(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월08일
(11) 등록번호 10-1674008
(24) 등록일자 2016년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05H 1/46 (2006.01) *H01J 37/32* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05H 1/46 (2013.01)
H01J 37/32211 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0016544
(22) 출원일자 2015년02월03일
심사청구일자 2015년02월03일
(65) 공개번호 10-2016-0056257
(43) 공개일자 2016년05월19일
(30) 우선권주장
JP-P-2014-228527 2014년11월11일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2009521594 A*
KR1020090082493 A*
JP2002541677 A
JP2008244429 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14
(72) 발명자
소노다 야스시
일본국 도쿄도 미나토구 니시심바시 1쵸메 24반 14고, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내
다나카 모토히로
일본국 도쿄도 미나토구 니시심바시 1쵸메 24반 14고, 가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내
(74) 대리인
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 이민형

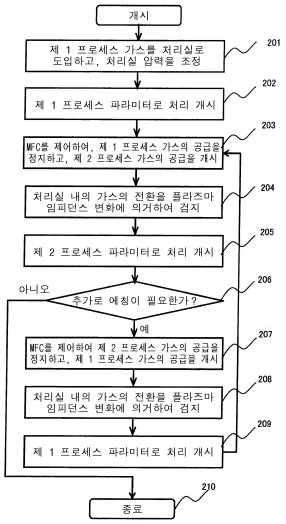
(54) 발명의 명칭 **플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 가스를 주기적으로 전환하면서 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 안정성이 좋으면서 형상 제어성이 높은 플라즈마 에칭을 행할 수 있는 플라즈마 처리 장치를 제공한다.

본 발명은, 시료가 플라즈마 처리되는 처리실과, 상기 처리실 내에 플라즈마를 생성시키기 위한 고주파 전력을 공급하는 제 1 고주파 전원과, 상기 시료가 재치되는 시료대와, 상기 시료대에 고주파 전력을 공급하는 제 2 고주파 전원과, 상기 처리실 내에 가스를 공급하는 가스 공급 장치를 구비하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 플라즈마 임피던스의 변화에 의거하여 일방의 가스로부터 타방의 가스로 전환한 후, 상기 제 1 고주파 전원으로부터 공급된 고주파 전력 또는 상기 제 2 고주파 전원으로부터 공급된 고주파 전력을 변화시키도록 상기 제 1 고주파 전원 또는 상기 제 2 고주파 전원을 제어하는 제어 장치를 더 구비하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도2



명 세 서

청구범위

청구항 1

시료가 플라즈마 처리되는 처리실과, 상기 처리실 내에 플라즈마를 생성시키기 위한 제 1 고주파 전력을 공급하는 제 1 고주파 전원과, 상기 시료가 재치되는 시료대와, 상기 시료대에 제 2 고주파 전력을 공급하는 제 2 고주파 전원과, 상기 처리실 내에 가스를 공급하는 가스 공급 장치를 구비하는 플라즈마 처리 장치에 있어서,

일방의 프로세스 파라미터로 규정된 일방의 가스로부터 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 타방의 가스로 전환하는 과정에 있어서 유발되는 플라즈마 임피던스의 변화에 의거하여 상기 제 1 고주파 전력을 상기 일방의 프로세스 파라미터로 규정된 값으로부터 상기 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 값으로 변화시키도록 상기 제 1 고주파 전원을 제어하는 제어 장치를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

시료가 플라즈마 처리되는 처리실과, 상기 처리실 내에 플라즈마를 생성시키기 위한 제 1 고주파 전력을 공급하는 제 1 고주파 전원과, 상기 시료가 재치되는 시료대와, 상기 시료대에 제 2 고주파 전력을 공급하는 제 2 고주파 전원과, 상기 처리실 내에 가스를 공급하는 가스 공급 장치를 구비하는 플라즈마 처리 장치에 있어서,

일방의 프로세스 파라미터로 규정된 일방의 가스로부터 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 타방의 가스로 전환하는 과정에 있어서 유발되는 플라즈마 임피던스의 변화에 의거하여 상기 제 2 고주파 전력을 상기 일방의 프로세스 파라미터로 규정된 값으로부터 상기 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 값으로 변화시키도록 상기 제 2 고주파 전원을 제어하는 제어 장치를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 일방의 프로세스 파라미터로 규정된 일방의 가스로부터 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 타방의 가스로 전환하는 과정에 있어서 유발되는 플라즈마 임피던스의 변화는, 상기 제 1 고주파 전력의 피크간의 전압에 있어서의 변화를 이용하여 검지되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 일방의 프로세스 파라미터로 규정된 일방의 가스로부터 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 타방의 가스로 전환하는 과정에 있어서 유발되는 플라즈마 임피던스의 변화는, 상기 제 2 고주파 전력의 피크간의 전압에 있어서의 변화를 이용하여 검지되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 일방의 프로세스 파라미터로 규정된 일방의 가스로부터 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 타방의 가스로 전환하는 과정에 있어서 유발되는 플라즈마 임피던스의 변화는, 상기 제 1 고주파 전력의 반사파를 이용하여 검지되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 일방의 프로세스 파라미터로 규정된 일방의 가스로부터 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 타방의 가스로 전환하는 과정에 있어서 유발되는 플라즈마 임피던스의 변화는, 상기 제 2 고주파 전력의 반사파를 이용하여 검지되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 7

일방의 가스가 규정된 일방의 프로세스 파라미터로부터 타방의 가스가 규정된 타방의 프로세스 파라미터로 전환하여 시료를 플라즈마 처리하는 플라즈마 처리 방법에 있어서,

상기 일방의 가스로부터 상기 타방의 가스로 전환하는 과정에 있어서 유발되는 플라즈마 임피던스의 변화를 검지 후, 플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전력을 상기 일방의 프로세스 파라미터로 규정된 값으로부터 상가 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 값으로 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 8

일방의 가스가 규정된 일방의 프로세스 파라미터로부터 타방의 가스가 규정된 타방의 프로세스 파라미터로 전환하여 시료를 플라즈마 처리하는 플라즈마 처리 방법에 있어서,

상기 일방의 가스로부터 상기 타방의 가스로 전환하는 과정에 있어서 유발되는 플라즈마 임피던스의 변화를 검지 후, 상기 시료를 재치하는 시료대에 공급되는 고주파 전력을 상기 일방의 프로세스 파라미터로 규정된 값으로부터 상기 타방의 프로세스 파라미터로 규정된 값으로 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법에 관련된 것이며, 특히 반도체 기판 등의 표면 가공을 플라즈마 처리 중에 주기적으로 가스를 교체하면서 행하는 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근의 반도체 기술의 미세화에 의해, 마스크 형상을 하층막에 전사하는 에칭 공정에는, 보다 높은 형상 제어성이 요구되고 있다. 애스펙트비가 높은 수직형상을 에칭하는 방법에는 다양한 방법이 알려져 있으나, 그 하나로 에칭 가스와, 그 에칭 가스에 대해 에칭 내성이 높은 보호막을 형성하는 디포지션 가스를 플라즈마를 생성한 상태인 채로 주기적으로 번갈아 처리실에 도입하고, 플라즈마 에칭 처리를 행하는 가스 초핑(chopping)의 방법이 알려져 있다.

[0003] 예를 들면, 특허문헌 1에는, 번갈아 가스를 도입할 때, 각각의 가스의 효과를 보다 높이기 위해, 에칭 가스를 도입하고 있는 프로세스와 디포지션 가스를 도입하고 있는 프로세스에서 셀프 바이어스를 발생시키기 위해 시료대로 공급하는 고주파 전력을 가스의 도입과 동기시켜 바꾸는 것도 행해져 있는 것이 개시되어 있다.

[0004] 가스 초핑법을 이용하여 에칭과 보호막 형성을 번갈아 행하면서 에칭 처리를 행한 경우, 스캘로핑(scalloping)이라고 불리는 바람직하지 않은 미소한 단차 형상이 에칭 후의 가공 구멍 측면에 형성된다. 이 미소한 단차 형상을 개선하기 위해서는 번갈아 도입하는 가스의 각각의 도입 시간을 짧게 하여 1~3초로 하는 것이 유효하다.

[0005] 가스의 처리실로의 도입량의 제어는, 일반적으로 가스 공급 장치(Mass Flow Controller:MFC)에 원하는 가스 유량을 흐르게 하기 위한 제어 신호를 줌으로써 행해져 있다. 그러나, 가스 공급 장치에 유량의 신호를 준 후, 처리실에 가스가 도입될 때까지는, 가스 공급 장치의 응답 시간, 가스 배관이나 샤워 플레이트, 처리실 내의 압력이나 가스의 흐름 등이 영향을 주어 1초 정도의 지연이 발생하고, 또, 그 지연은, 0.2~0.3초 정도의 편차를 가지고 있다.

[0006] 그 때문에, 가스 도입 시간을 1~3초 정도의 시간으로 하는 경우, 가스 공급 장치로의 제어 신호를 주고 나서 가스가 실제로 처리실에 도입될 때까지의 지연을 고려하여 제어를 행하지 않으면, 처리실 내에 에칭 또는 보호막 형성을 행하는 프로세스의 가스가 도입되고 있는 타이밍과, 바이어스나 플라즈마를 발생시키는 전력 등의 프로세스 파라미터를 각각의 프로세스에 적합한 값으로 제어하고 있는 타이밍에 무시할 수 없는 시간의 어긋남이 생겨, 최적인 처리가 실현되지 않게 된다.

[0007] 또, 가스 도입의 지연 시간의 편차의 영향을 저감하기 위해, 처리실로의 가스 도입의 정확한 시간을 리얼타임으로 파악하면서 그 외의 프로세스 파라미터의 제어를 행할 필요가 있다. 에칭 가스와 디포지션 가스의 교환을 판정하는 방법으로서는, 특허문헌 2에 개시된 방법과 같이 발광 스펙트럼·질량 분석계를 이용하여 가스비(比)를 검출함으로써 에칭 가스와 디포지션 가스의 교체 시간을 구하고, 고주파 전력을 동기시키는 방법이 알려져

있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본국 공개특허 특개소60-50923호 공보

(특허문헌 0002) 일본국 공개특허 특개평2-105413호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 그러나 상기 종래 기술에서는, 이하의 점에 대한 고려가 충분히 이루어져 있지 않았다. 특허문헌 2에 개시된 방법에서는, 플라즈마로부터의 발광을 기초로 하여 가스의 교체를 판정하기 위해, 에칭의 진행에 따른 발광의 변화나 처리실 내의 플라즈마로부터의 발광을 취출하는 창이 에칭 분위기에 노출되어 표면이 열화하거나, 반응 생성물의 부착 등에 의해 투과율이 낮아짐으로써 가스의 교체를 판정하는 정밀도가 낮아져 버린다.

[0010] 또, 질량 분석계를 이용하는 경우, 에칭 처리를 흩뜨리지 않도록 처리실로부터 떨어트려 놓고, 예를 들면, 처리실보다 하류의 진공 배기 장치 부근에 설치하는 것이 바람직하나, 처리실로부터 떨어트려 놓을 필요가 있는 만큼, 처리실 내의 가스의 조성 분석이 늦어져 버려, 가스의 도입 주기가 짧은 경우, 처리실 내의 가스의 조성 분석이 가스의 도입 주기에 추종할 수 없다.

[0011] 이상, 상기 과제를 감안하여 본 발명은, 가스를 주기적으로 전환하면서 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 안정성이 좋으면서 형상 제어 성이 높은 플라즈마 에칭을 행할 수 있는 플라즈마 처리 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명은, 시료가 플라즈마 처리되는 처리실과, 상기 처리실 내에 플라즈마를 생성시키기 위한 고주파 전력을 공급하는 제 1 고주파 전원과, 상기 시료가 재치되는 시료대와, 상기 시료대에 고주파 전력을 공급하는 제 2 고주파 전원과, 상기 처리실 내에 가스를 공급하는 가스 공급 장치를 구비하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 플라즈마 임피던스의 변화에 의거하여 일방의 가스로부터 타방의 가스로 전환한 후, 상기 제 1 고주파 전원으로부터 공급된 고주파 전력 또는 상기 제 2 고주파 전원으로부터 공급된 고주파 전력을 변화시키도록 상기 제 1 고주파 전원 또는 상기 제 2 고주파 전원을 제어하는 제어 장치를 더 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또, 본 발명은, 일방의 가스로부터 타방의 가스로 주기적으로 전환하면서 시료를 플라즈마 처리하는 플라즈마 처리 방법에 있어서, 일방의 가스로부터 타방의 가스로 전환한 후의 플라즈마 임피던스의 변화를 검지하고, 상기 플라즈마 임피던스의 변화를 검지 후, 상기 시료를 재치하는 시료대에 공급되는 고주파 전력 또는 플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전력을 변화시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명은, 가스를 주기적으로 전환하면서 플라즈마 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 안정성이 좋으면서 형상 제어성이 높은 플라즈마 에칭을 행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은, 발명에 관련된 플라즈마 처리 장치의 구성을 나타낸 종단면도이다.

도 2는, 본 발명의 제어를 나타낸 플로우 차트이다.

도 3은, 가스 공급 장치에 유량 제어 신호를 송신했을 때의 가스 공급 장치로부터 공급되는 가스 유량을 나타낸 도면이다.

도 4는, N_2 가스를 펄스적으로 처리실에 2초간 공급하는 것과 2초간 공급을 정지하는 것을 반복한 경우의 Vpp

및 반사파를 나타낸 도면이다.

도 5는, 가스 공급 장치의 제어 신호에 의한 N_2 가스의 펄스를 10회 반복하여 처리실에 도입했을 때에 있어서의 Vpp의 응답 상태를 나타낸 도면이다.

도 6은, N_2 가스의 유량 제어 신호의 변화에 대한 Vpp와 Vpp의 1차 미분 및 2차 미분을 나타낸 도면이다.

도 7은, SF_6 가스와 $SiCl_4$ 가스를 번갈아 처리실에 도입한 경우의 Vpp의 변화를 나타낸 도면이다.

도 8은, 2차 미분값을 이용하여 가스 도입을 검지함으로써 고주파 전원(113)의 고주파 전력을 동기시켜 변화시킨 경우의 Vpp 및 고주파 전력의 변화를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명의 실시형태에 대하여 도면을 참조하면서 설명한다.

[0017] 본 발명은, 반도체 기판을 에칭 가스와 디포지션 가스(퇴적성 가스)를 번갈아 처리실에 도입하면서 에칭 처리를 행할 때, 에칭 가스와 디포지션 가스의 전환에 따른 플라즈마 임피던스의 변화에 의해 각각의 가스가 처리실에 도입된 것을 검지하고, 가스 이외의 셀프 바이어스 발생용의 고주파 전력 등의 프로세스 파라미터를 그것에 동기하여 변화시키는 것을 특징으로 한 발명이다. 이하, 본 발명에 대하여 설명한다.

[0018] 도 1은, 본 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치의 전체 구성의 개략을 나타낸 종단면도이다. 진공 용기(101)의 상부에, 진공 용기(101) 내에 에칭 가스를 도입하기 위한 샤워 플레이트(102), 처리실 상부를 기밀(氣密)하게 밀봉하기 위한 유전체 창(103)을 설치하여 처리실(104)을 구성한다. 샤워 플레이트(102)에는, 가스 배관(105)을 거쳐 복수의 가스 공급 장치(MFC)(106)가 접속되고, 각 가스 공급 장치(106)에는 각각 플라즈마 에칭 처리를 행하기 위한 SF_6 가스나 O_2 가스 등의 처리용 가스(도시 생략)가 접속되어 있다.

[0019] 상기의 복수의 가스 공급 장치에 의해 에칭 처리를 행하기 위한 제 1 프로세스 가스(에칭 가스)와 보호막 형성 처리를 행하기 위한 제 2 프로세스 가스(디포지션 가스)가 일정한 주기로 번갈아 가스 배관(105) 및 샤워 플레이트(102)를 거쳐 처리실(104)에 도입할 수 있는 것으로 한다. 또한, 에칭 가스 및 디포지션 가스는, 단일의 가스여도 되고, 복수의 가스의 조합이어도 된다. 또, 가스의 전환시의 방전 불안정성을 저감하기 위해서는, 에칭 가스 및 디포지션 가스에는 Ar 가스나 He 가스 등의 각 프로세스의 특성을 크게 바꾸지 않는 희가스를 공통의 가스로서 첨가시킨 편이 좋다. 또, 진공 용기(101)에는, 진공 배기구(114)를 거쳐 진공 배기 장치(도시 생략)가 접속되어 있고, 처리실(104) 내의 압력을 제어할 수 있는 것으로 한다.

[0020] 이 플라즈마 처리 장치에 의한 플라즈마 발생 기구는, 마이크로파라고 불리는 2.45GHz의 전자파를 발생시키는 전자파 발생용 전원(마그네트론)(107), 마이크로파 정합기(108) 및 자장 발생 코일(109)에 의해 구성되며, 제 1 고주파 전원인 전자장 발생용 전원(107)으로부터 발진된 전자파와 자장 발생 코일(109)에 의해 형성된 자장의 전자 사이클로트론 공명(Electron Cyclotron Resonance:ECR)에 의해 처리실(104)에 플라즈마를 생성한다.

[0021] 또, 샤워 플레이트에 대향된 처리실(104) 하부에는 시료인 반도체 기판(110)을 재치하는 시료대(111)가 설치되어 있다. 시료대(111)에는 고주파 정합기(112)를 거쳐 제 2 고주파 전원인 고주파 전원(113)이 접속된다. 시료대(111)에 접속된 고주파 전원(113)으로부터 고주파 전력을 공급함으로써, 일반적으로 셀프 바이어스로 불리는 음의 전압이 시료대(111) 상에 발생하고, 셀프 바이어스에 의해 플라즈마 중의 이온이 가속되어 반도체 기판(110)에 수직으로 입사함으로써, 반도체 기판(110)이 에칭된다.

[0022] 제어 장치(115)는, 상술한 이들의 장치를 프로세스 조건에 의거하여 제어한다. 또, 제어 장치(115)는, 이하에 설명하는 방법에 의해 처리실로의 가스의 도입을 정합기로부터의 센서에 의해 데이터를 수취하여 처리실로의 가스 도입을 검지하고, 검지 후에 가스 이외의 프로세스 파라미터를 변화시키는 타이밍의 제어를 행한다.

[0023] 프로세스 파라미터가 일정하게 유지되는 경우, 플라즈마 임피던스는 크게 변화하지 않는다. 그러나, 가스 초핑의 방법과 같이 처리실(104) 내의 가스를 플라즈마 생성 중에 교체한 경우, 가스의 종류에 따라 해리(解離)나 전리(電離)가 다르기 때문에, 플라즈마의 기초량인 전자 밀도·전자 온도가 변화한다. 이 변화에 의해 플라즈마 임피던스도 가스의 교체에 따라 변화한다. 본 발명은, 이 현상을 이용하여, 가스 초핑의 방법에 의한 처리실 내의 가스의 교체를 플라즈마 임피던스의 변화에 의해 검지하고, 가스 교체를 검지한 후, 에칭 처리 및 보호막 형성 처리의 각각에 적합한 프로세스 파라미터로 변화시킨다.

[0024] 고주파 정합기(112) 및 마이크로파 정합기(108)의 기능은 일반적으로 알려진 바와 같이, 각각 고주파 전원(113) 또는 전자파 발생용 전원(107)의 임피던스와 각각의 전원으로부터 본 플라즈마 임피던스를 포함하는 회로의 임피던스를 정합시킴으로써, 반사파를 저감시켜 전력을 효율 좋게 부하인 플라즈마에 공급하는 것이다.

[0025] 그 때문에, 플라즈마 임피던스의 변화는, 고주파 정합기(112) 및 마이크로파 정합기(108) 내의 복수의 센서에 의해 검지 가능하다. 검지 가능한 센서의 예로서는 고주파 전력의 피크간 전압인 Vpp나 반사파 전력 등을 들 수 있다.

[0026] 또, 고주파 전력의 피크간 전압(Vpp)은, 고주파 전력을 일정하게 하여 제어한 경우, 플라즈마 임피던스의 변화와 함께 변화한다. 또, 플라즈마 임피던스의 변화는, 정합 포인트가 바뀌어, 순간적으로 부정합하게 된 것을 의미하기 때문에, 반사파의 발생으로서 나타난다. 이하, 이들의 현상을 이용하여 처리실 내로의 가스 교체를 판정한 예에 대하여 설명한다.

[0027] 도 2는, 가스 공급 장치 및 고주파 전원(113)의 제어 방법을 나타낸 플로우 차트이다. 단계(201)에 있어서, 최초로 제 1 프로세스 가스를 가스 공급 장치에 제어 신호를 송신함으로써 처리실(104)에 도입하여 목표의 처리 압력이 되도록 제어한다. 단계(202)에 있어서, 플라즈마 생성용의 마이크로파를 처리실에 공급함과 함께 자장을 발생시킴으로써 플라즈마를 생성하고, 다음에 고주파 전력을 시료대에 공급하여 셀프 바이어스를 발생시키는 등, 장치 각 부를 제 1 프로세스 파라미터로 제어함으로써 에칭 처리를 개시한다.

[0028] 플라즈마 에칭 처리 개시시의 단계(201) 및 단계(202)에 있어서는, 처리실 내는, 제 1 프로세스 가스가 충분히 도입되어 처리실 내의 압력이 처리에 적합한 값이 된 후에 플라즈마의 생성 및 고주파 전원(113)으로부터 공급된 고주파 전력의 공급을 행하는 등 다른 프로세스 파라미터의 제어를 행하면 되고, 가스 도입의 지연 및 가스의 전환을 반드시 검지할 필요는 없다.

[0029] 다음에, 단계(203)에 있어서, 설정한 제 1 프로세스의 시간을 경과한 후, 제 1 프로세스 가스의 공급을 정지하고, 제 2 프로세스 가스의 공급을 개시하도록 가스 공급 장치(106)에 제어 신호를 송신한다. 도 3에 가스 공급 장치로 유량의 제어 신호를 송신했을 때의 그것에 대한 응답인 가스 공급 장치에서 측정된 가스 공급 유량을 나타낸다.

[0030] 제어 신호가 송신되고 나서 가스가 흐르기 시작하는 데에는 약 0.2초의 시간이 걸리고, 목표값의 90% 이상의 유량이 흐르는 것은 가스가 흐르기 시작하고 나서 추가로 약 0.6초 경과하였다. 가스가 가스 공급 장치에 제어 신호가 송신되고 나서 처리실에 도달할 때까지는, 추가로 가스 배관 및 샤워 플레이트를 통과할 필요가 있기 때문에 지연이 더 발생한다.

[0031] 다음에, 단계(204)에 있어서, 제 1 프로세스 가스의 공급이 정지되고, 제 2 프로세스 가스가 처리실에 도입되기 시작하면, 플라즈마 임피던스가 변화하기 시작하고, 고주파 정합기에서 Vpp의 변화나 고주파 바이어스 전력의 반사파의 발생으로서 검지한다. 도 4는, Ar 가스와 N_2 가스의 혼합 가스에 의한 플라즈마를 생성하였을 때, N_2 가스를 펄스적으로 처리실에 2초간 공급하는 것과 2초간 공급을 정지하는 것을 반복한 경우의 Vpp 및 반사파를 나타낸 도면이다.

[0032] 본 실시예에 있어서는, 에칭 가스와 디포지션 가스를 주기적으로 번갈아 전환하면서 공급함과 함께 처리실 내의 가스의 전환을 검지한 후, 가스 이외의 프로세스 파라미터를 변화시키기 때문에, 가스 이외의 프로세스 파라미터가 변화하는 것에 의한 Vpp 등의 큰 변화가 가스를 전환하는 것에 의한 변화 후에 더해지게 된다. 또한, 도 4에서는, 가스 공급 장치에 송신되는 제어 신호와 Vpp 등의 변화의 시간적 관계만을 조사하기 위해 주기적으로 제어하는 프로세스 파라미터를 N_2 가스 하나로 한정하고, N_2 가스의 유량의 변화에 상관없이 그 외의 프로세스 파라미터를 일정하게 한 경우의 결과를 나타내고 있다.

[0033] N_2 가스의 유량을 변화시켰을 때, 유량 제어 신호보다 늦게 Vpp가 변화하기 시작하고, 안정될 때까지 약 1.5초의 시간이 걸렸다. 또, 반사파는, Vpp가 변화하기 시작할 때 발생하고 있다. 이들의 변화는, 이하와 같이 생각된다.

[0034] 최초로 가스의 공급을 개시하도록 유량 제어 신호를 변화시킨 후, 처리실에 0.8초 정도 늦게 가스가 도입되기 시작한다. 도입 당초의 상승에 있어서 처리실 내를 흐르는 가스의 조성이 크게 변화하기 때문에, 그것에 따라 플라즈마의 전자 밀도가 크게 변화한다. 전자 밀도가 크게 변화하면 플라즈마 임피던스도 크게 변화하기 때문에, 정합 포인트가 어긋나 반사파가 발생함과 함께 Vpp도 변화하기 시작한다.

[0035] 반사파의 발생 후, 정합기에서의 자동 재정합이 행해지며, 또, 가스 도입량의 변화가 완만해지기 때문에 반사파가 0이 된다. 한편, Vpp는, 가스 유량의 상승에 맞춰 변화하기 시작하고, 또한 0.7초 정도 경과하여 가스 유량이 안정될 때까지의 동안, 전자 밀도 및 임피던스가 함께 계속해서 변화하고 있다고 생각된다. 또, 이 Vpp의 변화에 의해 처리실로 가스가 도입될 때까지의 시간의 편차가 어느 정도인지 조사할 수 있다.

[0036] 도 5는, 가스 공급 장치의 제어 신호에 의한 N_2 가스의 펄스를 10회 반복하여 처리실에 도입했을 때에 Vpp가 어떻게 응답할지를 나타낸 도면이다. 파선이 가스 공급 장치에 송신된 제어 신호이고, 실선이 10회 반복했을 때의 Vpp이다. 도 5로부터 Vpp의 하강이나, 하강에 0.3초의 편차가 있는 것을 알 수 있다. 이 편차는, 가스의 도입 시간에 대해 1할 이상의 어긋남을 초래하기 때문에, 단계(205)에서 이 편차를 포함하여, 처리실로의 가스 도입을 검지하는 것은 중요하다.

[0037] Vpp를 이용하여 가스 도입을 검지하는 방법으로서는, Vpp의 1차 미분을 구하고, 1차 미분값이 미리 설정한 임계치 이상이 된 경우에 처리실 내의 가스가 도입되어 전환된 것을 검지한다. 또는, Vpp의 2차 미분을 구하고, 2차 미분량이 0을 교차한 타이밍에서 검지해도 된다. 도 6은, N_2 가스의 유량 제어 신호의 변화에 대한 Vpp와 Vpp의 1차 미분 및 2차 미분을 구한 것을 나타낸다.

[0038] N_2 가스가 공급되면 Vpp가 감소하여 1차 미분값이 음이 된다. 도 5의 경우, 가스 공급 개시 후의 1차 미분값을 계산하고, 임계치를 -0.02 정도로 함으로써 가스의 공급 개시를 검지할 수 있다. 또 2차 미분값이 음에서 양을 향해 0과 교차하는 것은 가스 공급 개시의 신호가 송신되고 나서 1.4초 후이며, 이 시간은, Vpp의 변화가 완만해지기 시작한 타이밍을 나타내고 있기 때문에, 처리실 내의 N_2 가스 유량이 안정되기 시작한 타이밍인 것을 검지할 수 있다. 또, 반사파를 이용하여 처리실로의 가스의 도입을 검지하는 경우에는, 임계치를 설정하고, 단계(203) 이후에 어떤 일정값 이상의 반사파가 발생한 타이밍을 가스 도입이 개시되었다고 검지하는 것이 적당하다.

[0039] 계속하여 단계(205)에 있어서, 제 1 프로세스 가스로부터 제 2 프로세스 가스로의 전환을 검지한 후, 프로세스 파라미터를 변화시켜 보호막 형성 처리를 개시한다. 다음에 단계(206)에 있어서, 단계(203)에 의해 설정한 제 2 프로세스의 시간을 경과한 후, 목표의 깊이까지 에칭되었는지의 여부를 판정한다. 단계(210)에 있어서, 목표의 깊이까지 에칭되어 추가로 에칭할 필요가 없는 경우에는 처리를 종료한다. 목표의 깊이까지 에칭이 진행되고 있지 않은 경우에는, 다시 에칭 처리와 보호막 형성 처리를 목표의 에칭 깊이가 될 때까지 반복하여 행한다.

[0040] 본 발명에 있어서는, 각 처리 가스를 공급하도록 제어 신호를 송신하는 시간과, 그 처리 가스가 처리실에 도입되어 그 외의 프로세스 파라미터를 각 처리에 적합한 값으로 제어하고 있는 시간의 2가지의 시간이 있다. 단계(206)에서 설정한 제 2 프로세스의 시간에는 가스를 공급하기 위한 제어 신호를 송신하는 시간을 이용하는 것이 좋다. 설정된 가스 공급 시간이 경과한 후, 원하는 에칭 깊이의 경우, 마이크로파 등의 공급을 정지하고, 처리를 종료한다. 또, 목표의 깊이까지 에칭이 진행되고 있지 않은 경우, 가스 이외의 프로세스 파라미터는 제 2 프로세스 파라미터의 값이 되도록 제어를 계속한다.

[0041] 보호막 형성 처리로부터 에칭 처리로의 전환은, 단계(203~205)와 동일한 순서로 행한다. 먼저 단계(207)에 있어서, 제 2 프로세스 가스의 공급을 정지하고, 제 1 프로세스 가스의 공급을 개시하기 위해 가스 공급 장치(106)에 제어 신호를 송신한다. 다음에 단계(208)에 있어서, 처리실 내의 가스가 제 2 프로세스 가스로부터 제 1 프로세스 가스로 전환된 것을 플라즈마 임피던스의 변화를 검지함으로써 판정한다.

[0042] 계속하여 단계(209)에 있어서, 제 2 프로세스 가스로부터 제 1 프로세스 가스로의 전환을 검지한 후, 프로세스 파라미터를 변화시켜 에칭 처리를 개시한다. 다음에 단계(208)의 제 1 프로세스의 설정한 시간이 경과한 후, 단계(204)로 되돌아가 보호막 형성 처리를 다시 행한다. 이와 같이 단계(207~209) 및 단계(203~205)의 반복을 목표의 에칭 깊이가 될 때까지 행한다.

[0043] 프로세스 가스의 공급을 변화시킬 때마다 처리실로의 가스 도입의 검지를 행하나, 실제의 처리시에는 노이즈 등에 의해 가스 도입의 검지를 실패할 수 있다. 이 우려에 대해서는, 프로세스 가스의 공급을 개시하고 나서 처리실에 도입된 것을 검지할 때까지의 시간에 임계치를 설정하고, 그동안에 플라즈마 임피던스 변화를 검지할 수 없는 경우, 프로세스 가스의 공급으로부터 임계치 이상의 시간이 경과한 순간에 가스 이외의 프로세스 파라미터를 변화시키면 된다.

[0044] 또, 임계치의 시간의 설정에는, 미리 각 프로세스의 가스를 공급하기 위해 MFC에 제어 신호를 송신하고 나서 처리실에 도입될 때까지의 시간의 편차를, 플라즈마 임피던스의 변화를 이용하여 측정하고, 이 편차 중에서 도입

될 때까지의 시간이 가장 긴 시간을 이용하여 설정하는 것이 유효하다. 다음에 가스 도입을 Vpp의 2차 미분에 의해 가스의 도입을 검지하여 프로세스 파라미터의 하나인 고주파 전원(113)으로부터 공급된 고주파 전력을 변화시킨 예에 대하여 설명한다.

[0045] 또, Vpp의 2차 미분에 의해 가스의 도입을 검지할 때에는, 에칭 가스 및 디포지션 가스를 처리실에 도입했을 때에 Vpp가 어떻게 변화하고, 2차 미분값의 0과의 교차가 양에서 음의 방향인 것인지, 또는 음에서 양의 방향인 것인지 등을 고주파 전원(113)으로부터의 고주파 전력을 일정하게 하는 조건에서 조사하는 편이 좋다.

[0046] 다음에 도 7에 에칭 가스로서 SF_6 가스, 디포지션 가스로서 $SiCl_4$ 가스, 에칭 가스 및 디포지션 가스의 공통 가스로서 O_2 가스 및 Ar 가스를 이용하고, SF_6 가스와 $SiCl_4$ 가스를 번갈아 처리실에 도입한 경우의 Vpp의 변화를 나타낸다. 에칭 가스의 조건은, SF_6 가스의 유량과 O_2 가스의 유량과 Ar 가스의 유량을 각각, 90ml/min, 10ml/min, 50ml/min로 하고, 디포지션 가스의 조건은, $SiCl_4$ 가스의 유량과 O_2 가스의 유량과 Ar 가스의 유량을 각각, 30ml/min, 10ml/min, 50ml/min으로 하고, 각각의 가스의 도입 시간을 3초로 하여 반복하여 처리실에 도입하였다. 또, 마이크로파 전력은 600W, 처리 압력은 0.3Pa, 고주파 전원(113)의 고주파 전력은 30W로 일정하게 하였다.

[0047] 도 7의 결과로부터 2차 미분을 이용하여 처리실 내의 가스가 교체를 검지하는 타이밍은, SF_6 가스를 도입한 경우에는 양에서 음을 향하여 0과 교차할 때, $SiCl_4$ 가스를 도입하는 경우는 반대로 음에서 양을 향하여 0과 교차할 때이다. 이것에 의해 가스의 처리실로의 도입을 Vpp의 2차 미분값에 의해 검지할 수 있고, 도 7에 SF_6 가스 및 $SiCl_4$ 가스가 각각 처리실에 도입되었다고 검지된 타이밍을 맞춰 나타내고 있다.

[0048] 다음에 도 8은, 2차 미분값이 0과 교차하는 시간으로부터 가스 도입을 검지하고, 그것에 의해 고주파 전원(113)의 고주파 전력을 동기시켜 변화시킨 경우의 Vpp 및 고주파 전력의 변화를 나타낸다. 에칭 가스를 도입한 경우의 고주파 전력을 100W, 디포지션 가스를 도입한 경우의 고주파 전력을 30W로 하고, 그 외의 에칭 처리 조건은, 도 7의 측정을 행한 조건과 동일하게 하였다. SF_6 가스 및 $SiCl_4$ 가스 중 어느 쪽의 가스의 경우에 있어서도 공급 개시의 제어 신호의 변화보다 1초 정도 늦게 고주파 전원(113)의 고주파 전력이 각 가스의 처리 조건에 맞춰 변화하고, 에칭 처리 및 보호막 형성 처리에 각각 적합한 고주파 전력이 공급되면서 에칭 처리 및 보호막 형성 처리가 행해져 있다.

[0049] 본 실시예에서는, 제 1 프로세스 가스를 에칭 가스, 제 2 프로세스 가스를 디포지션 가스로 하여 설명을 행하였으나, 본 발명은, 이 2가지의 조합만으로 한정되는 것은 아니다. 2가지 이상의 프로세스 가스에 의한 처리의 방전을 생성하면서 순차 전환하여 반복하는 것에 의한 에칭 처리에 대해서도 적용할 수 있다.

[0050] 또, 본 발명을 적용할 수 있는 예로서 에칭이나 보호막 형성 이외의 처리의 예에서는, 보호막 형성 단계로부터 에칭 단계로 이행하는 동안에 보호막 형성 단계에서 형성된 보호막을 측면은 남기고, 바닥면은 제거하는 보호막 제거 처리가 있다. 또, 에칭에 이용하는 가스나 보호막 형성에 이용하는 가스가 반복 중의 다른 상이한 처리를 행할 때에 처리실 내에 잔류하지 않도록 각 처리와 처리의 사이에 Ar 가스 등 반도체 기판과 반응하기 어려운 가스에 의한 플라즈마를 생성함으로써 처리실 내로부터 다른 처리를 행할 때에 잔류하고 있는 것이 바람직하지 않은 가스를 배기하는 처리 등도 있다. 또한 이들을 조합하여 반복함으로써 형상 제어성이 높은 처리를 행할 수 있다.

[0051] 또, 본 발명을 적용한 가스 초핑의 방법에 의한 에칭과 다른 반복을 이용하지 않은 에칭을 조합하여 반도체 기판의 에칭 처리를 조합하여 행할 수도 있다. 예를 들면, 본 발명을 적용한 가스 초핑의 방법에 의해 원하는 에칭 깊이·형상으로 처리하는 메인 에칭 후에, 본 발명을 적용한 가스 초핑의 방법을 이용하지 않은 오버 에칭을 행할 수 있다.

[0052] 또한 본 실시예에서는, 고주파 전원(113)으로부터 공급된 고주파 전력에 대하여 설명하였으나, 본 발명은, 플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전력에도 적용할 수 있다.

[0053] 본 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치의 제어 장치(115)는, 복수의 가스 공급 장치에 주기적으로 가스 공급량을 변화시키기 위해 제어 신호를 송신함과 함께 Vpp나 반사파의 신호를 정합기로부터 수신하여 가스가 처리실에 도입된 타이밍을 검지한 후, 고주파 전원의 출력을 변화시키는 제어를 행한다. 플라즈마 임피던스의 변화에 의거하여 고주파 전력을 변화시키는 타이밍을 정함으로써, 가스의 도입에 에칭 프로세스 및 보호막 형성 프로세스 각각에 적합한 고주파 전력을 고정밀도로 동기시켜 공급할 수 있으며, 형상 제어성이 높은 플라즈마 에칭 처리

가 가능하게 된다.

[0054] 또한, 본 발명은 상술한 실시예에 한정되는 것이 아니라, 다양한 변형예가 포함된다. 예를 들면, 유도 결합형 플라즈마(Inductively Coupled Plasma:ICP) 처리 장치, 용량 결합형 플라즈마(Capacitively Coupled Plasma:CCP) 처리 장치 등의 플라즈마의 생성 수단 또는 바이어스의 인가에 고주파 전원을 사용하고, 고주파 전력을 플라즈마에 효율 좋게 전달하기 위해 정합기를 사용하는 경우에 대하여 적용가능하다.

[0055] 또, 상술한 실시예는 본 발명을 알기 쉽게 설명하기 위해 상세하게 설명한 것이며, 본 발명은, 반드시 설명한 모든 구성을 구비하는 것에 한정되는 것이 아니라, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 여러 가지 변경 가능하다.

부호의 설명

[0056] 101: 진공 용기

102: 샤워 플레이트

103: 유전체 창

104: 처리실

105: 가스 배관

106: 가스 공급 장치

107: 전자파 발생용 전원

108: 마이크로파 정합기

109: 자장 발생 코일

110: 반도체 기판

111: 시료대

112: 고주파 정합기

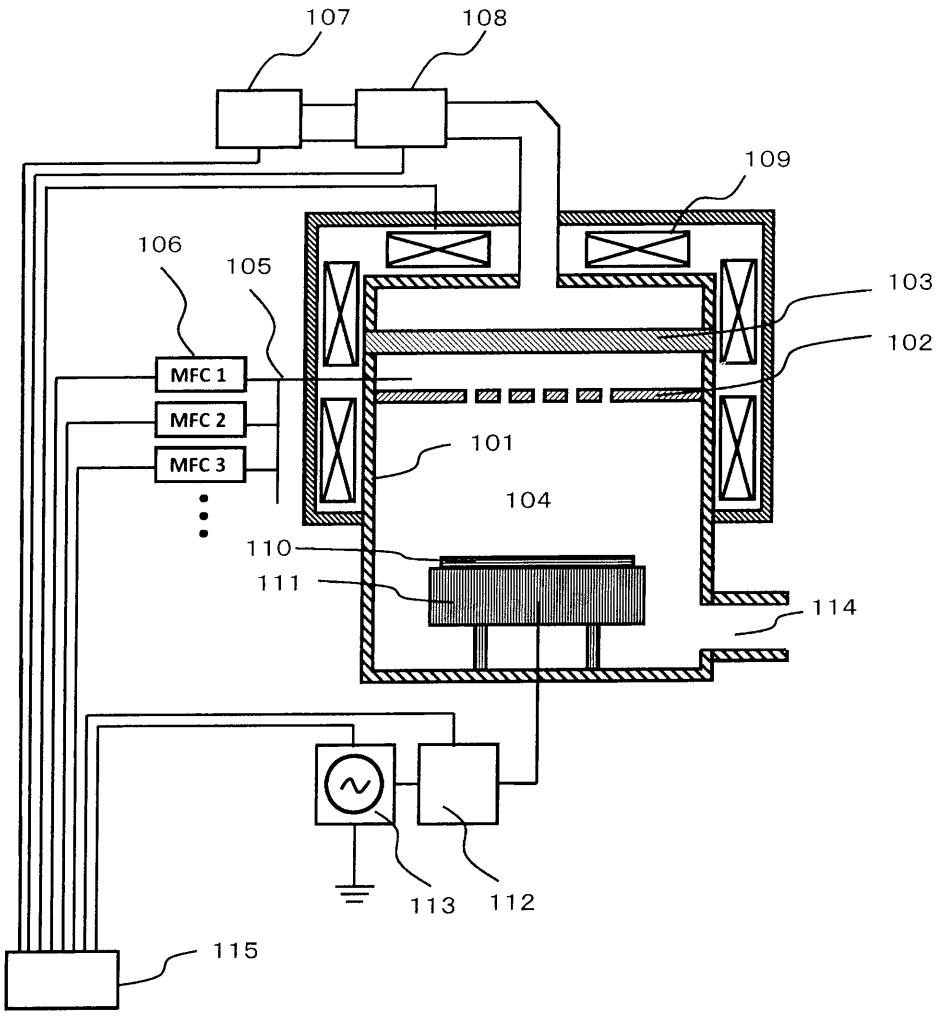
113: 고주파 전원

114: 진공 배기구

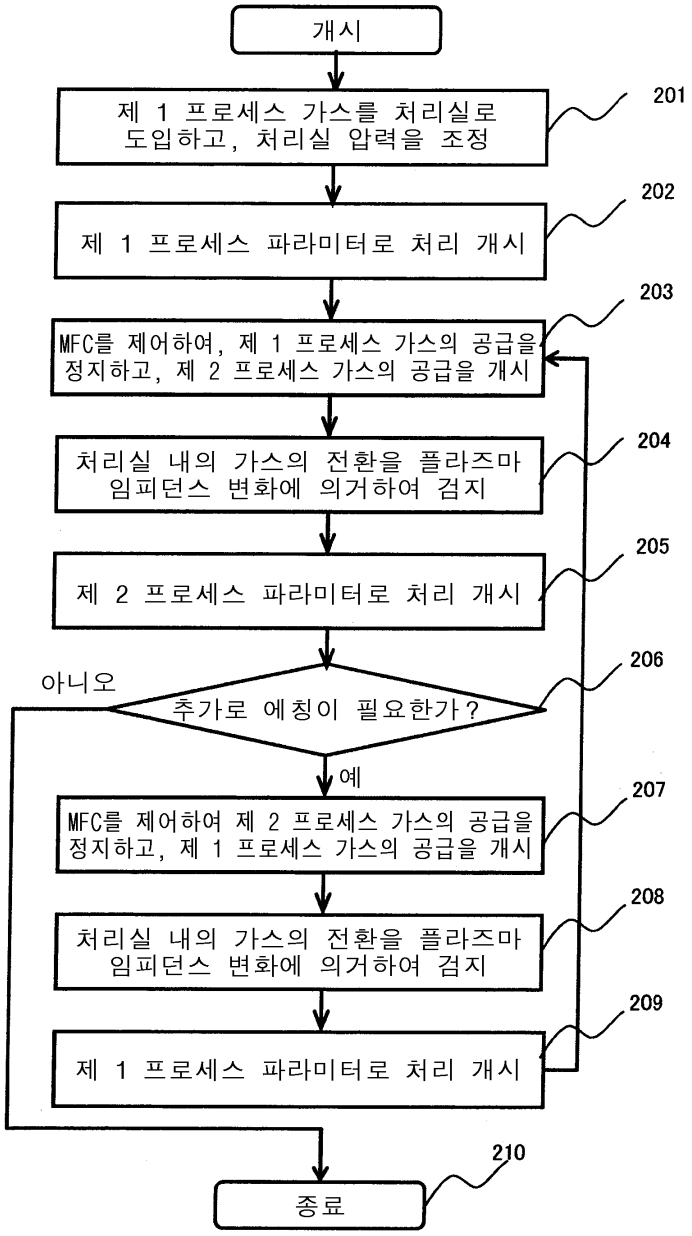
115: 제어 장치

도면

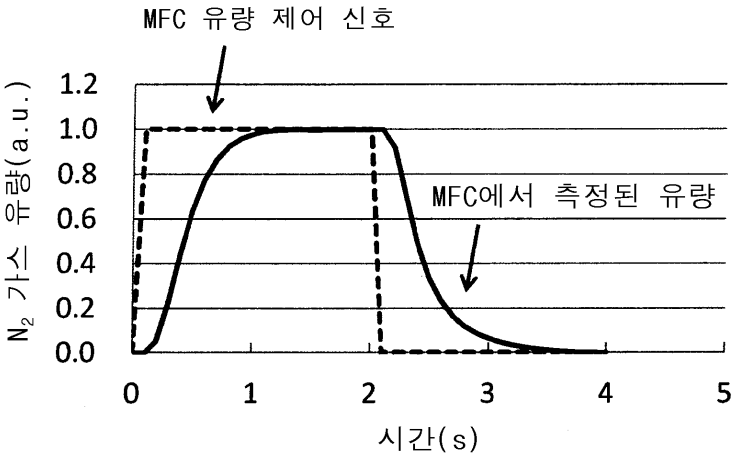
도면1


107
108
109
106
105
103
102
MFC 1
MFC 2
MFC 3
101
104
110
111
114
113
112
115

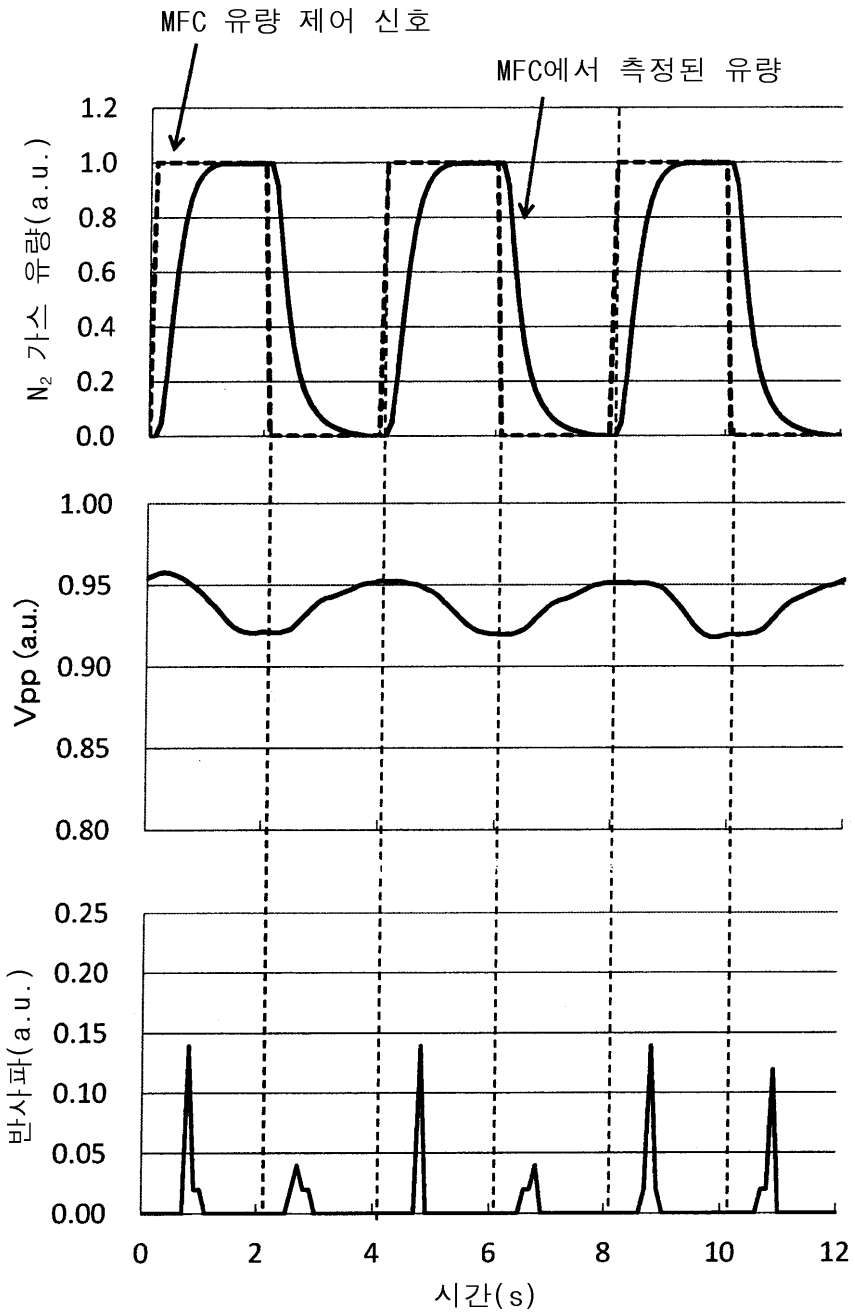
도면2


개시
제 1 프로세스 가스를 처리실로 도입하고, 처리실 압력을 조정
201
제 1 프로세스 파라미터로 처리 개시
202
MFC를 제어하여, 제 1 프로세스 가스의 공급을 정지하고, 제 2 프로세스 가스의 공급을 개시
203
처리실 내의 가스의 전환을 플라즈마 임피던스 변화에 의거하여 검지
204
제 2 프로세스 파라미터로 처리 개시
205
추가로 에칭이 필요한가?
206
아니오
예
MFC를 제어하여 제 2 프로세스 가스의 공급을 정지하고, 제 1 프로세스 가스의 공급을 개시
207
처리실 내의 가스의 전환을 플라즈마 임피던스 변화에 의거하여 검지
208
제 1 프로세스 파라미터로 처리 개시
209
종료
210

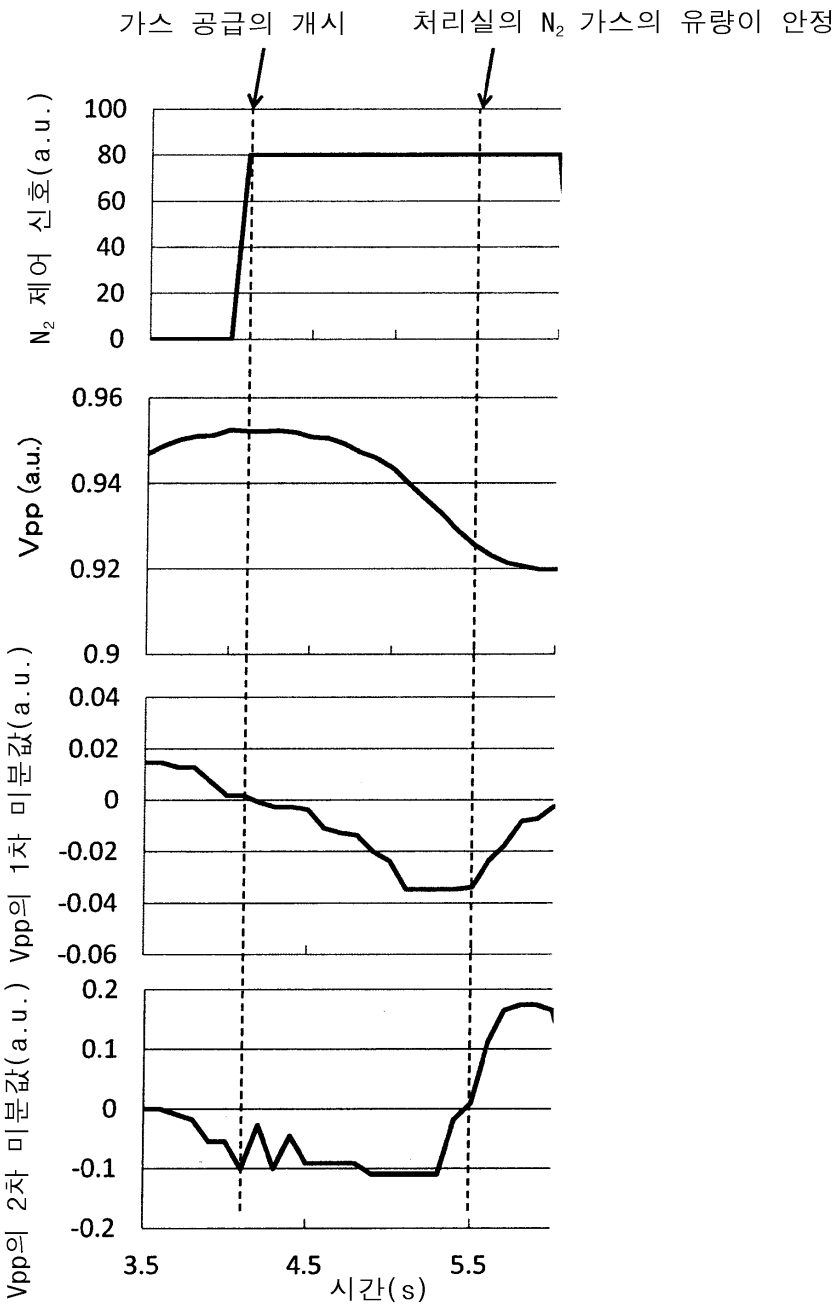
도면3


MFC 유량 제어 신호
MFC에서 측정된 유량
N_2 가스 유량(a.u.)
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
1
2
3
4
5
시간(s)

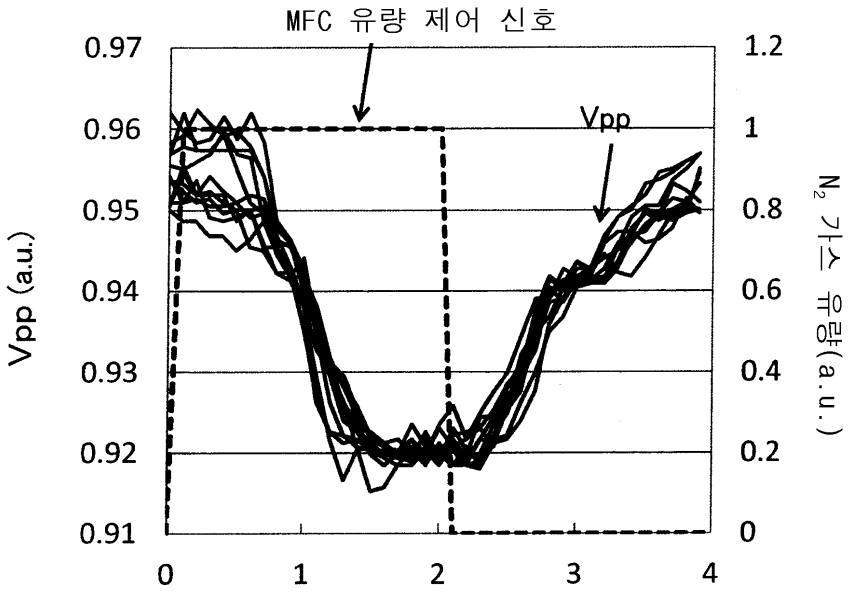
도면4


MFC 유량 제어 신호
MFC에서 측정된 유량
N₂ 가스 유량(a.u.)
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Vpp (a.u.)
1.00
0.95
0.90
0.85
0.80
반사파(a.u.)
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
0
2
4
6
8
10
12
시간(s)

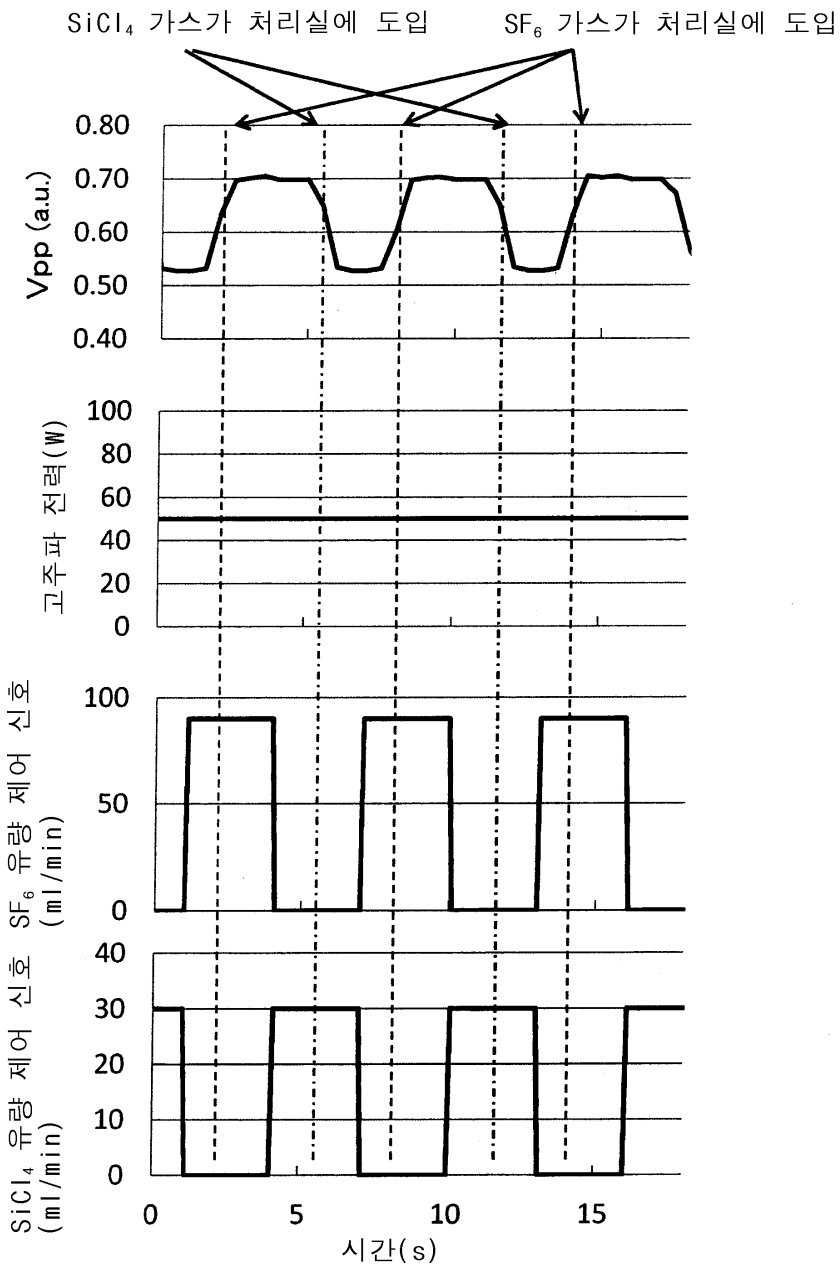
도면5


가스 공급의 개시
처리실의 N2 가스의 유량이 안정
N2 제어 신호(a.u.)
100
80
60
40
20
0
Vpp (a.u.)
0.96
0.94
0.92
0.9
Vpp의 1차 미분값(a.u.)
0.04
0.02
0
-0.02
-0.04
-0.06
Vpp의 2차 미분값(a.u.)
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
3.5
4.5
5.5
시간(s)

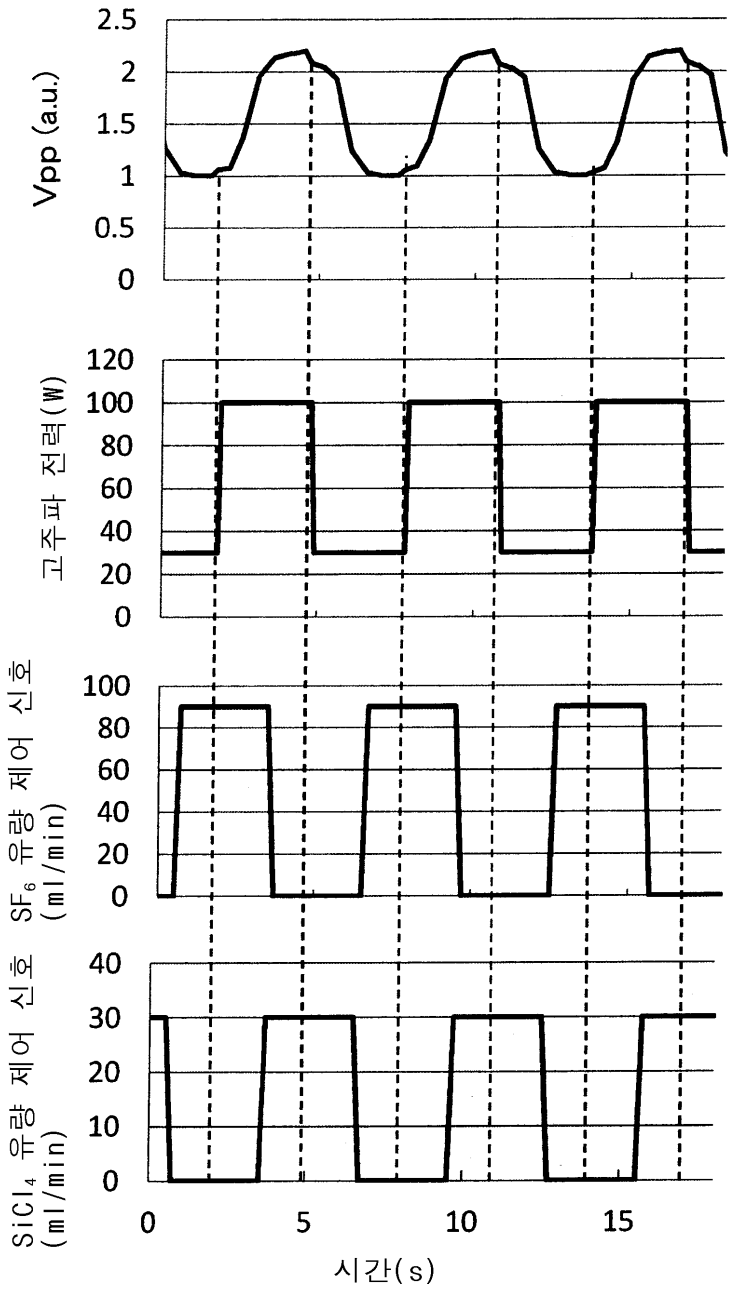
도면6


MFC 유량 제어 신호
Vpp
Vpp (a.u.)
0.97
0.96
0.95
0.94
0.93
0.92
0.91
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
1
2
3
4
N2 가스 유량(a.u.)

도면7


SiCl4 가스가 처리실에 도입
SF6 가스가 처리실에 도입
Vpp (a.u.)
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
고주파 전력(W)
100
80
60
40
20
0
SF6 유량 제어 신호 (ml/min)
100
50
0
SiCl4 유량 제어 신호 (ml/min)
40
30
20
10
0
0
5
10
15
시간(s)

도면8


Vpp (a.u.)
2.5
2
1.5
1
0.5
0
고주파 전력(W)
120
100
80
60
40
20
0
SF6 유량 제어 신호 (ml/min)
100
80
60
40
20
0
SiCl4 유량 제어 신호 (ml/min)
40
30
20
10
0
0
5
10
15
시간(s)