(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
H01L 21/265

(11) 공개번호 10-2005-0025931
(43) 공개일자 2005년03월14일

(21) 출원번호 10-2004-0071614
(22) 출원일자 2004년09월08일

(30) 우선권주장 JP-P-2003-00315414 2003년09월08일 일본(JP)

(71) 출원인 마츠시타 덴끼 산교 가부시키가이샤
일본 오오사카후 가도마시 오오아자 가도마 1006

(72) 발명자 오쿠무라도모히로
일본 오오사카후 가도마시 스에히로쵸 13-13-201

나카야마이치로
일본 오오사카후 가도마시 스에히로쵸 13-17

마에시마사토시
일본 효고켄 고베시 히가시나다구 스미요시 홈마치 3-9-2-301

미즈노분지
일본 나라켄 이코마시 기타야마토 2-31-15

사사키유이치로
일본 도쿄도 마치다시 츠루마 1720-1-304

(74) 대리인 최재철
김기종
권동용
서장찬

심사청구 : 없음

(54) 플라즈마 처리방법 및 장치

요약

도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있는 플라즈마 처리방법 및 장치를 제공한다.

진공실(900)내의 배기를 정지하는 동시에 진공실내에의 가스의 공급을 정지하고 진공실내에 헬륨 가스와 지보란 가스의 혼합 가스를 봉입한 상태에서, 진공 용기내에 플라즈마를 발생시키는 동시에, 시료 전극에 고주파 전력을 공급함으로써, 붕소를 기판(9)의 표면 근방에 도입한다.

대표도

도 1a

명세서

도면의 간단한 설명

도 1a는 본 발명의 제1실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면 측면도.

도 1b는 상기 제1실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 진공실 등의 형상을 나타내는 평면도.

도 1c는 상기 제1실시형태의 변형예에 의한 플라즈마 도핑 장치의 진공실 등의 형상을 나타내는 평면도.

도 1d는 상기 제1실시형태의 다른 변형예 에 관한 플라즈마 도핑 장치의 진공실등의 형상을 나타내는 평면도이며,

도 2는 본 발명의 제1실시형태에 있어서의 시트 저항 측정 결과를 나타내는 도면.

도 3은 본 발명의 제1실시형태에 있어서의 설명에 이용하는, 종래의 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 4는 본 발명의 제2실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 5는 본 발명의 제3실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 6은 본 발명의 제4실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 7a는 본 발명의 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 7b는 본 발명의 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 차폐판의 일례의 정면도.

도 7c는 상기 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 차폐판의 상기 예를 횡방향으로부터 본 사시도.

도 7d는 상기 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 차폐판의 상기 예를 하측으로부터 본 사시도.

도 7e는 상기 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 차폐판의 다른 예의 정면도.

도 7f는 상기 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 차폐판의 상기의 다른 예를 횡방향으로부터 본 사시도.

도 7g는 상기 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 차폐판의 상기의 다른 예를 하측으로부터 본 사시도.

도 8은 본 발명의 제5실시형태의 변형예에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 9는 본 발명의 제1, 2, 3, 4, 5실시형태에서 각각 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구체적인 실례에 있어서, 38 리터의 진공실에서의 조건 테이블을 나타내는 도면.

도 10은 본 발명의 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구체적인 실례로서, 먼저 배기를 정지하고, 4 Pa로 되는 것과 동시에 가스 공급을 정지시키는 경우의 38 리터의 진공실에서의 조건 테이블의 도면.

도 11은 본 발명의 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구체적인 다른 실례로서, 먼저 가스 공급을 정지하고, 2 Pa로 되는것과 동시에 배기를 정지시키는 경우의 38 리터의 진공실에서의 조건 테이블의 도면.

도 12a는 본 발명의 제6실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 12b는 본 발명의 제6실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구체적인 실례에 있어서, 38 리터의 진공실에서의 조건 테이블을 나타내는 도면.

도 13은 종래 예에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 14는 종래 예에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내는 단면도.

도 15는 종래 예에 있어서의 시트 저항 측정 결과를 나타내는 도면.

*도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1: 진공 용기 2: 가스 공급장치

3: 터보 분자 펌프 4: 조압(調壓) 밸브

5: 고주파 전원 6: 시료 전극

7: 유전체 창(窓) 8: 코일

9: 기판 10: 고주파 전원

11: 가스 도입구 12: 배기구

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

이 발명은, 불순물을 반도체 기판 등의 고체 시료의 표면에 도입하는 플라즈마 도핑을 대표하는 플라즈마 처리방법 및 장치에 관한 것이다.

불순물을 고체 시료의 표면에 도입하는 기술로서는, 불순물을 이온화하여 저 에너지로써 고체중에 도입하는 플라즈마 도핑 방법이 알려져 있다(예로서, 미합중국 특허 제4912065호 공보 참조). 도 13은, 상기 미합중국 특허 제4912065호 공보에 기재된 종래의 불순물 도입방법으로서의 플라즈마 도핑 방법에 이용되는 플라즈마 처리장치의 개략 구성을 나타낸다. 도 13에 있어서, 진공실(201)내에, 실리콘 기판으로 된 시료(209)를 장착하기 위한 시료 전극(206)이 설치되어 있다. 진공실(201)내에 필요로 하는 원소를 포함하는 도핑 원료 가스, 예로서, B_2H_6를 공급하기 위한 가스 공급장치(202), 진공실(201)내의 내부를 감압(減壓)하는 펌프(203)가 설치되어서, 진공실(201)내를 소정의 압력으로 유지할 수 있다. 마이크로파 도파관(219)으로부터, 유전체 창인 석영판(207)을 통하여, 진공실(201)내에 마이크로파가 방사된다. 이 마이크로파와, 전자석(214)으로부터 형성되는 직류 자장의 상호 작용에 의해서, 진공실(201)내에 유자장(有磁場) 마이크로파 플라즈마(전자 사이클로트론 공명 플라즈마)(220)가 형성된다. 시료 전극(206)에는, 콘덴서(221)를 통하여 고주파 전원(210)이 접속되어서, 시료 전극(206)의 전위를 제어할 수 있도록 되어 있다. 또한, 가스 공급장치(202)로부터 공급된 가스는, 가스 도입구(211)로부터 진공실(201)내에 도입되어서, 배기구(212)로부터 펌프(203)에 배기된다.

이러한 구성의 플라즈마 처리장치에 있어서, 가스 도입구(211)로부터 도입된 도핑 원료 가스, 예로서, B_2H_6는, 마이크로파 도파관(219) 및 전자석(214)으로 구성된 플라즈마 발생수단에 의해서 플라즈마화되고, 플라즈마(220)중의 붕소 이온이 고주파 전원(210)에 의해서 시료(209)의 표면에 도입된다.

이와 같이 불순물이 도입된 시료(209)의 위에 금속 배선층을 형성한 후, 소정의 산화 분위기중에서 금속 배선층의 위에 얇은 산화막을 형성하고, 그 후, CVD 장치 등으로써 시료(209)상에 게이트 전극을 형성하면, 예로서 MOS 트랜지스터가 생성된다.

그런데, B_2H_6로 구성된 도핑 원료 가스와 같이, 실리콘 기판 등의 시료에 도입되면 전기적으로 활성으로 되는 불순물을 포함하는 가스는, 일반적으로 위험성이 높다고 하는 문제가 있다.

또한, 플라즈마 도핑 방법은, 도핑 원료 가스에 포함되어 있는 물질의 모두가 시료에 도입된다. B_2H_6로 구성된 도핑 원료 가스를 예로 하여 설명하면, 시료에 도입되었을 때에 유효한 불순물은 붕소뿐이지만, 수소도 동시에 시료중에 도입된다. 수소가 시료중에 도입되면, 에피택시얼(epitaxial) 성장 등, 계속해서 실행되는 열처리시에 시료에 격자(格子) 결함이 발생하는 문제가 있다.

그래서, 시료(209)에 도입되면 전기적으로 활성으로 되는 불순물을 포함하는 불순물 고체를 진공실(201)내에 배치하는 동시에, 진공실(201)내에서 희유 가스의 플라즈마(220)를 발생시켜서, 불활성 가스의 이온으로써 불순물 고체를 스퍼터링함으로써, 불순물 고체로부터 불순물을 분리시키는 방법이 고안되었다(예로서, 특개평 09-115851호 공보 참조). 도 14는, 상기 특개평 09-115851호 공보에 기재된 종래의 불순물 도입방법으로서의 플라즈마 도핑 방법에 이용되는 플라즈마 도핑 장치의 개략 구성을 나타낸다. 도 14에 있어서, 진공실(201)내에, 실리콘 기판으로 구성된 시료(209)를 장착하기 위한 시료 전극(206)이 설치되어 있다. 진공실(201)내에 불활성 가스를 공급하기 위한 가스 공급장치(202), 진공실(201)내의 내부를 감압하는 펌프(203)가 설치되어서, 진공실(201)내를 소정의 압력으로 유지할 수 있다. 마이크로파 도파관(219)으로부터, 유전체 창인 석영판(207)을 통하여, 진공실(201)내에 마이크로파가 방사된다. 이 마이크로파와, 전자석(214)으로부터 형성되는 직류 자장의 상호 작용에 의해서, 진공실(201)내에 유자장(有磁場) 마이크로파 플라즈마(전자 사이클로트론 공명 플라즈마)(220)가 형성된다. 시료 전극(206)에는, 콘덴서(221)를 통하여 고주파 전원(210)이 접속되어서, 시료 전극(206)의 전위를 제어할 수 있도록 되어 있다. 또한, 불순물 원소, 예로서 붕소를 포함하는 불순물 고체(222)가, 고체 지지대(223)상에 설치되고, 고체 지지대(223)의 전위가, 콘덴서(224)를 통하여 접속된 고주파 전원(225)에 의해서 제어된다. 또한, 가스 공급장치(202)로부터 공급된 가스는, 가스 도입구(211)로부터 진공실(201)내에 도입되어서, 배기구(212)로부터 펌프(203)에 배기된다.

이러한 구성의 플라즈마 도핑 장치에 있어서, 가스 도입구(211)로부터 도입된 불활성 가스, 예로서, 아르곤(Ar)은, 마이크로파 도파관(219) 및 전자석(214)으로 구성된 플라즈마 발생수단에 의해서 플라즈마화되고, 불순물 고체(222)로부터 스퍼터링에 의해서 플라즈마중에 비산(飛散)된 불순물 원소의 일부가 이온화되어서, 시료(209)의 표면에 도입된다.

그러나, 종래의 방식에서는, 불순물을 시료의 표면에 균일하게 도핑하는 것이 곤란하다고 하는 문제점이 있다.

도 15는, 도 13에 나타내는 종래의 플라즈마 도핑 장치에 있어서, 도 13의 상측으로부터 하측을 향하여 x축을 취했을 때의, 직경 200 mm의 실리콘 반도체 기판(209)에 붕소를 도핑한 경우의 시트(sheet) 저항을 측정한 결과이다. 도 15로부터 명백한 바와 같이, 시트 저항은 가스 도입구(211)에 가까운 측(도 13의 상측)에서 높고, 배기구(212)에 가까운 측(도 13의 하측)에서 낮게 되어 있다. 이것은, 가스 흐름의 불균일, 환언하면, 불순물원으로서의 붕소 이온 밀도의 불균일에 기인하는 것으로 생각된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은, 상기의 종래의 문제점을 감안하여, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있는 플라즈마 처리방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명을 이하와 같이 구성한다.

본 발명의 제1특징에 의하면, 시료 또는 시료 표면의 막(膜)중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법으로서,

진공실내의 시료 전극에 상기 시료를 장착하고,

상기 진공실내를 상기 진공실의 배기구로부터 배기하면서 상기 진공실의 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 가스를 공급하고,

상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스 도입구로부터의 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 하고,

플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막(膜)중에 불순물을 도입하는 것을 포함하는 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 됨으로써, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다.

본 발명의 제2특징에 의하면, 시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법으로서,

진공실내의 시료 전극에 상기 시료를 장착하고,

상기 진공실내를 상기 진공실의 배기구로부터 배기하면서, 상기 배기구와 상기 진공실의 가스 도입구를 연결하는 최단 유로(流路)가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 가스를 공급하여, 상기 진공실의 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 공급된 상기 가스의 흐름이, 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하면서 상기 배기구를 향하고,

상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스 도입구로부터의 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 하고,

플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하는 것을 포함하는 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 상기 진공실의 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 공급된 상기 가스의 흐름이, 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하면서 상기 배기구를 향하도록 되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다.

본 발명의 제3특징에 의하면, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 시료 전극보다도 상기 배기구에 가까운 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한, 제2특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가 시료 전극보다도 배기구에 가까운 부위에 설치되어서, 상기 진공실의 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 공급된 상기 가스의 흐름이, 상기 가스 도입구로부터 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 향하지 않고 상기 배기구를 향하도록 되므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제4특징에 의하면, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한, 제2특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제5특징에 의하면, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 가스 도입구로부터 상기 배기구를 향하여 상기 가스를 공급하도록 한, 제2특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구로부터 배기구를 향하여 가스를 공급하므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제6특징에 의하면, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 가스 도입구로부터, 상기 배기를 실행하는 배기장치를 향하여 상기 가스를 공급하도록 한, 제2특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구로부터 배기장치를 향하여 가스를 공급하므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제7특징에 의하면, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 플라즈마를 발생시키는 경우에도 상기 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한, 제2특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서도 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제8특징에 의하면, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 플라즈마를 발생시키는 경우에도, 상기 가스 도입구의 근방에 배치된 차폐판에 의해서 상기 플라즈마로부터 차폐되면서, 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한, 제2특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서도 플라즈마로부터 차폐되는 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제9특징에 의하면, 시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법으로서,

진공실내의 시료 전극에 상기 시료를 장착하고,

상기 진공실내를 상기 진공실의 배기구로부터 배기하고,

상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 상기 진공실의 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하여, 상기 진공실의 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 공급된 상기 가스의 흐름이, 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하면서 상기 배기구를 향하고,

상기 가스 도입구로부터의 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 하고,

플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막(膜)중에 불순물을 도입하는 것을 포함하는 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의

영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 상기 진공실의 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 공급된 상기 가스의 흐름이, 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하면서 상기 배기구를 향하도록 되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제10특징에 의하면, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 시료 전극보다도 상기 배기구에 가까운 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한, 제9특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가 시료 전극보다도 배기구에 가까운 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제11특징에 의하면, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한, 제9특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제12특징에 의하면, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 가스 도입구로부터 상기 배기구를 향하여 상기 가스를 공급하도록 한, 제9특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구로부터 배기구를 향하여 가스를 공급하므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제13특징에 의하면, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 가스 도입구로부터, 상기 배기를 실행하는 배기장치를 향하여 가스를 공급하도록 한, 제9특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구로부터 배기장치를 향하여 가스를 공급하므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제14특징에 의하면, 상기의 배기하면서, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 플라즈마를 발생시키는 경우에도, 상기 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한, 제9특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서도 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제15특징에 의하면, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 플라즈마를 발생시키는 경우에, 상기 플라즈마로부터 차폐판에 의해서 차폐되는 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한, 제9특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있

게 된다. 또한, 가스 도입구가, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서도 플라즈마로부터 차폐되는 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제16특징에 의하면, 시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법으로서,

진공실내의 시료 전극에 상기 시료를 장착하고,

상기 진공실내를 상기 진공실의 배기구로부터 배기하면서 상기 진공실의 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 가스를 공급하고,

상기 진공실의 체적을 V(L: 리터), 상기 진공실내의 압력을 p(Torr), 공급되는 상기 가스의 유량을 Q(Torr・L/s)라고 할 때, V・p/Q＞1 (s)이 되는 관계를 만족시키면서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막(膜)중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법을 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 플라즈마 발생중에 가스 도입구 부근에 반응 생성물이 퇴적되기 어려우므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제17특징에 의하면, 상기 플라즈마를 발생시킬 때, V・p/Q＞5 (s)가 되는 관계를 만족시키는, 제16특징에 기재된 플라즈마 처리방법을 제공한다.

본 발명의 제18특징에 의하면, 진공실을 형성하고, 상기 진공실내를 배기하는 배기구와, 상기 배기구와 연결되는 최단 유로가 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치되어서 상기 진공실내에 가스를 공급하는 가스 도입구를 갖는 진공 용기와,

상기 진공실내에 상기 시료를 장착하기 위한 시료 전극과,

상기 진공 용기의 배기구에 연결되어서 상기 진공실내를 배기하기 위한 배기장치와,

상기 가스 도입구에 연결되어서 상기 진공실내에 가스를 공급하기 위한 가스 공급장치와,

플라즈마원과,

상기 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하는 고주파 전원과,

상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스 도입구로부터의 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 상기 플라즈마원에 상기 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하도록 제어하는 제어장치를 구비한 플라즈마 처리장치를 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 상기 진공실의 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 공급된 상기 가스의 흐름이, 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하면서 상기 배기구를 향하도록 되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다.

본 발명의 제19특징에 의하면, 상기 가스 도입구가, 상기 시료 전극보다도 상기 배기구에 가까운 부위에 설치되어 있도록 한, 제18특징에 기재된 플라즈마 처리장치를 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가 시료 전극보다도 배기구에 가까운 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제20특징에 의하면, 상기 가스 도입구가, 상기 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치되어 있도록 한, 제18특징에 기재된 플라즈마 처리장치를 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제21특징에 의하면, 상기 가스 도입구가, 상기 배기구를 향해서 상기 가스를 불어내도록 설치되어 있도록 한, 제18특징에 기재된 플라즈마 처리장치를 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구로부터 배기구를 향해서 가스를 공급하므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제22특징에 의하면, 상기 가스 도입구가, 상기 배기장치를 향해서 상기 가스를 불어내도록 설치되어 있도록 한, 제18특징에 기재된 플라즈마 처리장치를 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구로부터 배기장치를 향하여 가스를 공급하므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제23특징에 의하면, 상기 가스 도입구가, 상기 플라즈마를 발생시킬 때에 상기 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치되어 있도록 한, 제18특징에 기재된 플라즈마 처리장치를 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서도 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

본 발명의 제24특징에 의하면, 상기 플라즈마를 발생시켰을 때에 상기 플라즈마로부터 상기 가스 도입구가 차폐되는 차폐판을 추가로 구비하도록 한, 제18특징에 기재된 플라즈마 처리장치를 제공한다.

본 발명의 제25특징에 의하면, 상기 시료 전극이, 상기 진공 용기의 내측 벽면으로부터 불균등한 위치에 배치되도록 한, 제18특징에 기재된 플라즈마 처리장치를 제공한다.

이러한 구성에 따라서, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구가, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서 플라즈마로부터 차폐되는 부위에 설치되어 있으므로, 시료에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

이상과 같이, 본 발명의 플라즈마 처리방법 및 장치에 의하면, 입자(먼지)를 발생시키지 않고, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다.

이하 본 발명의 실시형태에 대하여, 도면을 참조하면서 설명한다.

(제1실시형태)

이하, 본 발명의 제1실시형태에 대하여, 도 1a 내지 도 2를 참조하여 설명한다.

도 1a 및 도 1b에, 본 발명의 제1실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 단면도 및 평면도를 나타낸다. 도 1a에 있어서, 진공실(900)을 형성하고 또한 접지된 진공 용기(1)내에, 가스 공급장치(2)로부터 진공 용기(1)의 가스 도입구(11)를 통하여 소정의 가스를 도입하면서, 배기장치의 일례로서의 터보 분자 펌프(3)로써 진공 용기(1)의 배기구(12)를 통하여 배기를 실행하고, 조압(調壓) 밸브(4)로써 진공 용기(1)내를 소정의 압력으로 유지할 수 있다. 고주파 전원(5)으로써, 일례로서 13.56 MHz의 고주파 전력을, 시료 전극(6)에 대향하여 진공 용기(1)의 상부에 설치된 유전체 창(7)의 외측의 상면 근방에 설치된 코일(8)에 공급함으로써, 유도 결합형 플라즈마를, 진공 용기(1)내의 진공실(900)의 시료 전극(6)의 상측 방향 공간 및 그 주변에 발생시킬 수 있다. 진공 용기(1)내에 절연체(60)를 통하여 배치된 시료 전극(6)상에, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)을 장착한다.

또한, 시료 전극(6)에 고주파 전력을 공급하기 위한 고주파 전원(10)이 설치되어 있고, 시료의 일례로서의 기판(9)이 플라즈마에 대하여 부(負)의 전위를 갖도록, 시료 전극(6)의 전위를 제어장치(1000)로써 제어할 수 있도록 되어 있다.

가스 공급장치(2)로부터 진공실(900)에 가스를 공급하기 위하여 진공 용기(1)에 형성된 가스 도입구(11)는, 상기 배기구(12)와 상기 진공실(900)의 가스 도입구(11)를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 예로서의 실리콘 기판(9)의 표면의 상측 방향 공간(이 제1실시형태에서는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간)을 회피하도록, 배기구(12)의 근방에서 배기구(12)에 대향하는 진공 용기(1)의 상부에 하향으로 설치되어 있다. 따라서, 가스 공급장치(2)로부터 공급된 가스는, 시료 전극(6)보다도 배기구(12)에 가까운 부위에 설치된 가스 도입구(11)로부터 진공 용기(1)내의 진공실(900)에 공급되고, 공급된 가스는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간을 향하지 않고 배기구(12)로부터 펌프(3)에 배기된다. 즉, 공급된 가스는, 모두 최종적으로는 배기구(12)를 통하여 펌프(3)에 흐른다.

상기 제어장치(1000)는, 가스 공급장치(2)와, 터보 분자 펌프(3)와, 조압 밸브(4)와, 고주파 전원(5)과, 고주파 전원(10)을 이후에 설명하는 바와 같이 동작 제어한다.

또한, 상기 진공 용기(1)의 내벽(內壁) 형상, 환언하면 진공실(900)의 형상은, 도 1b에 나타내는 바와 같이, 시료 전극(6)의 주위는 원형상(圓形狀)으로 구성되고, 배기구(12)의 주위는 구형상(矩形狀)으로 구성되어 있다. 그러나, 상기 진공실(900)은 이러한 형상에 한정되는 것은 아니다. 예로서, 진공 용기(1C)의 진공실(900)의 형상은, 도 1c에 나타내는 바와 같이, 시료 전극(6)의 주위를 구형상(矩形狀)으로 구성하고, 배기구(12)의 주위는 사다리꼴 형상으로 구성해도 좋다. 또한, 진공 용기(1D)의 진공실(900)의 형상은, 도 1d에 나타내는 바와 같이, 시료 전극(6)의 주위를 큰 원형상(圓形狀)으로 구성하고, 배기구(12)의 주위는 작은 원형상으로 구성해도 좋다. 또한, 어떠한 예에서도, 상기 시료 전극(6)은, 상기 진공 용기(1)의 내측 벽면으로부터 불균등한 위치에 배치되어 있다.

기판(9)을 시료 전극(6)에 장착한 후, 시료 전극(6)의 온도를 예로서 10℃로 유지하고, 진공실(900)을 배기구(12)로부터 배기하면서, 가스 도입구(11)로부터 진공실(900)에, 예로서, 헬륨 가스를 50 sccm, 도핑 원료 가스의 일례로서의 지보란(B_2H_6) 가스를 3 sccm 공급하고, 조압 밸브(4)를 제어하여 진공실(900)의 압력을 예로서 3 Pa에 유지한다.

이어서, 배기를 정지 또는 거의 정지로 하면(환언하면, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하면) 거의 동시에 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지로 함으로써(환언하면, 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 함으로써), 진공실(900)에, 예로서 헬륨 가스와 지보란 가스의 혼합 가스가 3 Pa 봉입된 상태로 한다.

이어서, 이와 같이 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을, 예로서 800 W 공급함으로써, 진공실(900)에 플라즈마를 발생시키는 동시에, 시료 전극에, 예로서 200 W의 고주파 전력을 공급함으로써, 붕소를 기판(9)의 표면 근방에 도입할 수 있었다.

도 2는, 도 1a의 좌측으로부터 우측을 향하여 x축을 취한 경우의, 지름 200 mm의 실리콘 반도체 기판에 붕소를 도핑했을 때의 기판의 위치와, 그 위치에서의 시트 저항을 측정한 결과이다. 도 2로부터 명백한 바와 같이, 시트 저항의 면내(面內) 분포는 종래 예와 비교해서 현격하게 균일화되어 있다.

이것은, 가스의 흐름이 없는 상태에서 플라즈마를 발생시킴으로써, 종래 예에서 나타나는 압력의 불균일, 유속의 불균일, 붕소 분압(分壓)의 불균일 등이 영향을 주어서 발생하는, 불순물원(不純物源)의 일례로서의 붕소 이온 밀도의 불균일이 저감되어서, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 도핑 처리를 실행할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

여기서, 가스 도입구(11)의 배치에 대하여 설명한다.

우선, 비교를 위해서, 시료 전극상을 가스의 흐름을 회피하지 않는 예로서, 도 3에 나타내는 바와 같이, 가스 도입구(111)를, 시료 전극(106)보다 위면서, 시료 전극(106)보다도 배기구(112)에서 먼 부위에 설치한 종래의 플라즈마 도핑 장치의 경우에 또한 가스를 흐르게 하면서 플라즈마를 발생시켜서 붕소를 시료(109)의 표면 근방에 도입하는 경우에는, 시트 저항의 면내 분포는, 제1실시형태의 도 1a의 장치를 이용하는 경우와 마찬가지로 양호했지만, 시료(109)상에 입자(먼지)가 떨어져서, 소자의 수율(收率)이 격감하였다. 또한, 도 3에 있어서, 100은 가스 도입구(111)로부터 배기구(112)에의 가스의 흐름, 101은 진공 용기, 102는 가스 공급장치, 103은 터보 분자 펌프, 104는 조압 밸브, 105는 고주파 전원, 107은 유전체 창, 108은 코일, 110은 고주파 전원, 160은 절연체, 119는 진공실이다.

한편, 제1실시형태의 도 1a의 장치를 이용한 경우는, 시료(9)상에 입자(먼지)가 떨어지지 않고, 수율도 높았다. 또한, 가스의 공급과 배기를 정지하지 않는 종래 예의 처리에 있어서도, 시료(9)상에 입자(먼지)는 떨어지지 않았다.

이러한 결과가 된 이유는 이하와 같다. 즉, 가스 도입구(11)로부터 가스를 공급하면서 플라즈마를 발생시킨 경우, 가스 도입구(11)의 근방은 국소적으로 압력이 높고, 유속이 높으므로, 플라즈마 밀도가 매우 낮아진다. 그 결과, 가스 도입구 (11)의 근방에는 반응 생성물이 퇴적이 일어나지 않는다. 그러나, 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지한 상태에서 플라즈마를 발생시키면, 가스 도입구(11)의 근방에도 반응 생성물이 퇴적한다. 가스 도입구(11)의 근방에 반응 생성물이 퇴적된 상태에서 가스의 공급을 재개하면, 가스 흐름에 의해서 퇴적된 반응 생성물로 된 박막이 박리되어, 입자로 되어서 기판(9)상에 떨어지게 된다.

도 1a의 장치에서는, 가스 도입구(11)를 시료 전극(6)보다 위이고, 시료 전극(6)보다도 배기구(12)에 가까운 부위에 설치했으므로, 발생한 입자는, 가스 흐름에 따라서 시료 전극(6)보다도 배기구(12)측으로 흐르기 쉽게 되어서, 시료 전극 위를 회피했으므로, 기판(9)쪽에는 떨어져 내려 오지 않는 것으로 생각된다.

따라서, 상기 제1실시형태에 의하면, 배기를 정지 또는 거의 정지하면 거의 동시에 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지한 상태에서 고주파 전력을 공급하여 진공실(900)에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구(11)를 시료 전극(6)보다도 배기구(12)에 가까운 부위에 설치되어 있으므로, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 중심인 얻을 수 있다.

이상과 같은 메커니즘을 검증하기 위하여, 가스 도입구(11)의 배치에 대한 여러가지 실시형태와 함께 설명한다.

(제2실시형태)

이하, 본 발명의 제2실시형태에 대하여, 도 4를 참조하여 설명한다.

도 4에, 본 발명의 제2실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 단면도를 나타낸다. 도 4에 있어서, 진공실(900)을 형성하고, 또한 접지된 진공 용기(1)내에, 가스 공급장치(2)로부터 진공 용기(1)의 가스 도입구(11)를 통하여 소정의 가스를 도입하면서, 배기장치의 일례로서의 터보 분자 펌프(3)로써 진공 용기(1)의 배기구(12)를 통하여 배기를 실행하고, 조압 밸브(4)로써 진공 용기(1)내를 소정의 압력으로 유지할 수 있다. 고주파 전원(5)으로써, 일례로서 13.56 MHz의 고주파 전력을, 시료 전극(6)에 대향하여 진공 용기(1)의 상부에 설치된 유전체 창(7)의 외측의 상면 근방에 설치된 코일(8)에 공급함으로써, 유도 결합형 플라즈마를, 진공 용기(1)내의 진공실(900)의 시료 전극(6)의 상측 방향 공간 및 그 주변에 발생시킬 수 있다. 진공 용기(1)내에 절연체(60)를 통하여 배치된 시료 전극(6)상에, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)을 장착한다.

또한, 시료 전극(6)에 고주파 전력을 공급하기 위한 고주파 전원(10)이 설치되어 있고, 시료의 일례로서의 기판(9)이 플라즈마에 대하여 부(負)의 전위를 갖도록, 시료 전극(6)의 전위를 제어장치(1000)로써 제어할 수 있도록 되어 있다.

가스 공급장치(2)로부터 진공실(900)에 가스를 공급하기 위하여 진공 용기(1)에 형성된 가스 도입구(11)는, 상기 배기구(12)와 상기 진공실(900)의 가스 도입구(11)를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)의 표면의 상측 방향 공간(이 제2실시형태에서는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간)을 회피하도록, 진공 용기(1)의 저면(底面)이고 또한 시료 전극(6)의 배기구(12)와는 반대측의 부위(도 4에서는 시료 전극(6)의 좌측의 부위)에 설치되어 있다. 따라서, 가스 공급장치(2)로부터 공급된 가스는, 시료 전극(6)보다도 아래의 부위, 구체적으로는 진공 용기(1)의 저면이고 또한 시료 전극(6)의 배기구(12)와는 반대측의 부위에 설치된 가스 도입구(11)로부터 진공 용기(1)내의 진공실(900)에 도입되고, 공급된 가스는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간을 향하지 않고 시료 전극(6)의 주위 아래 쪽을 지나서 배기구(12)를 향하고, 배기구(12)로부터 펌프(3)에 배기된다.

상기 제어장치(1000)는, 가스 공급장치(2)와, 터보 분자 펌프(3)와, 조압 밸브(4)와, 고주파 전원(5)과, 고주파 전원(10)을 이하와 같이 동작 제어한다.

기판(9)을 시료 전극(6)에 장착한 후, 시료 전극(6)의 온도를, 예로서 10℃로 유지하고, 진공실(900)을 배기구(12)로부터 배기하면서, 가스 도입구(11)로부터 진공실(900)내에, 예로서 헬륨 가스를 50 sccm, 도핑 원료 가스의 일례로서의 지보란(B_2H_6) 가스를 3 sccm 공급하고, 조압 밸브(4)를 제어하여 진공실(900)내의 압력을, 예로서 3 Pa로 유지한다.

이어서, 배기를 정지 또는 거의 정지로 하면(환언하면, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하면) 거의 동시에 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지로 함으로써(환언하면, 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 함으로써), 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태, 즉, 진공실(900)에, 예로서 헬륨 가스와 지보란 가스의 혼합 가스가 3 Pa 봉입된 상태로 한다.

이어서, 이와 같이 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을, 예로서 800 W 공급함으로써, 진공실(900)에 플라즈마를 발생시키는 동시에, 시료 전극에, 예로서 200 W의 고주파 전력을 공급함으로써, 붕소를 기판(9)의 표면 근방에 도입할 수 있었다.

이 경우도, 시트 저항의 면내 분포는 종래 예와 비교해서 현격하게 균일화되었다. 이것은, 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마를 발생시킴으로써, 종래 예에서 나타나는 압력의 불균일, 유속의 불균일, 붕소 분압(分壓)의 불균일 등이 영향을 주어서 발생하는, 불순물원의 일례로서의 붕소 이온 밀도의 불균일이 저감되어서, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 도핑 처리를 실행할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

또한, 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지한 상태에서 플라즈마를 발생시켰기 때문에, 가스 도입구(11)의 근방에도 반응 생성물이 퇴적하지만, 도 4의 장치에서는, 가스 도입구(11)를 시료 전극(6)보다 아래의 부위(플라즈마 밀도가 낮은 영역)에 설치했으므로, 퇴적하는 반응 생성물의 양은 종래 예와 비교해서 현격하게 적어졌다. 그 결과, 입자는 기판(9)상에는 떨어지지 않았다.

따라서, 상기 제2실시형태에 의하면, 배기를 정지 또는 거의 정지하면, 거의 동시에 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지한 상태에서 고주파 전력을 공급하여 진공실(900)에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구(11)가 시료 전극(6)보다도 아래의 부위에 설치되어 있으므로, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

(제3실시형태)

이하, 본 발명의 제3실시형태에 대하여, 도 5를 참조하여 설명한다.

도 5에, 본 발명의 제3실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 단면도를 나타낸다. 도 5에 있어서, 진공실(900)을 형성하고, 또한 접지된 진공 용기(1)내에, 가스 공급장치(2)로부터 진공 용기(1)의 가스 도입구(11)를 통하여 소정의 가스를 도입하면서, 배기장치의 일례로서의 터보 분자 펌프(3)로써 진공 용기(1)의 배기구(12)를 통하여 배기를 실행하고, 조압 밸브(4)로써 진공 용기(1)내를 소정의 압력으로 유지할 수 있다. 고주파 전원(5)으로써, 일례로서 13.56 MHz의 고주파 전력을, 시료 전극(6)에 대향하여 진공 용기(1)의 상부에 설치된 유전체 창(7)의 근방에 설치된 코일(8)에 공급함으로써, 유도 결합형 플라즈마를, 진공 용기(1)내의 진공실 (900)의 시료 전극(6)의 상측 방향 공간 및 그 주변에 발생시킬 수 있다. 진공 용기(1)내에 절연체(60)를 통하여 배치된 시료 전극(6)상에, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)을 장착한다.

또한, 시료 전극(6)에 고주파 전력을 공급하기 위한 고주파 전원(10)이 설치되어 있고, 시료의 일례로서의 기판(9)이 플라즈마에 대하여 부의 전위를 갖도록, 시료 전극(6)의 전위를 제어장치(1000)로써 제어할 수 있도록 되어 있다.

가스 공급장치(2)로부터 진공실(900)에 가스를 공급하기 위하여 진공 용기(1)에 형성된 가스 도입구(11)는, 상기 배기구(12)와 상기 진공실(900)의 가스 도입구(11)를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)의 표면의 상측 방향 공간(이 제3실시형태에서는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간)을 회피하도록, 배기구(12)의 근방의 진공 용기(1)에 배기구(12)를 향해서 설치되어 있다. 따라서, 가스 공급장치(2)로부터 공급된 가스는, 배기구(12)의 근방에 설치된 가스 도입구(11)로부터 배기구(12)를 향해서 진공 용기(1)내의 진공실(900)에 도입되고, 공급된 가스는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간을 향하지 않고 배기구(12)로부터 펌프(3)에 배기된다.

상기 제어장치(1000)는, 가스 공급장치(2)와, 터보 분자 펌프(3)와, 조압 밸브(4)와, 고주파 전원(5)과, 고주파 전원(10)을 이하와 같이 동작 제어한다.

기판(9)을 시료 전극(6)에 장착한 후, 시료 전극(6)의 온도를, 예로서 10℃로 유지하고, 진공실(900)을 배기구(12)로부터 배기하면서, 가스 도입구(11)로부터 진공실(900)내에, 예로서 헬륨 가스를 50 sccm, 도핑 원료 가스의 일례로서의 지보란(B_2H_6) 가스를 3 sccm 공급하고, 조압 밸브(4)를 제어하여 진공실(900)내의 압력을, 예로서 3 Pa로 유지한다.

이어서, 배기를 정지 또는 거의 정지로 하면(환언하면, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하면) 거의 동시에 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지로 함으로써(환언하면, 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 함으로써), 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태, 즉, 진공실(900)에, 예로서 헬륨 가스와 지보란 가스의 혼합 가스가 3 Pa 봉입된 상태로 한다.

이어서, 이와 같이 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을, 예로서 800 W 공급함으로써, 진공실(900)에 플라즈마를 발생시키는 동시에, 시료 전극에, 예로서 200 W의 고주파 전력을 공급함으로써, 붕소를 기판(9)의 표면 근방에 도입할 수 있었다.

이 경우도, 시트 저항의 면내 분포는 종래 예와 비교해서 현격하게 균일화되었다. 이것은, 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마를 발생시킴으로써, 종래 예에서 나타나는 압력의 불균일, 유속의 불균일, 붕소 분압(分壓)의 불균일 등이 영향을 주어서 발생하는, 불순물원의 일례로서의 붕소 이온 밀도의 불균일이 저감되어서, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 도핑 처리를 실행할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

또한, 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지한 상태에서 플라즈마를 발생시켰기 때문에, 가스 도입구(11)의 근방에도 반응 생성물이 퇴적하고, 가스의 공급을 재개한 경우에 가스 흐름에 의해서 퇴적된 반응 생성물로 된 박막이 박리된다. 그러나, 도 5의 장치에서는, 가스 도입구(11)를 배기구(12)를 향하여 설치하였으므로, 입자는 기판(9)상에는 떨어지지 않았다. 또한, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서도 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 가스 도입구(11)를 배치하고 있으므로, 플라즈마를 발생시켰을 때에 가스 도입구(11)의 근방에 반응 생성물이 거의 퇴적하지 않고, 배기되는 입자도 격감하고, 더욱 안정된 플라즈마 도핑 처리를 실행할 수 있었다.

따라서, 상기 제3실시형태에 의하면, 배기 유량을 0(정지) 또는 거의 0(거의 정지)으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0(정지) 또는 거의 0(거의 정지)으로 한 상태에서, 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실(900)내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구(11)로부터 배기구(12)를 향하여 가스를 공급하므로, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

(제4실시형태)

이하, 본 발명의 제4실시형태에 대하여, 도 6을 참조하여 설명한다.

도 6에, 본 발명의 제4실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 단면도를 나타낸다. 도 6에 있어서, 진공실(900)을 형성하고, 또한 접지된 진공 용기(1)내에, 가스 공급장치(2)로부터 진공 용기(1)의 가스 도입구(11)를 통하여 소정의 가스를 도입하면서, 배기장치의 일례로서의 터보 분자 펌프(3)로써 진공 용기(1)의 배기구(12)를 통하여 배기를 실행하고, 조압 밸브(4)로써 진공 용기(1)내를 소정의 압력으로 유지할 수 있다. 고주파 전원(5)으로써, 일례로서 13.56 MHz의 고주파 전력을, 시료 전극(6)에 대향하여 진공 용기(1)의 상부에 설치된 유전체 창(7)의 외측의 상면 근방에 설치된 코일(8)에 공급함으로써, 유도 결합형 플라즈마를, 진공 용기(1)내의 진공실(900)의 시료 전극(6)의 상측 방향 공간 및 그 주변에 발생시킬 수 있다. 진공 용기(1)내에 절연체(60)를 통하여 배치된 시료 전극(6)상에, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)을 장착한다.

또한, 시료 전극(6)에 고주파 전력을 공급하기 위한 고주파 전원(10)이 설치되어 있고, 시료의 일례로서의 기판(9)이 플라즈마에 대하여 부의 전위를 갖도록, 시료 전극(6)의 전위를 제어장치(1000)로써 제어할 수 있도록 되어 있다.

가스 공급장치(2)로부터 진공실(900)에 가스를 공급하기 위하여 진공 용기 (1)에 형성된 가스 도입구(11)는, 상기 배기구(12)와 상기 진공실(900)의 가스 도입구(11)를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)의 표면의 상측 방향 공간(이 제4실시형태에서는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간)을 회피하도록, 배기구(12)의 근방이고, 또한, 배기구(12)에 대향하는 진공 용기(1)의 상부의 배기구(12)에 대향하는 위치에 배기구(12)를 향해서 설치되어 있다. 따라서, 가스 공급장치(2)로부터 공급된 가스는, 배기구(12)의 근방에 설치된 가스 도입구(11)로부

터 펌프(3)를 향하여 진공 용기(1)내에 도입되고, 공급된 가스는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간을 향하지 않고 배기구(12)로부터 펌프(3)에 배기된다.

상기 제어장치(1000)는, 가스 공급장치(2)와, 터보 분자 펌프(3)와, 조압 밸브(4)와, 고주파 전원(5)과, 고주파 전원(10)을 이하와 같이 동작 제어한다.

기판(9)을 시료 전극(6)에 장착한 후, 시료 전극(6)의 온도를, 예로서 10℃로 유지하고, 진공실(900)을 배기구(12)로부터 배기하면서, 가스 도입구(11)로부터 진공실(900)내에, 예로서 헬륨 가스를 50 sccm, 도핑 원료 가스의 일례로서의 지보란(B_2H_6) 가스를 3 sccm 공급하고, 조압 밸브(4)를 제어하여 진공실(900)내의 압력을, 예로서 3 Pa로 유지한다.

이어서, 배기를 정지 또는 거의 정지로 하면(환언하면, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하면) 거의 동시에 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지로 함으로써(환언하면, 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 함으로써), 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태, 즉, 진공실(900)에, 예로서 헬륨 가스와 지보란 가스의 혼합 가스가 3 Pa 봉입된 상태로 한다.

이어서, 이와 같이 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을, 예로서 800 W 공급함으로써, 진공실(900)에 플라즈마를 발생시키는 동시에, 시료 전극에, 예로서 200 W의 고주파 전력을 공급함으로써, 붕소를 기판(9)의 표면 근방에 도입할 수 있었다.

이 경우도, 시트 저항의 면내 분포는 종래 예와 비교해서 현격하게 균일화되었다. 이것은, 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마를 발생시킴으로써, 종래 예에서 나타나는 압력의 불균일, 유속의 불균일, 붕소 분압(分壓)의 불균일 등이 영향을 주어서 발생하는, 불순물원의 일례로서의 붕소 이온 밀도의 불균일이 저감되어서, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 도핑 처리를 실행할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

또한, 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지한 상태에서 플라즈마를 발생시켰기 때문에, 가스 도입구(11)의 근방에도 반응 생성물이 퇴적하고, 가스의 공급을 재개한 경우에 가스 흐름에 의해서 퇴적된 반응 생성물로 된 박막이 박리된다. 그러나, 도 6의 장치에서는, 가스 도입구(11)를 펌프(3)를 향하여 설치하였으므로, 입자는 기판(9)상에는 떨어지지 않았다. 또한, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서도 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 가스 도입구(11)를 배치하고 있으므로, 플라즈마를 발생시켰을 때에 가스 도입구(11)의 근방에 반응 생성물이 거의 퇴적하지 않고, 배기되는 입자도 격감하고, 더욱 안정된 플라즈마 도핑 처리를 실행할 수 있었다.

따라서, 제4실시형태에 의하면, 배기 유량을 0(정지) 또는 거의 0(거의 정지)으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0(정지) 또는 거의 0(거의 정지)으로 한 상태에서, 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실(900)내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구(11)로부터 배기장치의 일례로서의 터보 분자 펌프(3)를 향하여 가스를 공급하므로, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

(제5실시형태)

이하, 본 발명의 제5실시형태에 대하여, 도 7을 참조하여 설명한다.

도 7에, 본 발명의 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 단면도를 나타낸다. 도 7에 있어서, 진공실(900)을 형성하고, 또한 접지된 진공 용기(1)내에, 가스 공급장치(2)로부터 진공 용기(1)의 가스 도입구(11)를 통하여 소정의 가스를 도입하면서, 배기장치의 일례로서의 터보 분자 펌프(3)로써 진공 용기(1)의 배기구(12)를 통하여 배기를 실행하고, 조압 밸브(4)로써 진공 용기(1)내를 소정의 압력으로 유지할 수 있다. 고주파 전원(5)으로써, 일례로서 13.56 MHz의 고주파 전력을, 시료 전극(6)에 대향하여 진공 용기(1)의 상부에 설치된 유전체 창(7)의 외측의 상면 근방에 설치된 코일(8)에 공급함으로써, 유도 결합형 플라즈마를, 진공 용기(1)내의 진공실(900)의 시료 전극(6)의 상측 방향 공간 및 그 주변에 발생시킬 수 있다. 진공 용기(1)내에 절연체(60)를 통하여 배치된 시료 전극(6)상에, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)을 장착한다.

또한, 시료 전극(6)에 고주파 전력을 공급하기 위한 고주파 전원(10)이 설치되어 있고, 시료의 일례로서의 기판(9)이 플라즈마에 대하여 부의 전위를 갖도록, 시료 전극(6)의 전위를 제어장치(1000)로써 제어할 수 있도록 되어 있다.

가스 공급장치(2)로부터 진공실(900)에 가스를 공급하기 위하여 진공 용기 (1)에 형성된 가스 도입구(11)는, 상기 배기구(12)와 상기 진공실(900)의 가스 도입구(11)를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)의 표면의 상측 방향 공간(이 제5실시형태에서는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간)을 회피하도록, 시료 전극(6)의 배기구(12)와는 반대측의 진공 용기(1)의 측부(側部)(도 4에서는 시료 전극(6)의 좌측의 측부)에 횡방향(橫方向)으로 설치되고, 또한, 가스 도입구(11)의 개구를 시료 전극(6)측에 대하여 차폐하는 차폐 부재의 일례로서의 차폐판(13)이 설치되어 있다.

차폐판(13)은, 차폐 기능을 구비하고 또한 플라즈마와는 반응하지 않는 금속재료로 구성되어서 진공 용기(1)와 함께 접지되고, 진공 용기(1)의 상기 측부의 내벽으로부터 내측을 향해서 돌출된 후 하측 방향으로 굴곡되어, 횡단면이 L자 형상으로 된 기판으로 구성되어 있다. 이 차폐판(13)으로써, 가스 도입구(11)에 대향하는 내면을 따라서 또한 하향으로 가스를 안내하도록 하고 있다. 이 가스의 안내를 더욱 확실하게 하기 위하여, 가스 도입구(11)에 대향하는 내면에는, 도 7b～도 7d에 나타내는 바와 같이 오목부(13a)를 구비하여, 가스 도입구(11)로부터 공급된 가스가,

차폐판(13)의 옆쪽을 향하지 않고, 오목부(13a)에 의해서 하향으로 시료 전극(6)의 주위 아래쪽으로 안내되도록 하고 있다. 차폐판(13)의 재료로서는, 금속 이외에도, 세라믹스 등의 절연재도 사용할 수 있다.

따라서, 가스 공급장치(2)로부터 공급된 가스는, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서 플라즈마로부터 차폐판(13)에 의해서 차폐되는 부위에 설치된 가스 도입구(11)로부터 펌프(3)를 향해서 진공 용기(1)내에 도입되고, 공급된 가스는, 시료 전극(6)의 상측 방향 공간을 향하지 않고, 차폐판(13)에 의해서 시료 전극(6)의 아래 쪽의 주위를 흐르도록 안내되어서, 배기구(12)로부터 펌프(3)에 배기된다.

상기 제어장치(1000)는, 가스 공급장치(2)와, 터보 분자 펌프(3)와, 조압 밸브(4)와, 고주파 전원(5)과, 고주파 전원(10)을 이후에 설명하는 바와 같이 동작 제어한다.

또한 상기 차폐판(13)의 기타의 예로서는, 도 7e～도 7g에 나타내는 바와 같이, 오목부(13a)를 구비하지 않은 차폐판(13A)이라도 좋다.

기판(9)을 시료 전극(6)에 장착한 후, 시료 전극(6)의 온도를, 예로서 10℃로 유지하고, 진공실(900)을 배기구(12)로부터 배기하면서, 가스 도입구(11)로부터 진공실(900)내에, 예로서 헬륨 가스를 50 sccm, 도핑 원료 가스의 일례로서의 지보란(B_2H_6) 가스를 3 sccm 공급하고, 조압 밸브(4)를 제어하여 진공실(900)내의 압력을, 예로서 3 Pa로 유지한다.

이어서, 배기를 정지 또는 거의 정지로 하면(환언하면, 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하면) 거의 동시에 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지로 함으로써(환언하면, 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 함으로써), 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태, 즉, 진공실(900)에, 예로서 헬륨 가스와 지보란 가스의 혼합 가스가 3 Pa 봉입된 상태로 한다.

이어서, 이와 같이 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을, 예로서 800 W 공급함으로써, 진공실(900)에 플라즈마를 발생시키는 동시에, 시료 전극에, 예로서 200 W의 고주파 전력을 공급함으로써, 붕소를 기판(9)의 표면 근방에 도입할 수 있었다.

이 경우도, 시트 저항의 면내 분포는 종래 예와 비교해서 현격하게 균일화되었다. 이것은, 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태에서 플라즈마를 발생시킴으로써, 종래 예에서 나타나는 압력의 불균일, 유속의 불균일, 붕소 분압(分壓)의 불균일 등이 영향을 주어서 발생하는, 불순물원의 일례로서의 붕소 이온 밀도의 불균일이 저감되어서, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 도핑 처리를 실행할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

또한, 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지한 상태에서 플라즈마를 발생시켰기 때문에, 가스 도입구(11)의 근방에도 반응 생성물이 퇴적하고, 가스의 공급을 재개한 경우에 가스 흐름에 의해서 퇴적된 반응 생성물로 된 박막이 박리된다.

그러나, 도 7의 장치에서는, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서 발생하는 플라즈마로부터 차폐판(13)에 의해서 차폐되는 부위에 가스 도입구(11)를 설치했으므로, 플라즈마를 발생시켰을 때에 가스 도입구(11)의 근방에 반응 생성물이 거의 퇴적하지 않고, 입자가 격감하고, 더욱 안정된 플라즈마 도핑 처리를 실행할 수 있었다.

따라서, 제5실시형태에 의하면, 배기 유량을 0(정지) 또는 거의 0(거의 정지)으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 0(정지) 또는 거의 0(거의 정지)으로 한 상태에서, 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실(900)내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있도록 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스 도입구(11)가, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서도 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치되어 있으므로, 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

또한, 도 8에는, 본 발명의 제5실시형태의 변형예에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구성을 나타내고 있다. 이 도 8의 변형예의 플라즈마 도핑 장치에서는, 가스 도입구(11)가, 1개소 뿐만 아니라, 환언하면, 시료 전극(6)의 배기구(12)와는 반대측의 진공 용기(1)의 측부 뿐만 아니라, 시료 전극(6)의 주위의 측부에 복수 개소, 예로서 90도 간격마다(도 4에서는 180도 간격 마다, 즉, 시료 전극(6)의 좌측의 측부 및 우측의 측부)에 횡방향을 향하여 각각 설치되고, 또한, 차폐판(13)도 각각 설치되어 있다. 이 경우, 복수의 가스 도입구(11)들은, 진공 용기(1)의 측부에 관통 형성된 가스 도입 통로 B에 의해서 서로 연통 되어서, 동시적으로 가스 공급, 또는 가스 공급 정지 혹은 거의 정지를 할 수 있게 되어 있다. 이와 같이 하면, 복수의 가스 도입구(11)로부터 동시적으로 가스를 시료 전극(6)의 주위에 공급하여 차폐판(13)에 의해서 각각 시료 전극(6)의 주위 아래쪽으로 안내되어서, 배기구(12)를 향하도록 할 수도 있어서, 가스 공급을 더욱 효율 좋게 할 수 있다.

이상 설명한 본 발명의 제1～제5실시형태의 각각에 있어서는, 배기를 정지 또는 거의 정지하는 것과 거의 동시에 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지함으로써, 진공 용기(1)내에 가스가 소정의 압력 만큼 봉입되어서 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태로 하는 경우를 예시했지만, 배기의 정지 또는 거의 정지, 및 가스 공급의 정지 또는 거의 정지를 재현성 좋게 정확하게 실행하면, 배기를 정지 또는 거의 정지하고나서 소정 시간 경과후에 가스 공급을 정지 또는 거의 정지함으로써, 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태로 할 수도 있다. 역으로, 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지하고나서 소정 시간 경과후에 배기를 정지 또는 거의 정지함으로써, 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태로 해도 좋다.

또는, 가스의 공급과, 배기의 정지 또는 거의 정지를 동시에 실행하지 않고, 진공 용기내의 배기를 정지 또는 거의 정지한 후에 가스 도입구로부터 진공 용기내에 소정 시간, 또는, 진공 용기내의 압력이 소정의 압력에 도달할 때까지 가스를 공급하고, 그 후 가스의 공급을 정지 또는 거의 정지하여 가스의 흐름이 없는 또는 거의 없는 상태로 하고, 이

어서 플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 진공 용기내에 플라즈마를 발생시켜서 도핑 처리를 실행하는 것도 가능하다.

도 9는, 본 발명의 제1, 2, 3, 4, 5실시형태에서 각각 이용하는 플라즈마 도핑 장치로써 실행하는 플라즈마 도핑 처리의 구체적인 실례로서, 38 리터의 진공실에서의 조건 테이블을 나타내는 도면이다.

이 실례에서는, 단계 번호 1의 가스 공급 및 배기 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 50 sccm, B_2H_6 유량이 3 sccm, (V・p/Q)가 1.3 s, 배기가 온(ON), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 이어서, 단계 번호 2의 가스 공급 정지 및 배기 정지 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 0 sccm, B_2H_6 유량이 0 sccm, (V・p/Q)는 계산할 수 없고, 배기가 오프(OFF), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 단계 번호 3의 플라즈마 발생(플라즈마 도핑) 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 0 sccm, B_2H_6 유량이 0 sccm, (V・p/Q)는 계산할 수 없고, 배기가 오프(OFF), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 800/200 (W)이다.

도 10은, 본 발명의 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구체적인 다른 실례로서, 먼저 배기를 정지하고, 4 Pa로 되는 것과 됨과 동시에 가스 공급을 정지시키는 경우의 38 리터의 진공실에서의 조건 테이블의 도면이다.

이 실례에서는, 단계 번호 1의 가스 공급 및 배기 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 100 sccm, B_2H_6 유량이 6 sccm, (V・p/Q)가 0.64 s, 배기가 온(ON), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 이어서, 단계 번호 2의 가스 공급 및 배기 정지 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 100 sccm, B_2H_6 유량이 6 sccm, (V・p/Q)는 계산할 수 없고, 배기가 오프(OFF), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 단계 번호 3의 가스 공급 정지 및 배기 정지 공정에서는, 압력이 4 Pa, He 유량이 O sccm, B_2H_6 유량이 O sccm, (V・p/Q)는 계산할 수 없고, 배기가 오프(OFF), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 단계 번호 4의 플라즈마 발생(플라즈마 도핑) 공정에서는, 압력이 4 Pa, He 유량이 O sccm, B_2H_6 유량이 O sccm, (V・p/Q)는 계산할 수 없고, 배기가 오프, 고주파 전력(ICP/BIAS)이 800/200 (W)이다.

도 11은, 본 발명의 제5실시형태에서 이용하는 플라즈마 도핑 장치의 구체적인 또 다른 실례로서, 먼저 가스 공급을 정지하고, 2 Pa로 되는 것과 동시에 배기를 정지시키는 경우의 38 리터의 진공실에서의 조건 테이블의 도면이다.

이 실례에서는, 단계 번호 1의 가스 공급 및 배기 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 198 sccm, B_2H_6 유량이 2 sccm, (V・p/Q)가 0.34 s, 배기가 온(ON), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 이어서, 단계 번호 2의 가스 공급 정지 및 배기 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 O sccm, B_2H_6 유량이 O sccm, (V・p/Q)는 계산할 수 없고, 배기가 온(ON), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 단계 번호 3의 가스 공급 정지 및 배기 정지 공정에서는, 압력이 2 Pa, He 유량이 O sccm, B_2H_6 유량이 O sccm, (V・p/Q)는 계산할 수 없고, 배기가 오프, 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 단계 번호 4의 플라즈마 발생(플라즈마 도핑) 공정에서는, 압력이 2 Pa, He 유량이 O sccm, B_2H_6 유량이 O sccm, (V・p/Q)는 계산할 수 없고, 배기가 오프, 고주파 전력(ICP/BIAS)이 800/200 (W)이다.

(제6실시형태)

이하, 본 발명의 제6실시형태에 대하여 설명한다. 또한, 본 발명의 제6실시형태에 있어서는, 종래 예에서 이용한 도 13과 유사한 플라즈마 처리장치를 이용한다.

도 12a는, 도 13의 종래의 플라즈마 처리장치와 유사한 플라즈마 처리장치의 개략 구성을 나타낸다. 도 12a에 있어서, 진공실(1201)내에, 실리콘 기판으로 된 시료(1209)를 장착하기 위한 시료 전극(1206)이 설치되어 있다. 진공실(1201)내에 필요로 하는 원소를 포함하는 도핑 원료 가스, 예로서 B_2H_6을 공급하기 위한 가스 공급장치(1202), 진공실(1201)내의 내부를 감압하는 펌프(203)가 설치되어서, 진공실(1201)내를 소정의 압력으로 유지할 수 있다. 마이크로파 도파관(1219)으로부터, 유전체 창으로서의 석영판(1207)을 통하여, 진공실(1201)내에 마이크로파가 방사된다. 이 마이크로파와, 전자석(1214)으로부터 형성되는 직류 자장의 상호 작용에 의해서, 진공실(1201)내에 유자장(有磁場) 마이크로파 플라즈마(전자 사이클로트론 공명 플라즈마)(1220)가 형성된다. 시료 전극(1206)에는, 콘덴서(1221)를 통하여 고주파 전원(1210)이 접속되어서, 시료 전극(1206)의 전위를 제어할 수 있도록 되어 있다. 또한, 가스 공급장치(1202)로부터 공급된 가스는, 가스 도입구(1211)로부터 진공실(1201)내에 도입되어서, 배기구(1212)로부터 펌프(203)에 배기된다.

이러한 구성의 플라즈마 처리장치에 있어서, 가스 도입구(1211)로부터 도입된 도핑 원료 가스, 예로서 B_2H_6은, 마이크로파 도파관(1219) 및 전자석(1214)으로 구성되는 플라즈마 발생수단에 의해서 플라즈마화되고, 플라즈마(1220)중의 붕소 이온이 고주파 전원(1210)에 의해서 시료(1209)의 표면에 도입된다.

이와 같이 하여 불순물이 도입된 시료(1209)상에 금속 배선층을 형성한 후, 소정의 산화 분위기중에서 금속 배선층의 위에 얇은 산화막을 형성하고, 그 후, CVD 장치 등으로써 시료(1209)상에 게이트 전극을 형성하면, 예로서 MOS 트랜지스터를 형성할 수 있다.

기판(1209)을 시료 전극(1206)에 장착한 후, 시료 전극(1206)의 온도를 예로서 10℃에 유지하고, 진공실(1201)내를 배기구(1212)로부터 배기하면서, 가스 도입구(1211)로부터 진공실(1201)내에 예로서 헬륨 가스를 7 sccm, 도핑 원료 가스의 일례로서의 지보란(B_2H_6) 가스를 3 sccm 공급하고, 조압 밸브(1230)를 제어하여 진공실(1201)내

의 압력을 예로서 3 Pa로 유지하면서, 플라즈마원의 일례로서, 마이크로파 도파관(1219)으로부터, 유전체 창으로서의 석영판(1207)을 통하여, 진공실 (1201)내에 마이크로파를 방사하고, 이 마이크로파와, 전자석(1214)으로써 형성되는 직류 자장의 상호 작용에 의해서, 진공실(1201)내에 유자장 마이크로파 플라즈마(전자 사이클로트론 공명 플라즈마)(1220)를 발생시키는 동시에, 시료 전극(1206)에 예로서 200 W의 고주파 전력을 공급함으로써, 붕소를 기판(1209)의 표면 근방에 도입할 수 있었다.

이 때, 시트 저항의 면내 분포는 종래 예와 비교해서 현격하게 균일화되었다. 이것은, 가스의 흐름은 약간 있지만, 가스 공급량이 매우 적으므로(가스 공급량이 거의 0인 정지 상태로 간주할 수 있으므로), 종래 예에서 있었던 압력의 불균일, 유속의 불균일, 붕소 분압의 불균일 등이 영향을 주어서 발생하는, 불순물원의 일례로서의 붕소 이온 밀도의 불균일이 저감되어서, 가스 흐름의 영향이 작은 상태에서 도핑 처리를 실행할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다.

이 조건에 있어서의 가스의 진공실(900)내에서의 평균 체류 시간(residence time)을 계산했다. 체류 시간은, 진공실(900)의 체적을 V (L: 리터), 진공실(900)내의 압력을 p (Torr), 가스 유량을 Q (Torr・L/s)라고 했을 때, V・p/Q(단위는 s)로 되는 식으로 표시된다. 이 조건에서는, V=38 (L), p=3 (Pa)=0.023 (Torr), Q=7+3 (sccm)=10 (sccm)=0.13 (Torr・L/s)이므로, 체류 시간: V・p/Q=6.7 (s)가 된다.

그래서, 여러가지 조건하에서 시트 저항의 면내 분포를 평가해 본 결과, V・p/Q>1 (s)가 되는 관계를 만족시키는 경우에 시트 저항의 면내 분포가 ±10% 미만이 되어서, 양호한 결과를 나타내는 것을 알았다. 또한, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서, V・p/Q>5 (s)가 되는 관계를 만족시키는 경우에는, 시트 저항의 면내 분포는 ±5% 미만으로 되어서 더욱 양호한 결과를 나타내었다.

균일성의 관점에서는 V・p/Q는 크면 클수록 좋지만, 너무나 크게 하는 것은 다른 관점에서 불리하게 될 경우가 있다. 즉, V의 증대는 진공 용기의 가격, 장치 설치 면적의 증대를 초래한다. p의 증대 및 Q의 감소는, 소정 압력까지의 도달에 걸리는 시간이 증가하는 것 이외에, 필요로 하는 불순물 이외의 불순물(예로서 진공 용기 등의 구성 원소)의 혼입이 증가하는 단점이 있다. 따라서, V・p/Q는 대략 20 s 이하인 것이 바람직하다.

이러한 구성에 따라서, V・p/Q를 대략 20 s 이하로 함으로써 배기 유량을 거의 0(거의 정지)으로 하는 동시에 상기 가스의 공급 유량을 거의 0(거의 정지)으로 한 상태에서, 플라즈마원의 일례로서의 코일(8)에 고주파 전력을 공급하여 상기 진공실(900)내에 플라즈마를 발생시키도록 했으므로, 가스 흐름의 영향을 받지 않고 플라즈마 처리를 실행할 수 있게 되어서, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한, 가스의 공급을 정지로 하는 것이 아니고, 플라즈마 발생중에 가스 도입구(11) 부근에 반응 생성물이 퇴적하기 어려우므로(환언하면, 가스 도입구(11)로부터 가스를 공급하면서 플라즈마를 발생시키므로, 가스 도입구(11)의 근방은 국소적으로 압력이 높고, 유속이 높으므로, 플라즈마 밀도가 매우 낮아지는 결과, 가스 도입구(11)의 근방에는 반응 생성물의 퇴적이 발생하기 어려우므로), 시료의 일례로서의 실리콘 기판(9)에 입자(먼지)가 떨어짐이 없이, 플라즈마 처리를 실행할 수 있다.

도 12b는, 본 발명의 제6실시형태에서 각각 이용하는 플라즈마 도핑 장치로써 실행하는 플라즈마 도핑 처리의 구체적인 실례로서, 38 리터의 진공실에서의 조건 테이블을 나타내는 도면이다.

이 실례에서는, 단계 번호 1의 가스 공급 및 배기 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 7 sccm, B_2H_6 유량이 3 sccm, (V・p/Q)가 6.7 s, 배기가 온(ON), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 0/0 (W)이다. 이어서, 단계 번호 2의 가스 공급 및 배기 공정에서는, 압력이 3 Pa, He 유량이 7 sccm, B_2H_6 유량이 3 sccm, (V・p/Q)는 6.7 s, 배기가 온(ON), 고주파 전력(ICP/BIAS)이 800/200 (W)이다.

이상 설명한 본 발명의 여러가지 실시형태에 있어서는, 본 발명의 적용 범위 중, 진공 용기(진공실)의 형상, 플라즈마원의 방식 및 배치 등에 관하여 여러가지 변형 중의 일부를 예시한 것에 지나지 않는다. 본 발명의 적용에 있어서, 여기서 예시한 것 이외에도 여러가지 변형을 고려할 수 있는 것은, 말할 필요도 없다.

예로서, 코일(8)을 평면상으로 해도 좋고, 또는, 헬리콘(helicon)파 플라즈마원, 자기 중성 루프(loop) 플라즈마원, 유자장 마이크로파 플라즈마원(전자 사이클로트론 공명 플라즈마원)을 이용해도 좋고, 평행 평판형 플라즈마원을 이용해도 좋다.

또한, 헬륨 이외의 불활성 가스를 이용해도 좋고, 네온, 아르곤, 크립톤 또는 크세논(제논) 중 적어도 하나의 가스를 이용할 수 있다. 이러한 불활성 가스는, 시료에의 악영향이 기타 가스보다도 적은 이점이 있다.

또한, 시료가, 실리콘으로 구성된 반도체 기판인 경우를 예시했지만, 기타의 여러가지 재질의 시료를 처리하는 경우에, 본 발명을 적용할 수 있다.

또한, 불순물이 붕소인 경우에 대하여 예시했지만, 시료가 실리콘으로 구성된 반도체 기판인 경우, 특히 불순물이 비소, 인, 붕소, 알루미늄 또는 안티몬인 경우에 본 발명은 유효하다. 이것은, 트랜지스터 부분에 얕은 접합을 형성할 수 있기 때문이다.

또한, 본 발명은, 도핑 농도가 저농도인 경우에 유효하고, 특히, $1\times10^{11}/cm^2 \sim 1\times10^{17}/cm^2$를 목표로 하는 플라즈마 도핑 방법으로서 유효하다. 또한, $1\times10^{11}/cm^2 \sim 1\times10^{14}/cm^2$를 목표로 하는 플라즈마 도핑 방법으로서, 특히 각별한 효과를 나타낸다. 도핑 농도가 $1\times10^{17}/cm^2$보다도 큰 경우에는, 종래의 이온 주입으로써 가능한 것에 대하여, 도핑 농도가 $1\times10^{17}/cm^2$ 이하를 필요로 하는 소자에는 종래의 방법으로써는 대응할 수 없었지만, 본 발명에 의하면, 대응하는 것이 가능하게 된다.

또한, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서의 진공 용기내의 압력이 3 Pa인 경우를 예시했지만, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서의 진공 용기내의 압력이 0.01 Pa~5 Pa인 것이 바람직하다. 압력이 너무 낮으면(즉, 압력이 0.01 Pa 미만이면), 가스의 봉입 정밀도가 악화하는 단점이 있다. 역으로 압력이 너무 높으면(즉, 압력이 5 Pa를 초과하면), 충분한 자기(自己) 바이어스 전압을 기판에 발생시키는 것이 곤란하게 된다. 더욱 바람직하게는, 플라즈마를 발생시키는 단계에 있어서의 진공 용기내의 압력은 0.1~1 Pa인 것이 바람직하다. 이러한 0.1~1 Pa의 범위이면, 봉입 정밀도가 더욱 높아져서, 자기 바이어스의 제어성이 양호하게 된다.

또한, 진공 용기내에 공급하는 가스가 도핑 원료를 포함하는 가스인 경우를 예시했지만, 진공 용기내에 공급하는 가스가 도핑 원료를 포함하지 않고, 고체상의 불순물로부터 도핑 원료를 발생시키는 경우에도 본 발명은 유효하다.

또한, 플라즈마 도핑을 예시했지만, 본 발명은 기타의 플라즈마 처리, 예로서, 건식 에칭, 애싱(ashing), 플라즈마 CVD 등에도 적용 가능하다.

또한 상기의 실시형태 중의 임의의 실시형태를 적절하게 조합함으로써, 각각이 갖는 효과를 달성하도록 할 수 있다.

발명의 효과

본 발명의 플라즈마 처리방법 및 장치는, 입자(먼지)를 발생시킴이 없이, 도핑 농도를 비롯하여 처리의 균일성을 향상시킬 수 있어서, 반도체의 불순물 도핑 공정을 비롯하여, 액정 등에서 이용되는 박막 트랜지스터의 제조나, 각종 재료의 표면 개질(改質)등의 용도에도 적용할 수 있다. 또한, 본 발명은 기타의 플라즈마 처리, 예로서 건식 에칭, 애싱, 플라즈마 CVD 등에도 적용 가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

시료 또는 시료 표면의 막(膜)중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법으로서,

진공실내의 시료 전극에 상기 시료를 장착하고,

상기 진공실내를 상기 진공실의 배기구로부터 배기하면서 상기 진공실의 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 가스를 공급하고,

상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스 도입구로부터의 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 하고,

플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막(膜)중에 불순물을 도입하는 것을 포함하는 플라즈마 처리방법.

청구항 2.

시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법으로서,

진공실내의 시료 전극에 상기 시료를 장착하고,

상기 진공실내를 상기 진공실의 배기구로부터 배기하면서, 상기 배기구와 상기 진공실의 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 가스를 공급하여, 상기 진공실의 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 공급된 상기 가스의 흐름이, 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하면서 상기 배기구를 향하고,

상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스 도입구로부터의 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 하고,

플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하는 것을 포함하는 플라즈마 처리방법.

청구항 3.

제2항에 있어서, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 시료 전극보다도 상기 배기구에 가까운 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 4.

제2항에 있어서, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 5.

제2항에 있어서, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 가스 도입구로부터 상기 배기구를 향하여 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 6.

제2항에 있어서, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 가스 도입구로부터, 상기 배기를 실행하는 배기장치를 향하여 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 7.

제2항에 있어서, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 플라즈마를 발생시키는 경우에도 상기 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 8.

제2항에 있어서, 배기하면서, 상기 배기구와 상기 가스 도입구를 연결하는 상기 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 플라즈마를 발생시키는 경우에도, 상기 가스 도입구의 근방에 배치된 차폐판에 의해서 상기 플라즈마로부터 차폐되면서, 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 9.

시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법으로서,

진공실내의 시료 전극에 상기 시료를 장착하고,

상기 진공실내를 상기 진공실의 배기구로부터 배기하고,

상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 상기 진공실의 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하여, 상기 진공실의 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 공급된 상기 가스의 흐름이, 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하면서 상기 배기구를 향하고,

상기 가스 도입구로부터의 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 하고,

플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막(膜)중에 불순물을 도입하는 것을 포함하는 플라즈마 처리방법.

청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 시료 전극보다도 상기 배기구에 가까운 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 11.

제9항에 있어서, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 12.

제9항에 있어서, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 가스 도입구로부터 상기 배기구를 향하여 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 13.

제9항에 있어서, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 가스 도입구로부터, 상기 배기를 실행하는 배기장치를 향하여 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 14.

제9항에 있어서, 상기의 배기하면서, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 플라즈마를 발생시키는 경우에도, 상기 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 15.

제9항에 있어서, 상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 한 후에, 상기 배기구와 가스 도입구를 연결하는 최단 유로가 상기 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급할 때, 상기 플라즈마를 발생시키는 경우에, 상기 플라즈마로부터 차폐판에 의해서 차폐되는 부위에 설치된 상기 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 상기 가스를 공급하도록 한 플라즈마 처리방법.

청구항 16.

시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법으로서,

진공실내의 시료 전극에 상기 시료를 장착하고,

상기 진공실내를 상기 진공실의 배기구로부터 배기하면서 상기 진공실의 가스 도입구로부터 상기 진공실내에 가스를 공급하고,

상기 진공실의 체적을 V (L: 리터), 상기 진공실내의 압력을 p (Torr), 공급되는 상기 가스의 유량을 Q (Torr・L/s)라고 할 때, V・p/Q＞1 (s)가 되는 관계를 만족시키면서, 플라즈마원에 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막(膜)중에 불순물을 도입하는 플라즈마 처리방법.

청구항 17.

제16항에 있어서, 상기 플라즈마를 발생시킬 때, V・p/Q＞5 (s)가 되는 관계를 만족시키는 플라즈마 처리방법.

청구항 18.

진공실을 형성하고, 상기 진공실내를 배기하는 배기구와, 상기 배기구와 연결되는 최단 유로가 시료의 표면의 상측 방향 공간을 회피하도록 설치되어서 상기 진공실내에 가스를 공급하는 가스 도입구를 갖는 진공 용기와,

상기 진공실내에 상기 시료를 장착하기 위한 시료 전극과,

상기 진공 용기의 배기구에 연결되어서 상기 진공실내를 배기하기 위한 배기장치와,

상기 가스 도입구에 연결되어서 상기 진공실내에 가스를 공급하기 위한 가스 공급장치와,

플라즈마원과,

상기 플라즈마원에 고주파 전력을 공급하는 고주파 전원과,

상기 진공실내로부터 상기 배기구를 통하는 배기 유량을 0 또는 거의 0으로 하는 동시에, 상기 가스 도입구로부터의 상기 가스의 공급 유량을 0 또는 거의 0으로 한 상태에서, 상기 플라즈마원에 상기 고주파 전력을 공급함으로써 상기 진공실내에 플라즈마를 발생시켜서 상기 시료 또는 시료 표면의 막중에 불순물을 도입하도록 제어하는 제어장치를 구비한 플라즈마 처리장치.

청구항 19.

제18항에 있어서, 상기 가스 도입구가, 상기 시료 전극보다도 상기 배기구에 가까운 부위에 설치되어 있도록 한 플라즈마 처리장치.

청구항 20.

제18항에 있어서, 상기 가스 도입구가, 상기 시료 전극보다도 아래의 부위에 설치되어 있도록 한 플라즈마 처리장치.

청구항 21.

제18항에 있어서, 상기 가스 도입구가, 상기 배기구를 향해서 상기 가스를 불어내도록 설치되어 있도록 한 플라즈마 처리장치.

청구항 22.

제18항에 있어서, 상기 가스 도입구가, 상기 배기장치를 향해서 상기 가스를 불어내도록 설치되어 있도록 한 플라즈마 처리장치.

청구항 23.

제18항에 있어서, 상기 가스 도입구가, 상기 플라즈마를 발생시킬 때에 상기 플라즈마에 접촉되지 않는 부위에 설치되어 있도록 한 플라즈마 처리장치.

청구항 24.

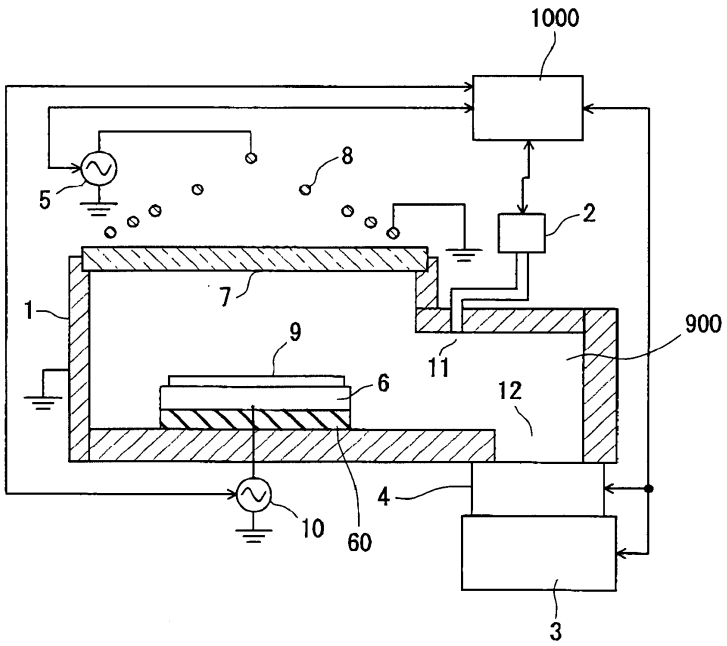
제18항에 있어서, 상기 플라즈마를 발생시켰을 때에 상기 플라즈마로부터 상기 가스 도입구가 차폐되는 차폐판을 추가로 구비하도록 한 플라즈마 처리장치.

청구항 25.

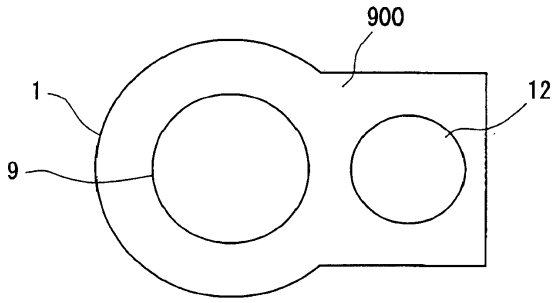
제18항에 있어서, 상기 시료 전극이, 상기 진공 용기의 내측 벽면으로부터 불균등한 위치에 배치되도록 한 플라즈마 처리장치.

도면

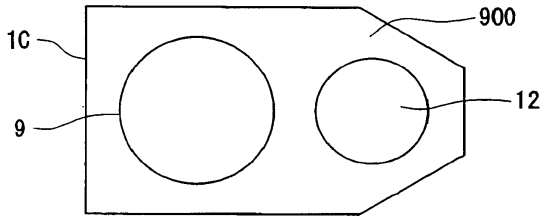
도면1a



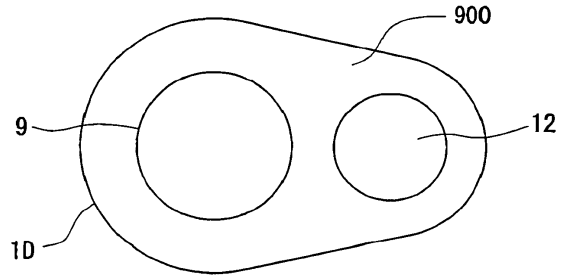
도면1b



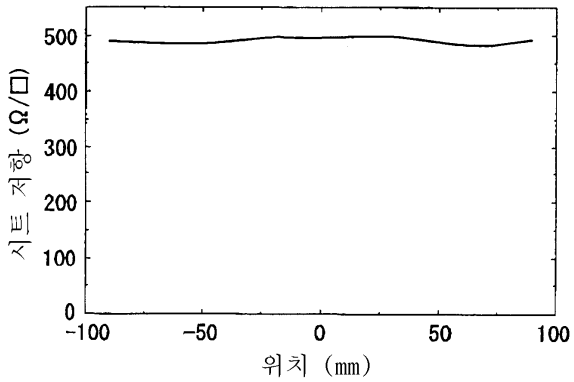
도면1c



도면1d

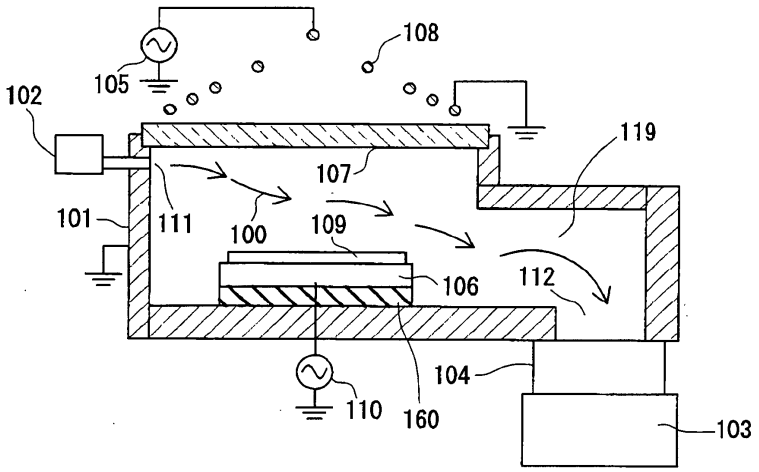


도면2

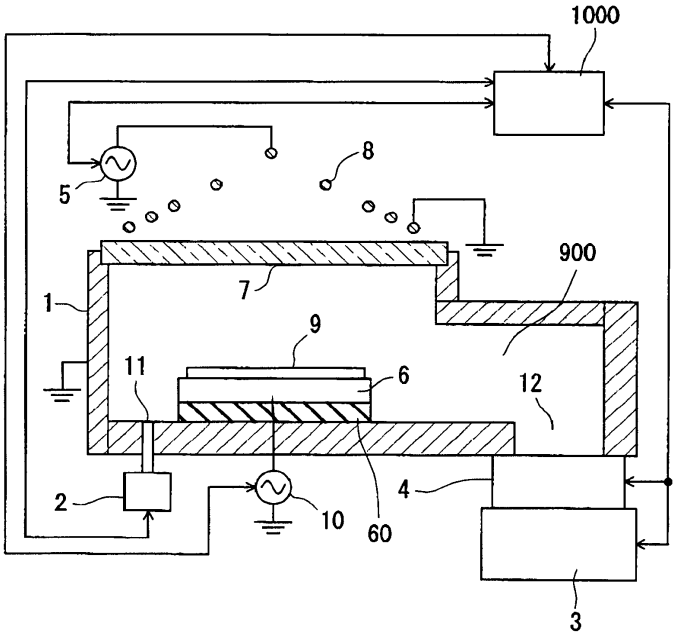


도면3

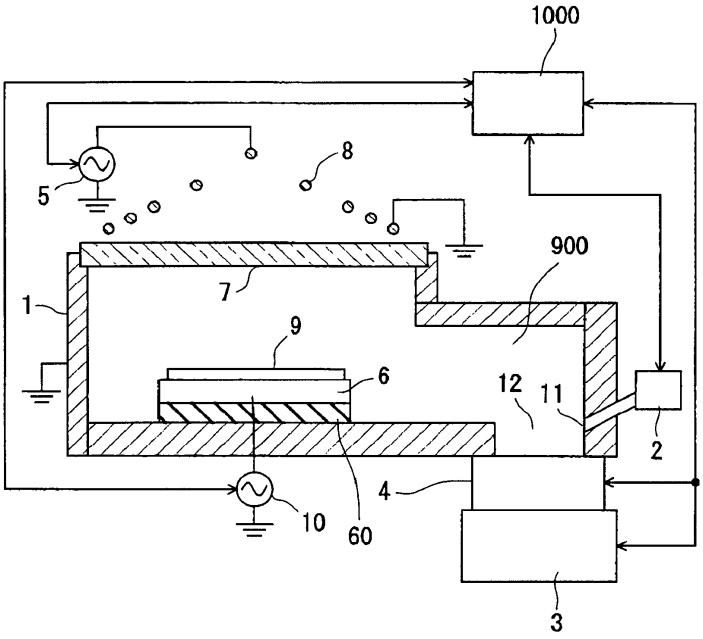
종래기술


108
105
102
119
107
101
111
100
109
106
112
104
110
160
103

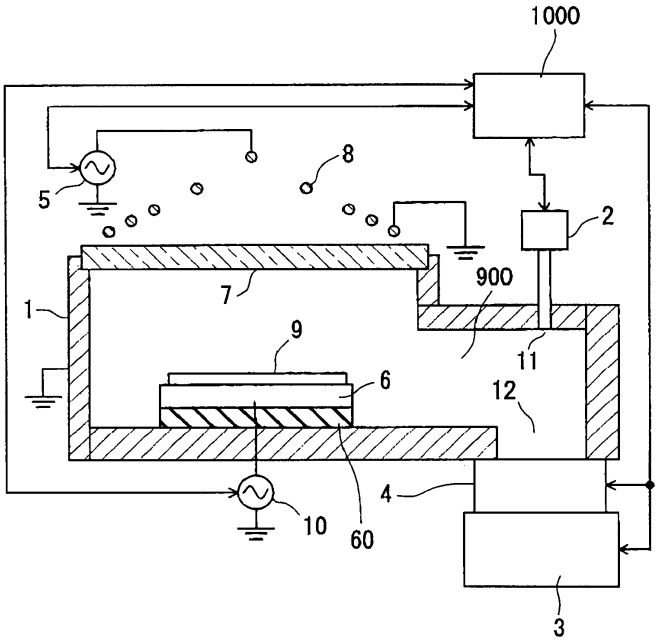
도면4


1000
8
5
900
7
1
9
11
6
12
2
10
60
4
3

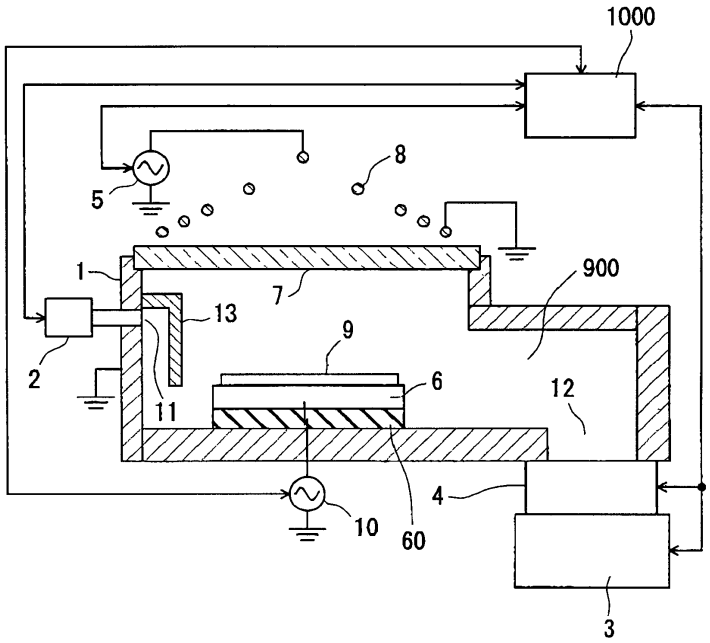
도면5



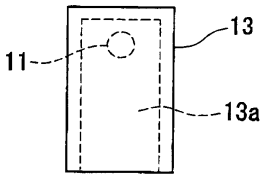
도면6



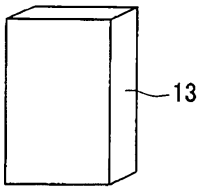
도면7a



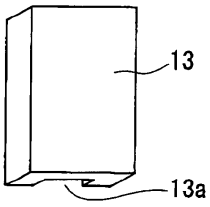
도면7b



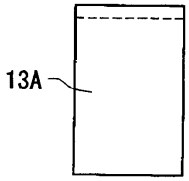
도면7c



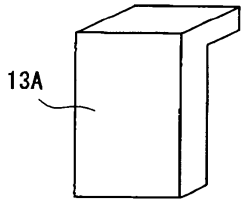
도면7d



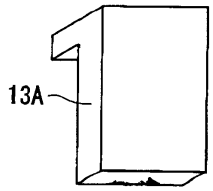
도면7e



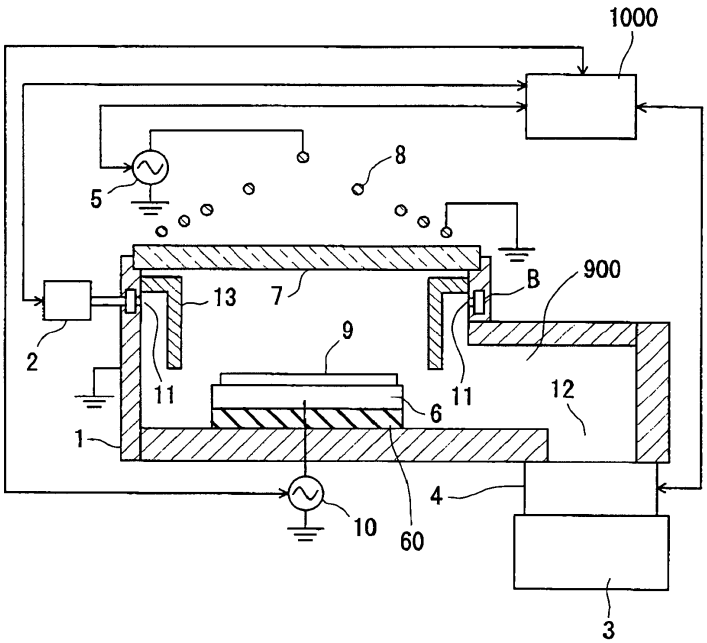
도면7f



도면7g



도면8



도면9

단계 번호	압력 (Pa)	He 유량 (sccm)	B_2H_6 유량 (sccm)	V·p/Q (s)	배기	고주파 전력 ICP/BIAS (W)
1	3	50	3	1.3	ON	0/0
2	3	0	0	-	OFF	0/0
3	3	0	0	-	OFF	800/200

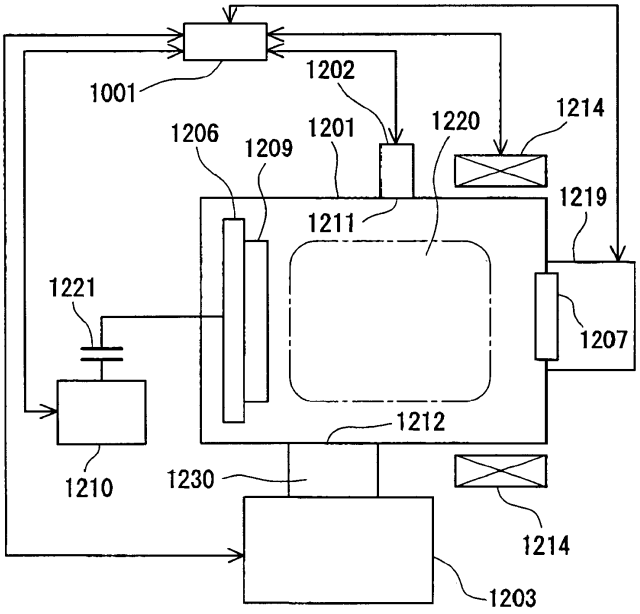
도면10

단계 번호	압력 (Pa)	He 유량 (sccm)	B_2H_6 유량 (sccm)	V·p/Q (s)	배기	고주파 전력 ICP/BIAS (W)
1	3	100	6	0.64	ON	0/0
2	3	100	6	-	OFF	0/0
3	4	0	0	-	OFF	0/0
4	4	0	0	-	OFF	800/200

도면11

단계 번호	압력 (Pa)	He 유량 (sccm)	B_2H_6 유량 (sccm)	V·p/Q (s)	배기	고주파 전력 ICP/BIAS (W)
1	3	198	2	0.34	ON	0/0
2	3	0	0	-	ON	0/0
3	2	0	0	-	OFF	0/0
4	2	0	0	-	OFF	800/200

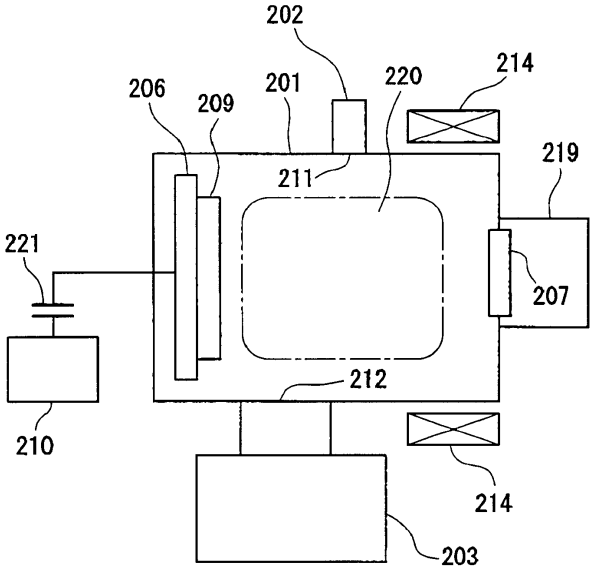
도면12a



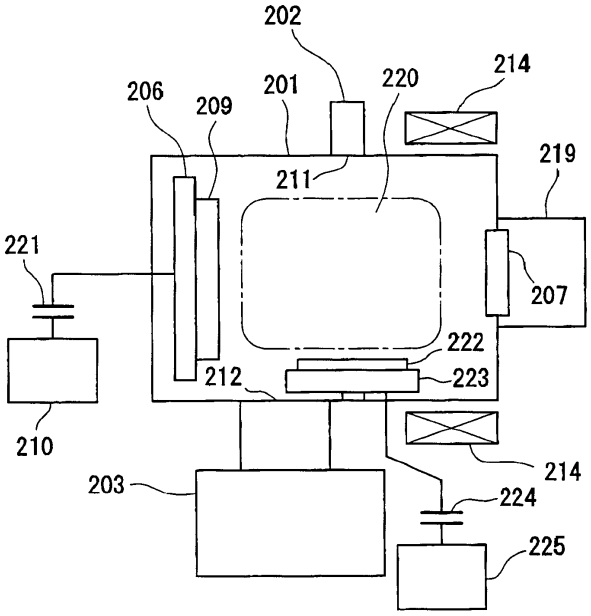
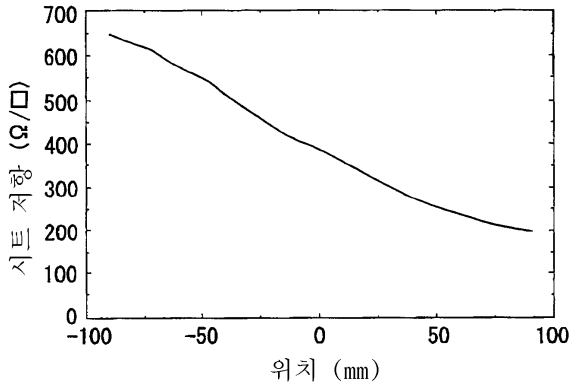
도면12b

단계 번호	압력 (Pa)	He 유량 (sccm)	B_2H_6 유량 (sccm)	V·p/Q (s)	배기	고주파 전력 ICP/BIAS (W)
1	3	7	3	6.7	ON	0/0
2	3	7	3	6.7	ON	800/200

도면13



도면14



도면15