



등록특허 10-2148005



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년08월25일
(11) 등록번호 10-2148005
(24) 등록일자 2020년08월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01) *H01L 21/768* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01J 37/3266 (2013.01)
H01J 37/32091 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7025510(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2013년01월17일
심사청구일자 2019년08월30일
- (85) 번역문제출일자 2019년08월30일
- (65) 공개번호 10-2019-0104436
- (43) 공개일자 2019년09월09일
- (62) 원출원 특허 10-2014-7018433
원출원일자(국제) 2013년01월17일
심사청구일자 2017년09월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2013/051362
- (87) 국제공개번호 WO 2013/108930
국제공개일자 2013년07월25일
- (30) 우선권주장
JP-P-2012-008019 2012년01월18일 일본(JP)
61/592,213 2012년01월30일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP01065132 U*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 오순영

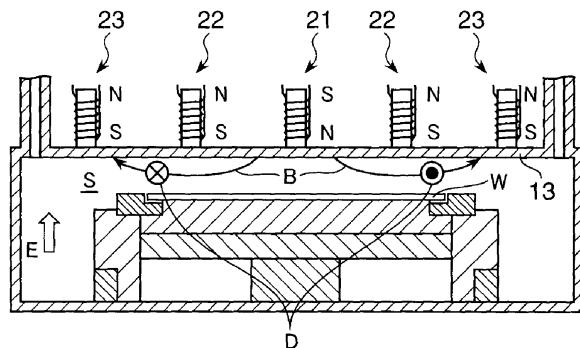
(54) 발명의 명칭 기판 처리 방법

(57) 요약

고주파 전력이 공급되는 하부 전극과, 하부 전극과 대향하여 배치되는 상부 전극과의 사이의 처리 공간에서 전계를 발생시키고, 전계에 기인하여 발생하는 플라즈마를 이용하여 하부 전극에 재치된 기판에 플라즈마 처리를 실시하고, 상부 전극에서 처리 공간과는 반대측의 상면에 배치되는 복수의 전자석을 구비하는 기판 처리 장치에 의

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2a



해 수행되는 기판 처리 방법이 제공된다.

각 전자석은 기판의 중심에 대향하는 상부 전극의 중심에 관하여 방사 형상으로 배치되고, 각 전자석은 봉 형상의 요크 및 요크의 측면에 감긴 코일을 포함하고, 복수의 전자석은 제 1 전자석군, 제 2 전자석군 및 제 3 전자석군으로 나뉘고, 제 1 전자석군은 기판의 중앙부에 대향하는 전자석으로 이루어지고, 제 2 전자석군은 기판의 주연부에 대향하는 전자석으로 이루어지고, 제 3 전자석군은 기판과 대향하지 않고, 상부 전극의 중심에 관하여 제 2 전자석군보다 외측에 배치되는 전자석으로 이루어지고, 제 1 전자석군의 각 전자석에서의 처리 공간측의 자극은 동일하며, 제 2 전자석군의 각 전자석에서의 처리 공간측의 자극은 동일하며, 제 3 전자석군의 각 전자석에서의 처리 공간측의 자극은 동일하다.

기판 처리 방법은, 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 어느 하나에 속하는 각 전자석의 처리 공간 측에서의 자극을 다른 두 전자석군에 속하는 각 전자석의 처리 공간 측에서의 자극과 다르게 설정하는 단계, 각 전자석이 발생하는 자계의 자속 밀도 또는 자속의 방향이 변경되도록 코일에 흘리는 전류의 값 또는 전류의 방향을 제어하는 단계, 하부 전극으로 고주파 전력을 공급함으로써 전계를 생성하는 단계 및 전계에 의해 생성된 플라즈마로 기판에 제 1 처리를 행하는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

H01L 21/3065 (2013.01)

H01L 21/67069 (2013.01)

H01L 21/76898 (2013.01)

(56) 선행기술조사문현

US20080113149 A1*

US05733405 A

US20040050690 A1

JP06037054 A

JP09139380 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

명세서

청구범위

청구항 1

고주파 전력이 공급되는 하부 전극과, 상기 하부 전극과 대향하여 배치되는 상부 전극과의 사이의 처리 공간에서 전계를 발생시키고, 상기 전계에 기인하여 발생하는 플라즈마를 이용하여 상기 하부 전극에 재치된 기판에 플라즈마 처리를 실시하고, 상기 상부 전극에서 상기 처리 공간과는 반대측의 상면에 배치되는 복수의 전자석을 구비하는 기판 처리 장치에 의해 수행되는 기판 처리 방법으로서,

각 상기 전자석은 상기 기판의 중심에 대향하는 상기 상부 전극의 중심에 관하여 방사 형상으로 배치되고,

각 상기 전자석은 봉 형상의 요크 및 상기 요크의 측면에 감긴 코일을 포함하고,

상기 복수의 전자석은 제 1 전자석군, 제 2 전자석군 및 제 3 전자석군으로 나뉘고,

상기 제 1 전자석군은 상기 기판의 중앙부에 대향하는 상기 전자석으로 이루어지고, 상기 제 2 전자석군은 상기 기판의 주연부에 대향하는 상기 전자석으로 이루어지고, 상기 제 3 전자석군은 상기 기판과 대향하지 않고, 상기 상부 전극의 중심에 관하여 상기 제 2 전자석군보다 외측에 배치되는 상기 전자석으로 이루어지고,

상기 제 1 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 동일하며, 상기 제 2 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 동일하며, 상기 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 동일하고,

상기 기판 처리 방법은,

상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 인접한 어느 두 전자석군에 속하는 각 전자석의 상기 처리 공간 측에서의 자극을 동일하게 설정하는 단계;

나머지 전자석군에 속하는 각 전자석의 상기 처리 공간 측에서의 자극을 상기 인접한 어느 두 전자석군에 속하는 각 전자석의 상기 처리 공간 측에서의 자극과 다르게 설정하는 단계;

상기 하부 전극으로 상기 고주파 전력을 공급함으로써 상기 전계를 생성하는 단계; 및

상기 전계에 의해 생성된 상기 플라즈마로 상기 기판에 제 1 처리를 행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정하고, 상기 제 2 전자석군 및 상기 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전자석군 및 상기 제 2 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정하고, 상기 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 처리를 행한 후, 상기 기판에 제 2 처리를 행하는 단계를 더 포함하고,

제 1 주파수의 고주파 전력을 공급하는 제 1 고주파 전원 및 상기 제 1 주파수보다 높은 제 2 주파수의 고주파 전력을 공급하는 제 2 고주파 전원이 상기 하부 전극에 접속되고,

상기 제 1 처리를 행하는 단계에서, 상기 제 2 고주파 전원은 상기 제 2 주파수의 고주파 전력을 공급하고,

상기 제 2 처리를 행하는 단계에서, 상기 제 1 고주파 전원은 상기 제 1 주파수의 고주파 전력을 공급하고, 자속을 생성하지 않도록 상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에 전류를 인가하지 않는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 9

제 1 항, 제 5 항, 제 6 항 및 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 어느 하나에 속하는 각 전자석의 요크의 직경은 다른 두 전자석군에 속하는 각 전자석의 요크의 직경과 다른 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 처리를 행하는 단계에서, 상기 제 1 고주파 전원은 상기 제 1 주파수의 고주파 전력을 공급하지 않고,

상기 제 2 처리를 행하는 단계에서, 상기 제 2 고주파 전원으로부터 상기 제 2 주파수의 고주파 전력을 공급하지 않는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 전자석군 및 상기 제 2 전자석군의 각 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정하고, 상기 제 3 전자석군의 각 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정하는 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 어느 한 전자석군의 각 전자석에 포함된 봉 형상의 요크의 직경은 상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 다른 전자석군의 각 전자석에 포함된 봉 형상의 요크의 직경과 다르고,

상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 어느 한 전자석군의 각 전자석에 포함된 코일의 권회수는 상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 다른 전자석군의 각 전자석에 포함된 코일의 권회수와 다른 것을 특징으로 하는 기판 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 자계를 이용하여 플라즈마 밀도의 분포를 제어하는 기판 처리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래, 전계가 존재하는 처리 공간에서 자계를 발생시켜 플라즈마 밀도의 분포를 제어하는 기판 처리 장치가 알려져 있다. 이 기판 처리 장치에서는, 처리 가스가 도입된 처리 공간에서, 전계 및 자계에 기인하여 발생하는 로렌츠력에 의해 전자가 드리프트 운동을 행하여 처리 가스의 분자 또는 원자와 충돌하고, 결과로서 플라즈마가 발생한다.

[0003] 예를 들면, 종래의 마그네트론 플라즈마 처리 장치는, 챔버의 외측에서 링 형상으로 배치되는 복수의 이방성(異方性) 세그먼트 기둥 형상 자석으로 이루어지는 다이폴 링 자석을 구비하고, 이를 복수의 이방성 세그먼트 기둥 형상 자석에 의한 자기화의 방향을 조금씩 어긋나게 하여 전체로서 도 11에 도시한 바와 같은 균일한 수평 자계(B)를 형성한다(예를 들면, 특히 문헌 1 참조.). 또한 도 11은, 종래의 마그네트론 플라즈마 처리 장치를 위로부터 본 도(평면도)이며, 자기장 방향의 기단(基端)측을 N, 선단측을 S, 이들로부터 90° 의 위치를 E 및 W로 나타내고 있다.

[0004] 그러나, 이러한 다이폴 링 자석에 의해 형성되는 수평 자계(B)는, 도면에서 N으로부터 S의 일방향만을 향하고 있는 수평 자기장이며, 또한 이 마그네트론 플라즈마 처리 장치에서는 전계가 위에서 아래를 향해 형성되어 있기 때문에, 전자는 로렌츠력에 의해 E로부터 W를 향해 드리프트 운동을 행하여 진행되고, 그 결과, E 측에서는 플라즈마 밀도가 낮고, W 측에서는 플라즈마 밀도가 높다고 하는 불균일한 플라즈마 밀도의 분포가 발생한다.

[0005] 이에 대응하여, 다이폴 링 자석을 둘레 방향을 따라 회전시켜 전자의 드리프트 운동의 방향을 변화시키지만, 실제로는 다이폴 자석의 회전만으로는 광범위하게 플라즈마 밀도의 분포를 균일하게 할 수 없다.

[0006] 또한, 도 12에 도시한 것과 같은 회전 자석을 구비한 종래의 마그네트론 에칭 장치도 알려져 있다.

[0007] 이 마그네트론 에칭 장치(120)는, 처리실(121)과, 이 처리실(121) 내에서 상하 방향으로 대향 배치되는 상부 전극(122) 및 하부 전극(123)과, 상부 전극(122)의 상방 또한 외부에 회전 가능하게 설치된 대략 원판 형상의 자석(124)과, 상부 전극(122) 및 하부 전극(123)의 사이의 공간으로 고주파 전력을 공급하는 고주파 전원(125)을 구비하고, 처리실(121) 내에는 웨이퍼(W)가 배치된다(예를 들면, 특히 문헌 2 참조).

[0008] 상부 전극(122)의 상방 또한 외부에 설치되는 자석(124)은, 처리실(121) 내에서 웨이퍼(W)의 표면을 따르는 자계(B)를 형성한다. 자석(124)은 모터 등의 구동 기구(도시하지 않음)에 의해 웨이퍼(W)의 표면과 평행한 수평면 내에서 원하는 회전 속도로 회전되고, 이에 의해 처리실(121) 내의 공간에 인가되는 전계(E)와 교차하는 자계(B)가 발생한다.

[0009] 이 마그네트론 에칭 장치(120)에서는, 시간 평균을 취하면 웨이퍼(W)의 상방에서 플라즈마 밀도가 균일화되지만, 순간마다에서는 플라즈마 밀도가 여전히 편향된다. 또한, 로렌츠력에 기인하는 하전 입자, 예를 들면 전자의 드리프트 운동에 의해, 웨이퍼(W)의 표면 상의 플라즈마 밀도 및 에칭 속도(에칭 레이트)는 일방향을 따라 감소하고, 전위(V_{DC})는 반대로 증대한다. 즉, 플라즈마 밀도가 불균일해지고 또한 전위가 불균일해져, 웨이퍼(W)의 양단에 각각 양·음으로 분극한 대전 영역이 발생한다(차지 업 현상).

[0010] 따라서, 특히 문헌 1 및 특히 문헌 2에서의 플라즈마 밀도의 불균일을 해소하기 위하여, 처리 공간에서 웨이퍼(W)의 중심에 관하여 대칭인 자계를 발생시키는 플라즈마 처리 장치가 본 출원인에 의해 제안되고 있다. 구체적으로, 도 13에 도시한 바와 같이, 플라즈마 처리 장치(130)에서는, 웨이퍼(W)에 대향하는 처리실(131)의 상면에서 웨이퍼(W)의 중심에 관하여 다수의 영구 자석(132)을 복수의 환상(環狀)으로 배치하고, 각 영구 자석(132)에서 웨이퍼(W)를 향하는 자극을 조정하여 처리 공간에서 웨이퍼(W)의 중심으로부터 방사 형상으로 분포하는 자계(B)를 발생시킨다(예를 들면, 특히 문헌 3 참조). 이에 의해, 전자는 로렌츠력에 의해 웨이퍼(W)의 상방에서 이 웨이퍼(W)의 중심에 관하여 선회하도록 드리프트 운동을 행하기 때문에, 일방향을 따라 플라즈마 밀도가 단순하게 감소 또는 증가하지 않고, 플라즈마는 웨이퍼(W)의 중심에 관하여 대칭으로 분포한다. 그 결과, 플라즈마 밀도의 불균일이 해소된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 일본특허공보 3375302호
 (특허문헌 0002) 일본특허공보 3037848호
 (특허문헌 0003) 일본특허공보 4107518호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 그런데, 웨이퍼(W)에 실시하는 플라즈마 처리의 조건을 변경할 시, 처리 공간의 플라즈마 밀도의 분포가 변화하는 경우가 있다. 그 때문에, 처리실 내에 발생하는 자계의 분포(자속 밀도 또는 자속의 방향)를 변화시킴으로써, 플라즈마 밀도의 편향을 보정할 필요가 발생하는 경우도 있다.

[0013] 그러나, 상기 특허 문헌 3에 따른 플라즈마 처리 장치에서는, 자계(B)의 발생에 영구 자석(132)을 이용하므로, 처리실 내의 자속 밀도를 변화시키기 위해서는, 처리실에 대한 영구 자석(132)의 위치의 변경을 필요로 한다. 영구 자석(132)의 위치의 변경을 행하기 위해서는, 예를 들면 자석 구동 기구의 탑재 등을 행할 필요가 있어, 플라즈마 처리 장치의 구성을 복잡화시킨다. 또한, 처리실 내의 자속의 방향을 변화시키기 위해서는, 각 자석에서의 처리실측의 자극의 변경을 필요로 한다. 그러나, 영구 자석(132)은 자유롭게 자극을 변경할 수 없다. 즉, 상기 특허 문헌 3에 따른 영구 자석을 이용한 자기장을 적용하는 플라즈마 처리 장치에서는, 처리 공간의 플라즈마 밀도의 분포의 변화에 대응한 최적인 자기장의 분포를 얻는 것이 곤란하다.

[0014] 본 발명의 목적은, 처리 공간의 플라즈마 밀도의 분포가 최적이 되는 자계의 분포를 얻을 수 있는 기판 처리 방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따르면, 고주파 전력이 공급되는 하부 전극과, 상기 하부 전극과 대향하여 배치되는 상부 전극과의 사이의 처리 공간에서 전계를 발생시키고, 상기 전계에 기인하여 발생하는 플라즈마를 이용하여 상기 하부 전극에 재치된 기판에 플라즈마 처리를 실시하고, 상기 상부 전극에서 상기 처리 공간과는 반대측의 상면에 배치되는 복수의 전자석을 구비하는 기판 처리 장치에 의해 수행되는 기판 처리 방법으로서, 각 상기 전자석은 상기 기판의 중심에 대향하는 상기 상부 전극의 중심에 관하여 방사 형상으로 배치되고, 각 상기 전자석은 봉 형상의 요크 및 상기 요크의 측면에 감긴 코일을 포함하고, 상기 복수의 전자석은 제 1 전자석군, 제 2 전자석군 및 제 3 전자석군으로 나뉘고, 상기 제 1 전자석군은 상기 기판의 중앙부에 대향하는 상기 전자석으로 이루어지고, 상기 제 2 전자석군은 상기 기판의 주연부에 대향하는 상기 전자석으로 이루어지고, 상기 제 3 전자석군은 상기 기판과 대향하지 않고, 상기 상부 전극의 중심에 관하여 상기 제 2 전자석군보다 외측에 배치되는 상기 전자석으로 이루어지고, 상기 제 1 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 동일하며, 상기 제 2 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 동일하고, 상기 기판 처리 방법은, 상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 어느 하나에 속하는 각 전자석의 상기 처리 공간측에서의 자극을 다른 두 전자석군에 속하는 각 전자석의 상기 처리 공간 측에서의 자극과 다르게 설정하는 단계, 각 상기 전자석이 발생하는 자계의 자속 밀도 또는 자속의 방향이 변경되도록 상기 코일에 흘리는 전류의 값 또는 상기 전류의 방향을 제어하는 단계, 상기 하부 전극으로 상기 고주파 전력을 공급함으로써 상기 전계를 생성하는 단계 및 상기 전계에 의해 생성된 상기 플라즈마로 상기 기판에 제 1 처리를 행하는 단계를 포함하는 기판 처리 방법이 제공된다.

[0016] 본 발명에 있어서, 상기 제 1 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정하고, 상기 제 2 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정하고, 자속을 생성하지 않도록 상기 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에 전류를 인가하지 않을 수 있다.

[0017] 본 발명에 있어서, 자속을 생성하지 않도록 상기 제 1 전자석군의 각 상기 전자석에 전류를 인가하지 않고, 상기 제 2 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정하고, 상기 제 3 전자석군

의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정할 수 있다.

[0018] 본 발명에 있어서, 상기 제 1 전자석군 및 상기 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정하고, 상기 제 2 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정할 수 있다.

[0019] 본 발명에 있어서, 상기 제 1 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정하고, 상기 제 2 전자석군 및 상기 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정할 수 있다.

[0020] 본 발명에 있어서, 상기 제 1 전자석군 및 상기 제 2 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정하고, 상기 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정할 수 있다.

[0021] 본 발명에 있어서, 상기 제 1 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 N 극으로 설정하고, 자속을 생성하지 않도록 상기 제 2 전자석군의 각 상기 전자석에 전류를 인가하지 않고, 상기 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에서의 상기 처리 공간측의 자극은 S 극으로 설정할 수 있다.

[0022] 본 발명에 있어서, 상기 제 1 처리를 행한 후, 상기 기판에 제 2 처리를 행하는 단계를 더 포함하고, 제 1 주파수의 고주파 전력을 공급하는 제 1 고주파 전원 및 상기 제 1 주파수보다 높은 제 2 주파수의 고주파 전력을 공급하는 제 2 고주파 전원이 상기 하부 전극에 접속되고, 상기 제 1 처리를 행하는 단계에서, 상기 제 2 고주파 전원은 상기 제 2 고주파의 고주파 전력을 공급하고, 상기 제 2 처리를 행하는 단계에서, 상기 제 1 고주파 전원은 상기 제 1 고주파의 고주파 전력을 공급하고, 자속을 생성하지 않도록 상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군의 각 상기 전자석에 전류를 인가하지 않을 수 있다.

[0023] 본 발명에 있어서, 상기 제 1, 제 2 및 제 3 전자석군 중 어느 하나에 속하는 각 전자석의 요크의 직경은 다른 두 전자석군에 속하는 각 전자석의 요크의 직경과 다를 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따르면, 기판 처리 장치의 상부 전극에서의 처리 공간과는 반대측의 상면에 복수의 전자석이 배치된다. 각 전자석은 기판의 중심에 대향하는 상부 전극의 중심에 관하여 방사 형상으로 배치되므로, 처리 공간에서 기판의 중심으로부터 방사 형상으로 분포하는 자계를 발생시킬 수 있다. 또한, 각 전자석에 흘리는 전류의 방향 또는 크기를 제어함으로써, 발생시키는 자계의 자기장 강도 또는 자속의 방향을 용이하게 제어할 수 있다. 그 결과, 처리 공간의 플라즈마 밀도의 분포가 최적이 되는 자계의 분포를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1a는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 기판 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 1b는 본 실시예에 따른 기판 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도이며, 도 1a 중의 흰색 화살표를 따라 기판 처리 장치의 상부 전극을 본 도이다.

도 2a는 도 1a 및 도 1b의 기판 처리 장치에서 발생하는 전계 및 자계에 기인하는 전자의 드리프트 운동을 설명하기 위한 도이며, 도 1a 및 도 1b의 기판 처리 장치의 단면도이다.

도 2b는 도 1a 및 도 1b의 기판 처리 장치에서 발생하는 전계 및 자계에 기인하는 전자의 드리프트 운동을 설명하기 위한 도이며, 도 2a 중의 흰색 화살표를 따라 기판 처리 장치의 상부 전극을 본 도이다.

도 3a는 각 전자석의 처리 공간측의 자극과 처리 공간에서 발생하는 자계의 강도와의 관계를 설명하기 위한 도이다.

도 3b는 각 전자석의 처리 공간측의 자극과 처리 공간에서 발생하는 자계의 강도와의 관계를 설명하기 위한 도이다.

도 4a는 각 전자석의 처리 공간측의 자극과 처리 공간에서 발생하는 자계의 강도와의 관계를 설명하기 위한 도이다.

도 4b는 각 전자석의 처리 공간측의 자극과 처리 공간에서 발생하는 자계의 강도와의 관계를 설명하기 위한 도이다.

도 4c는 각 전자석의 처리 공간측의 자극과 처리 공간에서 발생하는 자계의 강도와의 관계를 설명하기 위한 도이다.

도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 기판 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 6a는 본 실시예에 따른 기판 처리 장치가 그 일부를 실행하는 TSV 처리를 설명하기 위한 공정도이다.

도 6b는 본 실시예에 따른 기판 처리 장치가 그 일부를 실행하는 TSV 처리를 설명하기 위한 공정도이다.

도 6c는 본 실시예에 따른 기판 처리 장치가 그 일부를 실행하는 TSV 처리를 설명하기 위한 공정도이다.

도 7a는 본 실시예에 따른 기판 처리 장치가 그 일부를 실행하는 TSV 처리를 설명하기 위한 공정도이다.

도 7b는 본 실시예에 따른 기판 처리 장치가 그 일부를 실행하는 TSV 처리를 설명하기 위한 공정도이다.

도 7c는 본 실시예에 따른 기판 처리 장치가 그 일부를 실행하는 TSV 처리를 설명하기 위한 공정도이다.

도 8a는 본 발명의 제 3 실시예에 따른 기판 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 8b는 본 발명의 제 3 실시예에 따른 기판 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도이며, 도 8a 중의 흰색 화살표를 따라 기판 처리 장치의 상부 전극을 본 도이다.

도 9a는 도 8a 및 도 8b의 기판 처리 장치가 웨이퍼에 애칭 처리를 실시했을 시의 애칭 레이트를 나타낸 그래프이며, 처리 공간에서 자계를 발생시키지 않는 경우를 나타낸다.

도 9b는 도 8a 및 도 8b의 기판 처리 장치가 웨이퍼에 애칭 처리를 실시했을 시의 애칭 레이트를 나타낸 그래프이며, 처리 공간에서 방사 형상의 자계를 발생시킨 경우를 나타낸다.

도 10a는 도 8a 및 도 8b의 기판 처리 장치에서 중앙부 대향군, 주연부 대향군 및 외측 대향군에서의 각 전자석의 처리 공간측의 자극을 변경했을 경우의 계산 결과를 설명하는 그래프이며, 애칭 레이트의 분포를 나타낸다.

도 10b는 도 8a 및 도 8b의 기판 처리 장치에서 중앙부 대향군, 주연부 대향군 및 외측 대향군에서의 각 전자석의 처리 공간측의 자극을 변경했을 경우의 계산 결과를 설명하는 그래프이며, 자속 밀도의 분포를 나타낸다.

도 11은 종래의 마그네트론 플라즈마 처리 장치에서의 수평 자기장을 도시한 도이다.

도 12는 종래의 마그네트론 애칭 장치의 구성을 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 13은 종래의 플라즈마 밀도의 불균일을 해소하는 플라즈마 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명의 실시예에 대하여 도면을 참조하여 설명한다.

[0027] 우선, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 기판 처리 장치에 대하여 설명한다.

[0028] 도 1a 및 도 1b는, 본 실시예에 따른 기판 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도이며, 도 1a에 기판 처리 장치의 단면도를 도시한다. 도 1b는 도 1a 중의 흰색 화살표를 따라 기판 처리 장치의 상부 전극을 본 도이다. 본 기판 처리 장치는, 기판으로서의 반도체 디바이스용의 웨이퍼(이하, 단순히 '웨이퍼'라고 함)(W)에 플라즈마 처리, 예를 들면 드라이 애칭 처리를 실시한다.

[0029] 도 1a에서, 기판 처리 장치(10)는, 예를 들면 직경이 300 mm인 웨이퍼(W)를 수용하는 원통 형상의 챔버(11)(처리실)를 가지고, 이 챔버(11) 내에는 웨이퍼(W)를 재치(載置)하는 원기둥 형상의 서셉터(12)(하부 전극)가 하방에 배치되고, 이 서셉터(12)에 대향하는 챔버(11)의 천장부는 상부 전극(13)을 구성하고, 서셉터(12) 및 상부 전극(13)은 사이에 처리 공간(S)을 구성한다.

[0030] 기판 처리 장치(10)에서는, 미도시의 배기 장치에 의해 감압된 처리 공간(S)에서 플라즈마를 발생시켜 이 플라즈마에 의해 서셉터(12)에 재치된 웨이퍼(W)에 플라즈마 처리를 실시한다.

[0031] 챔버(11) 내의 서셉터(12)에는 제 1 고주파 전원(14)이 제 1 정합기(15)를 개재하여 접속되고, 또한 제 2 고주

파 전원(16)이 제 2 정합기(17)를 개재하여 접속되고, 제 1 고주파 전원(14)은 높은 주파수, 예를 들면 60 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)로 공급하고, 제 2 고주파 전원(16)은 낮은 주파수, 예를 들면 3.2 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)로 공급한다. 이에 의해, 서셉터(12)는 하부 전극으로서 기능한다. 또한, 제 1 정합기(15) 및 제 2 정합기(17)는 임피던스를 조정하여 고주파 전력의 서셉터(12)에의 공급 효율을 최대로 한다.

[0032] 서셉터(12)의 상부 주연부에는, 이 서셉터(12)의 중앙 부분이 도면 중 상방을 향해 돌출하도록, 단차가 형성된다. 이 서셉터(12)의 중앙 부분의 선단에는 정전 전극판을 내부에 가지는 세라믹으로 이루어지는 정전 척(도시하지 않음)이 배치되어 있다. 정전 척은 쿨롱력 또는 존슨·라벡력에 의해 웨이퍼(W)를 흡착 보지(保持)한다.

[0033] 서셉터(12)의 상부 주연부에서의 단차에는, 정전 척에 흡착 보지된 웨이퍼(W)를 둘러싸도록, 포커스 링(18)이 재치된다. 포커스 링(18)은 규소(Si) 또는 탄화규소(SiC)로 이루어지고, 처리 공간(S)에서의 플라즈마의 분포역을 웨이퍼(W) 상뿐 아니라 이 포커스 링(18) 상까지 확대시킬 수 있다. 서셉터(12)와 처리 공간(S)을 사이에 두고 대향하는 챔버(11)의 천장부에는 처리 가스 도입관(19)이 접속되고, 이 처리 가스 도입관(19)은 처리 가스를 처리 공간(S)으로 도입한다.

[0034] 기판 처리 장치(10)에서는, 처리 가스가 처리 가스 도입관(19)으로부터 처리 공간(S)으로 도입되고, 제 1 및 제 2 고주파 전원(14, 16)으로부터 서셉터(12)로 공급되는 고주파 전력에 의해 처리 공간(S)에서 도면 중 흰색 화살표 방향, 즉 서셉터(12)로부터 상부 전극(13)을 향하는 전계(E)가 발생한다. 전계(E)는 도입된 처리 가스의 분자 또는 원자를 여기하여 플라즈마를 발생시킨다. 이 때, 플라즈마 중의 라디칼은 부유하여 웨이퍼(W)로 이동하고, 플라즈마 중의 양이온은, 제 1 및 제 2 고주파 전원(14, 16)이 서셉터(12)로 공급하는 고주파 전력에 의해 웨이퍼(W)를 향해 인입되고, 이 웨이퍼(W)에 플라즈마 처리가 실시된다.

[0035] 또한 기판 처리 장치(10)는, 상부 전극(13)에서 처리 공간(S)과는 반대측의 상면(13a)에서 대략 방사 형상으로 배치되는 다수의 전자석(20)을 구비한다. 각 전자석(20)은, 철심으로 이루어지는 봉 형상의 요크(20a)와, 이 요크(20a)의 측면에 감겨 양단이 인출되는 도선으로 이루어지는 코일(20b)을 가진다. 컨트롤러(도시하지 않음)에 의해 전자석(20)의 코일(20b)에 흘리는 전류의 값 또는 전류의 방향을 제어하여, 이 전자석(20)이 발생하는 전체 자속 또는 자속의 방향을 임의로 변화시킬 수 있다.

[0036] 기판 처리 장치(10)에서는, 도 1b에 도시한 바와 같이, 다수의 전자석(20)은, 웨이퍼(W)의 중심에 대향하는 전자석(20)으로 이루어지는 중앙부 대향군(21)(제 1 전자석군)과, 웨이퍼(W)의 중심에 대향하는 상부 전극(13)의 중심(C)(이하, '상부 전극 중심(C)'이라고 함)에 관하여 원환 형상으로 배치되고, 또한 웨이퍼(W)의 주연부에 대향하는 복수의 전자석(20)으로 이루어지는 주연부 대향군(22)(제 2 전자석군)과, 상부 전극 중심(C)에 관하여 원환 형상으로 배치되고, 또한 주연부 대향군(22)보다 외측에 배치되어 웨이퍼(W)와는 대향하지 않는 복수의 전자석(20)으로 이루어지는 외측 대향군(23)(제 3 전자석군)으로 나뉜다. 기판 처리 장치(10)에서는, 주연부 대향군(22)의 각 전자석(20)에서의 처리 공간(S)측의 자극이 모두 동일해지도록 각 전자석(20)의 코일(20b)에 흘리는 전류의 방향이 제어되고, 외측 대향군(23)의 각 전자석(20)에서의 처리 공간(S)측의 자극이 모두 동일해지도록 각 전자석(20)의 코일(20b)에 흘리는 전류의 방향이 제어된다.

[0037] 본 실시예에서는, 도면 중에서는 중앙부 대향군(21)이 1 개의 전자석(20)으로 이루어지지만, 웨이퍼(W)의 중심에 대향하는 상부 전극 중심(C)에 관하여 원환 형상으로 배치되는 복수의 전자석(20)으로 이루어져도 된다.

[0038] 또한 도 1a 중의 흰색 화살표를 따라 기판 처리 장치(10)의 상부 전극(13)을 처리 공간(S)측으로부터 봤을 경우, 상부 전극(13)은 투과성을 갖지 않기 때문에, 본래라면, 상부 전극(13)의 상면(13a)에 배치되는 각 전자석(20)을 볼 수 없지만, 도면 중에서는 각 전자석(20)의 배치의 설명을 용이하게 하기 위하여, 본 실시예에서는, 상부 전극(13)이 투과성을 가지는 것으로 하여, 각 전자석(20)의 배치가 상부 전극(13)을 투과하여 육안으로 확인할 수 있는 것으로 하고 있고, 후술하는 도 2b 및 도 8b에서도 동일하다.

[0039] 도 2a 및 도 2b는, 도 1a 및 도 1b의 기판 처리 장치에서 발생하는 전계 및 자계에 기인하는 전자의 드리프트 운동을 설명하기 위한 도이며, 도 2a는 도 1a 및 도 1b의 기판 처리 장치의 단면도이며, 도 2b는 도 2a 중의 흰색 화살표를 따라 기판 처리 장치의 상부 전극을 본 도이다.

[0040] 기판 처리 장치(10)에서는, 예를 들면 도 2a에 도시한 바와 같이, 중앙부 대향군(21)에서의 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(22) 및 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하면, 중앙부 대향군(21)으로부터 주연부 대향군(22) 및 외측 대향군(23)을 향해 방사 형상으로 자계(B)가 발생한다. 이 때, 상술한 바와 같이, 처리 공간(S)에는 전계(E)가 발생하고 있으므로, 처리 공간(S) 중의 전자는 전계(E) 및 자계(B)에 기인하는 로렌츠력을 받아 드리프트한다. 구체적으로, 도

2b에서 앞측으로부터 내측을 향해 전계(E)가 발생하고, 또한 상부 전극 중심(C)에 관하여 방사 형상으로 자계(B)가 발생하므로, 전자는 플레밍 원손의 법칙에 따라, 상부 전극 중심(C)을 중심으로 하는 원주의 접선 방향으로 가속도를 받아 상부 전극 중심(C)을 중심으로 원 형상의 전자 궤적(D)을 따라 선회한다. 이 때, 선회하는 전자는 처리 공간(S) 중의 처리 가스의 분자 또는 원자와 충돌하여 플라즈마를 생성한다. 그 결과, 원 형상의 전자 궤적(D)을 따라 원환 형상의 플라즈마가 발생한다.

[0041] 그런데, 전계 및 자계에 의한 전자의 드리프트 운동의 속도($v gE$)는 하기 식(1)으로 나타내진다.

$$v gE = E / B \quad \dots \quad (1)$$

[0043] 상기 식(1)에 의하면, 전계(E)의 힘이 일정하다고 하면, 자계(B)의 강도(자기장 강도)가 클수록 전자의 드리프트 운동의 속도는 저하된다. 전자의 드리프트 운동의 속도가 저하되면, 전자가 어느 개소에 체재하는 시간이 길어지기 때문에, 당해 개소에서 전자 밀도가 상승한다. 그 결과, 전자와 처리 가스의 분자 또는 원자와의 충돌 기회가 증가하기 때문에, 당해 개소에서 플라즈마 밀도가 상승한다. 즉, 전자석(20)에 의해 어느 개소의 자기장 강도를 크게 하면, 당해 개소의 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다.

[0044] 따라서, 중앙부 대향군(21), 주연부 대향군(22) 및 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 조정함으로써, 처리 공간(S)에서 발생하는 자계(B)의 형태를 변화시켜 원하는 개소에 자기장 강도가 큰 부분을 형성하고, 당해 원하는 개소의 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다.

[0045] 도 3a 내지 도 3c 및 도 4a 내지 도 4c는, 각 전자석의 처리 공간측의 자극과 처리 공간에서 발생하는 자계의 강도와의 관계를 설명하기 위한 도이다.

[0046] 도 3a는, 중앙부 대향군(21)에서의 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(22)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 코일(20b)에 통전하지 않고 자속을 발생시키지 않는 경우를 나타낸다.

[0047] 이 경우, 자계(B)가 중앙부 대향군(21)으로부터 주연부 대향군(22)을 향해 발생하고, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도가 최대가 되기 때문에, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다.

[0048] 도 3b는, 중앙부 대향군(21)에서의 전자석(20)의 코일(20b)에 통전하지 않고 자속을 발생시키지 않고, 주연부 대향군(22)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하는 경우를 나타낸다.

[0049] 이 경우, 자계(B)가 외측 대향군(23)으로부터 주연부 대향군(22)을 향해 발생하고, 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도가 최대가 되기 때문에, 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다.

[0050] 도 3c는, 중앙부 대향군(21)에서의 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(22)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하는 경우를 나타낸다.

[0051] 이 경우, 자계(B)가 중앙부 대향군(21)으로부터 주연부 대향군(22)을 향해 발생하고, 또한 외측 대향군(23)으로부터 주연부 대향군(22)을 향해 발생하고, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이, 그리고 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도가 비교적 커지기 때문에, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이, 그리고 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다.

[0052] 도 4a는, 중앙부 대향군(21)에서의 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(22)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하는 경우를 나타낸다.

[0053] 이 경우, 자계(B)가 중앙부 대향군(21)으로부터 주연부 대향군(22) 및 외측 대향군(23)을 향해 발생하고, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자계(B)가 중첩되기 때문에 자기장 강도가 최대가 되고, 또한 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도가 비교적 커지기 때문에, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이, 그리고 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다. 또한, 플라즈마 밀도는 자기장 강도에 따라 변화하기 때문에, 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)

의 사이에서의 플라즈마 밀도보다 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서의 플라즈마 밀도가 높다.

[0054] 도 4b는, 중앙부 대향군(21)에서의 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(22)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하는 경우를 나타낸다.

[0055] 이 경우, 자계(B)가 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)으로부터 외측 대향군(23)을 향해 발생하고, 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자계(B)가 중첩되기 때문에 자기장 강도가 최대가 되고, 또한 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도가 비교적 커지기 때문에, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이, 그리고 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다. 또한 이 경우에서는, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서의 플라즈마 밀도보다 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서의 플라즈마 밀도가 높다.

[0056] 도 4c는, 중앙부 대향군(21)에서의 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(22)에서의 각 전자석(20)의 코일(20b)에 통전하지 않고 자속을 발생시키지 않고, 또한 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하는 경우를 나타낸다.

[0057] 이 경우, 자계(B)가 중앙부 대향군(21)으로부터 외측 대향군(23)을 향해 발생하고, 중앙부 대향군(21) 및 외측 대향군(23)의 사이, 구체적으로 주연부 대향군(22)의 대향부에서 자기장 강도가 최대가 되기 때문에, 주연부 대향군(22)의 대향부에서 플라즈마 밀도를 높게 할 수 있다.

[0058] 본 실시예에 따른 기판 처리 장치(10)에 의하면, 상부 전극(13)에서 처리 공간(S)과는 반대측의 상면(13a)에서 대략 방사 형상으로 배치되는 복수의 전자석(20)을 구비하므로, 처리 공간에서 웨이퍼(W)의 중심으로부터 방사 형상으로 분포하는 자계(B)를 발생시킬 수 있고, 또한 각 전자석(20)에 흘리는 전류의 방향 또는 크기를 변화시킴으로써, 발생시키는 자계(B)의 자속 밀도 또는 자속의 방향을 용이하게 제어할 수 있다. 그 결과, 처리 공간의 플라즈마 밀도의 분포가 최적이 되는 자계의 분포를 얻을 수 있다.

[0059] 처리 공간(S)에서의 플라즈마 밀도의 분포는, 플라즈마 처리의 내용, 예를 들면 처리 가스의 종류 또는 고주파 전력의 파워, 주파수에 따라 변하지만, 기판 처리 장치(10)를 이용함으로써, 원하는 플라즈마 밀도의 분포를 실현할 수 있다. 예를 들면, 처리 공간(S)에서 균일한 플라즈마 밀도의 분포를 실현하고자 할 경우에 있어서, 전계(E)에만 의해 발생하는 플라즈마 밀도의 분포가 처리 공간(S)의 중앙부에서 높아지는 분포이면, 상술한 도 3b 및 도 4b의 경우와 같이, 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도를 최대로 하여 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 플라즈마 밀도를 높게 하면 된다. 이에 의해, 전계(E)에만 의해 발생하는 플라즈마 밀도의 분포(처리 공간(S)의 중앙부에서 조밀), 및 자계(B)에 의해 발생하는 플라즈마 밀도의 분포(처리 공간(S)의 주연부에서 조밀)가 중첩되어 균일한 플라즈마 밀도의 분포를 실현할 수 있다.

[0060] 또한, 전계(E)에만 의해 발생하는 플라즈마 밀도의 분포가 처리 공간(S)의 주연부에서 높아지는 분포이면, 상술한 도 3a 및 도 4a의 경우와 같이, 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도를 최대로 하여 중앙부 대향군(21) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 플라즈마 밀도를 높게 하면 된다. 이에 의해, 전계(E)에만 의해 발생하는 플라즈마 밀도의 분포(처리 공간(S)의 주연부에서 조밀), 및 자계(B)에 의해 발생하는 플라즈마 밀도의 분포(처리 공간(S)의 중앙부에서 조밀)가 중첩되어 균일한 플라즈마 밀도의 분포를 실현할 수 있다.

[0061] 즉, 기판 처리 장치(10)에서는, 웨이퍼(W)에 실시되는 플라즈마 처리의 조건에 따라 각 전자석(20)이 발생시키는 자계의 자기장 강도 및 전자석(20)의 자극 중 적어도 하나를 변경함으로써, 웨이퍼(W)에 실시하는 플라즈마 처리의 조건을 변경할 시, 자계(B)의 발생 조건을 제어하여 변경 전 및 변경 후의 플라즈마 처리 조건의 각각 최적인 플라즈마 밀도의 분포를 실현할 수 있다.

[0062] 이어서, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 기판 처리 장치에 대하여 설명한다.

[0063] 본 실시예는, 그 구성, 작용이 상술한 제 1 실시예와 기본적으로 동일하므로, 중복된 구성, 작용에 대해서는 설명을 생략하고, 이하에 상이한 구성, 작용에 대한 설명을 행한다.

[0064] 도 5는, 본 실시예에 따른 기판 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 단면도이다.

[0065] 도 5에서 기판 처리 장치(24)는, 고주파 전력을 공급하는 3 개의 고주파 전원을 구비한다. 구체적으로, 서셉터(12)에 제 1 고주파 전원(25)이 제 1 정합기(26)를 개재하여 접속되고, 제 2 고주파 전원(27)이 제 2 정합기

(28)를 개재하여 접속되고, 또한 제 3 고주파 전원(29)이 제 3 정합기(30)를 개재하여 접속되고, 제 1 고주파 전원(25)은 예를 들면 40 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급하고, 제 2 고주파 전원(27)은 예를 들면 100 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급하고, 또한 제 3 고주파 전원(29)은 예를 들면, 3.2 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급한다.

[0066] 기판 처리 장치(24)에서는, 플라즈마 처리의 조건에 따라, 제 1 고주파 전원(25), 제 2 고주파 전원(27) 및 제 3 고주파 전원(29)으로부터 서셉터(12)에 고주파 전력을 공급한다. 또한, 서셉터(12)에는 3 개의 고주파 전원(25, 27, 29)으로부터 모두 고주파 전력이 공급되지 않아도 되고, 예를 들면 3 개의 고주파 전원(25, 27, 29) 중에서 선택된 1 개 또는 2 개의 고주파 전원으로부터 고주파 전력이 공급되어도 된다. 본 실시예에서는 3 개의 고주파 전원(25, 27, 29)이 서셉터(12)에 접속되어 있지만, 서셉터(12)에는 4 개 이상의 고주파 전원이 접속되어 있어도 되고, 또한 서셉터(12)에 고주파 전원이 접속되지 않고, 상부 전극에 고주파 전원이 접속되어 이 상부 전극으로부터 고주파 전력이 처리 공간(S)으로 공급되어도 된다.

[0067] 그런데 예를 들면, 일본특허공개공보 2007-266533호에서 개시된 바와 같이, 서셉터 등의 하부 전극에 고주파 전력을 공급하여 저압 하에서 고밀도의 플라즈마를 생성할 시, 최근의 가공 미세화 요구에 대응하기 위하여 고주파 전력의 주파수가 높아지면, 당해 고주파 전력에 의해 발생하는 고주파 전류가 상부 전극 또는 하부 전극의 중심부에 모여, 처리 공간에 생성되는 플라즈마 밀도도 처리 공간의 중앙부가 처리 공간의 주연부보다 높아지고, 그 결과, 웨이퍼(W)에 실시되는 플라즈마 처리의 면내 균일성이 저하된다고 하는 문제가 클로즈 업되고 있다.

[0068] 본 실시예에서는, 상술한 고주파 전원의 주파수가 높아질 경우에 발생하는 플라즈마 밀도의 불균일한 분포에 대응하기 위하여, 서셉터(12)에 공급되는 고주파 전력의 주파수에 따라 각 전자석(20)을 제어하여 발생시키는 자계의 자기장 강도 및 전자석(20)의 자극 중 적어도 하나를 변화시킨다.

[0069] 예를 들면, 제 2 고주파 전원(27)이 100 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급할 경우, 처리 공간(S)에서는 중앙부에서 조밀한 플라즈마 밀도 분포가 발생하지만, 이에 대응하여, 예를 들면 상술한 도 3b 및 도 4b의 경우와 같이, 주연부 대향군(22)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하거나, 혹은 중앙부 대향군(21)에서의 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(22)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(23)에서의 각 전자석(20)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정한다. 이에 의해, 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도가 최대가 되는 자계(B)를 발생시킬 수 있고, 이 자계(B)에 의해 처리 공간(S)의 주연부에서 조밀한 플라즈마 밀도 분포를 발생시킬 수 있다.

[0070] 그 결과, 처리 공간(S)에서 중앙부에서 조밀한 플라즈마 밀도 분포와, 주연부에서 조밀한 플라즈마 밀도 분포를 중첩할 수 있고, 처리 공간(S)에서 균일한 플라즈마 밀도의 분포를 실현할 수 있다.

[0071] 제 1 고주파 전원(25)이 40 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급할 경우, 처리 공간(S)에서는 비교적 균일한 플라즈마 밀도 분포가 발생하기 때문에, 이 플라즈마 밀도 분포를 자계(B)에 의해 흐트러뜨리지 않도록, 중앙부 대향군(21), 주연부 대향군(22) 및 외측 대향군(23)에서의 모든 전자석(20)의 코일(20b)에 통전하지 않음으로써 자계(B)를 발생시키지 않는다.

[0072] 본 실시예에 따른 기판 처리 장치(24)에 의하면, 제 2 고주파 전원(27)이 100 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급할 경우, 외측 대향군(23) 및 주연부 대향군(22)의 사이에서 자기장 강도가 최대가 되는 자계(B)를 발생시키고, 제 1 고주파 전원(25)이 40 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급할 경우, 모든 전자석(20)의 코일(20b)에 통전하지 않음으로써 자계(B)를 발생시키지 않으므로, 서셉터(12)에 공급되는 고주파 전력의 주파수에 관계없이, 처리 공간(S)에서 균일한 플라즈마 밀도 분포를 실현할 수 있고, 이로써 플라즈마 처리에서의 웨이퍼(W)의 면내 균일성이 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[0073] 상술한 기판 처리 장치(24)에서는, 제 3 고주파 전원(29)은 3.2 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급했지만, 제 3 고주파 전원(29)은 13 MHz의 고주파 전력을 서셉터(12)에 공급해도 된다.

[0074] 이어서, 본 발명의 제 3 실시예에 따른 기판 처리 장치에 대하여 설명한다.

[0075] 본 실시예는 그 구성, 작용이 상술한 제 1 실시예와 기본적으로 동일하므로, 중복된 구성, 작용에 대해서는 설명을 생략하고, 이하에 상이한 구성, 작용에 대한 설명을 행한다.

- [0076] 도 6a 내지 도 6c 및 도 7a 내지 도 7c는, 본 실시예에 따른 기판 처리 장치가 그 일부를 실행하는 TSV(Through Silicon Via) 처리를 설명하기 위한 공정도이다. TSV 처리란, 반도체 디바이스를 구성하기 위하여 적층되는 칩 간의 전기적인 접속을 얻기 위하여, 칩의 실리콘층에 관통 비아를 형성하여, 입체적인 배선 구조를 얻기 위한 처리 방법이다.
- [0077] 우선, 웨이퍼(W)의 표면에 트랜지스터(31)를 형성하고, 이 트랜지스터(31)가 형성된 웨이퍼(W) 상에 층간 절연막(32)을 더 형성한다(도 6a).
- [0078] 이어서, 층간 절연막(32) 상에 배선 구조(33)를 형성한다. 이 배선 구조(33)에서는, 층간 절연막(32) 상에 배선층(34) 및 절연막(35)이 교호로 복수 층에 걸쳐 적층되고, 또한 절연막(35)을 관통하여 상하의 배선층(34) 간을 전기적으로 접속하는 배선을 실현하기 위한 비아 홀(36)이 형성된다(도 6b).
- [0079] 이어서, 웨이퍼(W)를 상하 반전시켜 광 반응성의 접착제(G)를 개재하여 서포트 웨이퍼(SW)와 접합시킴으로써 접합 웨이퍼(LW)를 구성한다. 서포트 웨이퍼(SW)는, 웨이퍼(W)의 이면(Wb)을 연삭하여 박화했을 때, 이 박화된 웨이퍼(W)를 보강하여 흡 상태를 방지하는 지지체가 되는 기판이며, 예를 들면 두께가 수 10 μm 의 실리콘판 또는 석영 글라스로 이루어진다. 또한 접합 웨이퍼(LW)를, 예를 들면 연삭 장치에 구비된 서포트에 지지시켜 웨이퍼(W)의 이면(Wb)을, 연삭 전의 두께(T1)가 소정 두께(T2), 예를 들면 50 ~ 200 μm 가 될 때까지 연삭한다(도 6c).
- [0080] 이어서, 웨이퍼(W)의 이면(Wb)에 레지스트(도시하지 않음)를 도포하고, 또한 노광 · 현상함으로써 비아 홀 형성 용의 레지스트 패턴(도시하지 않음)을 형성하고, 이 접합 웨이퍼(LW)에, 후술하는 기판 처리 장치(39)에 의해 드라이 애칭 처리를 실시하여, 예를 들면 직경이 1 ~ 10 μm 인 비아 홀(V)을 형성한다. 또한, 접합 웨이퍼(LW)의 이면(Wb)에 잔존하는 레지스트를 후술하는 기판 처리 장치(39)가 실행하는 애싱 처리에 의해 제거한다(도 7a). 또한 비아 홀(V)의 깊이는, 웨이퍼(W)의 이면(Wb)을 연삭하여 박화한 후의 웨이퍼(W)의 기체 자체의 두께에 상당하고, 예를 들면 50 ~ 200 μm 이다.
- [0081] 이어서, 비아 홀(V)의 내주면에, 예를 들면 폴리이미드로 이루어지는 절연막(37)을 형성하고, 내주면이 절연막(37)으로 피복된 비아 홀(V) 내에, 예를 들면 전해 도금법에 의해 관통 전극(38)을 형성한다(도 7b).
- [0082] 이어서, 예를 들면 자외광(UV광)을 조사함으로써 접착제(G)의 접착력을 저하시킨 후, 서포트 웨이퍼(SW)를 웨이퍼(W)로부터 박리함으로써, 박화되고 또한 관통 전극(38)이 형성된 웨이퍼(W)로 이루어지는 칩(P)을 얻을 수 있다(도 7c).
- [0083] 도 8a 및 도 8b는, 본 실시예에 따른 기판 처리 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도이며, 도 8a는 단면도이며, 도 8b는 도 8a 중의 흰색 화살표를 따라 기판 처리 장치의 상부 전극을 본 도이다. 본 기판 처리 장치는, 웨이퍼에 플라즈마 처리, 예를 들면 상술한 도 6a ~ 도 6c 및 도 7a ~ 도 7c의 TSV 처리에서의 드라이 애칭 처리 또는 애싱 처리를 실시한다.
- [0084] 도 8a에서, 기판 처리 장치(39)는, 상부 전극(13)의 상면(13a)에 배치되는 2 종류의 다수의 전자석(40) 및 전자석(41)을 구비한다. 각 전자석(40)은, 원 봉 형상의 요크(40a)와, 이 요크(40a)의 측면에 감겨지는 코일(40b)을 가지고, 각 전자석(41)도, 전자석(40)과 마찬가지로 원 봉 형상의 요크(41a)와, 이 요크(41a)의 측면에 감겨지는 코일(41b)을 가진다.
- [0085] 전자석(40)에서, 요크(40a)는 직경이 6.5 ~ 7.5 mm의 철심으로 이루어지고, 측면에 구리선이 180 ~ 200 회 정도 감겨져 코일(40b)이 구성된다. 또한, 전자석(41)에서, 요크(41a)는 직경이 26 ~ 28 mm의 철심으로 이루어지고, 측면에 구리선이 1300 ~ 1500 회 정도 감겨져 코일(41b)이 구성된다.
- [0086] 전자석(40) 또는 전자석(41)에서는 코일(40b) 또는 코일(41b)에 흘리는 전류의 값 또는 전류의 방향을 제어함으로써, 전자석(40) 또는 전자석(41)이 발생하는 전체 자속 또는 자속의 방향을 변화시킬 수 있다.
- [0087] 일반적으로 전자석이 발생시키는 전체 자속은 하기 식(2)로 나타내진다.
- [0088] 전체 자속 = 기자력 / 자기 저항 . . . (2)
- [0089] 전체 자속은 철심인 요크의 일단으로부터 발생하는 모든 자력선의 양이며, 단위는 Wb(웨버)로 나타내지고, 기자력은 이른바 자기 회로에서 자속을 발생시키는 힘이며, 단위는 AT(암페어 턴)로 나타내진다. 기자력은, 구체적으로 요크에 감겨진 코일의 권회수와, 이 코일에 흐르는 전류의 곱으로 나타내진다. 따라서, 코일의 권회수가 많아지고, 이 코일에 흐르는 전류의 값이 클수록 기자력은 커진다. 또한, 자기 저항은 자기 회로에서 자속의 흐

름의 어려움을 나타내는 지표이며, 하기 식(3)으로 나타내진다.

[0090] 자기 저항 = 자로 길이 / (투자율 × 자로 단면적) . . . (3)

[0091] 자로 길이는 요크의 길이이며, 투자율은 요크의 투자율이며, 자로 단면적은 요크의 단면적이다. 따라서, 요크가 길어지고, 요크의 직경이 작아질수록, 자기 저항은 커진다.

[0092] 전자석(40) 및 전자석(41)에 관하여, 요크(40a) 및 요크(41a)의 길이는 동일하며, 요크(40a) 및 요크(41a)의 투자율은 동일하며, 코일(40b) 및 코일(41b)에 흐르는 전류의 값은 거의 동일하지만(코일(40b)에는 피크에서 0.78 A의 전류가 흐르고, 코일(41b)에는 피크에서 0.70 A의 전류가 흐름), 코일(41b)의 권회수가 코일(40b)의 권회수 보다 많으므로, 전자석(41)의 기자력이 전자석(40)의 기자력보다 크고, 요크(41)의 직경이 요크(40)의 직경보다 크므로, 전자석(41)의 자기 저항이 전자석(40)의 자기 저항보다 작아진다. 따라서, 전자석(41)이 발생하는 전체 자속은 전자석(40)이 발생하는 전체 자속보다 커지고, 구체적으로 전자석(41)이 발생하는 전체 자속은 전자석(40)이 발생하는 전체 자속의 8 ~ 12 배가 된다.

[0093] 기판 처리 장치(39)에서는, 도 8b에 도시한 바와 같이, 전자석(40) 및 전자석(41)은, 웨이퍼(W)의 중심에 대향하는 복수의 전자석(40)으로 이루어지는 중앙부 대향군(42)(제 1 전자석군)과, 이 중앙부 대향군(42)을 둘러싸도록 배치되는 복수의 전자석(40)으로 이루어지는 주연부 대향군(43)(제 2 전자석군)과, 상부 전극 중심(C)에 관하여 원환 형상으로 배치되고, 또한 주연부 대향군(43)보다 외측에 배치되어 웨이퍼(W)와는 대향하지 않는 복수의 전자석(41)으로 이루어지는 외측 대향군(44)(제 3 전자석군)으로 나뉜다. 중앙부 대향군(42) 및 주연부 대향군(43)에서, 각 전자석(40)은 상부 전극(13)의 반경 방향 및 둘레 방향의 각각에 관하여 서로 등간격으로 배치되고, 또한 대략 방사 형상으로 배열된다. 또한, 외측 대향군(44)에서는 각 전자석(41)이 상부 전극(13)의 둘레 방향에 따라 한 겹의 환상으로 배열된다. 또한 도 8a 및 도 8b에서, 중앙부 대향군(42)의 각 전자석(40)을 파선으로 나타낸다.

[0094] 중앙부 대향군(42)은 상부 전극 중심(C)으로부터 그 중심까지의 거리가 74.4 mm(도 8b 중에 L1로 나타냄) 이하의 복수의 전자석(40)으로 구성되고, 주연부 대향군(43)은 상부 전극 중심(C)으로부터 그 중심까지의 거리가 74.4 mm보다 크고, 또한 148.8 mm(도 8b 중에 L2로 나타냄) 이하의 복수의 전자석(40)으로 구성되고, 외측 대향군(44)은 상부 전극 중심(C)으로부터 그 중심까지의 거리(L3)가 190 mm(도 8b 중에 L3로 나타냄)의 복수의 전자석(41)으로 구성된다.

[0095] 중앙부 대향군(42) 및 주연부 대향군(43)에서는 각 전자석(40)에서의 처리 공간(S)측의 자극이 모두 동일해지도록 각 전자석(40)의 코일(40b)에 흘리는 전류의 방향이 설정되고, 외측 대향군(44)에서는 각 전자석(41)에서의 처리 공간(S)측의 자극이 모두 동일해지도록 각 전자석(41)의 코일(41b)에 흘리는 전류의 방향이 설정된다.

[0096] 그런데, 처리 가스로서 불소 함유 가스 및 산소 가스의 혼합 가스, 예를 들면 SF₆ 가스 및 O₂ 가스의 혼합 가스를 이용하고, 이 처리 가스로부터 플라즈마를 발생시켜 TSV 처리를 웨이퍼(W)에 실시할 경우, 처리 공간(S)의 중앙부의 플라즈마 밀도가 처리 공간(S)의 주연부의 플라즈마 밀도보다 높아지고, 결과로서, 도 9a의 그래프에 나타낸 바와 같이, 웨이퍼(W)의 중앙부의 에칭 레이트가 웨이퍼(W)의 주연부의 에칭 레이트보다 높아지는 것이 알려져 있다.

[0097] 본 실시예에 따른 기판 처리 장치(39)에서는, 이에 대응하여, 중앙부 대향군(42)에서의 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(43)에서의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극 및 외측 대향군(44)에서의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정한다.

[0098] 이 경우, 도 8a 및 도 8b에 도시한 바와 같이, 중앙부 대향군(42)으로부터 주연부 대향군(43) 및 외측 대향군(44)을 향해 방사 형상으로 자계(B)가 발생한다. 발생시키는 자계(B)로서는, 상술한 바와 같이, 외측 대향군(44)에서의 각 전자석(41)이 발생시키는 전체 자속이, 중앙부 대향군(42) 및 주연부 대향군(43)에서의 각 전자석(40)이 발생하는 전체 자속보다 크기 때문에, 처리 공간(S)의 중앙부의 자기장 강도보다 처리 공간(S)의 주연부의 자기장 강도가 큰 자계(B)가 되어, 대략 외측 대향군(44)의 근방, 즉 처리 공간(S)의 주연부에서 자기장 강도가 최대의 자계(B)가 된다(후술하는 도 10b 참조).

[0099] 이 때, 제 1 고주파 전원(14)이 서셉터(12)에 공급하는 고주파 전력에 의해 도 8b에서 앞측으로부터 내측을 향해 전계(E)가 발생하고 있으므로, 전자는 플레밍 왼손의 법칙에 따라, 상부 전극 중심(C)을 중심으로 원 형상의 전자 궤적(D)을 따라 선회하지만, 처리 공간(S)의 주연부에서 자기장 강도가 최대가 되기 때문에, 처리 공간(S)의 주연부에서 수많은 전자가 선회하고, 결과로서, 처리 공간(S)의 주연부에서 많은 플라즈마가 생성되어 플

라즈마 밀도가 높아진다. 이에 의해, 에칭 처리에 부수하여 발생하는 플라즈마 밀도의 분포(처리 공간(S)의 중앙부에서 조밀), 및 기판 처리 장치(39)가 발생시키는 자계(B)에 의해 발생하는 플라즈마 밀도의 분포(처리 공간(S)의 주연부에서 조밀)가 중첩되어 균일한 플라즈마 밀도의 분포를 실현할 수 있다.

[0100] 도 9b는, 도 8a 및 도 8b의 기판 처리 장치(39)가 자계(B)를 발생시키면서, 웨이퍼(W)에 에칭 처리를 실시했을 시의 에칭 레이트 분포의 그래프를 나타낸다.

[0101] 도 9b의 그래프가 나타낸 바와 같이, 에칭 처리 시에 기판 처리 장치(39)가 중앙부 대향군(42)에서의 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(43)에서의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극 및 외측 대향군(44)에서의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하여 자계(B)를 발생시키면, 웨이퍼(W)의 전면에서 대략 균일한 에칭 레이트를 실현할 수 있다.

[0102] 도 10a 및 도 10b는, 기판 처리 장치(39)에서 중앙부 대향군(42), 주연부 대향군(43) 및 외측 대향군(44)에서의 각 전자석(40), 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극을 변경했을 경우의 계산 결과를 설명하는 그래프이며, 도 10a는 에칭 레이트의 분포를 나타내고, 도 10b는 자속 밀도의 분포를 나타낸다.

[0103] 가는 파선은 모든 전자석(40), 전자석(41)이 자속을 발생하지 않는 경우를 나타낸다(비교예 1). 가는 실선은, 중앙부 대향군(42)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(43)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)이 자속을 발생하지 않는 경우를 나타낸다(비교예 2). 두꺼운 파선은, 중앙부 대향군(42)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(43)의 각 전자석(40)은 자속을 발생하지 않고, 또한 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정한 경우를 나타낸다(실험예 1). 두꺼운 실선은, 중앙부 대향군(42)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 주연부 대향군(43)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정한 경우를 나타낸다(실험예 2).

[0104] 도 10b의 그래프에서의 실험예 1 및 실험예 2로부터, 중앙부 대향군(42)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하면, 처리 공간(S)의 주연부, 구체적으로 웨이퍼(W)의 약간 외측인 웨이퍼(W)의 중심으로부터 150 ~ 160 mm의 범위에서 자기장 강도(각 그래프에서는 자속 밀도로 대용하여 나타냄)가 최대가 되는 자계(B)를 얻을 수 있는 것을 알았다.

[0105] 또한, 실험예 1 및 실험예 2에 나타낸 바와 같이, 웨이퍼(W)의 면내에서 대략 균일한 에칭 레이트를 실현할 수 있었던 것은, 외측 대향군(44)을 웨이퍼(W)와 대향하지 않는 장소, 구체적으로, 웨이퍼(W)의 외측에 설치했으므로, 웨이퍼(W)의 약간 외측에서 자기장 강도가 최대가 되는 자계(B)를 얻을 수 있고, 이로써, 처리 공간(S)에서의 웨이퍼(W)의 대향하는 부분의 전역에 걸쳐 플라즈마 밀도를 대략 균일하게 할 수 있었기 때문이라고 추측되었다.

[0106] 또한, 실험예 2에서 자기장 강도가, 처리 공간(S)의 중심(웨이퍼(W)의 중심)으로부터 처리 공간(S)의 주연부(웨이퍼(W)의 중심으로부터 150 ~ 160 mm의 범위)에 걸쳐 매끄럽게 상승하지 않고, 특히 주연부 대향군(43)에 대향하는 부분(웨이퍼(W)의 중심으로부터 70 ~ 100 mm의 범위)에서 단차를 형성하는 것은, 주연부 대향군(43)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극과, 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극이 동일한 S 극이며, 주연부 대향군(43)의 각 전자석(40)으로부터 발생하는 자속과 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)으로부터 발생하는 자속이 상쇄했기 때문이라고 추측되었다.

[0107] 본 실시예에 따른 기판 처리 장치(39)에 의하면, 상부 전극(13)의 상면(13a)에 배치되는 2 종류의 다수의 전자석(40) 및 전자석(41)은, 웨이퍼(W)의 중심에 대향하는 중앙부 대향군(42)과, 이 중앙부 대향군(42)을 둘러싸는 주연부 대향군(43)과, 주연부 대향군(43)보다 외측에 배치되어 웨이퍼(W)와는 대향하지 않는 외측 대향군(44)으로 나뉘고, 처리 공간(S)의 중앙부의 자기장 강도보다 처리 공간(S)의 주연부의 자기장 강도가 큰 자계(B)를 발생하므로, TSV 처리에서 발생하는 처리 공간(S)의 중앙부가 처리 공간(S)의 주연부보다 높아지는 플라즈마 밀도의 분포를 개선할 수 있다.

[0108] 상술한 기판 처리 장치(39)에서는, 중앙부 대향군(42)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정했지만, 중앙부 대향군(42)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극과 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극이 반대이면, 처리 공간(S)의 중앙부의 자기장 강도보다 처리 공간(S)의 주연부의 자기장 강도가 큰 자계(B)를

발생할 수 있으므로, 중앙부 대향군(42)의 각 전자석(40)의 처리 공간(S)측의 자극을 S 극으로 설정하고, 또한 외측 대향군(44)의 각 전자석(41)의 처리 공간(S)측의 자극을 N 극으로 설정해도 된다.

[0109] 상술한 기판 처리 장치(39)에서는, 도 9a의 그래프에 나타낸, 웨이퍼(W)의 중심으로부터 약 75 mm 근방에 위치하는 에칭 레이트의 변곡점에 맞추도록, 중앙부 대향군(42)이 상부 전극 중심(C)으로부터 그 중심까지의 거리가 74.4 mm까지의 전자석(40)으로 구성되고, 주연부 대향군(43)이 전극 중심(C)으로부터 그 중심까지의 거리가 74.4 mm보다 큰 전자석(40)으로 구성된다. 즉, 중앙부 대향군(42) 및 주연부 대향군(43)의 경계는 전극 중심(C)으로부터 74.4 mm로 설정되지만, 중앙부 대향군(42) 및 주연부 대향군(43)의 경계는 변경 가능하며, 처리 공간(S)의 플라즈마 밀도의 분포가 최적이 되는 자계(B)의 분포를 얻기 위하여, 당해 경계는 변경되어도 된다.

[0110] 또한, 복수의 전자석(40)은 중앙부 대향군(42) 및 주연부 대향군(43)으로만 나뉠 필요는 없고, 에칭 처리에 부수하여 발생하는 플라즈마 밀도의 분포를 자계(B)에 의해 발생하는 플라즈마 밀도의 분포로 보완하여 균일한 플라즈마 밀도의 분포를 실현하기 위하여, 복수의 전자석(40)을 1 개 또는 3 개 이상의 전자석군으로 나누고, 처리 공간(S)의 플라즈마 밀도의 분포가 최적이 되는 자계(B)의 분포를 얻어도 된다.

[0111] 또한, 중앙부 대향군(42) 및 주연부 대향군(43)의 경계의 변경, 또는 전자석군의 수의 변경은, 컨트롤러에 의해 각 전자석(40)의 코일(40b)에 흘리는 전류의 값 또는 전류의 방향을 제어하여 각 전자석(40)이 발생하는 자계(B)의 강도 및 각 전자석(40)의 자극 중 적어도 하나를 변경함으로써 행한다.

[0112] 이상, 본 발명에 대하여, 상기 각 실시예를 이용하여 설명했지만, 본 발명은 상기 각 실시예에 한정되지 않는다.

[0113] 본 출원은, 2012년 1월 18일에 출원된 일본출원 제2012-008019호에 기초하는 우선권을 주장하는 것이며, 당해 일본 출원에 기재된 모든 내용을 본 출원에 원용한다.

부호의 설명

[0114] B : 자계

D : 전자 궤적

E : 전계

S : 처리 공간

W : 웨이퍼

10, 24, 39 : 기판 처리 장치

11 : 챔버

12 : 서셉터

13 : 상부 전극

14 : 제 1 고주파 전원

16 : 제 2 고주파 전원

20, 40, 41 : 전자석

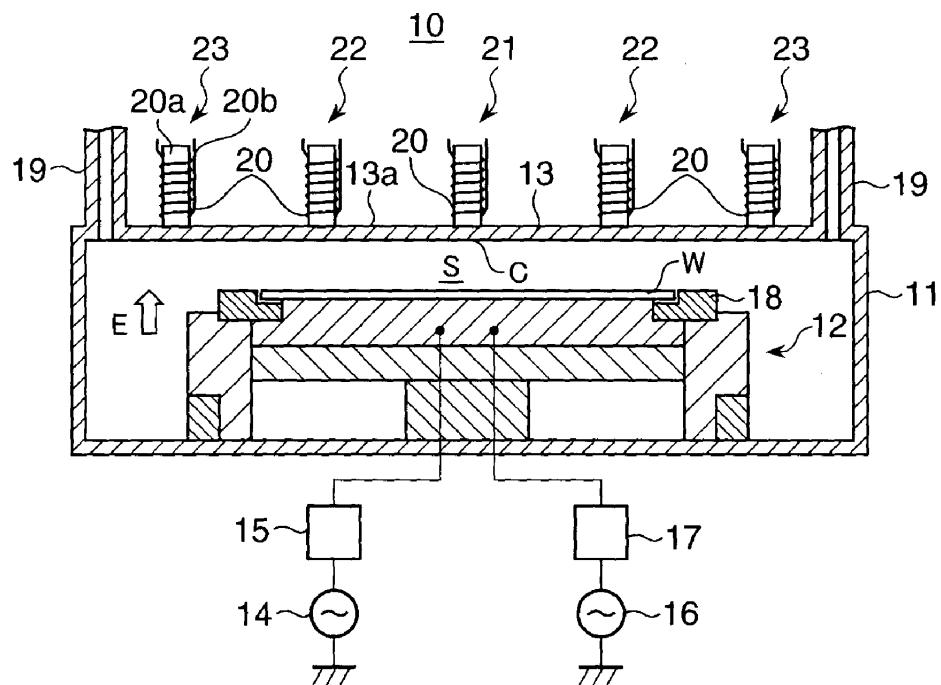
21, 42 : 중앙부 대향군

22, 43 : 주연부 대향군

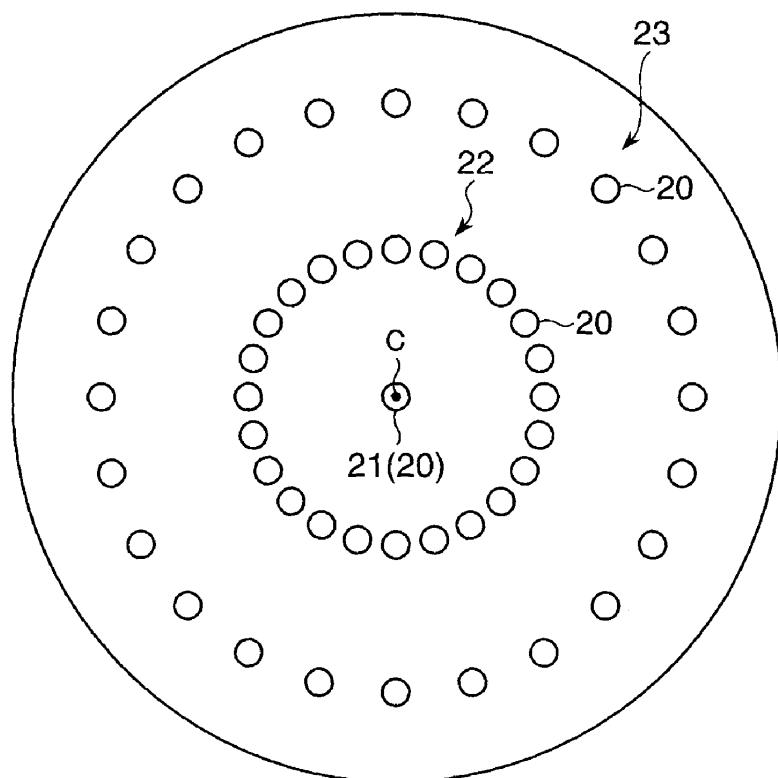
23, 44 : 외측 대향군

도면

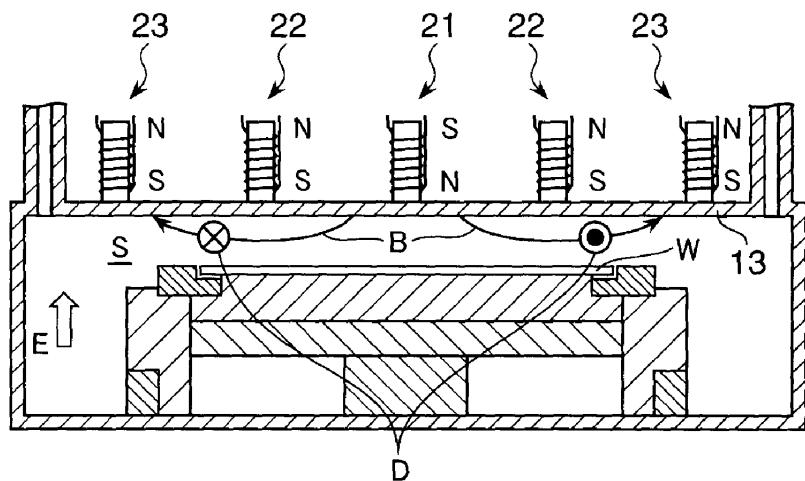
도면 1a



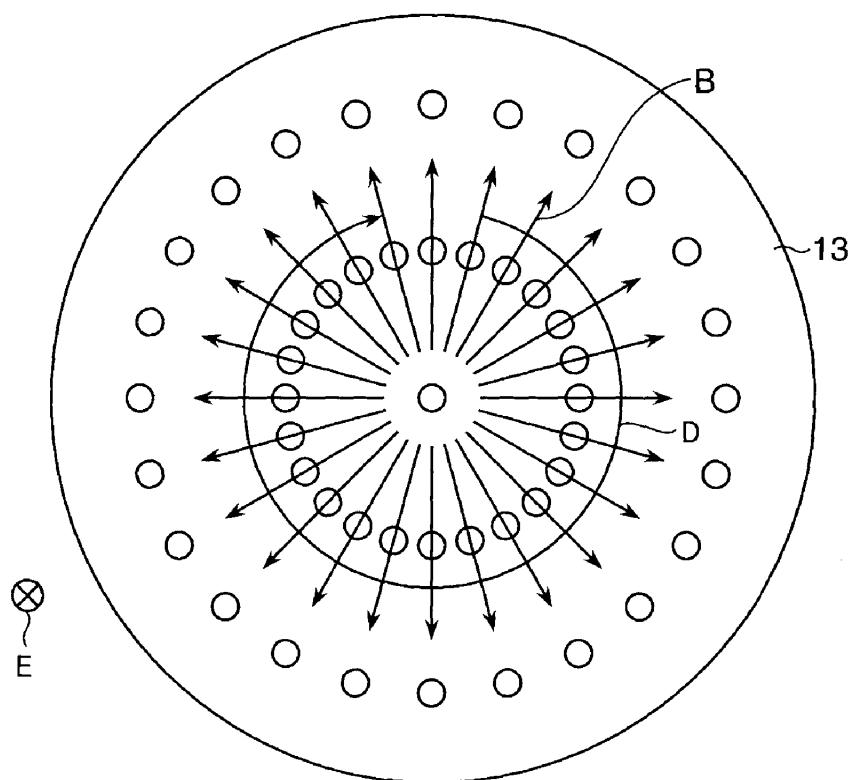
도면 1b



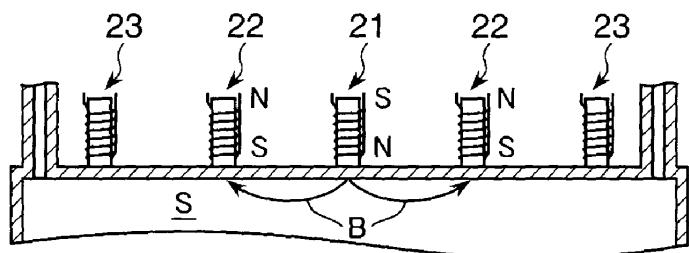
도면2a



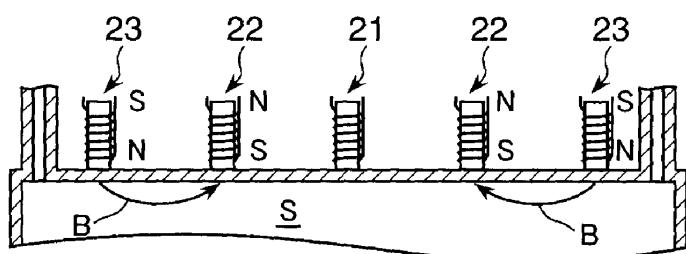
도면2b



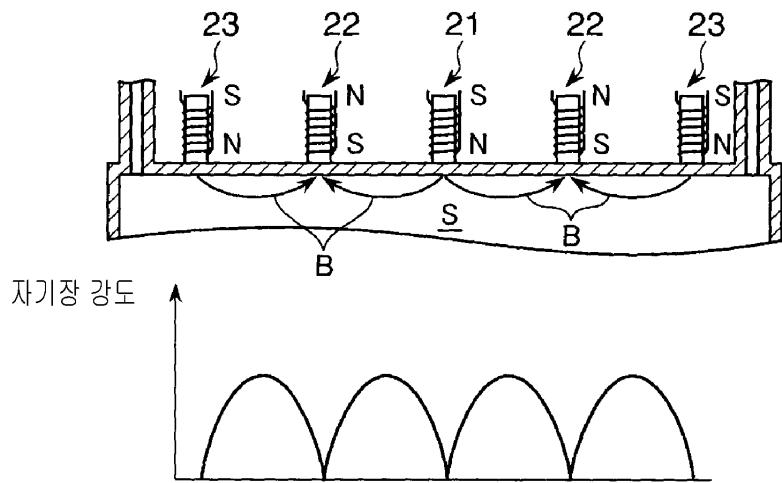
도면3a



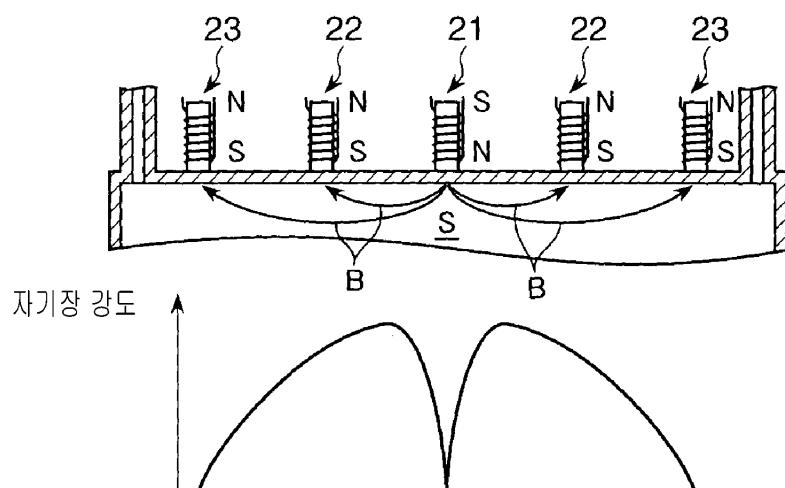
도면3b



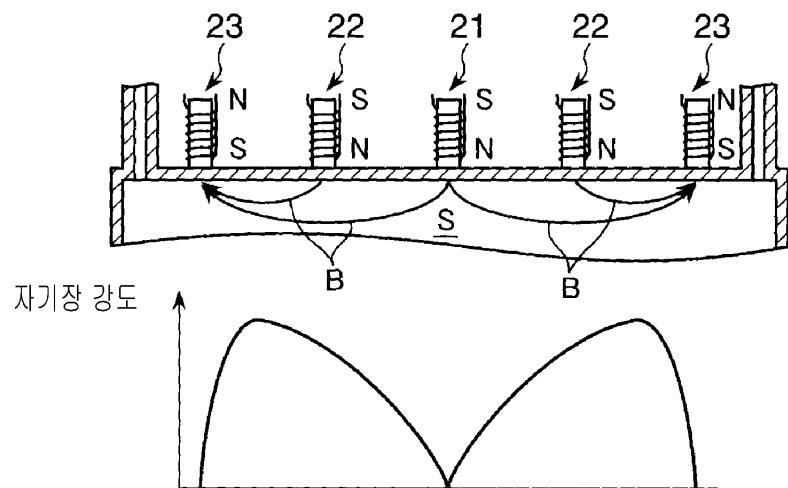
도면3c



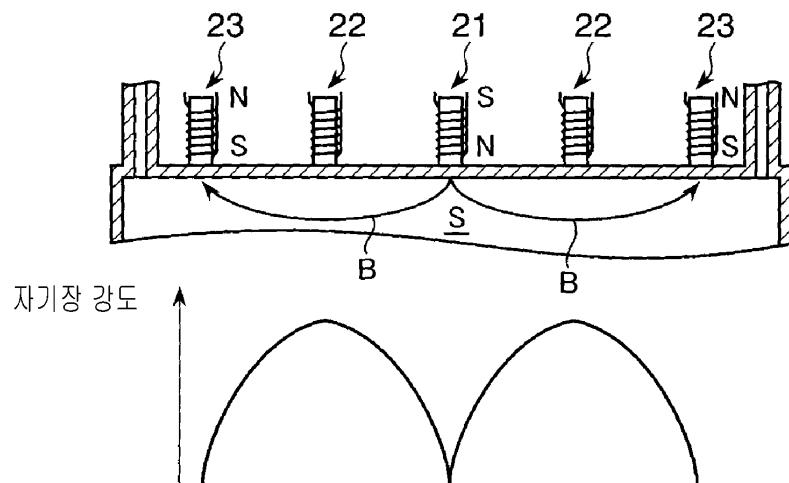
도면4a



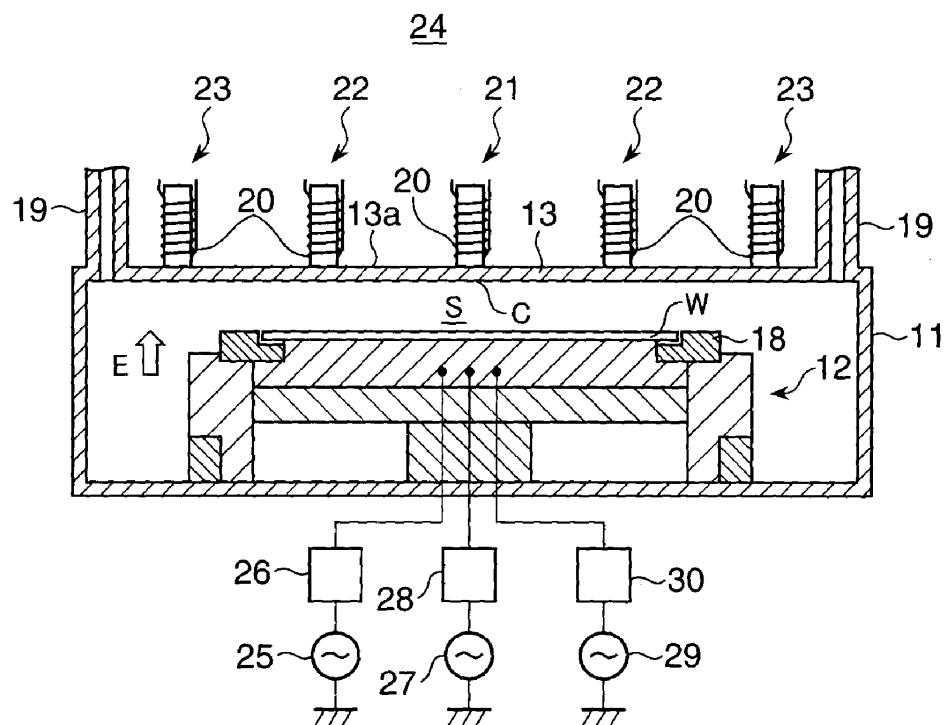
도면4b



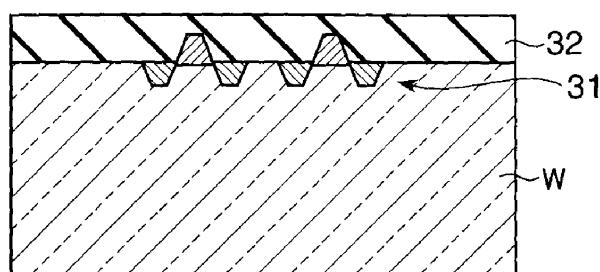
도면4c



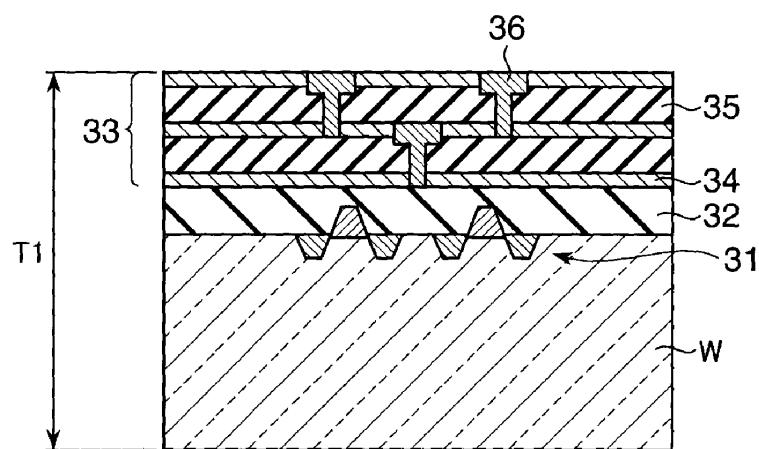
도면5



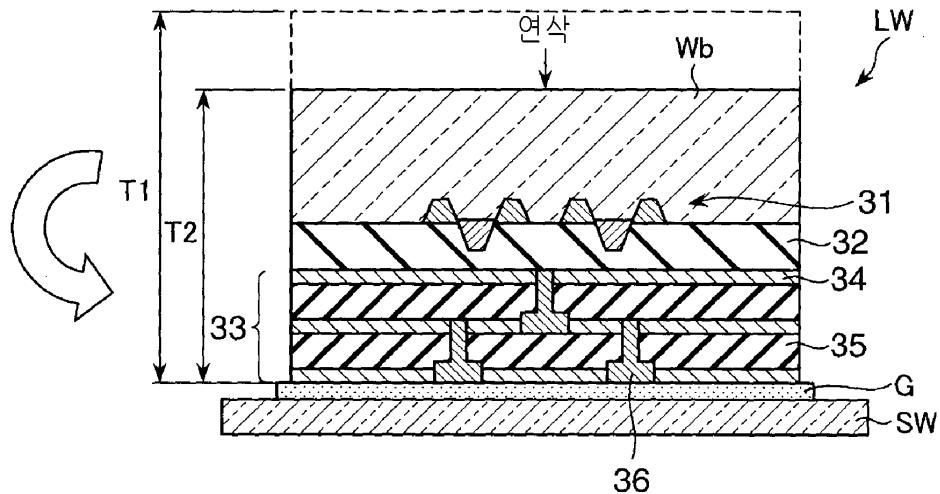
도면6a



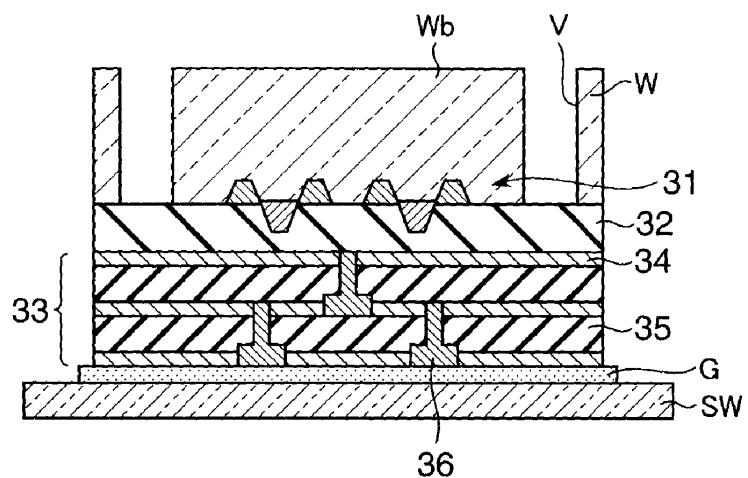
도면 6b



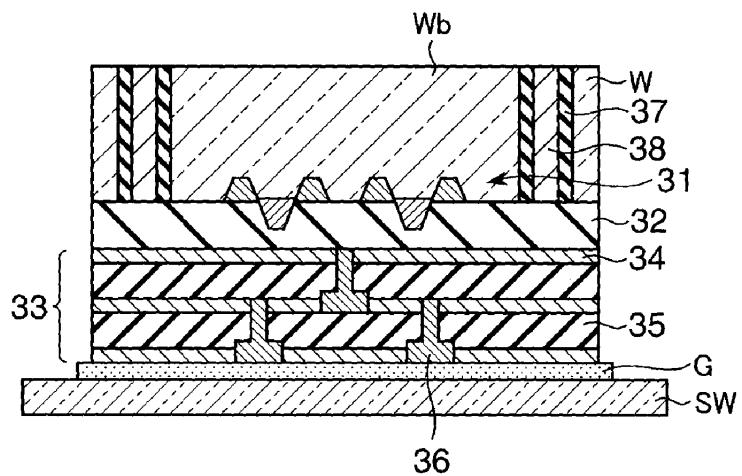
도면6c



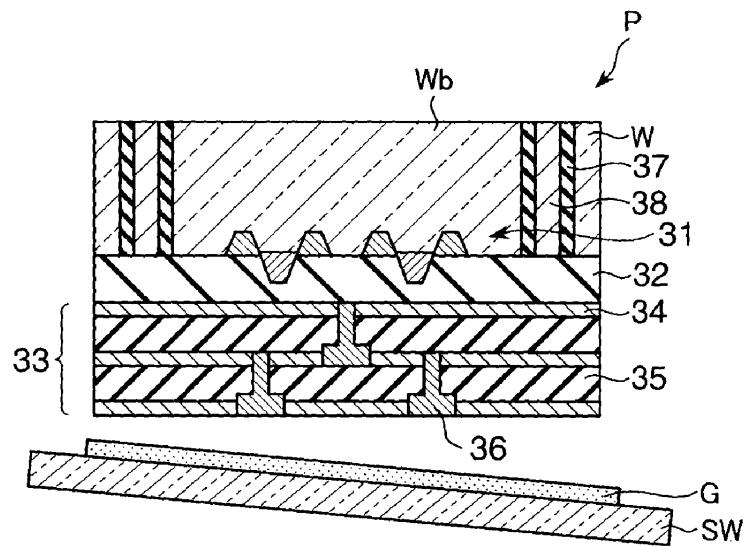
도면7a



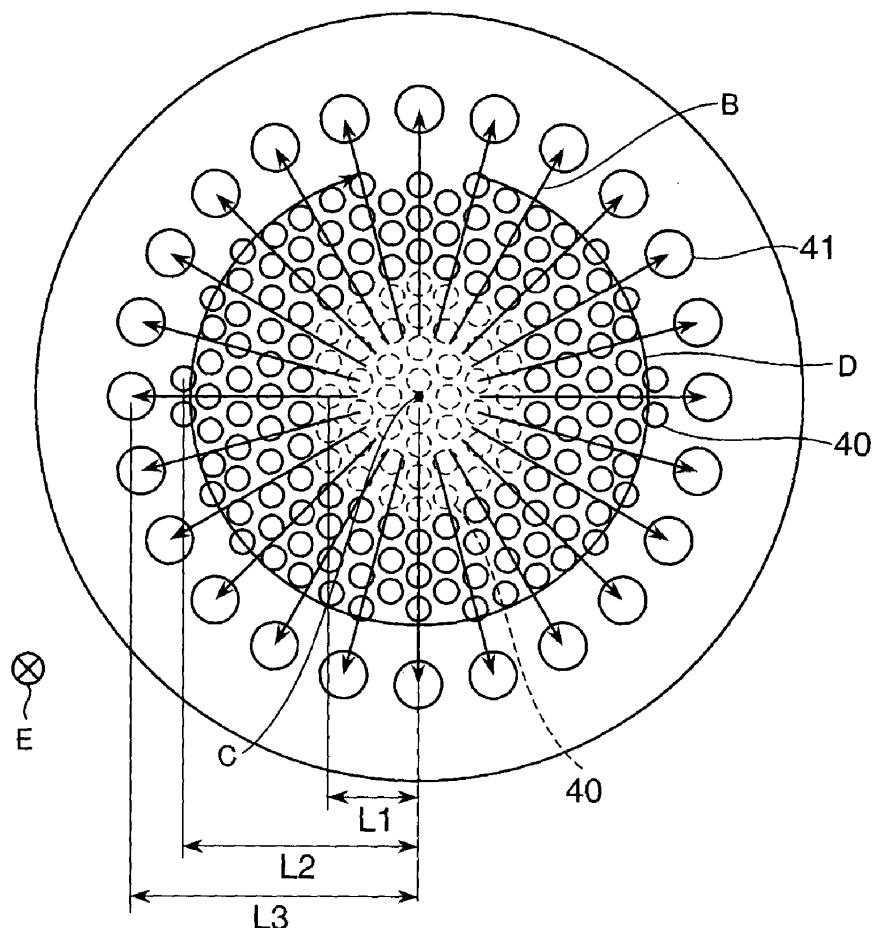
도면7b



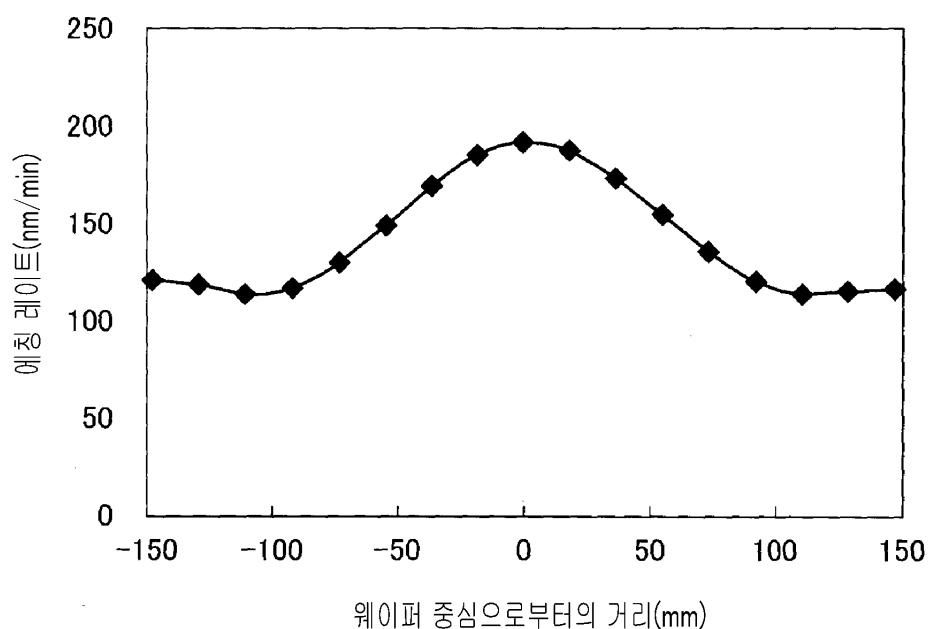
도면7c



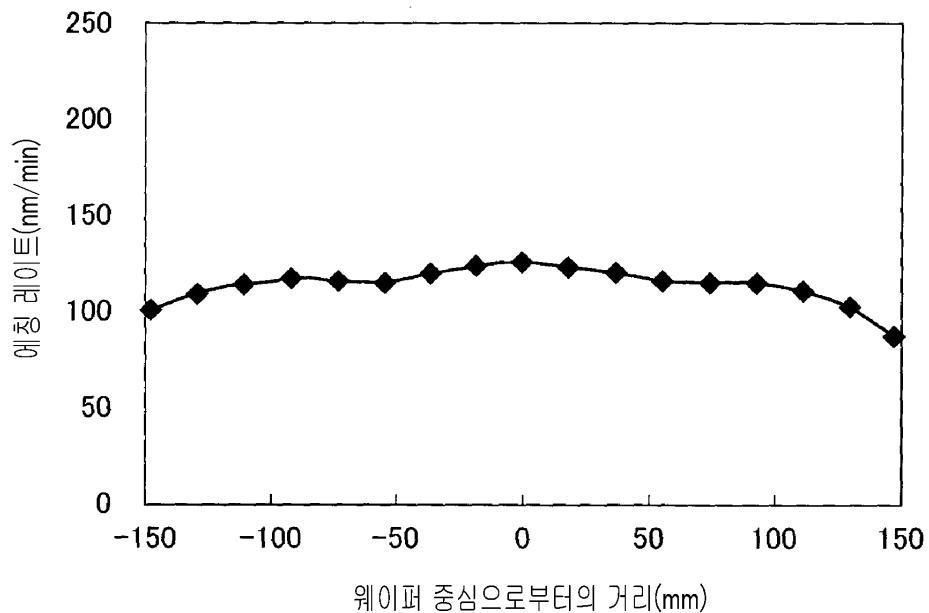
도면8b



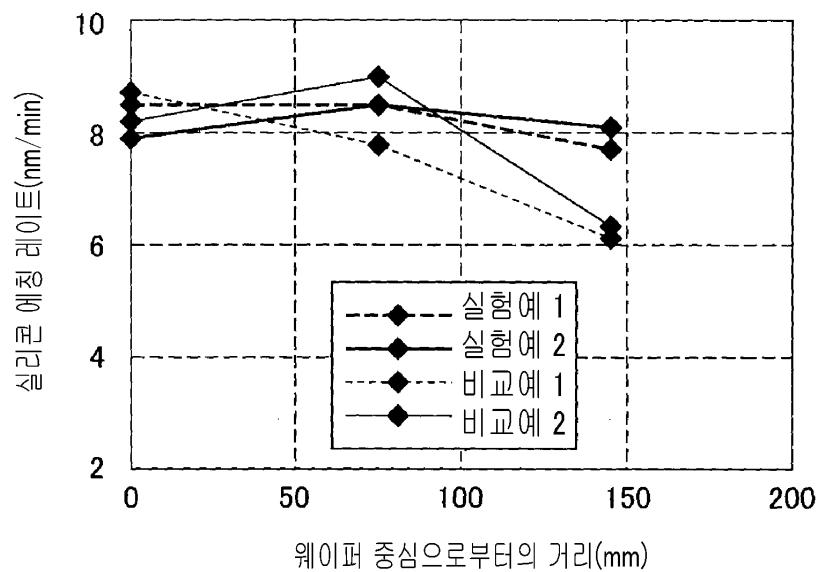
도면9a



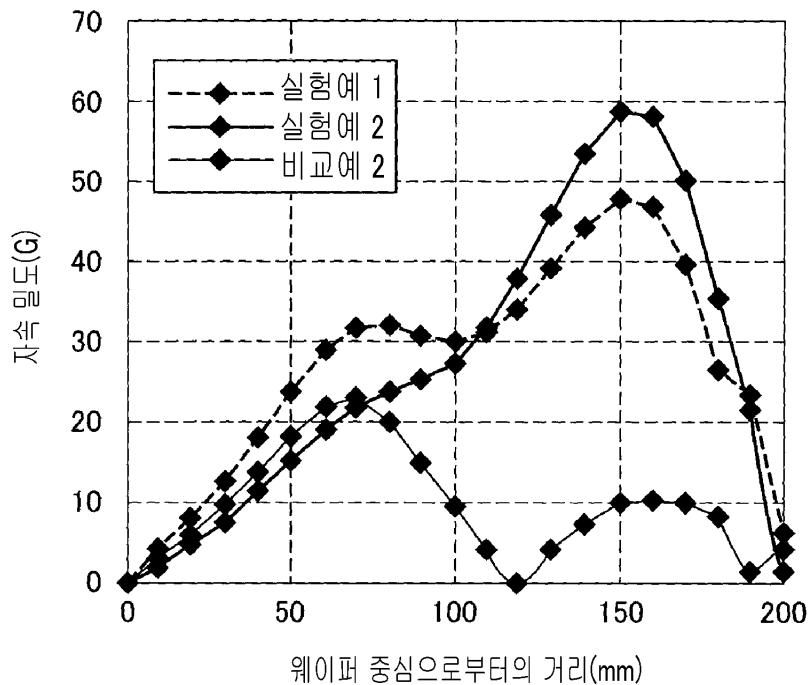
도면9b



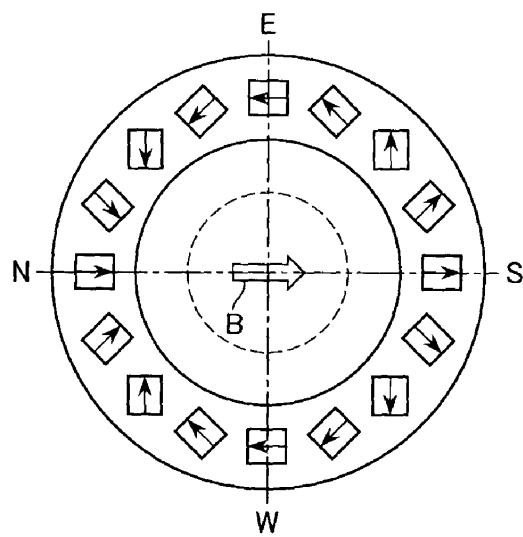
도면10a



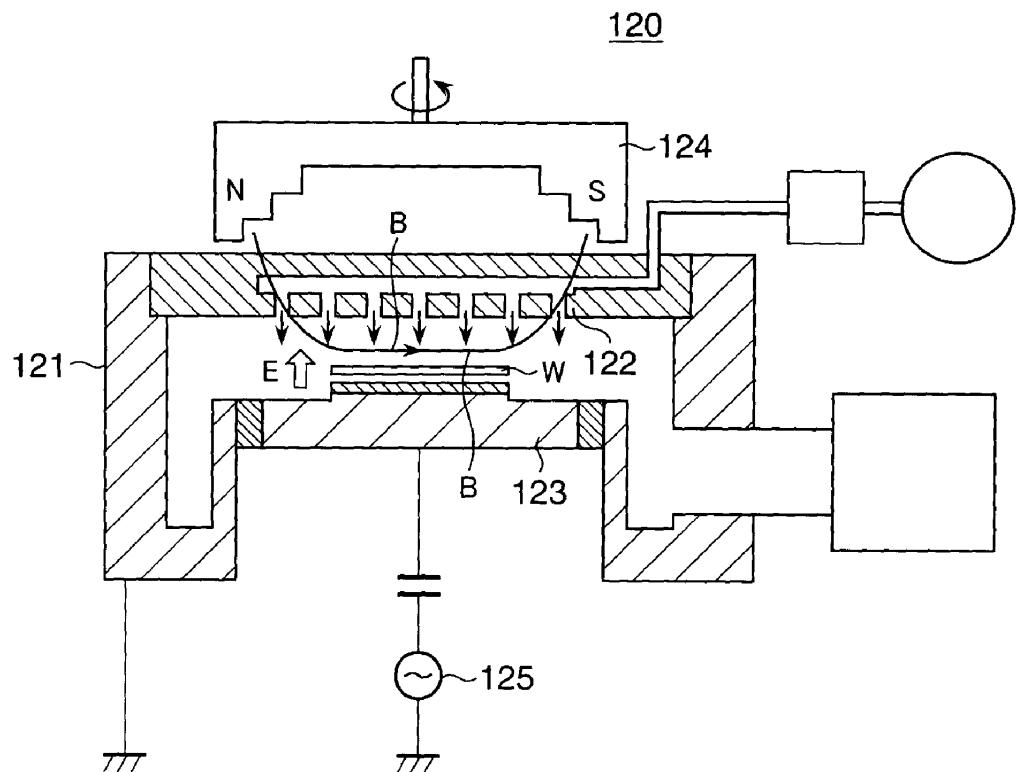
도면10b



도면11



도면12



도면 13

