



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2008년02월28일  
(11) 등록번호 10-0807724  
(24) 등록일자 2008년02월20일

(51) Int. Cl.  
*H01L 21/3065* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2005-7013710  
(22) 출원일자 2005년07월25일  
심사청구일자 2005년07월25일  
번역문제출일자 2005년07월25일  
(65) 공개번호 10-2006-0039851  
(43) 공개일자 2006년05월09일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2004/011162  
국제출원일자 2004년08월04일  
(87) 국제공개번호 WO 2005/015964  
국제공개일자 2005년02월17일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2003-00289223 2003년08월07일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP12133412 A  
JP14176034 A

(73) 특허권자  
가부시키가이샤 히다치 고쿠사이 덴키  
일본국 도쿄도 치요다쿠 소토칸다 4초메 14반 1고  
(우:101-8980)  
(72) 발명자  
다케다 토모히코  
일본국 도쿄도 나카노쿠 히가시 나카노 3초메  
14-20가부시키가이샤 히다치 고쿠사이 덴키 내  
스기하라 켄  
일본국 도쿄도 나카노쿠 히가시 나카노 3초메  
14-20가부시키가이샤 히다치 고쿠사이 덴키 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인지명

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 김성희

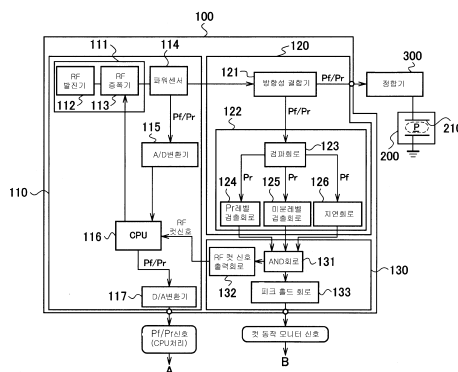
**(54) 기관처리장치 및 기관처리방법**

**(57) 요약**

본 발명은 마이크로아크의 발생을 검출하여 장치나 기관에 손상을 주는 마이크로아크를 유효하게 억제한다.

기관처리장치는, 고주파 전원부(100)로부터의 고주파 전력을 정합기(300)를 경유하여 처리실(200)에 설치한 전극(210)에 인가함으로써 플라즈마(P)를 발생하도록 구성된다. 고주파 전원(111)과 정합기(300) 사이에 방향성 결합기(121)를 설치하여 전극(210)으로부터 반사하는 반사파 및 전극(210)으로 향하는 진행파를 검출기(122)에 결합한다. 검출기(122)는 반사파(Pr)의 레벨 및 미분레벨이 각 설정치를 넘었을 때 검출신호를 출력한다. 방전초기를 검출기간에서 제외하기 위해서 진행파를 지연시킨 지연진행파도 출력한다. 제어수단(130)은 검출기(122)로부터 출력되는 3개의 검출신호가 일치되었을 때 유해한 마이크로아크가 발생했다고 간주하여 RF 컷 신호를 CPU(116)에 가하여 고주파 전원(111)으로부터의 고주파 전력을 일시 정지 또는 일시 저하시킨다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**하마노 가츠요시**

일본국 도쿄도 나카노쿠 히가시 나카노 3쵸메  
14-20가부시킴가이샤 히다치 고쿠사이 텐키 내

**요시노 테루오**

일본국 도쿄도 나카노쿠 히가시 나카노 3쵸메  
14-20가부시킴가이샤 히다치 고쿠사이 텐키 내

**이시마루 노부오**

일본국 도쿄도 나카노쿠 히가시 나카노 3쵸메  
14-20가부시킴가이샤 히다치 고쿠사이 텐키 내

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

제어 가능한 고주파 전원을 갖는 고주파 전원부를 구비하고, 상기 고주파 전원으로부터의 고주파 전력을 처리실에 설치한 방전용 전극에 정합기를 경유하여 인가함으로써 상기 처리실 내에 플라즈마를 생성하는 기관처리장치에 있어서,

상기 고주파 전원부 및 상기 정합기의 사이 또는 상기 정합기와 상기 방전용 전극과의 사이에서, 상기 방전용 전극에 인가되는 상기 고주파 전력의 진행과와 상기 방전용 전극으로부터 반사하는 상기 고주파 전력의 반사파를 검출하는 검출기와,

상기 검출기에서 검출된 상기 반사파의 검출 결과에 따라 상기 방전용 전극에 대한 상기 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하하도록 상기 고주파 전원을 제어하는 제어수단을 포함하되,

상기 제어수단은 상기 검출기에서 검출된 상기 진행과를 상기 방전용 전극에 대한 상기 고주파 전력의 인가를 개시한 후 상기 고주파 전원과 상기 방전용 전극과의 임피던스 정합이 취해질 때까지의 시간만큼 지연하고, 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하한 후 고주파 전력을 재차 인가하는 경우 상기 진행과의 지연 결과에 따라 상기 진행과의 지연 시간 경과 전까지는 상기 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하시키지 않고 계속적으로 고주파 전력을 인가하고, 상기 지연 시간 경과 후에는 상기 검출기의 검출 결과에 따라 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 기관처리장치.

### 청구항 2

처리실 내에 기관을 삽입하여 상기 처리실에 기관 처리가스를 도입 및 배기하고, 고주파 전원으로부터의 고주파 전력을 방전용 전극에 정합기를 경유하여 인가함으로써 상기 처리실 내에 플라즈마를 발생시켜 상기 기관을 처리하는 기관처리장치에 있어서,

상기 방전용 전극에 인가되는 상기 고주파 전력의 진행과와 상기 방전용 전극으로부터의 상기 고주파 전력의 반사파를 검출함과 동시에 상기 진행과의 검출출력을 상기 방전용 전극에 대한 상기 고주파 전력의 인가를 개시한 후 상기 고주파 전원과 상기 방전용 전극과의 임피던스 정합이 취해질 때까지의 시간만큼 지연시켜, 상기 반사파의 검출결과에 따라 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하하도록 한 후 고주파 전력을 재차 인가하는 경우 상기 진행과의 지연 결과에 따라 상기 진행과의 지연 시간 경과 전까지는 상기 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하시키지 않고 계속적으로 고주파 전력을 인가하고, 상기 지연 시간 경과 후에는 상기 반사파를 검출하면 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하할 수 있도록 제어하는 것을 특징으로 하는 기관처리방법.

## 명세서

### 기술분야

- <1> 본 발명은 플라즈마를 이용해 기관을 처리하는 기관처리장치 및 기관처리방법에 관한 것으로서, 특히 마이크로아크(microarc)의 발생을 억제하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

- <2> 마이크로아크란 플라즈마(plasma)중의 국소적, 순간적인 이상방전을 말한다. 마이크로아크는 플라즈마 처리장치에서 발생한다. 플라즈마 처리장치로서 예를 들면 도 5에 보이는 것처럼 평행 평판전극을 이용한 용량 결합형 플라즈마 처리장치가 있다. 이 플라즈마 처리장치는 처리실(10) 내에 평행 평판전극(20)이 설치되고, 접지된 하전극(양극)(20a)에 기관(W)이 배치된다. 상전극(음극)(20b)은 정합기(30)를 개재하여 고주파 전원(40)에 접속되고, 전극(20) 사이에 고주파 전력이 인가된다. 처리실(10)에 반응 가스가 공급되면 전극(20) 사이에 아크 방전이 일어나 플라즈마(P)가 발생한다. 이 플라즈마(P)에 의하여 반응 가스가 활성화되어 기관(W)의 성막 등의 처리를 하도록 구성된다.
- <3> 아크 방전 중에 전극(20)으로부터 먼지가 떨어지거나 전극(20) 표면의 피막이 박리되거나 한다. 이러한 낙하 먼지나 박리 피막이 트리거(trigger)가 되어 마이크로아크가 일어난다. 마이크로아크에 의한 손상은 전극 표면에

이상이 발생하기 쉬운 음극(20b) 측뿐만 아니라 양극(20a)위의 기관표면 또는 처리실 내벽에도 발생한다. 도 5에 기관표면, 음극표면 및 처리실 내벽에서 발생한 마이크로아크(50a, 50b, 50c)를 각각 도시한다. 기관(W)의 주위에 복수장의 세라믹스 판을 연결해 맞추어 구성된 전극커버(도시하지 않음)를 사용하는데, 그 이음매에도 마이크로아크가 발생하는 경우가 있다. 한편, 기관(W)은 LCD용 유리 기관, 반도체 웨이퍼 기관 등이다.

- <4> 최근 LCD용 유리 기관이나 반도체 실리콘 기관이 대형화되고 있다. 단위면적 당 마이크로아크의 발생 빈도가 일정하다고 한다면 기관 크기의 확대에 따라 마이크로아크 발생의 빈도 및 확률이 증가한다. 또한 기관의 대형화에 따라 방전용 전극에 인가하는 전압도 증가하게 되어 마이크로아크의 발생 빈도 및 확률이 커진다.
- <5> 마이크로아크가 발생하면 마이크로아크에 의하여 금속제 전극 표면이 부분적으로 녹거나 결손하거나 파이게 되고, 그 금속 비말(飛沫)이 기관 상에 내려앉아 기관이 오염된다. 또한 마이크로아크에 의한 피막 박리로 기관 상에 이물질이나 막의 파편이 부착되어 기관상의 막두께 분포가 국소적으로 불균일하게 된다. 또한 전체 수율(yield)이 저하하고 기관처리장치에 손상을 일으키기 때문에 보수관리 사이클(maintenance cycle)이 짧아진다. 그 결과 기관처리장치의 가동률과 생산성이 저하한다.
- <6> 기관이 소형으로서 저전압이었던 종래에는 마이크로아크는 그다지 문제가 되지 않았으나, 상술한 것처럼 기관의 대형화, 전극에 대한 인가전압의 고전압화에 따라 피해가 크게 되기 때문에 마이크로아크 발생방지의 요청이 커지고 있다.
- <7> 따라서 마이크로아크가 발생하면 이를 제빨리 검출하여 순간적으로 마이크로아크를 억제할 필요가 있다. 통상적인 아크 방전은 고전압으로서 대전류가 흐르므로 그 검출이 용이하다. 그러나 마이크로아크 방전은 저전압으로서 전류가 작고 국소적으로 발생하기 때문에 그 검출이 어렵다.
- <8> 이러한 현상은 용량 결합형에 국한하지 않고 변형 마그네트론형, 유도 결합형, 헬리콘파(helicon wave) 형에도 해당되는 것이다.
- <9> 한편, 고주파 방전 대신에 CW 펄스 방전을 하면 마이크로아크의 발생을 방지할 수 있다. 그러나 전극에 공급되는 평균 고주파전력이 저하해 버려 성막 속도의 저하나 막질의 열화를 초래하는 문제가 있어 채용할 수 없다.
- <10> 또한 반대로 전극 간에 가하는 고주파전력을 높게 하여 마이크로아크의 검출을 용이하게 하는 것도 생각할 수 있다. 그러나 고주파전력을 높게 하면 반대로 마이크로아크의 확률이 높아져 발생빈도가 높아지는 문제가 있어 이것도 채용할 수 없다.
- <11> 본 발명의 목적은 상술한 종래 기술의 문제점을 해소하여 마이크로아크의 발생을 억제할 수 있는 기관처리장치를 제공하는 데 있다.

**발명의 상세한 설명**

- <12> 제1의 발명은 제어 가능한 고주파전원을 포함하는 고주파 전원부를 구비하고, 상기 고주파 전원으로부터 고주파 전력을 처리실에 설치된 방전용 전극에 정합기를 경유하여 인가함으로써 상기 처리실 내에 플라즈마를 생성하는 기관처리장치에 있어서, 상기 고주파 전원부와 정합기의 사이 또는 정합기와 방전용 전극 사이에, 적어도 상기 방전용 전극으로부터 반사되는 고주파 전력의 반사파를 검출하는 검출기와, 상기 검출기의 검출 결과에 따라 상기 방전용 전극으로의 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하하도록 상기 고주파 전원을 제어하는 제어수단을 설치하고, 상기 제어수단은 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하시킨 후 고주파 전력을 재차 인가하면 소정 시간 경과 전까지는 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하시키지 않고 계속적으로 고주파 전력을 인가하고, 소정 시간 경과 후에는 상기 검출기의 검출결과에 따라 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하하도록 제어하는 기관처리장치이다.
- <13> 고주파 전력을 방전용 전극에 인가하면 방전용 전극간에 플라즈마 방전이 발생한다. 이 플라즈마 방전에는 정상 방전과 이상 방전(마이크로아크를 포함)이 있다. 정상 방전에서는 정합기에 의해 임피던스 정합(impedance matching)이 취해지고 있으면 방전용 전극으로부터 반사파는 발생하지 않는다. 그러나 이상방전(마이크로아크를 포함한다)에서는 반사파가 발생한다. 이 마이크로아크 발생시의 반사파를 검출기로 검출한다. 제어수단은, 검출기의 검출 결과에 따라 장치나 기관에 손상을 주는 유해한 마이크로아크라고 판단했을 때 제어 신호를 출력하여 고주파 전원을 제어하고 방전용 전극에 고주파 전력을 인가하는 것을 일시 정지 또는 일시 저하시킨다. 여기에서 일시 저하란, 마이크로아크 방전이 지속되는 고주파 전력값보다 고주파 전력을 낮춘다는 의미이다. 이 일시 정지 또는 일시 저하에 의하여 플라즈마 방전을 유지한 채로 마이크로아크만을 소멸시킬 수 있다.

- <14> 이와 같이 검출기의 검출 결과에 따라 방전용 전극에 고주파 전력을 인가하는 것을 일시 정지하든지 또는 일시 저하시킨다는 간단한 구조로 유해한 마이크로아크의 발생을 유효하게 억제할 수 있다.
- <15> 제2의 발명은, 제어 가능한 고주파 전원을 포함하는 고주파 전원부를 구비하고, 상기 고주파 전원으로부터 고주파 전력을 처리실에 설치된 방전용 전극에 정합기를 경유하여 인가함으로써 상기 처리실 내에 플라즈마를 생성하는 기관처리장치에 있어서, 상기 고주파 전원부에 상기 방전용 전극으로부터 반사하는 고주파 전력의 반사파 및/또는 방전용 전극으로 향하는 고주파 전력의 진행파에 대한 검출기를 결합시킨 방향성 결합기와, 상기 정합기에 의해 상기 고주파 전원과 상기 방전용 전극과의 임피던스 정합이 취해졌을 때 상기 방향성 결합기에서 나오는 반사파의 변동을 검출하는 검출기와, 상기 검출기의 검출 결과에 따라 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하하도록 상기 고주파 전원을 제어하는 제어수단을 설치하고, 상기 검출기는 상기 반사파의 레벨이 레벨 설정치 이상일 때 레벨 검출신호를 출력하고 상기 반사파를 미분한 레벨이 미분 설정치 이상일 때 미분 검출신호를 출력함으로써 반사파의 변동을 검출하는 것으로서, 상기 제어수단은 상기 검출기로부터 상기 레벨 검출신호 및 미분 검출신호가 동시에 출력되었을 때 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하하도록 상기 고주파 전원을 제어하는 기관처리장치이다.
- <16> 마이크로아크 발생시의 반사파를 방향성 결합기로부터 취하여 검출기에 의해 그 반사파의 변동을 검출한다. 제어수단은, 검출기의 검출 결과에 의하여 장치나 기관에 손상을 주는 유해한 마이크로아크라고 판단했을 때 제어신호를 출력하여 고주파 전원을 제어하고 방전용 전극에 고주파 전력을 인가하는 것을 일시 정지 또는 일시 저하시킨다. 일시 정지 또는 일시 저하에 의해 플라즈마 방전을 유지한 채 마이크로아크만을 소멸시킬 수 있다.
- <17> 이와 같이 방향성 결합기를 설치해 방향성 결합기로부터 취한 신호를 검출하고 그 검출 결과에 의하여 방전용 전극에 고주파 전력을 인가하는 것을 일시 정지시키든지 또는 일시 저하시킨다는 간단한 구조로 유해한 마이크로아크의 발생을 유효하게 억제할 수 있다.
- <18> 그런데 마이크로아크가 항상 장치에 있어서 유해한 것은 아니다. 반사파의 레벨이 소정치 이상이고 반사파의 상승이 급격한 마이크로아크가 발생했을 때 마이크로아크는 장치에 있어서 유해하게 된다.
- <19> 따라서 검출기에 의해 반사파 레벨이 레벨 설정치 이상이며 동시에 반사파를 미분한 레벨이 미분 설정치 이상일 때 반사파의 변동을 검출하도록 하면, 유해한 마이크로아크의 발생을 보다 유효하게 검출할 수 있다.
- <20> 제3의 발명은, 제2의 발명에 있어서 상기 검출기는 상기 반사파의 변동을 검출하는 기능에 더하여 상기 진행파를 지연시킨 지연진행파 신호를 출력하는 기능을 가지며, 상기 제어수단은 상기 지연진행파 신호가 출력되고 있을 때 상기 고주파 전원을 제어할 수 있는 것인 기관처리장치이다.
- <21> 반사파의 변동 조건에 진행파의 지연 조건을 더하여 이들의 조건이 모두 성립했을 때 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하시키도록 했으므로, 방전초기에 임피던스 정합이 취해지지 않아 생기는 정상 방전시의 반사파를 무시하여 마이크로아크에 기인하는 반사파만을 취해 유해한 마이크로아크만을 억제할 수 있다.
- <22> 한편, 반사파의 변동 조건에 진행파의 지연 조건을 더하여 이들의 조건이 모두 성립했을 때 고주파 전원을 제어할 수 있도록 하는 회로는 AND 회로로 용이하게 구현할 수 있다.
- <23> 제4의 발명은, 제2 또는 제3의 발명에 있어서 상기 제어수단은 상기 고주파 전원을 제어하는 제어 신호를 모니터 신호로서 고주파 전원부로부터 출력하는 것인 기관처리장치이다.
- <24> 모니터 신호를 기록하여 관리함으로써 기관처리장치의 설정조건의 이상이나 고장 예측 내지 보수관리 시기를 용이하게 알 수 있게 된다.
- <25> 제5의 발명은, 제2 내지 제4의 발명에 있어서 상기 고주파 전원으로부터의 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하시키는 정지시간이 100~300 $\mu$ s 인 것을 특징으로 하는 기관처리장치이다.
- <26> 고주파 전력의 일시 정지 또는 일시 저하시키는 시간이 100~300 $\mu$ s 일 때 통상 아크에 악영향을 주지 않고 마이크로아크의 발생을 유효하게 억제할 수 있다.
- <27> 제6의 발명은, 처리실 내에 기관을 삽입하고 상기 처리실에 기관 처리 가스를 도입하면서 배기하고, 고주파 전원으로부터 고주파 전력을 방전용 전극에 정합기를 개재하여 인가하고, 상기 처리실 내에 플라즈마를 발생시켜 상기 기관을 처리하는 기관처리장치에 있어서, 상기 방전용 전극으로부터의 고주파 전력의 반사파를 검출하여 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하시키도록 한 후에, 고주파 전력을 재차 인가하면 소정 시간 경과 전까지는 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하시키지 않고 계속적으로

고주파 전력을 인가하고, 소정 시간 경과 후에는 반사파를 검출하면 상기 방전용 전극에 대한 고주파 전력의 인가를 일시 정지 또는 일시 저하하도록 제어하는 기관처리방법이다. 이와 같은 간단한 방법에 의해 마이크로아크의 발생을 억제할 수 있다.

**실시예**

- <43> 이하 본 발명을 실시하기 위한 최선의 형태에 대해 설명한다.
- <44> 도 2는 최선의 형태에 의한 기관처리장치의 블록도이다. 기관처리장치는 평행 평판 전극에 의한 용량 결합형의 플라즈마 장치로서, 기관(W)을 플라즈마 처리하는 처리실(200)을 구비한다. 처리실(200)에는 도시하지 않았지만 가스를 공급하고 배기하는 급배계(給排系)가 설치된다. 또한 처리실(200)에 설치한 방전용의 한 쌍의 전극(210) 사이에 고주파 전력(RF 전력)을 인가하는 고주파 전원부(RF 전원부)(100)와, RF 전원부(100)와 전극(210)과의 사이에 배치되고 이들 임피던스를 정합하기 위한 정합기(300)가 구비된다.
- <45> RF 전원부(100)는 RF 전력을 제어 가능하게 출력하는 RF 발전부(110)와, 처리실(200)에 설치한 전극(210)으로부터 반사되는 반사파(Pr) 신호 또는/및 RF 발전부(110)로부터 전극(210)으로 향하는 RF 전력의 진행파(Pf) 신호(이하, “Pf/Pr 신호”라 한다)를 검출하는 검출수단(120)과, 검출수단(120)의 검출 결과에 따라 고주파 컷 신호(RF 컷 신호)를 RF 발전부(110)에 가하는 제어수단(130)으로 구성된다. 이 제어수단(130)으로부터의 RF 컷 신호는 RF 전원부(100)의 외부로의 컷 동작 모니터 출력으로서 취할 수 있다.
- <46> 상술한 RF 컷 기능을 갖는 검출수단(120) 또는 검출수단(120) 및 제어수단(130)을 마이크로아크 컷터라고 칭하기도 한다.
- <47> 도 1은 기관처리장치 RF 전원부(100)의 상세도이다.
- <48> RF 발전부(110)로부터 출력되는 RF 전력은 검출수단(120)을 경유하여 RF 전원부(100)의 외부로 출력되어 정합기(300)에 입력된다. 또한 제어수단(130)으로부터 RF 발전부(110)에 출력되는 제어 신호로서의 RF 컷 신호는 RF 전원부(100)의 외부에 컷 동작 모니터 신호(B)로서도 출력된다. 또, RF 전원부(100)로부터 방전초기에 정합기(300)를 제어하기 위한 Pf/Pr 신호(A)도 출력될 수 있도록 구성된다.
- <49> RF 전원부(100)를 구성하는 RF 발전부(110), 검출수단(120) 및 제어수단(130)을 구체적으로 설명한다.
- <50> RF 발전부(110)는 고주파 전원(RF 전원)(111)을 포함한다. RF 전원(111)은 RF 발전기(112)와 증폭도가 제어 가능한 RF 증폭기(113)로 구성된다. RF 발전기(112)에 의하여 예를 들면 13.56 MHz의 고주파 신호(RF 신호)를 발생시키고, 이 RF 신호를 RF 증폭기(113)에 의해 플라즈마(P)를 발생시키기 위해 필요한 전력까지 증폭시킨다. 증폭된 RF 전력은 파워 센서(114)를 경유하여 RF 발전부(110)로부터 나와 검출수단(120)에 입력된다. 검출수단(120)에 입력된 RF 전력은 검출수단(120)의 일부를 구성하는 방향성 결합기(121)에 입력되고, 이 방향성 결합기(121)를 경유하여 RF 전원부(100)에서 나올 수 있도록 구성된다. RF 전원부(100)로부터 나온 RF 전력은 정합기(매칭 박스)(300)를 경유하여 처리실(200)에 설치한 전극(210)에 인가된다.
- <51> 여기서 필요한 전력은 예를 들면 2000W이다. 한편 검출수단(120)의 나머지 부분은 후술하는 검출기(122)로 구성된다.
- <52> 또한 RF 발전부(110)는 CPU(116)를 포함한다. 이 CPU(116)는 RF 전력의 공급을 일시 정지시킬 수 있다.
- <53> RF 발전부(110)의 RF 전원(111)의 출력단에 파워 센서(114)가 설치된다. 파워 센서(114)는 RF 증폭기(113)로부터 출력되는 RF 전력의 진행파(Pf) 신호 및/또는 전극(210)으로부터 반사하는 반사파(Pr) 신호(Pf/Pr 신호)를 검출한다. 파워 센서(114)에서 검출된 Pf/Pr 신호는 A/D 변환기(115)에 의해 디지털 신호로 변환되어 CPU(116)에 입력된다. CPU(116)는 상기 Pf/Pr 신호를 처리하여 Pf/Pr 신호를 예컨대 4ms 정도로 늘려 출력한다. 이 Pf/Pr 신호는 D/A 변환기(117)에 의해 제차 아날로그 신호로 변환되어 RF 전원부(100)의 외부로 출력된다.
- <54> RF 전력 공급의 일시 정지를 실현하는 수단은 다음과 같이 구성된다. RF 발전부(110)의 CPU(116)에 후술하는 제어수단(130)으로부터 RF 컷 신호가 가해지면 CPU(116)는 그 RF 컷 신호를 RF 전원(111)의 RF 증폭기(113)에 입력하여 RF 증폭기(113)의 증폭도를 제로로 하고 RF 컷 신호가 출력되고 있는 동안 전극(210)에 인가하는 RF 전력을 일시적으로 정지한다. 한편, RF 컷 신호를 RF 증폭기(113)가 아니라 RF 발전기(112)에 가하여 발전을 일시적으로 정지하도록 함으로써 전극(210)에 인가하는 RF 전력을 일시적으로 정지하도록 해도 된다.
- <55> 한편 검출수단(120)은 방향성 결합기(121)와 검출기(122)로 구성된다.

- <56> 방향성 결합기(121)는 RF 발진부(110)와 정합기(300)와의 사이의 전송계(傳送系)에 삽입되어, 전송계를 진행하는 RF 전력파에 대하여 검출기(122)를 결합한다. 따라서 이 방향성 결합기(121)에 의하여 파워 센서(114)로부터 출력되는 RF 전력의 진행파(Pf) 신호가 정합기(300) 측과 검출기(122) 측으로 분기된다. 또한 전극(210)으로부터 반사되는 RF 전력의 반사파(Pr) 신호가 파워 센서(114) 측과 검출기(122) 측으로 분기된다.
- <57> 검출기(122)는 방향성 결합기(121)에 결합되는 검파회로(123)를 가지며 이 검파회로(123)에 의하여 Pf/Pr 신호를 검파한다. 검파회로(123)로부터는 3개의 신호가 출력된다. 2개의 Pr 신호와 1개의 Pf 신호이다. 검파회로(123)에 의한 Pf/Pr 신호의 감시는 샘플링에 의해 항상 이루어진다.
- <58> 검파회로(123)에 의해 검파된 신호 중 제1의 Pr 신호는 Pr 레벨 검출회로(124)에 입력된다. 제2의 Pr 신호는 미분레벨 검출회로(125)에 입력된다. 제3의 Pf 신호는 지연회로(126)에 입력된다. 지연회로(126)는 CR 회로로서 용이하게 구성할 있다.
- <59> Pr 레벨 검출회로(124)에 의해 제1의 Pr 신호는 레벨 설정치와 비교된다. Pr 레벨이 레벨 설정치 이상이 되었을 때 후술하는 마이크로아크의 억제조건(a)를 만족하는 것으로 간주하여 Pr 레벨 검출회로(124)는 레벨 검출신호를 출력한다. 미분레벨 검출회로(125)에 의해 제2의 Pr 신호는 미분 설정치와 비교된다. 미분레벨이 미분 설정치 이상이 되었을 때 마이크로아크의 억제조건(b)를 만족하는 것으로 간주하여 미분레벨 검출회로(125)는 미분 검출신호를 출력한다. 지연회로(126)에 의하여 제3의 Pf 신호는 소정 시간 지연되고 CR 지연회로(126)는 지연 진행파 신호를 출력한다[마이크로아크 억제조건(c)].
- <60> Pr 레벨 검출회로(124)의 레벨 설정치로서는 예를 들면 100 mVpp, 미분레벨 검출회로(125)의 미분 설정치로서는 예를 들면 400 mVpp/2 $\mu$ s이다.
- <61> Pr 레벨 검출회로(124), 미분레벨 검출회로(125), CR 지연회로(126)의 각 출력은 검출수단(120)으로부터 나와 제어수단(130)에 가해진다. 제어수단(130)에서는 각 회로(124~126)에서의 출력은 AND 회로(131)에 입력된다. 각 회로(124~126)에서 동시에 검출 출력이 입력되었을 때만 AND 회로(131)에서 일치 출력신호가 나온다. 일치 출력신호는 RF 컷 신호 출력회로(132)에 입력되고, RF 컷 신호는 제어수단(130)에서 나와 RF 발진부(110)의 CPU(116)에 가해진다. 상술한 것과 같이 CPU(116)는 제어수단(130)으로부터 RF 컷 신호가 가해지면 그 컷 신호를 RF 증폭기(113)에 가해 RF 증폭기(113)의 증폭도를 제로로 하고 전극(210)에 인가하는 RF 전력을 일시적으로 정지시킨다.
- <62> RF 컷 신호의 펄스폭이 되는 일시 정지시간(T1)으로는 예를 들면 200 $\mu$ s이다. 또한 AND 회로(131)의 동작 감도로서는 마이크로아크의 펄스폭에 상당하는 2~3 $\mu$ s가 바람직하다.
- <63> AND 회로(131)로부터의 일치 출력신호는 RF 컷 신호 출력회로(132) 외에 피크 홀드(peak hold) 회로(133)에도 입력된다. 일치 출력신호의 펄스폭은 피크 홀드 회로(133)에서 소정 시간 신장되어 출력되어 제어수단(130), RF 전원부(100)를 통해 컷 동작 모니터 신호(B)로서 나온다. 이 컷 동작 모니터 신호는 기관처리장치를 통괄 제어하는 상위 컴퓨터(도시하지 않음)에 통지된다.
- <64> 상기 소정 시간으로서는 예를 들면 200ms가 바람직하며, 이 경우 AND 회로(131)로부터 일치 출력신호가 출력될 때마다 200ms 펄스폭의 컷 동작 모니터 신호(B)가 출력된다.
- <65> 여기서 상술한 3개 마이크로아크 억제조건(a)~(c)를 설명한다.
- <66> (a) Pr 레벨이 소정치 이상일 것
- <67> Pr 출력이 발생해도 그 진폭(레벨)이 작은 동안은 문제가 생기지 않는다. 그러나 진폭이 어느 정도 커지면 문제가 생긴다. 다시 말하면 Pr 레벨이 소정치가 되었을 때, 소정치 이상의 레벨의 Pr이 발생하지 않도록 그 Pr 파형을 소정치로 컷 할 필요가 있다. 따라서 Pr 출력의 상승 레벨을 검출함으로써 그 레벨치로부터 발생한 마이크로아크가 유해한지 아닌지를 판정할 필요가 있다.
- <68> (b) Pr 미분레벨이 소정치 이상일 것
- <69> Pr 출력이 급격한 경우에 문제가 생긴다. 따라서 미분하여 그 기울기를 레벨로서 검출한다. Pr 출력파형이 완만하면 강한 아크 방전은 발생하고 있지 않다고 생각되고, 처리실 내에서의 손상은 거의 발생하지 않는다. Pr 출력파형이 급격하면 강한 아크 방전이 발생하고 있다고 생각되고, 금속전극 표면이나 기관 또한 처리실 내벽에 주는 손상이 크다.

- <70> (c) 안정 방전 개시 후에 발생하는 반사파(Pr)만을 대상으로 할 것
- <71> 방전초기의 반사파(Pro)를 무시하고 Pf가 안정된 후에 발생하는 마이크로아크의 반사파(Pr<sub>1</sub>)만을 검출 대상으로 할 필요가 있다. 한편, Pf 신호로부터 직접 마이크로아크의 반사파(Pr<sub>1</sub>) 신호를 검출하는 것은 Pf 신호에 비해 상대적으로 Pr<sub>1</sub>가 작기 때문에 곤란하다.
- <72> 다음으로 상세한 마이크로아크 컷터의 작용을 설명한다.
- <73> 한편, 여기에서의 처리조건은 질화실리콘막(SiN)의 성막으로 예시한다면, 웨이퍼 온도 280~350℃, 가스의 종류 SiH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>를 첨가하는 경우도 있음), 처리압력은 50~400 Pa, RF 전력은 3000~7000 W이다.
- <74> (1) 방전초기
- <75> 처리실(200)내에 가스를 도입하면서 배기시킨다. RF 전원(111)을 ON으로 하면, RF 전원부(100)로부터 방향성 결합기(121) 및 정합기(300)를 경유하여 처리실(200)에 설치된 한 쌍의 전극(210) 사이에 RF 전력을 공급하여 전극(210) 사이에 플라즈마(P)를 생성시킨다.
- <76> 도 6(a)에 보이는 것과 같이 RF 전원(111)을 ON으로 하면, RF 전력(진행파 Pf)은 단계적으로 올라가고 그 과정에서 플라즈마(P)가 생성된다. RF 전력은 소정치에 달하면 안정공급으로 전환된다. RF 전력의 안정공급 후에 마이크로아크가 발생하면 전극(210)에서 반사하는 반사파(Pr<sub>1</sub>)가 진행파 Pf에 중첩되어 진행파 Pf의 레벨이 변동한다. 그러나 진행파 Pf 레벨에 대한 반사파(Pr<sub>1</sub>) 레벨은 매우 작기 때문에 진행파 Pf 레벨의 변동으로부터 반사파(Pr<sub>1</sub>)를 검출하기는 곤란하다.
- <77> 또한 RF 전원(111)을 ON으로 하면, 도 6(b)에 보이는 것과 같이 전극(210)으로부터 반사되는 반사파(Pr)는 방전 중 외에 방전초기에도 발생한다. 방전 중에 발생하는 반사파를 Pr<sub>1</sub>로 하고 방전초기에 발생하는 반사파를 Pro로 하고 있다. 방전초기에도 반사파(Pro)가 발생하는 것은, RF 전원(111)을 넣으면 CPU(116)로부터 출력되는 Pf/Pr 신호에 의하여[또는 정합기(300) 내의 자동제어회로에 의한 경우도 있음] 정합기(300)가 제어되고 RF 전원(111)과 전극(210)과의 임피던스 정합을 취하지만, 방전초기에는 아직 임피던스 정합이 취하여지지 않고 있기 때문이다. 방전초기에 발생하는 반사파(Pro)를 무시하기 때문에 진행파 Pf는 검출기(122)의 지연회로(126)에 의하여 소정시간 지연된다.
- <78> 방전초기는 검출기(122)의 검파회로(123)로 검출된 진행파(Pf)가 지연회로(126)에 의해 지연되기 때문에 제어수단(130)의 AND 회로(131)의 AND 조건은 취할 수 없게 된다. 따라서 임피던스 정합이 취해지기 전까지의 방전초기에서는 Pr 레벨 설정치 및 Pr 미분레벨 설정치를 상회하는 반사파(Pr)가 검출되더라도 제어수단(130)으로부터는 RF 컷 신호는 출력되지 않는다.
- <79> 또한 방전초기에 RF 전원부(100)로부터 출력되는 Pf/Pr 신호에 의하여[또는 정합기(300) 내의 자동제어회로에 의한 경우도 있음] 정합기(300)를 제어하여 RF 전원(111)의 임피던스와 전극(210)의 임피던스를 정합시킨다.
- <80> (2) 방전중
- <81> 실시의 형태에 따르면 방전 중에 발생하는 반사파(Pr)는 다음과 같이 하여 차단 된다.
- <82> 도 3에 보이는 것과 같이 방전 중에 3개의 반사파(A, B, C)가 검출기(122)의 검파회로(123)에서 검출되었다고 하자. 도 4에 보인 것과 같이 반사파는 micro sec 차원에서 발생하고 있고, 반사파(A)는 파형의 기울기가 미분 설정치인 400 mVpp/2μs보다 크고 급격하지만, Pr 검출레벨은 레벨 설정치인 100 mVpp보다 작다. 반사파(B)는 Pr 검출레벨의 레벨 설정치인 100 mVpp보다 크지만 파형의 기울기가 미분 설정치인 400 mVpp/2μs보다 작고 완만하다. 반사파(C)는 상기한 각 설정치보다 Pr 검출레벨이 크고 파형의 기울기가 크고 급격하여 마이크로 컷터의 대상이 된다.
- <83> 이러한 반사파(A, B, C)는 방향성 결합기(121)로부터 취해져 검출기(122)에 입력된다. 반사파(A)에 있어서는 Pr 검출레벨(124)에서 검출신호는 출력되지 않지만 Pr 미분레벨 검출회로(125)에서는 검출신호가 출력된다. 반사파(B)에 있어서는 Pr 검출레벨 검출회로(124)에서는 검출신호가 출력되지 않지만 Pr 미분레벨 검출회로(125)에서는 검출신호는 출력되지 않는다.
- <84> 반사파(C)에 있어서는 Pr 검출레벨은 400 mVpp 이상으로서 설정치를 초과하고 있기 때문에 Pr 레벨 검출회로

(124)로부터 검출신호가 출력된다. 또한 Pr 미분레벨도 급격하고 설정치를 초과하고 있기 때문에 Pr 미분레벨 검출회로(125)로부터도 검출신호가 출력된다. 더구나 반사파(C)가 나오는 타이밍은 방전초기에서 벗어난 안정 방전기간 중이므로 CR 지연회로(126)에서는 지연 Pf 신호가 출력되고 있다.

<85> 따라서 AND 회로(131)의 일치조건을 모두 취하므로, RF 컷 신호 출력회로(132)에서 CPU(116)로 RF 컷 신호가 출력된다. 이 신호에 의해 CPU(116)는 도 3에 보이는 것과 같이 미리 RF 컷 신호의 펄스폭으로 설정한 정지시간 ( $T_1$ )만큼 RF 전원(111)의 RF 증폭기(113)의 증폭도를 제로로 하여 점선으로 나타내는 RF 전력 Pf의 출력을 일시 정지한다. 이 Pf 출력의 정지로 인해 전극(210)으로부터의 반사파(C)는 그 이상의 크기로 성장하기 전에 재빨리 차단되어 없어진다. 일시 정지시간( $T_1$ ) 경과 후 RF 전원(111)의 RF 증폭기(113)의 증폭도는 원래대로 돌아가고 다시 RF 전력의 급전이 개시되어 2000 W의 RF 전력이 전극(210)에 공급된다. 단, 급전개시부터 시간 ( $T_2$ )사이에는 RF 컷 동작을 금지한다. 시간 ( $T_2$ )이내에 재차 Pf 출력을 정지하면 통상적인 방전을 유지할 수 없게 되기 때문이다. 따라서 그 동안은 미감시(未監視) 시간이 된다.

<86> 상술한 바와 같이 RF 전력 Pf의 출력을 일시 정지하면 지연회로(126)에서의 지연 시간만큼 AND 회로(131)에 대한 출력은 "off"로 되고 상기 지연시간 경과 후에 AND 회로(131)에 대한 출력은 "on"으로 된다. 따라서 이와 같이 하면, 방전초기에 발생하는 반사파(Pro)를 무시하기 위하여 진행파 Pf의 출력을 지연회로(126)에 의해 지연시키고 있으므로, 위 지연시간과 동일해진다. 이러한 회로를 구성함으로써 지연회로 하나로 방전초기 및 RF 전력 Pf의 출력을 일시 정지시킨 후 양쪽 모두의 공정을 지연시킬 수가 있어 장치 회로를 간략화할 수 있다.

<87> 컷 동작 금지 시간 ( $T_2$ )경과 후는 통상의 감시체제에 들어가 마이크로아크가 발생할 때마다 상술한 RF 컷 동작을 반복해 마이크로아크의 성장을 신속하게 억제한다.

<88> 여기서 RF 컷을 동작시켜 RF 전력의 공급을 정지하는 일시 정지시간( $T_1$ )는 100~300 $\mu$ s로 하는 것이 좋다. 100 $\mu$ s 보다 짧으면 마이크로아크를 소멸시킬 수 없기 때문이다. 또한 300 $\mu$ s보다 길면 아크방전 자체가 정지해 플라즈마(P)가 소멸하여 플라즈마 주변에 트랩(trap)되고 있던 반응 생성물이나 파티클(particle)이 웨이퍼 위에 낙하하기 때문이다. 따라서 일시 정지시간은 100~300 $\mu$ s의 범위가 바람직하다. 일시 정지시간의 값은 기관처리장치, RF 전력의 크기나 기관 사이즈와는 그다지 상관 없이 거의 공통이다. 마이크로아크는 국소적으로 일어나기 때문이라고 생각된다.

<89> 덧붙여 컷 동작 금지 시간 ( $T_2$ )는, 예를 들면 500 $\mu$ s 정도로 하는 것이 좋다.

<90> (3) 마이크로아크 발생의 통지

<91> AND 회로(131)로부터 일치 신호가 출력될 때마다 그 출력은 피크 홀드 회로(133)에도 입력되어 적어도 200ms의 펄스폭을 갖는 신호로 변환되어 컷 동작 모니터 신호(B)로서 RF 전원부(100)로부터 출력된다. 제어수단(130)의 AND 회로(131)의 동작감도가 2~3 $\mu$ s이며 이 펄스폭의 짧은 신호를 그대로 RF 전원부(100)로부터 취하면 장치 전체의 CPU의 클럭(clock) 주기가 상기 펄스폭보다 늦기 때문에 기관처리장치의 상위 컴퓨터가 컷 동작 모니터 신호를 검출하지 못할 우려가 있다. 그 때문에 피크 홀드 회로(133)에서 2~3 $\mu$ s 정도의 일치 출력신호의 펄스폭을 200ms 정도로 신장하고 있다. 그렇게 하여 상위 컴퓨터에 의하여 컷 동작 모니터 신호를 샘플링 가능할 수 있게 되어 확실하게 검출하도록 할 수 있다.

<92> 컷 동작 모니터 신호를 상위 컴퓨터에서 카운트하면, 카운트 수로부터 컷 동작 모니터 신호의 빈도가 증가한 것을 알면 전극의 수명을 알 수 있다. 또한 플라즈마 조건설정에 문제가 있다고 판정할 수 있다. 구체적으로는, 컷 동작 신호의 빈도가 늘어나면, 전극 상태 악화, 기관의 취급오류로 인한 기관의 위치 어긋남, 이상 발생, 상태 파라미터(RF 전원 이상, 정합기 이상, 처리실 내 압력 이상 등) 등을 점검할 수 있다. 그 결과 미연에 손실을 방지할 수 있다.

<93> (4) 방전 종료

<94> 기관에 소정시간 플라즈마 처리를 한 뒤에는 가스 도입 및 RF 전력 인가를 종료하여 기관 처리를 완료한다.

### 산업상 이용 가능성

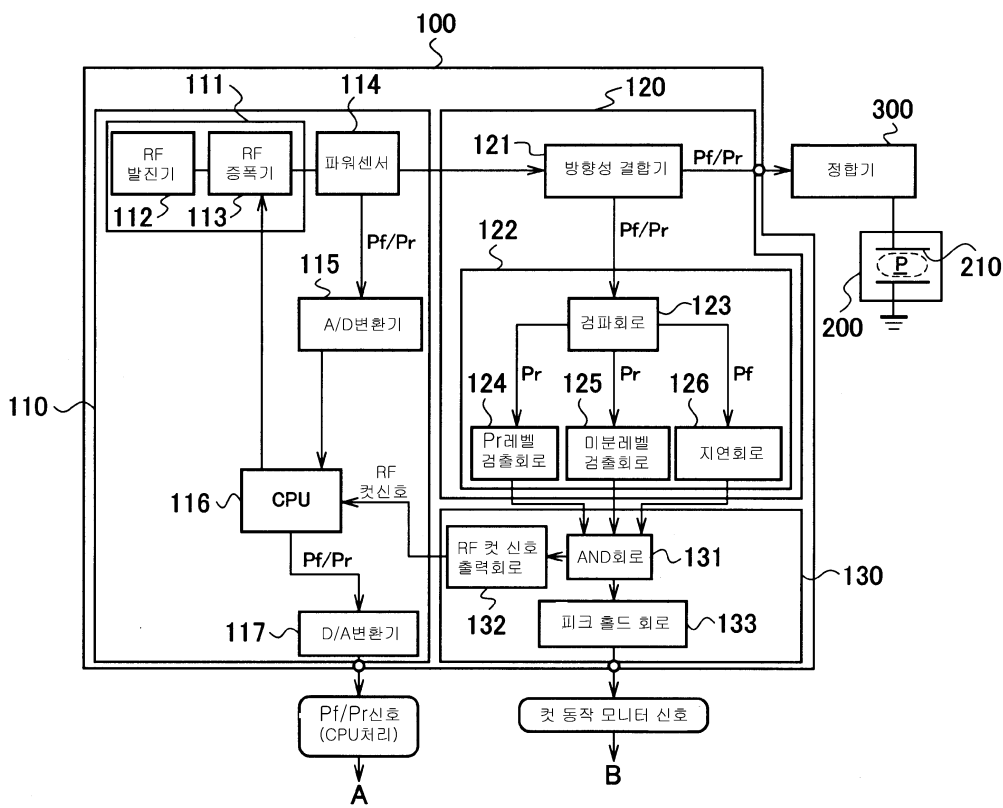
<95> 상술한 바와 같이, 실시 형태의 마이크로아크 컷터에 따르면 마이크로아크 발생 시에 반사파(Pr)가 급격하게 변동하기 때문에 이의 변동을 검출하여 검출출력으로부터 RF 전력의 공급을 정지하도록 함으로써 마이크로아크의 발생을 유효하게 억제할 수 있다. 이 경우에 있어서 장치나 기관에 손상을 주는 마이크로아크를 반사파 레벨과



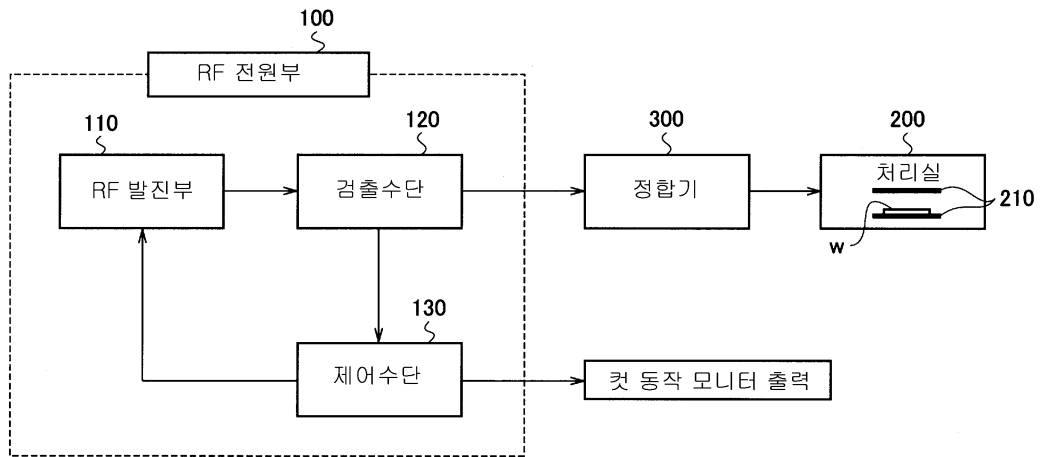
- <37> 121 : 방향성 결합기
- <38> 123 : 검파 회로
- <39> 130 : 제어수단
- <40> 132 : RF 컷 신호 출력 회로
- <41> 200 : 처리실
- <42> 300 : 정합기
- 122 : 검출기
- 126 : 지연 회로
- 131 : AND 회로
- 133 : 피크 홀드 회로
- 210 : 전극(방전용 전극)

도면

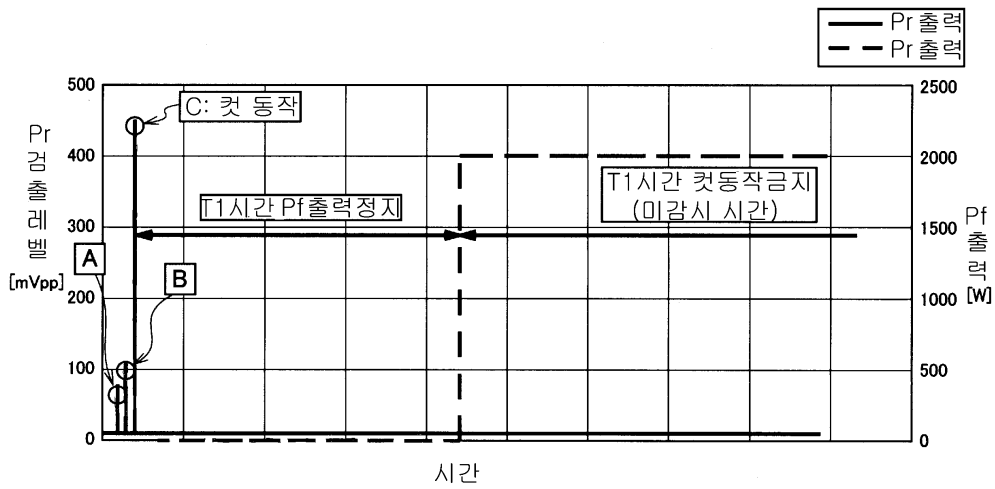
도면1



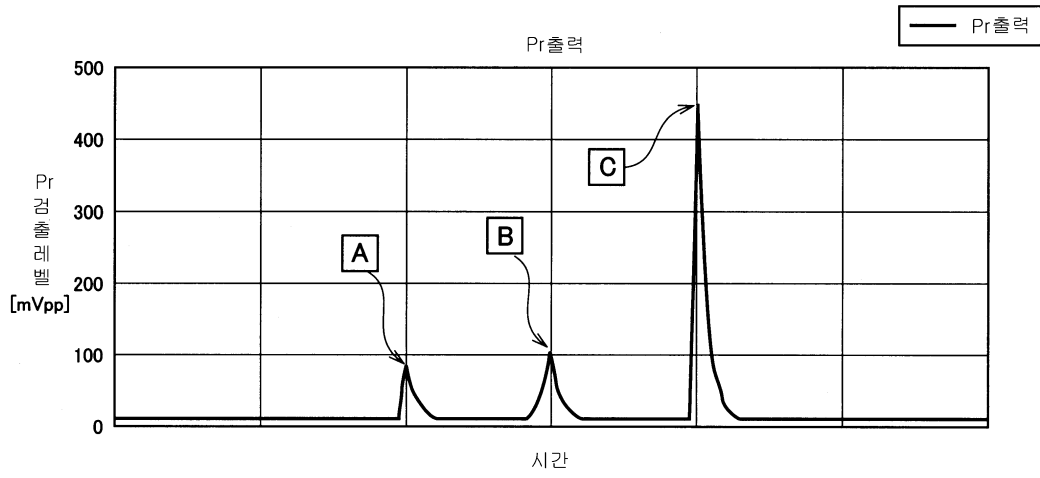
도면2



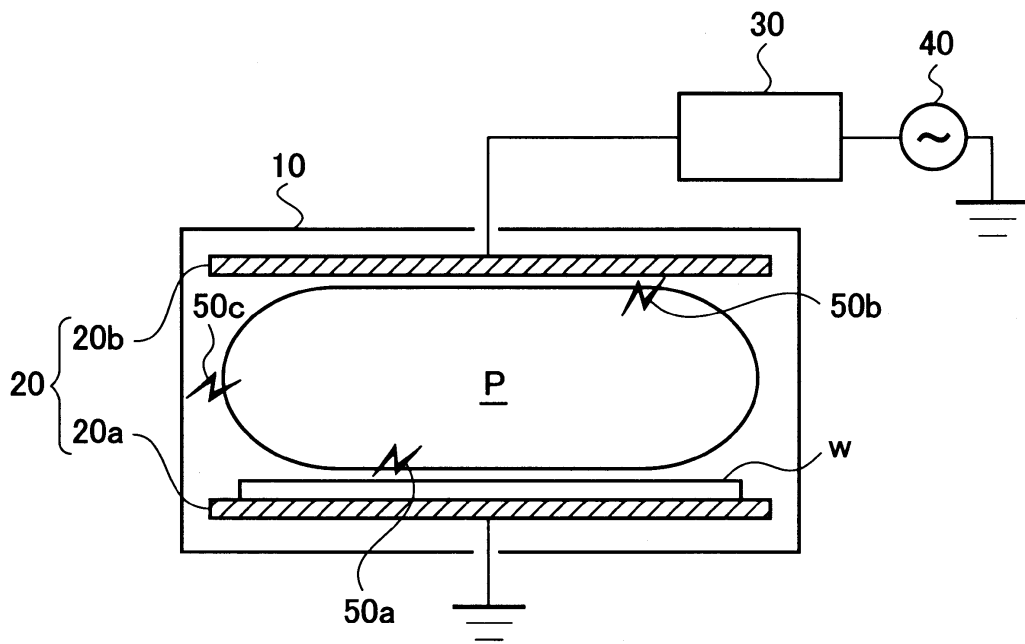
도면3



도면4



도면5



도면6

