



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월11일  
(11) 등록번호 10-1777253  
(24) 등록일자 2017년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01J 37/32 (2006.01) H01J 37/20 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01J 37/32311 (2013.01)  
H01J 37/20 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0187518  
(22) 출원일자 2015년12월28일  
심사청구일자 2015년12월28일  
(65) 공개번호 10-2016-0086270  
(43) 공개일자 2016년07월19일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2015-002723 2015년01월09일 일본(JP)  
JP-P-2015-200701 2015년10월09일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2008034669A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈  
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14  
(72) 발명자  
아라세 다카오  
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24반  
14고, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈  
내  
모리 마사히토  
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24반  
14고, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈  
내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 김주승

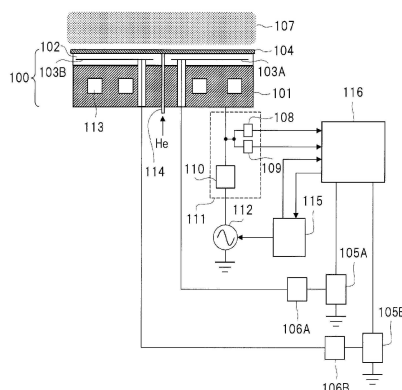
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법

(57) 요약

정전 흡착막의 파괴 없이 정전 흡착력을 확보하면서, 플라즈마 처리에 있어서의 시료의 온도를 고정밀도로 제어한다.

고전압측 Vpp 검출기(108)는, 고주파 전력이 시간 변조되었을 때에 제 1 진폭을 갖는 시간 변조의 제 1 기간에 있어서의 시료대에 인가된 고주파 전압의 피크간 전압값인 제 1 전압값을 검지한다. 저전압측 Vpp 검출기(109)는, 제 1 진폭보다 작은 제 2 진폭을 갖는 제 2 기간에 있어서의 시료대에 인가된 고주파 전압의 피크간 전압값인 제 2 전압값을 검지한다. 그리고, ESC 전원 제어부(116)는, 제 1 전압값과 제 2 전압값과 시간 변조의 듀티비에 의거하여, ESC 전원(105A, 105B)으로부터의 출력 전압을 제어한다.

대표도 - 도1



100 : 피가공 시료 설치부  
102 : 정전 흡착막  
103A, 103B : ESC 전극  
105A, 105B : ESC 전원  
112 : 고주파 전원  
108 : 고전압측 Vpp 검출기  
109 : 저전압측 Vpp 검출기  
116 : ESC 전원 제어부

(72) 발명자

**요코가와 겐에츠**

일본국 도쿄도 미나토구 니시섬바시 1쵸메 24반 1  
4고, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내

**다케가와 유스케**

일본국 도쿄도 미나토구 니시섬바시 1쵸메 24반 1  
4고, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내

**이치노 다카마사**

일본국 도쿄도 미나토구 니시섬바시 1쵸메 24반 1  
4고, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내

(56) 선행기술조사문헌

KR102014143316A\*

JP2011061048A\*

JP1994045285A

JP2008034669 A\*

JP2011061048 A\*

KR1020140143316 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

시료가 플라즈마 처리되는 처리실과,

플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전력을 공급하는 제 1 고주파 전원과,

상기 시료를 정전 흡착막에 정전 흡착시키는 제 1 전극 및 제 2 전극을 구비하고 상기 시료가 재치되는 시료대와,

상기 제 1 전극에 제 1 직류 전압을 인가하는 제 1 직류 전원과,

상기 제 2 전극에 제 2 직류 전압을 인가하는 제 2 직류 전원과,

상기 시료대에 고주파 전력을 공급하는 제 2 고주파 전원과,

상기 시료대에 인가된 고주파 전압의 제 1 전압값 및 제 2 전압값을 검지하는 전압 검지부와,

상기 제 1 직류 전원 및 상기 제 2 직류 전원을 제어하는 전원 제어부를 구비하고,

상기 전원 제어부는, 상기 시료대에 공급되는 고주파 전력이 시간 변조되는 경우, 상기 제 1 전압값, 상기 제 2 전압값 및 상기 시간 변조의 듀티비에 의거하여 상기 고주파 전압의 피크간 전압값의 시간 평균값을 구하고, 미리 설정된 상기 제 1 직류 전압과 미리 설정된 상기 제 2 직류 전압의 전위차 및 상기 구해진 시간 평균값을 이용하여 상기 제 1 직류 전압 및 상기 제 2 직류 전압을 구하고, 상기 구해진 상기 제 1 직류 전압 및 상기 구해진 상기 제 2 직류 전압을 각각 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극에 인가하도록 상기 제 1 직류 전원 및 상기 제 2 직류 전원을 각각 제어하고,

상기 제 1 전압값은, 상기 시간 변조된 고주파 전력의 제 1 기간에 있어서의 상기 고주파 전압의 피크간 전압값이고,

상기 제 2 전압값은, 상기 시간 변조된 고주파 전력의 제 2 기간에 있어서의 상기 고주파 전압의 피크간 전압값이고,

상기 제 1 기간의 진폭은, 상기 제 2 기간의 진폭보다 큰 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전원 제어부는, 상기 정전 흡착막의 절연 내압의 상한 이상의 전압이 상기 정전 흡착막에 인가되었는지의 여부를 판정하고, 상기 절연 내압의 상한 이상의 전압이 상기 정전 흡착막에 인가되었다고 판정한 횟수가 미리 설정된 횟수를 상회한 경우, 상기 정전 흡착막을 교환하는 것을 촉구하는 경고를 출력하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 전원 제어부는, 상기 제 1 직류 전압 및 상기 제 2 직류 전압에 의거하여 상기 제 1 전극과 상기 시료 사이의 제 1 전위차 및 상기 제 2 전극과 상기 시료 사이의 제 2 전위차를 구하고, 상기 구해진 상기 제 1 전위차 또는 상기 구해진 상기 제 2 전위차가 미리 설정된 상기 절연 내압의 상한의 임계값 이상인 경우, 상기 절연 내압의 상한 이상의 전압이 상기 정전 흡착막에 인가되었다고 판정하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 구해진 상기 제 1 직류 전압 및 상기 구해진 상기 제 2 직류 전압은, 플라즈마 처리 중에 순차적으로 구해

지고,

상기 전원 제어부는, 상기 순차적으로 구해진 상기 제 1 직류 전압 및 상기 순차적으로 구해진 상기 제 2 직류 전압을 각각 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극에 인가하도록 상기 제 1 직류 전원 및 상기 제 2 직류 전원을 각각 제어하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 5

시료가 플라즈마 처리되는 처리실과,

플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전력을 공급하는 제 1 고주파 전원과,

상기 시료를 정전 흡착막에 정전 흡착시키는 전극을 구비하고 상기 시료가 재치되는 시료대와,

상기 전극에 직류 전압을 인가하는 직류 전원과,

상기 시료대에 고주파 전력을 공급하는 제 2 고주파 전원과,

상기 시료대에 인가된 고주파 전압의 제 1 전압값 및 제 2 전압값을 검지하는 전압 검지부와,

상기 직류 전원을 제어하는 전원 제어부를 구비하고,

상기 전원 제어부는, 상기 시료대에 공급되는 고주파 전력이 시간 변조되는 경우, 상기 제 1 전압값, 상기 제 2 전압값 및 상기 시간 변조의 듀티비에 의거하여 상기 고주파 전압의 피크간 전압값의 시간 평균값을 구하고, 상기 구해진 시간 평균값 및 미리 설정된 상기 직류 전압을 이용하여 상기 직류 전압을 구하고, 상기 구해진 상기 직류 전압을 상기 전극에 인가하도록 상기 직류 전원을 제어하고,

상기 제 1 전압값은, 상기 시간 변조된 고주파 전력의 제 1 기간에 있어서의 상기 고주파 전압의 피크간 전압값 이고,

상기 제 2 전압값은, 상기 시간 변조된 고주파 전력의 제 2 기간에 있어서의 상기 고주파 전압의 피크간 전압값 이고,

상기 제 1 기간의 진폭은, 상기 제 2 기간의 진폭보다 큰 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 구해진 직류 전압은, 상기 시료가 플라즈마 처리되기 전에 미리 구해져 있으며,

상기 플라즈마 처리의 조건을 규정하는 플라즈마 처리 조건에 상기 미리 구해진 상기 직류 전압이 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 구해진 직류 전압은, 플라즈마 처리 중에 있어서 순차적으로 구해지고,

상기 전원 제어부는, 상기 순차적으로 구해진 직류 전압을 상기 전극에 인가하도록 상기 직류 전원을 제어하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 고주파 전압의 피크간 전압값의 시간 평균값은, 상기 제 1 전압값과 상기 듀티비와의 곱에 상기 제 2 전압값과 1에서 상기 듀티비를 뺀 값과의 곱을 가산하여 구해진 값인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 9

시료를 정전 흡착막에 정전 흡착시키는 제 1 전극 및 제 2 전극을 구비하는 시료대에 시간 변조된 고주파 전력을 공급하면서 상기 시료대에 재치되는 상기 시료를 플라즈마 에칭하는 플라즈마 처리 방법에 있어서,

상기 제 1 전극에 제 1 직류 전압을 인가하는 공정과,

상기 제 2 전극에 제 2 직류 전압을 인가하는 공정과,

상기 제 1 전압값, 제 2 전압값 및 상기 시간 변조의 듀티비에 의거하여 상기 시료대에 인가된 고주파 전압의 피크간 전압값의 시간 평균값을 구하는 공정과,

미리 설정된 상기 제 1 직류 전압과 미리 설정된 상기 제 2 직류 전압의 전위차 및 상기 구해진 시간 평균값을 이용하여 상기 제 1 직류 전압 및 상기 제 2 직류 전압을 구하는 공정과,

상기 구해진 상기 제 1 직류 전압 및 상기 구해진 상기 제 2 직류 전압을 각각 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극에 인가하는 공정을 갖고,

상기 제 1 전압값은, 상기 시간 변조된 고주파 전력의 제 1 기간에 있어서의 상기 고주파 전압의 피크간 전압값 이고,

상기 제 2 전압값은, 상기 시간 변조된 고주파 전력의 제 2 기간에 있어서의 상기 고주파 전압의 피크간 전압값 이고,

상기 제 1 기간의 진폭은, 상기 제 2 기간의 진폭보다 큰 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 구해진 상기 제 1 직류 전압 및 상기 구해진 상기 제 2 직류 전압은, 플라즈마 처리 중에 순차적으로 구해 지고,

상기 순차적으로 구해진 상기 제 1 직류 전압 및 상기 순차적으로 구해진 상기 제 2 직류 전압을 각각 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극에 인가하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

#### 청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 플라즈마 에칭의 조건을 규정하는 플라즈마 처리 조건으로 설정되는 파라미터는, 상기 제 1 직류 전압의 초기값과, 상기 제 2 직류 전압의 초기값과, 상기 고주파 전압의 피크간 전압값에 대한 상기 시료대에 인가되는 자기 바이어스 전압의 비와, 상기 제 1 직류 전압의 초기값과 상기 제 2 직류 전압의 초기값과의 전위차를 포함 하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

#### 청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 정전 흡착막의 절연 내압의 상한 이상의 전압이 상기 정전 흡착막에 인가되었는지의 여부를 판정하고,

상기 절연 내압의 상한 이상의 전압이 상기 정전 흡착막에 인가되었다고 판정한 횟수가 미리 설정된 횟수를 상 회한 경우, 상기 정전 흡착막을 교환하는 것을 촉구하는 경고를 하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 직류 전압 및 상기 제 2 직류 전압에 의거하여 상기 제 1 전극과 상기 시료 사이의 제 1 전위차 및 상기 제 2 전극과 상기 시료 사이의 제 2 전위차를 구하고,

상기 구해진 상기 제 1 전위차 또는 상기 구해진 상기 제 2 전위차가 미리 설정된 상기 절연 내압의 상한의 임 계값 이상의 경우, 상기 절연 내압의 상한 이상의 전압이 상기 정전 흡착막에 인가되었다고 판정하는 것을 특징 으로 하는 플라즈마 처리 방법.

#### 청구항 14

시료를 정전 흡착막에 정전 흡착시키는 전극을 구비하는 시료대에 시간 변조된 고주파 전력을 공급하면서 상기

시료대에 재치되는 상기 시료를 플라즈마 에칭하는 플라즈마 처리 방법에 있어서,

상기 전극에 직류 전압을 인가하는 공정과,

제 1 전압값, 제 2 전압값 및 상기 시간 변조의 듀티비에 의거하여 상기 시료대에 인가된 고주파 전압의 피크간 전압값의 시간 평균값을 구하는 공정과,

상기 구해진 시간 평균값 및 미리 설정된 상기 직류 전압을 이용하여 상기 직류 전압을 구하는 공정과,

상기 구해진 상기 직류 전압을 상기 전극에 인가하는 공정을 갖고,

상기 제 1 전압값은, 상기 시간 변조된 고주파 전력의 제 1 기간에 있어서의 상기 고주파 전압의 피크간 전압값 이고,

상기 제 2 전압값은, 상기 시간 변조된 고주파 전력의 제 2 기간에 있어서의 상기 고주파 전압의 피크간 전압값 이고,

상기 제 1 기간의 진폭은, 상기 제 2 기간의 진폭보다 큰 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법에 관한 것이며, 특히, 플라즈마 전위의 상승에 의한 플라즈마 처리 장치의 전극에의 데미지 억제에 유효한 기술에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 플라즈마 에칭 장치 등의 플라즈마 처리 장치에 있어서는, 반도체 웨이퍼의 온도를 양호한 정밀도로 유지하기 위한 기술로서, 반도체 웨이퍼를 정전 흡착시켜, 당해 반도체 웨이퍼와 전극 사이에 헬륨 가스를 흐르게 하는 구조가 널리 이용되고 있다.

[0003] 정전 흡착 방식으로서, 예를 들면 단극(모노폴)과 쌍극(다이폴)의 2방식이 주로 이용된다. 단극 방식은, 1개의 전극에 정전 흡착 전압을 인가하고, 쌍극 방식은, 2개 이상의 전극을 설치하여, 극성이 각각 다른 정전 흡착 전압을 인가한다.

[0004] 정전 흡착은, 세라믹 등으로 형성된 얇은 절연막을 개재하여, 전극과 반도체 웨이퍼 사이에 직류 전압을 부여함으로써 실시된다. 또, 반도체 웨이퍼에는, 플라즈마로부터의 이온을 가속하여 입사되기 때문에 고(高)전압이 인가되어 있다.

[0005] 특허문헌 1에는, 전극에 인가되어 있는 고주파 전압을 모니터하고, 모니터된 고주파 전압 신호에 의거하여 정전 흡착(ESC:Electro Static Chuck)용 전원의 출력 전압을 제어함으로써, 정전 흡착에 걸리는 전압을 원하는 값으로 유지하는 것이 개시되어 있다.

[0006] 또, 특허문헌 2에는, 반도체 웨이퍼에 인가하는 고주파 전압이 높은 전압과 낮은 전압과 같은 2종류의 전압을 번갈아 인가하고, 높은 전력의 시간 비율(TM 듀티)과 반복 주파수를 설정하여 에칭하는 것이 개시되어 있다. 이 특허문헌 2에는, 그때, 모니터되는 웨이퍼에 인가하는 고주파 바이어스 전압의 피크값으로서, 높은 전력 시의 값의 안정값인 것이 개시되어 있다.

[0007] 또한, 특허문헌 3에는, 플라즈마 처리 장치에 있어서, 시간 변조되어 있지 않은 고주파 바이어스 전압이 전극에 인가되어 있는 경우에 있어서의 정전 흡착용 전원의 출력 전압의 제어에 대한 기술이 개시되어 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 공개특허 특개2006-210726호 공보

(특허문헌 0002) 일본 공개특허 특개2013-12624호 공보

(특허문헌 0003) 일본 공개특허 특개2010-10236호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0009] 상기한 특허문헌 2에 기재된 에칭 기술, 즉 높은 전압과 낮은 전압의 2개의 고주파 전압을 번갈아 인가하면서, 특허문헌 1에 기재된 정전 흡착용 직류 전류의 제어 방법을 이용하여, 2.5kV 이상의 웨이퍼 바이어스를 인가한 경우에 대하여 검토한다.
- [0010] 이 조건에 있어서는, 듀티(Duty)가 40% 이하 및 60% 이상에서 반도체 웨이퍼의 헬름 이면압(裏面壓)의 시간 변화의 빈도가 커진다. 그 결과, 정전 흡착력의 저하 및 정전 흡착막의 전압 파괴가 발생할 우려가 생긴다.
- [0011] 또, 상기한 배경 기술에 있어서의 기술은, 플라스마 에칭 처리를 CW(연속파) 바이어스를 이용하여 행하는 것이지만, TM(Time Modulation) 바이어스를 사용하는 기술에 대해서는 고려되어 있지 않다.
- [0012] 본 발명의 목적은, 정전 흡착막의 파괴 없이 정전 흡착력을 확보하면서, 플라스마 처리에 있어서의 시료의 온도를 고(高)정밀도로 제어할 수 있는 기술을 제공하는 데에 있다.
- [0013] 본 발명의 상기 및 그 밖의 목적과 신규인 특징에 대해서는, 본 명세서의 기술 및 첨부된 도면으로부터 분명해질 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0014] 본원에 있어서 개시되는 발명 중, 대표적인 것의 개요를 간단하게 설명하면, 다음과 같다.
- [0015] 즉, 대표적인 플라스마 처리는 처리실, 제 1 고주파 전원, 시료대, 제 1 직류 전원, 제 2 직류 전원, 제 2 고주파 전원, 전압 검지부, 및 전원 제어부를 갖는다.
- [0016] 처리실은, 시료가 플라스마 처리된다. 제 1 고주파 전원은, 처리실 내에 플라스마를 생성하는 고주파 전력을 공급한다.
- [0017] 시료대는, 정전 흡착막에 매립되어, 시료를 정전 흡착막에 정전 흡착시키는 제 1 전극 및 제 2 전극을 구비하고, 시료가 채지된다. 제 1 직류 전원은, 제 1 전극에 제 1 직류 전압을 인가한다. 제 2 직류 전원은, 제 2 전극에 제 2 직류 전압을 인가한다.
- [0018] 제 2 고주파 전원은, 시료대에 고주파 전력을 공급한다. 전압 검지부는, 시료대에 인가된 고주파 전력으로부터 제 1 전압값과 제 2 전압값을 검지한다. 전원 제어부는, 제 1 직류 전원 및 제 2 직류 전원의 설정 전압을 제어한다.
- [0019] 전압 검지부가 검지하는 제 1 전압값은, 시료대에 공급된 고주파 전력이 시간 변조되었을 때에 제 1 진폭을 갖는 시간 변조의 제 1 기간에 있어서의 시료대에 인가된 고주파 전력의 피크간 전압값이다.
- [0020] 전압 검지부가 검지하는 제 2 전압값은, 제 1 진폭보다 작은 제 2 진폭을 갖는 시간 변조의 제 2 기간에 있어서의 시료대에 인가된 고주파 전력의 피크간 전압값이다.
- [0021] 또, 전원 제어부는 제 1 전압값, 제 2 전압값, 및 시간 변조의 듀티비에 의거하여, 시료대에 인가된 고주파 전압의 피크간 전압값의 시간 평균값을 구하고, 구한 시간 평균값 및 시료를 정전 흡착막에 정전 흡착시키는 전압이며, 정전 흡착막의 양단(兩端) 사이의 전위차인 정전 흡착용 전압을 이용하여 제 1 직류 전압 및 제 2 직류 전압을 구하고, 구해진 제 1 직류 전압 및 제 2 직류 전압을 각각 출력하도록 제 1 직류 전원 및 제 2 직류 전원을 각각 제어한다.
- [0022] 특히, 전원 제어부는, 정전 흡착막의 절연 내압의 상한을 초과한 전압이 정전 흡착막에 인가되었는지의 여부를 판정하고, 절연 내압의 상한을 초과했다고 판정한 횟수가, 미리 설정된 판정 횟수 임계값보다 많아지면, 정전 흡착막을 교환한다는 취지의 경고를 출력한다.

### 발명의 효과

[0023] 본원에 있어서 개시되는 발명 중, 대표적인 것에 의해 얻어지는 효과를 간단하게 설명하면 이하와 같다.

[0024] 고품질인 플라즈마 처리를 행할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 일 실시형태에 의한 쌍극 방식 전극을 이용한 플라즈마 처리 장치에 있어서의 주요부의 구성의 일례를 나타내는 설명도이다.

도 2는 본 발명자가 검토한 ESC 전극에 인가되는 고(高)전력측의 바이어스 전압인 고주파 전압의 모니터값만을 이용했을 때에 있어서의 반도체 웨이퍼의 온도 제어가 곤란해지는 플라즈마 처리 장치의 각부의 신호의 일례를 나타내는 타이밍 차트이다.

도 3은 본 발명자가 검토한 ESC 전극에 인가되는 고전력측의 바이어스 전압인 고주파 전압의 모니터값만을 이용했을 때에 있어서의 정전 흡착막이 절연 파괴되어버리는 플라즈마 처리 장치의 각부의 신호의 일례를 나타내는 타이밍 차트이다.

도 4는 도 1의 플라즈마 처리 장치에 있어서의 각부의 신호 타이밍의 일례를 나타내는 타이밍 차트이다.

도 5는 도 1의 플라즈마 처리 장치가 갖는 ESC 전원 제어부에 의한 예칭 처리 중의 제어 동작의 일례를 나타내는 플로우 차트이다.

도 6은 일 실시형태에 의한 단극 방식 전극을 이용한 플라즈마 처리 장치에 있어서의 주요부의 구성의 일례를 나타내는 설명도이다.

도 7은 일 실시형태에 의한 플라즈마 처리 장치의 개략 단면을 나타내는 설명도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하의 실시형태에 있어서는 편의상 그 필요가 있을 때에는, 복수의 섹션 또는 실시형태로 분할하여 설명하지만, 특별히 명시한 경우를 제외하고, 그들은 서로 무관계인 것은 아니고, 일방은 타방의 일부 또는 전부의 변형예, 상세, 보충 설명 등의 관계에 있다.

[0027] 또, 이하의 실시형태에 있어서, 요소의 수 등(개수, 수치, 양, 범위 등을 포함한다)으로 언급하는 경우, 특별히 명시한 경우 및 원리적으로 명백하게 특정한 수에 한정되는 경우 등을 제외하고, 그 특정한 수에 한정되는 것은 아니며, 특정한 수 이상이어도 이하여도 된다.

[0028] 또한, 이하의 실시형태에 있어서, 그 구성 요소(요소 단계 등도 포함한다)는, 특별히 명시한 경우 및 원리적으로 명백하게 필수적이라고 생각되는 경우 등을 제외하고, 반드시 필수적인 것이 아닌 것은 말할 것도 없다.

[0029] 마찬가지로, 이하의 실시형태에 있어서, 구성 요소 등의 형상, 위치 관계 등으로 언급할 때에는 특별히 명시한 경우 및 원리적으로 명백하게 그렇지 않다고 생각되는 경우 등을 제외하고, 실질적으로 그 형상 등에 근사하거나 또는 유사한 것 등을 포함하는 것으로 한다. 이것은, 상기 수치 및 범위에 대해서도 마찬가지이다.

[0030] 또, 실시형태를 설명하기 위한 전체 도면에 있어서, 동일한 부재에는 원칙적으로 동일한 부호를 표시하고, 그 반복의 설명은 생략한다. 또한, 도면을 이해하기 쉽게 하기 위해 평면도여도 해칭을 표시하는 경우가 있다.

[0031] 이하, 실시형태를 상세하게 설명한다.

[0032] < 플라즈마 처리 장치의 구성예 >

[0033] 도 1은, 본 실시형태에 의한 도 7에 나타내는 바와 같은 플라즈마 처리 장치에 있어서의 주요부의 구성의 일례를 나타내는 설명도이다. 이 도 1에서는, 플라즈마 처리 장치가 갖는 피(被)가공 시료 설치부(100) 및 당해 피가공 시료 설치부(100)에 접속되는 각 회로부에 대하여 나타내고 있다.

[0034] 플라즈마 처리 장치는, 도 1에 나타내는 바와 같이, 시료대인 피가공 시료 설치부(100)가 설치되어 있다. 피가공 시료 설치부(100)는, 반도체 웨이퍼 등의 후술하는 피가공 시료(104)가 플라즈마 처리되는 도시하지 않은 처리실에 설치되어 있다.

[0035] 피가공 시료 설치부(100)는 기재부(101), 정전 흡착막(102), 및 ESC 전극(103A, 103B)을 갖는다. 고주파 전력 이 인가되는 기재부(101)의 상부에는, 정전 흡착막(102)이 재치되어 있다. 이 정전 흡착막(102)은, 예를 들면



세라믹 등에 의해 형성되어 있다. 또, 정전 흡착막(102)에는, ESC 전극(103A, 103B)이 각각 매립되어 있다.

- [0036] 제 1 전극이 되는 ESC 전극(103A)은, 도 1의 우측에 배치되어 있고, 그 좌측에는, 제 2 전극이 되는 ESC 전극(103B)이 배치되어 있으며, 도 1에 있어서는, 쌍극 방식 정전 흡착부의 예를 나타내고 있다. 정전 흡착막(102)에는, 피가공 시료(104)가 재치된다. 전술한 바와 같이 피가공 시료(104)는, 반도체 웨이퍼 등이다.
- [0037] ESC 전극(103A)에는, 저역(低域) 통과 필터(106A)의 일방이 접속되어 있고, 당해 저역 통과 필터(106A)의 타방에는, ESC 전원(105A)이 접속되어 있다. ESC 전극(103B)에는, 저역 통과 필터(106B)의 일방이 접속되어 있고, 당해 저역 통과 필터(106B)의 타방에는, ESC 전원(105B)이 접속되어 있다. 이들 저역 통과 필터(106A, 106B)는, 소위 로우 패스 필터(LPF:Low Pass Filter)이다.
- [0038] 제 1 직류 전원이 되는 ESC 전원(105A)은, 저역 통과 필터(106A)를 개재하여 ESC 전극(103A)에 직류 전압을 공급한다. 제 2 직류 전원이 되는 ESC 전원(105B)은, 저역 통과 필터(106B)를 개재하여 ESC 전극(103B)에 직류 전압을 공급한다.
- [0039] ESC 전극(103A, 103B)에는, 극성이 다른 직류 전압이 각각 공급되어 있고, 플라즈마(107)가 없는 상태에서는, 각각의 ESC 전극(103A, 103B)에 인가한 직류 전압의 전위차에 의해, 피가공 시료(104)를 정전 흡착막(102)에 정전 흡착하는 정전 흡착용의 전극이다.
- [0040] 또, 기재부(101)에는, 고주파 정합기(111)가 접속되어 있다. 이 고주파 정합기(111)에는, 고주파 전원(112)이 접속되어 있다. 고주파 정합기(111)는, 후술하는 고전압측  $V_{pp}$  검출기(108), 저(低)전압측  $V_{pp}$  검출기(109), 및 바이어스 정합기(110)를 갖는 구성으로 이루어진다. 바이어스 정합기(110)는, 고주파 전원(112)으로부터 출력되는 고주파 전력의 바이어스 정합을 행한다.
- [0041] 전원 제어부인 ESC 전원 제어부(116)는, 고주파 정합기(111)의 고전압측  $V_{pp}$  검출기(108) 및 저전압측  $V_{pp}$  검출기(109)에 의한 검출 결과에 의거하여, ESC 전원(105A, 105B)으로부터 출력되는 출력 전압값을 설정한다.
- [0042] 또,  $V_{pp}$  검출기(예를 들면, 고전압측  $V_{pp}$  검출기(108)만)에 High/Low의 타이밍을 설정함으로써 1계통에 의한  $V_{pp}$  검출 결과에 의거하여, ESC 전원(105A, 105B)으로부터 출력되는 출력 전압을 설정할 수도 있다.
- [0043] 또, 기재부(101)에는, 바이어스 정합기(110)를 개재하여 고주파 전원(112)으로부터의 고주파 전력의 바이어스 전력으로서 인가된다. 고주파 전원(112)은, 예를 들면 주파수 4MHz 정도, 출력 1kW~7.5kW 정도의 전원이다.
- [0044] 고주파 전원(112)은, TM 모드로서 TM 듀티(TM Duty) 5~95% 정도, TM 주파수 0.1~5kHz 정도의 범위로 출력한다. 이때, TM 듀티는, 1주기에 대한 고(高)바이어스 파워의 기간의 비(比)이다.
- [0045] TM 모드, 바꿔 말하면 TM 바이어스는, 피가공 시료(104)에 인가하는 고주파 전압이 높은 전압과 낮은 전압의 2종류의 고주파 전력(바이어스)을 번갈아 인가하고, 그 고주파 전력의 시간 비율(TM 듀티)과 반복 주파수를 설정하여 플라즈마 에칭한다.
- [0046] 또, 기재부(101)의 내부에는, 냉매를 흐르는 유로인 복수의 냉매 유로(113)가 형성되어 있다. 냉매 유로(113)에는, 온도 제어된 냉매가 흐르도록 되어 있고, 이것에 의해, 기재부(101)의 온도가 제어된다.
- [0047] 또한, 피가공 시료(104)와 정전 흡착막(102)의 사이에는, 헬륨 공급부(114)로부터 헬륨이 일정 압력으로 공급되어 있다. 이것에 의해, 피가공 시료(104)와 정전 흡착막(102) 사이의 열전도가 높아진다. 고주파 전원(112)에는, 예칭 제어부(115)가 접속되어 있고, 당해 고주파 전원(112)은, 예칭 제어부(115)에 의해 제어된다.
- [0048] < 고주파 전압  $V_{pp\_H}$ 만을 이용한 전압 제어의 문제점 >
- [0049] 여기서, 지금까지의 ESC 전원의 출력 전압의 제어 기술에 대하여 설명한다.
- [0050] 지금까지의 기술에 있어서는, ESC 전극에 인가되는 고전력측의 바이어스 전압인 고주파 전압  $V_{pp\_H}$ 의 모니터값만을 이용하여, 예를 들면 이하의 식에 의거하여, 2대의 ESC 전원의 출력 전압( $V_A$ ,  $V_B$ )을 결정하고, 조건에 따라 다른 고주파 전압  $V_{pp}$ 값에 대하여, 자동적으로 제어를 행하고 있었다.

## 수학식 1

ESC 전원 A의 출력  $V_A = V_{ESC}/2 - V_{pp\_H} * R_1$  ..... (식 1)

ESC 전원 B의 출력  $V_B = -(V_{ESC}/2 + V_{pp\_H} * R_1)$  ..... (식 2)

[0051]

[0052]

여기서,  $V_{ESC}$ 는 에칭 레시피 내에서 설정하는 2개의 ESC 전원(105A, 105B)에 있어서의 출력 전압값의 차이이다.  $R_1$ 은 레시피 내에서 설정하는  $V_{dc}/V_{pp}$ 비이고, 실측 결과로부터, 연속 출력(즉, TM 듀티 100%)의 경우에서, 통상 0.3-0.45 정도를 설정하고 있다.

[0053]

또한, 실제의 반도체 웨이퍼 상의 전위  $V_w$ 는, 식 3에 의거하여 산출한다.

## 수학식 2

실제의 반도체 웨이퍼 상의 전위  $V_w = (V_A + V_B)/2$   
 $= -V_{pp\_H} * R_1$  ..... (식 3)

[0054]

[0055]

도 2, 도 3은, 본 발명자가 검토한 ESC 전극에 인가되는 고전력측의 바이어스 전압인 고주파 전압  $V_{pp\_H}$ 의 모니터값만을 이용했을 때에 있어서의 플라즈마 처리 장치의 각부의 신호의 타이밍 차트이다.

[0056]

도 2에 있어서, 상방으로부터 하방에 걸쳐서는, 고(高) $V_{pp}$ 의 고주파 파형(201), 저(低) $V_{pp}$ 의 고주파 파형(202), ESC 전극 A에의 인가 전압(203), ESC 전극 B에의 인가 전압(205), 실제의 반도체 웨이퍼 상의 전위(204), 및 ESC 전극 A, B와 피가공 시료 사이의 각각의 전위차(206, 207)를 각각 나타내고 있다.

[0057]

마찬가지로, 도 3에 있어서, 상방으로부터 하방에 걸쳐서는, 고 $V_{pp}$  파형인 고주파 파형(301), 저 $V_{pp}$  파형인 고주파 파형(302), ESC 전극 A에의 인가 전압(303), ESC 전극 B에의 인가 전압(305), 실제의 반도체 웨이퍼 상의 전위(304), 및 2개의 ESC 전극 A, B와 피가공 시료 사이의 각각의 전위차(306, 307)를 각각 나타내고 있다.

[0058]

또, 계측 조건은, 정전 흡착막의 내전압( $V_d$ )이 3000V, 에칭 설정값 중, 고출력 4kW, 저출력 200W, TM 듀티 40%, TM 주파수 1kHz의 2레벨 TM 조건이며, 또한,  $R_1=0.4$ , 흡착 전압의 설정값  $V_{ESC}=3000V$ 일 때이다.

[0059]

여기서, 전술한 고전력측의  $V_{pp\_H}$ 의 모니터 전압만으로 ESC 전극 A, B의 출력 전압을 제어하는 경우에 대하여 검토한다.

[0060]

이 경우, 도 2와 같이 고출력 시와 저출력 시의  $V_{pp}$ 값의 차이가 2.5kV 이상이 되면, 저출력 시의 ESC 전극 A와 피가공 시료 사이의 전위차(206)가, 최저 필요 흡착 전압(208)(예를 들면, 1kV 정도)보다 작아져버린다. 그것에 의해, 반도체 웨이퍼의 온도 제어가 곤란해진다.

[0061]

또, 도 3과 같이 다른 에칭 조건으로  $V_{pp}$ 가 3333V 정도를 초과한 경우에는, ESC 전극 B와 피가공 시료 사이의 전위차(307)가, 정전 흡착막의 절연 내전압  $V_d$ 보다 커져, 정전 흡착막이 절연 파손되어버린다는 문제가 생기고 있었다.

[0062]

< 문제점을 해결하는 구성 >

[0063]

그래서, 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치에서는, 전술한 바와 같이 고주파 정합기(111)에, 고전압측  $V_{pp}$  검출기(108) 및 저전압측  $V_{pp}$  검출기(109)를 구비하는 구성으로 했다. 그리고, ESC 전원 제어부(116)가, 고전압측  $V_{pp}$  검출기(108) 및 저전압측  $V_{pp}$  검출기(109)로부터 검출되는 검출값을 이용하여 ESC 전원(105A, 105B)의 출력값을 결정한다.

[0064]

전압 검지부가 되는 고전압측  $V_{pp}$  검출기(108)는, 에칭 제어부(115) 혹은 고주파 전원(112)으로부터 출력된 TM 주파수와 TM 듀티에 대응하는 트리거(trigger) 신호에 의거하여, 고전압측의 타이밍에서 검지된  $V_{pp\_H}$ 를 검출하여 ESC 전원 제어부(116)로 출력한다.

[0065]

또, 마찬가지로 전압 검지부가 되는 저전압측  $V_{pp}$  검출기(109)는, 에칭 제어부(115) 혹은 고주파 전원(112)으로

부터 출력된 TM 주파수와 TM 듀티에 대응하는 트리거 신호에 의거하여, 저전압측의 타이밍에서 검지된 바이스 전압인 고주파 전압  $V_{pp\_L}$ 을, ESC 전원 제어부(116)로 출력한다.

[0066] 그리고, ESC 전원 제어부(116)에서는, 이하에 나타내는 식 4로부터 시간 평균의 고주파 전압을 산출한다.

### 수학식 3

ESC 전원 제어부(116)는, 고전압측  $V_{pp}$  검출기(108) 및 저전압측  $V_{pp}$  검출기(109)로부터 출력된  $V_{pp}$  모니터값에 의거하여, 시간 평균의 고주파 전압  $\overline{V_{pp}}$ 를 산출한다.

$$\begin{aligned}\overline{V_{pp}} &= V_{pp\_H} \times D + V_{pp\_L} \times (1 - D) \\ &= (V_{pp\_H} - V_{pp\_L}) \times D + V_{pp\_L} \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 4)\end{aligned}$$

[0067]

[0068] 가 된다. 이때 D는, TM 바이어스의 TM 듀티이다. ESC 전원(105A, 105B)의 출력 전압  $V_A$ ,  $V_B$ 는, 식 5 및 식 6에 의거하여 산출한다.

### 수학식 4

$$\begin{aligned}V_A &= V_{ESC} / 2 - \overline{V_{pp}} * R_1 \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 5) \\ V_B &= -(V_{ESC} / 2 + \overline{V_{pp}} * R_1) \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 6)\end{aligned}$$

[0069]

[0070] 본 실시형태에 있어서, 2레벨 TM이 아니고 통상의 TM 바이어스의 경우에는, 식 5, 식 6에  $V_{pp\_L}=0$ (즉, 저출력 파워가 0W)을 대입하면 되고,

### 수학식 5

$$\begin{aligned}V_A &= V_{ESC} / 2 - V_{pp\_H} * D * R_1 \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 7) \\ V_B &= -(V_{ESC} / 2 + V_{pp\_H} * D * R_1) \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 8)\end{aligned}$$

[0071]

[0072] 의 양쪽 식으로 ESC 전원(105A, 105B)을 제어한다.

[0073] 이때의  $V_{pp}$  전압 파형, ESC 전원의 출력 전압, 그리고, ESC 전극(103A, 103B)과 피가공 시료(104) 사이의 각각의 전위차의 신호 타이밍에 대하여 설명한다.

[0074] < 플라즈마 처리 장치의 신호 타이밍에 >

[0075] 도 4는, 도 1의 플라즈마 처리 장치에 있어서의 각부의 신호 타이밍의 일례를 나타내는 타이밍 차트이다.

[0076] 이 도 4에 있어서, 상방으로부터 하방에 걸쳐서는, 고 $V_{pp}$  파형의 고주파 파형(401)과 저 $V_{pp}$  파형의 고주파 파형(402), ESC 전극 A에의 인가 전압(403), 실제의 반도체 웨이퍼 상의 전위(404), ESC 전극 B에의 인가 전압(405), 및 ESC 전극 A, B와 피가공 시료 사이의 각각의 전위차(409, 410)를 각각 나타내고 있다.

[0077] 도 1의 플라즈마 처리 장치의 경우, ESC 전원 제어부(116)가, 식 4를 이용하여 고출력 시와 저출력 시의 피가공 시료(104) 상의 전위의 시간 평균값(406)을 계산하여, 그 값에 의거하여, ESC 전원(105A)의 출력 전압(407)과 ESC 전원(105B)의 출력 전압(408)을 제어한다. 여기서, 상기한 고출력 시는 제 1 기간이 되고, 저출력 시는 제 2 기간이 된다.

[0078] 이 제어에 의해, ESC 전극(103A)과 피가공 시료(104) 사이의 전위차(409)는, 흡착력이 커지는 방향으로 시프트시키는 것이 가능해진다. 또한, 저전압 시의 ESC 전극(103B)과 피가공 시료(104) 사이의 전압 차이  $V_B$ 측의 절

연 내전압도, 정전 흡착막의 절연 내전압(412) 이하로 제어하는 것이 가능해진다.

- [0079] 이와 같이, 식 5~식 8에 나타내는 제어식은, 종래 계산에 비해, 레시피 설정된 TM 바이어스의 TM 듀티를 자동적으로 Vpp의 평균값으로서 얻을 수 있어, 흡착력의 확보 및 정전 흡착막(102)의 파괴를 회피할 수 있는 영역을 넓히는 것이 가능해졌다.
- [0080] 이 흡착력 확보와 절연 내압력을 확보할 수 있는 영역은, 고Vpp와 저Vpp로 구성되는 TM 바이어스에 있어서, Vpp\_H와 Vpp\_L의 차이가 클수록 좁아진다.
- [0081] < 플라즈마 처리 장치가 갖는 ESC 전원 제어부의 제어 동작에 >
- [0082] 도 5는, 도 1의 플라즈마 처리 장치가 갖는 ESC 전원 제어부(116)에 의한 에칭 처리 중의 제어 동작의 일례를 나타내는 플로우 차트이다.
- [0083] 먼저, 피가공 시료(104)가 피가공 시료 설치부(100)에 재치되면, 처리실에 마이크로파가 공급되고, 헬륨 공급부(114)에 의해 처리실 내에 헬륨 가스가 공급된다. 그리고, 처리실 내의 압력을 소정의 압력으로 제어하고, 당해 처리실 내에 공급된 마이크로파와 도시하지 않은 솔레노이드 코일에 의해 발생한 정(靜)자기장의 상호 작용에 의해, 처리실 내에 고밀도인 도 1에 나타내는 플라즈마(107)를 발생시킨다.
- [0084] 에칭이 개시되면(단계 S501), 에칭 제어부(115)로 에칭 레시피에 기재된 고주파 전원(112)의 출력 모드가 TM 바이어스인지 CW(연속파) 바이어스인지 판정하여(단계 S502), 그 판정 결과에 의한 모드로 출력한다(단계 S503, S504).
- [0085] 플라즈마가 착화되어 고주파 전원(112)이 설정값대로 출력되어 에칭 처리가 실시되고 있는 동안에는, 고전압측 Vpp 검출기(108) 및 저전압측 Vpp 검출기(109)에서 검지된 모니터값 Vpp\_H, Vpp\_L이, ESC 전원 제어부(116)에 입력된다(단계 S505).
- [0086] 계속해서, 상기한 식 5 및 식 6에 의거하여 계산된 출력 전압 V<sub>A</sub>, V<sub>B</sub>에 상당하는 전압을 출력하도록 ESC 전원(105A, 105B)을 제어한다(단계 S506). 그리고, 계산된 출력 전압 V<sub>A</sub>, V<sub>B</sub>의 값에 대하여, 이하의 판정을 행한다(단계 S507).

## 수학식 6

$$V_d > |(V_A) + V_{pp\_H} * R_2 H| \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 9)$$

$$V_d > |(V_B) + V_{pp\_H} * R_2 H| \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 10)$$

$$V_d > |(V_A) + V_{pp\_L} * R_2 L| \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 11)$$

$$V_d > |(V_B) + V_{pp\_L} * R_2 L| \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 12)$$

- [0087]
- [0088] 여기서, V<sub>d</sub>는, 정전 흡착막의 내압 사용 상한 임계값(V)이고, R<sub>2H</sub>는, 고출력 시의 실제의 V<sub>dc</sub>/V<sub>pp</sub>비이며, R<sub>2L</sub>은, 저출력 시의 V<sub>dc</sub>/V<sub>pp</sub>비이다.
- [0089] 식 9는, 고출력 시의 +측 전극인 ESC 전극(103A)과 피가공 시료(104) 사이의 전위차를 나타내고 있다. 식 10은, 고출력 시의 -측 전극인 ESC 전극(103B)과 피가공 시료(104) 사이의 전위차를 나타내고 있다.
- [0090] 식 11은, 저출력 시의 +측 전극인 ESC 전극(103A)과 피가공 시료(104) 사이의 전위차를 나타내고 있다. 식 12는, 저출력 시의 -측 전극인 ESC 전극(103B)과 피가공 시료(104) 사이의 전위차를 나타내고 있다.
- [0091] ESC 전원 제어부(116)는, 각각의 전압이 정전 흡착막의 내압 사용 상한 임계값보다 작으면 에칭 처리를 계속하고(단계 S512), 그 이상이면 경고를 발생하여, 경고 카운터를 +1 증가시킨다(단계 S508).
- [0092] 그리고, 그 정전 흡착막의 내압 상한을 초과한 횟수가, 미리 설정된 횟수 임계값을 초과한 경우(단계 S509), ESC 전극의 교환의 경고를 출력한다(단계 S510).
- [0093] ESC 전극 교환의 경고가 출력된 경우에는, 에칭 처리가 종료된 후, ESC 전극의 교환을 실시한다(단계 S511).

여기서, 힛수 임계값은, 예를 들면 ESC 전원 제어부(116)가 갖는 도시하지 않은 메모리 등에 저장된다.

[0094] 식 9~식 12에 있어서는  $R_2H$ ,  $R_2L$ 은 고출력 시, 저출력 시의  $V_{pp}$  전압에 따른 함수인데, 사전에 실험으로 실측하여, 데이터베이스화하여 사용하는 것이 바람직하지만, 레시피 설정값  $R_1$  등으로 대응해도 된다.

[0095] 이때의 2레벨이 아닌 통상의 TM 바이어스의 경우, 식 9~식 12의  $R_2$ 는 대략 0으로 간주해도 되고, 이하와 같이 단순화하여 사용해도 된다.

### 수학식 7

$$V_d > |(V_A) + V_{pp\_H} * R_1| \quad \dots\dots\dots (식 13)$$

$$V_d > |(V_B) + V_{pp\_H} * R_1| \quad \dots\dots\dots (식 14)$$

$$V_d > |(V_A)| \quad \dots\dots\dots (식 15)$$

$$V_d > |(V_B)| \quad \dots\dots\dots (식 16)$$

[0096]

[0097] < 실시예 1 >

[0098] 예를 들면, 임계값  $V_d=3000V$ 의 ESC 전극을 이용하여,  $V_{ESC}=3000V$ ,  $R_1=0.45$ ,  $D=80\%$ 의 레시피 설정값에 대하여,  $V_{pp\_H}=4000V$ ,  $V_{pp\_L}=0V$ 가 모니터된 경우에 대하여 생각한다.

[0099] 고전압 시의 ESC는 식 7로부터  $ECS(+)$ 는  $60V$ , 식 8로부터  $ECS(-)$ 는  $-2940V$ , TM 바이어스의 고전압 시는 CW일 때의 식 3으로부터  $-1800V$ 가 되고, 고전압 시의 ESC 전극과 피가공 시료 사이의 전압은  $|1860/1140V|$ , 식 9, 식 10으로부터, 저전압 시의 ESC 전극과 피가공 시료 사이의 전압은  $|60/2940V|$ 가 되며, 임계값  $V_d$ 를 하회하기 때문에 사용 제한 예러, 즉 정전 흡착막의 내압 불량이 되지는 않는다.

[0100] 그러나,  $V_{pp}=5000V$ 가 되면, 고전압 시의 ESC 전극과 피가공 시료 사이의 전압은  $|1950/1050V|$ , 식 9, 식 10으로부터, 저전압 시의 ESC 전극과 피가공 시료 사이의 전압은  $|300/3300V|$ 가 된다. 따라서, 저전압 시의 -측의 ESC 전극의 임계값  $V_d$ 의 상한을 초과하기 때문에 사용 제한 예러가 된다.

[0101] 또, 본 실시형태에서는,  $V_{pp\_L}$ 도 검지하여 제어하는 예에 대하여 나타냈지만, 저전압측  $V_{pp}$  검출기(109)가 붙어 있지 않은 경우, 식 5, 6에  $V_{pp\_L}=0$ 을 대입하여,

### 수학식 8

$$V_A = V_{ESC} / 2 - V_{pp} * D * R_1 \quad \dots\dots\dots (식 17)$$

$$V_B = -(V_{ESC} / 2 + V_{pp} * D * R_1) \quad \dots\dots\dots (식 18)$$

[0102] 여기서,  $V_{pp} = V_{pp\_H}$

[0103] 의 양쪽 식으로 ESC 전원(105A, 105B)을 제어함으로써, 충분한 흡착력을 유지하면서, 정전 흡착막(102)의 파괴를 회피하는 것이 가능해진다.

[0104] < 실시예 2 >

[0105] 또, 상기한 실시예 1의 형태는, 쌍극 방식 전극에 대한 예를 나타냈지만, 단극 방식 전극에 있어서는 적용할 수 있다.

[0106] 도 6은, 도 1의 플라즈마 처리 장치에 있어서의 주요부의 구성의 다른 예를 나타내는 설명도이다.

[0107] 도 6에 있어서, 피가공 시료 설치부(600)는 기재부(601), 정전 흡착막(602), 및 ESC 전극(603)을 갖는다. 고주

파 전력이 인가되는 기재부(601)의 상부에는, 정전 흡착막(602)이 재치되어 있다.

[0108] 정전 흡착막(602)은, 예를 들면 세라믹 등에 의해 형성되어 있다. 또, 정전 흡착막(602)에는, ESC 전극(603)이 각각 매립되어 있다. ESC 전극(603)에는, 저역 통과 필터(606)가 접속되어 있고, 당해 저역 통과 필터(606)에는, ESC 전원(605)이 접속되어 있다.

[0109] 직류 전원이 되는 ESC 전원(605)은, 저역 통과 필터(606)를 개재하여 ESC 전극(603)에 직류 전압을 공급한다.

[0110] 또, 기재부(601)에는, 고주파 정합기(610)가 접속되어 있다. 이 고주파 정합기(610)에는, 고주파 전원(611)이 접속되어 있다. 고주파 정합기(610)는,  $V_{pp}$  검출기(608), 및 바이어스 정합기(609)를 갖는 구성으로 이루어진다. 바이어스 정합기(609)는, 고주파 전원(611)으로부터 출력되는 고주파 전력의 바이어스 정합을 행한다.

[0111] 전원 제어부인 ESC 전원 제어부(615)는, 고주파 정합기(610)의  $V_{pp}$  검출기(608)에 의한 검출 결과에 의거하여, ESC 전원(605)으로부터 출력되는 출력 전압값을 설정한다. ESC 전원의 출력  $V$ 를 식 7로 대용하여 계산하는 것이 가능하지만, 단극 방식 전극의 흡착 전압의 설정값은 단극이 되기 때문에,  $V_{ESC}$ 값은 2분할하지 않고 그대로를 대입하여 산출한다.

[0112] 즉, 식 19에 의거하여 산출할 수 있다.

### 수학식 9

$$V_A = -(V_{ESC} + V_{pp\_H} \cdot D \cdot R_1) \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 19)$$

[0114] 계속해서, 상기한 식 19에 의거하여, 계산된  $V_A$ 에 해당하는 전압을 출력하도록 ESC 전원(605)을 제어한다. 그리고, 계산된  $V_A$ 값에 대하여, 이하의 판정을 행한다.

### 수학식 10

$$V_d > |(V_A) + V_{pp\_H} \cdot R_2 \cdot H| \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 20)$$

$$V_d > |(V_A) + V_{pp\_L} \cdot R_2 \cdot L| \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 21)$$

[0116] 여기서,  $V_d$ 는, 정전 흡착막의 내압 사용 상한 임계값( $V$ ),  $R_2H$ 는, 고출력 시의 실제의  $V_{dc}/V_{pp}$ 비,  $R_2L$ 은 저출력 시의  $V_{dc}/V_{pp}$ 비이다.

[0117] 식 20은, 고출력 시의 ESC 전극(603)과 피가공 시료(604) 사이의 전위차를 나타내고 있다.

[0118] 식 21은, 저출력 시의 ESC 전극(603)과 피가공 시료(604) 사이의 전위차를 나타내고 있다.

[0119] 식 20, 식 21에 있어서는  $R_2H$ ,  $R_2L$ 은 고출력 시, 저출력 시의  $V_{pp}$  전압에 따른 함수인데, 사전에 실험으로 실측하여, 데이터베이스화하여 사용하는 것이 바람직하지만, 레시피 설정값  $R_1$  등으로 대용해도 된다.

[0120] 이때의 2레벨이 아닌 통상의 TM 바이어스의 경우, 식 20, 식 21의  $R_2$ 는 대략 0으로 간주해도 되고, 이하와 같이 단순화하여 사용해도 된다.

### 수학식 11

$$V_d > |(V_A) + V_{pp\_H} \cdot R_1| \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 22)$$

$$V_d > |(V_A)| \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 23)$$



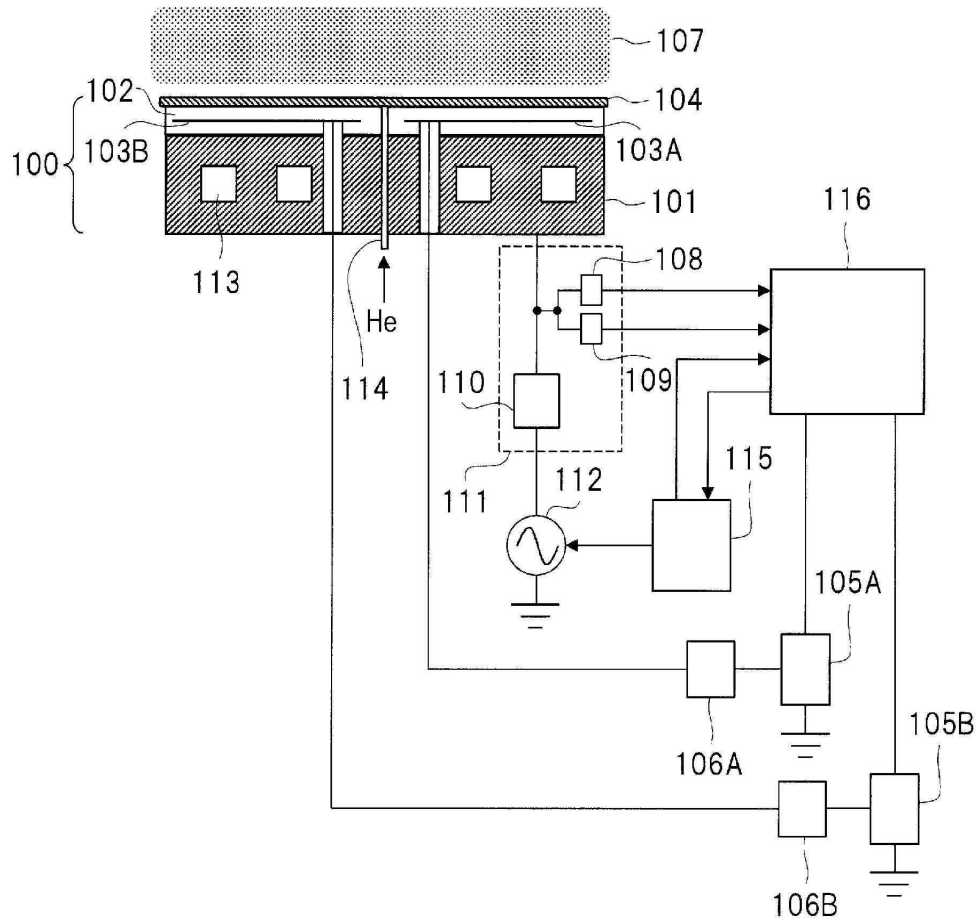
- [0122] 예를 들면, 임계값  $V_d=1000V$ 의 ESC 전극을 이용하여,  $V_{ESC}=500V$ ,  $R_1=0.45$ ,  $D=80\%$ 의 레시피 설정값에 대하여,  $V_{pp\_H}=400V$ ,  $V_{pp\_L}=0V$ 가 모니터된 경우에 대하여 생각한다.
- [0123] 고전압 시의 ESC는, 식 19로부터 ECS는  $-644V$ , TM의 고전압 시는 CW일 때의 식 3으로부터  $-180V$ 가 된다. 저전압 시의 ESC 전극과 피가공 시료 사이의 전압은  $|464V|$ 가 되고, 임계값  $V_d$ 를 하회하기 때문에 사용 제한 에러, 즉 정전 흡착막의 내압 불량이 되지는 않는다.
- [0124] 그러나,  $V_{pp}=2500V$ 가 되면, 고전압 시의 ESC 전극과 피가공 시료 사이의 전압은  $|275V|$ , 저전압 시의 ESC 전극과 피가공 시료 사이의 전압은  $|1400V|$ 가 된다. 따라서, 저전압 시의 ESC 전극의 임계값  $V_d$ 의 상한을 초과하기 때문에 사용 제한 에러가 된다.
- [0125] 또, 도 5에 나타내는 에칭 중의 제어 동작의 일례의 플로우 차트도 마찬가지로 적용할 수 있다.
- [0126] 이상에 의해, 정전 흡착막(602)의 파괴 방지 및 시료의 정전 흡착력을 확보하면서, 플라즈마 처리 중의 시료의 온도를 안정적으로 제어할 수 있다. 그것에 의해, 고품질인 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치를 실현할 수 있다.
- [0127] 이상, 본 발명자에 의해 이루어진 발명을 실시형태에 의거하여 구체적으로 설명했지만, 본 발명은 상기 실시형태에 한정되는 것은 아니고, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 여러가지로 변경 가능한 것은 말할 것도 없다.
- [0128] 또한, 본 발명은 상기한 실시형태에 한정되는 것은 아니고, 여러가지 변형예가 포함된다. 예를 들면, 상기한 실시형태는 본 발명을 이해하기 쉽게 설명하기 위해 상세하게 설명한 것이며, 반드시 설명한 모든 구성을 구비하는 것에 한정되는 것은 아니다.
- [0129] 또, 어떤 실시형태의 구성의 일부를 다른 실시형태의 구성으로 치환하는 것이 가능하고, 또, 어떤 실시형태의 구성에 다른 실시형태의 구성을 추가하는 것도 가능하다. 또, 각 실시형태의 구성의 일부에 대하여, 다른 구성의 추가, 삭제, 치환을 하는 것이 가능하다.
- [0130] 예를 들면, 상기한 실시예 1의 경우에는  $V_A$ 의 초기값,  $V_B$ 의 초기값,  $R_1$  및  $V_A$ 와  $V_B$ 의 전위차를 파라미터로서 레시피에 설정함으로써, 플라즈마 처리 중의 자동 추종을 가능하게 할 수 있다.
- [0131] 또, 상기한 실시예 2의 경우에 있어서는  $V_{ESC}$ 의 초기값,  $R_1$ , 및 정전 흡착막의 양단 사이의 전위차를 파라미터로서 레시피에 설정함으로써, 플라즈마 처리 중의 자동 추종을 가능하게 할 수 있다.

### 부호의 설명

- |        |                        |                        |
|--------|------------------------|------------------------|
| [0132] | 100: 피가공 시료 설치부        | 101: 기재부               |
|        | 102: 정전 흡착막            | 103A: ESC 전극           |
|        | 103B: ESC 전극           | 104: 피가공 시료            |
|        | 105A: ESC 전원           | 105B: ESC 전원           |
|        | 106A: 저역 통과 필터         | 106B: 저역 통과 필터         |
|        | 107: 플라즈마              | 108: 고전압측 $V_{pp}$ 검출기 |
|        | 109: 저전압측 $V_{pp}$ 검출기 | 110: 바이어스 정합기          |
|        | 111: 고주파 정합기           | 112: 고주파 전원            |
|        | 113: 냉매 유로             | 114: 헬륨 공급부            |
|        | 115: 에칭 제어부            | 116: ESC 전원 제어부        |

도면

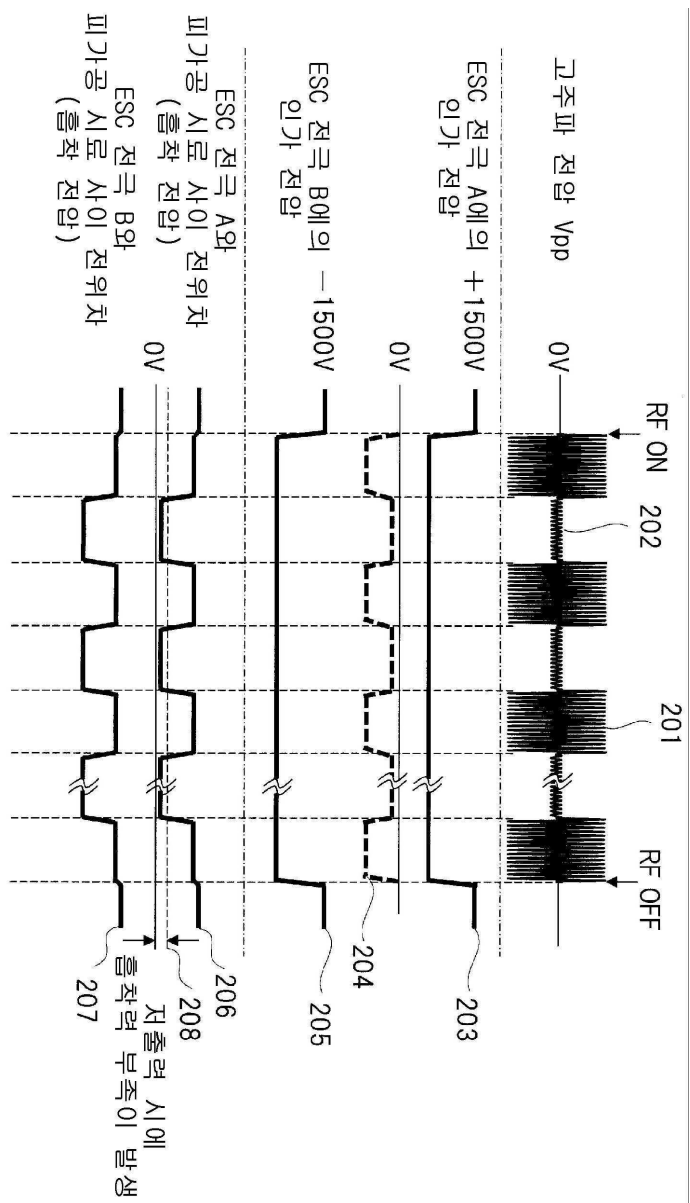
도면1



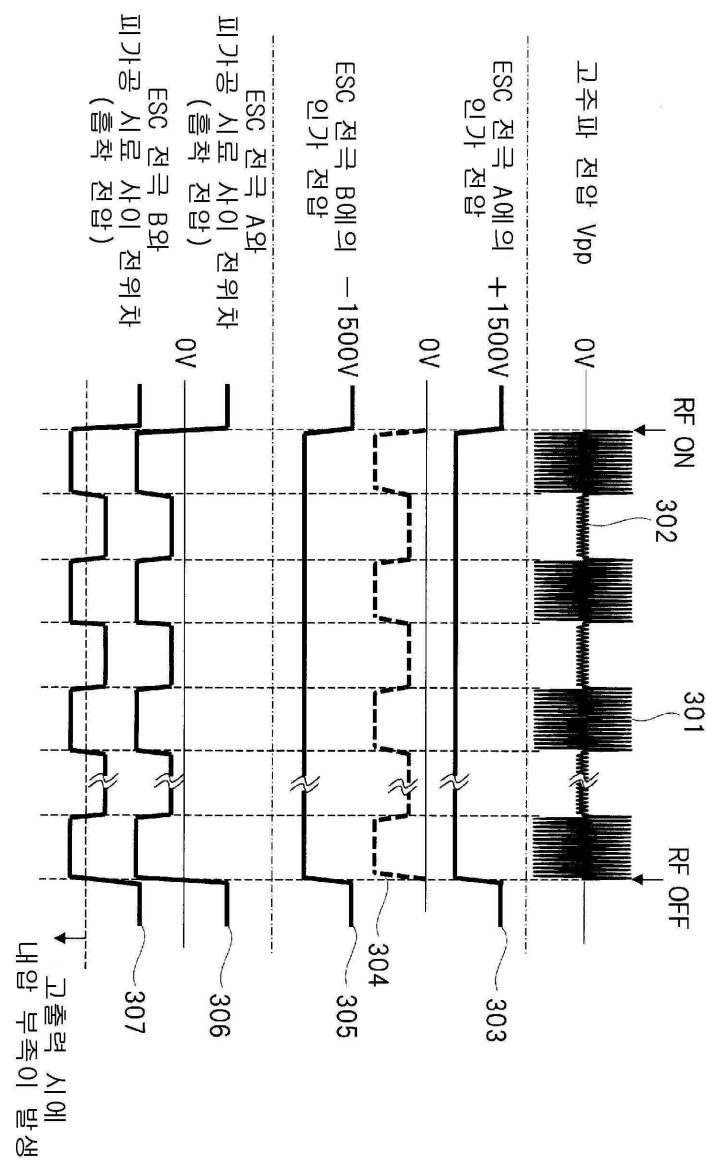
- 100 : 피가공 시료 설치부
- 102 : 정전 흡착막
- 103A, 103B : ESC 전극
- 105A, 105B : ESC 전원
- 112 : 고주파 전원
- 108 : 고전압측 Vpp 검출기
- 109 : 저전압측 Vpp 검출기
- 116 : ESC 전원 제어부



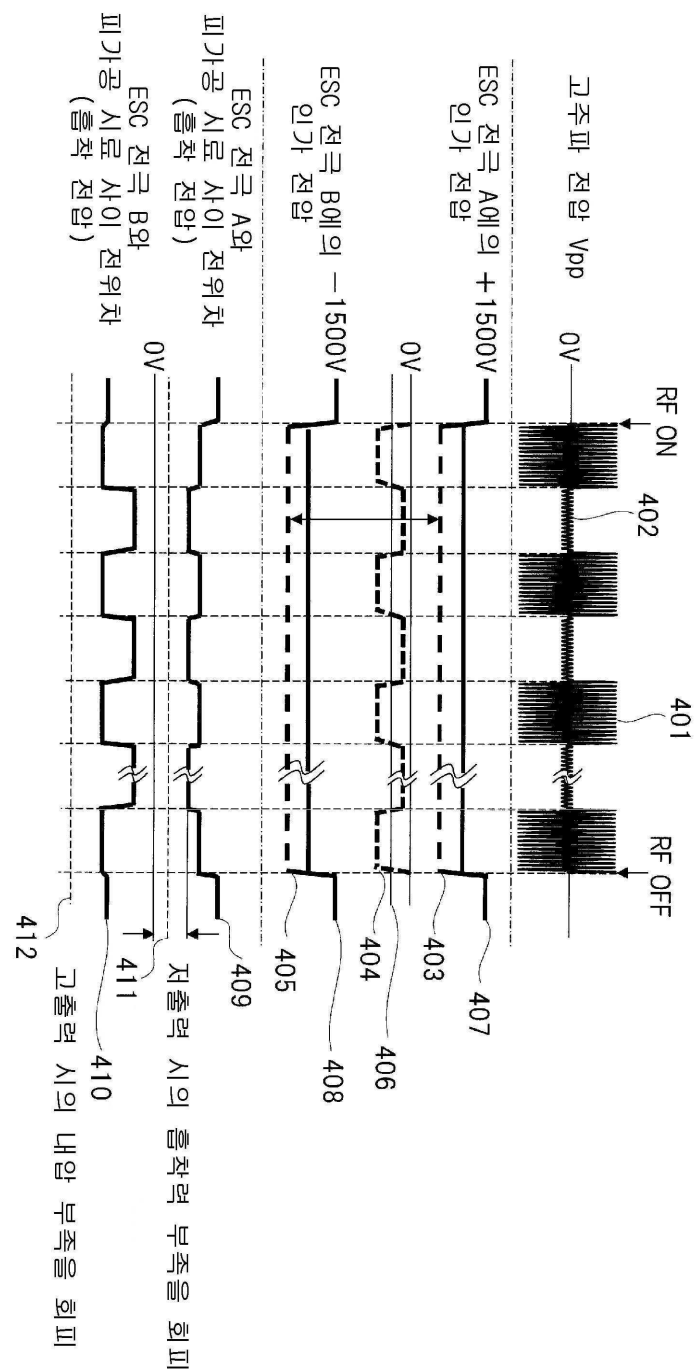
도면2



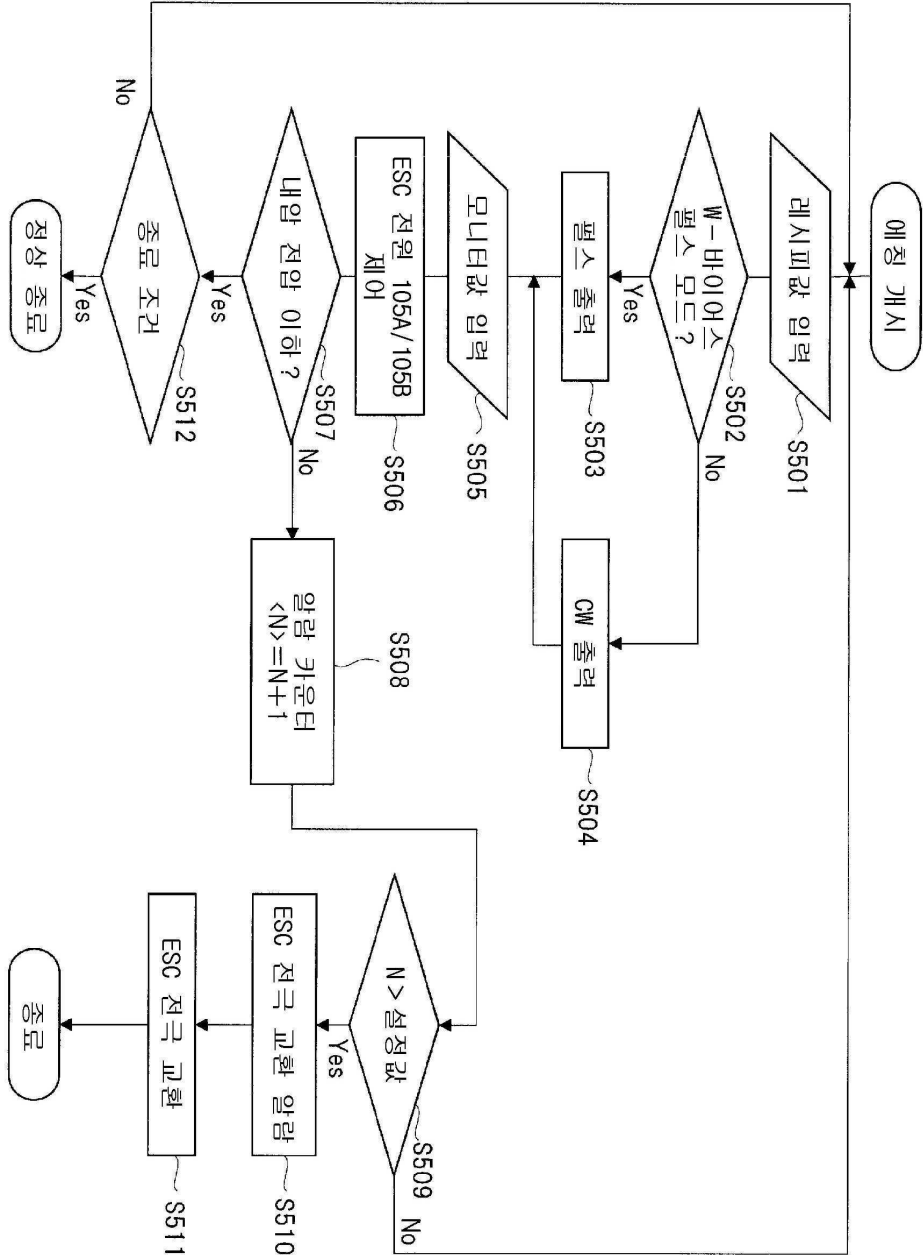
도면3



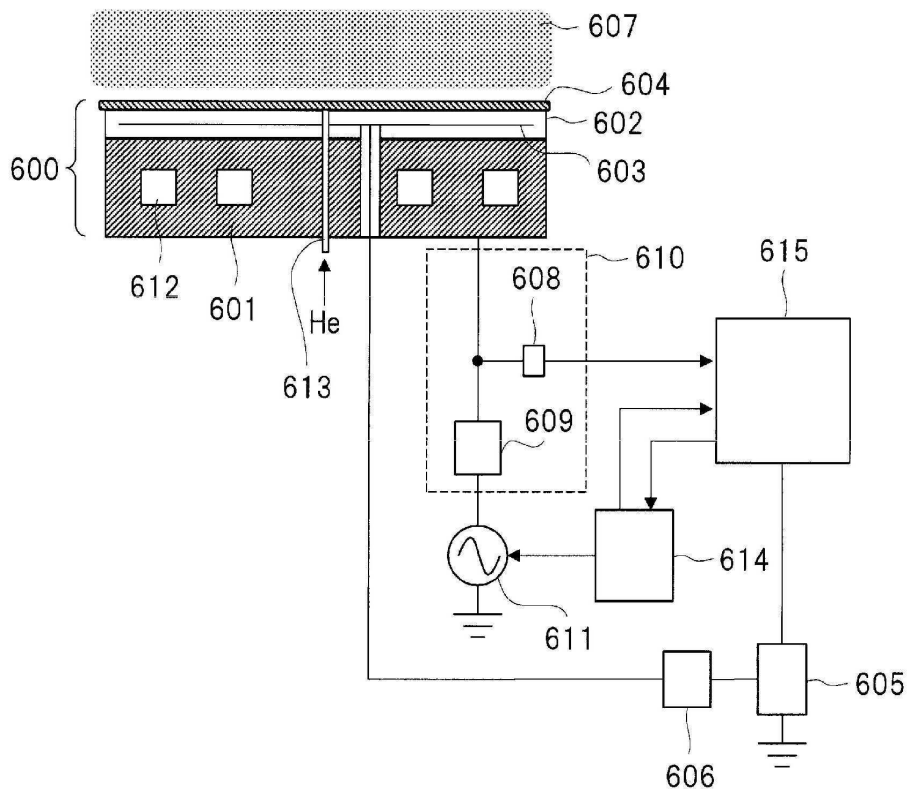
도면4



도면5



도면6



도면7

