(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년01월31일
(11) 등록번호 10-1011858
(24) 등록일자 2011년01월24일

(51) Int. Cl.
H05H 1/24 (2006.01) *H05H 1/34* (2006.01)
H05H 1/36 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0049137
(22) 출원일자 2008년05월27일
심사청구일자 2008년05월27일
(65) 공개번호 10-2008-0107261
(43) 공개일자 2008년12월10일
(30) 우선권주장
JP-P-2007-00149585 2007년06월05일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006269944 A
JP07335570 A
JP03102820 A
JP2006270017 A
전체 청구항 수 : 총 11 항

(73) 특허권자
도쿄엘렉트론가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고
(72) 발명자
후루야 마사오
일본 야마나시켄 니라사키시 후지이쵸 기타게죠 2381-1 동경엘렉트론 에이티 주식회사 내
(74) 대리인
제일광장특허법인

심사관 : 김기완

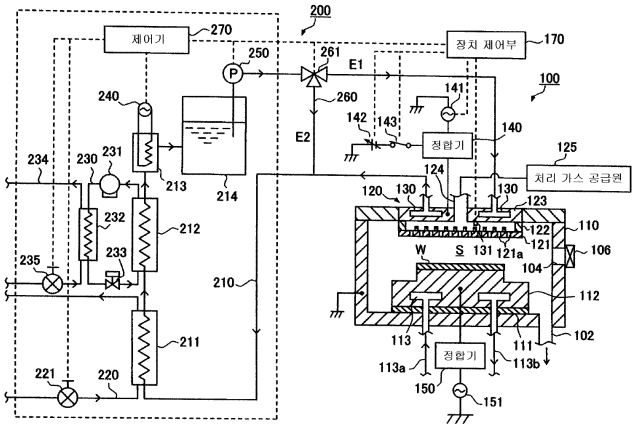
(54) 플라즈마 처리 장치, 전극 온도 조정 장치, 전극 온도 조정방법

(57) 요 약

고주파 전력을 인가하는 상부 전극에 직류 전압을 중첩하여 더 인가하는 경우에, 고주파 전력 인가에 기인하는 상부 전극 온도의 상승뿐만 아니라, 직류 전압의 인가에 기인하는 상부 전극 온도의 상승도 충분히 억제한다.

기판에 대한 처리를 행하는 데 앞서, 상부 전극(120)과 하부 전극인 서셉터(112)에 인가하는 고주파 전력 및 상부 전극에 인가하고자 하는 직류 전압에 근거하여, 상부 전극의 온도를 소정의 설정 온도로 조정하기 위해 필요한 열 매체의 목표 온도를 산출하고, 웨이퍼에 대한 처리를 행할 때에, 목표 온도에 근거하여 온도 조절한 열 매체를 상부 전극에 형성한 유로(130)를 순환시켜 온도 제어를 행한다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

처리의 대상으로 되는 기판이 수용되고, 진공 배기 가능한 처리실과,

상기 처리실 내에 배치되는 제 1 전극과,

상기 제 1 전극에 대향하여 배치되고, 상기 기판을 지지하는 제 2 전극과,

상기 제 1 전극에 제 1 고주파 전력을 인가하는 제 1 고주파 전력 전원과,

상기 제 2 전극에 상기 제 1 고주파 전력보다 주파수가 낮은 제 2 고주파 전력을 인가하는 제 2 고주파 전력 전원과,

상기 제 1 전극에 직류 전압을 인가하는 직류 전원과,

상기 처리실 내에 소정의 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과,

상기 제 1 전극에 형성된 순환로에 소정의 온도로 조정된 열 매체를 순환시킴으로써 상기 제 1 전극의 온도를 조정하는 온도 조정 장치

를 구비하는 플라즈마 처리 장치로서,

상기 온도 조정 장치는, 상기 기판에 대한 처리를 행하는 데 앞서, 적어도 상기 각 전극에 인가하고자 하는 각 고주파 전력 및 상기 제 1 전극에 인가하고자 하는 직류 전압에 근거하여, 상기 제 1 전극의 온도를 소정의 설정 온도로 조정하기 위해 필요한 상기 열 매체의 목표 온도를 산출하고, 상기 기판에 대한 처리를 행할 때에, 상기 목표 온도에 근거하여 상기 열 매체의 온도를 조정하는 제어를 행하는 제어부를 구비하는

것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 열 매체의 목표 온도는, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도의 온도차를 구하기 위해 미리 정해진 연산식에 근거하여 산출하고,

상기 연산식은 상기 제 1 고주파 전력에 근거하는 항과 상기 제 2 고주파 전력에 근거하는 항과 상기 직류 전압에 근거하는 항을 포함하며,

상기 직류 전압에 근거하는 항은 상기 직류 전압과 상기 제 2 고주파 전력을 승산한 항으로 이루어지는

것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 연산식은, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도의 온도차를 ΔT라고 하면,

$\Delta T=k(a \cdot A+b \cdot B+c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C$

(k:전력으로부터 온도로의 환산 계수이며, A:상기 제 1 고주파 전력, B:상기 제 2 고주파 전력, HV:상기 직류 전압, C:상기 기판 1개당의 처리 시간, D:처리 시간 C 중의 고주파 전력의 인가 시간, a:A 항의 계수, b:B 항의 계수, c:HV·B 항의 계수)

에 의해 표시되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 고주파 전력의 크기에 따라 상기 연산식에 포함되는 계수 c를 최적의 값으로 조정하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 온도 조정 장치는,

상기 제 1 전극의 내부를 통과하고, 상기 제 1 전극에 대하여 상기 열 매체를 순환시키는 순환로와,

상기 순환로에서 상기 전극을 통과한 상기 열 매체에 대하여 액체 냉매의 현열(顯熱)에 의해 열 교환을 행하는 제 1 열 교환기와,

상기 순환로에서 상기 제 1 열 교환기를 통과한 상기 열 매체에 대하여 냉매의 잠열(潛熱)에 의해 열 교환을 행하는 제 2 열 교환기와,

상기 순환로에서 상기 전극의 내부에 공급되는 열 매체를 가열하는 가열기

를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 상부 전극이며, 상기 제 2 전극은 하부 전극인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 7

처리실 내에 서로 대향하는 제 1 전극과 제 2 전극을 배치하고, 상기 제 1 전극에 제 1 고주파 전력과 직류 전압을 인가하고, 또한, 상기 제 2 전극에 제 1 고주파 전력보다 낮은 주파수의 제 2 고주파 전력을 인가하여, 상기 제 2 전극에 탑재한 기판에 대하여 소정의 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치의 상기 제 1 전극의 온도를 조정하는 전극 온도 조정 장치로서,

상기 제 1 전극의 내부를 통과하여, 상기 제 1 전극에 대하여 열 매체를 순환시키는 순환로와,

상기 열 매체의 온도를 조정하는 열 매체 온도 조정기와,

상기 기판에 대한 처리를 행하는 데 앞서, 적어도 상기 각 전극에 인가하고자 하는 고주파 전력 및 상기 제 1 전극에 인가하고자 하는 직류 전압에 근거하여, 상기 제 1 전극의 온도를 소정의 설정 온도로 조정하기 위해 필요한 상기 열 매체의 목표 온도를 산출하고, 상기 기판에 대한 처리를 행할 때에, 상기 목표 온도에 근거하여 상기 열 매체의 온도를 조정하는 제어를 행하는 제어부

를 구비하는 것을 특징으로 하는 전극 온도 조정 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 열 매체의 목표 온도는 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도의 온도차를 구하기 위해 미리 정해진 연산식에 근거하여 산출하고,

상기 연산식은, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도와의 온도차를 ΔT이라고 하면,

$\Delta T=k(a \cdot A+b \cdot B+c \cdot HV \cdot B) \cdot D/C$

(k:전력으로부터 온도로의 환산 계수이며, A:상기 제 1 고주파 전력, B:상기 제 2 고주파 전력, HV:상기 직류 전압, C:상기 기판 1개당의 처리 시간, D:처리 시간 C 중의 고주파 전력의 인가 시간, a:A 항의 계수, b:B 항의 계수, c:HV·B 항의 계수)

에 의해 표시되는 것을 특징으로 하는 전극 온도 조정 장치.

청구항 9

처리실 내에 서로 대향하는 제 1 전극과 제 2 전극을 배치하고, 상기 제 1 전극에 제 1 고주파 전력과 직류 전압을 인가하고, 또한, 상기 제 2 전극에 제 1 고주파 전력보다 낮은 주파수의 제 2 고주파 전력을 인가하여, 상기 제 2 전극에 탑재하는 기판에 대하여 소정의 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에서의 상기 제 1 전극의 온도를 조정하는 전극 온도 조정 방법으로서,

상기 기판에 대한 처리를 행하는 데 앞서, 적어도 상기 각 전극에 인가하고자 하는 각 고주파 전력 및 상기 제 1 전극에 인가하고자 하는 직류 전압에 근거하여, 상기 제 1 전극의 온도를 소정의 설정 온도로 조정하기 위해 필요한 열 매체의 목표 온도를 산출하는 공정과,

상기 기판에 대한 처리를 행할 때에, 상기 목표 온도에 근거하여 온도 조절한 상기 열 매체를, 상기 제 1 전극의 내부에 형성된 순환로를 순환시킴으로써, 상기 제 1 전극을 설정 온도로 유지하는 제어를 행하는 공정

을 갖는 것을 특징으로 하는 전극 온도 조정 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 열 매체의 목표 온도는, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도의 온도차를 구하기 위해 미리 정해진 연산식에 근거하여 산출하고,

상기 연산식은, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도의 온도차를 ΔT라고 하면,

$$\Delta T=k(a\cdot A+b\cdot B+c\cdot HV\cdot B)\cdot D/C$$

(k:전력으로부터 온도로의 환산 계수이며, A:상기 제 1 고주파 전력, B:상기 제 2 고주파 전력, HV:상기 직류 전압, C:상기 기판 1개당의 처리 시간, D:처리 시간 C 중의 고주파 전력의 인가 시간, a:A항의 계수, b:B항의 계수, c:HV·B항의 계수)

에 의해 표현되는 것을 특징으로 하는 전극 온도 조정 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 열 매체의 목표 온도를 산출하는 공정은, 미리 기억 매체에 기억된 처리 조건으로부터 상기 제 1 고주파 전력, 상기 제 2 고주파 전력, 상기 직류 전압, 상기 기판 1개당의 처리 시간, 처리 시간 C 중의 고주파 전력의 인가 시간, 상기 각 항의 계수를 판독하여, 상기 연산식으로부터 ΔT를 산출하고, 이 ΔT에 근거하여 상기 열 매체의 목표 온도를 구하는 것을 특징으로 하는 전극 온도 조정 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 플라즈마 처리 장치, 전극 온도 조정 장치, 전극 온도 조정 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 장치나 액정 표시 장치 등의 제조 프로세스에서는, 소정의 진공압으로 감압한 처리실 내에 플라즈마를 발생시켜, 이 플라즈마를 기판 예컨대 반도체 웨이퍼나 액정 표시 장치용의 유리 기판 등에 작용시킴으로써, 에칭 처리, 성막 처리 등의 소정의 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치가 이용되고 있다.

[0003] 플라즈마 처리 장치로서는, 여러가지의 것이 알려져 있지만, 그 중에서도 예컨대 처리실 내의 하부에 기판을 탑재하는 탑재대를 겸하는 서셉터(하부 전극)를 마련하고, 서셉터에 대향하여 처리실의 상부에 처리 가스 도입부를 겸하는 상부 전극을 마련하여 구성된, 소위 평행 평판형의 플라즈마 처리 장치가 주류이다.

[0004] 이러한 평행 평판형의 플라즈마 처리 장치는, 처리실 내에 소정의 처리 가스를 도입하고, 또한, 처리실 내를 진공 배기함으로써, 처리실 내를 소정의 진공도의 처리 가스 분위기로 하고, 이 상태에서 서셉터와 상부 전극에 각각 소정 주파수의 고주파 전력을 공급함으로써, 기판과 상부 전극 사이에 처리 가스의 플라즈마를 발생시키고, 이 플라즈마를 기판에 작용시킴으로써 에칭 등의 처리를 행하게 되어 있다.

[0005] 이러한 종류의 플라즈마 처리 장치에서의 상부 전극은, 직접 플라즈마에 노출되는 위치에 마련되어 있고, 또한 플라즈마 발생용의 고출력의 고주파 전력이 인가되므로 발열량도 많기 때문에, 고주파 전력의 인가에 기인하여 상부 전극의 온도가 소망하지 않게 상승할 가능성이 있다. 또한, 상부 전극은 하부 전극보다 열용량이 크기 때문에, 하부 전극에 비하여 온도 조정을 행하는 경우의 응답성도 나쁘다. 따라서, 상부 전극의 온도를 설정 온도로 정밀하게 유지시키는 것은 용이하지 않다.

[0006] 이러한 상부 전극 온도를 조정하는 기술로서는, 예컨대 상부 전극내에 소정의 온도로 조정된 냉매나 브라인(brine) 등의 열 매체를 유통시키기 위한 유로를 형성하고, 이 유로 내에 열 매체를 유통시켜 상부 전극을 냉각하도록 구성된 것이 알려져 있다(예컨대 특허문헌 1, 2 참조).

[0007] [특허문헌 1] 일본 특허공개 2004-342704호 공보

[0008] [특허문헌 2] 일본 특허공개 2006-269944호 공보

[0009] [특허문헌 3] 일본 특허공개 2006-270017호 공보

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0010] 그런데, 상술한 평행 평판형의 플라즈마 처리 장치에서는, 기판을 처리할 때에, 상부 전극에 대하여, 고주파 전력에 중첩하여 소정의 직류 전압도 인가함으로써, 처리실 내에 발생하는 플라즈마 포텐셜이나 플라즈마 밀도의 면내 균일성의 제어 등을 고정밀도로 실행하는 것이 있다(예컨대 특허문헌 3 참조).

[0011] 이러한 상부 전극에 직류 전압을 인가하는 것에 의해서도 상부 전극의 온도가 소망하지 않게 상승하는 것이 본 발명자들의 실험 등에 의해 밝혀져, 기판 상에 형성되는 소자의 특성(에칭 레이트, 장치 형상 등)에 미치는 영향도 무시할 수 없는 것을 알고 있다.

[0012] 그런데, 상술한 특허문헌 1, 2와 같은 종래의 상부 전극의 온도 제어에서는, 상부 전극에 직류 전압을 인가하는 것에 의한 상부 전극으로의 입열(入熱)을 고려하고 있지 않았기 때문에, 이러한 온도 제어를 상부 전극에 직류 전압을 인가하는 플라즈마 처리 장치에 그대로 적용하더라도, 상부 전극의 소망하지 않는 온도 상승을 충분히 억제할 수 없었다.

[0013] 그래서, 본 발명은, 이러한 문제에 비추어 이루어진 것으로, 그 목적으로 하는 것은, 고주파 전력을 인가하는 전극에 직류 전압을 중첩하여 더 인가하는 경우에, 고주파 전력 인가에 기인하는 전극 온도의 상승을 억제하고, 또한, 직류 전압의 인가에 기인하는 전극 온도의 상승도 충분히 억제할 수 있는 플라즈마 처리 장치 등을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0014] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 임의의 관점에 의하면, 처리의 대상으로 되는 기판이 수용되고, 진공 배

기 가능한 처리실과, 상기 처리실 내에 배치되는 제 1 전극(예컨대 상부 전극)과, 상기 제 1 전극에 대향하여 배치되고, 상기 기판을 지지하는 제 2 전극(예컨대 하부 전극)과, 상기 제 1 전극에 제 1 고주파 전력을 인가하는 제 1 고주파 전력 전원과, 상기 제 2 전극에 상기 제 1 고주파 전력보다 주파수가 낮은 제 2 고주파 전력을 인가하는 제 2 고주파 전력 전원과, 상기 제 1 전극에 직류 전압을 인가하는 직류 전원과, 상기 처리실 내에 소정의 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급 수단과, 상기 제 1 전극에 형성된 순환로에, 소정의 온도로 조정된 열 매체를 순환시킴으로써 상기 제 1 전극의 온도를 조정하는 온도 조정 장치와, 상기 기판에 대한 처리를 행하는 데 앞서, 적어도 상기 각 전극에 인가하고자 하는 각 고주파 전력 및 상기 제 1 전극에 인가하고자 하는 직류 전압에 근거하여, 상기 제 1 전극의 온도를 소정의 설정 온도로 조정하기 위해 필요한 상기 열 매체의 목표 온도를 산출하고, 상기 기판에 대한 처리를 행할 때에, 상기 목표 온도에 근거하여 상기 열 매체의 온도를 조정하는 제어를 행하는 제어부를 구비하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치가 제공된다.

[0015] 본 발명은, 제 1 전극에 고주파 전력에 중첩하여 직류 전압을 인가하는 경우에는, 고주파 전력뿐만 아니라, 직류 전압에 관해서도, 제 1 전극의 온도를 소망하지 않게 상승시키는 요인이 되는 것이, 본 발명자들의 실험 등에 의해 밝혀진 것에 비추어, 고주파 전력뿐만 아니라, 직류 전압도 고려하여 제 1 전극의 온도를 설정 온도로 조정하는 것이다. 구체적으로는, 기판에 대한 처리를 행하는 데 앞서, 적어도 각 전극에 인가하고자 하는 각 고주파 전력 및 제 1 전극에 인가하고자 하는 직류 전압에 근거하여, 제 1 전극의 온도를 소정의 설정 온도로 조정하기 위해 필요한 열 매체의 목표 온도를 산출한다. 이에 따라, 고주파 전력 인가에 기인하는 제 1 전극 온도의 상승을 억제하고, 또한, 직류 전압의 인가에 기인하는 제 1 전극 온도의 상승에 관해서도 충분히 억제할 수 있기 때문에, 기판을 처리할 때에 제 1 전극의 온도를 설정 온도로 고정밀도로 유지할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 열 매체의 목표 온도는, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도의 온도차를 구하기 위해 미리 정해진 연산식에 근거하여 산출하고, 상기 연산식은, 상기 제 1 고주파 전력에 근거하는 항과, 상기 제 2 고주파 전력에 근거하는 항과, 상기 직류 전압에 근거하는 항을 포함하고, 상기 직류 전압에 근거하는 항은, 상기 직류 전압과 상기 제 2 고주파 전력을 승산한 항으로 이루어지는 것이 바람직하다. 이와 같은 연산식에 근거하여 산출함으로써, 열 매체의 목표 온도를 적확하게 구할 수 있다. 또한, 본 발명자들의 실험 등에 의해, 직류 전압의 인가에 의한 제 1 전극의 온도 상승에는, 제 2 전극에 인가하는 제 2 고주파 전력의 크기의 영향도 있는 것이 밝혀졌다. 예컨대 직류 전압이 일정해도, 제 2 전극에 인가하는 제 2 고주파 전력이 클수록, 제 1 전극에 흐르는 직류 전류도 커지기 때문에, 제 1 전극의 입열량도 커져, 제 1 전극의 온도도 상승하는 것을 알았다. 이 점을 연산식에 반영시키기 위해, 직류 전압의 항을 그 직류 전압과 제 2 고주파 전력을 승산하는 항으로 했다. 이에 따라, 제 1 전극의 온도가 소망하지 않게 상승하는 것을 보다 적확하게 억제할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 연산식은, 예컨대 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도와의 온도차를 ΔT라고 하면, $\Delta T=k(a\cdot A+b\cdot B+c\cdot HV\cdot B)\cdot D/C$(k:전력으로부터 온도로의 환산 계수이며, A:상기 제 1 고주파 전력, B:상기 제 2 고주파 전력, HV:상기 직류 전압, C:상기 기판 1개당의 처리 시간, D:처리 시간 C 중의 고주파 전력의 인가 시간, a:A 항의 계수, b:B 항의 계수, c:HV·B 항의 계수)에 의해 표시된다. 이와 같이, 고주파 전력의 인가 시간 등도 고려하여 열 매체의 목표 온도를 구하는 것에 의해, 제 1 전극의 온도 제어의 정밀도를 높일 수 있다.

[0018] 또한, 상기 제 2 고주파 전력의 크기에 따라 상기 연산식에 포함되는 계수 c를 최적의 값으로 조정하는 것이 바람직하다. 예컨대 복수개의 기판을 연속하여 처리하는 경우에, 제 2 고주파 전력의 크기에 따라서는, 최초의 기판을 처리할 때의 제 1 전극 온도가 2개째 이후의 기판을 처리할 때에 비하여 낮게 되는 경우가 있지만, 이러한 경우라도 계수 c를 조정함으로써, 최초의 기판을 처리할 때의 제 1 전극 온도의 저하를 완화할 수 있다. 이에 따라, 최초의 기판으로부터 최후의 기판까지 제 1 전극 온도를 고밀도로 설정 온도로 유지할 수 있기 때문에, 각 기판의 처리 결과에 편차가 발생하는 것을 방지할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 온도 조정 장치는, 예컨대 상기 제 1 전극의 내부를 통과하여, 상기 제 1 전극에 대하여 상기 열 매체를 순환시키는 순환로와, 상기 순환로에서, 상기 전극을 통과한 상기 열 매체에 대하여 액체 냉매의 현열(顯熱)에 의해 열 교환을 행하는 제 1 열 교환기와, 상기 순환로에서, 상기 제 1 열 교환기를 통과한 상기 열 매체에 대하여 냉매의 잠열(潛熱)에 의해 열 교환을 행하는 제 2 열 교환기와, 상기 순환로에서, 상기 전극의 내부에 공급되는 열 매체를 가열하는 가열기를 구비한다. 이것에 의하면, 제 1 열 교환기와 제 2 열 교환기를 이용하는 것에 의해, 열 매체를 목표 온도까지 단숨에 냉각할 수 있고, 또한, 가열기에 의해 열 매체를 가열하여 소망의 온도로 조정할 수도 있다.

[0020] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 별도의 관점에 의하면, 처리실 내에 서로 대향하는 제 1 전극과 제 2 전극을 배치하고, 상기 제 1 전극에 제 1 고주파 전력과 직류 전압을 인가하고, 또한, 상기 제 2 전극에 제 1 고주파 전력보다 낮은 주파수의 제 2 고주파 전력을 인가하여, 상기 제 2 전극에 탑재하는 기판에 대하여 소정의 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에서의 상기 제 1 전극의 온도를 조정하는 전극 온도 조정 장치로서, 상기 제 1 전극의 내부를 통과하여, 상기 제 1 전극에 대하여 상기 열 매체를 순환시키는 순환로와, 상기 열 매체의 온도를 조정하는 열 매체 온도 조정기와, 상기 기판에 대한 처리를 행하는 데 앞서, 적어도 상기 각 전극에 인가하고자 하는 각 고주파 전력 및 상기 제 1 전극에 인가하고자 하는 직류 전압에 근거하여, 상기 제 1 전극의 온도를 소정의 설정 온도로 조정하기 위해 필요한 상기 열 매체의 목표 온도를 산출하고, 상기 기판에 대한 처리를 행할 때에, 상기 목표 온도에 근거하여 상기 열 매체의 온도를 조정하는 제어를 행하는 제어부를 구비하는 것을 특징으로 하는 전극 온도 조정 장치가 제공된다. 이것에 의하면, 고주파 전력 인가에 기인하는 제 1 전극 온도의 상승을 억제하고, 또한, 직류 전압의 인가에 기인하는 제 1 전극 온도의 상승에 관해서도 충분히 억제할 수 있기 때문에, 기판을 처리할 때에 제 1 전극 온도를 설정 온도로 고정밀도로 유지할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 열 매체의 목표 온도는, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도와의 온도차를 구하기 위해 미리 정해진 연산식에 근거하여 산출하고, 상기 연산식은, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도와의 온도차를 ΔT라고 하면, 예컨대 ΔT=k(a·A+b·B+c·HV·B)·D/C(k:전력으로부터 온도로의 환산 계수이며, A:상기 제 1 고주파 전력, B:상기 제 2 고주파 전력, HV:상기 직류 전압, C:상기 기판 1개당의 처리 시간, D:처리 시간 C 중의 고주파 전력의 인가 시간, a:A 항의 계수, b:B 항의 계수, c:HV·B 항의 계수)에 의해 표시된다.

[0022] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 별도의 관점에 의하면, 처리실 내에 서로 대향하는 제 1 전극과 제 2 전극을 배치하고, 상기 제 1 전극에 제 1 고주파 전력과 직류 전압을 인가하고, 또한, 상기 제 2 전극에 제 1 고주파 전력보다 낮은 주파수의 제 2 고주파 전력을 인가하여, 상기 제 2 전극에 탑재하는 기판에 대하여 소정의 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에서의 상기 제 1 전극의 온도를 조정하는 전극 온도 조정 방법으로서, 상기 기판에 대한 처리를 행하는 데 앞서, 적어도 상기 각 전극에 인가하고자 하는 각 고주파 전력 및 상기 제 1 전극에 인가하고자 하는 직류 전압에 근거하여, 상기 제 1 전극의 온도를 소정의 설정 온도로 조정하기 위해 필요한 열 매체의 목표 온도를 산출하는 공정과, 상기 기판에 대한 처리를 행할 때에, 상기 목표 온도에 근거하여 온도 조절한 상기 열 매체를, 상기 제 1 전극의 내부에 형성된 순환로를 순환시킴으로써, 상기 제 1 전극을 설정 온도로 유지하는 제어를 행하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 전극 온도 조정 방법이 제공된다. 이것에 의하면, 고주파 전력 인가에 기인하는 제 1 전극 온도의 상승을 억제하고, 또한, 직류 전압의 인가에 기인하는 제 1 전극 온도의 상승에 관해서도 충분히 억제할 수 있기 때문에, 기판을 처리할 때에 제 1 전극 온도를 설정 온도로 고정밀도로 유지할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 열 매체의 목표 온도는, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도와의 온도차를 구하기 위해 미리 정해진 연산식에 근거하여 산출하고, 상기 연산식은, 상기 제 1 전극의 소정의 설정 온도와 상기 열 매체의 목표 온도와의 온도차를 ΔT라고 하면, 예컨대 ΔT=k(a·A+b·B+c·HV·B)·D/C(k:전력으로부터 온도로의 환산 계수이며, A:상기 제 1 고주파 전력, B:상기 제 2 고주파 전력, HV:상기 직류 전압, C:상기 기판 1개당의 처리 시간, D:처리 시간 C 중의 고주파 전력의 인가 시간, a:A 항의 계수, b:B 항의 계수, c:HV·B 항의 계수)에 의해 표시된다.

[0024] 또한, 상기 열 매체의 목표 온도를 산출하는 공정은, 미리 기억 매체에 기억된 처리 조건으로부터 상기 제 1 고주파 전력, 상기 제 2 고주파 전력, 상기 직류 전압, 상기 기판 1개당의 처리 시간, 처리 시간중의 고주파 전력의 인가 시간, 상기 각 항의 계수를 판독하여, 상기 연산식으로부터 ΔT를 산출하고, 이 ΔT에 근거하여 상기 열 매체의 목표 온도를 구하는 것이 바람직하다. 미리 기억 매체에 기억된 처리 조건과 같이 이미 알고 있는 값을 이용하여 연산식으로부터 ΔT를 산출하여 열 매체의 목표 온도를 구하는 것에 의해, 기판의 처리전이더라도 열 매체의 목표 온도를 구할 수 있다. 또, 또, 본 명세서 중의 1mTorr는 (10^{-3}×101325/760) Pa로 한다.

효 과

[0025] 본 발명에 의하면, 고주파 전력을 인가하는 전극에 직류 전압을 중첩하여 더 인가하는 경우에, 고주파 전력 인가에 기인하는 전극 온도의 상승을 억제하고, 또한, 직류 전압의 인가에 기인하는 전극 온도의 상승에 관해서도 충분히 억제할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0026] 이하에 첨부 도면을 참조하면서, 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 또, 본 명세서 및 도면에서, 실질적으로 동일한 기능 구성을 갖는 구성 요소에 대해서는, 동일한 부호를 붙임으로써 중복 설명을 생략한다.

[0027] (플라즈마 처리 장치)

[0028] 우선, 본 발명의 실시예에 따른 전극 온도 조정 장치를 적용 가능한 플라즈마 처리 장치의 구성예에 대하여 도면을 참조하면서 설명한다. 도 1은, 본 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다. 여기서는, 플라즈마 처리 장치를 평행 평판형 전극 구조의 용량 결합형의 플라즈마 에칭 장치로서 구성한 경우를 예로 든다.

[0029] 도 1에 도시하는 바와 같이, 플라즈마 처리 장치(100)는, 대략 원통형 형상의 처리 용기에 의해 구성되는 처리실(챔버)(110)을 구비한다. 처리실(110)은, 예컨대 알루미늄 합금에 의해 형성되고, 그 내벽면은 예컨대 알루미나막 또는 이트륨 산화막에 의해 피복되어 있다. 처리실(110)은 접지되어 있다.

[0030] 처리실(110)내의 바닥부에는, 절연판(111)을 거쳐 제 2 전극으로서의 서셉터(112)가 마련되어 있다. 서셉터(112)는, 예컨대 알루미늄 합금에 의해 형성되고, 평행 평판형 전극 구조의 하부 전극으로서 기능한다. 또한, 서셉터(112)는 대략 원주 형상으로 형성되고, 그 상면에 기판 예컨대 반도체 웨이퍼(이하, 단지 「웨이퍼」라고도 부름) W를 탑재하는 탑재대로서의 기능도 겸한다. 이 경우, 서셉터(112)상에는, 예컨대 도시하지 않는 정전척이 마련되고, 이 정전척에 의해 서셉터(112)상에 웨이퍼 W가 흡착 유지된다. 또한, 서셉터(112)에는, 도시하지 않는 전열 가스 기구로부터의 전열 가스(예컨대 He 가스)를 정전척과 웨이퍼 W와의 사이에 공급하는 가스 공급 라인이 마련되어 있다.

[0031] 서셉터(112)의 내부에는, 예컨대 링 형상으로 형성된 냉매실(113)이 마련되어 있다. 냉매실(113)은 배관(113a, 113b)을 통하여 처리실(110)의 외부에 설치된 칠러 유닛(도시하지 않음)에 연통하고 있다. 냉매실(113)에는, 배관(113a, 113b)을 통하여 냉매가 순환 공급되고, 이 순환 공급에 의해 서셉터(112)상의 웨이퍼 W의 온도를 제어할 수 있게 되어 있다.

[0032] 하부 전극인 서셉터(112)의 위쪽에는, 서셉터(112)와 대향하도록 평행하게 플라즈마 생성용의 제 1 전극으로서의 상부 전극(120)이 마련되어 있다. 그리고, 상부 전극(120)과 하부 전극인 서셉터(112) 사이의 공간이 플라즈마 생성 공간 S로 된다.

[0033] 상부 전극(120)은, 예컨대 전극판(121), 분산판(122) 및 천판(123)의 3층 구조로 되어 있다. 예컨대 최상부의 천판(123)의 중앙부에는, 처리 가스를 처리실(110)내에 도입하기 위한 가스 공급관(124)이 접속되어 있다. 가스 공급관(124)은, 처리 가스 공급 수단으로서의 처리 가스 공급원(125)에 접속되어 있다. 가스 공급관(124)에는, 도시는 하지 않지만, 예컨대 처리실에 공급하는 처리 가스의 유량을 조정하기 위한 매스플로우 제어기, 개폐 밸브 등이 마련되어 있다. 처리 가스 공급원(125)으로부터는, 에칭을 위한 처리 가스로서, 예컨대 C_4F_8 등의 플루오로카본가스(CxFy)가 공급된다.

[0034] 천판(123)의 하층에는, 예컨대 대략 원통형의 분산판(122)이 마련되고, 가스 공급관(124)으로부터 도입된 처리 가스를 균등하게 분산시킬 수 있다. 분산판(122)의 하층에는, 예컨대 서셉터(112)상의 웨이퍼 W에 대향하는 전극판(121)이 마련되어 있다. 전극판(121)에는, 다수의 가스 토출 구멍(121a)이 형성되어 있고, 분산판(122)에 의해 분산된 처리 가스를 복수의 가스 토출 구멍(121a)으로부터 균등하게 상기 플라즈마 생성 공간 S를 향해 토출할 수 있도록 되어 있다. 이 점에서, 상부 전극(120)은 처리 가스를 공급하기 위한 샤워 헤드로서도 기능한다.

[0035] 상부 전극(120)의 예컨대 천판(123)의 내부에는, 열 매체(예컨대 브라인(brine))가 통과하는 링 형상의 유로(130)가 형성되어 있다. 유로(130)는 후술하는 온도 조정 장치(200)의 순환로(210)의 일부를 구성하고 있다. 또한 예컨대 분산판(122)의 내부에는, 온도 제어를 행하는 상부 전극(120)의 온도를 측정하는 온도 센서(131)가 마련되어 있다.

[0036] 상부 전극(120)에는, 제 1 정합기로서의 정합기(140)를 거쳐 제 1 고주파 전원(141)이 전기적으로 접속되어 있다. 제 1 고주파 전원(141)은, 예컨대 10MHz이상, 예컨대 60MHz의 주파수의 고주파 전력을 출력한다. 정합기

(140)는, 제 1 고주파 전원(141)의 내부(또는 출력) 임피던스에 부하 임피던스를 정합시키는 것으로, 처리실(110)내에 플라즈마가 생성되어 있을 때에 제 1 고주파 전원(141)의 출력 임피던스와 부하 임피던스가 외견상 일치하도록 기능한다. 이 제 1 고주파 전원(141)에 의해 상부 전극(120)에 고주파 전력을 부가함으로써, 처리실(110)내의 플라즈마 생성 공간 S에 처리 가스의 플라즈마가 생성된다.

[0037] 또한, 상부 전극(120)에는, 상술한 제 1 고주파 전원(141) 외에, 가변 직류 전원(142)이 전기적으로 접속되어 있다. 가변 직류 전원(142)은 바이폴라 전원이더라도 좋다. 구체적으로는, 이 가변 직류 전원(142)은, 정합기(140)를 거쳐 상부 전극(120)에 접속되어 있고, 이 가변 직류 전원(142)과 정합기(140)의 사이에 마련한 스위치(143)에 의해 직류 전압의 급전의 온·오프를 할 수 있게 되어 있다. 또, 가변 직류 전원(142)의 극성 및 전류·전압 및 스위치(143)의 온·오프는 장치 제어부(170)에 의해 제어된다.

[0038] 정합기(140)는, 예컨대 도 2에 도시하는 바와 같이, 제 1 고주파 전원(141)의 급전라인(160)으로부터 분기하여 마련된 제 1 가변 콘덴서(162)와, 급전라인(160)의 그 분기점의 하류측에 마련된 제 2 가변 콘덴서(164)를 갖고 있고, 이들에 의해 상술한 정합기(140)의 기능을 발휘한다. 또한, 정합기(140)에는, 상기 가변 직류 전원(142)으로부터의 직류 전압 전류(이하, 단지 「직류 전압」이라고도 함)가 상부 전극(120)에 유효하게 공급 가능하도록, 제 1 고주파 전원(141)으로부터의 고주파(예컨대 60MHz) 및 후술하는 제 2 고주파 전원(151)으로부터의 고주파(예컨대 2MHz)를 트랩하는 필터(165)가 마련되어 있다. 즉, 가변 직류 전원(142)으로부터의 직류 전압 전류가 필터(165)를 거쳐 급전라인(160)에 접속된다. 이 필터(165)는 예컨대 도 2에 도시하는 바와 같이 코일(166)과 콘덴서(168)로 구성되어 있고, 이들에 의해 제 1 고주파 전원(141)으로부터의 고주파 및 후술하는 제 2 고주파 전원(151)으로부터의 고주파가 트랩된다. 이러한 직류 전압으로서는, 예컨대 -2000～10000V의 범위에서 소망의 크기의 전압을 인가할 수 있다. 예컨대 직류 전압의 절대값이 100V 이상, 바람직하게는 500V 이상으로 되는 직류 전압을 인가한다.

[0039] 하부 전극인 서셉터(112)에는, 제 2 정합기로서의 정합기(150)를 거쳐 제 2 고주파 전원(151)이 전기적으로 접속되어 있다. 제 2 고주파 전원(151)은, 예컨대 2MHz～20MHz의 범위내의 주파수, 예컨대 2MHz의 고주파 전력을 출력한다. 이 제 2 고주파 전원(151)에 의해, 서셉터(112)에 고주파 전력을 인가하여, 처리실(110)내의 하전 입자를 웨이퍼 W 측에 인입할 수 있다. 정합기(150)는 제 2 고주파 전원(151)의 내부(또는 출력) 임피던스에 부하 임피던스를 정합시키기 위한 것으로, 처리실(110)내에 플라즈마가 생성되어 있을 때에 제 2 고주파 전원(151)의 내부 임피던스와 부하 임피던스가 외견상 일치하도록 기능한다.

[0040] 처리실(110)의 바닥부에는, 도시하지 않는 배기 장치에 연통하는 배기관(102)이 접속되어 있다. 배기 장치는 예컨대 터보 분자 펌프 등의 진공펌프를 갖고 있고, 처리실(110)내를 소망의 진공도까지 감압 가능해지고 있다. 또한, 처리실(110)의 측벽에는 웨이퍼 W의 반입출구(104)가 마련되어 있고, 이 반입출구(104)는 게이트밸브(106)에 의해 개폐 가능해지고 있다. 소정 개수(예컨대 25개)의 웨이퍼에 대하여 연속하여 에칭 처리를 실시하는 로트 처리를 행하는 경우에는, 우선 도시하지 않는 반송 암에 의해 반입출구(104)로부터 처리실(110)내에 최초의 웨이퍼 W를 반입하여 에칭 처리를 한다. 에칭 처리가 종료하면 반입출구(104)로부터 웨이퍼 W를 반출하여, 다음 웨이퍼 W를 반입한다.

[0041] 플라즈마 처리 장치(100)에는, 예컨대 처리 가스 공급원(125), 제 1 고주파 전원(141) 및 제 2 고주파 전원(151) 등의 에칭 처리를 실행하기 위한 각부의 동작을 제어하는 장치 제어부(170)가 마련되어 있다. 또한, 온도 센서(131)에 의한 측정 결과는 장치 제어부(170)에 출력되게 되어 있다.

[0042] 이와 같이 구성되는 플라즈마 처리 장치(100)에서 플라즈마 에칭 처리를 행할 때는, 웨이퍼 W가 도시하지 않는 반송 암 등에 의해 반입되어, 서셉터(112)상에 탑재되고, 서셉터(112)상에 흡착 유지되면, 예컨대 배기관(102)으로부터의 배기에 의해, 처리실(110)내가 소정의 압력으로 감압된다. 그리고, 상부 전극(120)으로부터 처리실(110)내에 처리 가스가 공급되고, 제 1 고주파 전원(141)에 의해, 상부 전극(120)에 고주파 전력이 인가되면, 처리실(110)내의 플라즈마 생성 공간 S에 처리 가스의 플라즈마가 생성된다. 또한, 제 2 고주파 전원(151)에 의해, 서셉터(112)에 고주파 전력이 인가되는 것에 의해, 플라즈마중의 하전 입자가 웨이퍼 W측에 유도된다. 이들 플라즈마의 작용에 의해, 웨이퍼 W 상의 막이 에칭된다. 에칭이 종료한 웨이퍼 W는, 처리실(110)내에서 도시하지 않는 반송 암등에 의해 반출되고, 다음 웨이퍼 W가 처리실(110)내에 반입된다.

[0043] (온도 조정 장치)

[0044] 다음에, 플라즈마 처리 장치(100)의 상부 전극(120)의 온도를 조정하는 전극 온도 조정 장치로서의 온도 조정

장치(200)에 대하여 도 1을 참조하면서 설명한다. 온도 조정 장치(200)는, 상부 전극(120)의 내부를 통과하도록 브라인을 순환시키는 순환로(210)와, 순환로(210)에 있어서 상부 전극(120)으로부터 유출한 브라인을 액체 냉매로서의 물의 현열에 의해 열 교환하는 제 1 열 교환기(211)와, 순환로(210)에 있어서 브라인을 잠열에 의해 열 교환하는 제 2 열 교환기(212)와, 브라인을 가온(加溫)하는 가열기로서의 전기 히터(213)와, 상부 전극(120)에 공급하기 전에 브라인을 저류하는 탱크(214)를 갖고 있다. 또, 상기 브라인은, 예컨대 실리콘 오일, 불소계 액체, 에틸렌 글리콜 등의 액체상의 절연성 열 교환 매체이다.

[0045] 순환로(210)에 있어서, 제 1 열 교환기(211), 제 2 열 교환기(212), 전기 히터(213) 및 탱크(214)는 직렬로 접속되어 있고, 상부 전극(120), 제 1 열 교환기(211), 제 2 열 교환기(212), 전기 히터(213), 탱크(214), 상부 전극(120)의 순서대로 브라인을 순환시킬 수 있다(도 1에 나타내는 순환 E1 참조).

[0046] 제 1 열 교환기(211)에는, 예컨대 2차 냉매인 물을 제 1 열 교환기(211)의 내부에 도입하여 배출하는 2차 냉매측의 관로(220)가 접속되어 있다. 이 관로(220)의 상류측은, 예컨대 도시하지 않는 물 공급 장치에 접속되어 있다. 관로(220)에 물을 공급하는 것에 의해, 제 1 열 교환기(211)에 있어서 물의 현열에 의해 순환로(210)의 브라인을 냉각할 수 있다. 관로(220)에는, 개폐 밸브(221)가 마련되어 있다. 이 개폐 밸브(221)의 개폐를 전환하는 것에 의해, 제 1 열 교환기(211)의 물에 의한 브라인의 냉각을 온·오프할 수 있다.

[0047] 제 2 열 교환기(212)는 증발기이며, 예컨대 2차 냉매로서의 대체 프론(예컨대 하이드로플루오로카본(HFC))의 잠열에 의해 순환로(210)의 브라인을 냉각할 수 있다. 제 2 열 교환기(212)에는, 냉동기를 구성하는 순환 회로(230)가 접속되어 있다. 순환 회로(230)에는, 압축기(231), 응축기(232) 및 팽창 밸브(233)가 마련되어 있다. 응축기(232)에는, 예컨대 3차 냉매로 되는 냉각수의 공급 관로(234)가 접속되어 있다. 공급 관로(234)에는, 예컨대 유량 조정 밸브(235)가 마련되어 있다. 예컨대 이 유량 조정 밸브(235)에 의해 응축기(232)에의 냉각수의 공급량을 조정함으로써, 제 2 열 교환기(212)에 있어서의 냉각 능력을 조정할 수 있다.

[0048] 전기 히터(213)는, 예컨대 히터 전원(240)에 의한 급전에 의해 발열하여 순환로(210)의 브라인을 가온할 수 있다. 탱크(214)에는, 예컨대 펌프(250)가 배치되어 있고, 탱크(214)내에 저류하고 있는 브라인을 상부 전극(120)측에 압송할 수 있다.

[0049] 또한, 탱크(214)와 상부 전극(120)과의 사이의 순환로(210)에는, 예컨대 탱크(214)로부터 압송된 브라인을 상부 전극(120)을 우회하여 제 1 열 교환기(211)측에 흘리는 바이패스로(260)가 형성되어 있다. 이 바이패스로(260)에 의해, 바이패스로(260), 제 1 열 교환기(211), 제 2 열 교환기(212), 전기 히터(213), 탱크(214), 바이패스로(260)의 순서대로 브라인을 순환시킬 수 있다(도 1에 나타내는 순환 E2 참조). 바이패스로(260)의 분기점에는, 삼방밸브(3-way valve)(261)가 마련되어 있다. 이 삼방밸브(261)에 의해, 상부 전극(120)을 지나지 않고 바이패스로(260)를 지나는 순환 E2와, 상부 전극(120)을 지나는 순환 E1를 전환할 수 있다.

[0050] 온도 조정 장치(200)에는, 예컨대 제 1 열 교환기(211)의 개폐 밸브(221), 제 2 열 교환기(212)의 유량 조정 밸브(235), 전기 히터(213)의 히터 전원(240), 탱크(214)의 펌프(250) 및 삼방밸브(261) 등의 각부의 동작을 제어하여, 상부 전극(120)의 온도 조정을 실행하기 위한 제어기(270)가 마련되어 있다. 제어기(270)는, 플라즈마 처리 장치(100)의 장치 제어부(170)와의 사이에서 통신 가능하며, 장치 제어부(170)로부터의 정보에 근거하여 각부의 동작을 제어할 수 있다.

[0051] 또, 제 1 열 교환기(211)의 액체 냉매는, 물을 1회용으로 사용하더라도 좋고, 순환시켜 온도를 일정하게 유지하도록 온도조정하더라도 좋다. 온도조정하여 순환 사용하는 경우는, 액체 냉매로서 브라인을 사용하더라도 좋다. 또한 제 2 열 교환기(212)의 냉매는, 대체 프론의 HFC 이외에, 암모니아, 공기, 이산화탄소, 탄화수소계 가스 등을 사용하더라도 좋다.

[0052] (플라즈마 처리 장치의 동작)

[0053] 다음에, 이와 같이 구성되는 플라즈마 처리 장치(100)에서 에칭 처리를 행할 때는, 우선, 게이트밸브(106)를 열린 상태로 하여, 반입출구(104)를 거쳐 에칭 대상인 웨이퍼 W를 처리실(110)내에 반입하고, 서셉터(112)상에 탑재하여, 흡착 유지한다. 그리고, 처리 가스 공급원(125)으로부터 에칭을 위한 처리 가스를 소정의 유량으로 상부 전극(120)에 공급하여, 가스 토출 구멍(121a)을 거쳐 처리실(110)내로 공급하면서, 도시하지 않는 배기 장치에 의해 배기관(102)으로부터 처리실(110)내를 배기함으로써, 처리실(110)내의 압력을 소정의 압력으로 감압한다. 여기서, 처리 가스로서는, 여러 가지의 것을 채용할 수 있다. 처리 가스로서는, 예컨대 C_4F_8 가스와 같은

플루오로카본가스(CxFy)로 대표되는 할로겐 원소를 함유하는 가스를 들 수 있다. 또한, 처리 가스에는, Ar 가스나 O_2 가스 등의 다른 가스가 포함되어 있더라도 좋다.

[0054] 이와 같이 처리실(110)내에 처리 가스를 도입한 상태에서, 제 1 고주파 전원(141)으로부터 플라즈마 생성용의 제 1 고주파 전력을 소정의 파워로 상부 전극(120)에 인가하고, 또한, 제 2 고주파 전원(151)으로부터 이온 인입용의 제 2 고주파 전력을 소정의 파워로 하부 전극인 서셉터(112)에 인가한다. 그리고, 가변 직류 전원(142)으로부터 소정의 직류 전압을 상부 전극(120)에 인가한다.

[0055] 상부 전극(120)의 전극판(121)에 형성된 가스 토출 구멍(121a)에서 토출된 처리 가스는, 고주파 전력에 의해 발생한 상부 전극(120)과 하부 전극인 서셉터(112) 사이의 글로우 방전 중에서 플라즈마화하고, 이 플라즈마로 생성되는 래디컬이나 이온에 의해 웨이퍼 W의 피처리면이 에칭된다. 또한, 이와 같이 상부 전극(120)에 플라즈마 형성용의 제 1 고주파 전력을 공급하고, 하부 전극인 서셉터(112)에 이온 인입용의 제 2 고주파 전력을 공급하기 때문에, 플라즈마의 제어 마진을 넓게 할 수 있다.

[0056] 이렇게 해서 플라즈마가 형성될 때에, 상부 전극(120)에 높은 주파수 영역(예컨대 10MHz 이상)의 고주파 전력을 공급함으로써, 플라즈마를 바람직한 상태로 고밀도화할 수 있어, 보다 저압의 조건하에서도 고밀도 플라즈마를 형성할 수 있다.

[0057] 또한, 본 실시예에서는, 플라즈마가 형성될 때에, 상부 전극(120)에 가변 직류 전원(142)으로부터 소정의 극성 및 크기의 직류 전압이 인가된다. 이 가변 직류 전원(142)으로부터의 인가 전압을 제어함으로써, 상부 전극(120)으로의 폴리머의 부착을 방지하거나, 플라즈마 포텐셜이나 플라즈마 밀도의 면내 균일성을 제어하거나 할 수 있다.

[0058] 예컨대 상부 전극(120)의 전극판(121) 표면의 자기 바이어스 전압 Vdc이 깊게 되도록, 즉 상부 전극(120) 표면에서의 Vdc의 절대값이 커지도록, 가변 직류 전원(142)으로부터의 인가 전압을 제어할 수 있다. 이것 때문에, 예컨대 제 1 고주파 전원(141)으로부터 인가되는 고주파의 파워가 낮은 경우 등과 같이 상부 전극(120)에 폴리머가 부착되기 쉽게 되는 경우에도, 가변 직류 전원(142)으로부터의 인가 전압을 적절한 값으로 제어함으로써, 상부 전극(120)에 부착된 폴리머를 스퍼터링하여 상부 전극(120)의 표면을 청정화할 수 있다. 이 경우, 웨이퍼 W 상에 최적의 양의 폴리머를 공급시킬 수 있기 때문에, 웨이퍼 W 상의 포토레지스트막의 표면 거칠음도 해소할 수 있다. 또, 가변 직류 전원(142)으로부터의 인가 전압을 제어하는 대신에, 인가 전류 또는 인가 전력을 제어하도록 하더라도 좋다.

[0059] 이러한 플라즈마 에칭 처리를 행할 때는, 상부 전극(120) 및 서셉터(112)는 각각 미리 설정된 온도로 조정된다. 이 경우, 서셉터(112)의 온도는 도시하지 않는 칠러 유닛으로부터 냉매실(113)에 공급되는 냉매에 의해 온도가 조정된다. 또한, 상부 전극(120)은 상술한 온도 조정 장치(200)에 의해 온도가 조정된다. 상부 전극(120)은, 플라즈마 생성 공간 S에 노출되어 있고, 플라즈마 발생용의 고출력의 고주파 전력이 인가되기 때문에 발열량도 많고, 또한 서셉터(112)에 비하여 큰 열용량을 갖고 있다. 이것 때문에, 서셉터(112)에 비하여 에칭 처리시의 발열량이 많고, 온도 조정 매체에 대한 응답성도 나쁘기 때문에, 본 실시예에서는 상부 전극(120)의 온도를 서셉터(112)의 온도와는 별개로 조정하고 있다.

[0060] 이와 같이, 상부 전극(120)의 온도를 온도 조정 장치(200)에 의해 조정하는 경우에는, 에칭 처리를 개시할 때에, 열 매체 예컨대 브라인의 온도를 상부 전극(120)의 설정 온도보다 낮은 값으로 설정해 놓아야 한다. 이것은, 예컨대 에칭 처리 개시에 의해 고주파 전력이 인가되면, 상부 전극(120)의 온도가 상승하기 시작하기 때문에, 그 온도 상승을 억제하여 상부 전극(120)을 설정 온도로 유지시키기 위해서이다. 구체적으로는, 브라인의 목표 온도와 상부 전극(120)의 설정 온도의 온도차를 ΔT라고 하면, 에칭 처리에 앞서 미리 적절한 ΔT의 값을 예상하여 산출해 놓는 것에 의해, 에칭 처리를 시작할 때에 브라인을 목표 온도로 제어함으로써, 상부 전극(120)을 에칭 처리의 처음부터 설정 온도로 유지할 수 있다.

[0061] 예컨대 소정 개수의 웨이퍼 W를 연속하여 처리하는 로트 처리를 행하는 경우에는, 로트 처리를 개시하기 전에, 미리 ΔT를 산출하여 브라인의 목표 온도를 설정해두고, 최초의 웨이퍼 W를 에칭 처리할 때에, 상부 전극(120)에 고주파 전력을 인가하는 타이밍 또는 그 직전의 타이밍에서 브라인의 온도를 목표 온도로 조정하여 상부 전극(120)에 공급한다. 이에 따라, 상부 전극(120)의 온도는 최초의 웨이퍼 W의 처리로부터 온도 상승이 억제되어 설정 온도로 유지된다.

[0062] 또, 실제의 웨이퍼 W의 처리에서는, 각 웨이퍼 W의 처리마다(고주파 전력이 다른 복수의 단계를 갖는 처리에서는 각 단계마다) 고주파 전력의 온·오프가 반복되기 때문에, 상부 전극(120)의 온도도 미묘하게 변화된다. 이

것 때문에, 웨이퍼 W의 처리중에는 온도 센서(131)에 의해 상부 전극(120)의 온도를 감시하고, 검출된 온도에 근거하여 상부 전극(120)의 온도가 설정 온도가 되도록, 브라인의 온도를 미세조정하도록 하더라도 좋다. 이에 따라, 로트 처리에 있어서의 최초의 웨이퍼 W에서 최후의 웨이퍼 W까지 상부 전극(120)의 온도를 설정 온도로 유지할 수 있다.

[0063] (온도차 ΔT)

[0064] 여기서, 브라인의 목표 온도와 상부 전극(120)의 설정 온도의 온도차 ΔT에 대하여 설명한다. 상술한 바와 같이 고주파 전력 인가 등에 의한 상부 전극(120)의 온도 상승을 억제하기 위해, 브라인의 목표 온도는 상부 전극(120)의 설정 온도보다 낮은 값으로 설정된다. 따라서, 온도차 ΔT를 산출함에 있어서, 상부 전극(120)의 온도 상승을 초래하는 요소를 고려해야 한다. 이러한 요소로서는, 예컨대 상부 전극(120)에 인가되는 제 1 고주파 전력, 서셉터(112)에 인가되는 제 2 고주파 전력, 웨이퍼 W 한 개당 처리 시간, 처리 시간중의 고주파 전력의 인가 시간을 들 수 있다.

[0065] 그런데, 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치(100)와 같이, 상부 전극(120)에 제 1 고주파 전력뿐만 아니라, 가변 직류 전원(142)으로부터의 직류 전압도 중첩하여 인가하는 경우에는, 이 직류 전압에 대해서도 상부 전극(120)의 온도 상승의 요인의 하나로 되는 것이, 본 발명자들의 실험 등에 의해 밝혀졌다.

[0066] 여기서, 상부 전극(120)에 제 1 고주파 전력과 중첩하여 인가하는 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 바꿔, 각각 상부 전극(120)의 온도를 검출한 실험 결과를 도 3에 나타낸다. 도 3은, 브라인의 온도 BT를 일정하게 유지하여, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 변화시킨 경우의 상부 전극(120)의 온도를 온도 센서(131)에 의해 검출하여 그래프로 한 것이다.

[0067] 도 3에 있어서의 상부 전극(120)의 온도의 그래프 CT1, CT2, CT3, CT4는, 각각 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 0V, 800V, 1200V, 1500V로 한 경우이다. 또, 그 밖의 처리 조건은 공통이며, 구체적으로는 상부 전극(120)의 고주파 전력을 2000W, 서셉터(112)의 고주파 전력을 4500W, 처리실 내 압력을 25mT로 했다. 또한, 처리 가스로서는, 산화막 에칭에 사용되는 일반적인 가스의 조합에 의한 혼합 가스, 예컨대 CF계 가스(예컨대 C_4F_8 등의 CxFy계 가스)와 희 가스(예컨대 Ar 가스 등의 불활성 가스)와 산소 가스(O_2 가스)와의 혼합 가스를 이용했다.

[0068] 도 3에 의하면, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 인가하지 않는 경우(CT1)와, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 인가한 경우(CT2~CT4)에는, 상부 전극(120)의 온도가 다르다. 또한, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 크게 할 수록, 상부 전극(120)의 온도도 커진다. 따라서, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압은 상부 전극(120)의 온도 상승의 요인이 되는 것을 알 수 있다.

[0069] 이와 같이, 상부 전극(120)에 인가한 직류 전압에 의해 상부 전극(120)의 온도가 상승하는 이유로서는, 예컨대 다음의 것이 생각된다. 즉, 상부 전극(120)으로부터 방출된 전자(마이너스)는, 웨이퍼 W 상의 마이너스 Vdc에서 튕겨나가고, 또한 상부 전극(120)의 전극판(121)의 표면에서도 가변 직류 전원(142)에 의한 마이너스의 직류 전압에 의해 튕겨나간다. 이에 따라, 전자(마이너스)는, 웨이퍼 W 상과 상부 전극(120)과의 사이에서 왕복하여, 전자가 플라즈마 생성 공간 S에, 직류 전압을 인가하지 않는 경우보다 긴 시간 체재함으로써, 플라즈마 밀도가 상승하기 때문에, 하전 입자도 증가하여, 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류도 증가하므로, 상부 전극(120)으로의 입열도 증가하기 때문이라고 생각된다.

[0070] 여기서, 가변 직류 전원(142)에 의한 직류 전압을 바꾸었을 때의 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류와 상부 전극(120)의 온도의 관계를 도 4에 나타낸다. 도 4는, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 0V, 800V, 1500V로 하여 각각 실험을 행하여, 상부 전극(120)의 온도와 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류를 검출하고 이들을 플로팅하여 그래프로 한 것이다. 또, 그 밖의 처리 조건은 공통이며, 구체적으로는 상부 전극(120)의 고주파 전력을 1500W, 서셉터(112)의 고주파 전력을 4500W, 처리실 내 압력을 25mT로 했다. 또한, 처리 가스로서는, 산화막 에칭에 사용되는 일반적인 가스의 조합, 예컨대 CF계 가스(예컨대 C_4F_8 등의 CxFy계 가스)와 희 가스(예컨대 Ar 가스 등의 불활성 가스)와 산소 가스(O_2 가스)와의 혼합 가스를 이용했다.

[0071] 도 4에 의하면, 가변 직류 전원(142)에 의한 직류 전압이 커질수록, 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류도 증가하여, 상부 전극(120)의 온도도 높아지고 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전

류는 상부 전극(120)의 온도에 영향을 미친다.

[0072] 또한, 이 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류는 하부 전극인 서셉터(112)에 인가되는 고주파 전력의 크기에 따라 변화하는 것도, 본 발명자들의 실험 등에 의해 밝혀졌다.

[0073] 여기서, 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류와 서셉터(112)에 인가되는 고주파 전력의 크기의 관계를 도 5에 나타낸다. 도 5는, 서셉터(112)의 고주파 전력(Btm)을 0W, 200W, 500W, 2500W, 4500W로 하고, 이들에 대하여 각각 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 300V~1500V의 범위에서 가변시켜 실험을 행하여, 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류를 검출하고 이들을 플로팅하여 그래프로 한 것이다. 또, 그 밖의 처리 조건은 공통이며, 구체적으로는 상부 전극(120)의 고주파 전력을 1800W, 처리실 내 압력을 25mT로 했다. 또한, 처리 가스로서는, 도 4의 경우와 마찬가지로 산화막 에칭에 사용되는 일반적인 가스의 조합에 의한 혼합 가스(CF계 가스와 희 가스와 산소 가스)를 이용했다.

[0074] 도 5에 의하면, 예컨대 가변 직류 전원(142)에 의한 직류 전압이 같은 1500V의 경우라도, 서셉터(112)로 인가하는 고주파 전력이 0W, 200W, 500W, 2500W, 4500W로 커지는 것에 관련하여, 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류도 커지고 있다. 이것에 의하면, 예컨대 가변 직류 전원(142)에 의한 직류 전압이 일정해도, 서셉터(112)에 인가되는 고주파 전력이 클수록, 상부 전극(120)에 흐르는 직류 전류도 커지기 때문에, 상부 전극(120)의 온도도 보다 상승해 버리는 것을 알 수 있다.

[0075] 이상의 실험 결과 등을 근거로 하면, 상부 전극(120)에 고주파 전력과 직류 전류를 인가하는 경우, 브라인의 목표 온도를 산출하기 위한 상부 전극 설정 온도와의 온도차 ΔT의 연산식은 하기 (1)식과 같이 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

[0076] $$\Delta T=k(a\cdot A+b\cdot B+c\cdot HV\cdot B)\cdot D/C \quad (1)$$

[0077] 상기 (1)식에 있어서, k는 전력으로부터 온도로의 환산 계수이다. 상기 (1)식의 괄호내에서의 a·A의 항은 상부 전극(120)에 인가하는 고주파 전력이 미치는 영향을 고려한 것이다. 구체적으로는, A는 상부 전극(120)의 고주파 전력 자체이다. a는 계수이며, 상부 전극(120)의 고주파 전력의 항이 상부 전극(120)의 온도에 미치는 영향의 정도를 나타낸다.

[0078] b·B의 항은 서셉터(112)에 인가하는 고주파 전력이 미치는 영향을 고려한 것이다. 구체적으로는, B는 서셉터(112)에 인가하는 고주파 전력 자체이다. b는 계수이며, 서셉터(112)의 고주파 전력의 항이 상부 전극(120)의 온도에 미치는 영향의 정도를 나타낸다.

[0079] c·HV·B의 항은 상부 전극(120)에 인가하는 직류 전압이 미치는 영향을 고려한 것이다. 구체적으로는, HV는 상부 전극(120)에 인가하는 가변 직류 전원(142)의 직류 전압 자체이며, B는 상술한 바와 같이 서셉터(112)에 인가하는 고주파 전력이다. 여기서, HV와 B를 승산하는 것은, 예컨대 도 5에 도시하는 바와 같이 가변 직류 전원(142)의 직류 전압이 일정하더라도 서셉터(112)에 인가하는 고주파 전력이 클수록, 상부 전극(120)의 온도가 커지는 경향이 있는 것을 고려한 것이다. 이들은 예컨대 에칭 처리 조건으로서 미리 설정된 값을 이용할 수 있다. c는 계수이며, 직류 전압의 항이 상부 전극(120)의 온도에 미치는 영향의 정도를 나타낸다.

[0080] 또, D/C 항의 C는 웨이퍼 W 한 개당 처리 시간이며, D는 처리 시간 C 중의 고주파 전력의 인가 시간이다. 또, 여기서의 처리 시간 C은, 예컨대 고주파 전력이 인가되어 있는 시간과 웨이퍼 W의 교체 시간을 합친, 웨이퍼 W 한 장당에 걸리는 시간이다. 이러한 온도차 ΔT의 산출과 목표 온도 T의 설정은, 예컨대 제어기(270)에 의해 행하여진다.

[0081] 각 항의 A, B, HV, C, D는 각각, 예컨대 에칭 처리 조건으로서 미리 설정된 값을 이용할 수 있다. 또한 각 계수 k, a, b, c는 실제의 에칭 처리에 따라 최적의 값으로 할 수 있다. 또한, 각 계수 k, a, b, c는 각각 복수의 계수로 구성하더라도 좋다. 예컨대 계수 c를 2개의 계수로 구성하여, 한쪽의 계수는 고정으로 하고, 다른 쪽의 계수로 크기를 조정하도록 하더라도 좋다.

[0082] 이와 같이, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압에 대한 항을, 브라인의 목표 온도를 설정하기 위한 온도차 ΔT의 연산식(상기 (1)식)에 취입함으로써, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압에 의한 상부 전극(120)의 온도 상승의 영향을 억제할 수 있다.

[0083] (상부 전극의 온도 제어)

[0084] 다음에, 상부 전극(120)의 온도 제어를 행하는 경우의 온도 조정 장치(200)의 동작에 대하여 설명한다. 여기서는, 소정 개수의 웨이퍼 W에 대하여 에칭 처리를 연속하여 실행하는 로트 처리를 한 경우에 대하여 설명한다.

[0085] 우선, 웨이퍼 W의 로트 처리를 시작하기 전(예컨대 아이들 상태(idle state)일 때)에, 미리 순환로(210)내의 순환 E1에 있어서 브라인의 온도를 조정하고, 상부 전극(120)의 온도를 설정 온도 H로 조정해 놓는다. 구체적으로는, 로트 처리가 시작되기 전의 온도 조정에서는, 우선 도 1에 나타내는 상부 전극(120)의 온도 센서(131)에 의한 온도 측정 결과가 장치 제어부(170)에 출력되고, 장치 제어부(170)로부터 제어기(270)에 출력된다. 제어기(270)는, 이 온도 측정 결과에 근거하여, 제 2 열 교환기(212)의 유량 조정 밸브(235)와 전기 히터(213)의 히터 전원(240)을 조정하고, 상부 전극(120)의 온도가 설정 온도 H가 되도록 순환로(210)내의 브라인의 온도를 조정한다. 이 때, 제 1 열 교환기(211)의 개폐 밸브(221)는 폐쇄되어 있고, 제 2 열 교환기(212)와 전기 히터(213)에 의해 브라인의 온도가 조정된다. 즉 브라인의 냉각에 대해서는, 제 2 열 교환기(212)의 대체 프론의 잠열에 의해 행하여진다. 이 아이들 상태시의 순환로(210)내의 브라인의 온도는 방열 등의 영향에 의해 결과적으로 설정 온도 H보다 약간 높은 온도로 조정된다.

[0086] 그리고, 플라즈마 처리 장치(100)에서, 아이들 상태가 끝나고, 웨이퍼 W의 로트 처리가 시작될 때에, 도 1에 나타내는 순환로(210)에 있어서의 브라인의 목표 온도 T가 설정된다. 예컨대 장치 제어부(170)의 처리 개시 정보가 제어기(270)에 입력되면, 브라인의 목표 온도 T가 설정된다.

[0087] 목표 온도 T는, 상부 전극(120)의 설정 온도 H보다 낮은 온도이며, 설정 온도 H와 목표 온도 T의 온도차 ΔT는 상기 (1)식에 의해 구해진다. 온도차 ΔT가 산출되고, 목표 온도 T가 설정되면, 제 1 열 교환기(211)의 개폐 밸브(221)가 개방되고, 제 1 열 교환기(211)에서의 물의 현열과, 제 2 열 교환기(212)에서의 대체 프론의 잠열에 의해, 순환로(210)내의 브라인이 급속 냉각되어, 목표 온도 T에서 안정한다. 웨이퍼 W의 로트 처리가 시작되어 플라즈마 생성용의 고주파 전력이 상부 전극(120)에 인가되어 발생하는 만큼의 열이, 냉각된 브라인에 의해 방열되어, 상부 전극(120)의 온도 상승이 억제된다.

[0088] 여기서, 상부 전극(120)에 고주파 전력에 직류 전압을 중첩하여 인가하여 소정 개수의 웨이퍼 W의 로트 처리를 행하는 경우에, ΔT를 산출하여 상부 전극(120)의 온도 제어를 행한 경우의 실험 결과를 도 6, 도 7에 나타낸다. 도 6은 직류 전압을 고려하지 않고 ΔT를 산출하여 온도 제어를 행한 경우이며, 도 7은 직류 전압을 고려하여 ΔT를 산출하여 온도 제어를 행한 경우이다. 구체적으로는, 도 6은, 상기 (1)식의 계수 c를 0으로 하여 직류 전압의 항(c·HV·B)을 0으로 해서 ΔT를 산출하고, 도 7은 상기 (1)식의 직류 전압의 항(c·HV·B)에 적절한 값을 대입하여 ΔT를 산출했다.

[0089] 또, 도 6, 도 7은 모두, 서로 다른 고주파 전력을 인가하는 2개의 단계(제 1 단계 및 이것에 연속하여 행하여지는 제 2 단계)로 이루어지는 에칭 처리를 한 경우의 실험 결과이다. 여기서는, 상술한 바와 같이 웨이퍼 W의 로트 처리를 시작하기 전(예컨대 아이들 상태일 때)에 미리 상부 전극(120)의 온도 CT를 설정 온도 H(도 6, 도 7에 나타내는 점선)로 조정해 놓고, 또한, 각각 산출한 ΔT에 근거하여 얻어진 브라인의 목표 온도를 설정하고, 최초의 웨이퍼 W의 처리에서 상부 전극(120)에 고주파 전력을 인가하는 타이밍에서, 제 1 열 교환기(211)와 제 2 열 교환기(212)에 의해 브라인을 급냉하기 시작했다. 그 후는, 예컨대 온도 센서(131)에 의해 상부 전극(120)의 온도 CT를 감시하여, 상부 전극(120)의 온도가 항상 설정 온도 H가 되도록, 브라인의 온도 BT를 미세조정한다.

[0090] 또, 도 6, 도 7에 있어서의 처리 조건으로서는, 제 1 단계에서는, 상부 전극(120)의 고주파 전력을 2000W, 서셉터(112)의 고주파 전력을 1000W, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 700V, 처리실 내 압력을 25mT로 하고, 제 2 단계에서는, 상부 전극(120)의 고주파 전력을 1000W, 서셉터(112)의 고주파 전력을 3000W, 가변 직류 전원(142)의 직류 전압을 1500V, 처리실 내 압력을 25mT로 했다. 또, 제 1, 제 2 단계에 있어서의 처리 가스로서는, 도 4, 도 5의 경우와 마찬가지로 산화막 에칭에 사용되는 일반적인 가스의 조합에 의한 혼합 가스(CF계 가스와 희 가스와 산소 가스)를 이용했다.

[0091] 도 6과 도 7의 실험 결과를 비교하면, 상부 전극(120)에 인가하는 직류 전압을 고려하여 ΔT를 산출한 경우(도 7)는, 직류 전압을 고려하지 않고 ΔT를 산출한 경우(도 6)에 비하여, 상부 전극(120)의 온도 CT의 최대값 레벨을 나타내는 일점쇄선(설정 온도 H의 상측의 일점쇄선)이 보다 설정 온도 H에 가까워지고 있기 때문에, 상부 전극(120)의 온도 CT의 상승이 억제되어 있는 것을 알 수 있고, 또한 상부 전극(120)의 온도 CT의 전체의 편차도 작아지고 있는 것을 알 수 있다.

[0092] 특히, 2개째 이후의 웨이퍼 W를 처리할 때의 상부 전극(120)의 온도 CT의 편차(상부 전극(120)의 온도 CT에 대하여 일점쇄선으로 나타내는 2개째 이후의 최대값 레벨과 최소값 레벨의 차)는, 도 6의 경우에는 20℃ 정도의 범위이었던 것에 비하여, 도 7의 경우에는 6℃ 정도의 범위 내로 억제되고, 온도 조정의 정밀도가 향상된 것을 알 수 있다.

[0093] 또, 상부 전극(120)에 인가하는 직류 전압을 고려하여 ΔT를 산출하는 경우, 예컨대 도 7의 2점쇄선으로 도시하는 바와 같이, 최초의 1개째의 웨이퍼 W를 처리하는 때는 2개째 이후의 웨이퍼 W를 처리하는 경우보다, 상부 전극(120)의 온도 CT가 언더슈트(과냉각)하는 경향이 있다. 이 언더슈트의 경향은, 예컨대 ΔT를 산출하기 위한 상기 (1)식에 있어서의 직류 전압항(c·HV·B)의 계수 c의 값을 작아지도록 조정함으로써, 완화할 수 있다.

[0094] 또한, 하부 전극인 서셉터(112)에 인가하는 고주파 전력의 값 B가 커질수록, ΔT을 산출하기 위한 상기 (1)식에 있어서의 직류 전압항(c·HV·B)도 커지기 때문에, 상술한 바와 같이, 최초의 웨이퍼 W를 처리할 때에, 2개째 이후의 웨이퍼 W를 처리하는 경우보다, 상부 전극(120)의 온도 CT의 언더슈트(과냉각)가 커지는 경향이 있다. 이 경우의 언더슈트에 관해서도, 상기와 마찬가지로 예컨대 ΔT를 산출하기 위한 상기 (1)식에 있어서의 직류 전압항(c·HV·B)의 계수 c의 값을 작아지도록 조정함으로써, 완화할 수 있다. 따라서, 예컨대 서셉터(112)에 인가하는 고주파 전력의 값 B에 따라 직류 전압항(c·HV·B)의 계수 c의 값을 바꾸도록 하더라도 좋다. 이것에 의해서, 최초의 웨이퍼 W를 처리할 때에 있어서도, 2개째 이후의 웨이퍼 W를 처리하는 경우와 동일한 높은 정밀도로 상부 전극(120)의 온도 CT를 제어할 수 있다.

[0095] 이상 상술한 바와 같이, 상부 전극(120)에 고주파 전력과 직류 전압도 중첩하여 인가하는 경우에는, 그 직류 전압도 고려하여 ΔT를 산출하여 브라인의 목표 온도를 설정함으로써, 상부 전극(120)으로의 직류 전압 인가에 의한 온도 상승을 억제할 수 있다. 이것에 의해서, 로트 처리를 행할 때에 최초의 웨이퍼 W에서 최후의 웨이퍼 W의 처리까지, 상부 전극(120)의 온도를 보다 고정밀도로 유지할 수 있기 때문에, 상부 전극(120)으로의 직류 전압 인가에 의한 온도 상승에 기인하는 로트 내의 웨이퍼 W에 대한 처리 특성(예컨대 에칭 레이트, 웨이퍼 W 상에 형성되는 소자의 형상 등)의 편차를 없앨 수 있다.

[0096] 또, 상기 (1)식은, 상부 전극(120)에 고주파 전력에 중첩하여 직류 전압을 인가하는 경우뿐만 아니라, 상부 전극(120)에 직류 전압을 인가하지 않고 고주파 전력만을 인가하는 경우에도 동일한 식을 적용 가능하다. 즉, 상기 (1)식에 있어서의 c·HV·B항은, 직류 전압을 인가하는 경우에 필요한 항이지만, 상부 전극(120)에 직류 전압을 인가하지 않는 경우에는, 직류 전압 HV를 0으로 하는 것에 의해, 상기 (1)식은 c·HV·B 항이 없는 경우와 마찬가지로 되기 때문이다.

[0097] 또한, 로트 처리 종료 후는, 삼방밸브(261)의 바이패스로(260)측의 유로를 개방하고, 상부 전극(120)을 우회하도록 브라인을 순환하도록 하더라도 좋다(순환 E2). 이 때, 예컨대 제 1 열 교환기(211)에 의한 냉각과, 제 2 열 교환기(212)에 의한 냉각이 정지되고, 전기 히터(213)에 의해 브라인이 가온된다. 그 후, 삼방밸브(261)가 상부 전극(120)측의 유로로 전환되어, 따뜻하게 된 브라인이 상부 전극(120)내를 지나도록 순환된다(순환 E1). 이 삼방밸브(261)의 전환이 단속적으로 행하여져, 상부 전극(120)을 지나는 브라인의 순환 E1과 상부 전극(120)을 우회하는 숏컷(shortcut)의 순환 E2가 교대로 전환된다. 이에 따라, 브라인의 온도를 아이들 상태시의 온도로 단시간에 되돌릴 수 있고, 또한 웨이퍼 W의 처리의 종료시에 일시적으로 저하하는 상부 전극(120)의 온도를 단시간에 설정 온도 H로 회복시킬 수 있다.

[0098] 이상, 첨부 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명했지만, 본 발명은 이러한 예에 한정되지 않는 것은 물론이다. 당업자이면, 특허청구의 범위에 기재된 범위내에서, 각종의 변경예 또는 수정예에 이를 수 있는 것은 분명하고, 그것들에 관해서도 당연히 본 발명의 기술적 범위에 속하는 것으로 양해된다. 예컨대 전극 온도 조정 장치의 구성은, 도 1에 나타내는 것에 한정되는 것이 아니라, 브라인 등의 열 매체를 온도 조정하여 상부 전극내를 순환시켜 온도를 조정하는 것이면, 어떠한 구성의 것을 적용하더라도 좋다.

[0099] 또한, 상기 실시예에서는, 에칭을 행하는 플라즈마 처리 장치의 상부 전극의 온도 제어에 대하여 설명했지만, 반드시 이것에 한정되는 것이 아니라, 에칭 처리 이외의 플라즈마 처리, 예컨대 성막 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치에서의 상부 전극의 온도 제어에 본 발명을 적용하더라도 좋다.

산업이용 가능성

[0100] 본 발명은 플라즈마 처리 장치, 전극 온도 조정 장치, 전극 온도 조정 방법에 적용 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0101] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전극 온도 조정 장치와 이것을 적용 가능한 플라즈마 처리 장치의 개략 구성을 설명하기 위한 도면,

[0102] 도 2는 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치의 제 1 고주파 전원에 접속되는 정합기의 구체적 구성예를 나타내는 도면,

[0103] 도 3은 브라인 온도를 일정하게 하여, 상부 전극에 고주파 전력과 중첩하여 인가하는 직류 전압을 바꿔 상부 전극에 인가했을 때의 상부 전극의 온도 변화를 도시하는 도면,

[0104] 도 4는 직류 전압을 바꾸었을 때의 상부 전극에 흐르는 직류 전류와 상부 전극 온도의 관계를 도시하는 도면,

[0105] 도 5는 상부 전극에 흐르는 직류 전류와 하부 전극인 서셉터에 인가되는 고주파 전력의 크기의 관계를 도시하는 도면,

[0106] 도 6은 직류 전압을 고려하지 않고 온도차 ΔT를 산출하여 상부 전극의 온도 제어를 행한 경우의 실험 결과를 도시하는 도면,

[0107] 도 7은 직류 전압을 고려하여 온도차 ΔT를 산출하여 상부 전극의 온도 제어를 행한 경우의 실험 결과를 도시하는 도면이다.

[0108] 부호의 설명

[0109] 100 : 플라즈마 처리 장치 102 : 배기관

[0110] 104 : 반입출구 106 : 게이트밸브

[0111] 110 : 처리실 111 : 절연판

[0112] 112 : 서셉터 113 : 냉매실

[0113] 113a, 113b : 배관 120 : 상부 전극

[0114] 121 : 전극판 121a : 가스 토출 구멍

[0115] 122 : 분산판 123 : 천판

[0116] 124 : 가스 공급관 125 : 처리 가스 공급원

[0117] 130 : 유로 131 : 온도 센서

[0118] 140 : 정합기 141 : 고주파 전원

[0119] 142 : 가변 직류 전원 143 : 스위치

[0120] 150 : 정합기 151 : 고주파 전원

[0121] 160 : 급전라인 162 : 가변 콘덴서

[0122] 164 : 가변 콘덴서 165 : 필터

[0123] 166 : 코일 168 : 콘덴서

[0124] 170 : 장치 제어부 200 : 온도 조정 장치

[0125] 210 : 순환로 211 : 열 교환기

[0126] 212 : 열 교환기 213 : 전기 히터

[0127] 214 : 탱크 220 : 관로

[0128] 221 : 개폐 밸브 230 : 순환회로

[0129] 231 : 압축기 233 : 팽창 밸브

[0130] 232 : 응축기 234 : 공급 관로

[0131] 235 : 유량 조정 밸브 240 : 히터 전원

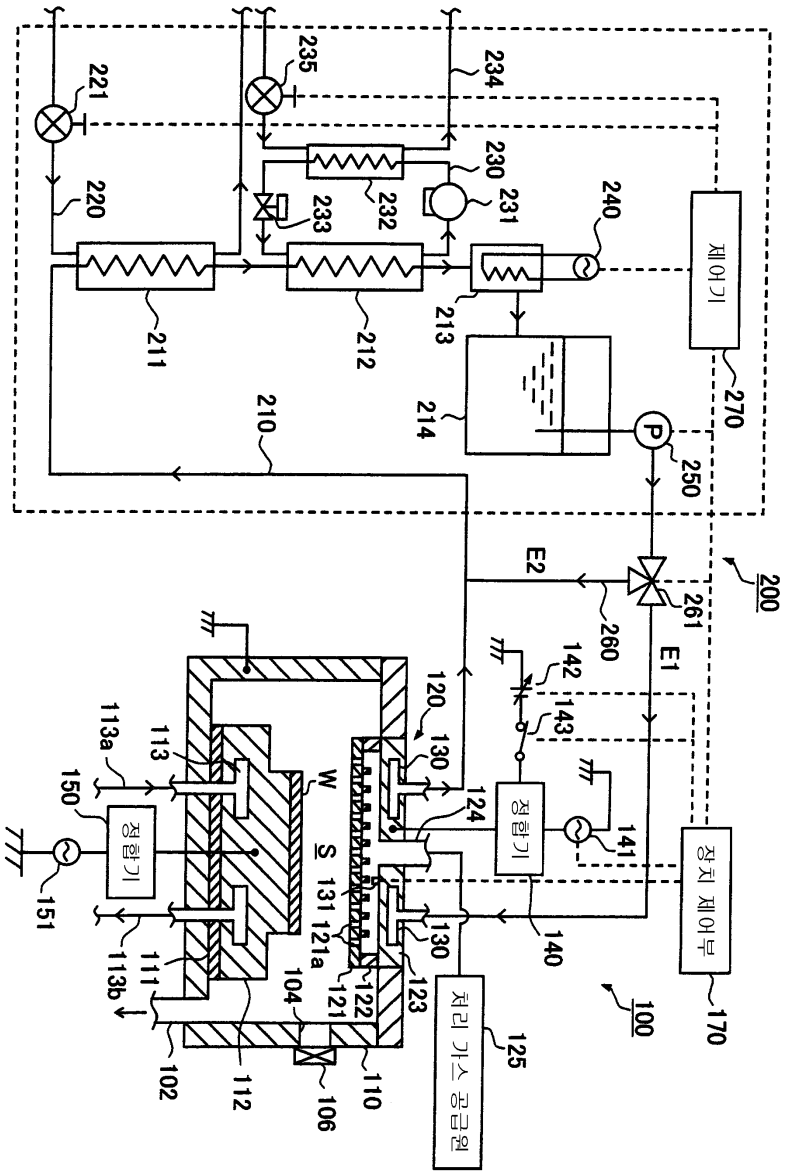
[0132] 250 : 펌프 260 : 바이패스로

[0133] 261 : 삼방밸브 270 : 제어기

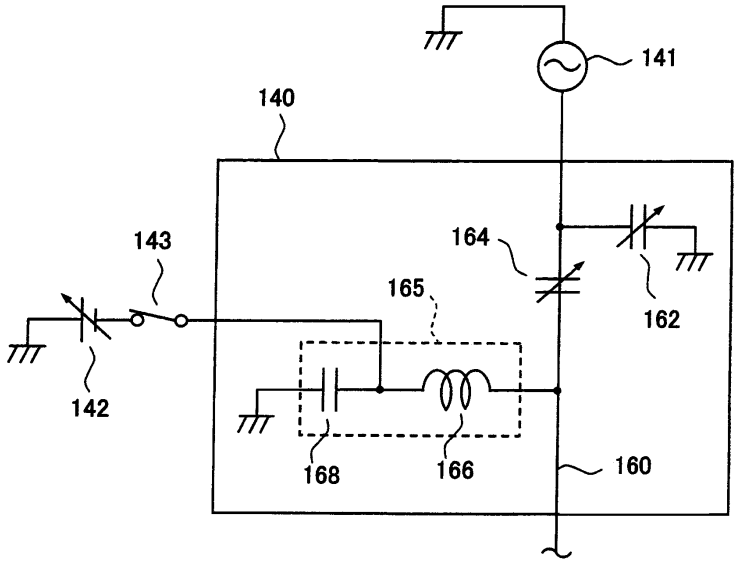
[0134] W : 웨이퍼

도면

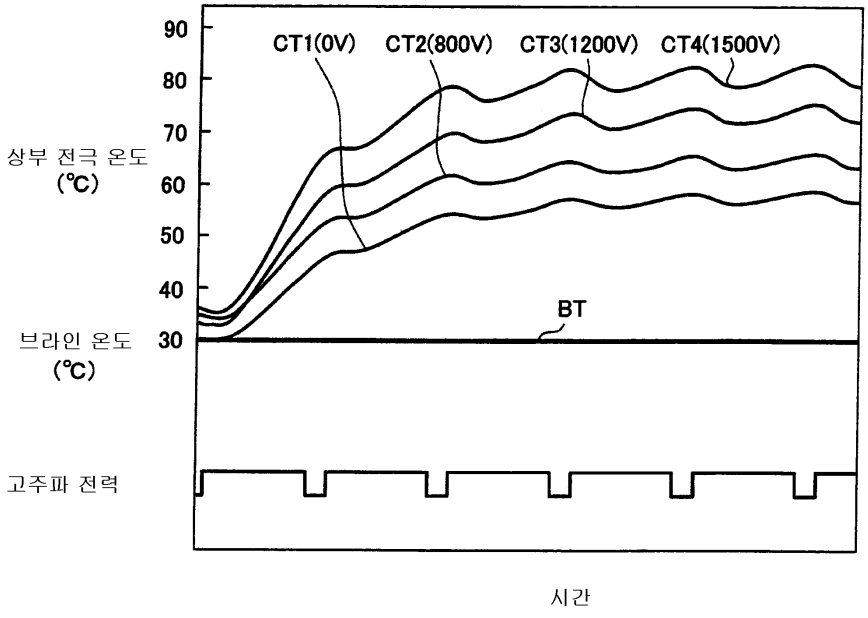
도면1



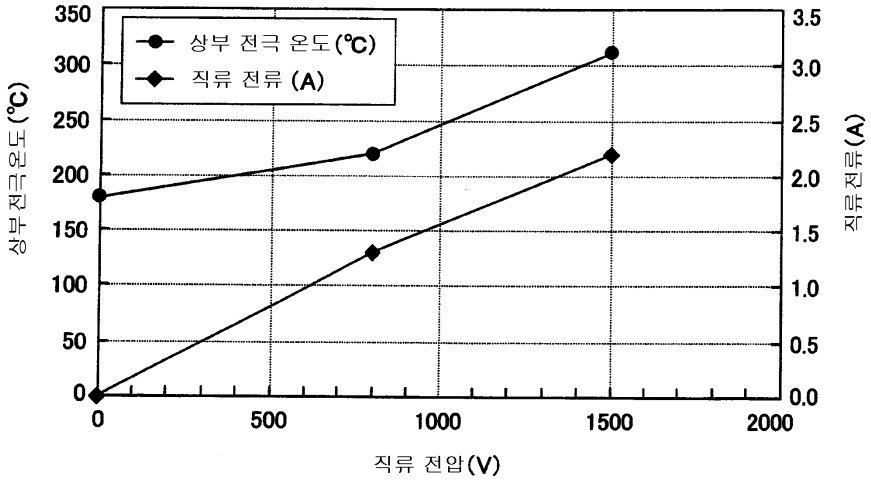
도면2


141
140
143
164
165
162
142
168
166
160

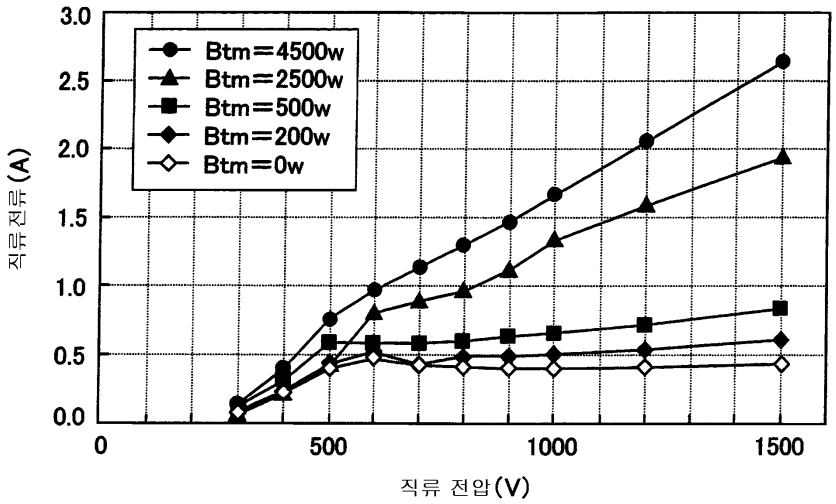
도면3


90
80
70
60
50
40
30
CT1(0V)
CT2(800V)
CT3(1200V)
CT4(1500V)
상부 전극 온도
(℃)
BT
브라인 온도
(℃)
고주파 전력
시간

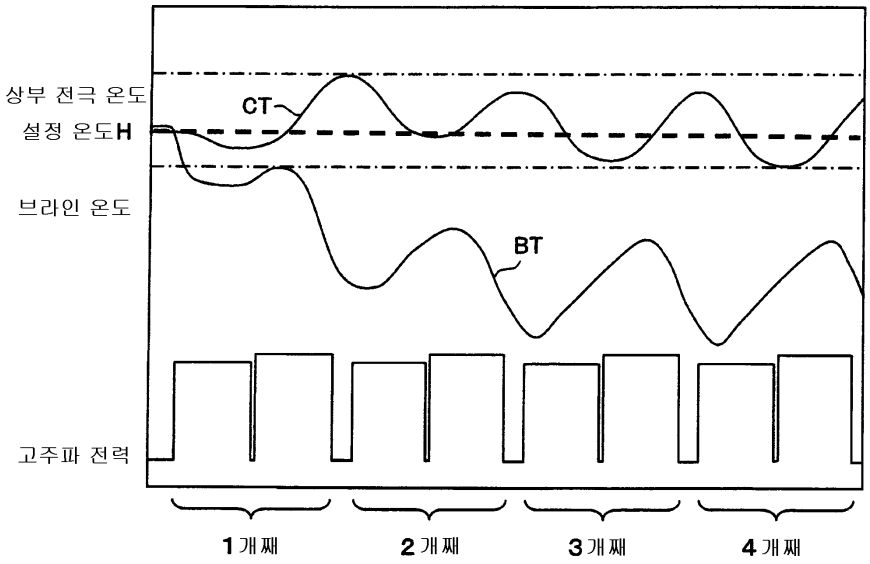
도면4


상부 전극 온도(℃)
직류 전류 (A)
상부 전극온도(℃)
직류 전류(A)
직류 전압(V)
350
300
250
200
150
100
50
0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
500
1000
1500
2000

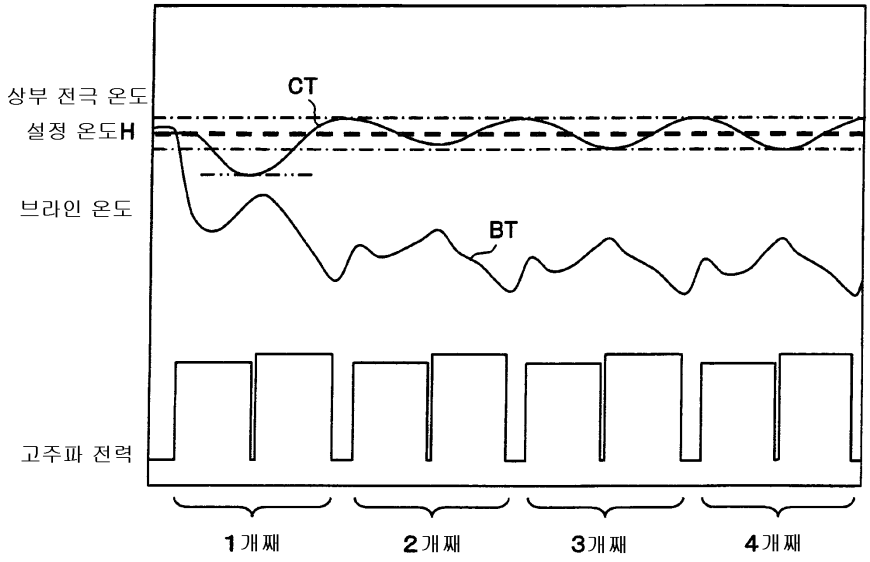
도면5


Btm=4500w
Btm=2500w
Btm=500w
Btm=200w
Btm=0w
직류전류(A)
직류 전압(V)
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
500
1000
1500

도면6


상부 전극 온도
설정 온도H
CT
브라인 온도
BT
고주파 전력
1개째
2개째
3개째
4개째

도면7


상부 전극 온도
설정 온도H
CT
브라인 온도
BT
고주파 전력
1개째
2개째
3개째
4개째