

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.  
*H01L 21/205* (2006.01)  
*H01L 21/3065* (2006.01)  
*H05H 1/00* (2006.01)

(45) 공고일자 2006년05월22일  
(11) 등록번호 10-0582013  
(24) 등록일자 2006년05월15일

(21) 출원번호	10-2004-7016922	(65) 공개번호	10-2004-0108751
(22) 출원일자	2004년10월21일	(43) 공개일자	2004년12월24일
번역문 제출일자	2004년10월21일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP2003/004016	(87) 국제공개번호	WO 2003/092059
국제출원일자	2003년03월28일	국제공개일자	2003년11월06일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00122240 2002년04월24일 일본(JP)

(73) 특허권자 도꾸리쯔교세이호징 가가꾸 기쥬쯔 신키꼬 기꼬  
일본 사이따마켄 가와구찌시 혼쵸 4쵸메 1방 8고

(72) 발명자 야사카미쯔오  
일본 쿠마모토켄 아소군 니시하라무라 토리코 358-3,가부시키가이샤도  
쿄 캐소드 켄큐조 큐슈지교소 나이

(74) 대리인 하상구  
하영욱

(56) 선행기술조사문헌  
JP 3-185825 A JP 3-64897 A  
JP 12-340550 A JP 7-122399 A  
JP 13-237234 A JP 15-243367 A  
\* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 이윤직

(54) 윈도우 타입 프로브, 플라즈마 감시장치, 및, 플라즈마처리장치

요약

윈도우 타입 프로브, 플라즈마 감시장치, 및 플라즈마 처리장치에 관한 것으로서, 고주파 혹은 고전압의 인가에 의해서 발생시킨 플라즈마의 상태를 직접, 간편하게 검출하는 것을 목적으로 하고, 플라즈마에 대항하는 면의 적어도 일부에 개구부가 형성된 도전성 지지부재(5)와, 상기 도전성 지지부재(5)의 개구부에 설치된 편측 표면에 프로브 전극(2)을 갖는 유전체 부재(1)를 적어도 설치한 구성으로 한다.

대표도

도 1

명세서

기술분야

본 발명은 윈도우 타입 프로브, 플라즈마 감시장치, 및 플라즈마 처리장치에 관한 것이고, 특히, 피처리 베이스체에 고주파, 혹은 고전압에 의한 플라즈마 방전을 이용하여 처리하는 플라즈마 처리장치에 있어서의 플라즈마의 변동을 간단하고, 신속하며, 정밀도 좋게 검출하기 위한 구성에 특징이 있는 윈도우 타입 프로브, 플라즈마 감시장치, 및 플라즈마 처리장치에 관한 것이다.

배경기술

현재, 반도체 제조분야에 있어서, 플라즈마 CVD, 애싱, 에칭, 스퍼터링 혹은 표면처리 등을 목적으로 하여, 피처리 베이스체에 플라즈마 방전을 이용하여 처리하는 플라즈마 처리방법이 널리 이용되고 있다.

상기 플라즈마 처리를 실시하는 플라즈마 처리공정에 있어서, 고전압 또는 고주파 전원의 고주파 전압을 인가할 때에, 발생한 플라즈마의 안정성, 재현성의 불량에 의해 피처리 베이스체에 설치한 전자소자특성의 변동을 일으키는 문제가 있다.

이와 같은 문제에 대처하기 위해 플라즈마의 재현성, 안정성의 확인을 정확하게 검출하는 것이 요구되고 있다.

현재, 이와 같은 요청에 따르기 위해 여러가지 연구가 이루어지고 있고, 이상방전에 있어서는 플라즈마의 발광강도의 변화, 전원의 전압·전류의 변화, 플라즈마·임피던스의 변화, 혹은, 고조파의 변화를 검출함으로써, 플라즈마의 재현성, 안정성 즉 변동의 확인에 있어서는 가스압의 변동, 발광 스펙트럼의 변화를 검출함으로써 플라즈마의 변동의 검출이 시도되고 있다.

또한, RF 전원의 전압 혹은 전류의 변화 혹은 플라즈마·임피던스의 변화를 모니터하기 위해, 전원 라인에 검출기를 삽입하는 것이 행해지고 있다.

그러나, 상기 공지방법에서는 플라즈마 특성에 주는 영향, 및 신속성이나 간편성에 있어서 문제가 있고, 또한, 비용도 들고, 이들을 설치하기 위한 여분의 공간을 필요로 한다는 문제가 있었다.

따라서, 본 발명은 고주파 혹은 고전압의 인가에 의해서 발생시킨 플라즈마의 상태를 직접, 간편하게 검출하는 것을 목적으로 한다.

발명의 상세한 설명

도 1은 본 발명의 원리적 구성도이고, 이 도 1을 참조하여 본 발명에 있어서의 과제를 해결하기 위한 수단을 설명한다.

도 1 참조

(1) 본 발명은 윈도우 타입 프로브에 있어서, 플라즈마에 대항하는 면의 적어도 일부에 개구부가 형성된 도전성 지지부재(5)와, 상기 도전성 지지부재(5)의 개구부에 설치된 편측 표면에 프로브 전극(2)을 갖는 유전체 부재(1)를 적어도 갖고, 상기 프로브 전극(2)에 의해 상기 유전체 부재(1)에 유도되는 벽전위의 변동을 검지하는 것을 특징으로 한다.

이와 같은 윈도우 타입 프로브는 프로세스 챔버의 측벽에 설치하는 것뿐이므로, 프로세스 챔버의 내부에 프로브를 삽입 설치할 필요가 없고, 따라서, 윈도우 타입 프로브의 존재가 플라즈마의 상태에 영향을 주는 일이 없고, 간단한 구성에 의해 플라즈마 상태를 모니터할 수 있다.

즉, 프로세스 챔버 내에 생성된 플라즈마에 기인하여, 플라즈마에 대항하는 유전체 부재(1)의 표면에 벽전위(壁電位)라 불리는 전위가 유도되기 때문에, 이 벽전위의 변동을 모니터함으로써, 플라즈마 상태를 모니터할 수 있다. 또한, 검출 전위를 안정화하기 위해서, 프로브 전극(2)을 절연부재(3)를 통해서 전자 실드부재(4)로 실드하는 것이 바람직하다.

(2) 또한, 본 발명은 상기 (1)에 있어서, 프로브 전극(2)에, 임피던스 정합수단(6)을 접속한 것을 특징으로 한다.

이와 같이, 프로브 전극(2)으로부터 전압을 검출하기 위해서는 전압 측정 시스템과의 사이에, 증폭기, 임피던스 변환기, 혹은, 저항 등의 임피던스 정합수단(6)을 접속할 필요가 있다.

(3) 또한, 본 발명은 상기 (1) 또는 (2)에 있어서, 상기 유전체 부재(1)가, 광학적으로 투명한 유리로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

벽전위가 유도되는 유전체 부재(1)는 불투명하여도 좋지만, 광학적으로 투명한 유리를 이용하는 것이 바람직하고, 이것에 의해서, 프로세스 챔버 내부의 반응 등을 광학적으로 관측할 수 있게 된다.

(4) 또한, 본 발명은 상기 (3)에 있어서, 프로브 전극(2)이 광학적으로 투명한 도전성 물질로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

벽전위의 검출감도를 높이기 위해서 프로브 전극(2)의 면적을 크게 한 경우에는, 상기 윈도우 타입 프로브를 통해서 프로세스 챔버 내부의 반응 등을 광학적으로 관측하기 위해서는 프로브 전극(2)도 광학적으로 투명한 도전성 물질로 구성할 필요가 있다.

(5) 또한, 본 발명은 상기 (1) 내지 (4) 중 어느 하나에 있어서, 도전성 지지부재(5)에 형성된 개구부가, 관찰창의 기능을 갖는 것을 특징으로 한다.

이와 같이, 관찰창의 기능을 가지게 함으로써, 프로세스 챔버에 설치되어 있는 뷰 포트, 즉, 관찰창과 겸용할 수 있고, 장치 구성을 간소화할 수 있다.

(6) 또한, 본 발명은 플라즈마 감시장치에 있어서, 상기 (1) 내지 (5) 중 어느 하나에 기재된 윈도우 타입 프로브를 이용하고, 이 윈도우 타입 프로브의 출력단에, 전압 파형을 계측하는 전압 파형 계측부를 구비하여 이루지는 것을 특징으로 한다.

이와 같이, 상기 윈도우 타입 프로브를 이용하여 플라즈마 감시장치를 구성하는 경우에는 윈도우 타입 프로브의 출력단에, 전압 파형을 계측하는 전압 파형 계측부를 설치하고, 전압 파형에 의해서 플라즈마 상태를 감시하면 좋다.

또한, 전압 파형 계측부는 전압 파형을 아날로그/디지털 변환하는 A/D 변환부 및 전압 파형을 처리하여 평균파형, 평균전압, 평균진폭 등을 도출하여 플라즈마의 상태를 감시하는 데이터 처리부를 적어도 구비한 것으로 한다.

(7) 또한, 본 발명은 상기 (6)에 있어서, 상기 전압 파형 계측부에 의해 검출한 전압 파형의 주기적인 파형의 변화의 불일치량을 검출하여 플라즈마의 안정성을 검출하는 프로세스 모니터링기구를 갖는 것을 특징으로 한다.

이와 같이, 전압 파형의 주기적인 파형의 변화의 불일치량을 검출함으로써, 플라즈마 프로세스 중의 플라즈마 상태를 정밀도 좋게 모니터링할 수 있다.

(8) 또한, 본 발명은 상기 (6)에 있어서, 전압 파형 계측부에 의해 검출한 전압 파형의 변화에 의해 플라즈마의 이상방전을 검출하는 이상방전 모니터링기구를 갖는 것을 특징으로 한다.

이와 같이, 전압 파형 계측부에 의해 검출한 전압 파형의 변화에 의해 플라즈마의 이상방전을 검출함으로써, 플라즈마 프로세스 중에 돌발하는 이상방전을 모니터링할 수 있다.

(9) 또한, 본 발명은 플라즈마 처리장치에 있어서, 상기 (6) 내지 (8) 중 어느 하나에 기재된 플라즈마 감시장치를 구비한 것을 특징으로 한다.

이와 같이, 플라즈마 처리장치에 상기 플라즈마 감시장치를 구비함으로써, 재현성이 높은 플라즈마 처리를 행할 수 있게 된다.

(10) 또한, 본 발명은 상기 (9)에 있어서, 상기 개구부가 형성된 도전성 지지부재(5)가, 반응용기의 관찰창을 구성하는 플랜지부이고, 유전체 부재(1)가 플랜지부를 밀폐하는 투명한 유리판인 것을 특징으로 한다.

이와 같이, 이미 만들어진 플라즈마 처리장치에 플라즈마 감시장치를 설치할 때에는, 관찰창, 즉, 뷰 포트를 구성하는 플랜지부를 이용하면 좋고, 이것에 의해서, 프로브를 설치하기 위한 특별한 공간이 불필요하게 되므로 장치 구성을 간소화할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

도 1은 본 발명의 원리적 구성의 설명도이다.

도 2는 본 발명의 제 1 실시형태의 윈도우 타입 프로브가 부착된 플라즈마 처리장치의 개략적 구성도이다.

도 3은 본 발명의 제 1 실시형태에 이용하는 윈도우 타입 프로브의 개략적 구성도이다.

도 4는 RF방전에 있어서의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이다.

도 5는 RF방전에 의해 입력전력이 변동하고 있는 경우의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이다.

도 6은 RF방전에서의 장치 이상에 의해 RF전원을 중단한 경우의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이다.

도 7은 본 발명의 제 1 실시형태에 있어서의 윈도우 타입 프로브에 의한 검출 파형의 처리방법의 설명도이다.

도 8은 본 발명의 제 2 실시형태의 이상방전 감시장치가 부착된 플라즈마 처리장치의 개략적 구성도이다.

도 9는 본 발명의 제 2 실시형태에 있어서의 DC방전에서의 이상방전시의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이다.

도 10은 본 발명의 제 2 실시형태에 있어서의 RF방전에서의 이상방전시의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이다.

도 11은 본 발명의 제 3 실시형태의 이상방전 감시장치가 부착된 플라즈마 처리장치의 개략적 구성도이다.

도 12는 본 발명의 제 3 실시형태에 있어서의 이상방전 검출방법의 설명도이다.

도 13은 본 발명의 제 4 실시형태의 윈도우 타입 프로브의 개략적 구성도이다.

**실시예**

여기서, 도 2 내지 도 7을 참조하여, 본 발명의 제 1 실시형태의 윈도우 타입 프로브가 부착된 플라즈마 처리장치 및 검출 신호 처리방법을 설명한다.

**도 2 참조**

도 2는 본 발명의 제 1 실시형태의 윈도우 타입 프로브가 부착된 플라즈마 처리장치의 개략적 구성도이다.

상기 플라즈마 처리장치는 가스 도입구(12), 배기구(13), 및 프로브 설치부(14)를 갖는 프로세스 챔버(11), 프로세스 챔버 내에 배치된, Si 웨이퍼(16)를 얹어 놓는 하부전극(15) 및 도입가스를 분사하는 샤워 헤드를 겸하는 상부전극(17)을 대향시킨 평행 평판형 전극, 하부전극(15)에 블로킹 콘덴서 등으로 구성되어 임피던스 정합을 취하는 정합기(18)를 통해서 13.56MHz의 RF전력을 인가하는 고주파 전원(19), 및 상부전극(17)을 접지하는 접지배선(20)으로 구성된다.

또한, 프로브 설치부(14)는, 통상의 뷰 포트를 구성하는 플랜지 부재로 이루어지는 것이고, 이 플랜지 부재에 윈도우 타입 프로브(30)를 설치하고, 이 윈도우 타입 프로브(30)로부터의 검출 출력은 동축 케이블을 통해서 디지털 오실로스코프(40)에 접속되어 있다.

또한, 상기 디지털 오실로스코프(40)의 입력 임피던스는, 예컨대, 50옴이 된다.

**도 3 참조**

도 3은, 본 발명의 제 1 실시형태의 윈도우 타입 프로브의 개략적 구성도이고, 상기 윈도우 타입 프로브(30)는, 통상의 뷰 포트에 이용되는 광학적으로 투명한 코펠 유리 등의 유리판(31), 이 유리판(31)의 플라즈마에 대해서 외측에 설치된 ITO 등으로 이루어지는 프로브 전극(32), 프로브 전극(32)의 표면을 절연 피복하는 폴리에스테르 등의 투명 절연막(33), 그 위에 설치되어 프로브 전극(32)을 전자적으로 실드하는 ITO 실드(34), 및 임피던스 변환기(35)에 의해서 구성된다.

이 경우, 프로브 전극(32)은 프로브 설치부(14)와 전기적으로 단락하지 않도록, 주변부가 결여되어 있고, 또한, ITO 실드(34) 및 투명 절연막(33)에는 미소 개구부가 형성되어 있고, 이 미소 개구부를 통해서 프로브 전극(32)은 동축 케이블에 의해 임피던스 변환기(35)에 접속된다.

또한, 상기 프로브 설치부(14)는, 통상의 뷰 포트와 마찬가지로, O링 및 그리스 등을 이용함으로써 진공으로 밀폐하는 구성으로 되어 있다.

또한, 이 경우, 프로브 전극(32)과 동축 케이블 사이의 접촉에는, 예컨대, 스프링 핀을 사용하고 있고, 또한, ITO 실드(34)와 프로브 설치부(14) 사이의 접촉도 마찬가지로 하여 행한다.

이와 같이, 윈도우 타입 프로브(30)의 윈도우부를 모두 투명부재로 구성하고 있으므로, 상기 윈도우 타입 프로브(30)는 플라즈마 처리장치의 프로세스 챔버의 관찰창으로서도 기능시킬 수 있는 획기적으로 큰 이점이 있는 것이다.

다음에, 상기 윈도우 타입 프로브에 의한 플라즈마 상태의 모니터 원리를 설명한다.

다시, 도 2 참조

가스 도입구(12)로부터 반응가스를 프로세스 챔버(11) 내에 도입하고, 일정한 압력 하에서 RF전력을 상부전극(17)과 하부전극(15) 사이에 인가하면 전극 사이에 플라즈마(21)가 생성되지만, 생성된 플라즈마로부터는 그 밀도 구배가 있기 때문에 이온과 전자가 프로세스 챔버(11)의 벽측으로 확산된다.

상기 확산되는 이온 및 전자의 전류밀도는 플라즈마 본체의 밀도에 의존하고 있기 때문에 프로세스 챔버(11)의 일부에 절연물을 설치한 경우, 플라즈마 본체가 가지는 전위인 플라즈마 전위와 플라즈마 본체로부터 확산하여, 절연물의 표면 근방에 형성된 시스(sheath)를 통해 오는 이온류 혹은 전자류의 양에 따라서, 균형이 잡히도록 벽전위라 불리는 전위가 절연물 표면, 따라서, 본 발명에 있어서는 유리판(31)의 표면에 유도된다.

상기 유리판(31)의 표면에 유도된 벽전위는 시스 전위분만큼 플라즈마 전위보다 낮고, 고주파 방전의 경우에는 플라즈마의 여기 주파수에 동기한 전위변화를 나타내고, 또한, 직류방전에서는 일정한 전위를 나타낸다.

그러나, 플라즈마(21)가 어떠한 원인에 의해 변동, 동요하는 경우에는, 예컨대, 전원의 변동, 가스압의 변동과 같은 상황이 발생한 경우, 그 플라즈마(21)는 플라즈마(22)와 같이 상태가 변화하고, 그 상황 변화에 따라서 프로세스 챔버(11)의 벽부로 확산되는 이온류 혹은 전자류도 민감하게 변화하기 때문에, 프로세서 챔버(11)에 설치된 유전체인 유리판(31)에 유도되는 벽전위도 민감하게 변화하게 된다.

그 때문에, DC 방전에서는, 벽전위 파형은 일정하지 않고 플라즈마의 변동에 동기하여 변동한 파형으로 되고, RF 방전의 경우에는 플라즈마의 여기 주파수에 동기한 전위 파형이 변동하여, 파형의 왜곡, 혹은 파고값 등이 변화한다.

또한, 이상방전의 발생 등과 같이, 돌발적인 변화가 생긴 경우에는, 플라즈마가 급격하게 변화하고, 질량이 가벼운 전자가 민감하게 반응하므로, 전자류가 급격하게 감소하기 때문에 벽전위도 민감하고 또한 급격하게 플러스측으로 변화하고, 한편, 반대로 증가하는 경우에는, 벽전위는 마이너스측으로 변화한다.

따라서, 벽전위가 변화하면, 프로세스 챔버(11)에 설치된 유리판(31)의 플라즈마에 대향하지 않는 편면에 설치한 프로브 전극(32)에 정전유도에 의해 플라즈마의 변화에 따른 전위 변화가 유발된다.

이 유도전위를 계측하여, 그 전위 정보를 처리함으로써, 벽전위의 파고값, 왜곡의 상태 등의 플라즈마의 상황 변화를 검출할 수 있고, 이것을 지표로 함으로써, 플라즈마의 안정성, 재현성, 변동 등의 감시, 확인을 신속하게, 또한, 간편하게 행할 수 있게 된다.

단, 윈도우 타입 프로브(30)의 유리관(31)의 표면에 유도되는 벽전위는, 유리관(31)의 둘레에 생기는 시스의 임피던스와 프로브 자체의 임피던스에 의해 결정되기 때문에, 프로브 전극(32)이 플라즈마 전위와 완전히 평행하게 진동하기 위해서는, 여기 주파수뿐만 아니라 고조파 성분에 대한 프로브 전극(32)의 임피던스도 크게 되어야만 한다.

즉, 시스의 임피던스를 작게, 윈도우 타입 프로브 자체의 임피던스를 크게 할 필요가 있다.

시스의 임피던스를 작게 하기 위해서는 단지 유리관(31)의 표면적을 크게 하는 것이 고려되고, 본 발명의 윈도우 타입 프로브(30)는 유리관(31)의 플라즈마(21,22)에 대향하는 면적은 충분히 크게 한다.

또한, ITO로 구성되는 프로브 전극(32)의 임피던스는 정확하게 알지 못해도 좋고, 임피던스가 무한대일 때 프로브 전압은 최대값을 가지므로, 프로브의 벽전위가 최대값을 가지도록 임피던스를 조정하면 좋다.

다음에, 도 4 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 윈도우 타입 프로브를 이용하여 측정된 전압 파형을 설명한다.

#### 도 4(a) 참조

도 4(a)는 프로세스 챔버(11)에 고주파 전원(18)으로부터 전력을 공급하여 안정되게 플라즈마를 생성하였을 때의, 윈도우 타입 프로브(30)로부터 출력되는 전압 파형이다.

도면에 있어서, 가로축은 시간[초], 세로축은 전압이고, 주파수 13.56MHz에 대응하여 1주기 73나노초( $73\text{ns}=7.3\times 10^{-8}\text{s}$ )로 반복되는 안정된 전압 파형이 얻어지고 있고, 플라즈마의 진동 파형 및 진폭을 측정할 수 있다.

#### 도 4(b) 참조

도 4(b)는 불안정한 상태의 플라즈마의 경우에 관측되는 전압 파형이고, 도면에 나타내는 바와 같이, 이 전압 파형에 왜곡이 있고, 파고값(피크값)도 일주기마다 변동하고 있는 것이 측정된다.

#### 도 5 참조

도 5는 RF 방전으로 입력전력이 변동하고 있는 경우의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이고, 입력전력의 변동에 따라서 검출 파형도 완만하게 변화하고 있는 것이 관측된다.

이 경우, 검출 파형에 있어서의 파고값도 RF 입력전력에 비례하고 있는 것이 확인되고, 이 윈도우 타입 프로브에 의한 검출 파형은 고주파 전원(19)의 주파수의 주기로 변화하고 있어서, 파형의 왜곡의 상태, 피크값 등의 플라즈마의 특성을 반영하고 있다.

#### 도 6 참조

도 6은, RF 방전에서의 장치 이상에 의해 RF 전원을 중단한 경우의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이고, RF 전원이 중단되었기 때문에, 질량이 가벼운 전자가 급격하게 확산하여 벽전위가 마이너스측으로 변화하기 때문에 검출 파형은 플러스측에 반응하고 있다.

이와 같이, 본 발명의 윈도우 타입 프로브(30)는, 플라즈마 상태의 변화의 상황에 따라서 확산되는 이온류 혹은 전자류의 민감한 변화를 포착할 수 있으므로, 플라즈마 상태의 변화를 확실하게, 또한, 신속하고 감도 좋게 검출할 수 있다.

다음에, 도 7을 참조하여 본 발명의 제 1 실시형태에 있어서의 윈도우 타입 프로브에 의한 검출 파형의 처리방법을 설명한다.

#### 도 7(a) 참조

도 7(a)에 나타내는 바와 같이, 윈도우 타입 프로브(30)로 검출한 전압 파형  $[f(t)]$  중, 임의의 시간 혹은 임의의 수(n)의 주기분의 파형  $[f_i(t)]$ 으로부터 평균값  $[V_{av}(m)]$ , 진폭  $[V_{av}(pp)]$ , 평균화한 파형  $[f_{av}(t)]$ 을 구한다.

이 경우, 평균화한 파형  $[f_{av}(t)]$ 은,

$$f_{av}(t) = \sum f_i(t)/n$$

으로부터 구한다.

도 7(b) 참조

다음에, 이 평균화한 파형  $[f_{av}(t)]$ 에 기초하여 평균값  $[V_{av}(m)]$  및 진폭  $[V_{av}(pp)]$ 을 구한다.

이 평균값  $[V_{av}(m)]$ , 진폭  $[V_{av}(pp)]$ , 및 평균화한 파형  $[f_{av}(t)]$ 의 안정된 플라즈마 상태에 있어서의 값에 대한 뒤틀림율을 지표로서 이용하여 행하기 위하여, 기본파로 하는 파형을 대상으로 하는 플라즈마 처리장치의 소정의 처리조건에서, 윈도우 타입 프로브에 의해 미리 플라즈마가 안정된 상태에 있어서의 검출 파형 데이터로서 취득하여 두고, 이것을 기본파 데이터로 한다.

이 기본파 데이터에 대해서, 기본파의 임의의 시간 혹은 임의의 수에 주기분을 가지고, 1주기 파형으로서 평균화한 파형  $[f_{av0}(t), V_{av0}(pp)]$  및  $V_{av0}(m)]$ 을 각각에 구한다.

또한, 이들 값은 플라즈마를 생성하기 위한 입력전력에 따라서 변화하는 것이므로, 입력전력에 따른 계수를 구하여 두고, 이들을 설정 초기값으로서 기억하여 둔다.

여기서, 검출하는 검출 파형을  $f(t)$ 로 하면 기본파에 대해서 플라즈마 처리중의 프로브 파형이 어느 정도 뒤틀려 있는지를 나타내는 지표로서의 뒤틀림율( $\alpha$ )은,

$$\alpha = f_{av}(t)/f_{av0}(t)$$

로 표기되므로, 이것에 의해, 고조파 성분이 어느 정도 있고, 파형이 왜곡되어 있는지를 알 수 있다.

또한, 마찬가지로,  $V_{av}(m), V_{av}(pp)$ 에 관해서도,  $V_{av0}(m), V_{av0}(pp)$ 을 기준으로 하여 각각의 계수를  $m, p$ 로 하여

$$m = V_{av}(m)/V_{av0}(m),$$

$$p = V_{av}(pp)/V_{av0}(pp)$$

로 정의한다.

이들 각 계수( $\alpha, m, p$ )에 의해서, 프로브 검출 파형의 크기의 변동과 요동의 상태를 검출할 수 있다.

즉, 이들 계수( $\alpha, m, p$ )를 플라즈마의 입력전력마다 미리 설정해 두고, 이것과 플라즈마 처리장치가 플라즈마 처리중에, 프로브 검출 파형을 임의의 시간, 혹은, 주기분마다, 그 사이의 평균파형  $[f_{av}(t)]$ 을 구하여, 기준파형의  $f_{av}(0)$ 와 비교하여, 그 계수( $\alpha'$ )가 미리 정한 설정값보다 큰지 작은지의 여부를 데이터 처리부에 있어서 판정하고, 미리 정한 값보다 크거나 혹은 작은 경우에, 플라즈마 장치에 대해서 경보를 발한다.

예컨대, 뒤틀림율( $\alpha'$ ), 혹은,  $V_{av}(pp)$ 가 설정 내이어도,  $V_{av}(m)$ 이 설정외의 경우, 플라즈마 파위의 입력의 문제 이외에, 가스유량, 진공도와의 얽힘의 문제로 플라즈마가 요동되고 있는 것이 생각되므로, 플라즈마의 불안정상태인 것의 경고를 발신한다.

또한, 단지  $V_{av(pp)}$ 가 설정값으로부터 벗어나 있는 경우에는, 플라즈마(21)와 고주파 전원(19)의 임피던스의 정합이 취해지고 있지 않거나, 또는, 고주파 전원(19)의 입력 파워 설정의 어긋남이 고려되고, 미리 설정된 값보다 작은 경우에는, 플라즈마와의 정합이 취해지지 않게 되므로, 경고를 발신함과 아울러, 플라즈마 전원에 대해서 플라즈마와의 정합을 취하도록 제어신호를 출력한다.

한편,  $V_{av(pp)}$ 가 미리 설정된 값보다 큰 경우는, 고주파 전원(19)에 대한 입력 파워 설정의 어긋남으로 판단할 수 있으므로, 설정 미스의 경고를 발신한다.

이 본 발명의 제 1 실시형태의 윈도우 타입 프로브에 있어서는, 플라즈마 처리를 장기간 실시하여, 절연층이 침전되는 경우에도, 부착된 절연층이 극단적으로 두껍게 되지 않는 한, 어떠한 문제도 없이 동작하므로, 비용, 설치 장소의 양면에 있어서 생산현장의 플라즈마 처리장치에의 적용성은 아주 우수하다.

다음에, 도 8 내지 도 10을 참조하여, 상기 윈도우 타입 프로브를 구비하여, 플라즈마의 변동 및 이상방전 등을 검출하는 본 발명의 제 2 실시형태의 플라즈마 처리장치를 설명한다.

#### 도 8 참조

도 8는, 본 발명의 제 2 실시형태의 이상방전 감시장치가 부착된 플라즈마 처리장치의 개략적 구성도이고, 기본적 구성은 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로이지만, 검출 시스템에 있어서 디지털 오실로스코프(40) 대신에 플라즈마 감시장치(50)를 이용한 것이므로, 동일 부분에 대해서는 설명은 생략한다.

상기 플라즈마 감시장치(50)는 윈도우 타입 프로브(30)와, AD 변환부(51), 데이터 처리부(52), 필터 처리부(53), 및 이상방전 검출부(54) 등으로 구성되어 있다.

이 데이터 처리부(52)에 의해, 상기 제 1 실시형태에 있어서 설명한, 검출 파형에 기초하여 평균파형  $[f_{av}(t)]$ , 평균전압  $[V_{av}(m)]$ , 평균진폭  $[V_{av(pp)}]$ , 및 각 계수(a,m,p)를 구한다.

통상의 프로세스 감시에 대해서는 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 여기서는, 도 9 및 도 10을 참조하여 이상방전 검출에 대해서 설명한다.

#### 도 9 참조

도 9는, 제 2 실시형태에 있어서의 DC 방전에서의 이상방전시의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이고, 플라즈마 생성용 전원전압, 전류의 변동을 계측하여 이상방전을 검출하는 아크 모니터의 검출 파형도 아울러서 나타내고 있다.

상단에 나타낸 아크 모니터의 전류검출 파형은 이상방전의 발생에 반응하여 급격하게 증가하고 있다.

한편, 하단에 나타낸 윈도우 타입 프로브의 검출 파형은, 상승이 예리하고 한순간 플러스측으로 변화하고 있고 그 후 마이너스로부터 플러스로 변화하면서 수축되고 있지만, 이것은 이상방전이 발생한 순간은 순간정지상태로 되어 확산되는 전류가 급격하게 증가하였기 때문에, 그 순간, 벽전위가 도 6에 나타낸 전원 차단시와는 반대로 마이너스로 변화한 후, 전원의 제어에 의해 비교적 완만하게 변화하면서 수축된 것으로 생각된다.

이 윈도우 타입 프로브의 검출 파형은, 아크 모니터로부터 파형의 상승이 빠르고 민감하고, 감도 좋게 응답하고 있는 것이 이해된다.

#### 도 10 참조

도 10은, 제 2 실시형태에 있어서의 RF 방전에서의 이상방전시의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 설명도이고, RF 플라즈마에서 이상방전 발생시의 초음파를 검출하는 초음파 센서에 의한 검출 파형을 아울러서 나타내고 있다.



또한, 이상방전에 대해서, 본 발명자는, 플라즈마 처리 중에 이상방전(24)이 발생하면, 방전에 의해서 초음파(AE:Acoustic Emission)가 발생하고, 발생한 AE가 플라즈마 처리장치의 외벽을 전파하는 것을 이용하여, 플라즈마 처리장치의 외벽에 AE 센서를 설치하여 이상방전에 의해서 발생한 AE를 검출함으로써 방전발생위치를 특정하는 것을 제안하고 있다(필요하면, 일본 특원 2000-89840호 참조).

상단에 나타낸 윈도우 타입 프로브에 의한 검출 파형은, 도 9에 나타낸 DC 플라즈마에서의 이상방전 발생시와 마찬가지로, 이상방전(24)에 민감하게 잘 반응하여 마이너스측으로 급격하게 변화하고 있으므로, 벽전위가 마이너스측으로 변화하고 있는 것 때문에 확산전자량이 증가하여 플라즈마가 순간정지상태로 되어 있는 것을 알 수 있다.

또한, 이 윈도우 타입 프로브에 있어서의 검출 파형은, RF성분을 제거한 검출 파형이다.

한편, 하단에 나타낸 초음파 센서에 의한 검출 파형은, 이상방전의 발생위치와 초음파의 프로세스 챔버(11)의 벽면을 전파하는 전파속도의 관계로부터 상단의 윈도우 타입 프로브의 검출 파형의 변화에 지연되어서, 이상방전에 따른 초음파가 검출되어 있는 것이 확인가능하다.

다음에, 이상방전을 검출하는 방법을 간단하게 설명한다.

윈도우 타입 프로브(30)의 검출 파형은, A/D 변환부(51)를 통해서 입력되고, 그 파형 데이터를 필터 처리부(53)에서, 저역 통과필터에 의해 13.56MHz의 RF성분을 컷트하고, 이상방전 검출부(54)에 있어서, 이상방전의 신호를 검출한다.

다음에, 검출신호에 대해서 파형의 변화량을 구하기 위해서, 검출 파형[f(t)]을 미분하여, 그 값을  $\beta$ 로 하면

$$\beta = df(t)/dt$$

로 표시된다.

이  $\beta$ 를 감시함으로써 파형의 변화상태를 검출할 수 있다.

도 10 및 도 6에 나타내는 바와 같이, 이상방전, 혹은, 전원의 순간정지가 있는 경우, 벽전위에 급격한 변화가 있으므로, 이상방전 검출부(54)에 있어서,  $\beta$ 의 값이 플러스 혹은 마이너스로 변화한다.

그래서, f(t)의 값이, 어느 문턱값을 초과하여,  $\beta$ 의 값이 미리 구해진 설정값보다 크게 된 경우에 이상을 검출하고, 그  $\beta$ 값이, 마이너스인 경우에 이상방전으로 판단하여, 플라즈마 처리장치에 대해서 경보를 발한다.

또한, 전자류의 변화는 이상방전의 규모와 관계가 있기 때문에, 그 파형의 파고값[V(pp)]으로부터, 이상방전의 규모를 추정하는 것도 가능하다.

다음에, 도 11을 참조하여, 이상방전의 위치를 확인하는 수단도 아울러서 이용한 본 발명의 제 3 실시형태를 설명한다.

#### 도 11 참조

도 11은, 본 발명의 제 3 실시형태의 이상방전 감시장치가 부착된 플라즈마 처리장치의 개략적 구성도이고, 기본적인 장치 구성은 도 8에 나타낸 제 2 실시형태의 플라즈마 처리장치와 마찬가지로이다.

이 제 3 실시형태에 있어서는, 또한, 3개이상의 AE 센서(25~27)를 프로세스 챔버(11)의 외벽면에 설치한 것이고, 이것에 의해서, 이상방전이 발생한 위치를 특정하는 것이다(필요하면, 일본 특원 2001-370610호 참조).

또한, 이 경우에는, 3개의 AE 센서를 나타내고 있다.

#### 도 12 참조

도 12는, 본 발명의 제 3 실시형태에 있어서의 이상방전 검출방법의 설명도이고, 우선, 상단에 나타내는 윈도우 타입 프로브(30)의 검출 파형에 의해, 상기 방법에 의해 이상방전의 발생을 판단하여, 이상방전(24)이 발생한 것으로 판단된 경우에, AE 센서(25~27)에 의한 이상방전(24)의 발생위치의 특정 동작을 시작시킨다.

다음에, 3개의 AE 센서(25~27)로부터의 3개의 검출 파형으로부터, 이상방전(24)이 발생한 장소와 각 AE 센서(25~27)를 접지한 장소의 거리의 차에 기인하는 지연시간( $T_0, T_1, T_2$ )을 구하여, 이 지연시간( $T_0, T_1, T_2$ )으로부터 지진의 진원지의 특정의 원리와 마찬가지로의 원리에 의해서 이상방전(24)의 발생위치를 특정한다.

이 경우에, 이상방전의 판정을 윈도우 타입 프로브(30)의 검출 파형에 의해서 행하고 있으므로, 기계 진동을 AE 센서로 검출하여 잘못 이상방전의 발생으로 판단하는 일이 없게 된다.

또한, 윈도우 타입 프로브(30)의 검출 파형에 기초하여 이상방전의 발생을 확인한 후, AE 센서에 의한 위치특정동작을 통하고 있으므로, AE 센서를 쓸데없이 작동시키는 일이 없게 된다.

다음에, 도 13을 참조하여, 본 발명의 제 4 실시형태의 윈도우 타입 프로브를 설명한다.

### 도 13 참조

도 13은, 본 발명의 제 4 실시형태의 윈도우 타입 프로브의 개략적 구성도이고, 이 윈도우 타입 프로브는, 도 3에 나타난 윈도우 타입 프로브(30)와 기본적 구성은 마찬가지로이고, 통상의 뷰 포트에 이용되는 광학적으로 투명한 코펠 유리 등의 유리판(31), 이 유리판(31)의 프로세스 챔버에 대해서 외측에 설치된 ITO 등으로 이루어지는 프로브 전극(32), 프로브 전극(32)의 표면을 절연 피복하는 폴리에스테르 등의 투명 절연막(33), 그 위에 설치되어 프로브 전극(32)을 전자적으로 실드하는 ITO 실드(34), 및 임피던스 변환기(35)에 의해서 구성된다.

상기 제 4 실시형태에 있어서는, 유리판(31)보다 플라즈마의 발생영역 부근에 광학적으로 투명한 부착방지 유리판(36)을 설치한 것이고, 이것에 의해서, 윈도우 타입 프로브를 구성하는 유리판(31)의 표면의 오염의 발생을 방지할 수 있다.

이 경우도, 프로브 전극(32)은 프로브 설치부(14)와 전기적으로 단락되지 않도록, 주변부가 결여되어 있고, 또한, ITO 실드(34) 및 투명 절연막(33)에는 미소 개구부가 형성되어 있고, 이 미소 개구부를 통해서 프로브 전극(32)은 동축 케이블에 의해 임피던스 변환기(35)에 접속된다.

또한, 상기 프로브 설치부(14)는, 통상의 뷰 포트와 마찬가지로, O링 및 그리스 등을 이용함으로써 진공으로 밀폐하는 구성으로 되어 있다.

이 경우도, 윈도우 타입 프로브의 윈도우부 및 부착방지 유리판(36)을 모두 투명부재로 구성하고 있으므로, 상기 윈도우 타입 프로브는, 플라즈마 처리장치의 프로세스 챔버의 관찰창으로서도 기능시킬 수 있는 획기적으로 큰 이점이 있는 것이다.

플라즈마 처리에 의한 반응생성물에 의한 오염이 발생하여도, 부착방지 유리판(36)을 교환하는 것만으로 좋으므로, 윈도우 타입 프로브의 유리판(31)측에 대해서는 교환, 세정작업 등이 필요하지 않다.

단, 부착방지 유리판(36)을 설치함으로써 검출감도는 약간 저하한다.

이상, 본 발명의 각 실시형태를 설명하여 왔지만, 본 발명은 각 실시형태에 기재된 구성·조건에 한정되는 것은 아니고, 각종 변경이 가능하다.

예컨대, 상기 각 실시형태에 있어서는, 플라즈마 처리장치로서 평행 평판 전극형의 플라즈마 처리장치를 예로서 설명하고 있지만, 플라즈마 처리장치의 구성은 이와 같은 평행 평판 전극형의 플라즈마 처리장치에 한정되는 것은 아니고, 각종 구조의 플라즈마 처리장치에 적용되는 것이다.

또한, 상기 각 실시형태에 있어서는, 윈도우 타입 프로브를 프로세스 챔버의 외벽의 1개소에 설치하고 있지만, 프로세스 챔버의 외벽의 복수 개소에 설치하여도 좋다.

또한, 상기 각 실시형태에 있어서는, 윈도우 타입 프로브를 프로세스 챔버에 설치부를 설치하여 설치하는 것을 전제로 설명하고 있지만, 이미 설치된 플라즈마 처리장치에 설치하여도 좋다.

즉, 대상이 되는 플라즈마 처리장치에 이미 관찰창이 있는 경우, 관찰창의 유리의 대기측 표면에 전극으로서 광학적으로 투명한 ITO 시트 등의 도전성 시트를 부착함으로써, 간단하게 윈도우 타입 프로브를 구성할 수 있다.

또한, 상기 실시형태에 있어서는, 프로브 전위를 측정하는 것은, 고주파 전압을 측정할 수 있는 장치이고, 예컨대, 입력 임피던스가 50Ω의 디지털 오실로스코프이지만, 디지털 오실로스코프에 한정되는 것은 아니고, 샘플링 오실로스코프, 주파수 애널라이저 등 고주파 전압을 측정할 수 있는 장치이면 지장이 없다.

또한, 상기 각 실시형태에 있어서는, 윈도우 타입 프로브에 있어서의 벽전위를 유도시키는 유전체는 기판형상의 유리판이지만, 반드시 기판상의 유리일 필요는 없다.

또한, 상기 각 실시형태에 있어서는, 윈도우 타입 프로브에 있어서 벽전위를 유도하는 부재로서 유리판을 이용하고 있지만, 반드시 유리판일 필요는 없고, 유전체이면 좋고, 예컨대, 사파이어 기판 등의 다른 유전체 기판을 이용하여도 좋다.

또한, 상기 각 실시형태에 있어서는, 윈도우 타입 프로브에 관찰창의 기능을 가지게 하기 위해서 전체를 투명부재로 구성하고 있지만, 반드시 모두를 투명부재로 구성할 필요는 없고, 예컨대, 프로브 전극을 Al이나 Au로 형성하여도 좋다.

이 경우에는, 프로브 전극을 작은 원반형상 전극으로 하거나, 혹은 원고리형상의 전극으로 함으로써, 관찰창의 기능을 가지게 할 수 있다.

또한, 윈도우 타입 프로브에 관찰창의 기능을 가지게 하는 것은 반드시 필수는 아니고, 이 경우에는, 윈도우 타입 프로브의 적어도 일부를 불투명부재로 형성하여도 좋다.

또한, 윈도우 타입 프로브의 프로브 전극은 반드시 면상으로 넓어진 전극일 필요는 없고, 선상의 전극을 유리판에 붙여도 프로브로서 기능하는 것은 말할 필요도 없다.

### 산업상 이용 가능성

이상 상술한 바와 같이, 본 발명의 윈도우 타입 프로브와 플라즈마 감시장치에 의해, 플라즈마의 상태 변화를 벽전위의 평균 전위, 전위의 진동파형의 측정에 의해 확인할 수 있고, 또한, 이상방전 등의 이상 등의 검출도 간편하게 행할 수 있게 되고, 특히, 윈도우 타입 프로브를 관찰창으로서도 기능시킬 수 있고, 플라즈마 처리장치의 상태를 자동적으로 알 수 있고, 자동적으로 정지하거나, 플라즈마를 제어하거나 함으로써 불량품의 제조방지가 가능한 플라즈마 처리장치에 적합하다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

플라즈마에 대항하는 면의 적어도 일부에 개구부가 형성된 도전성 지지부재와, 상기 도전성 지지부재의 개구부에 설치된 편측 표면에 프로브 전극을 갖는 유전체 부재를 적어도 갖고, 상기 프로브 전극에 의해 상기 유전체 부재에 유도되는 벽전위의 변동을 검지하는 것을 특징으로 하는 윈도우 타입 프로브.

#### 청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 프로브 전극에, 임피던스 정합수단을 접속한 것을 특징으로 하는 윈도우 타입 프로브.

#### 청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 유전체 부재는 광학적으로 투명한 유리로 이루어지는 것을 특징으로 하는 윈도우 타입 프로브.

#### 청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 프로브 전극은 광학적으로 투명한 도전성 물질로 이루어지는 것을 특징으로 하는 윈도우 타입 프로브.

#### 청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 도전성 지지부재에 형성한 개구부는 관찰창의 기능을 갖는 것을 특징으로 하는 윈도우 타입 프로브.

#### 청구항 6.

제1항에 기재된 윈도우 타입 프로브를 이용한 플라즈마 감시장치에 있어서, 상기 윈도우 타입 프로브의 출력단에, 전압 파형을 계측하는 전압 파형 계측부를 구비하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 플라즈마 감시장치.

#### 청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 전압 파형 계측부에 의해 검출된 전압 파형의 주기적인 파형의 변화의 불일치량을 검출하여 플라즈마의 안정성을 검출하는 프로세스 모니터기구를 갖는 것을 특징으로 하는 플라즈마 감시장치.

#### 청구항 8.

제6항에 있어서, 상기 전압 파형 계측부에 의해 검출된 전압 파형의 변화에 의해 플라즈마의 이상방전을 검출하는 이상방전 모니터기구를 갖는 것을 특징으로 하는 플라즈마 감시장치.

#### 청구항 9.

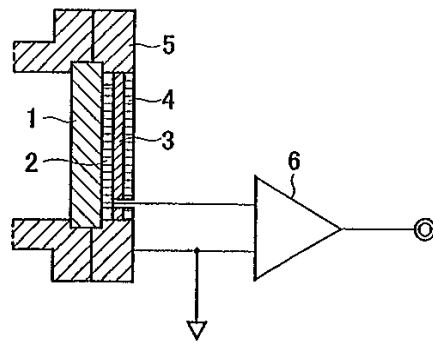
제6항에 기재된 플라즈마 감시장치를 구비한 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리장치.

#### 청구항 10.

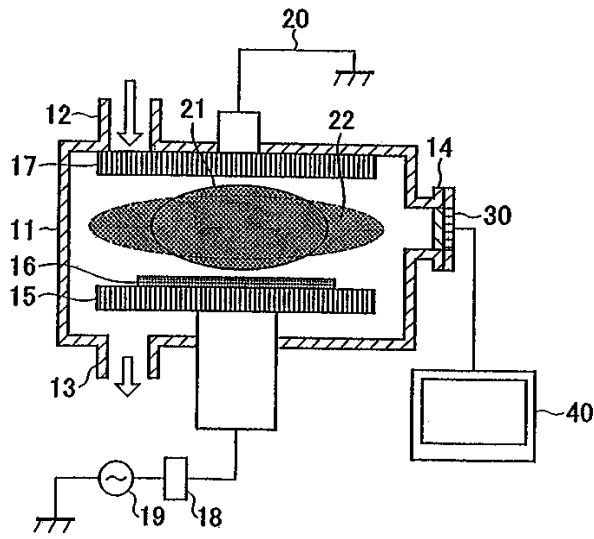
제9항에 있어서, 상기 개구부가 형성된 도전성 지지부재는 반응용기의 관찰창을 구성하는 플랜지부이고, 상기 유전체 부재가 플랜지부를 밀폐하는 투명한 유리판인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리장치.

도면

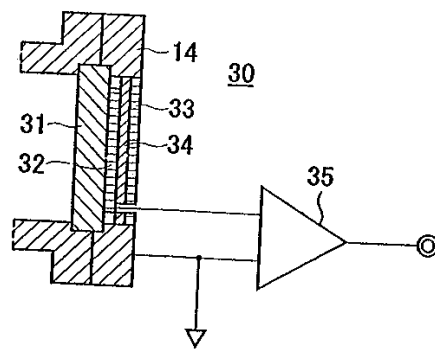
도면1



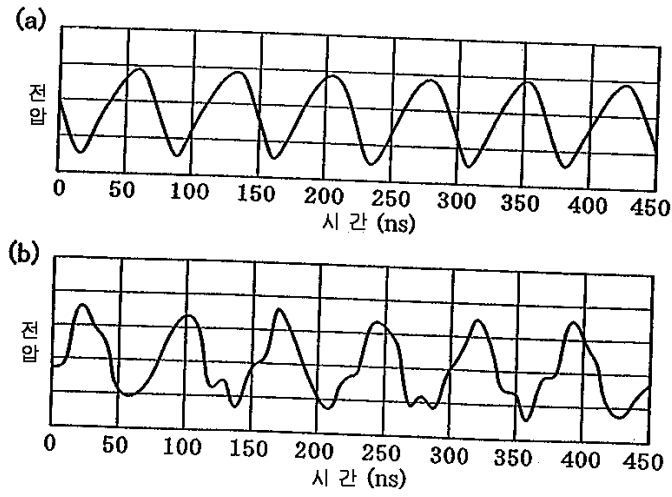
도면2



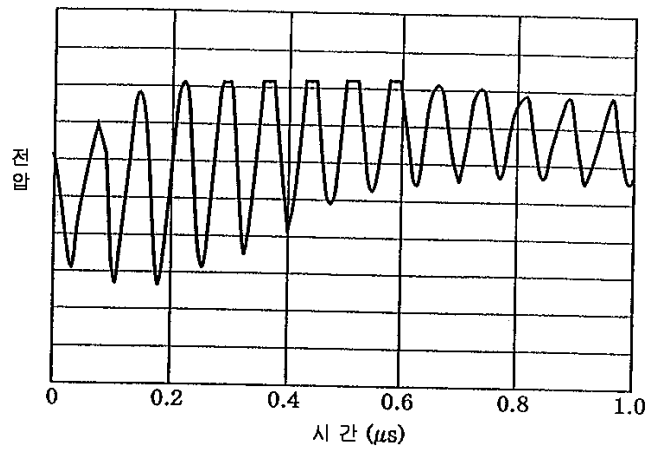
도면3



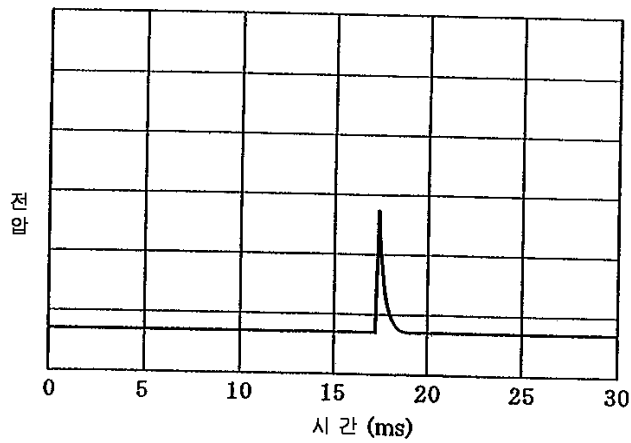
도면4



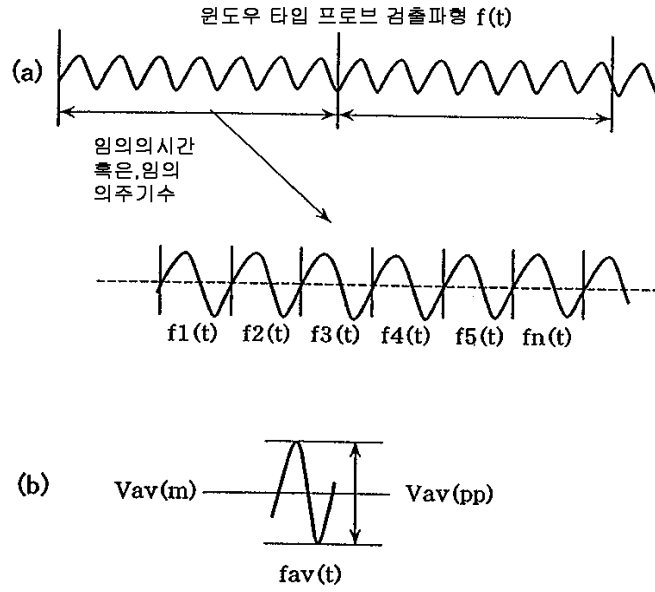
도면5



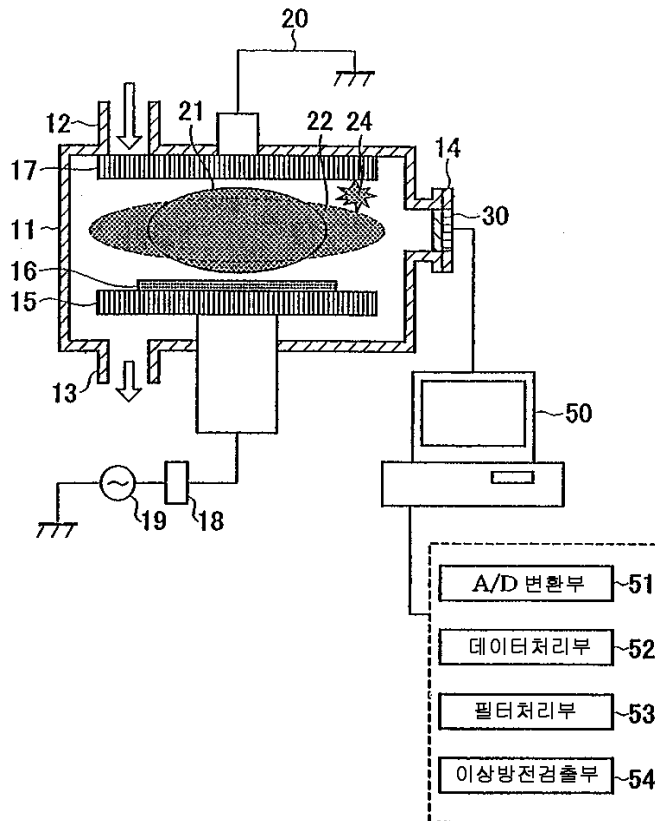
도면6



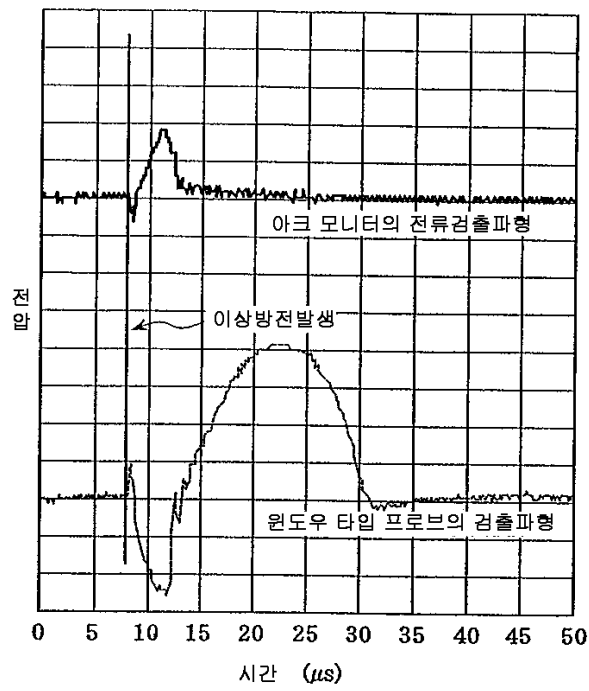
도면7



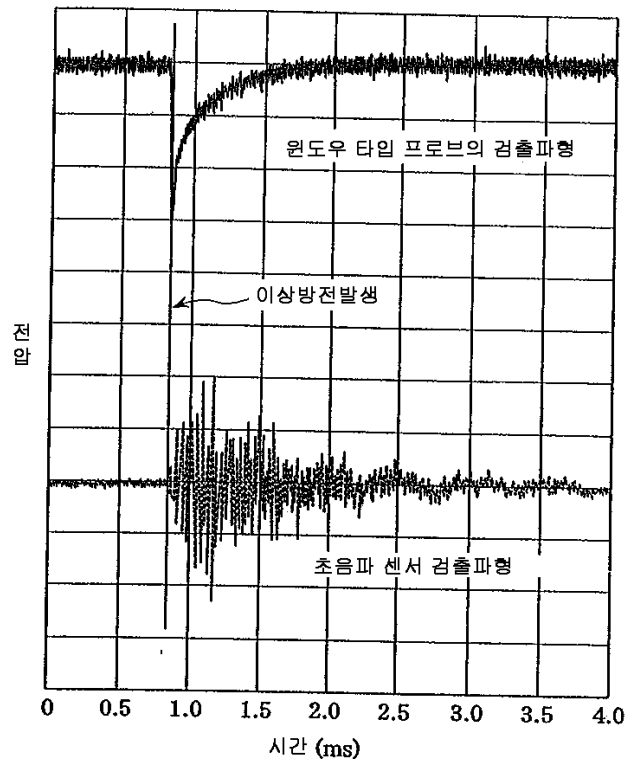
도면8



도면9

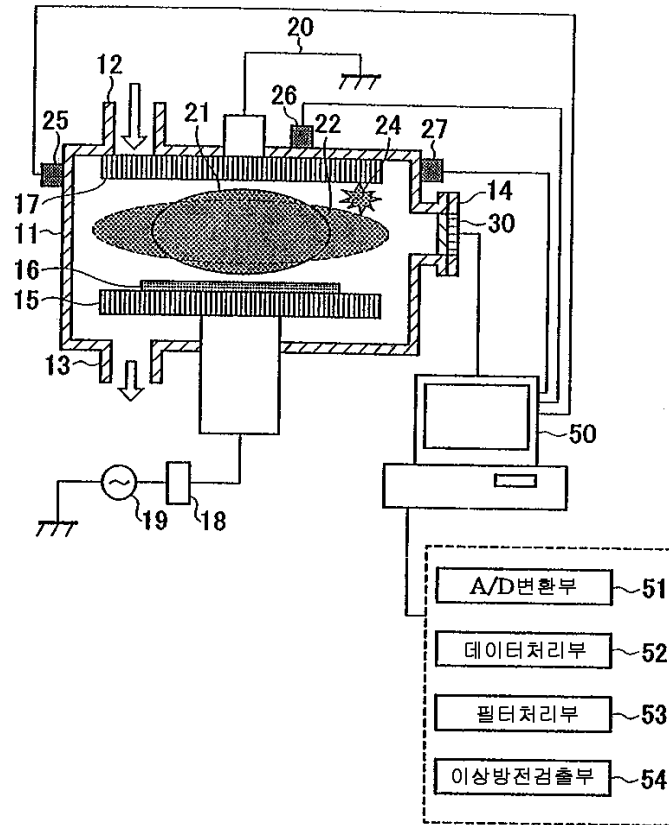


도면10

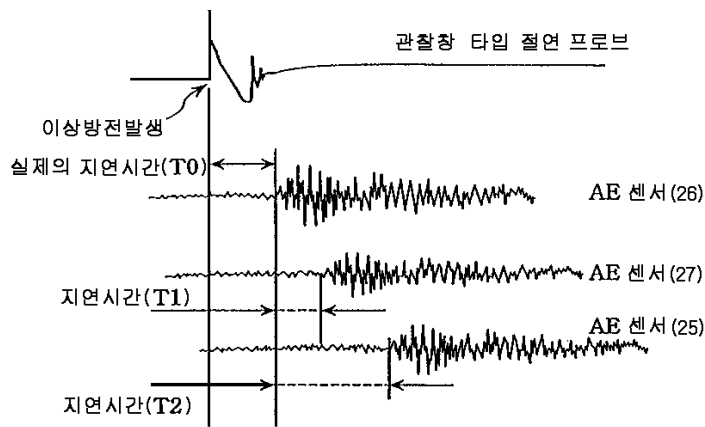




도면11



도면12



도면13

