(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년08월21일
(11) 등록번호 10-1770008
(24) 등록일자 2017년08월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7017871
(22) 출원일자(국제) 2010년12월08일
심사청구일자 2015년12월07일
(85) 번역문제출일자 2012년07월10일
(65) 공개번호 10-2012-0107487
(43) 공개일자 2012년10월02일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/059547
(87) 국제공개번호 WO 2011/072061
국제공개일자 2011년06월16일
(30) 우선권주장
61/285,918 2009년12월11일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020070021086 A*
KR1019920003313 B1*
JP2006351594 A
JP1993275326 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
노벨러스 시스템즈, 인코포레이티드
미국, 94538 캘리포니아주, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
청, 데이비드
미국, 캘리포니아 94404, 포스터 시티, 빌링스게이트 레인 235
팽, 하오쿠안
미국, 캘리포니아 94087, 써니베일, 이. 홈스테드 로드 784
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤투스

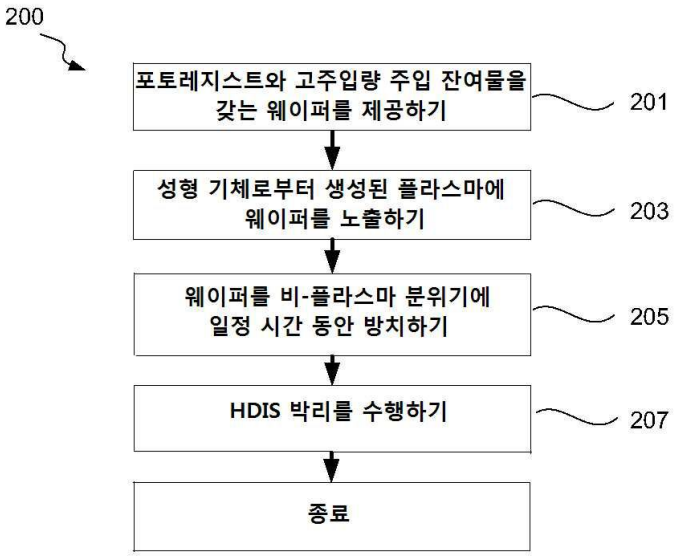
전체 청구항 수 : 총 16 항 심사관 : 정성용

(54) 발명의 명칭 **고주입량 주입 박리 전에 실리콘을 보호하기 위한 개선된 패시베이션 공정**

(57) 요 약

포토레지스트를 박리하고, 이온 주입 관련 잔여물을 작업 부재 표면으로부터 제거하기 위한 개선된 방법 및 장치가 제공된다. 다양한 실시예에 따르면, 작업 부재가 패시베이션 플라스마에 노출되고, 일정 시간 동안 냉각되며, 그 후, 산소계 플라스마 또는 수소계 플라스마에 노출되어 포토레지스트 및 이온 주입 관련 잔여물이 제거될 수 있다. 본 발명의 양태는, 허용 가능한 박리 속도를 유지하면서 잔여물을 거의 또는 전혀 남기지 않고, 실리콘 손실률을 감소시키는 것을 포함한다. 특정 실시예에서, 방법 및 장치는 고주입량 이온 주입 공정 후 포토레지스트 물질을 제거한다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

쿠오, 잭

미국, 캘리포니아 94566, 플리잰튼, 파세오 로블리스 3156

칼리노브스키, 일리아

미국, 캘리포니아 94709, 버클리, #305, 샤턱 애비뉴 1322

리, 테드

미국, 캘리포니아 94086, 써니베일, #645, 마리아 레인 825

야오, 앤드류

미국, 캘리포니아 95122, 산 호세, 더니스 플레이스 1058

명 세 서

청구범위

청구항 1

반응 챔버에서 작업 부재 표면으로부터 포토레지스트를 제거하는 방법에 있어서, 상기 방법은

질소(N_2) 및 수소(H_2)의 혼합 기체 또는 순수 질소 기체로부터 발생된 제1_플라스마에 상기 작업 부재를 노출하는 단계와,

상기 작업 부재를 상기 제1 플라스마에 노출한 후, 적어도 30초의 시간 동안 비-플라스마 분위기에 상기 작업 부재를 방치하는 단계와,

상기 작업 부재를 방치한 후, 상기 포토레지스트를 제거하기 위해, 상기 작업 부재를 산소계 플라스마, 또는 수소계 플라스마에 노출하는 단계를 포함하는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 작업 부재를 적어도 100초 동안 방치하는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 작업 부재를 적어도 150초 동안 방치하는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 작업 부재를 적어도 200초 동안 방치하는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 작업 부재를 적어도 220초 동안 방치하는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 산소계 플라스마 또는 상기 수소계 플라스마는 불소 화학종을 포함하는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 작업 부재 표면으로부터 제거되는 포토레지스트는 고주입량(high-dose) 주입 레지스트를 포함하는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 플라스마는 원격 생성되는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 9

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 플라스마에 노출된 후, 상기 작업 부재의 노출된 실리콘 부분상에 보호성 필름이 형성되는, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 보호성 필름은 Si_xN_y 필름인, 포토레지스트를 제거하는 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 상기 작업 부재를 노출하는 단계는, 리소그래피 동작 후에 수행되는, 포토레지스트를 제거하

는 방법.

청구항 12

작업 부재 표면으로부터 포토레지스트를 제거하기 위한 장치에 있어서, 상기 장치는

반응 챔버와,

명령(instruction)의 세트를 실행하기 위한 제어기를 포함하며,

상기 반응 챔버는

플라스마 공급원,

상기 플라스마 공급원의 하류에 위치하는 샤워헤드(showerhead),

상기 샤워헤드의 하류에 위치하는 작업 부재 지지대로서, 상기 작업 부재 지지대 상에서 지지되는 작업 부재의 온도를 제어하기 위한 온도 제어 수단과 페데스털(pedestal)을 포함하는, 상기 작업 부재 지지대를 포함하고,

상기 명령의 세트는, 질소(N_2) 및 수소(H_2)의 혼합 기체 또는 순수 질소 기체로부터 발생된 제1 플라스마에 상기 작업 부재를 노출하는 명령과, 상기 제1 플라스마에 상기 작업 부재를 노출한 후, 비-플라스마 분위기에서 적어도 30초의 시간 동안 상기 작업 부재를 방치하는 명령과, 상기 작업 부재를 방치한 후, 상기 포토레지스트를 제거하기 위해 산소계 플라스마 또는 수소계 플라스마에 상기 작업 부재를 노출하는 명령을 포함하는, 포토레지스트를 제거하기 위한 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 제어기의 명령은 상기 작업 부재를 적어도 100초 동안 방치하는 명령을 포함하는, 포토레지스트를 제거하기 위한 장치.

청구항 14

제 12 항에 있어서, 상기 제어기의 명령은 상기 작업 부재를 적어도 150초 동안 방치하는 명령을 포함하는, 포토레지스트를 제거하기 위한 장치.

청구항 15

제 12 항에 있어서, 상기 제어기의 명령은 상기 작업 부재를 적어도 200초 동안 방치하는 명령을 포함하는, 포토레지스트를 제거하기 위한 장치.

청구항 16

제 12 항에 있어서, 상기 제어기의 명령은 상기 작업 부재를 적어도 220초 동안 방치하는 명령을 포함하는, 포토레지스트를 제거하기 위한 장치.

청구항 17

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] **관련 출원의 상호 참조**

[0002] 이 출원은 34 USC § 119(e)에 따라, 2009년12월11일자 미국 가특허출원 제61/285,918호를 기초로 우선권 주장하며, 상기 미국 가특허출원은 본원에서 참조로서 포함된다.

[0003] **발명의 분야**

[0004] 본 발명은 포토레지스트 물질을 제거 또는 박리하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이며, 작업부재에서 관련 잔여물을 제거하는 것과 관련된다. 특정 실시예에서, 이 출원은 이온 주입 또는 플라스마 보조 도핑 주입 후 레지스

트(저 주입량 또는 고 주입량 주입된 레지스트)를 박리하기 위한 방법 및 장치와 관련된다.

배 경 기 술

[0005] 포토레지스트는, 공정 동안 작업 부재(가령, 반도체 웨이퍼) 상에 패터닝된 코팅을 형성하기 위해 특정 제조 공정에서 사용되는 감광성 물질이다. 포토레지스트가 코팅된 표면을 고 에너지 복사의 패턴에 노출시킨 후, 포토레지스트의 일부분이 제거되어, 나머지 표면은 보호되면서, 상기 일부분 아래 표면은 노출될 수 있다. 반도체 공정, 가령, 에칭, 증착, 및 이온 주입이, 드러난 표면과 잔여 포토레지스트에서 수행된다. 하나 이상의 반도체 공정을 수행한 후, 잔여 포토레지스트는 박리 작업에서 제거된다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0006] 작업 부재 표면으로부터 포토레지스트를 박리하고 이온 주입 관련 잔여물을 제거하기 위한 개선된 방법 및 장치가 제공된다. 다양한 실시예에 따르면, 작업 부재가 패시베이션 플라스마에 노출되고, 일정 시간 동안 냉각되게 되며, 그 후, 산소계 또는 수소계 플라스마에 노출되어, 포토레지스트 및 이온 주입 관련 잔여물이 제거될 수 있다. 본 발명의 양태는, 허용될만한 박리 속도를 유지하면서 잔여물을 거의 또는 전혀 남기지 않고, 실리콘 손실률을 낮추는 것을 포함한다. 특정 실시예에서, 상기 방법 및 장치는, 고주입량 이온 주입 공정 후 포토레지스트 물질을 제거한다.

[0007] 본 발명의 하나의 양태는, 반응 챔버에서 작업 부재 표면으로부터 물질을 제거하기 위한 방법과 관련되며, 상기 방법은, 성형 기체로부터 발생된 플라스마에 작업 부재를 노출시키는 단계와, 작업 부재를 성형 기체 플라스마에 노출시킨 후, 적어도 30초의 시간 동안 비-플라스마 분위기에 웨이퍼를 방치하는 단계와, 웨이퍼를 방치한 후, 상기 웨이퍼를 산소계 플라스마 또는 수소계 플라스마에 노출시켜 물질을 제거하는 단계를 포함한다.

[0008] 다양한 실시예에 따르면, 작업 부재는 적어도 약 100초 동안, 또는 적어도 약 150초 동안, 또는 적어도 약 200초 동안, 또는 적어도 약 220초 동안 방치된다.

[0009] 특정 실시예에서, 산소계 플라스마와 수소계 플라스마 중 하나 이상은 불소 화학종을 포함하며, 또 다른 실시예에서는 포함하지 않는다. 작업 부재 표면으로부터 제거된 물질은 고주입량 주입된 레지스트일 수 있다. 특정 실시예에서, 성형 기체 플라스마는 원격 생성된다. 특정 실시예에서, 성형 기체 플라스마에 노출된 후, 작업 부재의 노출된 실리콘 부분 상에 보호성 필름이 형성된다. 보호성 필름은 SixNy 필름일 수 있다.

[0010] 본 발명의 또 다른 양태는, 작업 부재 표면으로부터 물질을 제거하기 위한 장치에 관한 것이며, 상기 장치는, 반응 챔버와, 명령(instruction)의 세트를 실행하기 위한 제어기를 포함하며, 상기 반응 챔버는, 플라스마 공급원과, 상기 플라스마 공급원의 하류에 위치하는 샤워헤드(showerhead)와, 상기 샤워헤드의 하류에 위치하는 작업 부재 지지대(상기 작업 부재 지지대 상에서 지지되는 작업 부재의 온도를 제어하기 위한 온도 제어 수단과 페데스털(pedestal)을 포함함)를 포함하고, 상기 명령의 세트는, 성형 기체(forming gas)로부터 발생된 플라스마에 작업 부재를 노출하는 명령과, 성형 기체 플라스마에 작업 부재를 노출한 후, 비-플라스마 분위기에서 적어도 30초의 시간 동안 작업 부재를 방치하는 명령과, 작업 부재를 방치한 후, 물질을 제거하기 위해 산소계 플라스마 또는 수소계 플라스마에 웨이퍼를 노출하는 명령을 포함한다.

[0011] 본 발명의 이러한, 그리고 또 다른 특징 및 이점이 첨부된 도면을 참고해, 이하에서 더 구체적으로 설명될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1A-1D는 이온 주입 및 박리 동작 전과 후의, 반도체 장치 제조의 다양한 스테이지를 도시한다.

도 2는 본 발명의 특정 실시예에 따르는 동작을 도시하는 공정 흐름도이다.

도 3은 패시베이션 후 대기 시간의 함수로서의 실리콘 손실률을 보여주는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 양태를 구현하기에 적합한 장치를 개략적으로 도시한다.

도 5는 본 발명의 양태를 구현하기에 적합한 다중-스테이션 순차 구조물을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 도입

[0014] 본 발명의 이하의 상세한 설명에서, 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 많은 구체적 실시예가 제공된다. 그러나 해당업계 종사자라면 알겠지만, 본 발명은, 이들 특정 세부사항 없이도 실시되거나, 대안적 요소나 공정을 이용해 실시될 수 있다. 한편, 본 발명의 양태를 불필요하게 흐리지 않기 위해, 잘 알려진 공정, 절차, 및 구성요소는 상세히 기재되지 않는다.

[0015] 이 출원에서, 용어 "작업 부재", "반도체 웨이퍼", "웨이퍼", 및 "부분적으로 제조된 집적 회로"는 서로 교환가능하게 사용될 수 있다. 해당업계 종사자라면 용어 "부분적으로 제조된 집적 회로"가, 집적 회로 제조의 많은 단계 중 임의의 단계 동안의 실리콘 웨이퍼를 지칭할 수 있음을 이해할 것이다. 다음의 상세한 설명은 본 발명이 웨이퍼에서 구현된다고 가정한다.

[0016] 그러나 본 발명은 이렇게 국한되지 않는다. 작업 부재는 다양한 형태, 크기, 및 물질을 가질 수 있다. 반도체 웨이퍼에 추가로, 본 발명을 이용할 수 있는 또 다른 작업 부재는 다양한 제품, 가령, 디스플레이, 인쇄 회로 기판, 등을 포함한다.

[0017] 포토레지스트는, 공정 중에, 작업 부재(가령, 반도체 웨이퍼) 상에 패터닝된 코팅을 형성하기 위해 특정 제조 공정에서 사용되는 감광성 물질이다. 포토레지스트가 코팅된 표면을 고 에너지 복사의 패턴에 노출시킨 후, 포토레지스트의 일부분이 제거되어, 표면의 나머지 부분은 보호되게 하면서, 상기 일부분 아래 표면이 노출된다. 반도체 공정, 가령, 에칭, 증착, 및 이온 주입이, 드러난 표면과 잔여 포토레지스트에서 수행된다. 하나 이상의 반도체 공정을 수행한 후, 박리 작업 중에 잔여 포토레지스트가 제거된다.

[0018] 이온 주입 동안, 도펀트 이온, 가령, 붕소 이온, 붕소 디플루오라이드, 인듐, 갈륨, 탈륨, 인, 비소, 안티몬, 비스무스, 또는 게르마늄이 작업 부재 표적을 향해 가속된다. 작업 부재의 노출된 영역뿐 아니라 잔여 포토레지스트 표면에서도 이온이 주입된다. 공정이 우물 영역(소스/드레인), 저농도 도핑 영역(LDD: lightly doped drain), 및 이중 확산 드레인(DDD: doubled diffused drain) 영역을 형성할 수 있다. 이온 주입은 주입 화학종(implant species)으로 레지스트를 함침시키고, 수소의 표면을 공핍시킨다. 레지스트의 외측 층 또는 크러스트(crust)가 탄화된 층을 형성하며, 상기 탄화된 층은 아래 놓인 벌크 레지스트 층보다 훨씬 치밀질일 수 있다. 이들 2개의 층이 서로 다른 열팽창률을 가지며, 서로 다른 속도로 박리 공정에 반응한다.

[0019] 고주입량 이온 주입 후 레지스트에서, 외부 층과 벌크 층 간의 차이는 꽤 두드러진다. 고주입량 주입에서, 이온 주입량은 1 x 10^15 이온수/cm^2보다 크고, 에너지는 10Kev 내지 100keV 이상일 수 있다. 종래의 고주입량 주입 박리(HDIS: high dose implantation strip) 공정은, 일원자 산소 플라스마(monatomic oxygen plasma)가 공정 챔버 외부에서 형성되어, 그 후, 작업 부재 표면으로 향해지는 경우, 산소 화학물질을 이용한다. 반응성 산소가 포토레지스트와 결합하여, 기체 부산물을 형성할 수 있으며, 상기 기체 부산물은 진공 펌프에 의해 제거된다. HDIS의 경우, 산소와 함께, 주입된 도펀트를 제거하기 위해 추가 기체가 필요하다.

[0020] 기본 HDIS 고려사항으로는, 박리율(strip rate), 잔여물량, 및 노출된 아래 놓이는 필름 층의 필름 손실량 등이 있다. 일반적으로, HDIS 및 박리 후 잔여물이 기판 표면 상에서 발견된다. 이는 고-에너지 주입 동안의 스퍼터링, 크러스트의 불완전한 제거, 및/또는 레지스트에서의 주입 원자의 산화로 인해 발생할 수 있다. 박리 후, 높은 수율을 보장하고 추가 잔여물 제거 공정이 필요하지 않도록, 표면에 잔여물이 없거나, 실질적으로 없어야 한다. 과도박리(overstripping), 즉, 모든 포토레지스트를 제거하기 위해 일반적으로 요구되는 지점을 지나서까지 박리 공정을 지속하는 것에 의해, 잔여물이 제거될 수 있다. 불행히도, 종래의 HDIS 작업에서, 과도박리는 가끔, 아래 놓이는 기능 소자 구조물 중 일부를 제거한다. 소자 층에서, 트랜지스터 소스/드레인 영역에서 실리콘 손실이 거의 없다고 해도, 특히, <32㎚ 설계 법칙 또는 그 이하에서 제조되는 극도로 얕은 접합 소자(ultra shallow junction device)의 경우, 소자 성능 및 수율에 부정적 영향을 미칠 수 있다.

[0021] 앞서 언급된 바와 같이, 본 발명의 방법 및 장치가, 고주입량 이온 주입 후 포토레지스트 물질을 효율적이고 효과적으로 제거하도록 사용될 수 있다. 본 발명은 고주입량 주입 박리(HDIS)로 한정되지 않는다. 또한 본 발명은 주입되는 도펀트의 임의의 특정 카테고리로 한정되지 않는다. 예를 들어, 중간 주입량 또는 낮은 주입량 주입 후, 박리와 함께, 기재된 방법 및 장치가 효과적으로 사용될 수 있다. 특정 도펀트 이온, 가령, 붕소, 비소, 및 인이 언급되지만, 그 밖의 다른 도펀트(가령, 질소, 산소, 탄소, 게르마늄, 및 알루미늄)이 함침된 레지스트를

박리하기 위해 기재된 방법 및 장치가 효과적으로 사용될 수 있다.

[0022] 본 발명의 방법 및 장치가 기체를 형성함으로써 생성되는 패시베이션 플라스마(passivation plasma)를 이용한다. 또한 상기 방법 및 장치는, 산소 및/또는 수소를 함유하는 플라스마 기체로부터 생성된 포토레지스트 박리 및 이온 제거 플라스마를 이용한다. 특정 실시예에서, 기체는 불소 함유 기체, 약 산화제(weak oxidizing agent), 및 하나 이상의 추가 성분을 함유한다. 해당업계 종사자라면, 플라스마에 존재하는 실제 화학종이, 본원에 기재된 플라스마를 생성하도록 사용된 특정 기체로부터 유래된 서로 다른 이온, 라디칼, 및 분자의 혼합물일 수 있음을 알 것이다. 예를 들어, 플라스마가 유기 포토레지스트 및 그 밖의 다른 잔여물과 반응하여 이들을 쪼갤 때 반응 챔버에 또 다른 화학종, 가령, 소량의 탄화수소, 이산화탄소, 수증기, 및 그 밖의 다른 휘발성 성분이 존재할 수 있음을 알아야 한다.

[0023] 해당업계 종사자라면, 플라스마로 도입되는 초기 기체(들)가 종종, 플라스마에 존재하는 기체(들) 및 박리 동안 작업 부재 표면과 접촉하는 기체(들)와 상이함을 알 것이다.

[0024] 도 1A 내지 1D는 이온 주입 및 박리 작업 전과 후의 반도체 제조의 다양한 스테이지를 도시한다. 도 1A는 포토레지스트 물질(103)로 코팅된 반도체 기판(101)을 도시한다. 기판(101)은 증착된 필름의 하나 이상의 층(가령, 옥사이드 필름, 실리사이드 접착부 및/또는 폴리실리콘 필름)을 포함하거나, 베어 실리콘 기판(예를 들어, 실리콘-온-절연체(silicon-on-insulator)형 기판)일 수 있다. 먼저, 포토레지스트 물질이 전체 기판 표면을 코팅한다. 그 후, 포토레지스트가, 마스크를 통해 생성된 패터닝된 복사에 노출되고, 현상되어, 물질의 일부분(가령, 도 1A에서 잔여 포토레지스트 물질(103) 사이에 나타난 오프닝(104))이 제거될 수 있다.

[0025] 그 후, 기판이 이온 주입 공정에 노출된다. 이온 주입 동안, 작업 부재 또는 웨이퍼의 표면에 도펀트 이온이 주입된다. 예를 들어, 공정은 플라스마-침지 이온 주입(PIII: plasma-immersion ion implantation), 또는 이온 빔 주입일 수 있다. 이온이, 노출된 실리콘 층(101) 및 포토레지스트(103)를 포함하는 기판 표면에 충돌한다. 고 에너지 이온 주입을 이용해, 적은 양의 아래 놓이는 물질(107)이 포토레지스트 측벽에 스퍼터링될 수 있다. 도 1B를 참조하라. 이러한 물질은 주입 화학종, 플라스마 또는 이온 빔의 또 다른 물질, 및 주입 부산물 중 일부를 포함할 수 있다. 이들은 실리콘, 알루미늄, 탄소, 불소, 티타늄, 그 밖의 다른 접촉 물질(가령, 코발트), 및 산소를, 원소 및 화합물 형태로 포함한다. 실제 화학종은, 이온 주입 전 기판의 조성, 포토레지스트, 및 주입되는 화학종에 따라 달라진다.

[0026] 노출된 실리콘 층(101)에서, 도핑된 영역(109)이 생성된다. 충돌의 이온 에너지 또는 강도가 도핑된 영역의 깊이 또는 두께를 결정한다. 이온 플럭스(ion flux)의 밀도가 도핑의 범위를 결정한다.

[0027] 또한, 이온이 포토레지스트 표면에 함침되어, 크러스트 층(105)을 형성한다. 상기 크러스트 층(105)은 탄화되고, 강하게 가교-결합된 폴리머 사슬이다. 일반적으로 크러스트는 수소-공핍되어 있고, 주입 화학종으로 함침된다. 크러스트 층(105)은 벌크 레지스트 층(103)보다 더 치밀질이다. 크러스트 층의 두께가 이온 에너지에 따라 달라지는 반면에 상대적 밀도는 이온 플럭스에 따라 달라진다.

[0028] 이 크러스트 층(105)은, 아래 놓이는 벌크 포토레지스트(103)보다 박리하기 더 어렵다. 크러스트 층의 제거 속도(removal rate)는, 그 아래 놓이는 벌크 강화 패시베이션 공정보다 50% 또는 75% 더 느려서, 고주입량 주입 강화 패시베이션 공정 전에 실리콘을 보호할 수 있어서, 실리콘을 고주입량 주입 포토레지스트보다 먼저 보호할 수 있다. 벌크 포토레지스트는 비교적 높은 수준의 화학적으로 결합된 질소와 원 주조 용매를 함유한다. 상승된 웨이퍼 온도, 가령, 150℃ 이상 내지 200℃ 이상에서, 벌크 레지스트가 탈기하고 크러스트 층에 비해 팽창될 수 있다. 그 후, 아래 놓이는 벌크 포토레지스트가 크러스트 아래에서 압력을 쌓을 때, 전체 포토레지스트가 "폭발(pop)"할 수 있다. 잔여물이 웨이퍼 표면 및 챔버 내부 부분들로부터 세정되기 특히 어렵기 때문에, 포토레지스트 폭발은 입자 및 공정 결함의 원인이다. 고주입량 이온 주입의 경우, 크러스트와 그 아래 놓이는 벌크 포토레지스트 층 간의 밀도 차이가 훨씬 더 크다. 크러스트는 더 두꺼울 수 있다.

[0029] 도 1C는 포토레지스트(103) 및 측벽 스퍼터 잔여물(107)을 완전히 제거하기 실패한 박리 후의 기판을 도시한다. 측벽 스퍼터 잔여물(107)은, 종래의 박리 화학 하에서는 휘발성 화합물을 형성하지 않는 입자를 포함할 수 있다. 이들 입자는 종래의 박리 작업 후에도 남겨질 수 있다. 또한 잔여물은, 산소-기반의 박리 화학에서 사용되는 반응성 산소에 의해 형성되는 주입된 화학종의 산화물(가령, 붕소 산화물 및 비소 산화물)을 포함할 수 있다. 크러스트(105)의 일부분이 기판 상에 남겨질 수 있다. 포토레지스트 비아의 하부의 크러스트 측벽과 모서리는 지오메트리(geometry) 때문에 박리되기 어려울 수 있다. 이들 잔여물 입자는, 일부 경우 과다박리에 의해, 또는 불화 화학물질을 이용함으로써, 또는 웨이퍼의 습식 세정에 의해 제거될 수 있다.

[0030] 실리콘 손실률은 레지스트 두께, 크러스트 두께, 및 과다박리 퍼센트율(percent overstrip)의 함수이다. 더 두꺼운 레지스트를 제거하기 위한 더 길고 더 강력한 박리는 더 많은 실리콘을 제거할 수도 있다. 더 두꺼운 크러스트를 갖는 레지스트의 경우, 크러스트 층과 벌크 레지스트 층 간의 차이가 훨씬 더 두드러진다. 크러스트 측벽과 모서리가 두꺼워질수록 박리하기가 훨씬 더 어려워진다 따라서, 두꺼운 크러스트를 제거하도록 설계된 박리 공정은 더 많은 실리콘을 제거하는 경향을 가진다. 잔여물 제거에 추가로, 레지스트 균일성 및 지오메트리를 해결하기 위해 과다박리가 사용될 수 있다. 과다박리는 모든 포토레지스트를 제거하기 위해 일반적으로 요구되는 지점을 지나서까지 박리 공정을 지속하는 것이다. 웨이퍼의 일부 영역에서 포토레지스트가 완전히 제거되고, 다른 곳은 그렇지 않은 경우, 박리 공정의 지속에 의해, 추가적인 물질, 일반적으로 실리콘 및 실리콘 옥사이드가, 이미 박리가 수행된 영역에서부터 제거될 것이다.

[0031] 도 1D는 모든 잔여물이 제거된 후의 기판을 도시한다. 다양한 실시예에 따라, 추가 실리콘 손실 또는 산화 없이, 그리고 최소한의 딜레이를 두고, 잔여물이 제거된다. 특정 실시예에서, 박리 공정은 어떠한 잔여물도 남기지 않고, 따라서 공정 단계의 수를 감소시킨다.

[0032] 본원에서, 고주입량 주입 박리(HDIS) 공정의 경우 실리콘 손실률을 감소시키기 위한 방법이 제공되지만, 앞서 언급된 바와 같이, 상기 방법은, 중주입량 또는 저주입량 주입 또는 그 밖의 다른 포토레지스트 박리 공정 후 박리를 이용해 효과적으로 사용될 수 있다. 본원에 기재된 방법은, 박리 전에 실리콘 손실을 막기 위한 패시베이션 층을 제공하며, 특정 박리 화학물질로 한정되지 않는다.

[0033] 도 2는 특정 실시예에 따르는 한 방법 내 동작들을 나타내는 공정 순서도(200)이다. 첫째, 동작(201)에서, 포토레지스트와 주입 잔여물 물질을 갖는 웨이퍼가 제공된다. 플라스마를 포함할 수 있는 챔버에 웨이퍼가 제공될 수 있다. 도시되지는 않았지만, 선택사항으로서, (동작(201) 전에, 또는 중에, 또는 후에) 폭발(popping)을 막기에 충분히 낮지만, 패시베이션 층의 형성을 위한 에너지를 제공하고 추후 동작에서 허용 가능한 에칭률을 제공하기에 충분히 높은 설정 온도까지로 웨이퍼가 사전-가열(pre-heat)된다. 그 후, 동작(203)에서, 웨이퍼는 성형 기체(forming gas)로부터 생성된 플라스마에 노출된다. 성형 기체는 수소와 비활성 희석제, 가령, 질소, 헬륨, 또는 이들과 유사한 것, 또는 이들의 조합을 포함한다. 본 발명의 예시적 실시예에서, 성형 기체는 약 0.5 내지 약 10 몰 퍼센트(%) 수소이다. 본 발명의 특정 실시예에서, 성형 기체는 약 3 내지 약 6% 수소, 가령, 4% 수소다. 특정 실시예에서, 본질적으로 어떠한 수소도 없이 순수 질소 기체가 사용된다. 순수 질소는 성형 기체와 유사한 패시베이션 효과를 제공할 수 있음이 발견되었다.

[0034] 약 10 내지 90초 정도의, 가령, 약 20 내지 40초의 시간 동안 웨이퍼가 성형 기체 플라스마에 노출된다. 많은 실시예에서, 플라스마는 원격 발생 플라스마이지만, 인-시추(in-situ) 플라스마일 수 있다. 특정 실시예에서, 플라스마는, 본질적으로 성형 기초로 구성된 기체로부터 생성된다. 또 다른 실시예에서, 또 다른 화학종이 첨가될 수 있다. 특정 실시예에서, 어떠한 산소 또는 불소도, 플라스마 발생기로의 기체 유입구(gas inlet)에 실질적으로 존재하지 않는다.

[0035] 그 후, 동작(205)에서, 플라스마가 소거(extinguish)되고, 일정 시간 동안 웨이퍼를 방치한다. 특정 실시예에서, 이 동작 동안 웨이퍼가, 예를 들어, 약 35℃로 냉각될 수 있다. 특정 이론에 무관하게, 보호성 표면이 노출된 실리콘 상에 형성되어, 불소 화학종을 포함할 수 있는 차후의 산소-기반 또는 수소-기반 박리 화학물질로부터의 산화 또는 에칭을 느리게 방지할 수 있다. 보호성 표면은 SixNy 필름일 수 있다.

[0036] 동작(203)과 그 뒤에 이어지는 박리 동작 간의 대기 시간이 실리콘 손실을 감소시키기 위해 중요하다. 도 3은 성형 기체 플라스마로의 노출 공정과, 불소를 함유하는 수소-기반 화학물질을 이용하는 그 뒤에 이어지는 박리 공정 간의 대기 시간(초)의 함수로서의 실리콘 손실률(옹스트롬)을 보여주는 그래프이다. 대기 시간이 증가할수록 실리콘 손실이 가파르게 감소하여, 결국, 약 220초에서 수평이 된다. 다양한 실시예에 따르면, 대기 시간은 적어도 약 30초, 적어도 약 60초, 적어도 약 100초, 적어도 약 120초, 적어도 약 140초, 적어도 약 160초, 적어도 약 180초, 적어도 약 200초, 적어도 약 220초, 적어도 약 240초, 적어도 약 260초, 또는 적어도 약 280초이다. 도 3에서 관찰된 효과는 예상되지 않는다. SixNy 필름을 형성하기 위한 반응속도가 훨씬 더 빠른 것으로 예상되기 때문에, 도 3에서 관찰된 효과는 예상 밖의 것이다.

[0037] 대기 시간이 종료되면, 동작(207)에서 박리 공정이 수행된다. 박리 공정은 하나 이상의 산소-기반 또는 수소-기반 플라스마를 이용할 수 있다. 특정 실시예에서, 하나 이상의 동작에서 박리 화학물질은 불소 화학종을 더 함유한다. 이러한 화학종을 생성하기 위해 플라스마 발생기로 공급될 수 있는 불소 화합물은, 질소 트리플루오라이드(NF_3), 황 헥사플루오라이드(SF_6), 헥사플루오로에탄(C_2F_6), 테트라플루오로메탄(CF_4), 트리플루오로메탄

(CHF_3), 디플루오로메탄(CH_2F_2), 옥토플루오로프로판(C_3F_8), 옥토플루오로사이클로부탄(C_4F_8), 옥토플루오로[1-]부탄(C_4F_8), 옥토플루오로[2-]부탄(C_4F_8), 옥토플루오로이소부틸렌(C_4F_8), 불소(F_2), 및 이와 유사한 것을 포함할 수 있다.

[0038] 본원에 기재된 방법이 임의의 특정 박리 화학물질로 한정되지 않지만, 포토레지스트 및 HDI 잔여물을 제거하기 위한 예시적 플라스마는 다음에서 나열된 것으로부터 생성된 플라스마를 포함한다:

[0039] O_2/NF_3

[0040] O_2/CF_4

[0041] O_2/N_2

[0042] $H_2/CO_2/NF_3$

[0043] $H_2/CO_2/CF_4$

[0044] $H_2/CO_2/NF_3/CF_4$

[0045] H_2/CO_2

[0046] H_2/N_2

[0047] 많은 실시예에서, 포토레지스트 및 잔여물을 완전히 제거하기 위해 서로 다른 화학물질을 갖는 복수의 동작이 수행된다. 특정 실시예에서, 성형 기체가 이들 HDI 박리 동작들 중 하나 이상에 추가된다. 예를 들어, 특정 실시예에서, 성형 기체가 모든 비-불소 함유 플라스마 동작에서 첨가된다. 불소-함유 스테이션에서 성형 기체, 또는 순수 질소를 사용하는 것이 실리콘 손실에 부정적 영향을 미칠 수 있다. 특정 이론에 무관하게, 이는, NF_3의 분리를 촉진하여, 더 많은 F-이온의 방출하게 하는 성형 기체 내 질소 때문일 수 있다. 통상적으로, 이들 작업 후, 어떠한 유의미한 대기 시간도 부가되지 않지만, 특정 실시예에서는 그럴 수도 있다. 예를 들어:

[0048] 성형 기체가 약 14-25 부피%를 공급하는 경우의 O_2/FG,

[0049] 성형 기체가 약 40-60 부피%를 공급하는 경우의 $H_2/CO_2/FG$.

[0050] 동작(203 및 205)에서 기재된 패시베이션 공정은 공정 내 다른 스테이지에서, 가령, 하나 이상의 박리 동작 사이에서 수행되거나 박리될 수 있다. 특정 실시예에서, 동작(203)만 이들 동작들 사이에 삽입된다.

[0051] 플라스마 발생

[0052] 본 발명에 따라, 다양한 유형의 플라스마 공급원, 예를 들어, RF, DC, 및 마이크로파 기반 플라스마 공급원이 사용될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 다운스트림 RF 플라스마 공급원이 사용된다. 통상적으로, 300㎜ 웨이퍼를 위한 RF 플라스마 전력은 약 300와트 내지 약 10킬로와트이다. 일부 실시예에서, RF 플라스마 전력이 약 2000와트 내지 5000와트, 가령, 3500W이다.

[0053] 샤워헤드 조립체

[0054] 본 발명의 다양한 실시예에 따르면, 샤워헤드 조립체를 통해 플라스마 기체가 작업 표면으로 분사된다. 샤워헤드 조립체는 접지되거나, 웨이퍼로의 중성 화학종의 흐름에는 영향을 미치지 않으면서 일부 대전된 화학종을 끌어당기기 위한 인가 전압, 가령, 0-1000 와트 바이어스를 가질 수 있다. 플라스마 내에 있는 전기적으로 대전된 화학종들의 다수가 샤워헤드에서 재결합된다. 조립체는, 플라스마와 비활성 기체 혼합물을 반응 챔버로 전달하기 위한 구멍(hole)을 갖는 금속 판일 수 있는 샤워헤드 자체를 포함한다. 샤워헤드가 플라스마 공급원으로부터의 활성 수소를 더 넓은 영역으로 재분포시킴으로써, 더 작은 플라스마 공급원이 사용될 수 있다. 샤워헤드 구멍의 개수와 배열은 박리 속도와 박리 속도 균일성을 최적화시키도록 설정될 수 있다. 플라스마 공급원이 웨이퍼 위에서 중앙에 위치하는 경우, 활성 기체를 외부 영역 쪽으로 보내기 위해, 샤워헤드의 중앙에 있는 샤워헤드 구멍이 더 작고, 개수가 더 적은 것이 바람직하다. 샤워헤드는 적어도 100개의 구멍을 가질 수 있다. 적합한 샤워헤드는, 캘리포니아, 산호세에 소재하는 Novellus Systems, Inc.의 Gamma xPR 샤워헤드, 또는 GxT 드롭-인(drop-in) 샤워헤드를 포함한다. 어떠한 샤워헤드 조립체도 없는 실시예에서, 플라스마가 공정 챔버로 직접 들

어간다.

[0055] 공정 챔버

[0056] 공정 챔버는 박리 동작이 수행되기 위한 임의의 적합한 반응 챔버일 수 있다. 상기 공정 챔버는 다중 챔버 장치의 하나의 챔버이거나, 단순히, 단일 챔버 장치일 수 있다. 또한 챔버는 서로 다른 웨이퍼가 동시에 처리되는 복수의 스테이션을 포함할 수 있다. 공정 챔버는, 주입, 에칭, 또는 그 밖의 다른 레지스트-중계 공정(resist-mediated process)가 발생하는 동일한 챔버일 수 있다. 또 다른 실시예에서, 별도의 챔버가 박리용으로 예약된다. 공정 챔버 압력은 약 600mTorr 내지 2Torr일 수 있다. 특정 실시예에서, 압력은 약 0.9Torr 내지 1.5Torr이다.

[0057] 공정 챔버는 박리 동작이 수행되는 하나 이상의 공정 스테이션을 포함한다. 특정 실시예에서, 하나 이상의 공정 스테이션은 사전 가열 스테이션(preheat staion)과, 하나 이상의 박리 스테이션과, 오버-애쉬 스테이션을 포함한다. 웨이퍼 지지대가 공정 동안 웨이퍼를 지지하도록 구성된다. 또한 상기 웨이퍼 지지대는 공정 동안 웨이퍼와 열을 주고 받아서, 웨이퍼 온도를 필요에 따라 조절할 수 있다. 특정 실시예에서, 웨이퍼는 복수의 최소 접촉부 상에서 지지되고, 웨이퍼 지지 표면 평면과 물리적으로 접촉하지 않는다. 스핀들(spindle)이 웨이퍼를 픽-업(pick up)하고, 웨이퍼를 하나의 스테이션에서 다른 스테이션으로 이송한다.

[0058] 도 4는 웨이퍼에 본 발명을 수행하기에 적합한 다운스트림 플라스마 장치(400)의 양태를 개략적으로 도시한다. 이 장치는 패시베이션과 박리 동작 모두를 위해 사용될 수 있다. 상기 장치(400)는, 샤워헤드 조립체(417)에 의해 분리되는 플라스마 생성 부분(411)과 노출 챔버(401)를 가진다. 노출 챔버(401) 내부에서, 웨이퍼(403)가 플래튼(platen)(또는 스테이지)(405) 상에 놓인다. 상기 플래튼(405)에 가열/냉각 요소가 구비된다. 일부 실시예에서, 플래튼(405)은 웨이퍼(403)로 바이어스를 인가하도록 구성된다. 도관(conduit)(407)을 이용해, 진공 펌프를 통해 노출 챔버(401)에서 저압이 유지된다. 기체 수소의 공급원(희석/운반 기체와 함께, 또는 없이) 및 이산화탄소(또는 그 밖의 다른 약 산화제)가 유입구(409)를 통해 장치의 플라스마 생성 부분(411)으로의 기체 흐름을 제공한다. 플라스마 생성 부분(411)은 인덕션 코일(413)에 의해 부분적으로 둘러싸이고, 상기 인덕션 코일(413)은 전원(415)으로 연결된다. 동작 동안, 기체 혼합물이 플라스마 생성 부분(411)으로 도입되고, 인덕션 코일(413)이 여자(energize)되며, 플라스마가 플라스마 생성 부분(411)에서 발생한다. 샤워헤드 조립체(417)가 인가 전압을 갖거나, 접지될 수 있으며, 화학종의 흐름을 노출 챔버(401) 쪽으로 향하게 한다. 언급된 바와 같이, 웨이퍼(403)는 온도 제어될 수 있고, 및/또는 RF 바이어스가 인가될 수 있다. 다양한 구성 및 지오메트리의 플라스마 공급원(411) 및 인덕션 코일(413)이 사용될 수 있다. 예를 들어, 인덕션 코일(413)은 교차된 패턴(interlaced pattern)으로 플라스마 공급원(411) 둘레에 루프형성될 수 있다. 또 다른 예를 들면, 플라스마 공급원(411)은 원통형이 아닌 반구형으로 성형될 수 있다. 제어기(450)는 공정 챔버의 구성요소로 연결되고, 박리 동작의 공정 기체 조성, 압력, 온도, 및 웨이퍼 인덱싱(wafer indexing)을 제어할 수 있다. 기계 판독형 매체가 제어기로 연결되고, 이들 동작을 위한 공정 조건을 제어하기 위한 인스트럭션을 포함할 수 있다.

[0059] 적합한 플라스마 챔버 및 시스템은 캘리포니아, 산 호세에 소재하는 Novellus Systems, Inc.의 Gamma 2100, 2130 I2CP(Interlaced Inductively Coupled Plasma), G400, 및 GxT를 포함한다. 그 밖의 다른 시스템으로는 매릴랜드, 록빌에 소재하는 Axcelis Technologies Inc.의 Fusion line, 한국에 소재하는 PSK Tech Inc.의 TERA21, 캘리포니아, 프리몬트에 소재하는 Mattson Technology Inc.의 Aspen이 있다. 덧붙이자면, 다양한 박리 챔버가 클러스터 툴(cluster tool)로 구성될 수 있다. 예를 들어, 박리 챔버가 캘리포니아 산타 클라라에 소재하는 Applied Materials의 Centura cluster tool로 추가될 수 있다.

[0060] 작업 부재

[0061] 바람직한 실시예에서, 본 발명의 방법 및 장치에 따라 사용되는 작업 부재는 반도체 웨이퍼이다. 임의의 크기의 웨이퍼가 사용될 수 있다. 최신 웨이퍼 제조 시설은 200㎜ 또는 300㎜ 웨이퍼를 이용한다. 앞서 언급된 바와 같이, 본원에 기재된 공정 및 장치는, 에칭, 이온 주입, 또는 증착 같은 처리 작업 후에 포토레지스트를 박리한다. 본 발명은 매우 작은 특징부 또는 임계 치수(가령, 100㎚ 이하, 65㎚, 또는 45㎚ 이하)를 갖는 웨이퍼에 적합하다. 기재된 바와 같은 HDIS의 낮은 실리콘 손실 특징은, 향상된 논리 소자의 매우 얕은 접합부에 특히 적합하다. 또한 본 발명은 FEOL(front end of the line) 이온 주입, 특히, 고주입량 이온 주입을 겪는 웨이퍼에 적합하다.

[0062] 플라스마에 의해 활성화되는 화학종이 포토레지스트와 반응하고, 웨이퍼에 잔여물을 스퍼터링한다. 웨이퍼에서, 반응성 기체는 플라스마에 의해 활성화되는 복수의 화학종, 라디칼, 대전된 화학종, 및 기체 부산물을 포함할

수 있다. 수소계 플라스마를 위해, 다양한 수소 화학종의 부피 농도는, 웨이퍼에 있는 기체의 약 20-80%, 일반적으로, 50% 이상일 수 있다. 산소계 플라스마의 경우, 다양한 산소 화학종의 부피 농도는, 웨이퍼에 있는 기체의 약 20-80%, 통상적으로, 50% 이상일 수 있다. 다양한 불소 화학종의 부피 농도는 0.01% 내지 약 2%, 또는 1% 미만일 수 있다. 약 산화제 중 다양한 화학종의 부피 농도는 0.05 내지 약 5%, 또는 약 1.2%일 수 있다. 이들 화학종은 H2*, H2+, H+, H*, e-, OH, O*, CO, CO2, H2O, HF, F*, F-, CF, CF2, 및 CF3을 포함할 수 있다.

[0063] 공정 조건이 웨이퍼 크기에 따라 달라질 수 있다. 본 발명의 일부 실시예에서, 플라스마를 작업 부재의 표면으로 인가하는 동안 작업 부재를 특정 온도로 유지하는 것이 바람직하다. 웨이퍼 온도는 약 110℃ 내지 약 500℃일 수 있다. 앞서 기재된 포토레지스트의 폭발(popping)의 가능성을 낮추기 위해, 충분한 크러스트가 제거되고, 포토레지스트 폭발이 우려되지 않을 때까지 웨이퍼 온도가 천천히 증가하는 것이 바람직하다. 초기 스테이션 온도는 약 110℃ 내지 약 260℃, 가령, 약 240℃일 수 있다. 나중 스테이션이 우수한 박리 속도와 함께 더 높은 온도, 가령, 285℃ 및 약 350℃를 이용할 수 있다. 특정 실시예에서, NF_3 소량첨가(spike) 동안 이러한 소량첨가와 관련된 Si 손실을 낮추기 위해, 온도가 낮아진다.

[0064] 예시 공정

[0065] 앞서 지시한 바와 같이, 특정 실시예에서, 본원에 기재된 포토레지스트 및 잔여물 박리 공정을 수행하기 위해 다중-스테이션 박리 장치가 사용된다. 도 5는 스테이션(1, 2, 3, 4, 5, 및 6)을 포함하는 이러한 장치의 평면도를 단순화시켜 개략적으로 도시한다. 웨이퍼가 챔버(501)를 통해 스테이션(1)에서 장치로 들어가고, 공정 작업의 시퀀스에 따라, 각각의 스테이션으로 이송되며, 공정이 완료된 후, 챔버(502)를 통해 스테이션(6)으로부터 나온다. 구조에 의해, 패시베이션 공정 후 웨이퍼를 멈추거나 냉각시킴으로써, HDIS 박리 화학물질에 의해 실리콘 부식으로부터 보호할 수 있다.

[0066] 예시 공정 1

[0067]

스테이션	화학물질	시간	온도(℃)
1 - 사전 가열	기체 없음	18초	240
2 - FG 패시베이션 - 플라스마 노출	FG	18초	240
2 - 패시베이션 후 대기	FG(플라스마 꺼짐)	220초	240
3 - 4	$H_2/CO_2/NF_3$	스테이션당 18초	285
5 - 6	H_2/CO_2/FG	스테이션당 18초	350

[0068] 예시 공정 2

[0069]

스테이션	화학물질	시간	온도(℃)
1 - FG 패시베이션 - 플라스마 노출	FG	18초	240
1 - 패시베이션 후 대기	FG(플라스마 꺼짐)	220초	
2 - 4	$H_2/CO_2/NF_3$	스테이션당 18초	285
5 - 6	H_2/CO_2/FG	스테이션당 18초	350

[0070] 또 다른 예시적 공정에서, 성형 기체 패시베이션을 제공하기 위해, 6개의 스테이션을 통과하는 제 1 통과 단계가 수행되고, 뒤 이어, 스테이션(1)의 사전 가열과 스테이션(2-6)의 박리 동작의 제 2 통과 단계가 수행된다. 비-산화 분위기에서,대기(waiting) 동작이 챔버 외부에서 발생할 수 있다.

[0071] 본 발명에 따르는 방법 및 장치는, 반도체 제조를 위한 리소그래피 및/또는 패터닝 하드웨어를 포함하는 시스템에서 구현될 수 있다. 덧붙이자면, 본 발명에 따르는 방법은, 상기 본 발명의 방법에 선행하거나 후속하는 리소그래피 및/또는 패터닝 공정을 포함하는 공정에서 구현될 수 있다.

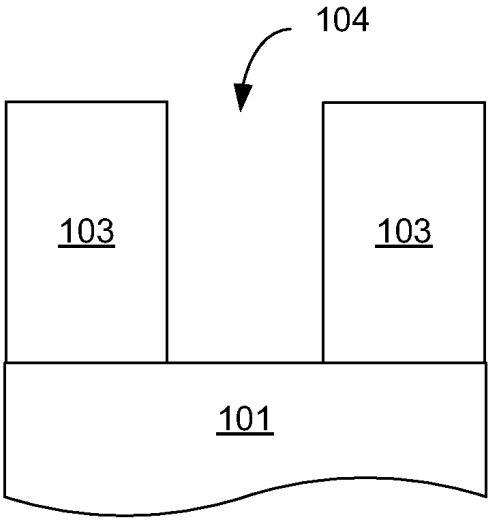
[0072] 실험

[0073] 스테이션(1)에서의 성형 기체 패시베이션이, 스테이션(2-6)에서의 F-함유 박리 동작에 선행할 때의 Si 손실률을, 어떠한 패시베이션 공정도 수행되지 않을 때의 Si 손실률에 비교하는 다양한 실험이 수행되었다. 실리콘 손실률은 54% 내지 82% 만큼 감소되었다.

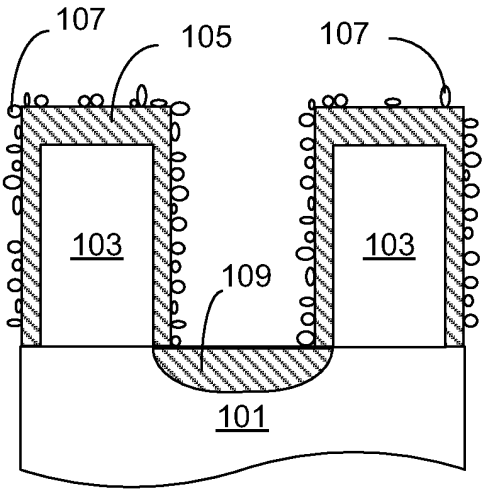
[0074] 본 발명이 몇 가지 바람직한 실시예와 관련하여 기재되었지만, 앞서 제공된 특정예로 한정되는 것은 아니다. 앞서 기재된 바람직한 실시예에 대한 많은 변동이 사용될 수 있다. 따라서 본 발명은 이하의 특허청구범위를 기준으로 넓게 해석되어야 한다.

도면

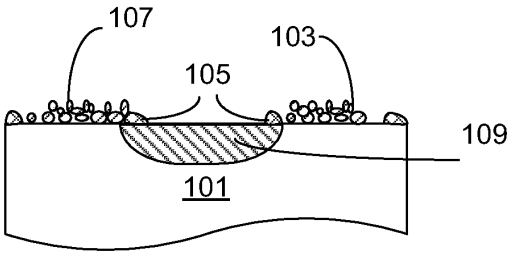
도면1a



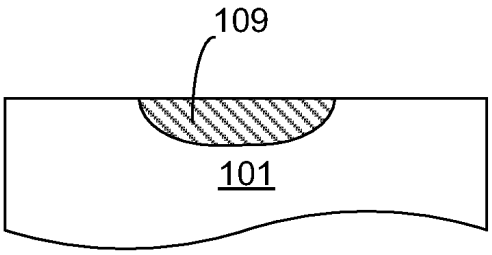
도면1b



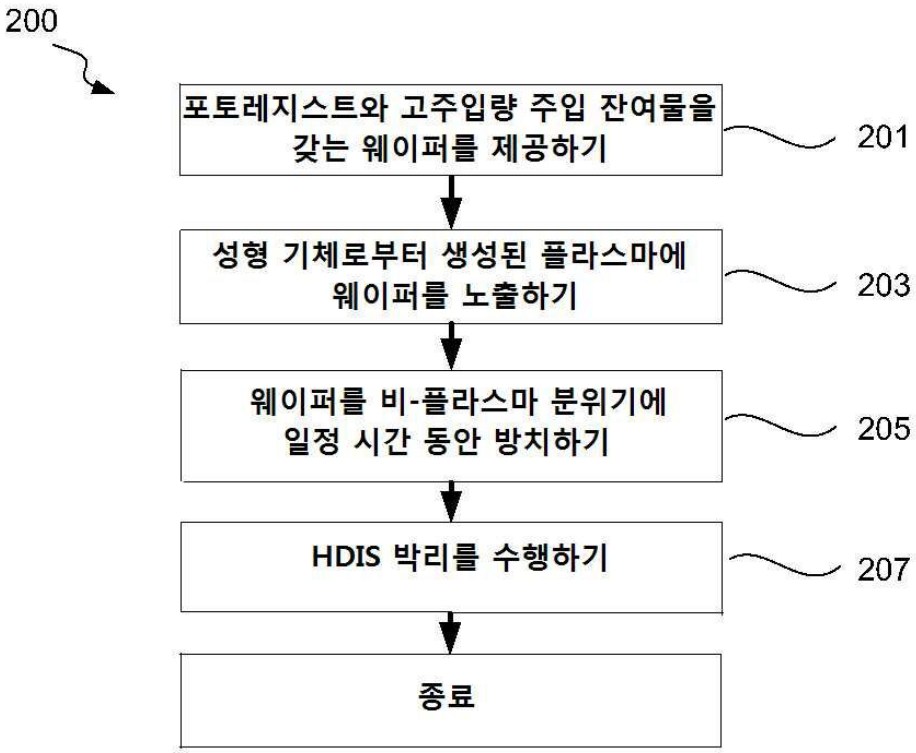
도면1c



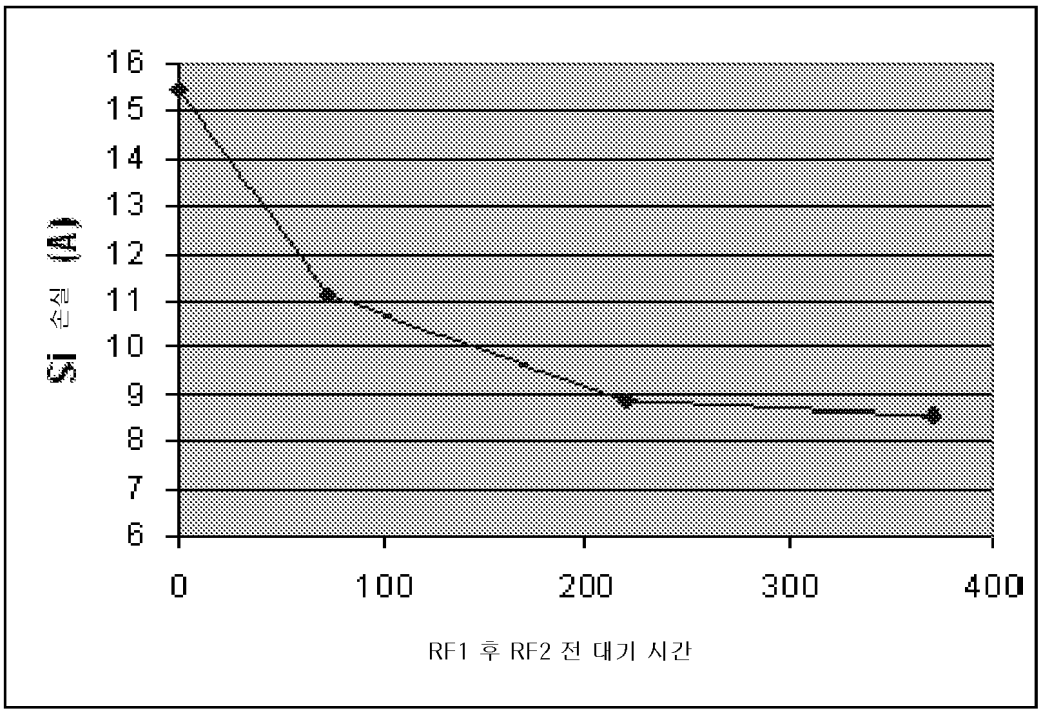
도면1d


109
101

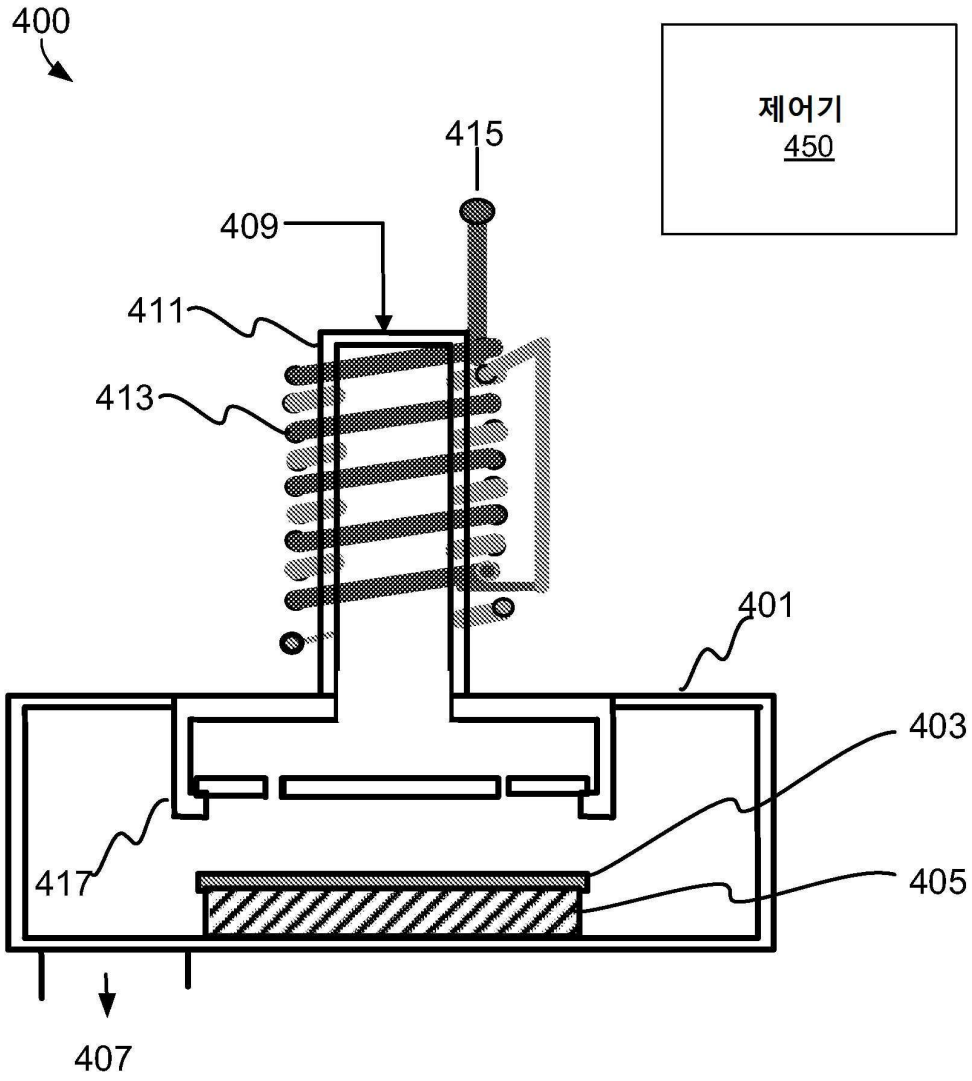
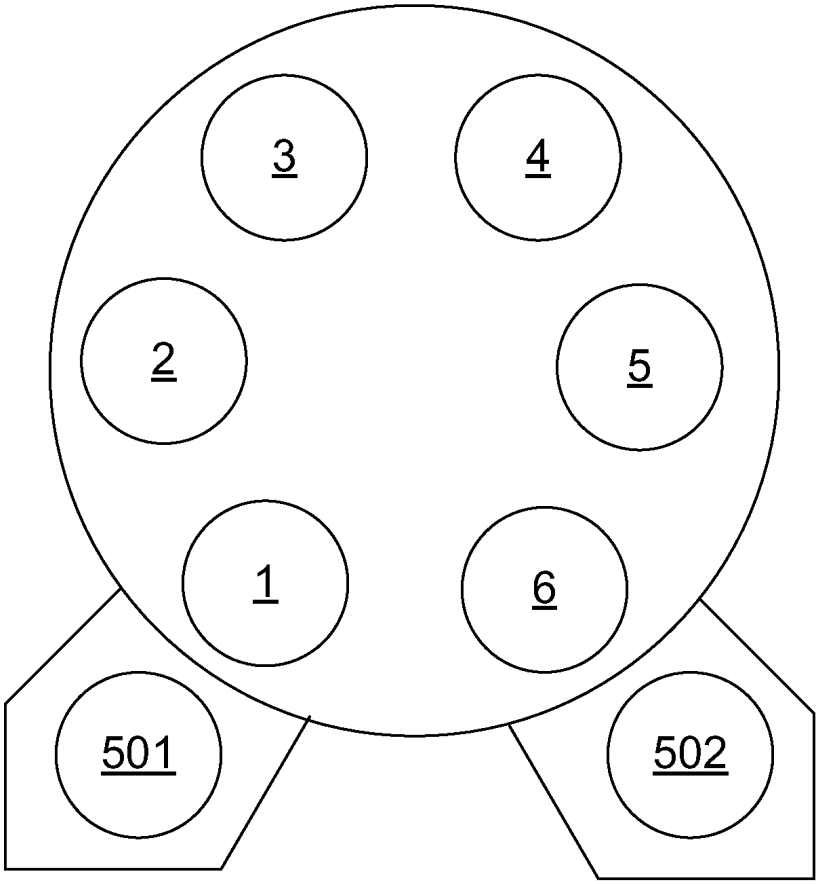
도면2


200
포토레지스트와 고주입량 주입 잔여물을 갖는 웨이퍼를 제공하기
201
성형 기체로부터 생성된 플라스마에 웨이퍼를 노출하기
203
웨이퍼를 비-플라스마 분위기에 일정 시간 동안 방치하기
205
HDIS 박리를 수행하기
207
종료

도면3



도면4



도면5