



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0101251
(43) 공개일자 2017년09월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/3065 (2013.01)
H01J 37/32174 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7020322
- (22) 출원일자(국제) 2016년11월02일
심사청구일자 2017년07월20일
- (85) 번역문제출일자 2017년07월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2016/082508
- (87) 국제공개번호 WO 2017/126184
국제공개일자 2017년07월27일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-006752 2016년01월18일 일본(JP)

- (71) 출원인
가부시킴가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1초메 24-14
- (72) 발명자
다나카 준야
일본국 도쿄도 미나토구 니시 심바시 1-24-14 가
부시킴가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내
오노 테츠오
일본국 도쿄도 미나토구 니시 심바시 1-24-14 가
부시킴가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내
- (74) 대리인
문두현

전체 청구항 수 : 총 18 항

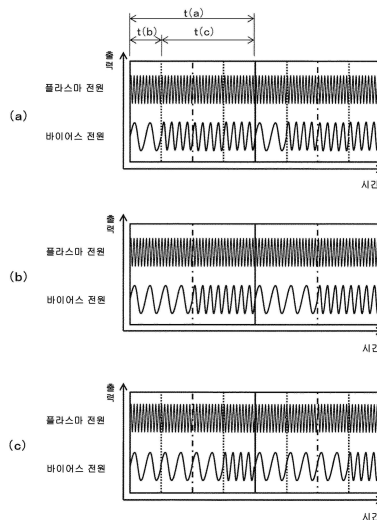
(54) 발명의 명칭 **플라즈마 처리 방법 및 플라즈마 처리 장치**

(57) 요약

에칭 처리되는 기판의 면내 균일성을 얻기 위해, 기판에의 이온의 입사의 제어성을 보다 향상시킨다.

플라즈마 처리 장치에 있어서, 플라즈마의 생성과 기판에의 이온의 입사 에너지 제어를 독립적으로 행하며, 플라즈마를 연속 방전 또는 펄스 방전에 의해 생성하고, 플라즈마가 생성되어 있을 때에 시료대에 적어도 2개의 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 전환하여 교호로 반복 인가한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 21/67069 (2013.01)

H05H 1/46 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

플라즈마 생성용의 고주파 전력에 의해 처리실 내에 공급되는 처리 가스를 플라즈마화함과 함께 시료가 배치되는 시료대에 서로 다른 주파수의 고주파 바이어스 전력을 인가하고, 상기 플라즈마의 생성과 상기 시료에의 이온의 입사 에너지 제어를 독립적으로 행하여, 상기 처리실 내에서 상기 시료를 플라즈마 처리하는 방법에 있어서,

상기 플라즈마는, 연속적으로 공급되는 전력에 의해 생성되는 연속 방전 또는 듀티비 설정되어 간헐적으로 공급되는 전력에 의해 생성되는 펄스 방전으로 하고,

상기 플라즈마가 생성되어 있을 때에 상기 시료대에 적어도 2개의 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 전환하여 교호(交互)로 반복 인가하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 2개의 서로 다른 주파수의 바이어스 전력의 전환을 주기적으로 행하고, 1주기 내에서 한쪽의 바이어스 전력으로부터 다른 쪽의 바이어스 전력으로 전환하고, 상기 1주기 내에서의 상기 한쪽 및 다른 쪽의 바이어스 전력의 출력 시간을 각각 설정 가능하게 한 플라즈마 처리 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 2개의 서로 다른 주파수의 바이어스 전력의 출력값을 동일하게 한 플라즈마 처리 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 2개의 서로 다른 주파수의 바이어스 전력의 출력값이 서로 다른 플라즈마 처리 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 플라즈마의 생성을 펄스 방전으로 하고, 펄스의 발생에 동기시켜 펄스마다 서로 다른 주파수의 바이어스 전력으로 전환하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 플라즈마의 생성을 펄스 방전으로 하고, 하나의 펄스에서 플라즈마를 생성하고 있는 동안에 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 전환하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 7

플라즈마를 사용해서 시료대에 재치(載置)된 시료를 처리하는 플라즈마 처리 방법에 있어서,

제1 고주파 전력 및 상기 제1 고주파 전력의 주파수와는 다른 주파수의 제2 고주파 전력을 주기적으로 전환하면서 상기 시료대에 공급하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 고주파 전력을 상기 시료대에 공급하는 시간과 상기 제2 고주파 전력을 상기 시료대에 공급하는 시간과의 비를 스텝 또는 상기 스텝의 집합체인 플라즈마 처리 조건에 의거하여 규정하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 시료대에 공급되고 있는 고주파 전력의 정합을 상기 제1 고주파 전력과 상기 제2 고주파 전력이 중첩하고 있지 않은 기간에 행하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제1 고주파 전력과 상기 제2 고주파 전력을 전환할 때, 상기 제1 고주파 전력과 상기 제2 고주파 전력을 중첩시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 제1 고주파 전력 또는 상기 제2 고주파 전력을 시간 변조하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전력을 시간 변조하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제1 고주파 전력 및 상기 제2 고주파 전력을 시간 변조하고,

상기 제1 고주파 전력을 상기 시료대에 공급하는 시간은, 상기 제2 고주파 전력을 상기 시료대에 공급하는 시간과 동일하고,

상기 고주파 전력의 시간 변조의 주기와 상기 제1 고주파 전력의 시간 변조의 주기와 상기 제2 고주파 전력의 시간 변조의 주기는, 모두 동일한 주기인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 제1 고주파 전력의 값과 상기 제2 고주파 전력의 값을 서로 다르게 하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 15

시료대를 그 내부에 갖고 처리 가스가 공급됨과 함께 원하는 압력으로 감압 배기되는 처리실과, 상기 처리실에 결합되고 처리실 내에 공급되는 상기 처리 가스를 플라즈마화하는 플라즈마 생성용 전원과, 상기 시료대에 접속되고 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 공급하는 바이어스용 전원을 갖고, 플라즈마 생성용 전원에 의한 플라즈마의 생성과 상기 바이어스용 전원에 의한 상기 시료대에 배치되는 시료에의 이온의 입사 에너지를 독립적으로 행하여, 상기 시료를 플라즈마 처리하는 플라즈마 처리 장치에 있어서,

상기 플라즈마 생성용 전원은, 상기 플라즈마를 연속 방전시키는 전력의 공급과, 상기 플라즈마를 펄스 방전시키는 전력의 공급을 설정 가능하고,

상기 바이어스 전원은, 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 출력하는 적어도 2개의 전원으로 이루어지고,

상기 플라즈마 생성용 전원에 의한 플라즈마의 생성시, 상기 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 전환하여 상기 시료대에 교호로 반복 공급하도록 상기 바이어스 전원을 제어하는 제어 장치를 구비한 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 플라즈마를 연속으로 생성하도록 상기 플라즈마 생성용 전원을 제어하고, 상기 플라즈마가 생성되고 있는 동안에 상기 서로 다른 주파수의 바이어스 전원을 교호로 간헐적으로 제어하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 플라즈마를 펄스 방전시키도록 상기 플라즈마 생성용 전원을 제어하고, 상기 플라즈마의 온에 맞춰 상기 서로 다른 주파수의 바이어스 전원을 교호로 전환 제어하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 제어 장치는, 상기 플라즈마를 펄스 방전시키도록 상기 플라즈마 생성용 전원을 제어하고, 상기 플라즈마의 온 동안에 상기 서로 다른 주파수의 바이어스 전원을 교호로 전환 제어하는 플라즈마 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 반도체 디바이스 등의 제조에 사용하는 플라즈마 처리 방법 및 플라즈마 처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 디바이스, 예를 들면, 전자 기기 등에 사용되는 MOS FET(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) 디바이스 등의 제조에는, 플라즈마 에칭 기술이 사용되고 있다. 플라즈마를 사용한 반도체 기판(이하, 「기판」으로 약기)의 에칭 처리에서는, 기판에 있어서의 수율을 향상시키기 위해 기판 면내의 처리의 균일성이 요구된다. 최근과 같이 미세화가 진행되는 가운데 기판 면내의 에칭 형상의 균일화를 도모하기 위해서는, 플라즈마로부터 기판에의 입사시키는 이온의 제어가 중요해지고 있다.

[0003] 종래, 반도체 디바이스의 제조에 사용되는 플라즈마 처리 기술로서는, 예를 들면, 특허문헌 1에 기재되어 있는 바와 같이, 단차를 갖는 막 구조를 고정밀도로 에칭하는 장치로서, 진공 용기와, 진공 용기의 처리실 내에 배치되고 그 상면에 웨이퍼가 놓이는 하부 전극과, 하부 전극에 바이어스 전위를 형성하기 위한 고주파 전력을 공급하는 서로 다른 주파수의 복수의 바이어스 인가 장치와, 처리실 내에 반응성 가스를 도입하는 가스 공급 수단과, 처리실 내에 플라즈마를 생성하기 위한 전계를 공급하는 전계 공급 수단과, 고주파 전력에 의해 웨이퍼에 입사하는 플라즈마 중의 이온의 에너지의 분포를 조절하는 조절 장치를 구비한 플라즈마 처리 장치가 알려져 있다. 또한, 조절 장치는 복수의 바이어스 인가 장치에 의한 복수의 주파수의 바이어스 전력의 출력비(혼합비)를 제어함에 의해 웨이퍼에 입사하는 이온의 에너지와 그 분포를 독립적으로 변화하는 기구로 되어 있다.

[0004] 또한, 웨이퍼에 입사하는 이온의 에너지를 제어하는 기술로서, 예를 들면, 특허문헌 2에 기재되어 있는 바와 같이, 캐소드 커플링형의 플라즈마 처리 장치에서 AM변조한 고주파 전압을 인가하거나, 애노드 커플링형의 플라즈마 처리 장치에서 FM변조한 고주파 전압을 인가하거나 하는 기술이 알려져 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본국 특개2008-244429호 공보

(특허문헌 0002) 일본국 특개2000-150196호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 상술한 특허문헌 1에 기재된 종래기술은, 소자의 가일층의 미세화에 대응하기 위한 이온의 제어성의 점에 있어서 충분히 배려되어 있지 않았다. 즉, 이온에 기관에의 입사 에너지를 부여하기 위한 바이어스 전력이, 고주파와 저주파의 전력을 중첩(혼합)하고, 그 혼합비를 변화시켜서 얻도록 되어 있다. 이 때문에, 시료대에 인가되는 중첩된 합성 고주파 전력의 전압 파형의 최대 전위차(이하, 「Vpp」라고 함)가 하드웨어 상의 허용값을 넘지 않도록 해야만 하고, 각 고주파 전력의 Vpp는 허용 최대값보다 작은 범위에서 사용하게 되어, 각각 최대 출력까지 낼 수 없으므로, 제어성의 점에 있어서 충분히 서로 다른 주파수의 특징을 발휘시킬 수 없다.
- [0007] 또한, 서로 다른 주파수를 합성하여 얻어진 고주파 전력의 파형은 복잡하게 변화하여, 최적인 조건 내기가 용이하지 않을 가능성이 있다. 또한, 서로의 전기 신호끼리가 혼성하는 크로스토크의 문제나 전력의 혼합비에 따라 임피던스의 정합을 도모하는 것이 필요해져, 이들 구조 상의 대책이 필요해진다.
- [0008] 또한, 상술한 특허문헌 2에 기재된 종래기술은, 변조된 고주파 전압에 의해 플라스마의 생성을 행하며, 플라스마 내의 전자 온도 분포나 발생하는 이온, 라디칼의 종류나 양을 컨트롤하는 기술이고, 이온의 입사 에너지를 독립적으로 제어할 수는 없다. 이 때문에, 기관에 입사하는 이온의 제어성을 보다 향상시키는 데는 불충분하다. 또한, 고주파 전압의 FM변조는 하나의 전원으로 행해지므로, 주파수 변경시의 전환에 신속성이 떨어지고, 보다 정밀도가 높은 제어에는 적합하지 않다.
- [0009] 본 발명의 목적은, 기관에의 이온의 입사의 제어성을 보다 향상시킬 수 있는 플라스마 처리 방법 및 장치를 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적은, 플라스마 생성용의 고주파 전력에 의해 처리실 내에 공급되는 처리 가스를 플라스마화함과 함께 시료가 배치되는 시료대에 서로 다른 주파수의 고주파 바이어스 전력을 인가하고, 플라스마의 생성과 시료에의 이온의 입사 에너지 제어를 독립적으로 행하여, 처리실 내에서 시료를 플라스마 처리하는 방법에 있어서, 플라스마는, 연속적으로 공급되는 전력에 의해 생성되는 연속 방전 또는 듀티비 설정되어 간헐적으로 공급되는 전력에 의해 생성되는 펄스 방전으로 하고, 플라스마가 생성되어 있을 때에 시료대에 적어도 2개의 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 전환하여 교호(交互)로 반복 인가하는 플라스마 처리 방법으로 하고, 시료대를 그 내부에 갖고 처리 가스가 공급됨과 함께 원하는 압력으로 감압 배기되는 처리실과, 처리실에 결합되고 처리실 내에 공급되는 처리 가스를 플라스마화하는 플라스마 생성용 전원과, 시료대에 접속되고 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 공급하는 바이어스용 전원을 갖고, 플라스마 생성용 전원에 의한 플라스마의 생성과 바이어스용 전원에 의한 시료대에 배치되는 시료에의 이온의 입사 에너지 제어를 독립적으로 행하고, 시료를 플라스마 처리하는 장치에 있어서, 플라스마 생성용 전원은, 플라스마를 연속 방전시키는 전력의 공급과, 플라스마를 펄스 방전시키는 전력의 공급을 설정 가능하고, 바이어스 전원은, 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 출력하는 적어도 2개의 전원으로 이루어지고, 플라스마 생성용 전원에 의한 플라스마의 생성시, 서로 다른 주파수의 바이어스 전력을 전환하여 시료대에 교호로 반복 공급하도록 바이어스 전원을 제어하는 제어 장치를 구비한 플라스마 처리 장치로 함에 의해, 달성된다.

발명의 효과

- [0011] 본 발명에 의해, 서로 다른 주파수의 바이어스 전력의 설정 범위를 넓힐 수 있어, 기관에의 이온의 입사의 제어성을 보다 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예인 플라스마 처리 장치를 나타내는 개략 구성도.
 도 2는 도 1의 장치에 있어서의 플라스마 생성용 고주파 전원 및 바이어스용 고주파 전원의 출력 상태를 나타내는 파형도.

도 3은 도 2의 출력을 사용해서 웨이퍼를 에칭했을 때의 각 출력 상태에 있어서의 에칭 레이트 분포를 나타내는 도면.

도 4는 도 3의 에칭 대상인 웨이퍼의 일례를 나타내는 도면.

도 5는 도 2에 나타내는 출력 상태의 다른 예를 나타내는 파형도.

도 6은 도 1의 장치에 있어서의 플라즈마 생성용 고주파 전원 및 바이어스용 고주파 전원의 다른 출력 예를 나타내는 파형도.

도 7은 도 6에 나타내는 출력 파형에 있어서의 바이어스용 고주파 전원의 출력 혼합 영역의 전환 출력 예를 나타내는 도면.

도 8은 본 발명의 제2 실시예인 플라즈마 처리 장치를 나타내는 개략 구성도.

도 9는 도 8의 장치에 있어서의 플라즈마 생성용 고주파 전원 및 바이어스용 고주파 전원의 제어용의 트리거 신호를 나타내는 도면.

도 10은 도 8의 장치에 있어서의 플라즈마 생성용 고주파 전원 및 바이어스용 고주파 전원의 출력 상태를 나타내는 파형도.

도 11은 도 10의 출력을 사용해서 웨이퍼를 에칭했을 때의 각 출력 상태에 있어서의 에칭 레이트 분포를 나타내는 도면.

도 12는 도 10의 출력을 사용해서 웨이퍼를 에칭했을 때의 각 출력 상태에 있어서의 에칭 형상을 나타내는 도면.

도 13은 도 8의 장치에 있어서의 플라즈마 생성용 고주파 전원 및 바이어스용 고주파 전원의 다른 출력 예를 나타내는 파형도.

도 14는 도 8의 장치에 있어서의 플라즈마 생성용 고주파 전원 및 바이어스용 고주파 전원의 다른 출력 예를 나타내는 파형도.

도 15는 도 8의 장치에 있어서의 플라즈마 생성용 고주파 전원 및 바이어스용 고주파 전원의 다른 출력 예를 나타내는 파형도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하에 나타내는 실시예는, 고주파 바이어스 전력의 주파수에 따라 변하는 플라즈마로부터 피처리 기관(이하, 「웨이퍼」라 함)에의 이온의 입사 에너지 분포의 변화를 이용하여, 웨이퍼에의 이온 입사의 제어성을 보다 향상시켜서, 미세화하는 반도체 디바이스 구조에 대응하고 웨이퍼의 에칭 처리의 면내 균일성, 즉, 에칭 레이트의 면내 균일성 및 에칭 형상의 면내 균일성을 얻을 수 있도록 한 것이다.

[0014] 그리고 그 수단은, 플라즈마의 생성과는 별개로 웨이퍼에의 바이어스 전압을 독립적으로 제어, 즉, 플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전력의 제어와는 별개로 웨이퍼에 입사하는 이온에 에너지를 부여하기 위한 시료대에 인가하는 고주파 전력의 제어를 독립적으로 행하고, 또한 시료대에 인가하는 고주파 전력의 제어를 서로 다른 주파수의 고주파 바이어스 전원을 복수 사용해서, 서로 다른 주파수의 고주파 바이어스 전력을 전환하여 교호로 반복 공급한다.

[0015] 이 전환·교호의 반복에 의해, 서로 다른 주파수의 고주파 바이어스 전력의 단독 공급 시간대를 마련함으로써, 처리 시에 시료대에 인가 가능한 고주파 바이어스 전압의 V_{pp} 의 허용값의 최대까지, 각각의 주파수의 고주파 바이어스 전원의 설정을 가능하게 하여, 웨이퍼에의 이온 입사의 제어성을 보다 향상시키고 있다. 이하, 본 발명의 일 실시예를 도 1 내지 도 5에 의해 설명한다.

[0016] 도 1에 플라즈마 처리 장치의 구성을 나타낸다. 이 경우, 처리실을 구성하는 진공 용기(101)는, 예를 들면, 알루미늄 등의 도전 재료로 제작된 원통 형상의 용기이고, 전기적으로 접지(어스)되어 있다. 진공 용기(101)의 상부 개구는 전자파가 투과 가능한 재질, 예를 들면, 석영으로 이루어지는 천판(天板)(102)에 의해 봉지(封止)되어 있다. 진공 용기(101) 하부 중앙에는 내부를 소정 압력으로 감압 배기하는 진공 배기 장치가 접속되어 있다. 천판(102)의 상부에는 천판(102)을 덮어 도파관(103)이 설치되고, 정합기(104)를 통해 플라즈마 생성용의 고주파 전원(이하, 「플라즈마 전원(105)」이라 함)이 접속되어 있다.

- [0017] 플라즈마 전원(105)은, 이 경우, 2.45MHz의 마이크로파를 발진한다. 발진된 마이크로파는 도파관(103)을 전파하여 천판(102)을 통해 진공 용기(101) 내에 도입된다. 진공 용기(101)의 외측에는 진공 용기(101) 내에 자장을 형성하기 위한 솔레노이드 코일(106)이 권장(卷裝)되어 있다. 천판(102)의 하방의 진공 용기(101) 상부에는 샤워 플레이트(108)가 설치되고, 진공 용기(101)의 천판(102)과 샤워 플레이트(108) 사이에 가스 공급 장치(107)가 접속된다.
- [0018] 가스 공급 장치(107)로부터 천판(102)과 샤워 플레이트(108) 사이의 공간에 처리 가스가 공급되고, 샤워 플레이트(108)를 통해 진공 용기 내에 형성되는 처리실 내에 처리 가스가 공급된다. 진공 용기(101) 내에는 시료대(109)가 설치되고, 도시를 생략한 웨이퍼 반입구로부터 웨이퍼가 반입되고 시료대(109) 상에 배치·유지된다. 시료대(109)에는, 복수, 이 경우, 2개의 서로 다른 주파수의 바이어스용의 고주파 전원인 주파수 13.56MHz의 제1 고주파 바이어스 전원(이하, 「제1 바이어스 전원(113)」이라 함)과 주파수 400kHz의 제2 고주파 바이어스 전원(이하, 「제2 바이어스 전원(114)」이라 함)이, 필터(110) 및 제1, 제2 정합기(111, 112)를 통해 각각 전기적으로 병렬로 접속되어 있다.
- [0019] 이 경우의 필터(110)는, 제1 바이어스 전원(113)의 출력 중에 도시를 생략한 전원(예를 들면, 시료대(109)에 접속되는 웨이퍼를 유지하기 위한 정전 흡착 장치의 전원이나 웨이퍼의 온도 제어를 행하는 히터의 전원 등)을 포함한 제1 바이어스 전원(113) 이외의 전원으로부터의 출력을 제1 바이어스 전원(113)측에 통과시키지 않는 기능(예를 들면, High Pass Filter)과, 제2 바이어스 전원(114)의 출력 중에 도시를 생략한 전원(예를 들면, 시료대(109)에 접속되는 웨이퍼를 유지하기 위한 정전 흡착 장치의 전원이나 웨이퍼의 온도 제어를 행하는 히터의 전원 등)을 포함한 제2 바이어스 전원(114) 이외의 전원으로부터의 출력을 제2 바이어스 전원(114)측에 통과시키지 않는 기능(예를 들면, Low Pass Filter)을 갖는다. 플라즈마 전원(105) 및 제1, 제2 바이어스 전원(113, 114)은 제어 장치(115)에 연결되어, 후술하는 각 전원의 출력 제어가 행해진다.
- [0020] 상술한 바와 같이 구성된 장치에서는, 진공 용기(101) 내에 공급된 처리 가스가, 천판(102)을 통해 도입된 마이크로파의 전계와 솔레노이드 코일에 의해 형성된 자계와의 작용(예를 들면, 전자 사이클로트론 공명: Electron Cyclotron Resonance(ECR))에 의해 플라즈마화되어, 샤워 플레이트(108)와 시료대(109) 사이의 공간에 플라즈마가 형성된다.
- [0021] 또한, 시료대(109)에는, 제1 바이어스 전원(113)으로부터 주파수 13.56MHz의 고주파 전력이 인가되고, 제2 바이어스 전원(114)으로부터 주파수 400kHz의 고주파 전력이 인가된다. 시료대(109)에 인가되는 이들 고주파 전력은 플라즈마의 생성과는 독립적으로 제어되며, 플라즈마 중의 이온을 웨이퍼에 입사시키는 바이어스 전압을 생기게 한다.
- [0022] 이온의 입사 에너지는 고주파 바이어스의 주파수에 따라 그 분포가 서로 다름이 알려져 있고, 특허문헌 1에 개시되어 있는 바와 같이 높은 주파수에서는 이온 에너지 분포의 분포 폭이 좁아지고, 낮은 주파수에서는 이온 에너지 분포의 분포 폭이 넓어지며 분포의 양단 근변에 각각 피크를 갖는다. 이와 같은 서로 다른 이온 에너지 분포를 갖는 입사 이온에 의해, 웨이퍼의 처리 상태가 상이해진다.
- [0023] 제어 장치(115)가 행하는 플라즈마 전원(105) 및 제1, 제2 바이어스 전원(113, 114)의 출력 제어는, 예를 들면, 도 2에 나타내는 바와 같이 행해진다. 플라즈마 전원(105)은, 도 2의 (a)(b)(c)의 어느 경우나 마이크로파를 연속적으로 출력하여 연속적으로 플라즈마를 생성한다. 제1, 제2 바이어스 전원(113, 114)은 연속적인 전환이 행해진다. 제1, 제2 바이어스 전원(113, 114)의 전환은, 도 2의 (a)에 나타내는 바와 같이, 낮은 주파수(400kHz)의 고주파 전력의 공급(시간t(b))의 후에 높은 주파수(13.56MHz)의 고주파 전력의 공급(시간t(c))이 행해지고, 1회의 전환 사이클의 시간t(a)를 1주기로 해서 이것이 반복된다.
- [0024] 반복 주파수는, 100Hz로부터 3kHz의 사이에서 설정되고, 이 경우, 71kHz로 했다. 또한, 제어 장치(115)의 기능으로서, 1주기(시간t(a)) 내의 제1, 제2 바이어스 전원(113, 114)의 각각의 출력 시간(t(b), t(c)) 비율을 0%로부터 100%의 비율로 출력 설정할 수 있다. 도 2의 (a)의 케이스는, 시간t(a) 내의 시간t(b)와 시간t(c)의 비율은, 시간t(b)가 20%, 시간t(c)가 80%이다. 도 2의 (b)의 케이스는, 시간t(b) 및 시간t(c) 모두 50%이다. 도 2의 (c)의 케이스는, 시간t(b)가 80%, 시간t(c)가 20%이다.
- [0025] 도 2에 나타내는 바와 같이 출력 제어된 낮은 주파수(400kHz)의 고주파 전력(LF)과 높은 주파수(13.56MHz)의 고주파 전력(HF)에 의한 에칭 처리에서는, 이 경우, 도 3에 나타내는 바와 같은 에칭 레이트의 분포로 되었다. 또한, 이 경우의 에칭 처리는, 도 4에 나타내는 막 구조, 즉, Si 기판(201) 상에 SiO₂막(202), Poly-Si막(203), 하드 마스크로 이루어지는 마스크막(204)을 순차 적층해서 이루어지는 플레이너형 게이트 전극이 형성되는 웨이

퍼를 대상으로 했다.

- [0026] 에칭 조건은, 처리 가스로서 HBr과 O₂의 혼합 가스를 사용하고, 전체 가스 유량을 200ml/min, 압력을 0.4Pa, 플라즈마 전원(105)의 출력을 800W, 제1 바이어스 전원(113)의 출력과 제2 바이어스 전원(114)의 출력을 각각 25W로 했다. 에칭 처리의 평가는 Poly-Si막 및 SiO₂막의 각각의 에칭 레이트를 평가했다.
- [0027] 도 3의 (a)는 도 2의 (a)의 출력 제어에 대응한 에칭 레이트 분포를 나타내고, LF : HF = 20% : 80%에서는, Poly-Si막 및 SiO₂막 모두 웨이퍼의 중심에서 에칭 레이트가 낮고, 외주에서 에칭 레이트가 높은 외고(外高) 분포로 되었다. 도 3의 (b)는 도 2의 (b)의 출력 제어에 대응한 에칭 레이트 분포를 나타내고, LF : HF = 50% : 50%에서는, Poly-Si막 및 SiO₂막 모두 웨이퍼 면내에서 에칭 레이트가 거의 균일한 분포로 되었다. 도 3의 (c)는 도 2의 (c)의 출력 제어에 대응한 에칭 레이트 분포를 나타내고, LF : HF = 80% : 20%에서는, Poly-Si막 및 SiO₂막 모두 웨이퍼의 중심에서 에칭 레이트가 높고, 외주에서 에칭 레이트가 낮은 중고(中高) 분포로 되었다.
- [0028] 이와 같이, 낮은 주파수(400kHz)의 고주파 전력과 높은 주파수(13.56MHz)의 고주파 전력을 전환하는 1주기 내에서, 낮은 주파수의 고주파 전력의 공급 시간의 비율을 서서히 늘려감에 따라, 웨이퍼 외주부의 에칭 레이트가 저하하므로, 웨이퍼 면내의 에칭 레이트 분포를 제어 가능성이 밝혀졌다. 또한, 낮은 주파수의 고주파 전력의 공급 시간의 비율이 느는, 환언하면, 높은 주파수의 고주파 전력의 공급 시간의 비율이 감소함에 따라, 웨이퍼 외주부의 에칭 레이트가 저하하는 이유로서는, 다음을 생각할 수 있다.
- [0029] 본 실시예에 사용한 플라즈마 처리 장치가 마이크로파의 전계와 솔레노이드 코일에 의한 자계와의 상호 작용을 이용한 플라즈마 처리 장치이다. 이와 같은 장치에서는, 시료대(109)에 인가한 바이어스용 고주파 전력에 의해 플라즈마를 통해 시료대(109)와 접지된 진공 용기(101)와의 사이에서 전류가 흐를 때, 진공 용기(101) 내에 형성된 자장을 플라즈마 중의 전자가 횡절(橫切)하게 된다. 이 때문에, 웨이퍼의 중심부와 외주부에서는 어스로 되는 진공 용기(101)의 내벽면까지의 전자의 이동 거리가 서로 다르므로, 즉, 웨이퍼 중심부는 외주부에 비해 진공 용기(101)의 내벽면까지의 거리가 길게 되므로, 웨이퍼 중심부는 웨이퍼 외주부에 비해 어스까지의 임피던스가 증가한다.
- [0030] 또한, 임피던스는 고주파 전력의 주파수에 관계하며, 주파수가 높아지면 임피던스도 커진다. 이 때문에, 높은 주파수의 고주파 전력에서는 웨이퍼 중심부보다 임피던스가 작아지는 웨이퍼 외주부에 있어서 전류가 흐르기 쉬워지고, 고주파 바이어스의 인가에 의해 웨이퍼에 입사하는 플라즈마로부터의 이온의 양이 웨이퍼 외주부에서 늘어나, 웨이퍼 외주부의 에칭 레이트가 높아진다.
- [0031] 이에 대해, 낮은 주파수의 고주파 전력에서는, 주파수에 의한 임피던스 증가도 적어, 웨이퍼의 외주부 및 내주부에 있어서의 임피던스의 차가 작아지므로, 웨이퍼 면내에 있어서의 플라즈마로부터의 이온의 양에 차가 없어진다. 그러나, 본 실시예에 사용한 플라즈마 처리 장치의 특성에 따르면, 진공 용기(101) 내의 가스 흐름은 시료대(109)의 주변 공간을 통해 진공 용기(101)의 상부로부터 하부를 향해 배기된다.
- [0032] 이 때문에, 웨이퍼 주변에 공급되는 플라즈마로부터의 활성종(活性種)이 웨이퍼 중앙부에 비해 적어, 에칭 레이트가 적어져 중고의 에칭 레이트분으로 되고, 낮은 주파수의 고주파 전력에서는 자장의 영향이 적기 때문에, 장치 특성에 의한 에칭 레이트 분포, 즉, 중고의 에칭 레이트 분포가 되는 것으로 생각할 수 있다. 또한, 에칭 레이트 분포에는, 웨이퍼 면내의 온도 제어도 영향받지만, 여기에서의 고찰에서는 고려되지 않는다.
- [0033] 상술한 바와 같이, 본 실시예에 따르면, 낮은 주파수(400kHz)의 고주파 전력과 높은 주파수(13.56MHz)의 고주파 전력의 출력 시간의 비율을 변화시킴으로써, 에칭 레이트 분포를 외고로부터 중고의 분포 사이에서 조정할 수 있어, 이 사이에 도 3의 (b)에 나타내는 바와 같이 에칭 레이트 분포가 거의 균일한 조건, 즉, 낮은 주파수와 높은 주파수의 고주파 전력의 출력 시간의 비율을 설정함으로써, 웨이퍼 면내의 에칭 레이트의 균일화를 도모할 수 있다. 이와 같이, 낮은 주파수의 고주파 전력과 높은 주파수의 고주파 전력의 출력을 교호로 전환하고, 각각의 전력의 출력 시간의 비율을 제어 가능하게 한 구성으로 함으로써, 웨이퍼에의 이온의 입사의 제어성을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0034] 또한, 본 실시예에서는, 2개의 서로 다른 주파수의 고주파 전력을 시료대(109)에 공급하고 있지만, 한쪽의 바이어스 전원으로부터 고주파 전력이 공급되고 있을 때는, 다른 쪽의 바이어스 전원으로부터의 고주파 전력의 공급이 정지되어 있기 때문에, 다른 쪽의 바이어스 전원으로부터 전류가 시료대(109)에 흘러들어가지 않는다. 이 때문에, 크로스토크의 발생을 방지할 수 있어, 안정되게 바이어스용의 고주파 전력을 시료대(109)에 공급할 수

있다.

- [0035] 또한, 이 경우, 바이어스 전원으로서, 13.56MHz의 고주파 전원과 400kHz의 고주파 전원을 사용했지만, 서로 다른 주파수의 선택에 있어서는, 플라스마 중의 이온이 추종할 수 있는 주파수이며, 임피던스의 차가 커지는 주파수를 선택하는 것이 좋다. 또한, 낮은 주파수와 높은 주파수의 고주파 전력의 전환은 어느 쪽이 먼저 되어도 된다.
- [0036] 또한, 도 2에 나타내는 바이어스 전원의 출력 예는, 낮은 주파수 및 높은 주파수의 고주파 전원 모두 그 출력 전압(Vpp)을 동일하게 하고 있지만, 도 5에 나타내는 바와 같이 더 낮은 주파수의 고주파 전원의 출력 전압(Vpp1)과 높은 주파수의 고주파 전원의 출력 전압(Vpp2)을 서로 다른 값으로 설정할 수 있다. 이 경우, Vpp1 > Vpp2로 하고 있지만, 이것은 반대의 설정도 할 수 있다.
- [0037] 이상, 본 실시예에 따르면, 1주기 내에 있어서의 제1 바이어스 전원과 제2 바이어스 전원의 각각의 출력의 비율을 바꿔, 교호로 전환하여 주기적으로 시료대에 인가함에 의해, 웨이퍼 면내의 에칭 레이트 분포를 제어할 수 있어, 웨이퍼 면내의 균일성을 향상시킬 수 있다. 또한, 이에 의해 웨이퍼 면내의 에칭 형상의 분포 제어도 가능해진다.
- [0038] 또한, 도 2 및 도 5와 같이 서로 다른 주파수의 고주파 전원의 전환을 행함으로써, 바이어스용의 고주파 전력이 인가되는 시료대의 전기적 허용 범위에 있어서, 허용되는 최대의 전력을 각각의 고주파 전원으로부터 출력 가능하여, 처리에 따른 설정의 자유도가 향상된다.
- [0039] 또한, 상술한 실시예에서는, 도 2 및 도 5에 나타내는 바와 같이 바이어스 전원의 출력을, 낮은 주파수의 고주파 전력과 높은 주파수의 고주파 전력의 전환을 시간이 겹치지 않고 연속적으로 전환하고 있지만, 도 6에 나타내는 바와 같이 전환시에 혼합 영역을 마련해도 된다. 혼합 영역에 있어서의 전환시의 각각의 고주파 전원으로부터의 출력은, 도 7의 (a)에 나타내는 바와 같이 앞선 고주파 전원의 출력을 서서히 낮춤과 함께 다음 고주파 전원의 출력을 서서히 올린다.
- [0040] 또한, 도 7의 (b)에 나타내는 바와 같이 앞선 고주파 전원의 출력을 단계적으로 낮춤과 함께 다음 고주파 전원의 출력을 단계적으로 올린다. 또한, 혼합 영역에 있어서의 각각의 고주파 전원으로부터의 출력은, 각각의 출력의 합(합계)이, 허용되는 최대값을 넘지 않도록 할 필요가 있다. 또한, 낮은 주파수의 고주파 전력과 높은 주파수의 고주파 전력의 각각의 정합은, 혼합 영역 이외의 기간에 행하는 것이 바람직하다. 이와 같이 함에 의해, 낮은 주파수의 고주파 전력과 높은 주파수의 고주파 전력의 각각의 정합을 안정되게 행할 수 있다. 다음으로 본 발명의 제2 실시예를 도 8 내지 도 12에 의해 설명한다.
- [0041] 도 8에 플라스마 처리 장치의 구성을 나타낸다. 도 8에 있어서 도 1과 동일 부호는 동일 부재를 나타내고 설명을 생략한다. 본 도면에 있어서, 도 1의 장치와 다른 점은, 플라스마 전원 및 바이어스 전원의 출력을 검출해서, 플라스마 전원의 출력을 간헐적으로 시간 변조할 경우에, 바이어스 전원의 출력을 동기시키도록 각각의 출력 타이밍을 제어 가능하게 한 점이다. 플라스마 전원(105)용의 정합기(104)에는 Vpp 검출기(301)가 접속되고, 플라스마 전원(105)의 출력의 상승을 Vpp 검출기(301)에서 검출하고, 검출 신호를 트리거 신호(302)로서 출력 검출부(305)에 송신한다.
- [0042] 시료대(109)에는 Vpp 검출기(303)가 접속되고, 제1 바이어스 전원(113) 및 제2 바이어스 전원(114)의 출력의 상승을 Vpp 검출기(303)에서 검출하고, 검출 신호를 트리거 신호(304)로서 출력 검출부(305)에 송신한다. 출력 검출부(305)에서는, 각 Vpp 검출기(301 및 303)로부터 송신된 도 9에 나타내는 트리거 신호(302 및 304)의 시간차(t)를 산출하고, 시간차 신호(306)로서 출력 제어부(307)에 송신한다. 출력 제어부(307)에서는, 수신한 시간차 신호(306)를 바탕으로 시간차(t)를 보정하여, 제어 장치(115')에 의해 제어하는 플라스마 전원(105)과 제1 바이어스 전원(113) 및 제2 바이어스 전원(114)과의 출력을 동기시킨다.
- [0043] 또한, 이 경우는, 제어 장치(115') 내에 출력 검출부(305) 및 출력 제어부(307)를 도입하고 있지만, 이들을 제어 장치와는 구분하여, 출력 제어부(307)에서 보정한 값을 각각의 보정 신호로서 플라스마 전원(105), 제1 바이어스 전원(113) 및 제2 바이어스 전원(114)에 송신하고, 피드백시켜서 제1 바이어스 전원(113) 및 제2 바이어스 전원(114)의 출력과, 플라스마 전원(105)의 출력을 동기시키도록 해도 된다.
- [0044] 상술 구성의 장치에 있어서의 플라스마 전원(105) 및 제1, 제2 바이어스 전원(113, 114)의 출력 제어는, 예를 들면, 도 10에 나타내는 바와 같이 행해진다. 도 10의 (a)는 도 2의 (b)와 마찬가지로 출력 상태를 나타내고, 상술한 일 실시예와 마찬가지로 제어도 가능하고, 낮은 주파수의 고주파 전력의 공급(시간t(b))의 후에 높은 주

파수의 고주파 전력의 공급(시간t(c))이 행해지고, 시간t(a)를 1주기로 해서 이것이 반복된다.

- [0045] 도 10의 (b)는 플라스마용의 고주파 전력을 연속으로 하고, 바이어스용의 고주파 전력을 듀티비 제어하여, 간헐적으로 교호로 출력할 경우를 나타낸다. 이 경우, 제1 및 제2 바이어스 전원(113, 114)의 출력을 각각 듀티비 50%로 제어하고, 낮은 주파수의 고주파 전력의 공급(시간t(d))의 후에 전력 공급 정지 기간을 마련하고, 높은 주파수의 고주파 전력의 공급(시간t(e))의 후에 전력 공급 정지 기간을 마련하고, 시간t(a)를 1주기로 해서 이것이 반복된다.
- [0046] 도 10의 (c)는 플라스마용의 고주파 전력과 바이어스용의 고주파 전력의 출력을 동일한 듀티비로 제어하여, 간헐적으로 출력 제어할 경우를 나타낸다. 이 경우, 한쪽의 플라스마 생성용의 고주파 전력은 시간(b)를 1주기로 하고, 듀티비 50%로 시간(d) 동안, 전력이 공급되고, 간헐적인 방전, 즉, 펄스 방전이 행해진다. 또한, 이 경우, 시간t(b)와 시간t(c)는 동등하고, 시간t(d)와 시간t(e)는 동등하다. 다른 한편, 제1 및 제2 바이어스 전원(113, 114)의 출력은 도 10의 (b)와 마찬가지로 행해지고, 시간t(a)를 1주기로 해서 이것이 반복된다.
- [0047] 즉, 플라스마 전원의 출력의 반복 주파수는, 바이어스 전원의 출력의 반복 주파수의 배이고, 플라스마 생성용의 고주파 전력의 출력에 동기해서, 바이어스용의 낮은 주파수의 고주파 전력의 공급(시간t(d))과 높은 주파수의 고주파 전력의 공급(시간t(e))이 행해진다.
- [0048] 도 10에 나타내는 바와 같이 출력 제어된 플라스마용의 고주파 전력과 바이어스용의 낮은 주파수 및 높은 주파수의 고주파 전력에 의한 에칭 처리에서는, 이 경우, 도 11에 나타내는 바와 같은 에칭 레이트의 분포로 된다. 또한, 도 11에 나타내는 웨이퍼의 에칭 레이트 분포는, 상술한 일 실시예와 마찬가지로, 도 4에 나타내는 적층 구조의 웨이퍼를 에칭 처리했을 때의 것이다. 도 11의 (a)는 도 10의 (a)의 제어에 대응한 것으로, 도 3의 (b)와 마찬가지로 웨이퍼 면내에서 에칭 레이트가 거의 균일한 분포로 되어 있다. 또한, 이 때의 Poly-Si 에칭 레이트는 51.6nm/min, SiO₂ 에칭 레이트는 1.7nm/min이고, Poly-Si/SiO₂의 선택비는 30.4였다.
- [0049] 도 11의 (b)는 도 10의 (b)의 제어에 대응한 것으로, 바이어스용의 고주파 전력의 출력을 각각 듀티비 50%로 온 오프 제어하고 있고, 웨이퍼 면내에서 에칭 레이트가 거의 균일한 분포가 얻어졌다. 또한, 도 10의 (b)의 제어에서는, 도 10의 (a)의 출력 제어의 경우(도 11의 (a))에 비해, 도 11의 (b)에 나타내는 바와 같이 Poly-Si 에칭 레이트는 51.6nm/min으로부터 45.2nm/min으로, 또한 SiO₂ 에칭 레이트는 1.7nm/min으로부터 0.9nm/min으로 저하했지만, Poly-Si/SiO₂의 선택비는 30.4로부터 50.2로 향상하여 높은 선택비를 얻을 수 있었다.
- [0050] 도 11의 (c)는 도 10의 (c)의 제어에 대응한 것으로, 플라스마 생성용의 고주파 전력 및 바이어스용의 고주파 전력의 출력을 각각 듀티비 50%로 온 오프 제어하고 있고, 도 11의 (b)와 마찬가지로 웨이퍼 면내에서 에칭 레이트가 거의 균일한 분포가 얻어졌다. 또한, 도 10의 (c)의 제어에서는, 도 10의 (b)의 출력 제어의 경우(도 11의 (b))와 비교해, 도 11의 (c)에 나타내는 바와 같이 Poly-Si 에칭 레이트는 45.2nm/min으로부터 30.2nm/min으로, 또한 SiO₂ 에칭 레이트는 0.9nm/min으로부터 0.6nm/min으로 저하했지만, Poly-Si/SiO₂의 선택비는 50.3이어서 마찬가지로 높은 선택비를 얻을 수 있었다.
- [0051] 또한, 도 12에 도 10의 (b) 및 도 10의 (c)에 나타내는 제어에 의해 웨이퍼를 에칭 처리했을 때의 에칭 형상을 나타낸다. 여기에서, 도 12의 (a)는 상술한 도 4에 나타내는 적층 구조의 웨이퍼에 소밀(疏密) 패턴이 형성된 에칭 전의 초기 형상을 나타낸다. 도 12의 (b)는 도 10의 (b)의 출력 제어에 있어서의 처리 후의 에칭 형상을 나타내고, 도 10의 (b)와 같이 제어, 즉, 연속 방전 상태에서 바이어스용의 고주파 전력만 온 오프 제어할 경우에는, 조밀부의 Poly-Si막(203)은 수직으로 에칭되지만, 성김부의 Poly-Si막(203)은 테이퍼상의 형상으로 되었다.
- [0052] 도 12의 (c)는 도 10의 (c)의 출력 제어에 있어서의 처리 후의 에칭 형상을 나타내고, 도 10의 (c)와 같이 제어, 즉, 플라스마 생성용의 고주파 전력 및 바이어스용의 고주파 전력을 동기시켜서 온 오프 제어할 경우에는, 조밀부의 Poly-Si막(203)은 수직으로 에칭되고, 성김부의 Poly-Si막(203)도 실질적으로 수직으로 에칭되었다.
- [0053] 이와 같이, 도 10의 (b) 및 도 10의 (c)에 나타내는 제어의 경우, 상술한 바와 같이 도 10의 (c)의 제어 쪽이 에칭 레이트는 저하한다는 결과로 되었지만, 에칭 형상에 있어서는, 바이어스용의 고주파 전력의 온 오프 제어만인 경우에 비해, 플라스마 생성용의 고주파 전력 및 바이어스용의 고주파 전력을 동기시켜서 온 오프 제어하는 쪽이, 소밀 패턴을 갖는 웨이퍼의 에칭 처리에 있어서는, 에칭 형상의 면내 균일성이 얻어져 유효했다. 이것은, 도 10의 (c)와 같이 플라스마의 생성에 펄스 방전을 사용함에 의해 플라스마의 해리도를 제어할 수 있어, 플라스마 중의 퇴적성 종(種)의 발생을 억제해서 소밀부의 에칭 측면면에 공급되는 퇴적성 종의 양을 최적으로

할 수 있으므로, 소밀부에서 허용할 수 있는 실질적인 수직 형상의 에칭 처리가 가능해진다고 생각할 수 있다.

- [0054] 또한, 도 10의 (b) 및 도 10의 (c)에는 플라스마 생성용 또는/및 바이어스용의 각각의 고주파 전력을 듀티비 50%로 온 오프 제어한 예를 나타냈지만, 처리 대상의 피에칭체의 재질이나 구조에 따라 최적인 온시의 듀티비를 변경, 즉, 시간t(b)에 차지하는 시간t(d)의 비율 및 시간t(c)에 차지하는 시간t(e)의 비율을 임의로 변경 가능한 것은 물론이다.
- [0055] 또한, 도 10의 (b)에서는 바이어스용의 고저 각각의 주파수의 고주파 전력을 간헐적으로 온 오프 제어하도록 듀티비를 설정하고 있지만, 고저 어느 하나의 주파수의 고주파 전력을 듀티비를 100%로 하고, 다른 쪽의 고주파 전력만 간헐적으로 온 오프 제어할 수도 있다. 또한, 도 10의 (c)에서는 플라스마 생성용 및 바이어스용의 각각의 고주파 전력의 온 오프 타이밍을 실질적으로 동시 제어하고 있지만, 플라스마 생성용의 고주파 전력의 온 시간 내에서 바이어스용의 고주파 전력의 온 오프를 행하면, 바이어스용의 고주파 전력의 온 오프 타이밍은 이것에 한정되지 않는다.
- [0056] 이상, 제2 실시예에 따르면, 상술한 일 실시예와 마찬가지로 에칭 레이트의 면내 분포를 조정할 수 있어, 에칭 레이트의 면내 분포의 균일화를 도모할 수 있다. 또한, 고주파 전력을 온 오프하는 시간 변조를 더함에 의해, 에칭 형상의 면내 균일성도 향상시킬 수 있다. 이와 같이, 낮은 주파수의 고주파 전력과 높은 주파수의 고주파 전력의 출력을 교호로 전환하고, 각각의 전력의 출력 시간의 비율을 제어 가능하게 한 구성을 사용함으로써, 웨이퍼에의 이온의 입사의 제어성을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0057] 상술한 제2 실시예에 있어서는, 도 10의 (c)는, 플라스마 생성용의 고주파 전력의 온 오프를 1주기로 하는 시간 t(b) 및 시간t(c)를 동등하게 하고, 시간(b)과 시간(c)의 합이 바이어스용의 낮은 주파수와 높은 주파수의 고주파 전력의 전환이 행해지는 1주기의 시간t(a)에 동등한 예로 하여 기술했지만, 도 13 내지 도 15에 나타내는 바와 같이 바이어스용의 낮은 주파수와 높은 주파수의 고주파 전력의 전환이 행해지는 1주기의 시간t(a) 내에서, 플라스마 생성용의 고주파 전력을 온하는 시간을 시간t(f)로 하고, 시간t(f) 동안 바이어스용의 낮은 주파수와 높은 주파수의 고주파 전력의 전환을 행하도록 해도 된다.
- [0058] 도 13은, 1주기의 시간(a) 내에서 낮은 주파수의 고주파 전력의 출력 시간t(b)와 높은 주파수의 고주파 전력의 출력 시간t(c)와의 비율을 설정하고, 각각의 시간t(b) 및 t(c) 내에서의 고주파 전력의 출력이 온하는 시간t(d) 및 t(e)를 설정(또는 온 시간의 듀티비를 설정)하고, 바이어스용의 낮은 주파수의 고주파 전력의 출력 시간t(b)와 높은 주파수의 고주파 전력의 온 시간t(e)와의 합계 시간을, 플라스마가 생성되는 플라스마 생성용의 고주파 전력의 온 시간t(f)에 동등하게 한 예이다.
- [0059] 도 14는, 1주기의 시간(a) 내에서 플라스마 생성용의 고주파 전력의 온 시간t(f)를 설정(또는 온 시간의 듀티비를 설정)하고, 시간t(f) 내에 있어서 바이어스용의 낮은 주파수의 고주파 전력의 출력 시간t(g)와 높은 주파수의 고주파 전력의 출력 시간t(h)와의 비율을 설정(또는 각각의 출력 시간t(g) 및 t(h)를 설정)한 예이다. 이 경우, 1주기의 시간t(a) 내에 있어서의 플라스마 생성용의 고주파 전력의 오프된 시간은, 바이어스용의 고주파 전력도 오프된 시간으로 된다.
- [0060] 도 15는, 도 14에 있어서의 바이어스용의 낮은 주파수의 고주파 전력의 출력 시간t(g)와 높은 주파수의 고주파 전력의 출력 시간t(h)에 있어서, 각각의 고주파 전력의 온 시간t(i) 및 t(k)를 설정(또는 각각의 온 시간의 듀티비를 설정)한 예이다.
- [0061] 또한, 상술한 이들 실시예는, 웨이퍼의 전체면에 대응하는 시료대에 제1, 제2 바이어스 전원(113, 114)을 접속하고, 웨이퍼의 전체면에 대해 바이어스용 고주파 전력이 작용하도록 하고 있지만, 시료대를 복수 영역으로 나눠, 예를 들면, 직경 방향, 둘레 방향 또는 이들을 조합한 각 영역마다 제1, 제2 바이어스 전원(113, 114)을 접속하고, 영역마다 서로 다른 조건에서 바이어스 제어를 행하도록 해도 된다. 이 경우의 바이어스 전원은, (1) 복수 세트를 마련하고 하나의 세트마다 독립적으로 제어하는 것이어도 되고, (2) 하나의 세트의 바이어스 전원으로부터 각 영역에 병렬로 접속하고, 하나의 세트의 바이어스 전원으로부터 항상 출력되고 있는 고주파 전력을 각 영역마다 출력 시간의 비율을 바꿔 출력 제어 가능한 제어 회로를 통해, 영역마다 조건을 바꿔 제어하는 것이어도 된다.
- [0062] 또한, 상술한 이들 실시예는, 유자장(有磁場) 마이크로파 플라스마 장치에 적용한 예로 설명했지만, 플라스마 처리 장치로서는 이것에 한정되는 것은 아니고, 유도결합 타입 또는 용량결합 타입의 플라스마 처리 장치에도 적용할 수 있음은 물론이다.
- [0063] 또한, 자장을 갖는 또는 자장을 사용하지 않는 이들 플라스마 처리 장치에도 적용 가능하다. 또한, 유자장 마

이크로파 플라즈마 장치와 같이 자장을 사용한 전자 사이클로트론 공명(ECR)에 의한 플라즈마 생성에 있어서는, 플라즈마 생성과 바이어스 제어를 독립적으로 제어하고 쉽지만, 자장을 사용하지 않는 장치에서는, 바이어스용의 고주파 전원의 주파수에 따라서는, 특히, 13.56MHz 이상의 주파수를 사용할 경우에는, 플라즈마의 생성에 영향을 줄 가능성이 있으므로, 플라즈마 생성에 큰 영향이 없을 정도의 출력을 사용하는 등의 고려가 필요하다.

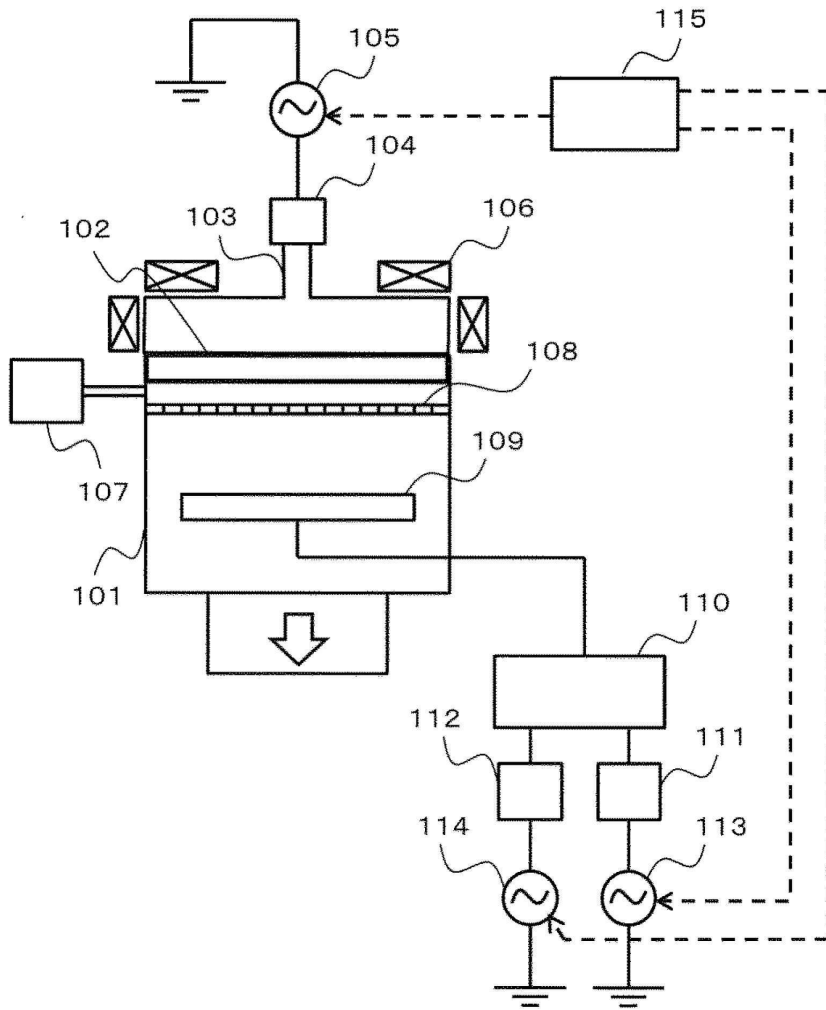
부호의 설명

[0064]

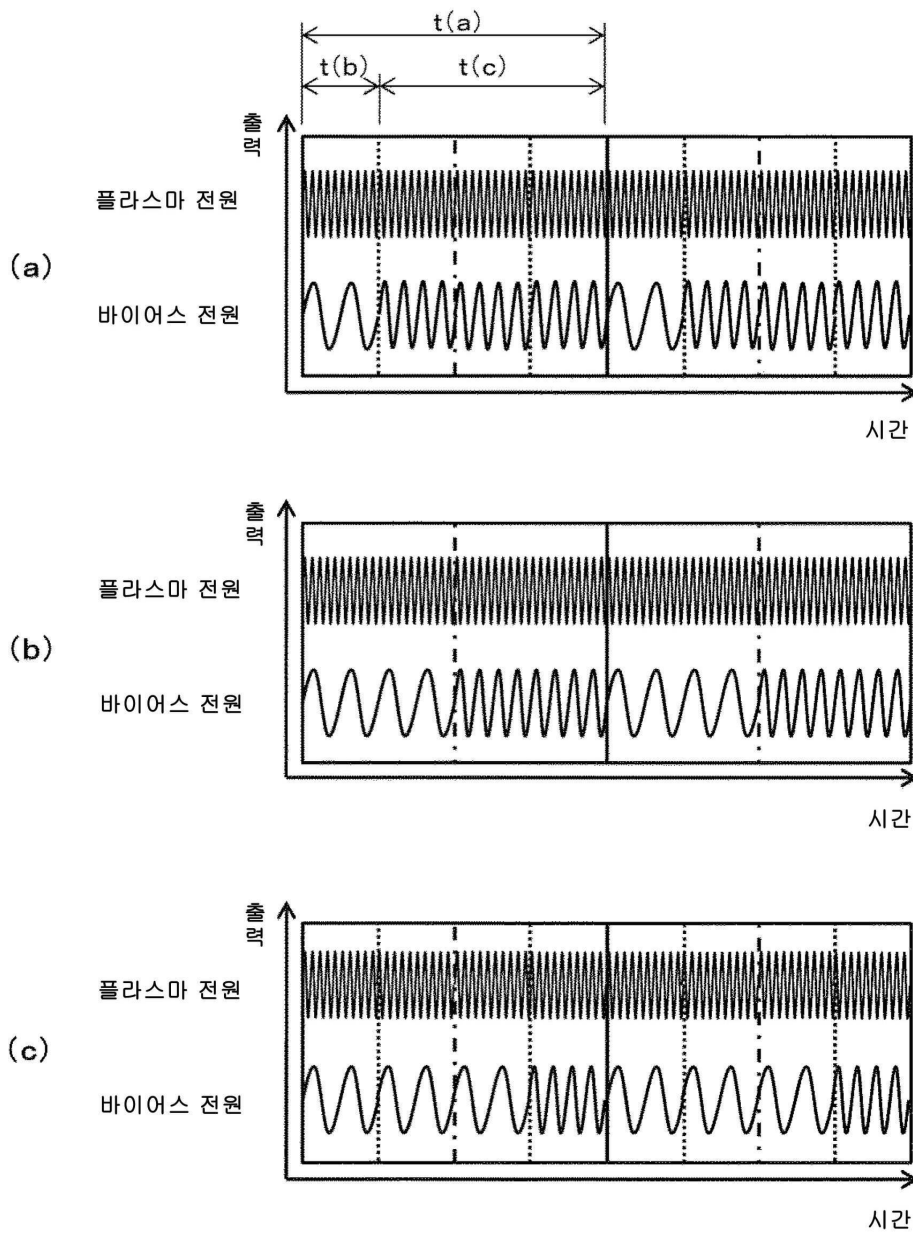
- 101 진공 용기
- 102 천판
- 103 도파관
- 104 정합기
- 105 플라즈마 전원
- 106 솔레노이드 코일
- 107 가스 공급 장치
- 108 샤워 플레이트
- 109 시료대
- 110 필터
- 111 제1 정합기
- 112 제2 정합기
- 113 제1 바이어스 전원
- 114 제2 바이어스 전원
- 115, 115' 제어 장치
- 201 Si 기판
- 202 SiO₂막
- 203 Poly-Si막
- 204 마스크막
- 301, 303 V_{pp} 검출기
- 302, 304 트리거 신호
- 305 출력 검출부
- 306 시간차 신호
- 307 출력 제어부

도면

도면1

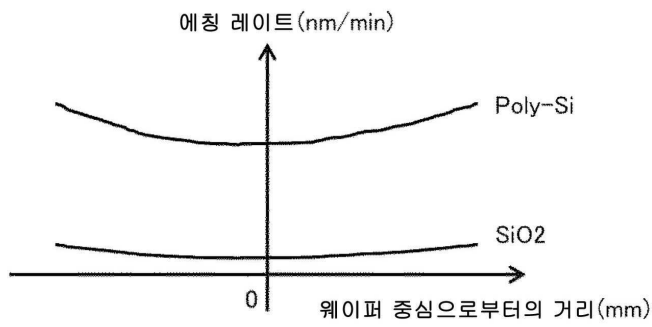


도면2

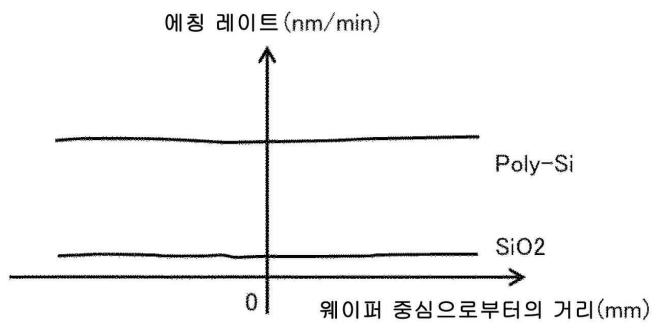


도면3

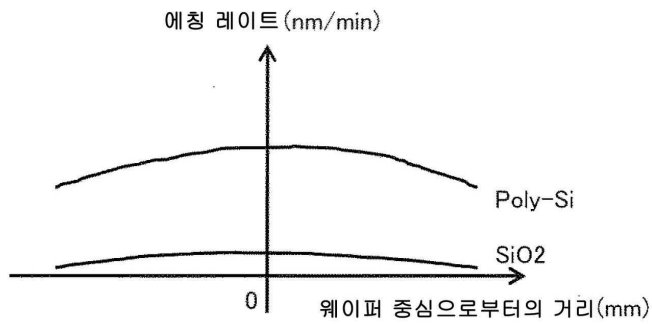
(a) LF : HF = 20% : 80%



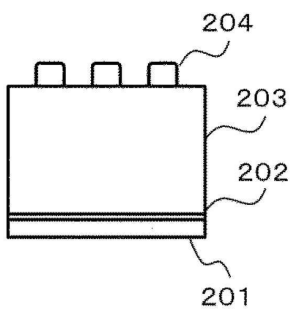
(b) LF : HF = 50% : 50%



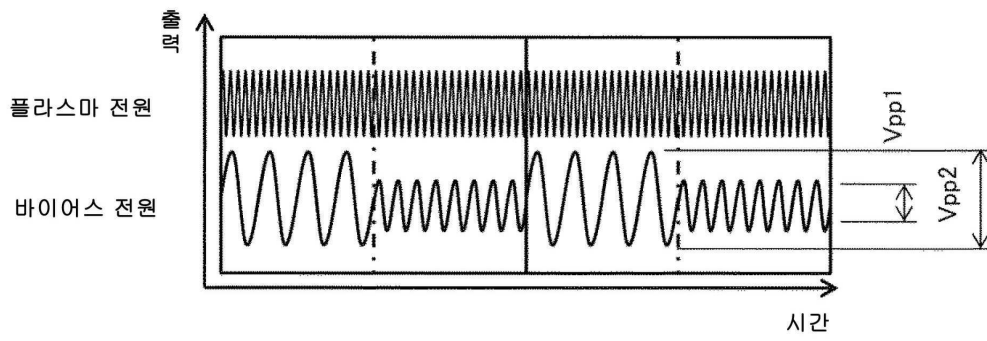
(c) LF : HF = 80% : 20%



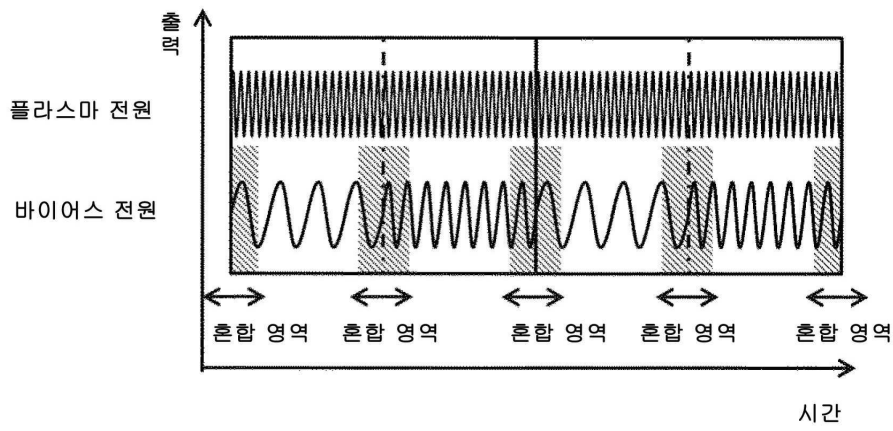
도면4



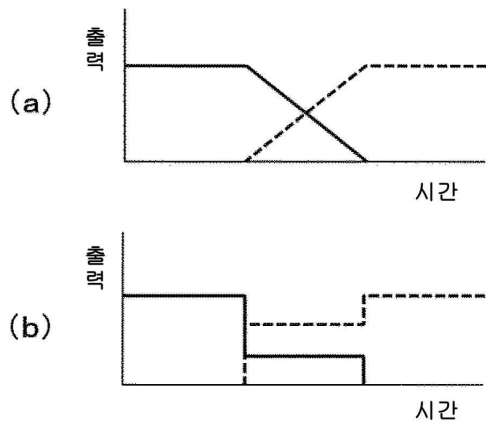
도면5



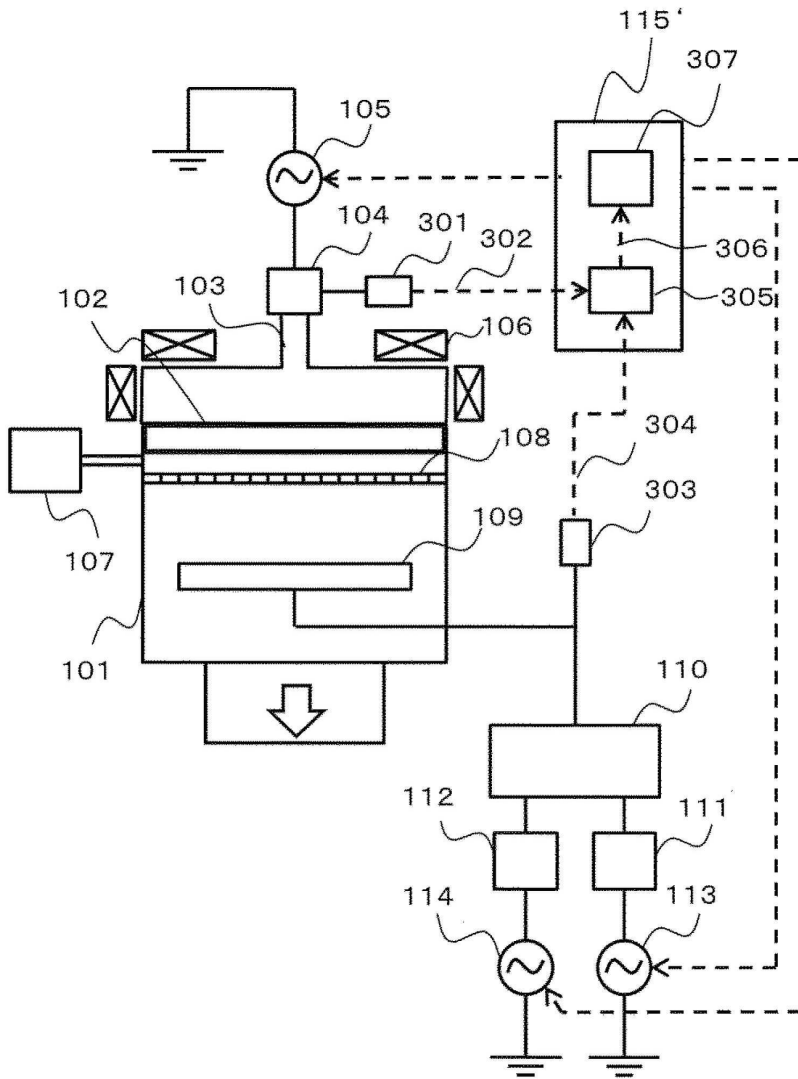
도면6



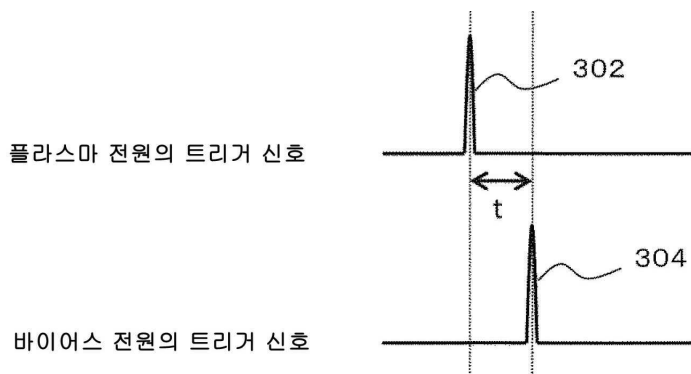
도면7



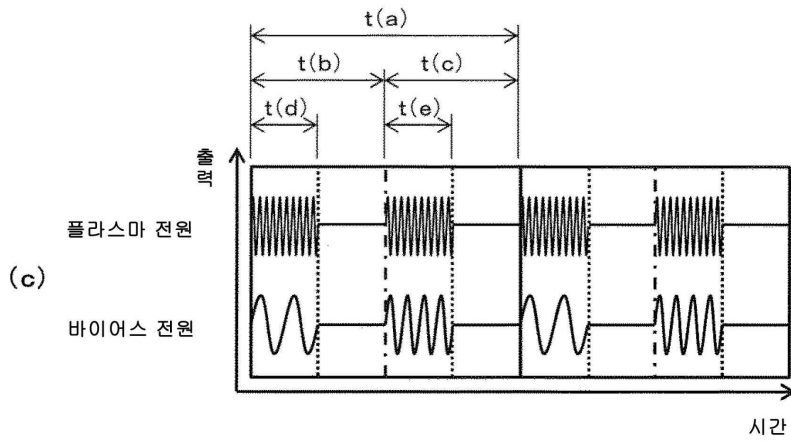
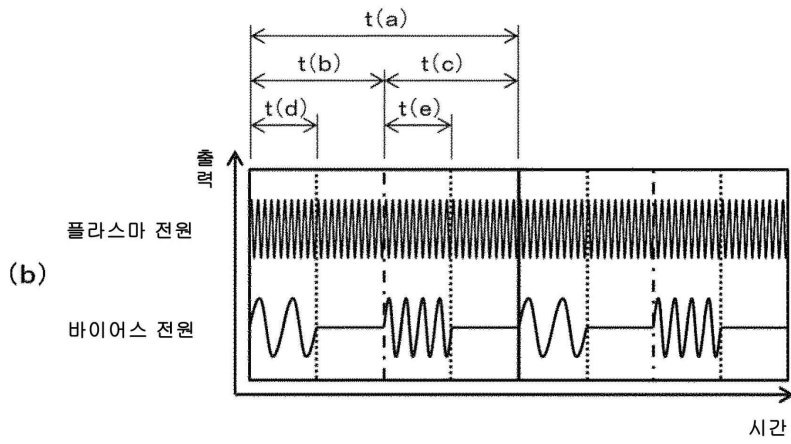
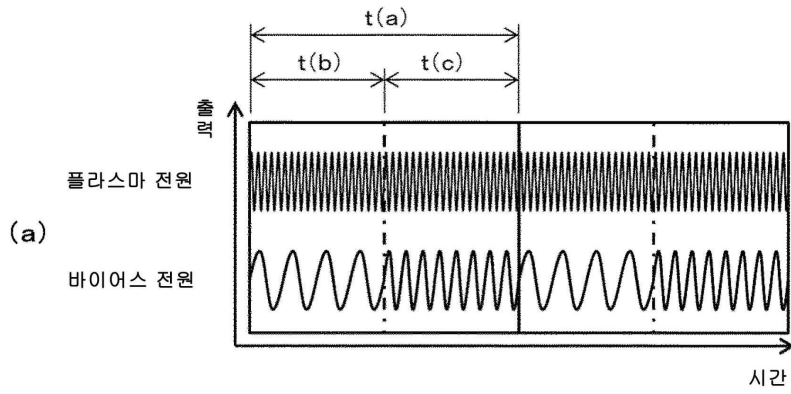
도면8



도면9



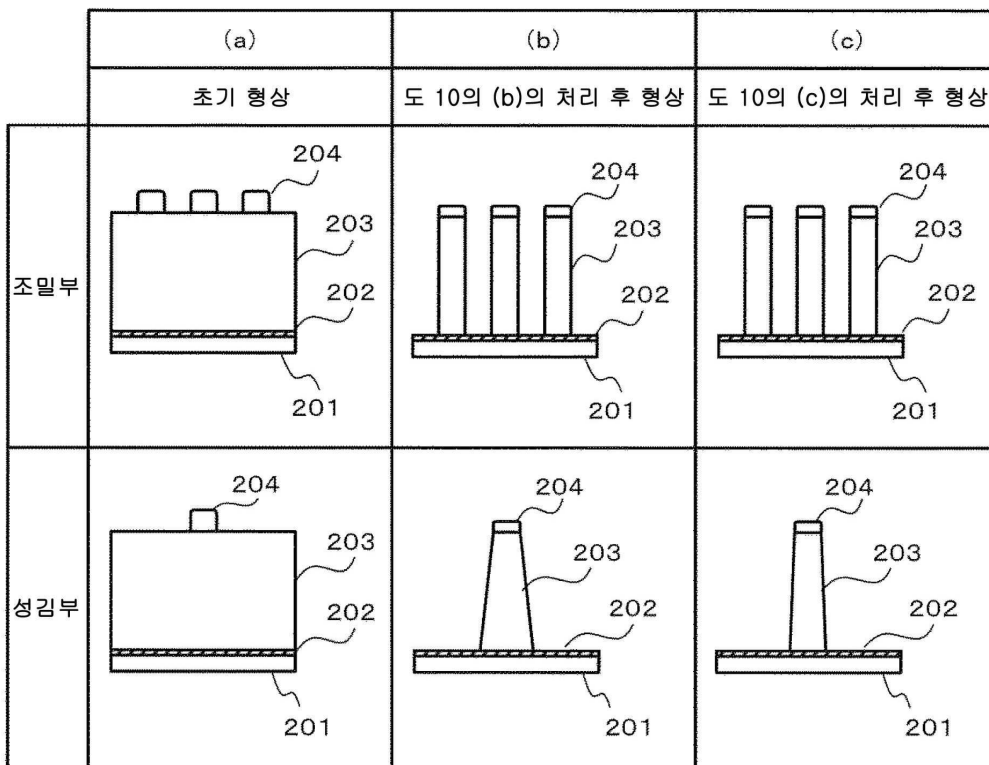
도면10



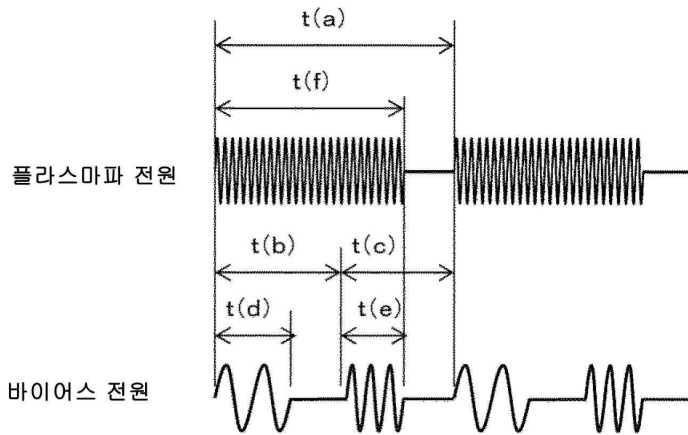
도면11

	(a)	(b)	(c)
분포	<p>에칭 레이트 (nm/min)</p> <p>Poly-Si</p> <p>SiO2</p> <p>0 웨이퍼 중심으로부터의 거리(mm)</p>	<p>에칭 레이트 (nm/min)</p> <p>Poly-Si</p> <p>SiO2</p> <p>0 웨이퍼 중심으로부터의 거리(mm)</p>	<p>에칭 레이트 (nm/min)</p> <p>Poly-Si</p> <p>SiO2</p> <p>0 웨이퍼 중심으로부터의 거리(mm)</p>
Poly-Si 에칭 레이트 (nm/min)	51.6	45.2	30.2
SiO2 에칭 레이트 (nm/min)	1.7	0.9	0.6
Poly-Si/SiO2 선택비	30.4	50.2	50.3

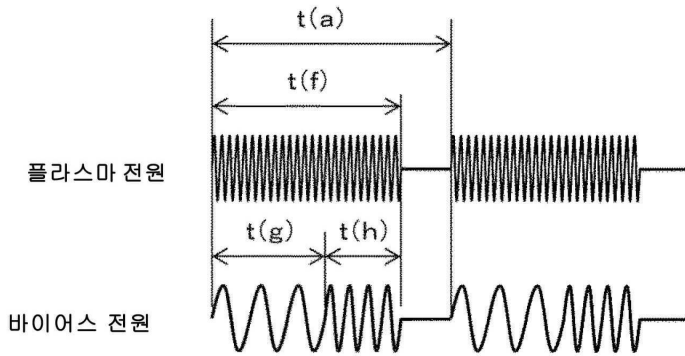
도면12



도면13



도면14



도면15

