

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 21/3065 (2006.01)		(45) 공고일자	2006년08월18일
		(11) 등록번호	10-0613195
		(24) 등록일자	2006년08월09일
(21) 출원번호	10-2004-0034142	(65) 공개번호	10-2004-0099148
(22) 출원일자	2004년05월14일	(43) 공개일자	2004년11월26일
(30) 우선권주장	JP-P-2003-00138274	2003년05월16일	일본(JP)
(73) 특허권자	동경 엘렉트론 주식회사 일본국 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 6고		
(72) 발명자	고시이시아키라 일본야마나시켄나라사키시후지이쵸기타게쵸2381-1동경엘렉트론에이 티주식회사내 기타노마사토시 일본야마나시켄나라사키시후지이쵸기타게쵸2381-1동경엘렉트론에이 티주식회사내		
(74) 대리인	김창세		

심사관 : 김성희

(54) 플라즈마 처리 장치 및 그 제어 방법

요약

처리실내에 플라즈마를 발생시켜 피 처리체를 처리하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 제 1 전극이 상기 처리실내에 배치되며, 제 2 전극이 상기 처리실내에서 상기 제 1 전극에 대향하는 위치에 배치된다. 제 1 전력계는 상기 제 1 전극으로 제 1 전력을 공급하는 제 1 전력원을 구비하며, 제 2 전력계는 상기 제 2 전극으로 제 2 전력을 공급하는 제 2 전력원을 구비한다. 또한, 제어부는 상기 제 1 전력계 및 상기 제 2 전력계의 양쪽 또는 어느 한쪽을 제어함으로써, 상기 제 2 전극에 대하여, 상기 처리실내의 피 처리체에 플라즈마 처리를 개시하기 전의 소정 기간동안, 상기 피 처리체의 플라즈마 처리중에 상기 제 2 전극에 인가되는 전압보다도 높은 처리전 전압을 인가한다.

대표도

도 4

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치의 구성을 도시하는 블록도,

도 2는 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치가 구비하는 서셉터 및 그 주변부의 구성을 도시하는 단면도,

도 3은 일반적인 플라즈마 처리 장치에 있어서의 제 1 고주파 전력, 제 2 고주파 전력 및 하부 전극 전압의 파형도,

도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치에 있어서의 제 1 고주파 전력, 제 2 고주파 전력 및 하부 전극 전압의 파형도,

도 5a 및 5b는 일반적인 플라즈마 처리 장치에 있어서의 임피던스 정합의 궤적을 도시하는 스미스 차트,

도 6a 및 6b는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치에 있어서의 임피던스 정합의 궤적을 도시하는 스미스 차트,

도 7은 서셉터(하부 전극)의 전압을 오버 슈트시키지 않는 경우와, 오버 슈트시킨 경우의 이상 방전의 발생 빈도를 도시하는 설명도,

도 8은 서셉터(하부 전극)에 인가되는 오버 슈트 전압을 도시하는 파형도,

도 9는 이상 방전의 억제 효과와 오버 슈트량과의 관계를 도시하는 설명도,

도 10은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치에 구비된 제어부가 출력하는 제어 신호의 파형도,

도 11은 제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치에 있어서의 제 1 고주파 전력, 제 2 고주파 전력 및 하부 전극 전압의 파형도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

100 : 플라즈마 처리 장치 110 : 처리실

120 : 상부 전극 130 : 서셉터

141 : 제 1 고주파 전원 143 : 제 1 정합기

145 : HPF 147 : 제 1 고주파 전력

151 : 제 2 고주파 전원 153 : 제 2 정합기

155 : LPF 157 : 제 2 고주파 전력

170 : 정전척 180 : 포커스 링

182 : 커버링 C1U, C2U : 가변 커패시터

L1L, L2L : 가변 인덕터 W : 웨이퍼

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 피 처리체, 예컨대 반도체 웨이퍼에 대하여 에칭 처리 등의 플라즈마 처리를 실시하는 플라즈마 처리 장치 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

종래의 반도체 제조 공정에서는 피 처리체, 예컨대 반도체 웨이퍼(이하, “웨이퍼”라고 함)의 표면에 미세가공을 실시하기 위해서, 처리실내로 도입된 반응성 가스(처리 가스)의 고주파 글로 방전을 이용한 플라즈마 처리 장치가 널리 사용되고 있다. 그 중에서도 처리실내의 상하에 전극을 대향 배치한 이른바 평행평판형의 플라즈마 처리 장치는 대구경의 웨이퍼의 처리에 적합하다.

평행평판형 플라즈마 에칭 처리 장치는 처리실내에 서로 평행하게 승강 가능하게 배치된 상부 전극과 하부 전극을 구비한다. 이 중 하부 전극은 웨이퍼의 탑재대로서의 역할도 한다. 상부 전극과 하부 전극에는 각각 주파수를 달리하는 고주파 전력이 인가되고, 웨이퍼가 탑재된 하부 전극과 상부 전극과의 사이에 글로 방전이 발생하여, 처리실내로 도입된 반응성 가스가 플라즈마화한다. 플라즈마중의 이온은 양 전극 사이에 발생하는 전위차에 의해서 웨이퍼의 표면에 충돌하고, 이 결과 웨이퍼 표면에 형성되어 있는 막(예컨대 절연막)이 에칭된다.

하부 전극의 외주연부에는 하부 전극의 상면에 탑재된 웨이퍼를 둘러싸는 포커스 링이 배치되고, 상부 전극의 외주연부에는 쉴드 링이 설치된다. 이들 두개의 링에 의해서, 상하 양 전극간에서 발생한 플라즈마가 웨이퍼로 수렴하고, 웨이퍼면내에서의 플라즈마 밀도가 균일화한다.

그런데, 반도체의 제조공정에 있어서, 플라즈마 처리 장치의 처리실내에는 성막용 또는 막 제거용으로서 여러가지 반응성 가스가 도입된다. 이들 반응성 가스는 각각의 목적에 따라서 완전히 반응하는 것이 바람직하지만, 일부는 미반응인 채로 처리실외로 배출되고, 또한 일부는 불필요한 반응 생성물을 발생시켜 버린다. 그리고, 이 불필요한 반응 생성물은 처리실내의 여러 부위에 부착해 버린다. 이하, 처리실내에 부착한 불필요한 반응 생성물을 “부착물”이라고 칭한다.

플라즈마 처리 장치의 처리실내를 세정함으로써, 부착물은 처리실내로부터 제거되지만, 플라즈마 처리 장치가 가동하기 시작하고, 웨이퍼에 대한 플라즈마 처리가 반복하여 실행되면, 처리실내에 새로운 부착물이 나타나고, 이 부착물은 점차로 성장하여 간다.

특히, 상하의 전극의 주위부, 예컨대 포커스 링 등에 부착물이 퇴적하면, 플라즈마 점화 직후에 부착물에 기인하는 이상 방전이 발생하여, 이후의 성막이나 막 제거를 적절하게 실행할 수 없게 될 가능성이 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치 전체가 긴급 정지하고, 시스템측으로부터 처리실내의 세정이 요구될 우려도 있다.

이러한 부착물의 문제에 관하여, 일본 특허 공개 공보 평성 제7-58028호에 기재된 발명은 전극부와 전극 주위부가 베이스 플레이트 상에 고정된 것을 특징으로 하는 ECR-CVD 장치의 시료대를 제공하고 있다.

예컨대, 상기 특허문헌에 기재된 발명에 의하면, 전극 주위부는 산화알루미늄 등으로 형성되고, 또한 베이스 플레이트 상에 고정되어 있기 때문에, 소정의 강성, 내산성 및 절연성을 갖는다. 따라서, 전극 주위부를 반복하여 세정하여, 항상 부착물이 없는 상태로 유지하는 것이 가능해진다. 또한, 전극 주위부의 세정에 걸리는 시간의 단축화도 실현한다.

그러나, 종래 기술에 의하면, 전극 주위부로부터 부착물을 제거하는 것을 목적으로 한 세정작업이 용이해지지만, 부착물을 제거하기 위해서는 여전히 플라즈마 처리 장치를 정지시켜야만 했다. 대구경의 웨이퍼에 대하여, 다층 구조를 형성하는 오늘의 반도체 제조 공정에서는 부착물이 성장하는 속도가 종래에 비교해서 빨라지는 경향에 있고, 부착물을 제거하기 위해서 가동 상태에 있는 플라즈마 처리 장치를 그 때마다 정지시키면, 스루풋이 크게 저하해 버린다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이러한 문제에 비추어 이루어진 것으로서, 그 목적은 가동 상태를 유지한 채로 처리실내로부터 부착물을 제거하는 것이 가능한 신규 또한 개량된 플라즈마 처리 장치 및 그 제어 방법을 제공하는 것에 있다.

상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명의 제 1 관점에 의하면 처리실내에 플라즈마를 발생시켜서 피 처리체를 처리하는 플라즈마 처리 장치가 제공된다. 이 플라즈마 처리 장치는 처리실내에 배치된 제 1 전극과, 처리실내에서 상기 제 1 전극에 대향하는 위치에 배치된 제 2 전극과, 상기 제 1 전극으로 제 1 전력을 공급하는 제 1 전력원이 속하는 제 1 전력계와, 상기 제 2 전극으로 제 2 전력을 공급하는 제 2 전력원이 속하는 제 2 전력계와, 상기 제 1 전력계 및 상기 제 2 전력계를 제어하는 제어부를 구비하고 있다. 그리고, 이 플라즈마 처리 장치가 구비하는 제어부는, 제 2 전극에 대하여 처리실내의 피 처리체에 플라즈마 처리를 개시하기 전의 소정 기간동안 피 처리체의 플라즈마 처리중에 제 2 전극에 인가되는 전압보다도 높은 처리전 전압이 인가되도록 제 1 전력계와 제 2 전력계의 양쪽 또는 어느 한쪽을 제어하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제 2 관점에 의하면, 처리실내에 배치된 제 1 전극과, 처리실내에서 제 1 전극에 대향하는 위치에 배치된 제 2 전극과, 제 1 전극에 제 1 전력을 공급하는 제 1 전력원과, 제 2 전극에 제 2 전력을 공급하는 제 2 전력원을 구비한 플라즈마 처리 장치의 제어 방법이 제공된다. 이 제어 방법은 제 2 전극에 대하여, 처리실내의 피 처리체에 플라즈마 처리를 개시하기 전의 소정 기간동안 피 처리체의 플라즈마 처리중에 제 2 전극에 인가하는 전압보다도 높은 처리전 전압을 인가하는 것을 특징으로 한다.

제 2 전극에 대하여, 적절한 크기의 처리전 전압을 인가함으로써, 처리실내 특히 제 2 전극 주변에 부착 퇴적한 부착물을 제거하는 것이 가능해진다. 제 2 전극에 대한 처리전 전압의 인가 타이밍을 피 처리체에 대한 플라즈마 처리가 시작되기 전으로 설정하면, 처리실내에 부착물이 없는 상태로 피 처리체에 대한 플라즈마 처리를 하는 것이 가능해진다.

제 1 전원측의 임피던스와 제 1 전극측의 임피던스를 정합시키는 제 1 정합기 및 제 2 전원측의 임피던스와 제 2 전극측의 임피던스를 정합시키는 제 2 정합기의 양쪽 또는 어느 한쪽의 리액턴스를 조정하면, 제 2 전극에 인가하는 처리전 전압을 용이하게 생성할 수 있다. 또한, 제 1 전원으로부터 제 1 전력이 출력되는 타이밍과 제 1 전력의 전력 레벨 및 제 2 전원으로부터 제 2 전력이 출력되는 타이밍과 제 2 전력의 전력 레벨을 조정함으로써, 제 2 전극에 인가하는 처리전 전압을 생성하도록 해도 좋다.

본 발명의 제 3 관점에 의하면, 처리실내에 배치된 제 1 전극과, 처리실내에 제 1 전극에 대향하는 위치에 배치된 제 2 전극과, 제 1 전극에 제 1 전력을 공급하는 제 1 전력원과, 제 2 전극에 제 2 전력을 공급하는 제 2 전력원을 구비하는 플라즈마 처리 장치의 제어 방법이 제공된다. 이 제어 방법은 각 전극에 고주파 전력을 공급함으로써 처리실내에 플라즈마를 발생시켜 피 처리체를 처리하는 플라즈마 처리 공정 및 플라즈마 처리 공정의 전에 실시되고, 소정의 기간동안, 플라즈마 처리 공정에서의 플라즈마 형성 조건과는 다른 플라즈마 형성 조건에 근거하여 플라즈마를 형성하는 플라즈마 처리 준비 공정을 갖는 것을 특징으로 한다.

이러한 제어 방법에 의하면, 플라즈마 처리 준비 공정에서 형성되는 플라즈마에 의해서, 처리실내, 특히 제 2 전극 주변에 부착 퇴적한 부착물을 스퍼터링 제거하는 것이 가능해진다. 플라즈마 처리 준비 공정은 피 처리체에 대한 소정의 플라즈마 처리를 하기 위한 플라즈마 처리 공정의 전에 실행되기 때문에, 처리실내에 부착물이 없는 상태로 피 처리체에 대한 플라즈마 처리를 하는 것이 가능해진다.

플라즈마 처리 준비 공정의 소정 기간에는 제 2 전극에 대하여, 플라즈마 처리 공정중에 제 2 전극에 인가되는 전압보다도 높은 처리전 전압이 인가된다. 이 처리전 전압에 의해서, 제 2 전극 주변으로부터 부착물이 확실하게 제거되게 된다.

발명의 구성 및 작용

이하에 첨부 도면을 참조하면서, 본 발명에 따른 플라즈마 처리 장치 및 그 제어 방법의 바람직한 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 또한, 본 명세서 및 도면에 있어서, 실질적으로 동일한 기능구성을 갖는 구성요소에 대해서는 동일한 부호를 부여함으로써 중복설명을 생략한다.

(제 1 실시예)

본 발명의 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)의 구성을 도 1에 도시한다. 플라즈마 처리 장치(100)는 도전성 재료, 예컨대 알루미늄으로 이루어지는 처리용기(도시하지 않음)를 갖고 있다. 이 처리용기내에는 피 처리체인 웨이퍼(W)에 대하여 소정의 플라즈마 처리가 실시되는 처리실(110)이 형성되어 있다.

처리실(110)내에는 상부 전극(제 1 전극)(120)과 서셉터(130)가 대향 배치되어 있다. 처리실(110)내 아래쪽에 위치하는 대략 원주형의 서셉터(130)는 플라즈마 처리중에 웨이퍼(W)가 탑재되는 탑재대로서 이용됨과 동시에, 처리실(110)의 위쪽에 마련된 상부 전극(120)과 한 쌍을 이뤄 글로 방전을 발생시켜, 처리실(110)내로 도입된 반응성 가스를 플라즈마화하게 하는 하부 전극(제 2 전극)으로서 기능한다. 상부 전극(120)과 서셉터(130)의 사이에 형성된 플라즈마(P)에 의해서, 웨이퍼(W)에 대하여 에칭 등의 소정의 플라즈마 처리가 실행된다.

상부 전극(120)은 서셉터(130)와, 예컨대 5mm 내지 150mm의 공간을 갖고 배치되어 있다. 또한, 상부 전극(120)과 서셉터(130)는 각각 독립하여 상하 운동이 가능하고, 이들의 간격은 플라즈마 처리의 내용에 따라서, 또한 플라즈마의 균일성을 얻을 수 있도록 조정된다.

다음에, 플라즈마 처리 장치(100)에 구비된 고주파 전력계에 대하여 설명한다. 플라즈마 처리 장치(100)는 상부 전극(120)에 제 1 고주파 전력(147)을 공급하기 위한 제 1 전력계와, 서셉터(130)에 제 2 고주파 전력(157)을 공급하기 위한 제 2 전력계의 2개의 전력계를 갖는다.

제 1 전력계에는 예컨대 60MHz의 제 1 고주파 전력(147)을 출력하는 제 1 고주파 전원(141), 부하측의 임피던스를 제 1 고주파 전원(141)측의 임피던스에 정합시키는 제 1 정합기(143), 및 서셉터(130)에 접속된 하이패스필터(HPF)(145)가 속한다. 제 1 정합기(143)는 커패시턴스의 변경이 가능한 가변 커패시터(C1U) 및 가변 커패시터(C2U)로 구성되어 있다. 가변 커패시터(C1U)는 제 1 고주파 전력(147)의 전송로와 그라운드와의 사이에 접속되어 있고, 가변 커패시터(C2U)는 제 1 고주파 전력(147)의 전송로에 직렬로 접속되어 있다.

한쪽의 제 2 전력계에는, 예컨대 2MHz의 제 2 고주파 전력(157)을 출력하는 제 2 고주파 전원(151), 부하측의 임피던스를 제 2 고주파 전원(151)측의 임피던스에 정합시키는 제 2 정합기(153), 및 상부 전극(120)에 접속된 로우패스필터(LPF)(155)가 속한다. 제 2 정합기(153)는 인덕턴스의 변경이 가능한 가변 인덕터(L1L) 및 가변 인덕터(L2L), 및 커패시턴스가 일정한 커패시터(C1L) 및 커패시터(C2L)로 구성되어 있다. 가변 인덕터(L1L), 가변 인덕터(L2L), 커패시터(C2L)는 제 2 고주파 전원(151)측으로부터 순서대로 제 2 고주파 전력(157)의 전송로에 직렬로 접속되어 있다. 또한, 커패시터(C1L)는 가변 인덕터(L1L)와 가변 인덕터(L2L)의 접속라인과 그라운드와의 사이에 접속되어 있다.

제 1 고주파 전원(141)으로부터 출력된 제 1 고주파 전력(147)은 제 1 정합기(143)를 경유하여 상부 전극(120)으로 공급되고, 제 2 고주파 전원(151)으로부터 출력된 제 2 고주파 전력(157)은 제 2 정합기(153)를 경유하여 서셉터(130)로 공급된다. 이것에 의해서, 처리실(110)에 도입된 반응성 가스가 플라즈마화한다.

상부 전극(120)과 서셉터(130)의 사이에 플라즈마(P)가 발생하면, 상부 전극(120)으로부터 서셉터(130)로 제 1 고주파 전력(147)이 흐르고, 반대로 서셉터(130)로부터 상부 전극(120)으로 제 2 고주파 전력(157)이 흐른다. 서셉터(130)로 관통하여 흘러보낸 제 1 고주파 전력(147)은 HPF(145)를 경유하여 접지되고, 상부 전극(120)으로 관통하여 흘러보낸 제 2 고주파 전력(157)은 LPF(155)를 경유하여 접지된다. 서셉터(130)에 HPF(145)가 접속되어 있기 때문에, 제 2 전력계를 구성하는 제 2 정합기(153) 및 제 2 고주파 전원(151)으로의 제 1 고주파 전력(147)의 유입이 방지되고, 제 2 전력계의 동작의 안정화가 도모된다. 마찬가지로, 상부 전극(120)에 LPF(155)가 접속되어 있기 때문에, 제 1 전력계를 구성하는 제 1 정합기(143) 및 제 1 고주파 전원(141)으로의 제 2 고주파 전력(157)의 유입이 방지되어, 제 1 전력계의 동작의 안정화도 도모된다.

또한, 도 1에 도시한 제 1 정합기(143) 및 제 2 정합기(153)의 내부 회로는 일례이며, 플라즈마 처리 장치(100)의 구성(특히 고주파 전력계의 구성) 또는 프로세스 조건 등에 따라서, 커패시터나 인덕터의 접속관계 및 각각의 실장수를 변경하는 것이 바람직하다.

플라즈마 처리 장치(100)는 제 1 전력계와 제 2 전력계를 제어하는 제어부(160)를 구비하고 있다. 이 제어부(160)는 제 1 고주파 전원(141), 제 1 정합기(143), 제 2 고주파 전원(151), 및 제 2 정합기(153)에 대하여, 소정의 적어도 이하의 제어를 한다. 이하, 제어부(160)가 실행하는 제어의 구체예를 설명한다.

제어부(160)는 제 1 고주파 전원(141)으로부터 상부 전극(120)에 대하여 출력되는 제 1 고주파 전력(147)의 출력 주파수, 출력 타이밍 및 그 전력 레벨을 제어한다.

또한, 제어부(160)는 제 1 고주파 전원(141)측의 임피던스가 예컨대 50Ω이라면, 제 1 정합기(143)의 입력 단자(143-1)로부터 부하측을 보았을 때의 임피던스가 50Ω이 되도록, 제 1 정합기(143)에 속하는 가변 커패시터(C1U)와 가변 커패시터(C2U)의 커패시턴스를 조정한다.

또한, 제어부(160)는 제 2 고주파 전원(151)으로부터 서셉터(130)에 대하여 출력되는 제 2 고주파 전력(157)의 출력 주파수, 출력 타이밍 및 그 전력 레벨을 제어한다.

또한, 제어부(160)는 제 2 고주파 전원(151)측의 임피던스가 예컨대 50Ω이라면, 제 2 정합기(153)의 입력 단자(153-1)로부터 부하측을 보았을 때의 임피던스가 50Ω이 되도록, 제 2 정합기(153)에 속하는 가변 인덕터(L1L)와 가변 인덕터(L2L)의 인덕턴스를 조정한다.

또한, 도 1에는 도시되어 있지 않지만, 제 1 정합기(143)와 상부 전극(120)과의 사이에 상부 전극(120)에 공급되는 제 1 고주파 전력(147)에 관한 정보[예컨대, 제 1 고주파 전력(147)의 주파수, 그 전력 레벨, 및 상부 전극(120)에 대하여 제 1 고주파 전력(147)이 인가된 실제의 타이밍]을 검출하는 제 1 검출기를 구비하고, 이 제 1 검출기에 의해서 검출된 정보를 제어부(160)로 피드백시키도록 해도 좋다. 이 구성에 의해서, 제어부(160)는 제 1 고주파 전원(141)과 제 1 정합기(143)의 동작을 보다 고정밀도로 제어하는 것이 가능해진다. 또한, 제 2 정합기(153)와 서셉터(130)와의 사이에 제 2 검출기를 구비함으로써, 제 2 고주파 전원(151) 및 제 2 정합기(153)의 제어에 관해서 동일한 효과를 얻을 수 있다.

다음에, 처리실(110)내에 구비된 하부 전극(제 2 전극)으로서의 서셉터(130)와 그 주변부에 대하여 도 2를 참조하면서 상세히 설명한다.

상술한 바와 같이, 하부 전극(제 2 전원)으로서 기능하는 서셉터(130)에는 제 2 정합기(153)를 거쳐서 제 2 고주파 전원(151)이 접속되어 있다.

서셉터(130)의 상면에는 정전척(170)이 배치되어 있다. 이 정전척(170)의 전극판(170a)에는 직류 전원(172)이 접속되어 있다. 이러한 정전척(170)에 의하면, 고진공하에서 직류 전원(172)으로부터 전극판(170a)으로 고전압을 인가함으로써, 웨이퍼(W)를 정전 흡착할 수 있다.

서셉터(130)의 외주연부에는 정전척(170)의 상면에 탑재된 웨이퍼(W)를 둘러싸는 포커스 링(180)이 배치되어 있다. 이 포커스 링(180)은 도전체이다. 또한, 포커스 링(180)은 절연체인 커버 링(182)에 의해서 둘러싸여 있다.

여기서, 일반적인 플라즈마 처리 동작에 대하여 설명한다. 플라즈마 처리의 대상인 웨이퍼(W)는 반응 수단(도시하지 않음)에 의해서 도 1, 도 2에 도시한 처리실(110)로 반입된다. 웨이퍼(W)는 대기 위치까지 하강하여 있는 서셉터(130)상의 정전척(170)에 탑재된다. 정전척(170)에 대하여 고압 직류 전원(172)으로부터 직류 전압이 인가되면, 웨이퍼(W)가 정전척(170)상에 흡착 유지된다.

서셉터(130)는 상부 전극(120)과의 간격이 15 내지 45mm의 범위에 수용되는 위치까지 상승한다. 그 후, 처리실(110)내는 15 내지 800mTorr의 범위에 수용되는 정도의 소정의 압력으로 조정된다. 그리고, 처리실(110)내가 소정의 압력에 도달했을 때, 반응성 가스가 처리실(110)내로 도입된다.

다음에, 제어부(160)로부터의 제어 신호에 따라서, 제 1 고주파 전원(141)은 제 1 고주파 전력(147)을 출력하고, 제 2 고주파 전원(151)은 제 2 고주파 전력(157)을 출력한다. 제 1 고주파 전력(147)이 상부 전극(120)에 인가되고, 제 2 고주파 전력(157)이 서셉터(130)에 인가되면, 상부 전극(120)과 서셉터(130)와의 사이에 글로 방전이 발생하여 플라즈마(P)가 점화한다. 점화한 플라즈마(P)가 안정했을 때, 웨이퍼(W)에 대한 예칭 등의 소정의 플라즈마 처리가 시작된다.

플라즈마 처리 장치(100)에 의한 플라즈마 처리가 시작되면, 포커스 링(180)은 웨이퍼(W)에 플라즈마가 수렴하도록 기능하는데, 만약 포커스 링(180)이 없으면, 플라즈마가 처리실(110)의 내벽측으로 확산해 버려, 상부 전극(120) 및 서셉터(130)의 각 주연부에서 플라즈마 밀도가 저하해 버린다. 이 포커스 링(180)에 의해서, 웨이퍼(W)의 중앙부로부터 주연부에 걸쳐서, 플라즈마 밀도를 균일하게 하는 것이 가능해진다. 이 결과, 플라즈마의 불균일성에 기인하는 웨이퍼(W)의 주연부에 있어서의 이상 방전이 방지된다.

그런데, 상술한 바와 같이, 서셉터(130)의 주연부, 예컨대 플라즈마가 형성되는 영역에 가까운 포커스 링(180)과 웨이퍼(W)의 사이의 부위(S1)에 부착물(D1)이 존재하면, 플라즈마 점화 직후에 상부 전극(120)과 이 부착물(D1)의 사이에서 이상 방전이 발생할 우려가 있다. 또한, 도전체인 포커스 링(180)과 절연체인 커버 링(182)과의 사이의 부위(S2)에 부착물(D2)이 퇴적한 경우에는 상부 전극(120)과의 사이에서의 이상 방전에 추가하여, 웨이퍼(W) 상의 플라즈마 밀도를 불균일하게 해버릴 가능성도 있다. 이 현상은 플라즈마 처리후의 웨이퍼(W)의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라, 시스템 다운의 원인이 되어, 스루풋 저하로 연결되는 것이다.

이 점, 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)는 처리실(110)내, 특히 하부 전극(제 2 전극)인 서셉터(130)의 주변부[예컨대, 부위(S1, S2)]로부터 부착물을 제거하는 기능을 갖고 있고, 이러한 기능에 근거하여 이 부착물을 제거하기 위한 동작을 한다.

이하, 플라즈마 처리 장치(100)에 있어서의 부착물 제거 기능에 관한 구성 및 부착물을 제거하기 위한 플라즈마 처리 장치(100)의 제어 방법에 대하여, 일반적인 플라즈마 제어 장치 및 그 제어 방법과 비교하면서 설명한다.

제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100) 및 그 제어 방법에 의하면, 웨이퍼(W)에 대한 에칭 처리 등의 소정의 플라즈마 처리를 하기 직전, 즉 플라즈마 점화시에 처리실(110) 내부, 특히 하부 전극으로서의 서셉터(130)의 주변부에 부착하여 퇴적한 부착물을 제거하기 위해서, 서셉터(130)에 대하여 처리전 전압으로서의 오버 슈트 전압이 인가된다.

우선, 플라즈마 점화로부터 실제의 플라즈마 처리가 시작되기까지의 동안에, 하부 전극으로서의 서셉터(130)에 대하여 오버 슈트 전압이 인가되지 않는 일반적인 플라즈마 처리 장치의 동작을 설명한다. 도 3은 이 일반적인 플라즈마 처리 장치의 동작을 도시하는 것으로서, 플라즈마 점화로부터 실제의 플라즈마 처리가 시작되기까지의 기간에 상부 전극에 인가되는 제 1 고주파 전력의 전력 파형, 하부 전극에 인가되는 제 2 고주파 전력의 전력 파형 및 하부 전극의 전압 파형을 도시하고 있다.

도 3에 도시하는 바와 같이, 시각(T01)에서 제 2 고주파 전원으로부터 초기 레벨(예컨대, 200 내지 1000W)로 조정된 제 2 고주파 전력이 출력되어, 하부 전극에 인가된다. 이어서 시각(T02)에서 제 1 고주파 전원으로부터 초기 레벨(예컨대, 50 내지 1000W)로 조정된 제 1 고주파 전력이 출력되어, 상부 전극에 인가된다.

이 시각(T02)에서 상부 전극과 하부 전극의 사이에는 플라즈마가 점화하지만, 먼저 시각(T01)에서 하부 전극에 대하여 초기 레벨로 조정된 제 2 고주파 전력이 인가되어 있기 때문에, 하부 전극상의 웨이퍼의 표면에 이온 시스(Ion sheath)라고 불리는 피복 영역이 형성되어 있다. 플라즈마 점화 직후에는 플라즈마 밀도가 균일하게 되어 있지 않고, 이 상태의 플라즈마가 웨이퍼에 접하면, 웨이퍼중에 플라즈마 밀도의 편차에 기인하는 전류가 흐른다. 이 전류는 웨이퍼에 형성되어 있는 반도체 소자 등의 구성요소에 대미지를 미치게 할 우려가 있다. 플라즈마 점화시에 웨이퍼 표면에 이온·시스가 형성되어 있으면, 이 시점에서는 플라즈마가 웨이퍼에 접촉하지 않고, 웨이퍼의 구성요소는 양호한 상태로 유지된다.

시각(T02) 후, 반응성 가스에 있어서, 웨이퍼에 대한 소정의 플라즈마 처리에 필요한 해리도를 얻을 수 있도록, 제 1 고주파 전력의 레벨과 제 2 고주파 전력의 레벨이 조정된다. 이 때의 각 고주파 전력의 레벨 및 하부 전극의 전압 레벨을, 이하의 설명에서는 “레시피 레벨”이라고 칭한다. 예컨대, 어떤 애플리케이션을 에칭하는 레시피에 있어서, 제 1 고주파 전력의 레시피 레벨은 1000 내지 2500W이며, 제 2 고주파 전력의 레시피 레벨은 1000 내지 2000W이며, 하부 전극 전압의 레시피 레벨은 약 1500V이다.

시각(T03)에 있어서, 제 1 고주파 전력 및 제 2 고주파 전력은 각각 레시피 레벨에 도달하고, 하부 전극의 전압도 레시피 레벨로 조정된다. 이후, 하부 전극의 전압은 이 레시피 레벨로 유지되고, 웨이퍼에 대한 소정의 플라즈마 처리가 실시된다. 또한, 도 3에는 제 1 고주파 전력 및 제 2 고주파 전력이 시각(T03)에서 거의 동시에 레시피 레벨에 도달하는 경우의 전력·전압 파형을 도시했지만, 이것은 일례이다. 웨이퍼 보호의 관점으로부터는 시각(T02)에서 웨이퍼 표면에 이온·시스가 형성되어 있으면, 그 후 제 1 고주파 전력 또는 제 2 고주파 전력 중 어느 한쪽을 다른쪽보다 먼저 레시피 레벨에 도달시키도록 해도 좋다.

이러한 일반적인 플라즈마 처리 장치의 플라즈마 점화로부터 플라즈마 처리 개시까지의 동작에 의하면, 소정의 플라즈마 처리를 계속 해가면, 처리실(110) 내부, 특히 하부 전극으로서의 서셉터(130)의 주변부에 부착물이 퇴적해 버려, 부착물에 기인하는 이상 방전이 발생하여, 이후의 플라즈마 처리를 적절하게 실행할 수 없게 될 가능성이 있다. 또한, 소정의 플라즈마 처리를 개시하고자 하면, 플라즈마 처리 장치 전체가 긴급 정지하여, 시스템측으로부터 처리실내의 세정이 요구될 우려도 있다.

이러한 문제를 해결하는 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100) 및 그 제어 방법을 설명한다. 도 4는 플라즈마 처리 장치(100)의 동작을 나타내는 것으로서, 플라즈마 점화로부터 실제의 플라즈마 처리가 시작될 때까지의 기간에 상부 전극(120)에 인가되는 제 1 고주파 전력(147)의 전력 파형, 하부 전극으로서의 서셉터(130)에 인가되는 제 2 고주파 전력(157)의 전력 파형, 및 서셉터(130)의 전압 파형을 도시하고 있다.

도 4에 도시하는 바와 같이, 시각(T11)에서 제 2 고주파 전원(151)으로부터 초기 레벨(예컨대, 200 내지 1000W)로 조정된 제 2 고주파 전력(157)이 출력되어, 서셉터(130)에 인가된다. 이어서 시각(T12)에서 제 1 고주파 전원(141)으로부터 초기 레벨(예컨대, 50 내지 1000W)로 조정된 제 1 고주파 전력(147)이 출력되어, 상부 전극(120)에 인가된다. 상술한 바와 같이, 시각(T12)에서 웨이퍼(W)의 표면에는 이온 시스가 형성되어 있기 때문에, 점화 직후의 밀도가 불균일한 플라즈마(P)가 웨이퍼(W)에 접촉하지 않아, 웨이퍼(W) 및 웨이퍼(W)에 형성되어 있는 각종 반도체 소자 등의 구성요소는 양호한 상태로 유지된다.

다음에, 시각(Tos1)에서 제 2 고주파 전력(157)을 레시피 레벨(예컨대, 1000 내지 2000W)로 조정한다. 이 때, 하부 전극인 서셉터(130)의 전압은 시각(T11) 및 시각(T12)에 있어서의 전압 레벨로부터 상승을 개시하여, 레시피 레벨(예컨대 1500V)보다 높은 전압 레벨(피크 레벨, 예컨대, 3000V)에 도달한다. 그 후, 서셉터(130)의 전압은 시각(Tos2)까지, 레시피 레벨보다 높은 레벨을 유지한다. 시각(Tos2)까지의 서셉터(130)의 전압 상태는 도 4에 있어서 오버 슈트 파형(오버 슈트 전압)으로서 나타나고 있다.

시각(T13)에 있어서, 제 1 고주파 전력(147)은 레시피 레벨에 도달하고, 서셉터(130)의 전압은 피크 레벨로부터 저하하여(오버 슈트 상태를 탈출하여), 레시피 레벨로 안정한다. 이후, 서셉터(130)의 전압은 이 레시피 레벨로 유지되어, 웨이퍼(W)에 대한 소정의 플라즈마 처리가 실시된다.

도 3과 도 4를 비교하면 분명한 바와 같이, 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100) 및 그 제어 방법에 의하면, 일반적인 플라즈마 처리 장치 및 그 제어 방법과는 달리, 플라즈마의 점화단계에서 서셉터(130)의 전압이 레시피 레벨로 조정되기 직전의 소정 기간[시각(Tos1 내지 Tos2)] 오버 슈트 상태를 취하게 된다. 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)는 서셉터(130)의 전압을 오버 슈트 상태로 조정하는 것이 가능한 수단으로서 제어부(160)를 구비하고 있다. 그리고, 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)의 제어 방법에 의하면, 소정의 플라즈마 처리가 시작되기 직전의 소정 기간, 서셉터(130)에 대하여 오버 슈트 전압이 인가된다.

제 1 실시예에서는 제어부(160)에 의해서, 각 리액턴스 소자[가변 커패시터(C1U, C2U) 및 가변 인덕터(L1L, L2L)]의 리액턴스가 소정의 값으로 조정된다. 이것에 의해서, 도 4에 도시한 바와 같이, 서셉터(130)의 전압을 레시피 레벨로 조정되기 직전에 오버 슈트시키는 것이 가능해진다. 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 리액턴스 조정과, 서셉터(130)의 전압의 오버 슈트 현상과의 관계에 대해서는 플라즈마 처리 장치(100)를 이용한 실험 결과에 의해서 확인되어 있다.

우선, 비교를 위해서, 서셉터(130)에 인가되는 전압에 오버 슈트를 발생시키지 않는 경우의 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 리액턴스의 설정 조건에 대하여 설명한다. 도 3에 도시한 서셉터(130)의 전압 파형, 즉 오버 슈트부를 갖지 않는 서셉터(130)의 전압 파형은 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)에 있어서, 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 리액턴스 제어단계를, 예컨대 아래와 같이 설정한 경우에 얻어진다. 또한, 제 1 정합기(143)의 리액턴스(커패시턴스)는 0 내지 2000단계의 범위에서 제어 가능하고, 제 2 정합기(153)의 리액턴스(인덕턴스)는 0 내지 1000단계의 범위에서 제어 가능하다.

[설정 조건 1] C1U=1500단계; C2U=900 단계; L1L=100단계; L2L=500단계

예컨대, 제 1 정합기(143)에 속하는 가변 커패시터(C1U, C2U)의 각 커패시턴스는 0 내지 2000단계에서 0 내지 200 pF으로 조정되고, 제 2 정합기(153)에 속하는 가변 인덕터(L1L, L2L)의 각 인덕턴스는 0 내지 1000단계에서 0 내지 30 μ H로 조정된다. 단계수와 각 커패시턴스/인덕턴스는 선형의 관계에 있다. 따라서, 가변 커패시터(C1U)가 1500 단계로 조정된 경우, 그 커패시턴스는 150 pF이 되고, 가변 커패시터(C2U)가 900단계로 조정된 경우, 그 커패시턴스는 90 pF이 된다. 또한, 가변 인덕터(L1L)가 100단계로 조정된 경우, 그 인덕턴스는 3 μ H가 되고, 가변 인덕터(L2L)가 500단계로 조정된 경우, 그 인덕턴스는 15 μ H가 된다.

이것에 대하여, 도 4에 도시한 서셉터(130)의 전압 파형, 즉 오버 슈트부를 갖는 서셉터(130)의 전압 파형은 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)에 있어서, 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 리액턴스 제어 단계를 아래와 같이 설정한 경우에 얻을 수 있다.

[설정 조건 2] C1U=1200단계; C2U=600단계; L1L=400단계; L2L=550단계

도 5a 및 5b는 상기의 [설정 조건 1]이 적용된 플라즈마 처리 장치(100)에 있어서, 상부 전극(120)과 서셉터(130)와의 사이에 플라즈마(P)가 형성될 때의, 제 1 정합기(143)의 제 1 고주파 전원(141)측에서 본 상부 전극(120)측의 임피던스 정합의 궤적을 나타내는 스미스 차트 5a 및 제 2 정합기(153)의 제 2 고주파 전원(151)측에서 본 서셉터(130)측의 임피던스 정합의 궤적을 나타내는 스미스 차트 5b이다. 이 경우, 도 3에 도시한 바와 같이, 서셉터(130)의 전압에는 오버 슈트가 발생하지 않는다.

도 6a 및 6b는 상기의 [설정 조건 2]가 적용된 플라즈마 처리 장치(100)에 있어서, 상부 전극(120)과 서셉터(130)와의 사이에 플라즈마(P)가 형성될 때의, 제 1 정합기(143)의 제 1 고주파 전원(141)측에서 본 상부 전극(120)측의 임피던스 정

합의 궤적을 나타내는 스미스 차트 6a 및 제 2 정합기(153)의 제 2 고주파 전원(151)측에서 본 서셉터(130)측의 임피던스 정합의 궤적을 나타내는 스미스 차트 6b이다. 이 경우, 도 4에 도시하는 바와 같이, 서셉터(130)의 전압에 오버 슈트가 발생한다.

도 5a에 도시한 임피던스 궤적과 도 6a에 도시한 임피던스 궤적이 다르고, 도 5b에 도시한 임피던스 궤적과 도 6b에 도시한 임피던스 궤적이 다른 이유는 제 1 정합기(143)에 속하는 가변 커패시터(C1U, C2U)의 각 커패시턴스, 및 제 2 정합기(153)에 속하는 가변 인덕터(L1L, L2L)의 각 인덕턴스가 변경된 것에 있다. 그리고, 도 5a와 도 6a에 주목하면, 양자의 스타트 포인트(SP)에 차이가 발생하고, 더구나 임피던스 정합에 이르기까지의 궤적이 도 6a쪽이 도 5a에 비교해서 길어져 있는 것을 알 수 있다. 도 5b와 도 6b의 관계도 마찬가지이다. 다만, 서셉터(130)측의 임피던스 정합 궤적의 신장량(도 5b와 도 6b와의 관계)보다도, 상부 전극(120)측의 임피던스 정합 궤적의 신장량(도 5a와 도 6a와의 관계)쪽이 크다.

이 도 5a 및 5b와 도 6a 및 6b의 관계 및 도 3과 도 4의 관계를 보면 분명한 바와 같이, 상부 전극(120)측의 임피던스 정합이 완료하기까지의 시간(상부 전극측 임피던스 정합 시간)과 서셉터(130)측의 임피던스 정합이 완료하기까지의 시간(하부 전극측 임피던스 정합 시간)이 각각 어느 정도 길어지고, 또한 상부 전극측 임피던스 정합 시간이 하부 전극측 임피던스 정합 시간에 대하여 보다 길어지도록 제 1 정합기(143)의 리액턴스와 제 2 정합기(153)의 리액턴스를 조정함으로써, 하부 전극으로서의 서셉터(130)의 전압을 레시피 레벨로 조정되기 직전에 소정 기간 오버 슈트시키는 것이 가능해진다. 이와 같이, 제 1 실시예는 제어부(160)에 의해서 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 각 리액턴스를 제어하여, 서셉터(130)에 인가되는 전압을 오버 슈트시키는 것이다.

도 7은 소정의 플라즈마 처리가 개시되기 직전에 서셉터(130)의 전압을 오버 슈트시키지 않는 경우(도 3)와, 오버 슈트시킨 경우(도 4)의 각각에 대한 플라즈마 점화 직후에 있어서의 이상 방전의 발생 빈도를 도시하고 있다. 이 실험에서는 결과의 신뢰성을 높이기 위해서, 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)와 실질적으로 동일 구성의 2대의 시험용 플라즈마 처리 장치(A, B)를 준비했다.

플라즈마 처리 장치(A)에 대하여, 상기의 [설정 조건 1], 즉 하부 전극 전압에 오버 슈트가 발생하지 않는 조건에 근거하여 상부 전극용 정합기와 하부 전극용 정합기의 각 리액턴스를 조정하고, 플라즈마 점화를 복수회 반복했다. 이 실험에서는 이상 방전의 발생 빈도 1.6%라는 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 하부 전극 전압에 오버 슈트를 발생시키지 않으면, 플라즈마 점화를 100회 실행하면 1.6회의 이상 방전이 발생할 수 있는 것을 나타내고 있다.

동일한 플라즈마 처리 장치(A)에 대하여, 상기의 [설정 조건 2], 즉 하부 전극 전압에 오버 슈트가 발생하는 조건에 근거하여 상부 전극용 정합기와 하부 전극용 정합기의 각 리액턴스를 조정하고, 플라즈마 점화를 복수회 되풀이했다. 이 실험에서는 이상 방전의 발생 빈도 0.0%라는 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과는 하부 전극 전압에 오버 슈트를 발생시키면, 플라즈마 점화를 몇 번 되풀이하더라도 이상 방전이 발생하지 않는 것을 나타내고 있다.

플라즈마 처리 장치(B)에 대해서도 동일한 실험이 실행되어, [설정 조건 1]의 경우는 이상 방전의 발생 빈도 1.1%라는 결과를 얻을 수 있고, [설정 조건 2]의 경우는 이상 방전의 발생 빈도 0.0%라는 결과를 얻을 수 있었다.

이상의 플라즈마 처리 장치(A, B)를 사용한 실험 결과로부터, 플라즈마 처리를 개시하기 전에 하부 전극에 오버 슈트 전압을 인가하면, 처리실내에서의 플라즈마 점화 직후의 이상 방전의 발생이 방지되는 것이 밝혀졌다. 먼저 말한 것처럼, 플라즈마 점화 직후의 이상 방전의 원인은 주로 하부 전극의 주변부에 부착하여 퇴적한 부착물에 있다고 생각된다. 플라즈마 처리를 개시하기 전에 하부 전극에 대하여 의도적으로 오버 슈트 전압을 인가함으로써, 이 부착물을 스퍼터링 제거하는 것이 가능해진다. 하부 전극의 주변부로부터 부착물이 제거되면, 플라즈마 점화 직후로부터 안정적인 플라즈마 상태가 형성되어, 웨이퍼 및 웨이퍼에 형성되어 있는 반도체 소자 등의 구성요소에 대미지가 미치는 일은 없다.

다음에 플라즈마 점화 직후의 이상 방전의 발생을 방지하기 위해서 적절한 오버 슈트의 크기(오버 슈트 량)에 대하여, 도 8, 도 9를 참조하면서 설명한다.

도 8은 도 4에 도시한 하부 전극으로서의 서셉터(130)에 인가되는 전압 파형 중 오버 슈트부를 확대하여 도시하는 것이다. 여기서는 서셉터(130)에 인가되는 전압의 오버 슈트량을 도 8에 도시한 바와 같이, 전압의 피크값(V_p)과, 서셉터(130)에 대한 전압 인가 개시후, 이 전압이 피크값(V_p)을 지나서 안정할 때까지(예컨대, 2000V로 저하할 때까지) 필요한 시간(ΔT)을 이용하여 정의하는 것으로 한다.

도 9는 이상 방전의 억제 효과와 오버 슈트량과의 관계를 검증한 실험의 결과를 도시하고 있다.

이 실험에서는 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)와 실질적으로 동일 구성의 8대의 시험용 플라즈마 처리 장치(A, B, C, D, E, F, G, H)가 준비되었다. 그리고, 각 플라즈마 처리 장치에 대하여, 플라즈마 점화시의 하부 전극의 전압 파형을 측정하고, 그 때의 이상 방전 발생의 유무를 확인했다.

모든 시험용 플라즈마 처리 장치에 구비된 상부 전극용 정합기 및 하부 전극용 정합기는 하부 전극에 인가되는 전압이 플라즈마 처리전에 오버 슈트하도록, 그 리액턴스가 조정되어 있다. 그러나, 각 플라즈마 처리 장치마다 리액턴스의 조정을 바꾸고 있기 때문에, 하부 전극 전압의 오버 슈트량에 관해서 각 플라즈마 처리 장치 사이에 차이가 발생하고 있다.

도 9에 도시한 바와 같이, 본 실험에서는 플라즈마 처리 장치(F)가 가장 큰 오버 슈트량을 나타내고, 플라즈마 처리 장치(H)가 다음으로 큰 오버 슈트량을 나타냈다. 반대로, 플라즈마 처리 장치(B)가 가장 작은 오버 슈트량을 나타내고, 플라즈마 처리 장치(C)가 다음으로 작은 오버 슈트량을 나타냈다. 실험을 한 8대의 플라즈마 처리 장치 중에서, 가장 오버 슈트량이 작았던 플라즈마 처리 장치(B)에서만, 플라즈마 점화 직후에 이상 방전이 관측되고, 그 밖의 플라즈마 처리 장치에서는 이상 방전은 관측되지 않았다.

이 실험 결과로부터, 플라즈마 점화 직후의 이상 방전의 발생을 방지하기 위해서는 하부 전극에 오버 슈트 전압을 인가하는 것이 유효하고, 또한 그 오버 슈트량에도 어느 정도의 크기가 필요한 것이 명확해졌다. 도 9에 도시한 바와 같이, $5500V \cdot sec$ 를 하부 전극에 인가하는 전압의 오버 슈트량의 문턱값으로서 채용할 수 있다. 즉, 하부 전극에 대하여, $5500V \cdot sec$ 이상의 양의 오버 슈트 전압을 인가함으로써, 플라즈마 점화 직후의 이상 방전의 발생을 방지하는 것이 가능해진다.

하부 전극에 인가하는 전압에 있어서, 그 오버 슈트량이 커지면, 플라즈마 점화 직후의 이상 방전의 억제 효과가 높아진다고 생각된다. 오버 슈트량을 크게하기 위해서는 시간(ΔT)을 길게 하거나, 또는 피크값(V_p)을 높일 필요가 있다. 그러나, 이들 값을 설정함에 있어서 이하의 조건을 만족시킬 필요가 있다.

시간(ΔT)을 설정할 때에, 플라즈마 처리 장치의 스루풋을 고려하는 것이 바람직하다. 시간(ΔT)을 너무 길게 설정하면, 단위 시간당 처리 가능한 웨이퍼의 매수가 감소해 버려, 스루풋이 저하한다. 한편, 피크값(V_p)에 대해서는 설계상의 절연 내압(예컨대, 3000V)을 고려해야 한다.

이 점, 본 실시예에서는 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 각 리액턴스가 제어부(160)에 의해서 자유롭게 조정되고, 서셉터(130)에 인가되는 오버 슈트 전압의 시간(ΔT)과 피크값(V_p)은 이 조정된 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 각 리액턴스에 의해서 결정된다. 따라서, 본 실시예에 의하면, 처리실(110)내의 부착물을 제거하기 위해서 충분한 크기의 오버 슈트 전압으로서, 플라즈마 처리 장치의 스루풋을 저하시키지 않고, 또한 플라즈마 처리 장치에 대미지를 부여하지 않는 크기의 오버 슈트 전압을 하부 전극으로서의 서셉터(13)에 인가하는 것이 가능해진다.

이상 설명한 바와 같이, 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100) 및 그 제어 방법에 의하면, 웨이퍼(W)에 대한 플라즈마 처리가 개시되기 직전에 하부 전극으로서의 서셉터(130)에 대하여 오버 슈트 전압이 인가된다. 이 오버 슈트 전압에 의해서, 서셉터(130)의 주변부에 부착하여 퇴적한 부착물이 제거되기 때문에, 플라즈마 점화 직후의 처리실내에서의 이상 방전의 발생이 방지된다. 또한, 서셉터(130)의 주변부로부터 부착물이 제거되면, 플라즈마 밀도의 균일성도 높아져, 결과적으로 플라즈마 처리의 안정화로 연결된다.

제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 리액턴스를 조정함으로써, 서셉터(130)에 인가되는 전압에 오버 슈트를 발생시키는 것이 가능해진다. 이 점, 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)는 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 각 리액턴스를 개별적으로 조정 가능한 제어부(160)를 구비하고 있기 때문에, 서셉터(130)에 대하여 오버 슈트 전압을 인가하는 것은 용이하다. 더구나, 오버 슈트량의 조정도 가능하다.

또한, 웨이퍼(W)에 대한 플라즈마 처리의 직전에 부착물의 제거가 실행되기 때문에, 플라즈마 처리 장치(100)를 정지시키고, 처리용기를 해방하여, 서셉터(130)의 주변부를 세정할 필요가 없어진다. 따라서, 플라즈마 처리 장치(100)의 스루풋의 향상이 실현된다.

(제 2 실시예)

제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치 및 그 제어 방법을 도 1, 도 10 및 도 11을 참조하면서 설명한다. 제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치는 도 1에 도시한 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100)와 대략 동일한 구성을 갖는다. 또한,

제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치의 제어 방법은 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치의 제어 방법과 같이, 웨이퍼(W)에 대한 플라즈마 처리의 직전에 하부 전극인 서셉터(130)에 대하여 오버 슈트 전압을 인가하는 것을 특징으로 하고 있다.

그러나, 제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치 및 그 제어 방법에 의하면, 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100) 및 그 제어 방법과는 다른 기능·동작에 의해서 서셉터(130)에 인가되는 전압에 오버 슈트를 발생시킨다.

즉, 제 1 실시예에서는 오버 슈트 전압을 얻기 위해서, 제어부(160)에 의해서 제 1 정합기(143)와 제 2 정합기(153)의 리액턴스를 조정했지만, 제 2 실시예에서는 제 1 고주파 전원(141)으로부터 출력되는 제 1 고주파 전력(147)의 전력 레벨과 그 출력 타이밍, 및 제 2 고주파 전원(151)으로부터 출력되는 제 2 고주파 전력(157)의 전력 레벨과 그 출력 타이밍을 각각 제어함으로써, 오버 슈트 전압을 생성한다.

도 10은 제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치에 구비된 제어부(160)가 제 1 고주파 전원(141)에 대하여 출력하는 제어 신호와, 제 2 고주파 전원(151)에 대하여 출력하는 제어 신호의 타이밍 차트를 도시하고 있다. 제 1 고주파 전원(141)은 제어부(160)로부터 받은 제어 신호에 따라서, 제 1 고주파 전력(147)의 출력 전력 레벨 및 출력 타이밍을 조정한다. 마찬가지로, 제 2 고주파 전원(151)은 제어부(160)로부터 받은 제어 신호에 따라서, 제 2 고주파 전력(157)의 출력 전력 레벨 및 출력 타이밍을 조정한다.

도 11은 도 10에 도시한 타이밍에서 제어부(160)가 각 제어 신호를 제 1 고주파 전원(147)과 제 2 고주파 전원(157)에 대하여 출력했을 때의, 상부 전극(120)에 인가되는 제 1 고주파 전력(147)의 전력 파형, 하부 전극으로서의 서셉터(130)에 인가되는 제 2 고주파 전력(157)의 전력 파형, 및 서셉터(130)의 전압 파형을 도시하고 있다.

시각(T31)에서 제어부(160)는 제 2 고주파 전원(151)에 대하여, 초기 레벨로 조정된 제 2 고주파 전력(157)을 출력하도록 제어 신호를 송신한다(도 10). 이 제어 신호를 받은 제 2 고주파 전원(151)은 초기 레벨(예컨대, 200 내지 1000W)로 조정된 제 2 고주파 전력(157)을 서셉터(130)에 대하여 출력하고, 하부 전극인 서셉터(130)의 전압이 0V에서 예컨대 500V로 상승한다(도 11).

시각(T32)에 있어서, 제어부(160)는 제 1 고주파 전원(141)에 대하여, 초기 레벨로 조정된 제 1 고주파 전력(147)을 출력하도록 제어 신호를 송신한다(도 10). 이 제어 신호를 받은 제 1 고주파 전원(141)은 초기 레벨(예컨대, 50 내지 1000W)로 조정된 제 1 고주파 전력(147)을 상부 전극(120)에 대하여 출력한다. 이 시각(T32)에서 상부 전극(120)과 서셉터(130)의 사이에는 플라즈마(프리플라즈마)가 점화하는데, 먼저 시각(T31)에서 서셉터(130)에 초기 레벨로 조정된 제 2 고주파 전력(157)이 인가되어 있기 때문에, 서셉터(130)상의 웨이퍼(W)의 표면에 이온 시스가 형성되어 있다. 따라서, 이 시점에서는 플라즈마가 웨이퍼(W)에 접촉하지 않아, 웨이퍼(W)에 형성되어 있는 반도체 소자 등의 구성요소는 양호한 상태로 유지된다.

시각(T33)으로부터 시각(T35)까지, 제어부(160)는 제 1 고주파 전원(141)에 대하여, 초기 레벨보다 높은 부착물 제거 레벨로 조정된 제 1 고주파 전력(147)을 출력하도록 제어 신호를 송신한다(도 10). 이 제어 신호를 받은 제 1 고주파 전원(141)은 부착물 제거 레벨로 조정된 제 1 고주파 전력(147)을 상부 전극(120)에 대하여 출력한다.

시각(T34)으로부터 시각(T35)까지, 제어부(160)는 제 2 고주파 전원(151)에 대하여, 부착물 제거 레벨로 조정된 제 2 고주파 전력(157)을 출력하도록 제어 신호를 송신한다(도 10). 이 제어 신호를 받은 제 2 고주파 전원(151)은 부착물 제거 레벨(예컨대, 1000W)로 조정된 제 2 고주파 전력(157)을 서셉터(130)에 대하여 출력하고, 하부 전극인 서셉터(130)의 전압이 예컨대 2700V로 상승한다(도 11).

시각(T35)으로부터 시각(T36)까지, 제어부(160)로부터의 지시에 따라, 제 1 고주파 전원(141)은 제 1 고주파 전력(147)의 출력을 정지하고, 제 2 고주파 전원(151)은 제 2 고주파 전력(157)의 출력을 정지한다. 이 때문에, 하부 전극인 서셉터(130)의 전압은 일단 0V까지 저하한다. 시각(T32)에서 점등한 플라즈마(프리플라즈마)도 여기서 소등한다.

시각(T36)에서 다시 제어부(160)는 제 2 고주파 전원(151)에 대하여, 초기 레벨로 조정된 제 2 고주파 전력(157)을 출력하도록 제어 신호를 송신한다(도 10). 이 제어 신호를 받은 제 2 고주파 전원(151)은 초기 레벨(예컨대, 200 내지 1000W)로 조정된 제 2 고주파 전력(157)을 서셉터(130)에 대하여 출력하고, 하부 전극인 서셉터(130)의 전압이 0V에서 예컨대 500V로 상승한다(도 11).

시각(T37)에 있어서, 다시 제어부(160)는 제 1 고주파 전원(141)에 대하여, 초기 레벨로 조정된 제 1 고주파 전력(147)을 출력하도록 제어 신호를 송신한다(도 10). 이 제어 신호를 받은 제 1 고주파 전원(141)은 초기 레벨(예컨대, 50 내지 1000W)로 조정된 제 1 고주파 전력(147)을 상부 전극(120)에 대하여 출력한다. 이 시각(T37)에서 상부 전극(120)과 서셉터(130)의 사이에는 플라즈마(메인 플라즈마)가 점화하는데, 이 시점에서는 웨이퍼(W)의 표면에 이온 시스가 형성되어 있어서, 플라즈마가 웨이퍼(W)에 접촉하지 않고, 웨이퍼(W)에 형성되어 있는 반도체 소자 등의 구성 요소는 양호한 상태로 유지된다.

시각(T38)에서, 제어부(160)는 제 2 고주파 전원(151)에 대하여, 레시피 레벨로 조정된 제 2 고주파 전력(157)을 출력하도록 제어 신호를 송신한다(도 10). 이 제어 신호를 받은 제 2 고주파 전원(151)은 레시피 레벨(예컨대, 1000 내지 2000W)로 조정된 제 2 고주파 전력(157)을 서셉터(130)에 대하여 출력한다.

시각(T39)에서, 제어부(160)는 제 1 고주파 전원(141)에 대하여, 레시피 레벨로 조정된 제 1 고주파 전력(147)을 출력하도록 제어 신호를 송신한다(도 10). 이 제어 신호를 받은 제 1 고주파 전원(141)은 레시피 레벨(예컨대, 1000 내지 2500W)로 조정된 제 1 고주파 전력(147)을 상부 전극(120)에 대하여 출력한다(도 11). 이 시점에서, 하부 전극으로서의 서셉터(130)의 전압은 레시피 레벨(예컨대, 1500V)에 도달하고, 이후 서셉터(130)의 전압은 이 레시피 레벨로 유지되고, 메인 플라즈마를 이용하여 웨이퍼(W)에 대한 소정의 플라즈마 처리가 실시된다.

이상 설명한 제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치의 제어 방법의 특징은 도 10 및 도 11에 도시한 바와 같이, 메인 플라즈마를 점화하고, 이 메인 플라즈마를 이용하여 웨이퍼(W)에 대하여 소정의 플라즈마 처리를 실시하는 플라즈마 처리 공정[시각(T36) 이후]과, 이 플라즈마 처리 공정의 전에 실시되고, 처리실(110)내의 부착물을 제거하기 위한 프리플라즈마를 점화하는 플라즈마 처리 준비 공정으로서의 부착물 제거 공정[시각(T31) 내지 시각(T35)]을 구비하는 점에 있다.

플라즈마 처리 공정에서 점화되는 메인 플라즈마는 웨이퍼(W)에 대한 소정의 플라즈마 처리를 위한 것이고, 부착물 제거 공정에서 점화되는 프리플라즈마는 처리실(110)내의 부착물을 제거하기 위한 것이다. 따라서, 양 플라즈마의 물리적인 특성은 다르고, 도 10, 도 11에 도시한 바와 같이, 양 플라즈마의 형성 조건, 즉 제 1 고주파 전력(147)의 전력 레벨이나 제 1 고주파 전원(141)으로부터의 출력 타이밍 및 제 2 고주파 전력(157)의 전력 레벨이나 제 2 고주파 전원(151)으로부터의 출력 타이밍도 상이하다.

도 11에 도시한 바와 같이, 부착물 제거 공정의 소정 기간[시각(T34) 내지 시각(T35)]에서는 하부 전극인 서셉터(130)에 대하여, 레시피 레벨보다도 높은 처리전 전압(오버 슈트 전압)이 인가되어, 상술한 프리플라즈마가 형성된다. 따라서, 서셉터(130)의 주변부에 부착물이 존재하고 있더라도, 부착물 제거 공정에서 이 부착물은 프리플라즈마에 의해서 확실하게 제거되게 된다.

또한, 부착물 제거 공정은 플라즈마 처리 공정의 직전에 실시되기 때문에, 처리실(110)내로부터 부착물을 제거한 상태에서 웨이퍼(W)에 대한 소정의 플라즈마 처리를 실시하는 것이 가능해진다.

이상과 같이, 제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치 및 그 제어 방법에 의하면, 제 1 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(100) 및 그 제어 방법과 동일한 효과를 얻을 수 있다.

또한, 제 2 실시예에 의하면, 다음의 효과를 얻을 수 있다. 제 2 실시예에서는 제 1 고주파 전원(141)으로부터 출력되는 제 1 고주파 전력(147)의 전력 레벨과 그 출력 타이밍 및 제 2 고주파 전원(151)으로부터 출력되는 제 2 고주파 전력(157)의 전력 레벨과 그 출력 타이밍을 각각 제어함으로써, 하부 전극인 서셉터(130)에 인가하는 전압을 소정 기간 오버 슈트시킨다. 이 때문에, 반응성 가스의 종류, 처리실(110)내의 압력, 상부 전극(120)과 서셉터(130)의 간격 등, 프로세스 조건이 변경된 경우라도, 서셉터(130)에 인가하는 전압의 오버 슈트량을 높은 정밀도로, 또한 용이하게 조정할 수 있다. 따라서, 플라즈마 점화 직후의 처리실내에서의 이상 방전의 발생을 보다 확실하게 방지할 수 있다.

그런데, 플라즈마 처리 공정 전에 부착물 제거 공정을 매회 실행하면, 그 만큼 제 2 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치의 스루풋이 저하할 우려가 있다. 이 점, 제 2 실시예에 의하면, 부착물 제거 공정을 플라즈마 처리 공정 전에 실행하는가 아닌가의 선택은 용이하다. 처리실(110)내의 부착물을 제거할 필요가 발생했을 때에만 부착물 제거 공정을 실시함으로써 높은 스루풋을 얻을 수 있다. 소정의 주기로 부착물 제거 공정을 실시하도록 해도 좋지만, 처리실(110)내의 부착물의 유무를 검출하는 수단을 구비하고, 그 검출 결과에 근거하여 부착물 제거 공정을 실시하도록 해도 좋다.

이상, 첨부 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 대하여 설명했는데, 본 발명은 이러한 예에 한정되지 않는 것은 말할 필요도 없다. 당업자라면, 특허 청구의 범위에 기재된 범주내에서, 각종의 변경에 또는 수정예를 생각해 낼 수 있는 것은 분명하고, 그것들에 대해서도 당연히 본 발명의 기술적 범위에 속하는 것으로 양해된다.

본 실시예의 설명 중에는 플라즈마 처리 장치의 예로서 평행평판형 플라즈마 처리 장치가 이용되고 있지만, 본 발명은 이것에 한정되는 것이 아니다. 예컨대, 헬리콘과 플라즈마 처리 장치, 유도 결합형 플라즈마 처리 장치 등으로의 적용도 가능하다.

발명의 효과

이상 상술한 바와 같이, 본 발명에 의하면 제 2 전극에 대하여 오버 슈트 전압이 인가되기 때문에, 처리실내 특히 제 2 전극 주변으로부터 부착물을 제거하는 것이 가능해진다. 제 2 전극에 대한 오버 슈트 전압의 인가 타이밍을 피 처리체에 대한 플라즈마 처리가 개시되기 전으로 설정하면, 플라즈마 처리의 개시시에 있어서의 이상 방전의 발생이 방지된다. 또한, 플라즈마 처리중에 있어서, 플라즈마의 균일성이 확보된다. 또한, 플라즈마 처리 장치의 스루풋의 향상도 실현한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

처리실내에 플라즈마를 발생시켜 피 처리체를 처리하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 상기 처리실내에 배치된 제 1 전극과, 상기 처리실내에서 상기 제 1 전극에 대향하는 위치에 배치된 제 2 전극과, 상기 제 1 전극으로 제 1 전력을 공급하는 제 1 전력원이 속하는 제 1 전력계와, 상기 제 2 전극으로 제 2 전력을 공급하는 제 2 전력원이 속하는 제 2 전력계와, 상기 제 1 전력계 및 상기 제 2 전력계를 제어하는 제어부를 구비하고, 상기 제어부는 상기 제 2 전극에 대하여, 상기 처리실내의 피 처리체에 플라즈마 처리를 개시하기 전의 소정 기간동안, 상기 피 처리체의 플라즈마 처리중에 상기 제 2 전극에 인가되는 전압보다도 높은 처리전 전압이 인가되도록 상기 제 1 전력계와 상기 제 2 전력계의 양쪽 또는 어느 한쪽을 제어하는 것을 특징으로 하는

플라즈마 처리 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전력계는 제 1 전원측의 임피던스와 상기 제 1 전극측의 임피던스를 정합시키는 제 1 정합기를 구비하고, 상기 제 2 전력계는 상기 제 2 전원측의 임피던스와 상기 제 2 전극측의 임피던스를 정합시키는 제 2 정합기를 구비하고, 상기 제어부는 상기 제 1 정합기와 상기 제 2 정합기의 양쪽 또는 어느 한쪽의 리액턴스를 조정함으로써, 상기 제 2 전극에 인가되는 상기 처리전 전압을 생성하는 것을 특징으로 하는

플라즈마 처리 장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제 1 전원으로부터 상기 제 1 전력이 출력되는 타이밍과 상기 제 1 전력의 전력 레벨 및 상기 제 2 전원으로부터 상기 제 2 전력이 출력되는 타이밍과 상기 제 2 전력의 전력 레벨을 조정함으로써, 상기 제 2 전극에 인가되는 상기 처리전 전압을 생성하는 것을 특징으로 하는

플라즈마 처리 장치.

청구항 4.

처리실내에 배치된 제 1 전극과, 상기 처리실내에서 상기 제 1 전극에 대향하는 위치에 배치된 제 2 전극과, 상기 제 1 전극으로 제 1 전력을 공급하는 제 1 전력원과, 상기 제 2 전극으로 제 2 전력을 공급하는 제 2 전력원을 구비한 플라즈마 처리 장치의 제어 방법에 있어서, 상기 제 2 전극에 대하여, 상기 처리실내의 피 처리체에 플라즈마 처리를 개시하기 전의 소정 기간동안, 상기 피 처리체의 플라즈마 처리중에 상기 제 2 전극에 인가하는 전압보다도 높은 처리전 전압을 인가하는 것을 특징으로 하는

플라즈마 처리 장치의 제어 방법.

청구항 5.

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 전원측의 임피던스와 상기 제 1 전극측의 임피던스를 정합시키는 제 1 정합기 및 상기 제 2 전원측의 임피던스와 상기 제 2 전극측의 임피던스를 정합시키는 제 2 정합기의 양쪽 또는 어느 한쪽의 리액턴스를 조정함으로써, 상기 제 2 전극에 인가하는 상기 처리전 전압을 생성하는 것을 특징으로 하는

플라즈마 처리 장치의 제어 방법.

청구항 6.

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 전원으로부터 상기 제 1 전력이 출력되는 타이밍과 상기 제 1 전력의 전력 레벨 및 상기 제 2 전원으로부터 상기 제 2 전력이 출력되는 타이밍과 상기 제 2 전력의 전력 레벨을 조정함으로써, 상기 제 2 전극에 인가하는 상기 처리전 전압을 생성하는 것을 특징으로 하는

플라즈마 처리 장치의 제어 방법.

청구항 7.

처리실내에 배치된 제 1 전극과, 상기 처리실내에 상기 제 1 전극에 대향하는 위치에 배치된 제 2 전극과, 상기 제 1 전극에 제 1 전력을 공급하는 제 1 전력원과, 상기 제 2 전극에 제 2 전력을 공급하는 제 2 전력원을 구비하는 플라즈마 처리 장치의 제어 방법에 있어서, 상기 각 전극에 고주파 전력을 공급함으로써 처리실내에 플라즈마를 발생시켜 피 처리체를 처리하는 플라즈마 처리 공정 및 상기 플라즈마 처리 공정 전에 실시되고, 소정의 기간동안, 상기 플라즈마 처리 공정에 있어서 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 인가되는 전력 조건을 다르게 하는 전력 조건에 근거하여 플라즈마를 형성하는 플라즈마 처리 준비 공정을 갖는 것을 특징으로 하는

플라즈마 처리 장치의 제어 방법.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 플라즈마 처리 준비 공정에서는 상기 제 2 전극에 대하여, 상기 플라즈마 처리 공정중에 소정의 기간동안 상기 제 2 전극에 인가하는 전압보다도 높은 처리전 전압을 인가하는 것을 특징으로 하는

플라즈마 처리 장치의 제어 방법.

청구항 9.

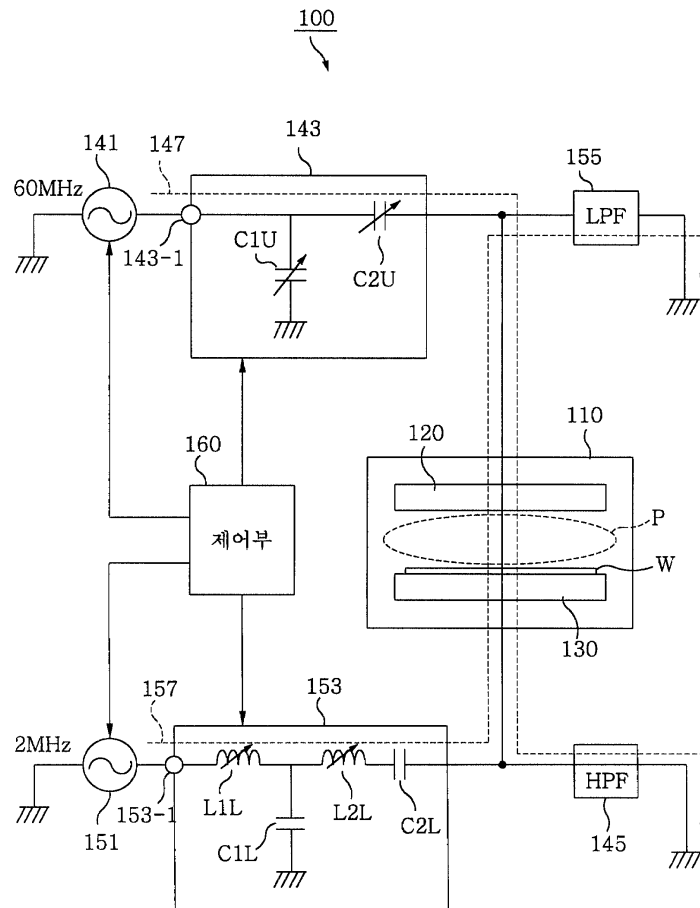
제 8 항에 있어서,

상기 제 1 전원으로부터 상기 제 1 전력이 출력되는 타이밍과 상기 제 1 전력의 전력 레벨 및 상기 제 2 전원으로부터 상기 제 2 전력이 출력되는 타이밍과 상기 제 2 전력의 전력 레벨을 조정함으로써, 상기 제 2 전극에 인가하는 상기 처리전 전압을 생성하는 것을 특징으로 하는

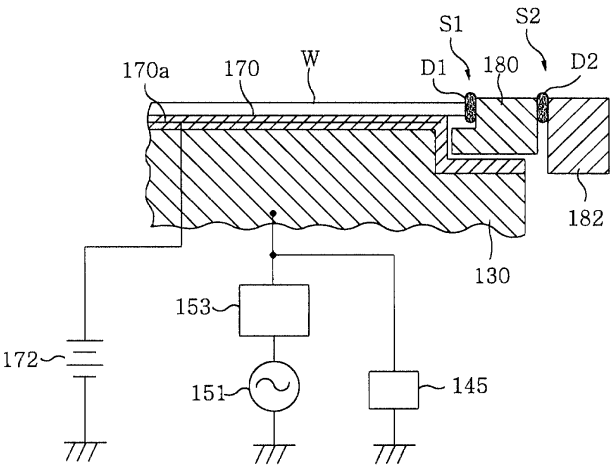
플라즈마 처리 장치의 제어 방법.

도면

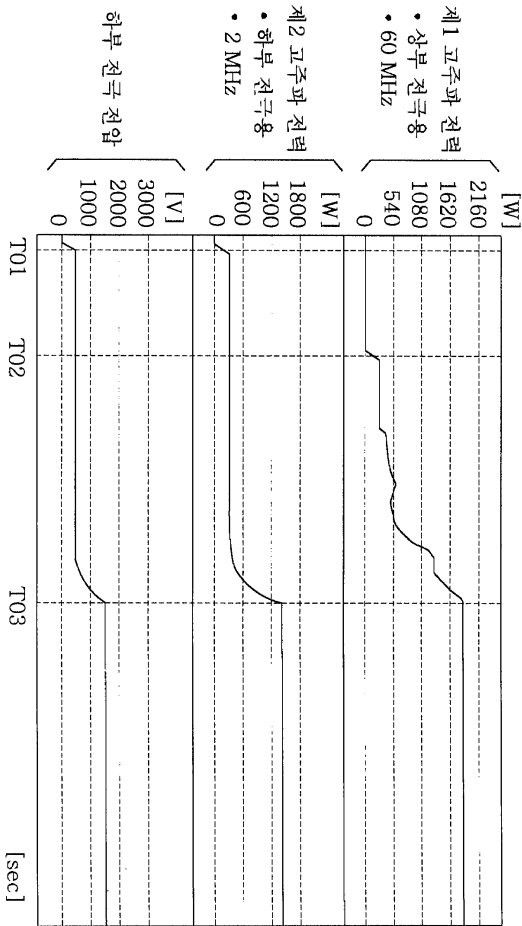
도면1



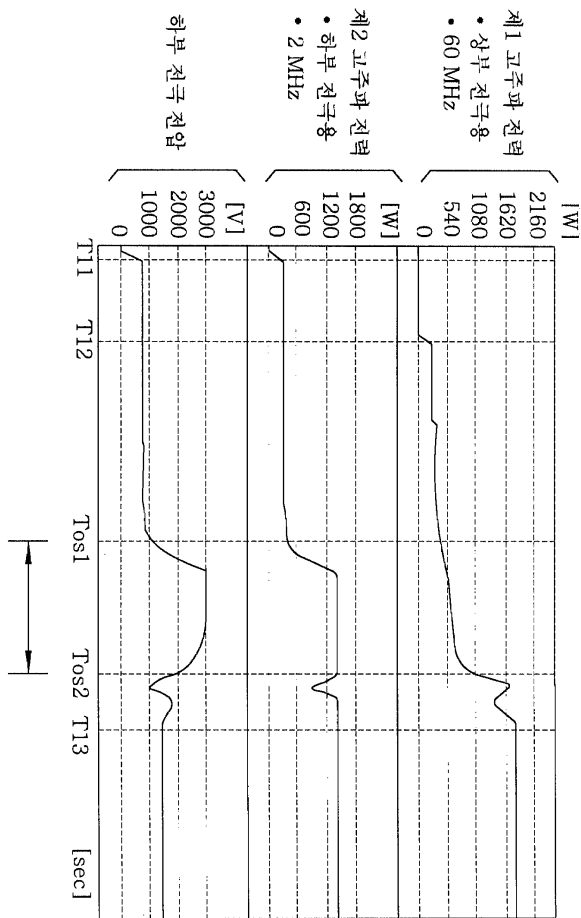
도면2



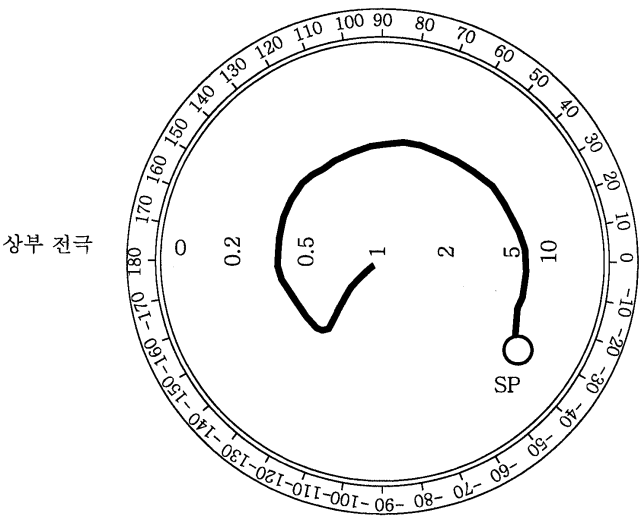
도면3



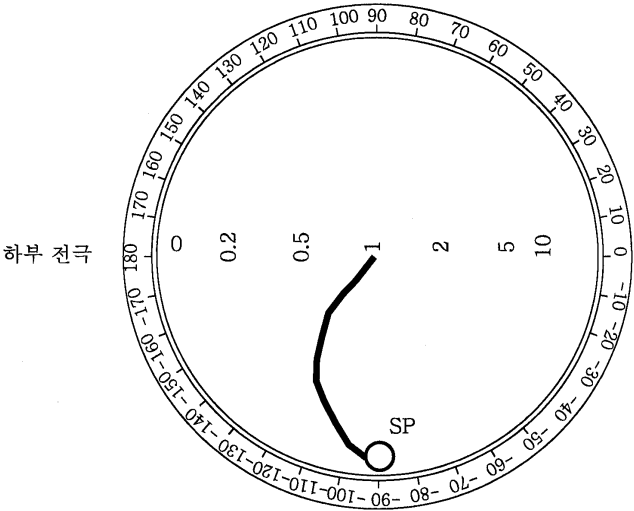
도면4



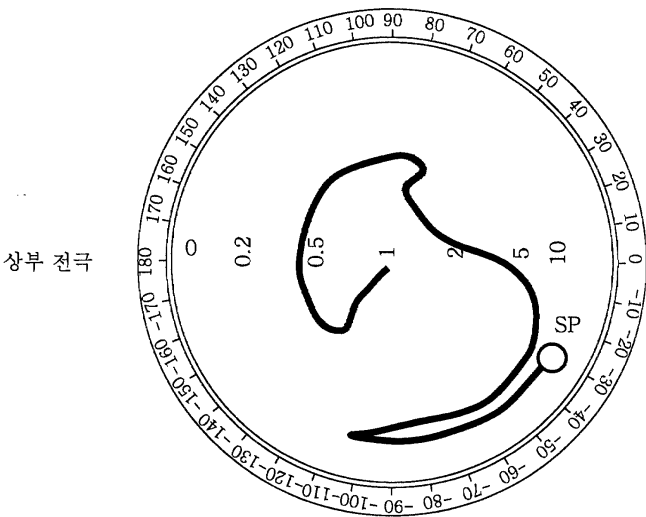
도면5a



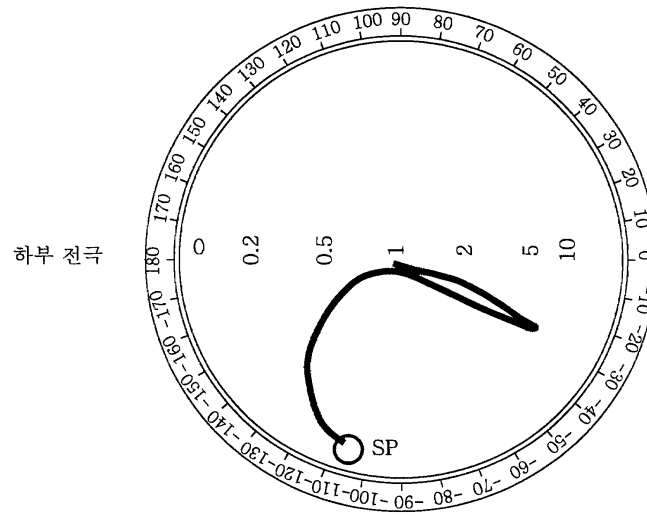
도면5b



도면6a



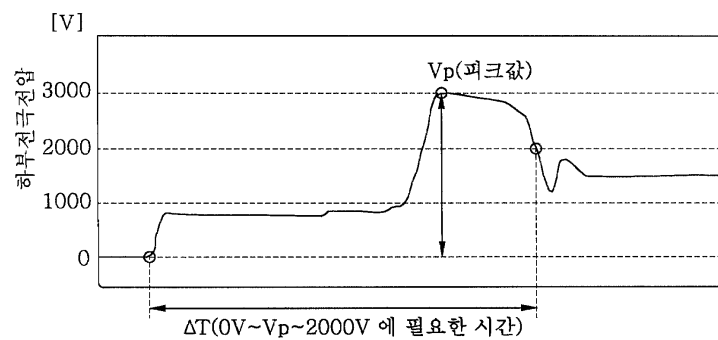
도면6b



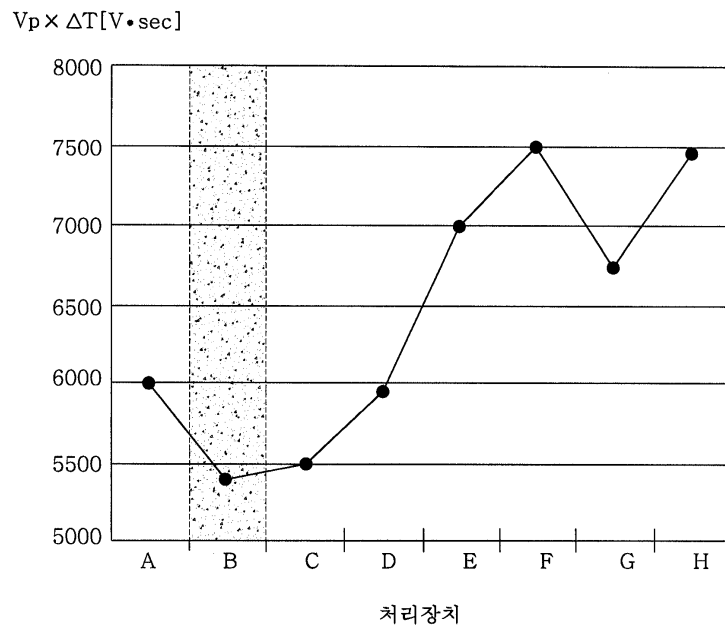
도면7

	이상방전 발생 빈도	
	하부전극 전압 오버슈트 없음	하부전극 전압 오버슈트 있음
	C1U/C2U=1500/900 단계 L1L/L2L=100/500 단계	C1U/C2U=1200/600 단계 L1L/L2L=400/550 단계
처리장치 A	1.6%	0.0%
처리장치 B	1.1%	0.0%

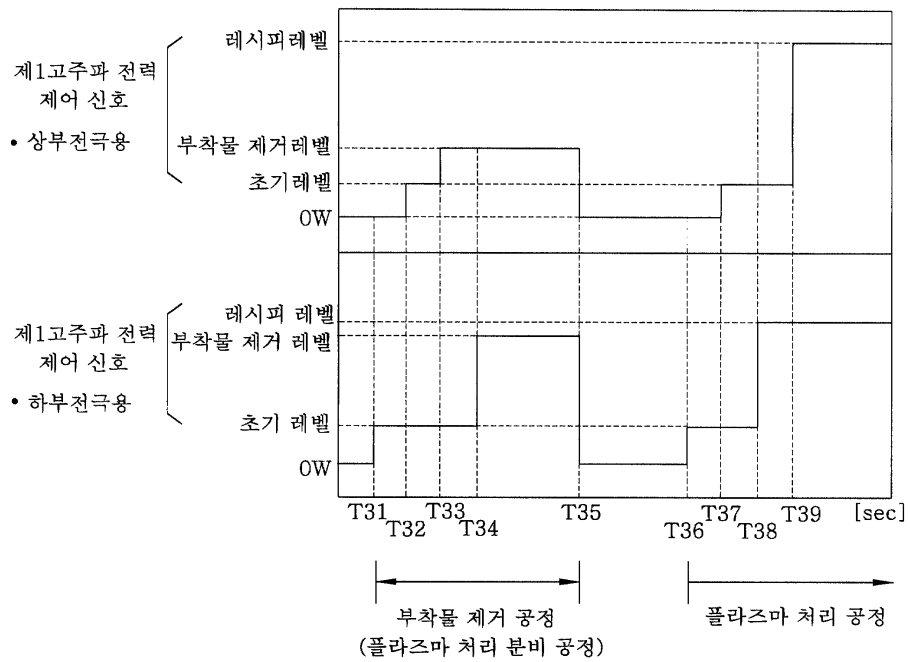
도면8



도면9



도면10



도면11

