



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년01월22일
(11) 등록번호 10-1224529
(24) 등록일자 2013년01월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/324 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0010288
(22) 출원일자 2011년02월01일
심사청구일자 2011년02월01일
(65) 공개번호 10-2012-0025953
(43) 공개일자 2012년03월16일
(30) 우선권주장
JP-P-2010-200845 2010년09월08일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR100266021 B1

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14
(72) 발명자
요코가와 겐에츠
일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 1
고, 가부시키가이샤 히다치 세이사쿠쇼 지적재산
권본부 내
미야케 마사토시
일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 1
고, 가부시키가이샤 히다치 세이사쿠쇼 지적재산
권본부 내
(74) 대리인
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 13 항

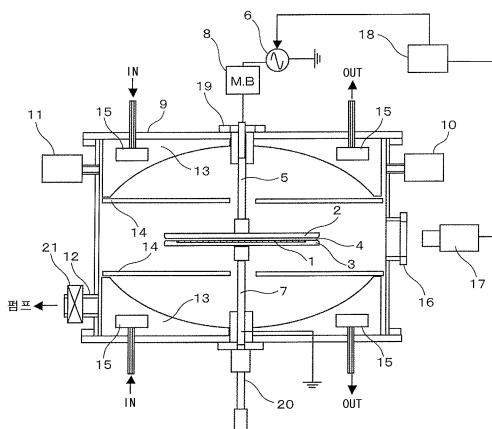
심사관 : 김상택

(54) 발명의 명칭 열처리장치

(57) 요 약

SiC를 고온 어닐하는 경우에도, 저 열용량이고 또한 균일 가열이 가능한 열처리 장치를 제공한다.

열처리 장치에 있어서, 평행 평판 전극(2, 3)과, 이들 전극 사이에 고주파 전압을 인가하여 방전시키는 고주파 전원(6)과, 이들 전극 사이에 배치되는 피가열 시료(1)의 온도를 계측하는 온도 계측수단(17)과, 이들 전극 사이로의 가스 도입수단(10)과, 이들 전극의 주위를 덮는 반사경(13)과, 고주파 전원(6)의 출력을 제어하는 제어부(18)를 구비한다. 이들 전극 사이에서의 방전에 의한 가스 가열을 사용하여 피가열 시료(1)의 열처리를 행한다.

대 표 도 - 도1a

특허청구의 범위

청구항 1

평행 평판 전극과,

상기 평행 평판 전극 사이에 고주파 전압을 인가하여, 플라즈마를 생성하기 위한 고주파 전원과,

상기 평행 평판 전극 사이에 배치된 피가열 시료 또는 상기 평행 평판 전극 중 어느 하나의 온도를 계측하는 온도 계측수단과,

상기 평행 평판 전극 내로 상기 플라즈마를 생성하는 가스를 도입하는 가스 도입수단과,

상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 구비하고,

상기 제어부는, 상기 온도 계측수단에 의해 계측된 온도를 참조하여, 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 평행 평판 전극의 주위를 덮는 반사경을 구비하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 가스 도입수단은, 제 1 가스 도입수단과 제 2 가스 도입수단을 구비하고,

상기 제 1 가스 도입수단은 상기 평행 평판 전극 사이의 캡 밖에 가스 도입구를 가지고, 상기 제 2 가스 도입수단은 상기 평행 평판 전극 사이의 캡 내에 가스 도입구를 가지며, 각각 독립으로 가스 도입을 행하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 평행 평판 전극은 복수세트 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 피가열 시료의 열처리를 실시하기 전 또는 온도 상승 도중에, 상기 플라즈마 중에 탄화 함유 분자 가스를 첨가하고, 피가열 시료의 표면에 탄소계 피막에 의한 보호막을 형성하도록 상기 가스 도입수단을 제어하는 것임을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 열처리를 실시한 후에, 상기 플라즈마 중에 산소를 첨가하여, 상기 보호막을 제거하는 제어를 행하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 7

고주파 전원과,

피가열 시료를 탑재하는 하부 전극과,

상기 고주파 전원이 접속되고, 상기 하부 전극에 대향하는 위치에 배치된 상부 전극과, 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 플라즈마를 생성하는 가스를 도입하는 가스 도입부와, 상기 상부 및 하부 전극을, 공극을 거

쳐 덮는 상부 및 하부 반사경을 구비하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 상부 및 하부 반사경은, 회전 포물면을 이루는 금속 기초재 표면을 광학 연마 가공하고, 또한 상기 광학 연마면이 금, 알루미늄, 알루미늄 합금, 은, 은 합금, 스테인리스 중 어느 하나의 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 상부 전극과 상기 상부 반사경과의 중간 및 상기 하부 전극과 상기 하부 반사경과의 중간에 석영판이 각각 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 10

제 7항에 있어서,

당해 피가열 시료의 온도를 측정하는 온도계와,

상기 온도계로 계측한 온도를 참조하여, 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 11

제 7항에 있어서,

상기 가스 도입부로 도입되는 가스종 및 가스 유량 및 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 더 구비하고,

상기 제어부는, 당해 피가열 시료의 표면에 보호막을 형성하도록 상기 가스 도입부를 제어하고, 당해 피가열 시료의 표면에 당해 보호막이 덮힌 상태에서 가열하도록 상기 고주파 전원의 출력을 제어하며, 당해 보호막을 제거하도록 상기 가스 도입부를 제어하는 것임을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 12

제 2항에 있어서,

상기 반사경은 상기 평행 평판 전극의 상부 및 하부에 각각 설치되고, 각각의 상기 반사경을 상하 방향으로 구동하는 구동기구가 더 구비되어 있는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

청구항 13

제 7항에 있어서,

상기 상부 및 하부 반사경을 상하 방향으로 구동하는 구동기구가 더 구비되어 있는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

명세서

기술 분야

[0001]

본 발명은, 반도체 디바이스를 제조하는 반도체 제조장치에 관한 것으로, 특히 반도체 기판의 도전성 제어를 목적으로 행하여지는 불순물 도핑 후의 활성화 어닐이나 결함 수복 어닐 및 표면의 산화 등을 행하는 열처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

최근, 파워 반도체 디바이스의 기판 재료로서 SiC 등(이외에 GaN 등이 있으나, 이후 SiC라 한다)의 광밴드갭을

가지는 신재료의 도입이 기대되고 있다. SiC는 종래 재료인 Si에 대하여 밴드갭이 큰 것으로, 인버터 등을 구성하는 스위칭 디바이스나 쇼트키 배리어 다이오드에 사용한 경우 내전압성의 향상이나 그것에 따르는 리크 전류의 저감으로부터 생전력화(省電力化)가 가능하게 된다.

[0003] SiC를 기판에 사용하여 각종 파워 디바이스를 제조하는 공정은, 기판의 사이즈 등을 제외하면, 대개는 Si를 기판에 사용하는 경우와 동일하다. 그러나, 크게 다른 유일한 공정으로서 열처리 공정을 들 수 있다. 열처리 공정이란, 기판의 도전성 제어를 목적으로 행하여지는 불순물의 이온 주입 후의 활성화 어닐이 그 대표이다. Si 디바이스의 경우, 활성화 어닐은 800~1200°C의 온도에서 행하여진다. 그러나 SiC의 경우에는, 그 재료 특성으로부터 1800~2000°C의 온도가 필요하게 된다.

[0004] 어닐 장치로서, 예를 들면 특허문현 1에 기재되어 있는 저항 가열로가 알려져 있다. 또, 저항 가열로 방식 이외에는, 예를 들면 특허문현 2에 기재되어 있는 유도 가열방식의 어닐 장치가 알려져 있다.

선행기술문현

특허문현

[0005] (특허문현 0001) 일본국 특개2009-32774호 공보

(특허문현 0002) 일본국 특개2010-34481호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 특허문현 1에 기재되어 있는 저항 가열로에서 1800°C 이상의 가열을 행하는 경우, 이하에 나타내는 과제가 현저해진다.

[0007] 제 1점째는, 열효율이다. 노체(爐體)로부터의 방열은 복사(輻射)가 지배적이 되어 온도의 4승에 비례하여 복사량이 증대하기 때문에, 가열 영역이 크면 가열에 요하는 에너지 효율이 극단으로 저하한다. 저항 가열로의 경우, 히터로부터의 오염을 회피하기 위하여 통상 2중관 구조가 사용되어, 가열 영역이 커진다. 또 2중관에 의해 열원(히터)으로부터 피가열 시료가 멀어지기 때문에 히터부는 피가열 시료의 온도 이상의 고온으로 할 필요가 있어, 이것도 또 효율을 크게 저하시키는 요인이 된다. 또 동일한 이유로부터 피가열 영역의 열용량이 매우 커져, 온도의 오르내림에 시간이 걸린다. 따라서 피가열 시료의 투입부터 배출까지에 요하는 시간이 길어져 스루 풋의 저하 요인이 되거나, 고온 환경 하에서 피가열 시료를 체재시키는 시간이 길어짐으로써 후술하는 피가열 시료의 표면 거칠음을 증대시키는 요인이 된다.

[0008] 제 2점째는, 노재(爐材)의 소모이다. 노 재료로서, 1800°C에 대응할 수 있는 재료는 한정되어 있고, 고용점이고 고순도한 재료가 필요하게 된다. SiC용으로 활용할 수 있는 노재는 그라파이트이거나 또는 SiC 그 자체가 된다. 일반적으로는 SiC 소결체 또는 그라파이트 기초재에 화학적 기상 성장법에 의해 SiC를 표면에 코팅한 재료가 사용된다. 이들은 통상 고가이고, 노체가 큰 경우, 교환에 상당한 비용이 필요하게 된다. 고온일수록 노체의 수명도 짧아지기 때문에 통상의 Si 프로세스에 비하여 교환 비용이 높아진다.

[0009] 한편, 특허문현 2에 기재되어 있는 유도 가열방식은, 피가열 대상 또는 피가열 대상을 설치하는 설치수단에 고주파에 의한 유도 전류를 흘려 가열하는 방식으로, 이전의 저항 가열로 방식에 비하여 열효율이 높아진다. 단, 유도 가열의 경우, 피가열 대상의 전기 저항율이 낮으면 가열에 필요한 유도 전류가 많이 필요하게 되어, 가열계 전체에서 본 경우의 열효율(유도 코일 등에서의 열손실이 커진다)의 절대값은 반드시 높은 것은 아니어서, 열효율의 과제가 있다.

[0010] 또 피가열 시료 또는 피가열 대상을 설치하는 설치수단에 흐르는 유도 전류로 의하여 가열 균일성이 결정되고, 디바이스 제조에 사용되는 평면 원반에서는 가열 균일성이 충분히 얻어지지 않는 경우가 있다. 가열 균일성이 나쁘면 급가열 시, 피가열 시료를 열응력에 의해 파손할 염려가 있다. 그 때문에 온도 상승의 속도를 응력이 발생하지 않을 정도로 내릴 필요성 때문에 스루풋의 저하 요인이 된다. 또한 상기 저항로 가열방식과 마찬가지로, 초고온 시의 SiC 표면으로부터의 Si 증발을 방지하는 캡막의 생성/제거공정이 별도 필요하게 된다.

[0011] 본 발명의 목적은, SiC를 고온 어닐하는 경우에도, 저 열용량이고 또한 균일가열이 가능한 열처리 장치를 제공

하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위한 일 실시형태로서, 평행 평판 전극과, 상기 평행 평판 전극 사이에 고주파 전압을 인가하여, 방전시키는 고주파 전원과, 상기 평행 평판 전극 사이에 배치되는 피가열 시료의 온도를 계측하는 온도계측수단과, 상기 평행 평판 전극 내로의 가스 도입수단과, 상기 평행 평판 전극의 주위를 덮는 반사경과, 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 구비하고, 상기 제어부는, 상기 온도 계측수단에 의해 계측된 온도를 참조하여, 상기 고주파 전원의 출력을 제어함으로써 피가열 시료의 열처리 온도의 제어를 행하는 것을 특징으로 하는 열처리장치로 한다

[0013] 또, 고주파 전원과, 피가열 시료를 탑재하는 하부 전극과, 상기 고주파 전원이 접속되고, 상기 하부 전극에 대향하는 위치에 배치된 상부 전극과, 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 방전에 의해 플라즈마를 생성하는 가스를 도입하는 가스 도입부와, 상기 상부 및 하부 전극을, 공극을 거쳐 덮는 상부 및 하부 반사경을 구비하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치로 한다.

발명의 효과

[0014] 글로 방전을 사용함으로써, SiC를 고온 어닐하는 경우에도, 저 열용량이고 또한 균일 가열이 가능한 열처리 장치를 제공하는 것이 가능하게 된다. 특히, 반사경을 설치함으로써, 복사 손실이 억제되어 고온 열처리가 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1a는 본 발명의 실시예 1에 관한 플라즈마를 사용한 열처리 장치의 기본구성도,

도 1b는 열전자 전류와 전극 온도와의 관계를 나타내는 도,

도 1c는 반사경에 의해 복사 손실이 저감되는 것을 설명하기 위한 도,

도 2a는 본 발명의 실시예 2에 관한 플라즈마를 사용한 열처리 장치에서의 방전 형성부의 단면도,

도 2b는 본 발명의 실시예 2에 관한 플라즈마를 사용한 열처리 장치에서의 다른 방전 형성부의 단면도,

도 3은 본 발명의 실시예 3에 관한 플라즈마를 사용한 열처리 장치의 기본 구성도(처리 중 상태),

도 4는 본 발명의 실시예 3에 관한 플라즈마를 사용한 열처리 장치의 기본 구성도(처리 후 상태),

도 5는 도 1a에 나타낸 열처리 장치의 기본 동작 시퀀스의 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 발명을 실시하기 위한 형태로서, 피가열 시료를 캡 간격 0.1 mm 이상~2 mm 이하의 평행 평판 전극 내에 배치하고, 그 캡을 대기압 부근의 희가스(He, Ar, Kr, Xe 등)를 주원료로한 가스로 채우고, 당해 평행 평판 전극 사이에 고주파 전압을 인가함으로써 플라즈마를 생성하며, 당해 플라즈마에 의한 가스 가열에 의해 피가열 시료의 열처리를 행한다.

[0017] 플라즈마에 의한 가스 가열에 의하여, 2000°C 정도의 초고온을 필요로 하는 반도체 디바이스 제조에서의 열처리 장치를 제공하는 것이 가능하게 된다. 가열 효율의 향상이나 가열 처리 시간의 단축에 의한 스루풋의 향상이나 노재의 소모 등 운용에 소요되는 가격 저감이나 초고온에 따르는 피가열 시료의 표면 거칠음 억제가 가능하게 된다.

[0018] 이하, 실시예에 의하여 설명한다.

[실시예 1]

[0020] 본 실시예에 관한 플라즈마를 사용한 열처리 장치의 기본 구성은 도 1a에 나타낸다. 먼저 본 열처리 장치의 구성을 설명한다. 피가열 시료(1)는, 상부 전극(2)과 하부 전극(3)으로 구성되는 평행 평판 전극 내에 설치된다. 본 실시예에서는, 피가열 시료(1)로서 4인치($\phi 100 \text{ mm}$)의 단결정 탄화실리콘(이하 SiC)을 사용하였다. 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)의 직경은 120 mm, 두께는 5 mm로 하였다. 상부 전극(2)과 하부 전극(3)은, 그라파이트 기초재의 표면에 탄화실리콘을 화학적 기상 성장법에 의해 퇴적한 것을 사용하였다.

- [0021] 피가열 시료(1)는, 하부 전극(3) 상에 탑재되고, 상부 전극(2)과의 갭(4)은 0.8 mm로 하였다. 또한, 피가열 시료(1)는 0.5 mm~0.8 mm 정도의 두께를 구비하고, 도시 생략하였으나 피가열 시료(1)를 탑재하는 하부 전극(3)에는 이 피가열 시료를 탑재하기 위한 오목부가 설치되어 있다. 또 상부 전극(2)과 하부 전극(3)이 대향하는 각각의 원주 모서리부는 테이퍼 또는 라운드 형상으로 가공되어 있다. 이것은, 전극 모서리부에서의 전계 집중에 의한 플라즈마 국제(localization; 局在)를 억제하기 위함이다.
- [0022] 상부 전극(2)에는, 급전선(5)을 거쳐 고주파 전원(6)으로부터의 고주파 전력이 공급된다. 본 실시예에서는, 고주파 전원(6)의 주파수로서 13.56 MHz를 사용하였다. 하부 전극(3)은 급전선(7)을 거쳐 어스에 접속되어 있다. 급전선(5, 7)도 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)의 구성 재료인 그라파이트로 형성되어 있다. 고주파 전원(6)과 상부 전극(2) 사이에는 매칭 회로(8)(또한, 도면에서의 M.B는 Matching Box의 약어이다.)가 배치되어 있고, 고주파 전원(6)으로부터의 고주파 전력을 효율적으로 상부 전극(2)과 하부 전극(3) 사이에 형성되는 플라즈마에 공급하는 구조로 되어 있다.
- [0023] 상부 전극(2)과 하부 전극(3)이 배치되는 용기(9) 내에는 가스 도입수단(10)에 의하여 He 가스를 0.1 기압 내지 10 기압의 범위에서 도입할 수 있는 구조로 되어 있다. 도입하는 가스의 압력은 압력 검출수단(11)에 의하여 모니터된다. 또 용기(9)는 배기구(12)에 접속되는 진공 펌프에 의해 가스 배기 가능하게 되어 있다. He 가스를 도입하는 전단계에서 진공 배기하여 용기(9) 내의 공기를 배출 후에 가스 도입수단(10)으로부터 도입하는 가스를 소정의 압력까지 도입함으로써 용기(9) 내의 분위기를 순수한 소방 가스(본 실시예의 경우에는 He)의 분위기로 할 수 있다. 또 가스 도입수단(10)에 의한 일정량의 가스 도입과 배기를 조합하여 소정의 압력으로 유지하는 것도 가능한 구조로 되어 있다. 가스 도입수단의 제어는 제어부(18)에서 행할 수 있다.
- [0024] 용기(9) 내의 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)은 각각 회전 포물면으로 구성된 반사경(13)으로 둘러 싸인 구조로 되어 있다. 또 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)과 반사경(13) 사이에는 보호 석영판(14)이 배치되어 있다. 회전 포물면으로 형성되는 반사경(13)은 금속 기초재의 포물면을 광학 연마하고, 연마면에 금을 도금 또는 증착함으로써 구성된다. 또 반사경(13)의 금속 기초재에는 냉매 유로(15)가 형성되어 있어, 냉각수를 흘림으로써 온도를 일정하게 유지할 수 있는 구조로 되어 있다.
- [0025] 상부 전극(2) 또는 하부 전극(3)은, 창(16)을 거쳐 방사 온도계(17)로 관측 가능하게 되어 있고, 당해 방사 온도계(17)로 피가열 시료(1)의 온도를 측정한다. 방사 온도계(17)에 의한 계측 결과는 제어부(18)에서 처리되어, 원하는 온도가 되도록 고주파 전원(6)의 출력을 자동 제어하는 기능을 가지고 있다. 또한, 피가열 시료(1)의 온도는 상부 전극(2)이나 하부 전극(3), 특히 하부 전극(3)과 동일하다고 간주할 수 있다.
- [0026] 다음으로 도 1a에 나타낸 구성을 가지는 열처리 장치의 기본동작의 설명을 한다. 피가열 시료(1)를 하부 전극(3) 상에 배치 후, 상하 기구(20)에 의해 상부 전극(2)과 하부 전극(3)의 갭(4)을 0.8 mm[상부 전극(2)과 피가열 시료(1) 사이 거리도 마찬가지]로 설정한다. 다음으로 용기(9) 내를 배기구(12)를 거쳐 접속되는 진공 펌프로 1 Pa 이하 정도까지 배기 후 진공 밸브(21)로 용기(9) 내를 진공상태로 한다. 계속해서 가스 도입수단(10)으로부터 He 가스를 원하는 압력이 될 때까지 도입한다. 본 실시예에서는, 용기(9) 내의 He 압력을 1 기압(1013 헥토파스칼)으로 하였다.
- [0027] 용기 내의 압력이 정해진 단계에서, 고주파 전원(6)으로부터 고주파 전력 매칭 회로(8), 전력 도입 단자(19) 및 급전선(5)을 거쳐 상부 전극(2)에 공급하고, 갭(4) 내에 글로 방전영역에서의 He 플라즈마를 형성한다. 본 실시예에서는, 상부 전극(2)에 공급하는 고주파 전력을 2000 W로 하였다. 고주파 에너지는 플라즈마 내의 전자에 흡수되고, 또한 그 전자의 충돌에 의해 원료 가스의 원자 또는 분자가 가열된다. 대기압 부근에서의 플라즈마에서는, 전자와 기체 원자 및 분자와의 충돌 빈도가 높기 때문에, 전자의 온도와 원자 및 분자의 온도는 거의 같은 열평형 상태가 되어, 원료 가스의 온도를 용이하게 1000~2600°C로 가열할 수 있다.
- [0028] 이 가열된 고온 가스의 접촉, 및 복사에 의하여 피가열 시료(1)가 가열된다. 피가열 시료(1)의 온도는, 가스 온도의 70% 이상의 온도로부터 가스 온도와 거의 같은 온도의 상태로 가열할 수 있다. 피가열 시료(1)와 대향하는 상부 전극(2) 표면도 마찬가지로 가열되어, 피가열 시료와 거의 동등한 온도가 된다. 1000°C 이상의 고체에서는, 복사에 의해 그 열에너지가 방출되는 비율이 높아진다(온도의 4승에 비례하여 복사량이 증가). 따라서, 상부 전극(2)으로부터의 복사도 피가열 시료의 가열에 기여한다. 이상의 원리에 의하여, 피가열 시료(1)를 수백도 내지 SiC의 활성화에 필요한 온도(1800°C~2000°C 정도)까지 가열할 수 있다.
- [0029] 글로 방전영역의 플라즈마로 함으로써, 상부 전극(2)과 하부 전극(3) 사이에 균일하게 확산된 플라즈마를 형성할 수 있고, 이 평면적인 플라즈마를 열원으로하여 피가열 시료(1)를 가열함으로써 평면적인 피가열 시료(1)를

균일하게 가열하는 것이 가능하게 된다. 본 가열에서는, 고온부는 거의 상부 전극(2)과 피가열 시료(1)를 포함하는 하부 전극(3)뿐이고, 가열 영역의 열용량을 매우 작게 할 수 있어, 고속으로 온도를 상승/하강시키는 것이 가능하게 된다. 또 평면적으로 균일하게 가열할 수 있기 때문에 급속하게 온도를 상승시켜도, 피가열 시료(1) 내에서의 온도 불균일에 따른 파손 등을 일으키는 리스크가 낮다. 이상으로부터 고속의 온도 상승 및 하강(下降)이 가능해져, 일련의 가열 처리에 필요한 시간을 단축할 수 있다. 이 효과에 의하여 가열 처리의 스루풋을 향상할 수 있다. 또, 피가열 시료(1)의 필요 이상의 고온 분위기에서의 체재(滯在)를 억제할 수 있어, 예를 들면 고온으로 가열된 SiC로부터 Si가 증발함으로써 생기는 SiC 표면 거칠음 등을 저감할 수 있다.

[0030] 피가열 시료(1)의 온도는 거의 하부 전극(3)의 온도와 동일하기 때문에, 방사 온도계(17)로 하부 전극(3)의 온도를 측정함으로써 피가열 시료(1)의 온도를 계측하는 것이 가능하게 된다. 방사 온도계(17)에서의 피가열 시료(1) 온도의 계측 결과를 참조하여, 고주파 전원(6)의 출력을 제어부(18)에서 제어함으로써 피가열 시료(1)의 온도를 고정밀도로 억제하는 것이 가능($1800^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 이내)하게 된다.

[0031] 이상의 조작에 의하여 피가열 시료(1)의 온도를 본 실시예에서는 SiC 디바이스의 이온 주입 후의 활성화에 필요한 1800°C 까지 가열하고, 1 분간의 어닐을 행하였다. 그 결과, 피가열 시료면 내 저항율로 $\pm 3\%$ 이내의 균일성이 얻어졌다. 본 가열에서는 글로 방전을 유지함으로써, 평면적으로 균일한 가열이 가능하게 된다. 글로 방전으로부터 아크 방전으로 천이하면, 플라즈마의 형성이 국소적이 되어 균일한 가열이 곤란해짐과 동시에 온도도 수천도 이상의 필요 이상으로 높은 온도가 되어 제어도 곤란하게 된다. 따라서, 본 실시예에서의 가열 범위는 글로 방전을 유지할 수 있는 2000°C 정도까지가 바람직하다. 2000°C 이상에서는, 캡(4)에 전극 표면으로부터 방출되는 열전자의 양이 많아져, 아크 방전으로의 천이 리스크가 높아진다.

[0032] 아크 방전으로의 천이는 앞에서도 기재한 바와 같이, 전극의 온도 상승에 따르는 열전자 방출이 크게 관계한다. 글로 방전은 전극으로부터의 2차 전자 방출로 유지되나, 열전자의 양이 2차 전자를 상회하면 방전이 불안정해져 아크 방전으로 천이한다. 전극으로부터의 열전자 방출량은, 수학식 1에 나타내는 리처드슨 · 더시만의 식으로 나타내고, 전극재의 온도와 일함수로 결정된다.

수학식 1

$$J(\text{A/m}^2) = \frac{4\pi mk^2e}{h^3} \times T^2 \exp\left(\frac{-W}{kT}\right) \quad \dots (1)$$

[0034] 여기서, 수학식 (1)에서의 J 는 단위 면적당 열전자 방출량, m 은 전자의 질량, k 는 볼츠만 계수, e 는 소전하(素電荷), h 는 프랭크 정수, T 는 전극의 절대 온도, W 는 전극재료의 일함수를 나타낸다. 도 1b는 텅스텐(W), SiC 및 카본(C)의 수학식 (1)로부터 유도되는 열전자 방출량과 온도의 관계를 나타낸다. 텅스텐은 열전자원으로서 널리 사용되기 때문에 참고로서 나타냈다. 텅스텐의 경우, 열전자가 2차 전자량을 상회하고, 글로 방전으로부터 아크 방전으로 천이하는 온도는 $1800\sim2100^{\circ}\text{C}$ 정도로 되어 있다. 본 실시예에서 사용한 전극재는 카본 또는 SiC(카본 상으로의 코팅을 포함한다)이다. SiC 및 카본은 양쪽 모두 텅스텐보다 일함수가 크다. 따라서 열전자량은 동일한 온도에서는 텅스텐보다는 적게 된다. 아크 방전으로의 천이가 열전자량으로 결정되기 때문에 카본 및 SiC를 전극으로서 사용하는 경우, 텅스텐보다 아크 방전으로의 천이는 높은 온도가 된다.

[0035] 도 1b로부터, 텅스텐에서의 아크 천이 시와 동일한 열전자량을 아크로의 천이 온도라 하면, 카본의 경우는 대개 $2030\sim2300^{\circ}\text{C}$ 정도가 된다. 따라서, 카본 전극을 사용하는 경우, 2000°C 정도 이하이면 글로 방전을 유지할 수 있게 되어, 글로 방전에 의한 가열이 가능하게 된다. 또 마찬가지로 SiC 또는 SiC를 CVD법 등에 의하여 카본 기초재에 코팅한 전극에서는 $1900\sim2200^{\circ}\text{C}$ 가 되고 1900°C 정도까지이면 글로 방전에 의한 가열이 가능하게 된다. 실제 글로 방전 유지의 하한값에서는 열전자 방출이 방전 유지를 유효(率速)하기에는 이르지 않기 때문에 카본 전극 및 SiC 전극 모두 2000°C 정도까지의 글로 방전 유지가 가능하다.

[0036] 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)[피가열 시료(1)를 포함한다]의 온도를 효율적으로 상승시키기 위해서는, 급전선(5, 7)으로부터의 전열, He 가스 분위기를 거치는 전열 및 고온 영역으로부터의 복사(적외광으로부터 가시광선 영역)의 억제가 필요하게 된다. 특히 1800°C 의 초고온 상태에서는, 복사에 의한 방열이 매우 크고, 복사 손실의 저감이 가열 효율의 향상에 필수가 된다. 본 실시예에서는, 이 복사 손실의 저감을 반사경(13)으로 실시한다. 반사경(13)은 광학 연마된 회전 포물면에 적외광의 반사율을 높이는 금을 코팅하여 형성되어 있다. 이 반사경(13)에 의한 회전 포물면으로 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)을 덮도록 배치함으로써, 복사광을 가열 영역인

상부 전극(2) 및 하부 전극(3) 주변에 반사시킴으로써 복사 손실의 저감이 가능하게 된다.

[0037] 도 1c에 1800°C의 전극으로부터 방출되는 복사 스펙트럼과, 경면(鏡面) 연마된 금(Au)의 반사율을 나타낸다. 금의 경우, 가시광(600 nm 이하)에서 반사율이 저하하나, 1800°C의 복사 스펙트럼의 거의 전역에 걸쳐 높은 반사율(95~98%)이 유지되어 있고, 평균하여도 97% 정도의 반사율을 확보할 수 있는 것을 알 수 있다. 실제로는, 여러가지 손실이 있기 때문에 평균하면 90% 정도의 반사율이 된다. 이 반사율을 가지는 경면으로 도 1a에 나타내는 반사경(13)을 형성함으로써 복사에 의한 손실을 저감하는 것이 가능하게 된다.

[0038] 반사경(13)의 경면은 복사광에 대하여 90% 정도의 반사율을 가지나 다중 반사가 되기 때문에 흡수된 복사 에너지에 의해 반사경(13)의 온도 상승을 초래한다. 또 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)으로부터의 He 가스 분위기를 거쳐 전열되는 열손실분도 반사경(13)의 온도 상승에 연결된다. 반사경(13)의 온도가 수백도 정도 이상이 되면 경면의 열화에 의한 반사율의 저하나 불순물의 방출에 의한 피가열 시료(1)의 오염을 일으키게 할 가능성성이 있다. 그래서 본 실시예에서는 반사경(13)의 금속 기초재부에 냉매 유로(15)를 설치하여 냉각수를 흘림으로써 반사경(13) 자신의 온도 상승을 억제하고 있다. 또 반사경(13)과 상부 전극(2) 및 하부 전극(3) 사이에는 보호 석영판(14)이 배치되어 있다. 보호 석영판(14)은, 초고온의 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)으로부터의 방출물(그라파이트의 승화나 후술하는 첨가 가스에 의한 생성물 등)에 의한 반사경(13)면의 오염 방지와, 반사경(13)으로부터 피가열 시료(1)에 혼입될 가능성이 있는 오염의 방지 기능을 가진다. 또한, 반사경(13)을 구비하지 않은 경우에도 저 열용량이고 또한 균일 가열이 가능한 열처리 장치를 제공할 수 있다.

[0039] 상기 도 1a에 나타낸 플라즈마를 사용한 열처리 장치의 기본 동작에서는, 진공 배기한 용기(9) 내를 일정 압력(1기압)의 He 가스로 충분히 밀봉하여 가열처리를 실시하는 경우에 대하여 설명하였다. 그러나 He 가스를 충분히 밀봉하여 가열 처리를 행하는 경우에는, 조작이 단순하나, 가열에 의한 압력 변동이나 가스 분위기의 순도 저하를 초래할 염려가 있다. 따라서, 열처리 중 항상 가스 도입수단(10)에 의하여 일정량의 He 가스를 도입하면서, 소정의 압력(본 실시예의 경우에는 1 기압)을 유지하도록 배기량을 제어하는 쪽이 바람직하다. 도입하는 He 유량이 많으면 열손실이 커지고, 가열 효율이 저하한다. 한편 지나치게 적으면 He 분위기의 순도 유지 능력이 저하한다. 따라서, 가열 처리 중에 도입하는 가스량은 10 sccm~10000 sccm의 범위가 적합하다.

[0040] 상기 도 1a에 나타낸 열처리 장치의 기본 구성에서는, 캡(4)을 0.8 mm로 하였으나 0.1 mm 내지 2 mm의 범위에서도 동일한 효과가 있다. 0.1 mm보다 좁은 캡의 경우도 방전은 가능하나, 상부 전극(2)과 하부 전극(3) 사이의 병행을 유지하는데 고정밀도의 기능이 필요하게 되고, 또 전극 표면의 변질(거칠음 등)이 플라즈마에 영향을 미치게 되어 바람직하지 않다. 한편 캡(4)이 2 mm를 초과하는 경우는, 플라즈마의 착화성 저하나 캡으로부터의 복사 손실 증대가 문제가 되어 바람직하지 않다.

[0041] 상기 도 1a에 나타낸 열처리 장치의 기본 동작에서는, 플라즈마 형성의 압력을 1 기압으로 하였으나, 0.1 기압 내지 10 기압의 범위에서도 동일한 동작이 가능하다. 0.1 기압보다 낮은 압력으로 동작시킬 경우, 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)으로부터의 가스 분위기의 전열에 의한 열손실을 저감할 수 있고, 또 온도 상승에 따르는 글로 방전으로부터 아크 방전으로의 천이도 억제하는 효과가 있다. 단, 0.1 기압보다 낮은 압력에서는, 플라즈마 중의 이온이 피가열 시료(1)에 비교적 높은 에너지로 입사하게 되어, 손상을 발생시키는 경우가 있기 때문에 바람직하지 않다. 일반적으로 결정면에 손상을 주는 운동 에너지는 10 일렉트론 볼트 이상이고, 이 값을 초과하는 이온의 가속이 생기면 손상을 준다. 따라서 피가열 시료(1)에 입사하는 이온의 에너지를 10 일렉트론 볼트 이하로 할 필요가 있다. 플라즈마 중의 이온은 피가열 시료(1) 표면에 형성되는 이온 시스 내에서의 전압으로 가속되어 입사한다. 이온 시스 내의 전압은 플라즈마 벌크 중의 이온과 전자의 에너지 차에 의해 생긴다. 따라서 이온, 전자, 중성입자가 열평형 상태인 대기압에서는, 이온 시스의 전압 발생이 적고 또 이온 시스 내에서의 중성 원자와의 충돌이 100~1000회 정도 생기기 때문에 이온 입사에 따르는 피가열 시료(1)의 표면 손상의 발생은 거의 생기지 않는다. 그러나, 감압하여 가면 이온과 전자의 운동 에너지에 차가 생겨 이온 시스에 이온을 가속하는 전압이 발생한다. 예를 들면 수십~100V 정도의 전위차가 이온 시스에 발생한 경우를 상정한다. 이온 시스의 두께는 통상 수십 μm 내지 수백 μm 이다. 한편, He 이온의 평균 자유공정은, 예를 들면 1800°C의 0.1 기압 이하의 He 분위기에서는 20 μm 이하이다. 따라서 이온 시스 내에서의 충돌 회수가 1~10회 정도밖에 없어 전위차에 가까운 값까지 이온이 가속될 비율이 커지고, 상기한 10 일렉트론 볼트를 초과하는 에너지를 가지는 이온이 입사될 가능성이 높아진다.

[0042] 상기 도 1a에 나타낸 열처리 장치의 기본 동작에서는, 플라즈마 생성의 원료 가스에 He를 사용하였으나 그 외에 Ar, Xe, Kr 등의 희가스를 사용하여도 동일한 효과가 있는 것은 물론이다. 상기 동작 설명에서 사용한 He는 대기압 부근에서의 플라즈마 착화성이나 안정성이 우수하나, 가스의 열전도율이 높아 가스 분위기를 거친 전열에

의한 열손실이 비교적 많다. 한편 Ar 등 질량이 큰 가스는 열전도율이 낮기 때문에, 열효율의 관점에서는 유리하다. 또 당해 희가스에 탄화수소계의 가스를 첨가하여, 플라즈마를 생성함으로써 피가열 시료(1) 표면에 가열에 따르는 표면 거칠음을 방지하는 탄소 보호막을 형성하는 것이 가열의 전단계에서 가능하게 된다. 또 마찬가지로 가열 후[피가열 시료(1)의 온도가 어느 정도 저하한 단계]에 산소 가스를 첨가하여 플라즈마를 생성함으로써, 당해 탄소계 피막을 제거하는 것도 가능하다.

[0043] 상기 실시예에서는, 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)을 CVD법에 의한 탄화 실리콘을 코팅한 그라파이트를 사용하였으나, 그 외에 그라파이트 단체(單體), 그라파이트에 열분해 탄소를 코팅한 부재, 그라파이트 표면을 유리화 처리한 부재, 탄소와 고용접 금속(Ta, W 등)과의 화합물 및 SiC(소결체, 다결정, 단결정)를 사용하여도 동일한 효과가 있다. 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)의 기초재가 되는 그라파이트나 그 표면에 실시하는 코팅은 피가열 시료(1)로의 오염방지의 관점으로부터 고순도의 것이 바람직한 것은 물론이다. 또 초고온 시에는 급전선(5, 7)으로부터도 피가열 시료(1)로의 오염이 영향을 미치는 경우도 있다. 따라서 본 실시예에서는 급전선(5, 7)도 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)과 동일한 그라파이트를 사용하였다. 또 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)의 열은 급전선(5, 7)을 전열하여 손실이 된다. 따라서 급전선(5, 7)으로부터의 전열을 필요 최소한으로 그치게 할 필요가 있다. 따라서, 그라파이트로 형성되는 급전선(5, 7)의 단면적은 가능한 한 작고, 길이를 길게 할 필요가 있다. 그러나, 급전선(5, 7)의 단면적을 극단으로 작게 하고, 길이도 지나치게 길면 급전선(5, 7)에서의 고주파 전력 손실이 커져, 피가열 시료(1)의 가열 효율의 저하를 초래한다. 본 실시예에서는, 이상의 관점으로부터 그라파이트로 형성되는 급전선(5, 7)의 단면적을 12 mm², 길이를 40 mm로 하였다. 동일한 효과는 단면적 5 mm²~30 mm², 길이 30 mm~100 mm의 범위에서 얻어진다.

[0044] 본 실시예에서는 상기한 바와 같이 가열 효율을 결정하는 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)으로부터의 방열은, (1) 복사, (2) 가스 분위기의 전열, (3) 급전선(5, 7)으로부터의 전열이 주(主)이다. 이 중에서 주된 것이 상기한 (1) 복사로, 그 억제에 반사경(13)을 사용하였다. 또 급전선(5, 7)으로부터의 방열은 상기한 급전선의 단면적 및 길이를 최적화하여 최소한으로 억제하였다. 나머지 (2)의 가스 분위기의 전열에 관해서는, 가스의 전열거리 [고온부인 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)과 저온부인 반사경(13) 또는 용기(9)벽까지의 거리]에 의해 억제하였다. 대기압의 He 분위기에서는 비교적 가스의 전열에 의한 방열이 높아진다(He의 열전도율이 높기 때문). 따라서 본 실시예에서는, 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)으로부터 반사경(13) 또는 용기(9) 벽까지의 거리를 30 mm 이상 확보하는 구조로 하였다. 거리가 긴 쪽이 방열 억제에는 유리하나, 가열 영역에 대한 용기(9)의 크기가 커져 바람직하지 않다. 30 mm 이상의 거리를 확보함으로써, 용기(9)의 크기를 억제하면서 가스 분위기의 전열에 의한 방열을 억제할 수 있다. 물론 열전도율이 낮은 Ar 등을 사용하거나, 감압(0.1 기압 이상)함으로써 가스 분위기의 전열을 더욱 억제하는 것이 가능하게 되는 것은 물론이다.

[0045] 본 실시예 1에서는, 방전의 생성에 13.56 MHz를 사용하였으나 이것은 공업 주파수이기 때문에 저비용으로 전원을 입수할 수 있고, 또한 전자파 누설 기준도 낮기 때문에 장치 비용을 저감할 수 있기 때문이다. 그러나, 원리적으로는 다른 주파수에서도 동일한 원리로 가열할 수 있는 것은 물론이다. 특히, 1 MHz 이상 100 MHz 미만의 주파수가 본 발명에서는 적합하다. 1 MHz 보다 낮은 주파수가 되면 가열에 필요한 전력을 공급할 때의 고주파 전압이 높아져, 이상 방전(불안정한 방전이나 상부 전극과 하부 전극 사이 이외에서의 방전)을 일으켜, 안정된 동작이 어렵게 되기 때문에 적합하지 않다. 또 100 MHz를 초과하는 주파수는, 상부 전극(2)과 하부 전극(3)의 캡의 임피던스가 낮아, 플라스마 생성에 필요한 전압을 얻기 어렵게 되기 때문에 적합하지 않다.

[0046] 본 실시예 1에서는, 단일의 반사경(13) 내에 배치되는 하부 전극(3) 상에 1매의 피가열 시료(1)를 배치하는 구성에 대하여 설명하였으나, 반사경(13), 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)을 대형화하고, 하부 전극(3) 상에 복수 매의 피가열 시료(1)를 배치함으로써 한번에 처리할 수 있는 피가열 시료 매수를 향상시키는 것도 가능하다. 그 경우, 상부 전극(2) 및 하부 전극의 크기에 적합한 고주파 전력[상부 전극(2) 및 하부 전극의 면적에 거의 비례]을 투입할 필요가 있다.

[0047] 또 마찬가지로, 본 실시예 1에서는 용기(9) 내에 반사경(13), 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)[피가열 시료(1)을 포함한다]을 1쌍 배치하는 구성에 대하여 설명하였으나, 대형 용기로 하여 그 내부에 복수 쌍의 반사경(13), 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)을 배치하는 것에서도 한번에 처리할 수 있는 피가열 시료 매수를 향상할 수 있는 것은 물론이다.

[0048] 본 실시예 1에서는 반사경(13)의 경면에 금을 도금 또는 증착한 부재를 사용하였으나, 그 외에 경면의 재질이 알루미늄, 알루미늄 합금, 은, 은 합금, 스테인리스이어도 동일한 효과가 있는 것은 물론이다. 또 반사경(13)을 회전 포물면으로 형성하였으나, 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)의 양단에 평면 형상의 반사경을 배치하여도

동일한 효과가 있다.

[0049] 도 5에 도 1a에 나타낸 열처리 장치에서의 기본 동작 시퀀스의 예를 나타낸다. 도 5에서는, 피가열 시료의 표면 거칠음을 방지하기 위한 표면 보호막 형성 및 제거를 일련의 가열 처리와 동시에 행하는 경우에 대하여 기재한다. 먼저 베이스가 되는 희가스(He)(180)와 표면 보호막 형성용 플로로카본가스(190)를 도입하고, 비교적 저전력(여기에는, 500 W)으로 방전을 형성하여 피가열 시료 표면에 보호막을 형성한다[처리 시간(230)]. 다음으로 보호막 형성용 가스(190)의 공급을 정지하고, 희가스(He)(180)의 유량도 저감하여, 방전 전력(210)을 가열에 필요한 전력(여기서는, 2000 W)까지 상승시킨다. 이에 의하여, 피가열 시료 온도(220)는 1800°C까지 상승한다 [처리 시간(240)]. 가열 처리가 종료되면, 냉각을 위한 희가스(He)(180)의 유량을 증가하고, 방전 전력(210)도 저하시킨다. 어느 정도 온도가 저하(여기서는 600°C)하면, 보호막 제거용 산소 가스(200)를 희가스(180)에 첨가하고, 보호막 제거를 실시한다[처리 시간(250)]. 이상이 일련의 처리예이다. 도 5의 시퀀스에서는, 보호막 형성 및 제거의 공정을 부가한 경우에 대하여 기재하였으나, 물론 표면 거칠음 억제에 관해서는, 본 실시예의 특징인 가열/냉각 시간의 단축에 의한 여분의 가열 시간을 삭제하는 것, 또는 사전에 피가열 시료 표면에 보호막을 형성하는 것에서도 가능하고, 그 때는 도 5에 나타내는 보호막 형성 등을 삭제한 시퀀스로 처리된다.

[0050] 이상, 본 실시예에 의하면, 평행 평판 전극 사이의 글로 방전에서 발생하는 플라즈마에 의해 가열되는 피가열 시료(하부 전극)의 온도를 계측하는 온도 계측수단과, 온도 계측수단으로 계측되는 온도를 사용하여 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 구비함으로써, 저 열용량이고 또한 균일 가열이 가능한 열처리 장치를 제공할 수 있다. 또, 복사 손실을 저감하는 반사경을 더 구비함으로써, SiC를 고온 어닐하는 경우에도, 저 열용량으로 또한 균일 가열이 가능한 열처리 장치를 제공할 수 있다.

[0051] [실시예 2]

[0052] 제 2 실시예를 도 2a, 도 2b를 이용하여 설명한다. 또한, 실시예 1에 기재되고, 본 실시예에 미기재된 사항은 특별한 사정이 없는 한 본 실시예에도 적용할 수 있다.

[0053] 도 2a는 본 실시예에 관한 플라즈마를 사용한 열처리 장치에서의 방전 형성부의 단면도이다. 본 실시예 2의 설명에서는, 실시예 1과 다른 부분만에 대하여 설명한다. 도 2a, 도 2b는 실시예 1에서의 상부 전극(2)과 하부 전극(3)에 상당하는 부분의 확대도이다. 도 2a, 도 2b에서는, 도 1의 실시예와 달리, 하부 전극(2)에 제 2 가스 도입수단(22), 가스 확산층(23) 및 가스 분출 구멍(24)이 설치되어 있다. 그 밖의 구성은 도 1의 실시예 1과 동일하다. 또한, 도 2a와 도 2b의 구성의 차이는, 도 2b에서는 제 2 가스 도입수단(22)이 급전선(5)의 내부에 설치되어 있는 점에 있다. 상부 전극(2)을 가스 도입수단의 일부로서 사용함으로써, 플라즈마를 생성하는 캡(4) 내와 용기(9) 내의 가스 조성을 바꾸는 것이 가능하게 된다. 예를 들면, 제 2 가스 도입수단(22)으로부터는 방전의 착화성이나 안정성이 우수한 He 가스를 도입하고, 용기(9) 내에는 열전도율이 낮은 Ar을 도입함으로써, 방열의 억제에 의한 가열 효율 향상과 플라즈마 형성의 안정화의 양립을 도모할 수 있다. 또, 상기한 피가열 시료(1) 표면에 표면 거칠음 방지용 보호막을 형성하는 경우, 제 2 가스 도입수단으로부터 원료 가스(탄화수소계 가스) 희가스에 혼합하여 도입함으로써 적은 원료 가스량으로 또한 균일한 보호막 형성이 가능하게 된다. 또한, 도 2b와 같이 제 2 가스 도입수단(22)을 급전선(5)의 내부에 설치함으로써, 상부 전극 주변에서의 복사가 균일해진다.

[0054] 이상, 본 실시예에서도 실시예 1과 동일한 효과가 얻어진다. 또한, 제 2 가스 도입수단을 가짐으로써, 가열 효율 향상과 플라즈마 형성의 안정화의 양립을 도모하는 것이 가능하게 된다.

[0055] [실시예 3]

[0056] 제 3 실시예를 도 3과 도 4를 이용하여 설명한다. 또한, 실시예 1 또는 실시예 2에 기재되고, 본 실시예에 미기재된 사항은 특별한 사정이 없는 한 본 실시예에도 적용할 수 있다.

[0057] 도 3 및 도 4는, 본 발명의 실시예 3에 관한 플라즈마를 사용한 열처리 장치의 기본 구성을 나타내는 도면으로, 도 3은 가열 처리 중의 상태를, 도 4는 처리 후의 상태를 나타낸다. 본 실시예 3의 설명에서는, 실시예 1과 다른 부분만에 대하여 설명한다. 도 3 및 도 4에서는 도 1에서의 실시예 1에 대하여, 반사경(13)의 상하 구동기 구(25)를 부가하였다. 도 3에 나타내는 바와 같이 가열 처리 중은, 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)을 반사경(13)에 가능한 한 근접(실시예 1에서 설명한 가스 분위기의 전열의 영향을 억제할 수 있을 정도의 거리 : 30 mm 이상)시킴으로써 복사에 의한 손실을 억제한다. 한편 가열 후는 가능한 한 신속하게 온도를 내릴 필요가 있어, 반사경(13)에 의한 복사 손실 억제가 냉각의 저해가 된다. 따라서, 도 4에 나타내는 바와 같이 가열 처리 종료 후는 상하 기구(25)에 의하여 반사경(13)을 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)으로부터 떼어내어, 반사경(13)의 효

과를 저감함으로써 강온 속도를 향상시킬 수 있다. 또한, 상부 반사경과 상부 전극과의 거리는, 하부 반사경과 하부 전극과의 거리와 동일해지도록 조정하는 것이 바람직하다(특히, 가열 처리 중).

[0058] 이하, 실시예 1, 2, 3에 나타낸 본 발명의 효과를 정리한다. 본 기술에서는, 좁은 캡에서 생성하는 대기압 글로 방전에 의한 가스 가열을 열원으로 하여 피가열 시료(1)을 가열한다. 본 원리에 따라 종래 기술에 없는 이하에 나타내는 4개의 효과가 얻어진다.

[0059] 제 1점째는 열효율이다. 상부 전극 및 하부 전극 사이의 캡의 가스 및 상부 전극 및 하부 전극(시료대)을 가열하면 되기 때문에 열용량을 매우 작게 할 수 있다. 또 피가열 시료(1)를 포함하는 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)을 회전 포물면으로 구성되는 반사경으로 덮음으로써 복사에 따르는 가열 손실이 매우 적은 체계로 피가열 시료(1)를 가열할 수 있기 때문에 고에너지 효율을 실현할 수 있어, 고온 가열이 가능하게 된다.

[0060] 제 2점째는 가열 응답성과 균일성이다. 상기 구성에 의하여 가열부의 열용량이 매우 작기 때문에 급속한 승온 및 강온이 가능하게 된다. 또 글로 방전에 의한 가스 가열을 열원으로 사용하기 때문에, 글로 방전의 확산에 의해 평면적으로 균일한 가열이 가능하게 된다. 온도 균일성이 높음으로써 열처리에 따르는 피가열 시료(1)면내에서의 디바이스 특성 불균일을 억제할 수 있음과 동시에, 급격한 승온 등을 행하였을 때에 피가열 시료(1)면내의 온도차에 따르는 열응력에 의한 손상도 억제할 수 있다.

[0061] 제 3점째는, 가열 처리에 따르는 소모 부품의 저감이다. 본 기술에서는 피가열 시료(1)에 접촉하는 가스를 직접 가열하기 때문에, 고온화하는 영역은 피가열 시료(1)의 매우 근방에 배치되는 부재에 한정되고, 또한 그 온도도 피가열 시료(1)와 동등하거나 그것 이하이다. 따라서, 부재의 수명이 길고, 부품 열화에 따르는 교환의 영역도 적다.

[0062] 제 4점째는 피가열 시료(1)의 표면 거칠음 억제이다. 본 기술에서는, 앞서 기재한 효과에 의하여 승온/강온 시간을 짧게 할 수 있기 때문에, 가령 시료 표면이 노출되어 있는 경우에도, 피가열 시료(1)를 고온 환경 하에 노출하는 시간이 필요 최저한으로 단축되어 표면 거칠음을 억제할 수 있다. 또 본 기술에서는, 대기압 글로 방전에 의한 플라즈마를 피가열 시료에 노출함으로써 가열을 행한다. 가열 단계에서는 희가스 플라즈마를 사용하나 승온 과정 또는 강온 과정에서 희가스에 반응성 가스를 첨가함으로써 보호막의 형성 및 제거가 가열 공정 중에서 일관하여 가능하게 된다. 이것에 의하여 열처리 장치와는 다른 장치에서 행하는 보호막의 형성 및 제거 공정이 불필요하게 되어 제조비용의 저감이 가능하게 된다.

[0063] 상기 실시예 1 내지 3에서, 반사경(13)을 사용하여 상부 전극(2), 하부 전극(3) 및 피가열 시료(1)의 가열 효율 향상을 실시하였으나, 예를 들면 1200°C 이하의 비교적 저온의 처리의 경우에는, 반드시 반사경(13)은 필요로 하지 않는다. 반사경은 복사 방출에 의한 열손실을 저감하는 것을 목적으로 하기 때문에 복사 손실이 그다지 크지 않은 1200°C 이하에서는, 반사경(13)이 없는 구조로도 충분히 기능을 다하는 것이 가능하다. 그 때의 기본 구성은, 피가열 시료(1)를 포함하는 상부 전극(2) 및 하부 전극(3)과 그들 전극에 고주파 전력을 공급하는 고주파 전원(6), 피가열 시료(1) 또는 상/하부 전극 중 어느 하나의 온도를 모니터하는 수단[방사 온도계(17)], 당해 온도 모니터의 값을 참조하여 고주파 전원(6)의 전력을 제어하는 수단 및 방전 영역을 0.1~10 기압 범위의 희가스 또는 희가스에 보호막 형성용 첨가 가스 및 보호막 제거용 첨가 가스의 분위기로 제어하는 기구를 구비한 구조가 된다.

[0064] 이상 나타낸 바와 같이, 본 실시예에서도 실시예 1과 동일한 효과를 얻을 수 있다. 또, 반사경을 상하로 이동하는 상하 구동기구를 더 구비함으로써, 강온 속도를 향상시키는 것이 가능하게 된다.

[0065] 이상, 본원 발명을 상세하게 설명하였으나, 이하에 주된 발명의 형태를 열거한다.

[0066] (1) 평행 평판 전극과, 상기 평행 평판 전극 사이에 고주파 전압을 인가하여, 방전시키는 고주파 전원과, 상기 평행 평판 전극 사이에 배치되는 피가열 시료의 온도를 계측하는 온도 계측수단과, 상기 평행 평판 전극 내로의 가스 도입수단과, 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 구비하고, 상기 제어부는, 상기온도 계측수단에 의해 계측된 온도를 참조하여, 상기 고주파 전원의 출력을 제어함으로써 피가열 시료의 열처리 온도의 제어를 행하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0067] (2) 평행 평판 전극과, 상기 평행 평판 전극 사이에 고주파 전압을 인가하여, 방전시키는 고주파 전원과, 상기 평행 평판 전극 사이에 배치되는 피가열 시료의 온도를 계측하는 온도 계측수단과, 상기 평행 평판 전극 내로의 가스 도입수단과, 상기 평행 평판 전극의 주위를 덮는 반사경과, 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 구비하고, 상기 제어부는, 상기 온도 계측수단에 의해 계측된 온도를 참조하여, 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

어함으로써 피가열 시료의 열처리 온도의 제어를 행하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0068] (3) 상기 (2)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 상기 가스 도입수단은, 제 1 가스 도입수단과 제 2 가스 도입수단을 구비하고, 상기 제 1 가스 도입수단은 상기 평행 평판 전극 사이의 캡 밖에 가스 도입구를 가지고, 상기 제 2 가스 도입수단은 상기평행 평판 전극 사이의 캡 내에 가스 도입구를 가지며, 각각 독립으로 가스 도입을 행하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0069] (4) 상기 (2)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 상기 평행 평판 전극은 복수세트 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0070] (5) 상기 (2)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 상기 제어부는, 상기 피가열 시료의 열처리를 실시하기 전 또는 온도 상승 도중에, 방전에 의해 생기는 플라즈마 중에 탄화 함유 분자 가스를 첨가하고, 피가열 시료의 표면에 탄소계 피막에 의한 보호막을 형성하도록 상기 가스 도입수단을 제어하는 것임을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0071] (6) 상기 (5)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 상기 제어부는, 상기 열처리를 실시한 후에, 방전에 의해 생기는 플라즈마 중에 산소를 첨가하여, 상기 보호막을 제거하는 제어를 행하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0072] (7) 고주파 전원과, 피가열 시료를 탑재하는 하부 전극과, 상기 고주파 전원이 접속되고, 상기 하부 전극에 대향하는 위치에 배치된 상부 전극과, 상기 상부 전극과 상기 하부 전극 사이에 플라즈마를 생성하는 가스를 도입하는 가스 도입부와, 상기 상부 및 하부 전극을, 공극을 거쳐 덮는 상부 및 하부 반사경을 구비하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0073] (8) 상기 (7)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 상기 상부 및 하부 반사경은, 회전 포물면을 이루는 금속 기초재 표면을 광학 연마 가공하고, 또한 상기 광학 연마면이 금, 알루미늄, 알루미늄 합금, 은, 은 합금, 스테인리스 중 어느 하나의 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0074] (9) 상기 (7)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 상기 상부 전극과 상기 상부 반사경과의 중간 및 상기 하부 전극과 상기 하부 반사경과의 중간에 석영판이 각각 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0075] (10) 상기 (7)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 당해 피가열 시료의 온도를 측정하는 온도계와, 상기 온도계로 계측한 온도를 참조하여, 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0076] (11) 상기 (7)에 기재된 열처리 장치에서, 상기 가스 도입부로부터 도입되는 가스종 및 가스 유량 및 상기 고주파 전원의 출력을 제어하는 제어부를 더 구비하고, 상기 제어부는, 당해 피가열 시료의 표면에 보호막을 형성하도록 상기 가스 도입부를 제어하고, 당해 피가열 시료의 표면에 당해 보호막이 덮힌 상태에서 가열하도록 상기 고주파 전원의 출력을 제어하며, 당해 보호막을 제거하도록 상기 가스 도입부를 제어하는 것임을 특징으로 하는 열처리 장치.

[0077] (12) 상기 (2)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 상기 반사경은 상기 평행 평판 전극의 상부 및 하부에 각각 설치되고, 각각의 상기 반사경을 상하 방향으로 구동하는 구동기구가 더 구비되어 있는 것을 특징으로 열처리 장치.

[0078] (13) (7)에 기재된 열처리 장치에 있어서, 상기 상부 및 하부 반사경을 상하 방향으로 구동하는 구동기구가 더 구비되어 있는 것을 특징으로 하는 열처리 장치.

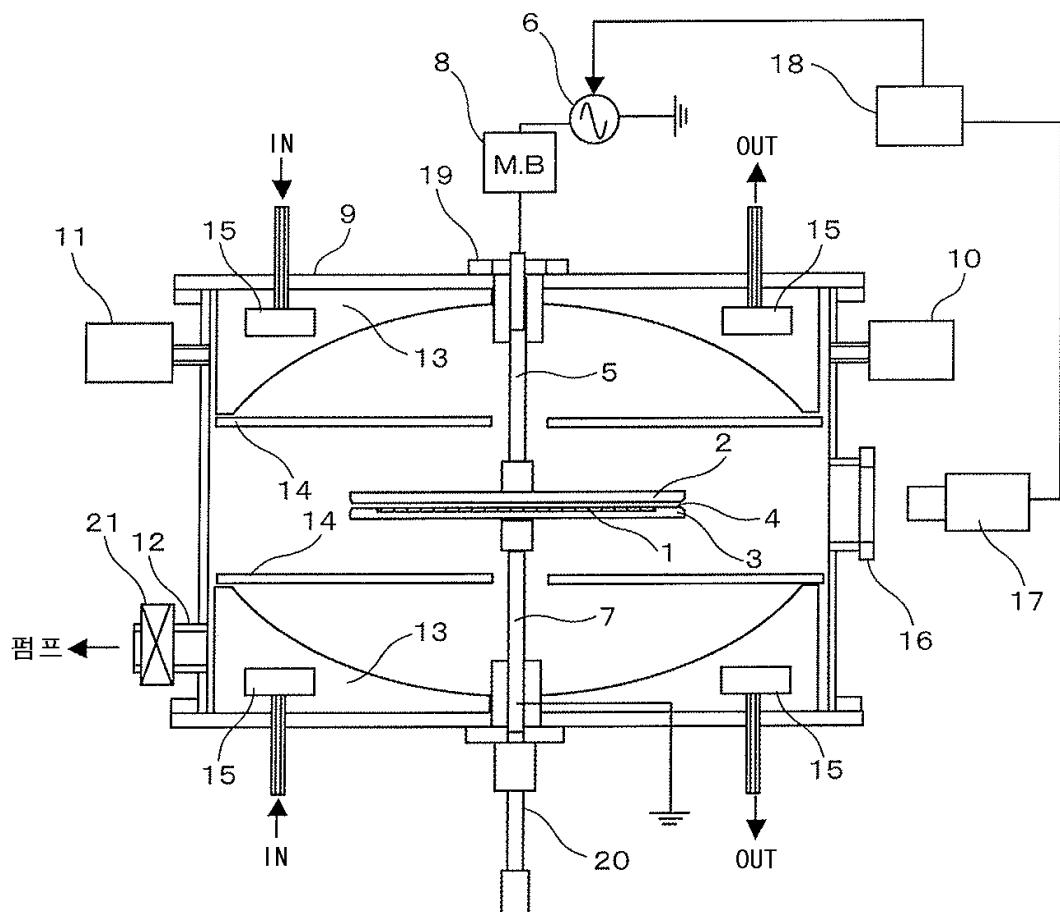
부호의 설명

- | | |
|--------------|--------------|
| 1 : 피가열 시료 | 2 : 상부 전극 |
| 3 : 하부 전극 | 4 : 캡 |
| 5 : 급전선 | 6 : 고주파 전원 |
| 7 : 급전선 | 8 : 매칭 회로 |
| 9 : 용기 | 10 : 가스 도입수단 |
| 11 : 압력 검출수단 | 12 : 배기구 |
| 13 : 반사경 | 14 : 보호 석영판 |

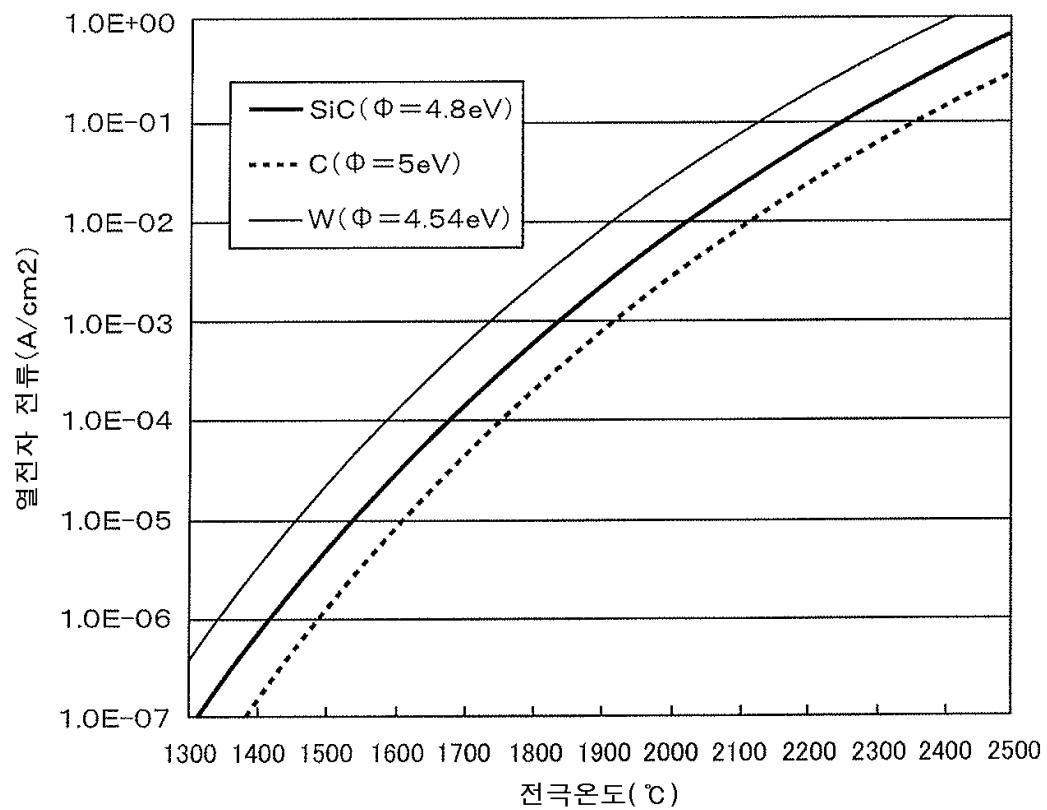
- | | |
|-------------------|------------------|
| 15 : 냉매 유로 | 16 : 창 |
| 17 : 방사 온도계 | 18 : 제어부 |
| 19 : 전력 도입 단자 | 20 : 상하 기구 |
| 21 : 진공 밸브 | 22 : 제 2 가스 도입수단 |
| 23 : 가스 확산층 | 24 : 가스 분출 구멍 |
| 25 : 반사경의 상하 구동기구 | |

도면

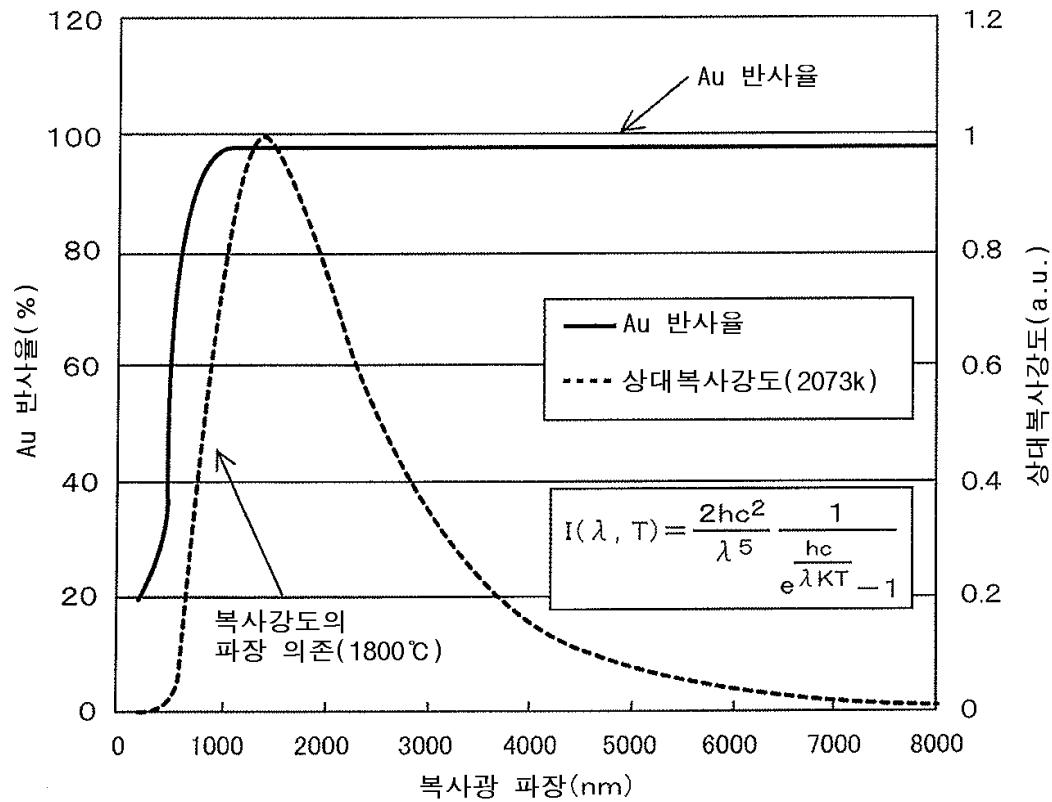
도면1a



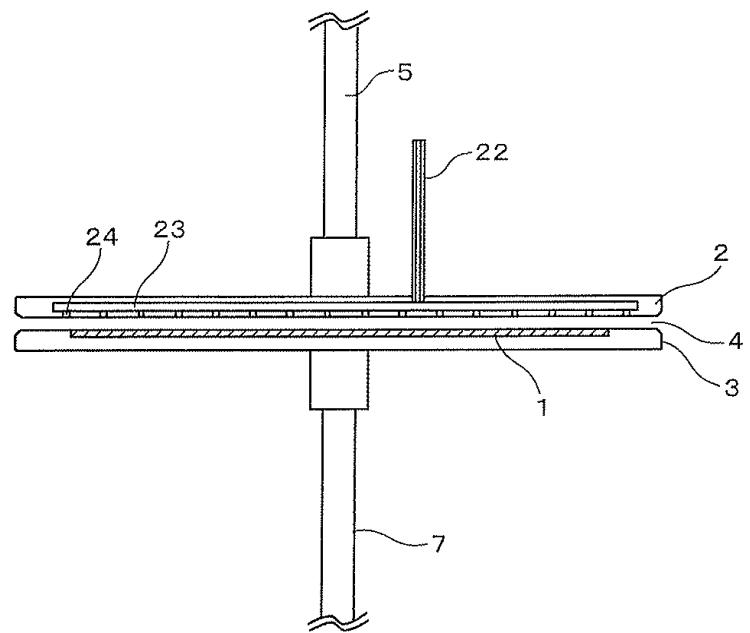
도면1b



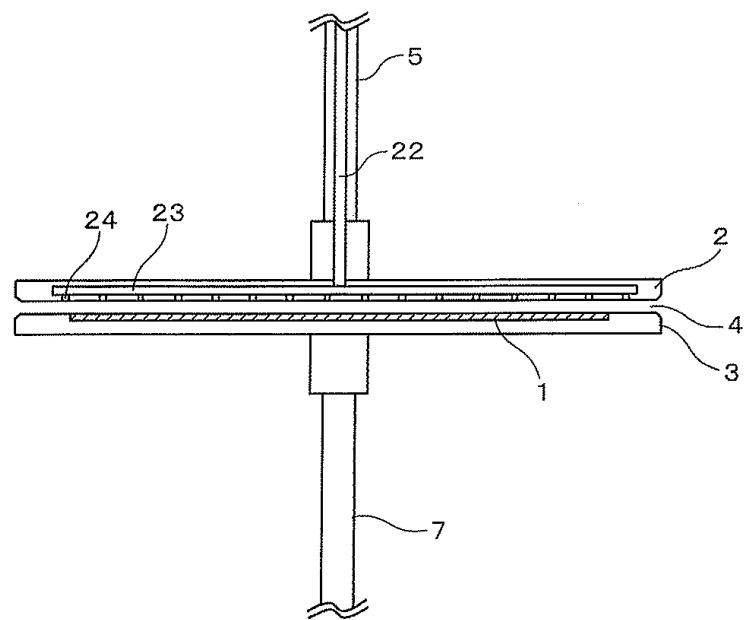
도면1c



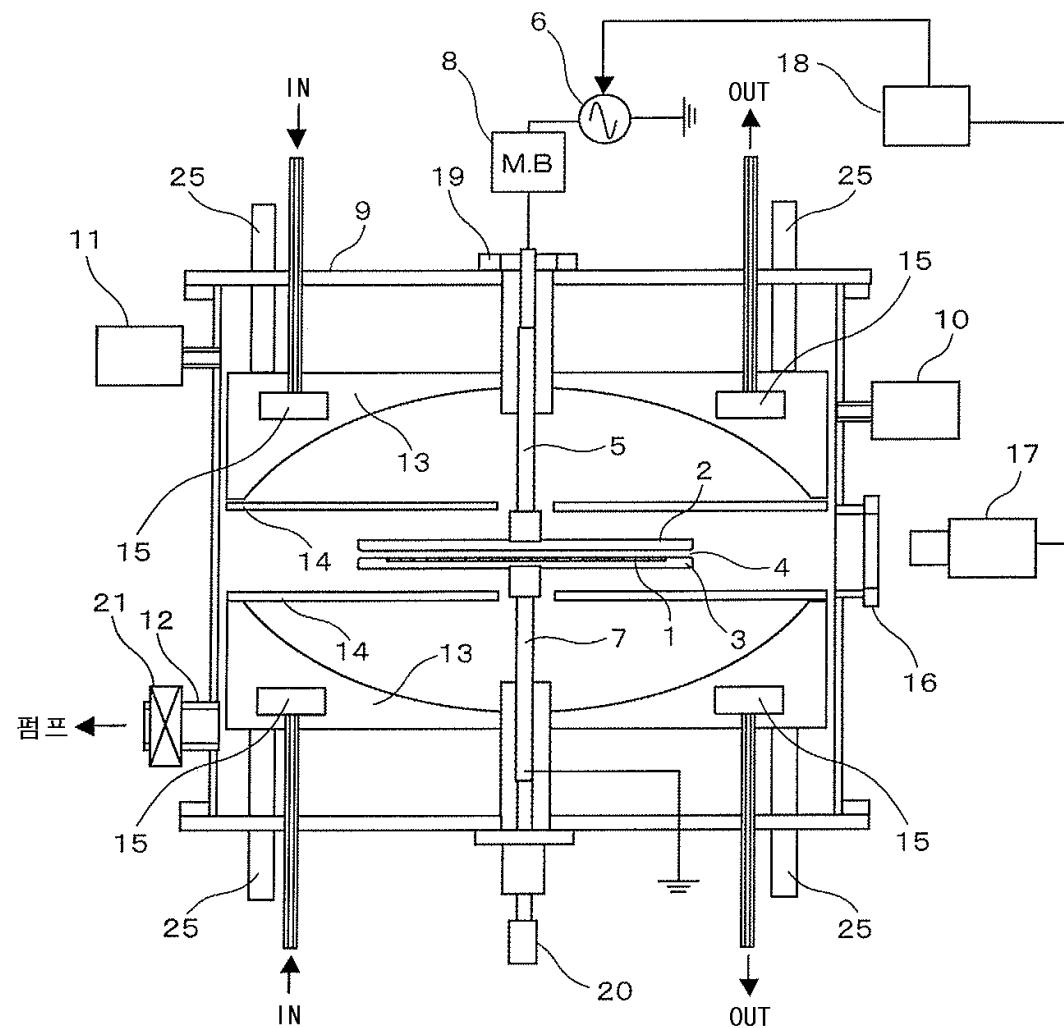
도면2a



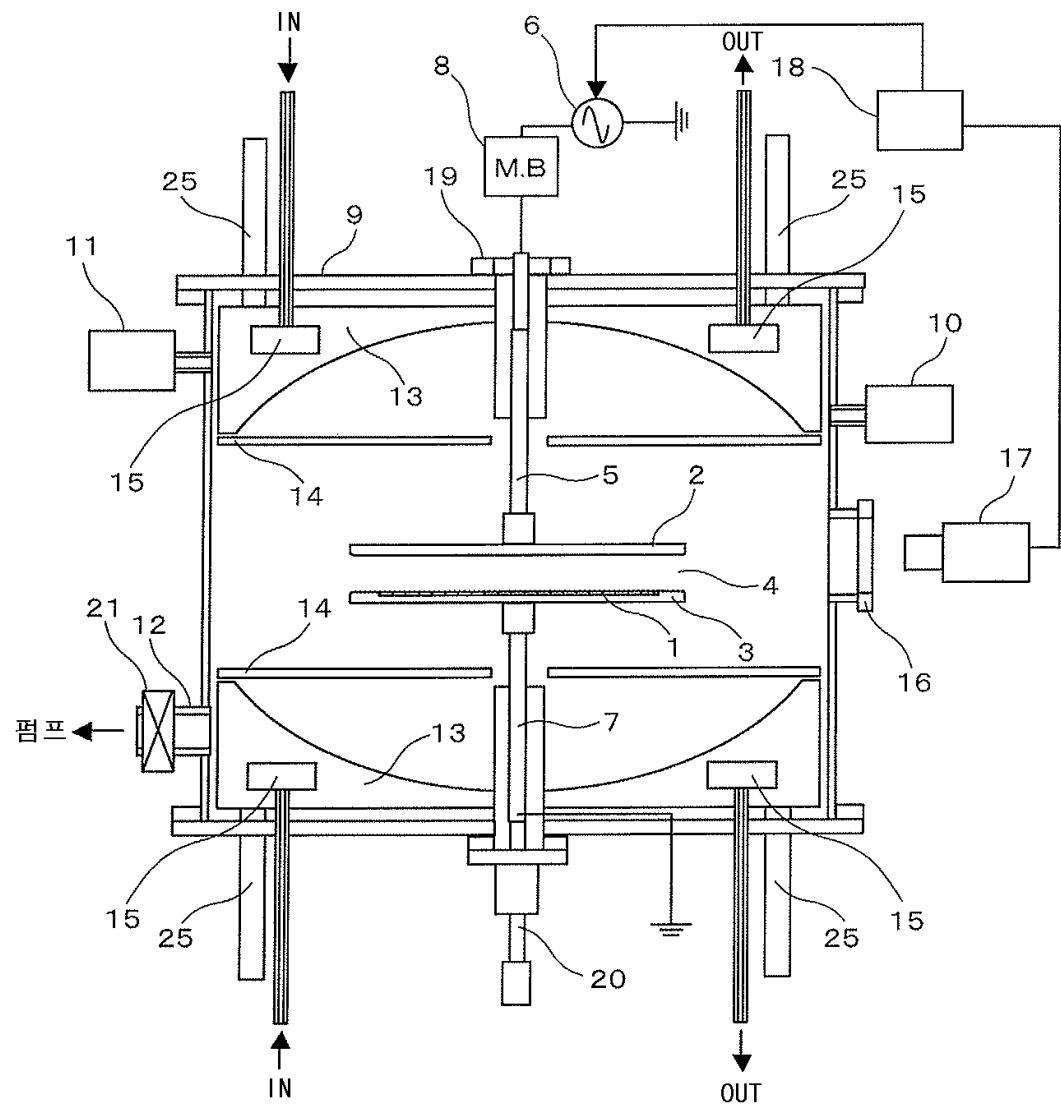
도면2b



도면3



도면4



도면5

