

제8항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 규소-함유 코팅의 조성을 제어하기 위해 선택된 반응성 가스를 규소-함유 전구체와 함께 공정 챔버 내로 유입시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 12.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 소정의 비율로 코팅 전구체 및 반응성 가스를 공정 챔버 내로 유입시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 13.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 증착 동안에 공정 챔버 내에서의 압력 및 가스 유동 중 하나 또는 양쪽 모두를 제어하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 14.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 DC 펄스를 사용하여 공정 챔버의 적어도 1개의 내부 표면으로 코팅 재료의 이온을 가속시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 15.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 플래튼의 주위에 배치되는 중공 링 내의 구멍을 통해 코팅 전구체를 주입하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 16.

제1항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계 전에 공정 챔버를 세정하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 17.

기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법에 있어서,

공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와;

공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 주입 공정과 친화성인 도펀트-함유 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 단계와;

플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 18.

제17항에 있어서, 코팅은 플라즈마 이온 주입 동안에 기판 표면의 조성과 유사한 조성을 갖는 방법.

청구항 19.

제17항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 B, P, As 및 Sb로 구성된 그룹으로부터 선택되는 도펀트를 함유하는 코팅을 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 20.

제17항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 공정 챔버 내로 붕소-함유 전구체 가스 및 규소-함유 전구체 가스를 유입시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 21.

제17항에 있어서, 코팅은 2개 이상의 층을 포함하는 방법.

청구항 22.

제17항에 있어서, 코팅을 증착하는 단계는 기판 재료를 함유하는 층을 증착하는 단계 그리고 그 다음에 도펀트-함유 층을 증착하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 23.

제17항에 있어서, 도펀트-함유 코팅을 증착하는 단계는 공정 챔버 내로 수소화물 도펀트 전구체를 유입시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 24.

제17항에 있어서, 도펀트-함유 코팅을 증착하는 단계는 공정 챔버 내로 할로겐화물 도펀트 전구체를 유입시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 25.

제17항에 있어서, 도펀트-함유 코팅을 증착하는 단계는 공정 챔버 내로 도펀트 전구체 및 불활성 가스를 유입시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 26.

제17항에 있어서, 도펀트-함유 코팅을 증착하는 단계는 공정 챔버 내로 도펀트 전구체 및 반응성 가스를 유입시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 27.

제26항에 있어서, 도펀트 전구체 및 반응성 가스를 유입시키는 단계는 단일의 노즐을 통해 공정 챔버 내로 도펀트 전구체 및 반응성 가스를 유동시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 28.

제26항에 있어서, 도펀트 전구체 및 반응성 가스를 유입시키는 단계는 상이한 노즐을 통해 공정 챔버 내로 도펀트 전구체 및 반응성 가스를 유동시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 29.

제26항에 있어서, 도펀트 전구체 및 반응성 가스를 유입시키는 단계는 공정 챔버 내의 목표 영역에서 도펀트 전구체 및 반응성 가스의 유동을 유도하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 30.

기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법에 있어서,

공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와;

공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 주입 공정과 친화성인 세정 가스로 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계와;

플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 31.

제30항에 있어서, 플라즈마로 세정 가스를 활성화시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 32.

제30항에 있어서, 세정 가스를 열적으로 활성화시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 33.

제30항에 있어서, 세정 가스는 NF_3, NH_3, O_2, O_3, N_2O, Ar, He, H_2, CF_4, CHF_3 및 그 조합으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 방법.

청구항 34.

제30항에 있어서, 세정 가스는 플라즈마 이온 주입 공정과의 친화성을 위해 선택되는 방법.

청구항 35.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 공정 챔버의 내부 표면 상에 새로운 코팅을 증착하는 단계 전에 수행되는 방법.

청구항 36.

제30항에 있어서, 불소계 세정 가스가 불소화 도펀트로의 플라즈마 이온 주입에 후속하여 사용되는 방법.

청구항 37.

제30항에 있어서, 수소계 세정 가스가 잔류 불소가 바람직하지 못한 분야에서 사용되는 방법.

청구항 38.

제30항에 있어서, NF_3, O_2 및 Ar의 혼합물을 포함하는 세정 가스가 BF_3를 사용하는 붕소의 플라즈마 이온 주입 후에 사용되는 방법.

청구항 39.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 약 1 mTorr 내지 10 Torr의 범위 내에서 공정 챔버 내의 압력을 제어하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 40.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 약 100 mTorr 내지 2 Torr의 범위 내에서 공정 챔버 내의 압력을 제어하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 41.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 약 100 W 내지 약 5 ㎾의 범위 내의 RF 에너지에 의해 발생되는 플라즈마로 세정 가스를 활성화시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 42.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 DC 펄스에 의해 발생되는 플라즈마로 세정 가스를 활성화시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 43.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 공정 챔버의 1개 이상의 표면을 가열하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 44.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 RF 에너지 및 DC 펄스의 조합에 의해 발생되는 플라즈마로 세정 가스를 활성화시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 45.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 세정 가스의 이온의 가속을 위해 공정 챔버 내에 전기장을 제공하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 46.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 불활성 가스로 공정 챔버를 탈기하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 47.

제30항에 있어서, 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계는 부동화 가스로 공정 챔버를 탈기하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

청구항 48.

기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법에 있어서,

공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와;

기판의 플라즈마 이온 주입으로부터 기인하는 증착된 피막과 조성이 유사한 새로운 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 단계와;

새로운 코팅을 증착하는 단계 전에, 1개 이상의 활성화된 세정 전구체를 사용하여 오래된 피막을 제거함으로써 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계와;

플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계와;

1개 이상의 기판의 플라즈마 이온 주입에 후속하여 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계 그리고 새로운 코팅을 증착하는 단계를 반복하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 49.

공정 챔버와;

공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원과;

공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼과;

플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 주입 펄스를 발생시키는 펄스 전원과;

공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 공정과 친화성인 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 수단

을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템.

청구항 50.

공정 챔버와;

공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원과;

공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼과;

플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 주입 펄스를 발생시키는 펄스 전원과;

공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 공정과 친화성인 도펀트-함유 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 수단

을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템.

청구항 51.

공정 챔버와;

공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원과;

공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼과;

플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 주입 펄스를 발생시키는 펄스 전원과;

공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 공정과 친화성인 세정 가스로 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 수단

을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템.

청구항 52.

공정 챔버와;

공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원과;

공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼과;

플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 주입 펄스를 발생시키는 펄스 전원과;

기판의 플라즈마 이온 주입으로부터 기인하는 증착된 피막과 조성이 유사한 새로운 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 수단과;

새로운 코팅을 증착하는 단계 전에, 1개 이상의 활성화된 세정 전구체를 사용하여 오래된 피막을 제거함으로써 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 수단

을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템.

명세서

기술분야

본 발명은 기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 시스템 및 방법에 관한 것으로, 특히 플라즈마 이온 주입을 위해 공정 챔버를 준비하는 방법에 관한 것이다. 준비 방법은 세정 공정, 코팅 공정 또는 양쪽 모두를 포함할 수 있다.

배경기술

이온 주입은 반도체 웨이퍼 내로 전도도-변화 불순물(conductivity-altering impurity)을 유입시키는 표준형 기술이다. 종래의 빔라인 이온 주입 시스템(beamline ion implantation system)에서, 원하는 불순물 재료가 이온 공급원 내에서 이온화되며, 이온은 규정된 에너지의 이온 빔을 형성하기 위해 가속되며, 이온 빔은 웨이퍼의 표면에서 유도된다. 빔 내의 에너지가 충만한 이온이 반도체 재료의 벌크 내로 관통하고 반도체 재료의 결정 격자 내로 꽂히고 그에 의해 원하는 전도도의 영역을 형성한다.

반도체 산업에서의 주지된 경향이 소형 고속 소자이다. 특히, 반도체 소자 내의 특징부의 측면 방향 치수 및 깊이의 양쪽 모두가 감소하고 있다. 도펀트 재료(dopant material)의 주입 깊이는 반도체 웨이퍼 내로 주입되는 이온의 에너지에 의해 적어도 부분적으로 결정된다. 빔라인 이온 주입기는 전형적으로 비교적 높은 주입 에너지에서 효율적인 동작을 위해 설계되고 얕은 정션 주입(shallow junction implantation)을 위해 요구되는 낮은 에너지에서 효율적으로 기능하지 못할 수 있다.

반도체 웨이퍼 내에 얕은 정션을 형성하는 플라즈마 도핑 시스템(plasma doping system)이 연구되었다. 플라즈마 도핑 시스템에서, 반도체 웨이퍼가 음극으로서 기능하고 공정 챔버 내에 위치되는 전도성 플래튼(conductive platen) 상에 위

치된다. 원하는 도펀트 재료를 함유하는 이온화 가능한 공정 가스가 공정 챔버 내로 유입되며, 전압 펄스가 플래튼과 양극 또는 챔버 벽 사이에 인가되고, 그에 의해 웨이퍼의 부근에서 플라즈마 외피를 갖는 플라즈마의 형성을 유발시킨다. 인가된 펄스는 플라즈마 내의 이온이 플라즈마 외피를 횡단하게 하고 웨이퍼 내로 주입되게 한다. 주입의 깊이는 웨이퍼와 양극 사이에 인가된 전압과 관련된다. 매우 낮은 주입 에너지가 성취될 수 있다. 플라즈마 도핑 시스템이 예컨대 셍에게 1994년 10월 11일자로 허여된 미국 특허 제5,354,381호; 리버트 등에게 2000년 2월 1일자로 허여된 미국 특허 제6,020,592호; 및 괴크너 등에게 2001년 2월 6일자로 허여된 미국 특허 제6,182,604호에 기재되어 있다.

전술된 플라즈마 도핑 시스템에서, 인가된 전압 펄스는 플라즈마를 발생시키고 플라즈마로부터 웨이퍼를 향해 양이온을 가속시킨다. 플라즈마 잠입 시스템(plasma immersion system)으로서 알려져 있는 다른 형태의 플라즈마 시스템에서, 연속형 또는 펄스형 RF 에너지가 공정 챔버에 인가되고, 그에 의해 연속형 또는 펄스형 플라즈마를 생성시킨다. 어떤 간격으로, RF 펄스와 동기화될 수 있는 음전압 펄스가 플래튼에 인가되고, 그에 의해 플라즈마 내의 양이온이 웨이퍼를 향해 가속되게 한다.

기판 가공 시스템에서의 공정 제어는 공정 챔버의 상태에 매우 민감하다고 알려져 있다. 양호한 공정 반복 가능성을 위해, 공정 챔버는 일정한 상태에서 유지되어야 한다. 그러나, 기판 가공 동안에, 공정 챔버 상태는 플라즈마와의 상호 작용 때문에 표류할 수 있다. 재료가 에칭 또는 스퍼터링에 의해 표면으로부터 제거될 수 있거나, 재료가 상이한 동작 조건 하에서 증착에 의해 축적될 수 있다. 따라서, 공정 챔버 상태는 반복 가능한 공정을 얻기 위해 제어되어야 한다. 챔버 상태를 제어하는 것과 관련하여 해결되어야 하는 문제점은 웨이퍼들 사이의 반복 가능성을 위해 주입 단계들 사이에서 고정 상태로 챔버를 회복시키는 것, 임의의 관리 및/또는 챔버 세정 후에 챔버 상태를 회복시키는 것 그리고 상이한 도펀트가 이용되었을 때 이전의 가공으로부터의 금속 및/또는 도펀트 등의 바람직하지 못한 원소로의 주입된 웨이퍼의 오염을 제한하는 것을 포함한다. 이들 원소는 공정 챔버의 하드웨어 부품으로부터 유래하고 주입 동안에 웨이퍼로 운반될 수 있다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 제1 태양에 따르면, 기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법 및 장치가 제공된다. 이 방법은, 공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와; 공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 주입 공정과 친화성인 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 단계와; 플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계를 포함한다. 코팅은 규소 등의 기판 재료를 함유할 수 있다.

본 발명의 제2 태양에 따르면, 기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법 및 장치가 제공된다. 이 방법은, 공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와; 공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 주입 공정과 친화성인 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하며, 코팅을 증착하는 단계는 도펀트-함유 코팅을 증착하는 단계를 포함하는, 단계와; 플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계를 포함한다. 코팅은 플라즈마 이온 주입 동안에 기판의 조성과 유사한 조성을 가질 수 있다.

본 발명의 제3 태양에 따르면, 기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법 및 장치가 제공된다. 이 방법은, 공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와; 기판의 플라즈마 이온 주입으로부터 기인하는 증착된 피막과 조성이 유사한 새로운 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착하는 단계와; 새로운 코팅을 증착하는 단계 전에, 1개 이상의 활성화된 세정 전구체를 사용하여 오래된 피막을 제거함으로써 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계와; 플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계와; 1개 이상의 기판의 플라즈마 이온 주입에 후속하여 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계 그리고 새로운 코팅을 증착하는 단계를 반복하는 단계를 포함한다.

본 발명의 제4 태양에 따르면, 기판의 플라즈마 이온 주입을 위한 방법 및 장치가 제공된다. 이 방법은, 공정 챔버, 공정 챔버 내에서 플라즈마를 생성시키는 공급원, 공정 챔버 내에 기판을 보유하는 플래튼 그리고 플라즈마로부터 기판 내로 이온을 가속시키는 전압원을 포함하는 플라즈마 이온 주입 시스템을 제공하는 단계와; 공정 챔버 내에서 수행되는 플라즈마 이온 주입 공정과 친화성인 세정 가스로 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계와; 플라즈마 이온 주입 공정에 따라 기판의 플라즈마 이온 주입을 수행하는 단계를 포함한다.

실시예

본 발명의 실시를 위해 적절한 플라즈마 이온 주입 시스템의 예가 도1에 개략적으로 도시되어 있다. 공정 챔버(10)가 포위된 체적부(12)를 한정한다. 챔버(10) 내에 위치되는 플래튼(14)이 반도체 웨이퍼(20) 등의 기판을 보유하는 표면을 제공한다. 웨이퍼(20)는 예컨대 플래튼(14)의 평탄한 표면에 그 주연에서 클램핑될 수 있거나 정전기적으로 클램핑될 수 있다. 하나의 실시예에서, 플래튼은 웨이퍼(20)를 지지하는 전기 전도성 표면을 갖는다. 또 다른 실시예에서, 플래튼은 웨이퍼(20)로의 연결을 위한 전도성 핀(도시되지 않음)을 포함한다. 추가로, 플래튼(14)에는 웨이퍼/기판 온도를 제어하기 위해 가열/냉각 시스템이 갖춰져 있다.

양극(24)이 플래튼(14)과 이격된 관계로 챔버(10) 내에 위치된다. 양극(24)은 플래튼(14)에 직각으로 화살표의 방향(26)으로 이동 가능할 수 있다. 양극은 전형적으로 그 양쪽 모두가 접지부에 연결될 수 있는 챔버(10)의 전기 전도성 벽에 연결된다. 또 다른 실시예에서, 플래튼(14)은 접지부에 연결되며, 양극(24)에는 음전압으로 펄스가 인가된다. 추가의 실시예에서, 양극(24) 및 플래튼(14)의 양쪽 모두가 접지부에 대해 바이어스될 수 있다.

웨이퍼(20)[플래튼(14)을 거쳐] 및 양극(24)은 고전압 펄스 전원(30)에 연결되며, 그 결과 웨이퍼(20)는 음극으로서 기능한다. 펄스 전원(30)은 전형적으로 진폭이 약 20 내지 20,000 V의 범위 내에 있고 지속 기간이 약 1 내지 200 밀리초이고 펄스 반복 속도가 약 100 ㎐ 내지 20 ㎑인 펄스를 제공한다. 이들 펄스 파라미터 수치는 예로써 주어질 뿐이며 다른 수치가 본 발명의 범주 내에서 이용될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

챔버(10)의 포위된 체적부(12)는 제어 가능한 밸브(32)를 통해 진공 펌프(34)에 커플링된다. 공정 가스 공급원(36)이 질량 유동 제어기(38)를 통해 챔버(10)에 커플링된다. 챔버(10) 내에 위치되는 압력 센서(48)가 제어기(46)에 챔버 압력을 지시하는 신호를 제공한다. 제어기(46)는 원하는 압력 입력과 감지된 챔버 압력을 비교하고 밸브(32) 또는 질량 유동 제어기(38)에 제어 신호를 제공한다. 제어 신호는 챔버 압력과 원하는 압력 사이의 차이를 최소화하기 위해 밸브(32) 또는 질량 유동 제어기(38)를 제어한다. 진공 펌프(34), 밸브(32), 질량 유동 제어기(38), 압력 센서(48) 및 제어기(46)가 폐쇄형 루프 압력 제어 시스템을 구성한다. 압력은 전형적으로 약 1 mTorr 내지 약 500 mTorr의 범위 내에서 제어되지만, 이러한 범위에 제한되지 않는다. 가스 공급원(36)은 피가공물 내로의 주입을 위해 원하는 도펀트를 함유하는 이온화 가능한 가스를 공급한다. 이온화 가능한 가스의 예는 BF_3, N_2, Ar, PH_3, AsH_3, B_2H_6, PH_3, AsF_5 및 Xe을 포함한다. 질량 유동 제어기(38)는 가스가 챔버(10)로 공급되는 속도를 조절한다. 도1에 도시된 구성은 원하는 유동 속도 및 일정한 압력에서 공정 가스의 연속 유동을 제공한다. 압력 및 가스 유동 속도는 바람직하게는 반복 가능한 결과를 제공하기 위해 조절된다. 대체예에서, 또 다른 실시예에서, 가스 유동은 밸브(32)가 고정 위치에서 유지된 상태에서 제어기(46)에 의해 제어되는 밸브를 사용하여 조절될 수 있다. 이러한 배열은 상류 압력 제어(upstream pressure control)로서 호칭된다. 가스 압력을 조절하는 다른 구성이 이용될 수 있다.

플라즈마 도핑 시스템은 중공 음극 펄스 전원(56)에 연결되는 중공 음극(54)을 포함할 수 있다. 하나의 실시예에서, 중공 음극(54)은 양극(24)과 플래튼(14) 사이의 공간을 둘러싸는 전도성 중공 실린더를 포함한다. 중공 음극은 매우 낮은 이온 에너지를 요구하는 분야에서 이용될 수 있다. 특히, 중공 음극 펄스 전원(56)은 챔버(12) 내에서 플라즈마를 형성할 정도로 충분한 펄스 전압을 제공하며, 펄스 전원(30)은 원하는 주입 전압을 설정한다. 중공 음극의 사용에 대한 추가의 세부 사항이 참조로 여기에 합체되는 전술된 미국 특허 제6,182,604호 내에 제공되어 있다.

1개 이상의 패러데이 컵이 웨이퍼(20) 내로 주입된 이온 주입량(ion dose)을 측정하기 위해 플래튼(14)에 인접하게 위치될 수 있다. 도1의 실시예에서, 패러데이 컵(50, 52) 등은 웨이퍼(20)의 주연의 주위에서 균등하게 이격된다. 각각의 패러데이 컵은 플라즈마(40)와 대면하는 입구(60)를 갖는 전도성 포위부를 포함한다. 각각의 패러데이 컵은 바람직하게는 웨이퍼(20)에 실용적일 정도로 근접하게 위치되고 플라즈마(40)로부터 플래튼(14)을 향해 가속되는 양이온의 샘플을 가로챈다. 또 다른 실시예에서, 환형 패러데이 컵이 웨이퍼(20) 및 플래튼(14)의 주위에 위치된다.

패러데이 컵은 주입량 처리기(70) 또는 다른 주입량 감시 회로에 전기적으로 연결된다. 입구(60)를 통해 각각의 패러데이 컵 내로 진입하는 양이온이 이온 전류를 나타내는 전류를 패러데이 컵에 연결된 전기 회로 내에서 생성시킨다. 주입량 처리기(70)는 이온 주입량을 결정하기 위해 전류를 처리할 수 있다.

플라즈마 이온 주입 시스템은 플래튼(14)을 둘러싸는 보호 링(66)을 포함할 수 있다. 보호 링(66)은 웨이퍼(20)의 모서리의 근처에서의 주입된 이온 분포의 균일성을 개선시키기 위해 바이어스될 수 있다. 패러데이 컵(50, 52)은 웨이퍼(20) 및 플래튼(14)의 주연의 근처에서 보호 링(66) 내에 위치될 수 있다.

동작 시, 웨이퍼(20)는 플래튼(14) 상에 위치된다. 압력 제어 시스템, 질량 유동 제어기(38) 및 가스 공급원(36)은 챔버(10) 내에 원하는 압력 및 가스 유동 속도를 생성시킨다. 예로써, 챔버(10)는 10 mTorr의 압력에서 BF_3 가스와 동작할 수 있다. 펄스 전원(30)은 웨이퍼(20)에 일련의 고전압 펄스를 인가하고, 그에 의해 웨이퍼(20)와 양극(24) 사이의 플라즈마 방전 영역(44) 내에서 플라즈마(40)의 형성을 유발시킨다. 당업계에 공지된 바와 같이, 플라즈마(40)는 가스 공급원(36)으로부터의 이온화 가능한 가스의 양이온을 함유한다. 플라즈마(40)는 웨이퍼(20)의 부근에서 전형적으로 웨이퍼(20)의 표면에서 플라즈마 외피(42)를 포함한다. 고전압 펄스 동안에 양극(24)과 플래튼(14) 사이에 존재하는 전기장은 플라즈마(40)로부터 플라즈마 외피(42)를 횡단하여 플래튼(14)을 향해 양이온을 가속시킨다. 가속된 이온은 불순물 재료의 영역을 형성하기 위해 웨이퍼(20) 내로 주입된다. 펄스 전압은 웨이퍼(20) 내의 원하는 깊이까지 양이온을 주입하기 위해 선택된다. 펄스의 개수 및 펄스 지속 기간은 웨이퍼(20) 내에 원하는 주입량의 불순물 재료를 제공하기 위해 선택된다. 펄스당 전류는 펄스 전압, 가스 압력 및 화학종 그리고 전극의 임의의 가변 위치의 함수이다. 예컨대, 음극과 양극 사이의 간격은 상이한 전압에 대해 조정될 수 있다.

본 발명의 실시예에 따른 공정 챔버 준비 방법의 고위 흐름도가 도2에 도시되어 있다. 이 방법은 세정 공정(100)에서의 공정 챔버(10)의 내부 표면의 현장 세정 그리고 코팅 공정(110)에서의 공정 챔버(10)의 내부 표면의 현장 코팅을 포함한다. 공정 챔버 준비 방법에 후속하여 플라즈마 이온 주입 공정(120)에서 n 기판의 플라즈마 주입이 수행된다. 세정 및 코팅 공정은 그 다음에 반복된다. 세정 공정(100)은 도3과 연계하여 상세하게 후술되며, 코팅 공정(110)은 도4와 연계하여 상세하게 후술된다.

공정 챔버 준비 방법은 연속으로 운영되는 2개의 주요 공정을 포함하며, 제1 공정은 현장 플라즈마 세정 공정이며 제2 공정은 현장 코팅 단계이고 그에 의해 플라즈마 이온 주입 공정을 위해 챔버를 준비한다. 공정은 이전의 공정으로부터 오래된 피막 및 재료를 제거하기 위해 공정 챔버의 내부 표면을 세정하는 단계 그리고 플라즈마 이온 주입 동안에 증착되는 피막과 조성이 유사한 새로운 피막을 증착하는 단계를 포함한다. 공정의 적절한 조합 및 순서화는 1개의 플라즈마 이온 주입 시스템에서 상이한 도펀트로의 기판의 오염-없는 플라즈마 이온 주입을 가능케 한다. 세정 공정은 공정 챔버로부터 바람직하지 못한 재료 및 피막을 제거하며, 한편 코팅 공정은 기판의 반복 가능한 가공을 제공한다. 챔버 준비 방법은 동일한 플라즈마 이온 주입 시스템에서 상이한 도펀트를 운영하는 것과 관련되는 개선된 공정 유연성을 제공한다. 현장 챔버 준비 방법은 1개의 공정 챔버 내에서 기판의 반복 가능한 가공을 위해 요구되는 관리 및 챔버 준비를 위한 중단 시간을 상당히 감소시킨다. 추가로, 챔버 준비 방법은 공정 챔버를 주기적으로 세정하기 위해 사용될 수 있고, 그에 의해 기판의 가공 동안에 챔버 부품 상에서 일어난 과잉의 축적물을 제거한다. 공정 반복 가능성을 위해, 챔버는 기계 가공량 및 이용 시간을 최대화하기 위해 최적의 간격으로 세정 및 코팅될 수 있다.

현장 세정 공정은 진공 펌프에 의해 챔버로부터 제거될 수 있는 휘발성 화합물을 형성하기 위해 공정 챔버 내의 도펀트 증착물과 자발적으로 또는 활성화될 때 열적으로 또는 플라즈마에 의해 중 어느 하나의 방식으로 반응하는 세정 가스 또는 가스의 혼합물의 사용을 통해 수행된다. 반응성 가스 혼합물은 단독으로 또는 조합하여 사용되는 NF_3, NH_3, O_2, O_3, N_2O, Ar, He, H_2, CF_4, CHF_3 등을 포함할 수 있다. 활성 화학종이 불소 라디칼 또는 이온, 또는 분자 불소인 불소계 화학 작용(chemistry)은 불소화 도펀트를 사용하는 챔버를 위해 더 적절할 수 있으며, 반면에 수소계 세정 화학 작용은 잔류 불소가 바람직하지 못한 상황에서 더 적절할 수 있다.

전형적인 실시에 있어서, 세정 공정에 의해 제거되어야 하는 피막은 기판의 플라즈마 이온 주입 동안에 공정 챔버 표면 상에 증착되는 어떤 기판 재료(예컨대, Si, Ge 또는 Ga 및 As 등)와 함께 도펀트 재료(예컨대, B, P 또는 As 등)를 주로 포함한다. 이러한 증착물은 공정이 또 다른 도펀트 및 기판으로 전환되면 오염의 발생원으로서 작용할 수 있다. 제거되어야 하는 피막은 웨이퍼 상에서 사용되는 포토리지스트(photoresist)로부터 유도되는 탄소계 증착물을 또한 포함할 수 있다. 세정 화학 작용은 제거되는 재료의 조성에 의해 결정되며, 그 결과 활성 세정 작용제는 바람직하지 못한 재료와 반응 시에 휘발성 화학종을 형성한다. 예컨대, NF_3, O_2 및 Ar을 포함하는 혼합물이 BF_3 가스를 사용하는 붕소 도핑 공정 후에 공정 챔버를 세정하기 위해 사용될 수 있다. 세정 가스 혼합물의 조성은 최적의 세정 횟수 및 세정 균일성을 위해 선택된다.

세정 가스는 별개의 가스 포트 또는 1개의 공통 가스 포트를 통해 공정 챔버 내로 유입될 수 있으며, 활성 세정 화학종은 가스 혼합물을 활성화시키고 플라즈마를 생성시키기 위해 플래튼 상에서 RF 전력 및/또는 DC 펄스형 바이어스를 커플링함으로써 생성될 수 있다. 활성 화학종의 농도는 커플링된 RF 전력 또는 DC 펄스형 바이어스 그리고 챔버 내의 동작 압력에 의해 결정된다. 압력은 가변 컨덕턴스 게이트(variable conductance gate), 또는 커패시턴스 압력계(capacitance manometer)를 구비한 피드백 제어 회로를 갖는 드로틀 밸브를 사용하여 제어될 수 있으며, 이 때 가스의 유동 속도는 질량 유동 제어기에 의해 고정된다. 압력은 약 1 mTorr 내지 약 10 Torr의 범위 내에 있을 수 있고 전형적으로 약 100

mTorr 내지 2 Torr의 범위 내에 있다. 대체예에서, 압력은 상류 압력 제어기를 사용하여 제어될 수 있으며, 이 때 가스 라인 중 1개는 다른 가스의 비례 유동 속도를 제어할 수 있는 유량계(flow meter)를 갖는다. RF 전력은 약 100 W 내지 4 ㎾의 범위 내에 있을 수 있고 전형적으로 약 2 ㎾이다. 플라즈마는 또한 플래튼 또는 챔버 벽 상에 펄스형 DC 바이어스를 인가함으로써 개시 및 유지될 수 있다. 또 다른 접근법에서, RF 및 DC 바이어스는 플라즈마를 개시 및 유지시키기 위해 동시에 사용될 수 있다. 세정 작용은 세정되는 표면에 열 에너지를 제공함으로써 또는 세정되는 표면과 플라즈마 사이에서 전기장을 통해 충돌하는 화학종의 에너지를 증가시킴으로써 향상될 수 있다. 이것은 표면 상에서의 높은 펄스형 DC 바이어스 및/또는 용량성 커플링을 거친 RF 안테나 상에서의 더 높은 전압을 통해 성취될 수 있다.

증착물이 세정 작용제의 작용을 통해 챔버로부터 제거된 후, 가스는 공정 챔버로부터 펌핑된다. 공정 챔버는 그로부터 원하지 않는 원소의 잔류 트레이스(residual trace)를 제거하기 위해 아르곤 또는 헬륨 등의 불활성 가스 또는 수소 등의 부동화 가스(passivating gas)를 유동시킴으로써 탈기될 수 있다. 탈기 단계는 또한 표면으로부터의 잔류 세정 가스의 배기(scavenging)를 향상시키기 위해 그리고 또한 추가의 가공을 위해 챔버를 준비하기 위해 플라즈마를 이용할 수 있다.

본 발명의 실시예에 따른 세정 공정(100)의 흐름도가 도3에 도시되어 있다. 단계 200에서, 세정 가스 또는 세정 가스의 혼합물이 공정 챔버 내로 유입된다. 세정 가스 또는 가스들의 선택은 공정 챔버 내에서 이전에 운영된 공정 그리고 공정 챔버의 표면 상에 증착된 임의의 코팅을 기초로 한다. 단계 202에서, 공정 챔버 내의 압력이 원하는 수준으로 전형적으로 약 1 mTorr 내지 10 Torr의 범위 내에서 제어된다. 가스 유동이 또한 제어된다. 단계 204에서, 세정 가스 또는 세정 가스 혼합물이 공정 챔버 내에서 활성화된다. 활성화는 RF 에너지, DC 펄스 또는 양쪽 모두를 사용하여 공정 챔버 내에서 플라즈마를 개시 및 유지시킴으로써 발생될 수 있다. 활성화는 또한 단독으로 또는 플라즈마에 의한 활성화와 조합하여 공정 챔버를 가열함으로써 성취될 수 있다. 단계 206에서, 공정 챔버 표면이 세정 공정을 향상시키기 위해 선택적으로 가열될 수 있다. 가열은 플라즈마가 있거나 없는 상태에서 수행될 수 있다. 단계 208에서, 공정 챔버의 원하는 세정이 수행된다. 세정 공정은 선택된 시간 동안 수행될 수 있거나 종료점 검출 기술을 사용하여 종료될 수 있다. 단계 210에서, 세정 가스 또는 세정 가스 혼합물 그리고 세정 공정의 휘발성 생성물이 공정 챔버로부터 펌핑된다. 단계 212에서, 공정 챔버가 아르곤 또는 헬륨 등의 불활성 가스 또는 수소 등의 부동화 가스로 탈기될 수 있다. 열적 및/또는 화학적 효과가 부동화를 위해 이용될 수 있다. 플라즈마가 탈기 단계를 향상시키기 위해 이용될 수 있다.

코팅 공정은 공정 순서 또는 공정 챔버 준비에서의 구성 단계로서 공정 챔버의 내부 표면 상에서의 코팅의 증착을 포함한다. 코팅은 웨이퍼들 사이의 반복 가능성을 개선시키고 후속의 플라즈마 이온 주입 동안에 일어날 수 있는 금속 및 다른 형태의 오염을 감소시킨다. 추가로, 코팅은 관리 또는 현장 플라즈마 세정 후의 공정 챔버의 회복을 촉진시킨다. 현장 코팅은 규소 등의 주입되는 기판의 재료 또는 기판 내에 주입되는 도펀트와 일치하는 도펀트와 기판 재료의 혼합물을 포함할 수 있다. 코팅의 1개의 특정한 예가 붕소-함유 규소이며, 코팅은 붕소 전구체 가스 및 규소 전구체 가스의 혼합물을 사용하여 증착된다. 또 다른 코팅은 기판 재료의 제1 피막 그리고 도펀트 재료의 제2 피막 등의 피막의 적층체를 포함할 수 있다. 피막 적층체는 하부 층이 세정 공정에 대한 종료 시간을 결정하기 위해 및/또는 세정 공정을 위한 정지 층으로서 사용될 수 있다는 점에서 유리할 수 있다.

챔버 코팅 공정은 시스템 중단 시간을 제한하고, 기판 재료(규소, 게르마늄, 갈륨 비화물, 갈륨 질화물, 사파이어 등) 등의 친화성 재료로의 현장 코팅에 의해 웨이퍼의 오염 위험성을 제한한다. 코팅은 공정 안정성을 개선시키는데, 이것은 플라즈마가 모든 공정 운영 동안에 동일한 챔버 조건에 노출되기 때문이다. 나아가, 코팅은 친화성 재료로 잠재적인 오염 발생원을 덮고 그에 의해 플라즈마에 대한 노출로부터 하드웨어 부품을 보호함으로써 공정 웨이퍼 상에서의 오염을 상당히 감소시킨다. 코팅은 또한 플라즈마 이온 주입 동안에 공정 챔버 내의 탈기된 재료 또는 흡착된 원소가 플라즈마 내로 해제되는 것을 방지한다. 코팅 공정은 관리 또는 임의의 세정 공정 후에 요구되는 상태 조절 시간을 감소시킨다.

규소 코팅이 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착되는 실시예에서, 규소-함유 전구체가 챔버 내로 유입된다. 플라즈마가 공정 챔버의 노출된 표면 상에 규소-함유 코팅을 증착하기 위해 실리콘-함유 전구체를 분해시키기 위해 사용된다. 규소-함유 전구체는 SiH_4, Si_2H_6, SiF_4 또는 $SiCl_4$ 등의 가스일 수 있거나, 트리메틸실란(TMS) 또는 트리에틸실란(TES) 등의 유기-규소 전구체일 수 있으며, 이들은 헬륨, 네온, 아르곤 또는 크세논 등의 불활성 가스와 함께 유입될 수 있다. 규소 재료 증착은 규소-함유 코팅의 조성을 제어하기 위해 불활성 또는 반응성 가스를 첨가함으로써 추가로 제어될 수 있다. 반응성 가스는 규소-함유 재료의 도핑되거나 도핑되지 않은 코팅을 형성하기 위해 수소, 산소, 질소, BF_3, B_2H_6, PH_3, AsF_5, PF_5, PF_3 또는 아르신을 포함할 수 있다. 이러한 접근법은 적절한 기판 재료를 함유하는 상이한 전구체 가스를 사용하여 다른 기판에서 사용될 수 있다. 예컨대, GeH_4 또는 GeF_4가 Ge 또는 Si-Ge 기판을 가공하기 위해 사용될 수 있다.

원하는 코팅 화학종을 함유하는 가스 또는 가스 혼합물이 공정 챔버 내로 유입되며, 플라즈마가 개시된다. 플라즈마는 원하는 코팅 두께를 생성시킬 정도로 충분한 시간 동안 운영된다. 코팅은 약 1 내지 10 ㎛의 두께를 가질 수 있지만, 이러한 두께 범위에 제한되지 않는다. 코팅 두께는 공정 챔버 내에 위치되는 표준형 박막 증착 모니터를 사용하여 감시될 수 있다. 코팅 두께 모니터는 코팅의 후속의 침식 그리고 공정 챔버의 재코팅에 대한 필요성을 감시하기 위해 적절한 위치에 남길 수 있다. 이것은 후속의 공정 운영들 사이에서 요구되는 세정 공정 또는 코팅 공정이 운영된 후에 요구되는 코팅 두께를 결정하는 데 유리할 수 있다.

공정 챔버가 공정들 사이에서 전환함으로써 상이한 도펀트로의 기판의 플라즈마 이온 주입을 위해 사용될 때, 공정 챔버는 원하지 않는 도펀트의 트레이스를 제거하고 그에 의해 교차-오염 위험성을 피하기 위해 세정을 요구할 수 있다. 챔버 세정은 기계 중단 시간을 가져오는 관리 절차이다. 주입되어야 하는 새로운 도펀트를 함유하는 코팅을 공정 챔버의 내부 표면 상에 증착함으로써, 챔버는 상당한 중단 시간 없이 준비될 수 있다. 코팅은 공정 조건에 노출될 수 있고 도펀트 피막으로서 증착될 수 있거나 화학적 에칭 및/또는 물리적 스퍼터링 기구를 통해 다른 원자의 공급원으로서 작용할 수 있다. 원자가 가공 동안에 코팅으로부터 제거되는 경우에, 이들 원자는 공정 혼합물로부터 제거되는 방식이거나 공정에 친화성인 방식 중 어느 하나의 방식이어야 한다. 이러한 이유 때문에, 코팅은 바람직하게는 공정 동안에 기판 표면의 조성에 근접하는 조성을 갖는다. 이와 같이, 코팅은 기판 재료 또는 도펀트를 포함할 수 있다. 코팅은 상이한 피막에서 상이한 조성을 갖는 단일형 피막 또는 적층형 피막일 수 있다.

전형적인 실시에 있어서, 코팅은 기판 재료로서의 규소 그리고 도펀트 재료로서의 붕소, 인 또는 비소를 포함할 수 있다. 2개의 재료는 코팅의 증착을 가져오는 조건 하에서 전구체의 현장 분해를 통해 제공된다. 결과의 코팅 또는 피막 적층체의 조성은 2개의 전구체의 상대 비율을 조작함으로써 제어될 수 있다. 전형적인 규소 전구체는 실란(Si_nH_{2n+2}, n=1, 2, 3, …) 또는 TMS, TES 등의 유기 실란 또는 SiF_4, $SiCl_4$ 등의 할로실란을 포함하며, 한편 도펀트 전구체는 수소화물(B_2H_6, PH_3, AsH_3 등) 또는 할로겐화물(BF_3, BCl_3, PF_3, PF_5, AsF_5 등)일 수 있다. 코팅 공정은 또한 코팅의 조성을 제어하기 위해 불활성 가스(헬륨, 아르곤 또는 크세논) 등의 희석 가스 또는 반응성 가스(F_2, Cl_2, H_2 등)를 이용할 수 있다.

코팅 조성이 선택될 때, 코팅 전구체는 소정의 비율로 공정 챔버 내로 유입되며, 챔버 압력은 사전에 설정된 수치로 제어되며, 플라즈마는 코팅 전구체를 붕괴시키기 위해 원하는 전력에서 개시된다. 대체예에서, 코팅이 원해지는 공정 챔버 또는 공정 챔버의 특정한 부품은 피막 증착을 가능케 하기 위해 가열될 수 있다. 증착 표면의 온도 제어가 요구되지 않지만, 이것이 유리할 수 있다. 코팅 전구체는 1개의 포트를 통해 또는 개별의 포트를 통해 챔버 내로 유도될 수 있으며, 유동은 공정 챔버 내에서 원하는 코팅 프로파일을 용이하게 하기 위해 특정한 목표 영역에서 노즐을 통해 유도될 수 있다. 코팅 공정은 원하는 코팅 두께가 성취될 때까지 계속된다. 코팅 두께는 공정 챔버 내에 위치되는 표준형 박막 증착 모니터를 사용하여 감시될 수 있다. 피막 적층체는 상이한 코팅 전구체 조성으로 절차를 반복함으로써 형성될 수 있다. 공정 혼합물에 노출되는 최종의 피막은 전형적으로 공정에서 사용되는 도펀트를 주로 포함한다. 코팅 공정을 위해, 코팅 전구체의 이온 충격 에너지에 대한 추가의 제어를 제공하기 위해 플래튼 및/또는 챔버 부품 상에 DC 펄스 바이어스를 사용하는 것이 유리할 수 있으며, 이것은 나중에 코팅 밀도 및 부착 성질을 제어할 수 있다.

본 발명의 실시예에 따른 코팅 공정(110)의 흐름도가 도4에 도시되어 있다. 단계 300에서, 코팅 전구체 가스 또는 가스 혼합물이 공정 챔버 내로 유입된다. 전술된 바와 같이, 코팅 전구체 가스는 단독으로 또는 불활성 가스, 반응성 가스 또는 양쪽 모두와 조합하여 유입될 수 있다. 코팅 전구체 가스의 선택은 공정 챔버 내에서 운영되어야 하는 플라즈마 이온 주입 공정을 기초로 한다. 코팅 전구체 가스는 기판 재료, 도펀트 재료 또는 양쪽 모두를 포함할 수 있다. 단계 302에서, 공정 챔버 내에서의 압력 및 가스 유동이 원하는 수준으로 제어된다. 단계 304에서, 플라즈마가 공정 챔버(10) 내에서 개시된다. 단계 306에서, 공정 챔버의 내부 표면 또는 선택된 내부 표면이 코팅 공정을 향상시키기 위해 선택적으로 가열될 수 있다. 가열은 발열 소자 및/또는 플라즈마로 수행될 수 있다. 단계 308에서, 원하는 코팅 증착이 수행된다. 단계 310에서, 코팅 두께가 감시된다. 코팅이 원하는 두께에 도달할 때, 코팅 공정은 종료될 수 있거나 상이한 조성을 갖는 코팅이 제1 코팅 위에 증착될 수 있다. 단계 312에서, 공정이 원하는 코팅 적층체가 완성되지 않으면 단계 S300으로 복귀한다. 이러한 공정은 가변 조성을 갖는 1개 초과의 피막 층을 포함할 수 있는 원하는 피막 적층체를 얻기 위해 반복될 수 있다.

플라즈마 이온 주입 공정 챔버의 단순화된 개략도가 도5에 도시되어 있다. 도1 및 도5에서 동일한 요소는 동일한 도면 부호를 갖는다. 도5의 실시예에서, 플라즈마가 RF 전원(도시되지 않음)에 커플링되는 RF 코일(300)에 의해 개시 및 유지된다. 도시된 바와 같이, 공정 가스가 챔버의 상부에서의 포트를 통해 공정 챔버(10) 내로 유입될 수 있다. 세정 공정 동안에, NF_3, O_2 및 희석물 등의 세정 가스가 챔버의 상부에서의 포트를 통해 챔버 내로 유입될 수 있다. 중공 링(310)이 플래튼(14)을 둘러싸고, 공정 챔버(10) 내로 코팅 전구체 가스를 유입시키기 위해 사용될 수 있다. 중공 링(310)에는 코팅 전구체

가스가 선호되는 방향으로 유도되게 하는 어떤 패턴의 구멍이 제공된다. 도5의 실시예에서, 중공 링(310)에는 공정 챔버(10)의 상부 부분을 향해 그리고 플래튼(14)으로부터 멀어지게 코팅 전구체 가스를 유도하는 구멍이 제공된다. 이러한 배열은 플래튼(14) 상에서의 증착을 제한한다. 더미 웨이퍼(dummy wafer)(320)가 플래튼(14)의 코팅을 제한하기 위해 이용될 수 있다. 중공 링(310)은 예로써 예시될 뿐이며 본 발명의 범주를 제한하지 않는다는 것이 이해될 것이다. 공정 챔버 내로 코팅 전구체 가스를 유입시키는 임의의 바람직한 배열이 이용될 수 있다. 유사한 배열이 플라즈마가 플래튼 및/또는 챔버 부품 상에서의 DC 바이어스에 의해 개시 및 유지되는 DC 펄스형 플라즈마 주입 시스템에 대해 사용될 수 있다.

명세서에서 기술된 도면에 도시된 실시예의 다양한 변화 및 수정이 본 발명의 사상 및 범주 내에서 수행될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 위의 설명 내에 포함되고 첨부 도면 내에 도시되는 모든 사항은 제한적이라기보다 예시적 의미로서 해석되어야 한다고 생각된다. 본 발명은 다음의 청구의 범위에서 한정된 사항 그리고 그 등가물로서만 제한된다.

도면의 간단한 설명

본 발명의 더 양호한 이해를 위해, 참조로 여기에 합체되는 첨부 도면이 언급된다.

도1은 펄스형 DC 플라즈마 이온 주입 시스템의 단순화된 개략 블록도이다.

도2는 본 발명의 실시예에 따른 공정 챔버 준비 방법의 고위 흐름도이다.

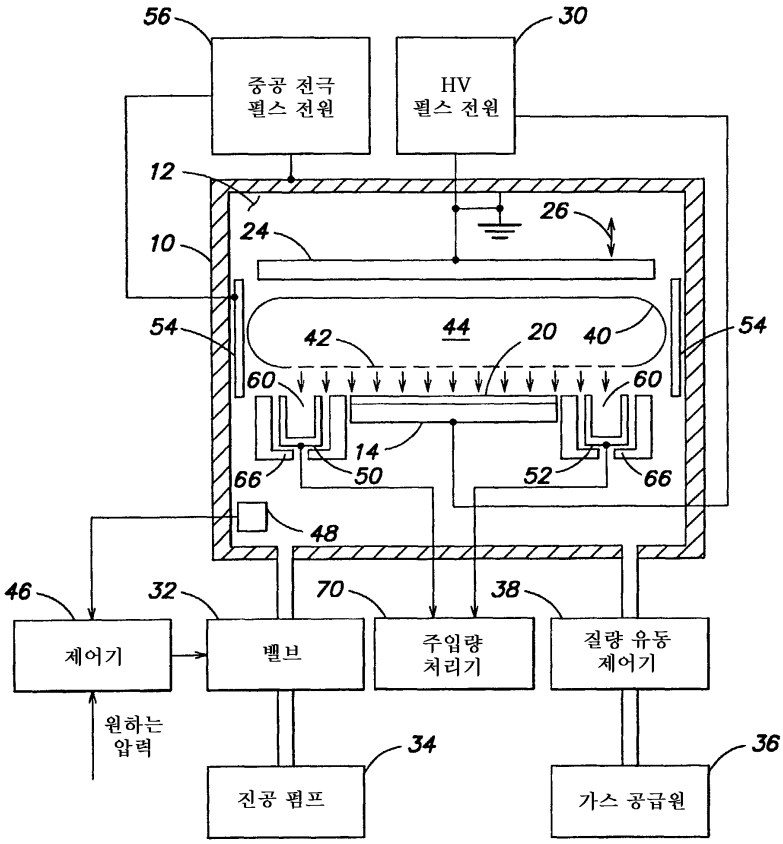
도3은 도2에 도시된 세정 공정의 실시예의 흐름도이다.

도4는 도2에 도시된 코팅 공정의 실시예의 흐름도이다.

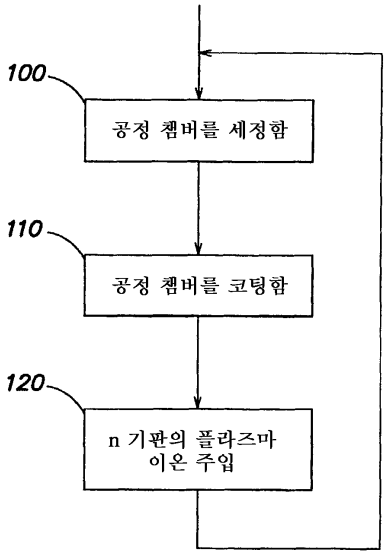
도5는 본 발명의 실시예에 따른 공정 챔버 내로 세정 가스 및 코팅 전구체 가스를 유입시키는 기술을 도시하는 RF계 플라즈마 이온 주입 공정 챔버의 단순화된 개략도이다.

도면

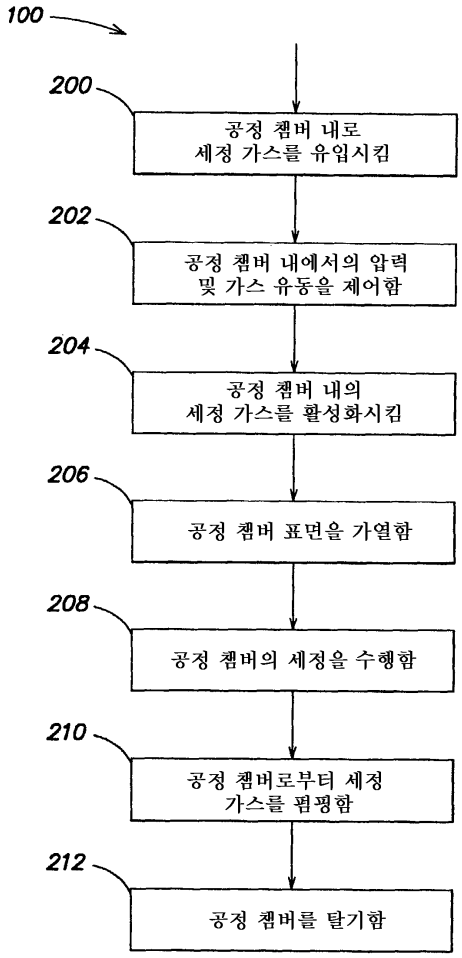
도면1


56
중공 전극
펄스 전원
30
HV
펄스 전원
12
10
24
26
54
42
44
20
40
54
60
60
14
66
50
52
66
48
46
32
70
38
제어기
밸브
주입량
처리기
질량 유동
제어기
원하는
압력
34
36
진공 펌프
가스 공급원

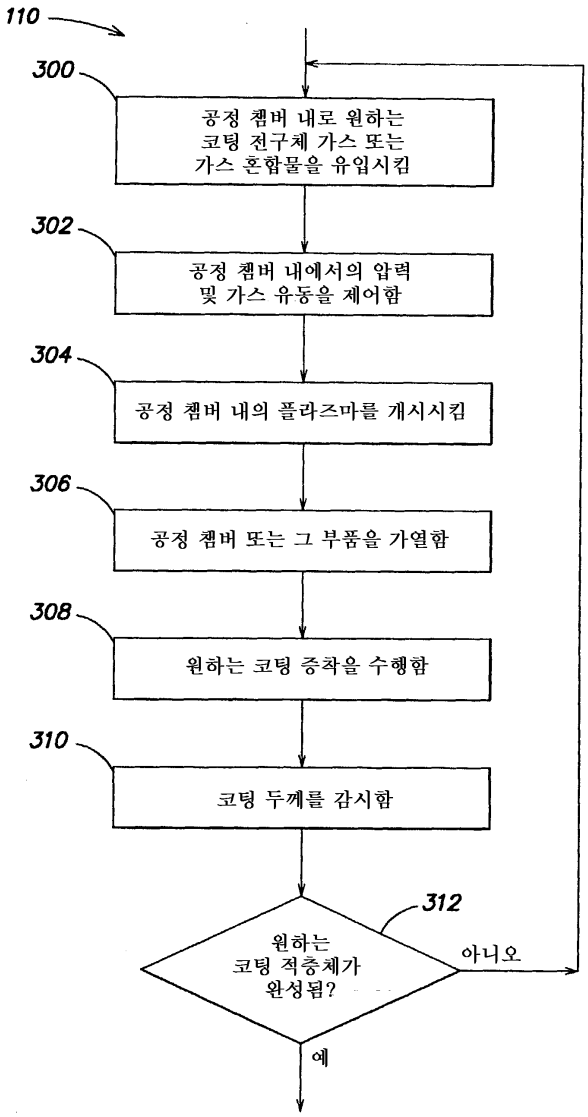
도면2


100
공정 챔버를 세정함
110
공정 챔버를 코팅함
120
n 기판의 플라즈마
이온 주입

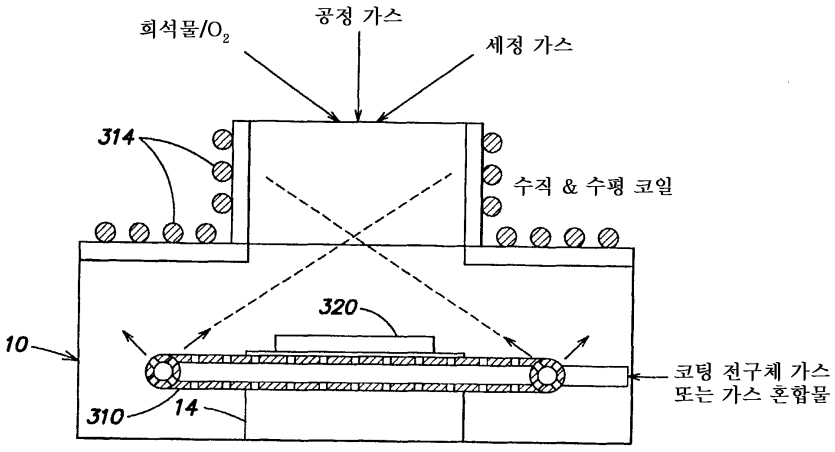
도면3


100
200
공정 챔버 내로
세정 가스를 유입시킴
202
공정 챔버 내에서의 압력
및 가스 유동을 제어함
204
공정 챔버 내의
세정 가스를 활성화시킴
206
공정 챔버 표면을 가열함
208
공정 챔버의 세정을 수행함
210
공정 챔버로부터 세정
가스를 펌핑함
212
공정 챔버를 탈기함

도면4


110
300
공정 챔버 내로 원하는
코팅 전구체 가스 또는
가스 혼합물을 유입시킴
302
공정 챔버 내에서의 압력
및 가스 유동을 제어함
304
공정 챔버 내의 플라즈마를 개시시킴
306
공정 챔버 또는 그 부품을 가열함
308
원하는 코팅 증착을 수행함
310
코팅 두께를 감시함
312
원하는
코팅 적층체가
완성됨?
아니오
예

도면5


희석물/O_2
공정 가스
세정 가스
314
수직 & 수평 코일
320
10
310
14
코팅 전구체 가스
또는 가스 혼합물