



(11) 공개번호 10-2016-0037077

(43) 공개일자 2016년04월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/02274 (2013.01)
H01L 21/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-0124041
- (22) 출원일자 2015년09월02일
 심사청구일자 2015년09월02일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2014-196414 2014년09월26일 일본(JP)

- (71) 출원인
가부시키가이샤 히다치 고쿠사이 덴키
일본국 도쿄도 치요다쿠 소토칸다 4초메 14반 1고
(우:101-8980)
- (72) 발명자
토요다 카즈유키
일본국 토야마켄 토야마시 야즈오마치 야스우치
2초메 1, 가부시키가이샤 히다치 고쿠사이덴키 내
우메카와 아츠시
일본국 토야마켄 토야마시 야즈오마치 야스우치
2초메 1, 가부시키가이샤 히다치 고쿠사이덴키 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
이창범, 박준용

전체 청구항 수 : 총 15 항

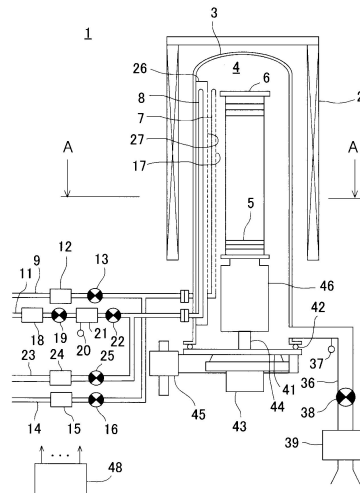
(54) 발명의 명칭 기판 처리 장치, 반도체 장치의 제조 방법 및 프로그램

(57) 요약

본 발명은 기관의 표면에 충분한 양의 활성종을 공급하고, 단시간에 균일하게 기관을 처리 가능한 기술을 제공한다.

기판을 처리하는 처리실; 처리실 내에 활성화된 처리 가스를 공급하는 방전실; 방전실 내에 공급된 처리 가스를 활성화시키는 플라스마원; 처리실 내를 배기하는 배기계; 처리 가스를 일시적으로 저류하는 저류부를 구비하고, 방전실에 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급계; 및 저류부에 저류된 처리 가스를 방전실 내에 간헐적으로 공급하고, 방전실 내에서 활성화된 처리 가스를 방전실로부터 방전실 내의 압력보다 저압의 처리실 내에 공급시키도록, 플라스마원과 배기계와 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 제어부;를 구비한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 21/02315 (2013.01)

H01L 21/0234 (2013.01)

H05H 1/46 (2013.01)

(72) 발명자

카와바타 마코토

일본국 토야마켄 토야마시 야즈오마치 야스우치 2
초메 1, 가부시키가이샤 히다치 고쿠사이텐키 내

시바타 코지

일본국 토야마켄 토야마시 야즈오마치 야스우치 2
초메 1, 가부시키가이샤 히다치 고쿠사이텐키 내

명세서

청구범위

청구항 1

기관을 처리하는 처리실;

상기 처리실 내에 활성화된 처리 가스를 공급하는 방전실;

상기 방전실 내에 공급된 상기 처리 가스를 활성화시키는 플라즈마원(源);

상기 처리실 내를 배기하는 배기계;

상기 처리 가스를 일시적으로 저류(貯溜)하는 저류부를 구비하고, 상기 방전실 내에 상기 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급계; 및

상기 저류부에 저류된 상기 처리 가스를 상기 방전실 내에 간헐적으로 공급하고, 상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 방전실로부터 상기 방전실 내의 압력보다 저압의 상기 처리실 내에 공급시키도록, 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 제어부;

를 포함하는 기관 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 저류부는 상류측부터 순서대로 제1 밸브와, 가스 탱크와, 제2 밸브를 포함하는 기관 처리 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 방전실은 상기 처리실의 내벽에 설치되고, 상기 처리실과 상기 방전실을 격리하는 격리벽을 포함하고, 상기 격리벽에는 복수의 가스 공급공이 설치되는 기관 처리 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 플라즈마원은 용량 결합형이며, 상기 방전실 내에 설치되는 기관 처리 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어부는 상기 처리 가스가 상기 방전실 내에 도입되기 전에 상기 플라즈마원의 전원이 투입되도록, 상기 플라즈마원과 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 기관 처리 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제어부는 상기 처리실 내의 압력을 저압으로 한 후에 상기 처리 가스를 상기 방전실 내에 도입하도록, 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 기관 처리 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제어부는 상기 저류부에 저류한 상기 처리 가스를 단번에 상기 방전실 내에 도입하고, 상기 방전실 내의 압력을 급격하게 상승시켜 상기 처리 가스를 플라즈마화하도록, 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가

스 공급계를 제어하도록 구성되는 기관 처리 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제어부는 상기 방전실 내의 압력이 파셴의 법칙을 만족시키는 압력이 될 때까지 상기 방전실 내의 압력을 상승시키도록, 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 기관 처리 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제어부는 상기 저류부 내의 압력이 소정의 압력이 될 때까지 상기 처리 가스를 저류하도록, 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 기관 처리 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 소정의 압력은 상기 방전실 내의 압력이 파셴의 법칙을 만족시키는 압력이 될 때의 상기 방전실 내의 상기 처리 가스의 양이 상기 저류부 내에 충전되었을 때의 압력인 기관 처리 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제어부는 상기 플라즈마원의 전원이 투입된 상태에서 상기 처리 가스를 간헐적으로 상기 방전실 내에 공급하도록, 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 기관 처리 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 플라즈마원은 고주파 전원이 인가하는 고주파 전력을 공급하는 라인 도중에 설치되고, 상기 방전실 내가 상기 처리 가스의 공급에 의해 방전 압력까지 상승한 후에 플라즈마를 발생시키도록 정합 정수가 조정된 정합기를 포함하는 기관 처리 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 제어부는 상기 방전실 내에서의 플라즈마 발생 후, 상기 정합기에 의한 임피던스 제어를 정지하도록, 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 기관 처리 장치.

청구항 14

일시적으로 처리 가스를 저류하는 저류부로부터 상기 처리 가스를 처리실 내의 방전실 내에 간헐적으로 공급하고 상기 처리 가스를 활성화하는 공정; 및

상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 방전실 내의 압력보다 저압의 상기 처리실 내에 공급하는 공정;

을 포함하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 15

하드웨어와 결합되어,

일시적으로 처리 가스를 저류하는 저류부로부터 상기 처리 가스를 처리실 내의 방전실 내에 간헐적으로 공급하고 상기 처리 가스를 활성화하는 순서; 및

상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 방전실 내의 압력보다 저압의 상기 처리실 내에 공급하는

순서;

를 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기판 처리 장치, 반도체 장치의 제조 방법 및 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] DRAM등의 반도체 장치(디바이스)의 제조 공정의 하나로서 플라즈마를 이용하여 기판 상에 성막을 수행하는 기판 처리 공정이 수행되는 경우가 있다.

[0003] 기판 처리 장치가 기판 처리를 수행하는 경우, 플라즈마에 의해 여기(勵起)된 처리 가스의 활성종이 처리실 내의 기판에 공급되는 것에 의해 기판 상에 성막이 수행된다.

[0004] 하지만 종래의 기판 처리 장치의 경우, 플라즈마 여기된 처리 가스를 공급할 때, 처리실 내의 압력이 높아지고 이에 따라서 상당한 비율의 활성종이 기판의 주변의 공간을 통하여 배기되기 때문에 기판의 표면에 충분한 양의 활성종을 공급할 수 없어서 기판의 표면을 효율적으로 처리할 수 없다.

[0005] 또한 기판의 표면에 형성되는 집적 회로 상의 심구(深溝, deep trench) 내에 활성종을 공급할 수 없다는 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 1. 일본 특개 2009-188143호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 이와 같은 실정을 감안한 것으로, 기판의 표면에 충분한 양의 활성종을 공급하여 단시간에 균일하게 기판을 처리할 수 있는 기술을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 형태에 의하면, 기판을 처리하는 처리실; 상기 처리실 내에 활성화된 처리 가스를 공급하는 방전실; 상기 방전실 내에 공급된 상기 처리 가스를 활성화시키는 플라즈마원(源); 상기 처리실 내를 배기하는 배기계; 상기 처리 가스를 일시적으로 저류(貯溜)하는 저류부를 구비하고, 상기 방전실 내에 상기 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급계; 상기 저류부에 저류된 상기 처리 가스를 상기 방전실 내에 간헐적으로 공급하고, 상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 방전실로부터 상기 방전실 내의 압력보다 저압의 상기 처리실 내에 공급시키도록, 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 제어부;를 포함하는 기판 처리 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 의하면, 기판의 표면에 충분한 양의 활성종을 공급하여 단시간에 균일하게 기판을 처리할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 실시예에서 바람직하게 이용되는 기판 처리 장치의 처리로를 도시하는 개략 입(立)단면도.

도 2는 본 발명의 실시예에서 바람직하게 이용되는 기판 처리 장치의 처리로의 일부의 개략 구성도이며, 처리로의 일부를 도 1의 A-A선 단면도로 도시하는 도면.

도 3은 본 발명의 실시예의 성막 처리의 시퀀스도.

도 4는 NH₃가스를 공급할 때의 방전실 내의 압력 변화를 도시하는 도면.

도 5는 본 발명의 실시예에서 바람직하게 이용되는 기관 처리 장치의 처리로의 제1 변형예를 도시하는 개략 평단면도.

도 6은 본 발명의 실시예에서 바람직하게 이용되는 기관 처리 장치의 처리로의 제2 변형예를 도시하는 개략 평단면도.

도 7은 본 발명의 실시예에서 바람직하게 이용되는 기관 처리 장치의 컨트롤러의 개략 구성도이며, 컨트롤러의 제어계를 블록도로 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명한다.
- [0012] 우선 도 1, 도 2에서 본 발명의 기관 처리 장치에 사용되는 처리로에 대하여 설명한다.
- [0013] 처리로(1)는 가열 수단(가열 기구)으로서의 히터(2)를 포함한다. 히터(2)는 원통 형상이며, 보지판(保持板)으로서의 히터 베이스(도시되지 않음)에 지지되는 것에 의해 수직으로 설치된다. 또한 히터(2)는 후술하는 처리 가스를 열로 활성화시키기 위한 활성화 기구로서도 기능한다.
- [0014] 히터(2)의 내측에는 히터(2)와 동심원 형상으로 반응 용기(처리 용기)를 구성하는 반응관(3)이 배설(配設)된다. 반응관(3)은 예컨대 석영(SiO₂) 또는 탄화실리콘(SiC) 등의 내열성 재료에 의해 상단이 폐색(閉塞)되고 하단이 개구(開口)된 원통 형상으로 형성된다. 반응관(3)의 내부에는 처리실(4)이 획성(劃成)되고, 처리실(4)은 웨이퍼(기관)(5)를 보트(6)(후술)에 의해 수평 자세로 수직 방향에 정렬한 상태에서 수용 가능하도록 구성된다.
- [0015] 처리실(4) 내에서의 반응관(3)의 하부에는 제1 노즐(7), 제2 노즐(8)이 반응관(3)의 측벽을 관통하도록 설치된다. 제1 노즐(7), 제2 노즐(8)에는 제1 가스 공급관(9), 제2 가스 공급관(11)이 각각 접속된다. 이와 같이 반응관(3)에는 2개의 노즐(7, 8)이 설치되고, 처리실(4) 내에 복수 종류의 처리 가스를 공급할 수 있고, 본 실시예에서는 2종류의 처리 가스(원료 가스, 반응 가스)를 공급할 수 있도록 구성된다.
- [0016] 제1 가스 공급관(9)에는 상류 방향부터 순서대로 유량 제어기(유량 제어부)인 매스 플로우 컨트롤러(MFC)(12) 및 개폐 밸브인 밸브(13)가 설치된다. 또한 제1 가스 공급관(9)의 밸브(13)보다 하류측에는 제1 불활성 가스 공급관(14)이 접속된다. 제1 불활성 가스 공급관(14)에는 상류 방향부터 순서대로 MFC(15) 및 밸브(16)가 설치된다. 또한 제1 가스 공급관(9)의 선단부(先端部)에는 제1 노즐(7)이 접속된다.
- [0017] 제1 노즐(7)은 L자형의 롱 노즐로서 구성되고, 반응관(3)의 내벽과 기관(5) 사이의 원환 형상[圓環狀]의 공간에 반응관(3)의 내벽의 하부로부터 상부를 따라 기관(5)의 배열 방향 상방(上方)을 향하여 상승[立上]하도록 설치된다. 제1 노즐(7)의 측면에는 가스를 공급하는 가스 공급공(17)이 설치되고, 가스 공급공(17)은 반응관(3)의 중심을 향하도록 개구된다. 가스 공급공(17)은 반응관(3)의 하부로부터 상부에 걸쳐서 복수 설치되고, 각각이 동일한 개구 면적을 가지고, 또한 동일한 개구 피치로 설치된다.
- [0018] 주로 제1 가스 공급관(9), MFC(12), 밸브(13), 제1 노즐(7)에 의해 제1 처리 가스 공급계가 구성된다. 또한 주로 제1 불활성 가스 공급관(14), MFC(15), 밸브(16)에 의해 제1 불활성 가스 공급계가 구성된다.
- [0019] 제2 가스 공급관(11)에는 상류 방향부터 순서대로 MFC(18), 제1 밸브(19), 처리 가스를 일시적으로 저류하기 위한 가스 탱크(21) 및 제2 밸브(22)가 설치되고, 가스 탱크(21)에는 가스 탱크(21) 내의 압력을 검지하는 압력 센서(20)가 설치된다. 또한 제1 밸브(19), 압력 센서(20), 가스 탱크(21), 제2 밸브(22)에 의해 처리 가스를 일시적으로 저류하기 위한 저류부가 구성된다. 본 실시예에서는 압력 센서(20), 가스 탱크(21)도 저류부의 구성으로 했지만, 압력 센서(20), 가스 탱크(21)를 구비하지 않아도 적어도 제1 밸브(19) 및 제2 밸브(22)를 구비하면 저류부로서의 구성이 성립된다. 즉 제1 밸브(19)와 제2 밸브(22) 사이의 배관 내에 처리 가스를 일시적으로 저류할 수 있기 때문에 제1 밸브(19)와 제2 밸브(22)를 구비하면 상기 부분을 저류부로서 기능시킬 수 있다.
- [0020] 또한 제2 가스 공급관(11)의 제2 밸브(22)보다 하류측에는 제2 불활성 가스 공급관(23)이 접속된다. 제2 불활성 가스 공급관(23)에는 상류 방향부터 순서대로 MFC(24) 및 밸브(25)가 설치된다. 또한 제2 가스 공급관(11)의 선단부에는 제2 노즐(8)이 접속되고, 제2 노즐(8)은 가스 분산 공간인 방전실(26)에 설치된다.

- [0021] 방전실(26)은 반응관(3)의 내벽과 기관(5) 사이에서의 원통 형상의 공간의 반응관(3) 내벽의 하부로부터 상부에 걸치는 부분에 기관(5)의 배열 방향을 따라 설치된다. 방전실(26)의 기관(5)에 인접하는 벽의 단부에는 처리실(4) 내에 반응 가스를 공급하는 가스 공급공(27)이 설치되고, 가스 공급공(27)은 반응관(3)의 중심을 향하도록 개구된다. 가스 공급공(27)은 반응관(3)의 하부로부터 상부에 걸쳐서 복수 설치되고, 각각이 동일한 개구 면적을 가지고, 또한 동일한 개구 피치로 설치된다. 또한 방전실(26)을 구성하는 벽부는 처리실(4) 내와 방전실(26) 내를 격리하는 격리벽으로 이루어진다.
- [0022] 제2 노즐(8)은 L자형의 롱 노즐로서 구성되고, 방전실(26)의 가스 공급공(27)이 설치된 단부와는 반대측의 단부에 반응관(3)의 내벽의 하부로부터 상부를 따라 기관(5)의 배열 방향 상방을 향하여 상승하도록 설치된다. 제2 노즐(8)의 측면에는 방전실(26) 내에 처리 가스를 공급하는 가스 공급공(28)(도 2 참조)이 설치되고, 가스 공급공(28)은 방전실(26)의 중심을 향하도록 개구된다. 가스 공급공(28)은 방전실(26)의 가스 공급공(27)과 마찬가지로 반응관(3)의 하부로부터 상부에 걸쳐서 복수 설치된다. 복수의 가스 공급공(28)의 각각의 개구 면적은 방전실(26) 내와 처리실(4) 내의 차압이 큰 경우에는 상류측(하부)으로부터 하류측(상부)까지 각각 동일한 개구 면적으로, 동일한 개구 피치로 하는 것이 좋다. 차압이 작은 경우에는 상류측으로부터 하류측에 향하여 점차 개구 면적을 크게 하거나 또는 개구 수를 저감하여 방전실(26) 내와 처리실(4) 내의 차압을 크게 하는 것이 좋다.
- [0023] 본 실시예에서는 제2 노즐(8)의 가스 공급공(28) 각각의 개구 면적이나 개구 피치를 상류측으로부터 하류측에 걸쳐서 전술과 같이 조절하는 것에 의해 각 가스 공급공(28)으로부터 유속의 차이는 있지만 유량이 대략 같은 양의 처리 가스를 분출시킬 수 있다. 또한 각 가스 공급공(28)으로부터 분출하는 처리 가스를 일단 방전실(26) 내에 도입하는 것에 의해 방전실(26) 내에서 가스 공급공(27)으로부터 분출하는 처리 가스의 유속 차이를 균일화할 수 있다.
- [0024] 즉 제2 노즐(8)의 각 가스 공급공(28)으로부터 방전실(26) 내에 분출한 처리 가스는 방전실(26) 내에서 처리 가스의 입자 속도가 완화된 후, 방전실(26)의 가스 공급공(27)으로부터 처리실(4) 내에 분출한다. 이에 의해 제2 노즐(8)의 각 가스 공급공(28)으로부터 방전실(26) 내에 분출한 처리 가스는 방전실(26)의 각 가스 공급공(27)으로부터 처리실(4) 내에 분출될 때에는 균일한 유량과 유속을 가진다.
- [0025] 또한 제2 가스 공급관(11)에 가스 탱크(21)를 설치하고 가스 탱크(21)에 일시적으로 처리 가스를 저류할 수 있기 때문에 가스 공급공(28)으로부터 방전실(26) 내로 고압의 처리 가스를 단번에 분출시킬 수 있다.
- [0026] 주로 제2 가스 공급관(11), MFC(18), 제1 밸브(19), 가스 탱크(21), 제2 밸브(22), 제2 노즐(8), 방전실(26)에 의해 제2 처리 가스 공급계가 구성된다. 또한 주로 제2 불활성 가스 공급관(23), MFC(24), 밸브(25)에 의해 제2 불활성 가스 공급계가 구성된다.
- [0027] 제1 가스 공급관(9)으로부터는 제1 처리 가스(원료 가스)로서 예컨대 실리콘 원료 가스, 즉 실리콘(Si)을 포함하는 가스(실리콘 함유 가스)가 MFC(12), 밸브(13), 제1 노즐(7)을 개재하여 처리실(4) 내에 공급된다. 실리콘 함유 가스로서는 예컨대 디클로로실란(SiH_2Cl_2), 약칭: DCS) 가스를 이용할 수 있다.
- [0028] 제2 가스 공급관(11)으로부터는 예컨대 질소(N)를 포함하는 제2 처리 가스(반응 가스)로서 예컨대 질소 함유 가스가 MFC(18), 제1 밸브(19), 가스 탱크(21), 제2 밸브(22), 제2 노즐(8), 방전실(26)을 개재하여 처리실(4) 내에 공급된다. 질소 함유 가스로서는 예컨대 암모니아(NH_3) 가스를 이용할 수 있다.
- [0029] 불활성 가스 공급관(14, 23)으로부터는 예컨대 질소(N_2) 가스가 각각 MFC(15, 24), 밸브(16, 25), 가스 공급관(9, 11), 노즐(7, 8), 방전실(26)을 개재하여 처리실(4) 내에 공급된다.
- [0030] 또한 예컨대 각 가스 공급관으로부터 전술과 같이 각 가스를 흘리는 경우, 제1 처리 가스 공급계에 의해 실리콘 함유 가스 공급계(실란계 가스 공급계)가 구성된다. 또한 제2 처리 가스 공급계에 의해 질소 함유 가스 공급계가 구성된다. 또한 제1 처리 가스 공급계, 제2 처리 가스 공급계에 의해 처리 가스 공급계가 구성된다. 제1 처리 가스를 원료 가스라고 칭하는 경우, 제1 처리 가스 공급계를 원료 가스 공급계라고도 칭할 수 있다. 또한 제2 처리 가스를 반응 가스라고 칭하는 경우, 제2 처리 가스 공급계를 반응 가스 공급계라고도 칭할 수 있다. 또한 본 명세서에서 처리 가스라는 단어를 이용한 경우는 제1 처리 가스(원료 가스)만을 포함하는 경우, 제2 처리 가스(반응 가스)만을 포함하는 경우 또는 그 양방(兩方)을 포함하는 경우가 있다.
- [0031] 방전실(26) 내에는 도 2에 도시되는 바와 같이 가늘고 긴 구조를 가지는 제1 전극인 제1 봉 형상 전극(29) 및 제2 전극인 제2 봉 형상 전극(31)이 반응관(3)의 하부로부터 상부에 걸쳐 기관(5)의 적층 방향을 따라 배설된다. 제1 봉 형상 전극(29) 및 제2 봉 형상 전극(31)은 각각 제2 노즐(8)과 평행으로 설치된다. 또한 제1

봉 형상 전극(29) 및 제2 봉 형상 전극(31)은 각각 상부에서부터 하부에 걸쳐서 각 전극을 보호하는 보호관인 전극 보호관(32)에 의해 피복되는 것에 의해 보호된다. 제1 봉 형상 전극(29)과 제2 봉 형상 전극(31) 중 어느 일방(一方)은 정합기(33)를 개재하여 고주파 전원(34)에 접속되고, 타방(他方)은 기준 전위인 어스에 접속된다.

[0032]

상기 구성에 의해 제1 봉 형상 전극(29)과 제2 봉 형상 전극(31) 사이의 플라즈마 생성 영역(35)에 플라즈마가 생성된다. 주로 제1 봉 형상 전극(29), 제2 봉 형상 전극(31), 전극 보호관(32), 정합기(33), 고주파 전원(34)에 의해 플라즈마 발생기(플라즈마 발생부)로서의 플라즈마원이 구성된다. 또한 플라즈마원은 후술하는 바와 같이 처리 가스를 플라즈마로 활성화시키는 활성화 기구로서 기능하며, 방전실(26) 내에 설치된 봉 형상 전극(29, 31)으로 구성된 용량 결합형으로 이루어진다.

[0033]

전극 보호관(32)은 제1 봉 형상 전극(29) 및 제2 봉 형상 전극(31)을 각각 방전실(26)의 분위기와 격리한 상태에서 방전실(26) 내에 삽입할 수 있는 구조로 이루어진다. 여기서 전극 보호관(32)의 내부는 외기(外氣)[대기(大氣)]와 동일한 분위기면, 전극 보호관(32)에 각각 삽입된 제1 봉 형상 전극(29) 및 제2 봉 형상 전극(31)은 히터(2)의 열에 의해 산화된다. 그래서 전극 보호관(32)의 내부에는 질소 등의 불활성 가스를 충전 또는 퍼지하여 산소 농도를 충분히 낮게 억제하여 제1 봉 형상 전극(29) 또는 제2 봉 형상 전극(31)의 산화를 방지하기 위한 불활성 가스 퍼지 기구가 설치된다.

[0034]

반응관(3)에는 처리실(4) 내의 분위기를 배기하는 배기관(36)이 설치된다. 배기관(36)에는 처리실(4) 내의 압력을 검출하는 압력 검출기(압력 검출부)로서의 압력 센서(37) 및 압력 조절기(압력 조정부)로서의 APC(Auto Pressure Controller)밸브(38)를 개재하여 진공 배기 장치로서의 진공 펌프(39)가 접속되고, 처리실(4) 내의 압력이 원하는 압력(진공도)이 되도록 진공 배기할 수 있도록 구성된다. 또한 APC밸브(38)는 밸브를 개폐하여 처리실(4) 내의 진공 배기 및 진공 배기 정지를 할 수 있고, 또한 밸브의 개도(開度)를 조절하여 압력 조정 가능하도록 이루어진 개폐 밸브다. 주로 배기관(36), 압력 센서(37), APC밸브(38)에 의해 배기계가 구성된다. 또한 진공 펌프(39)를 배기계에 포함시켜서 생각해도 좋다.

[0035]

반응관(3)의 하방(下方)에는 반응관(3)의 하단 개구를 기밀하게 폐색 가능한 노구(爐口) 개체(蓋體)로서의 쉘 캡(41)이 설치된다. 쉘 캡(41)은 반응관(3)의 하단에 수직 방향 하측으로부터 당접(當接)되도록 이루어진다. 쉘 캡(41)은 예컨대 스텐레스 등의 금속으로 이루어지고, 원반 형상으로 형성된다. 쉘 캡(41)의 상면에는 반응관(3)의 하단과 당접하는 쉘 부재로서의 O링(42)이 설치된다. 또한 쉘 캡(41)의 처리실(4)과 반대측에는 보트(6)를 회전시키는 회전 기구(43)가 설치된다. 회전 기구(43)의 회전축(44)은 쉘 캡(41)을 관통하여 보트(6)에 접속되고, 보트(6)를 회전시키는 것에 의해 기관(5)을 회전시키도록 구성된다. 쉘 캡(41)은 반응관(3)의 외부에 수직으로 설치된 승강 기구로서의 보트 엘리베이터(45)에 의해 수직 방향으로 승강되도록 구성되고, 보트 엘리베이터(45)에 의해 보트(6)를 처리실(4) 내에 대하여 반입 반출하는 것이 가능하도록 이루어진다.

[0036]

기관 지지구로서의 보트(6)는 예컨대 석영이나 탄화규소 등의 내열 재료로 형성되고, 복수 매의 기관(5)을 수평 자세로 또한 중심을 맞춘 상태에서 정렬시켜서 다단으로 지지하도록 구성된다. 또한 보트(6)의 하부에는 예컨대 석영이나 탄화규소 등의 내열 재료로 이루어지는 단열 부재(46)(部材)가 설치되고, 히터(2)로부터의 열이 쉘 캡(41)측에 전달되기 어려워지도록 구성된다. 또한 단열 부재(46)는 석영이나 탄화규소 등의 내열 재료로 형성되는 복수 매의 단열판과, 단열판을 수평 자세로 다단으로 지지하는 단열판 홀더에 의해 구성해도 좋다.

[0037]

반응관(3) 내에는 온도 검출기로서의 온도 센서(47)가 설치된다. 온도 센서(47)에 의해 검출된 온도 정보에 기초하여 히터(2)로의 통전 상태를 조정하는 것에 의해 처리실(4) 내의 온도가 원하는 온도 분포가 되도록 구성된다. 온도 센서(47)는 제1 노즐(7), 제2 노즐(8)과 마찬가지로 L자형으로 구성되고, 반응관(3)의 내벽을 따라 설치된다.

[0038]

도 7을 참조하면, 제어부(제어 수단)인 컨트롤러(48)는 CPU(70)(Central Processing Unit), RAM(71)(Random Access Memory), 기억 장치(72), I/O 포트(73)를 구비한 컴퓨터로서 구성된다. RAM(71), 기억 장치(72), I/O 포트(73)는 내부 버스(74)를 개재하여 CPU(70)와 데이터 교환 가능하도록 구성된다. 컨트롤러(48)에는 예컨대 터치패널 등으로서 구성된 입출력 장치(75)가 접속된다.

[0039]

기억 장치(72)는 예컨대 플래시 메모리, HDD(Hard Disk Drive) 등으로 구성된다. 기억 장치(72)내에는 기관 처리 장치의 동작을 제어하는 제어 프로그램이나, 후술하는 일련의 기관 처리의 순서나 조건 등이 기재된 프로세스 레시피 등이 판독 가능하도록 격납된다. 또한 프로세스 레시피는 후술하는 일련의 기관 처리에서의 각 순서(각 스텝)를 컨트롤러(48)에 실행시켜 소정의 결과를 얻을 수 있도록 조합된 것이며, 프로그램으로서 기능한다. 이하, 이 프로세스 레시피나 제어 프로그램 등을 총칭하여 단순히 프로그램이라고도 부른다. 또한 본 명세서에

서 프로그램이라는 단어를 이용한 경우는 프로세스 레시피 단체(單體)만을 포함하는 경우, 제어 프로그램 단체만을 포함하는 경우, 또는 그 양방을 포함하는 경우가 있다. 또한 RAM(71)은 CPU(70)에 의해 관독된 프로그램이나 데이터 등이 일시적으로 보지되는 메모리 영역(work area)으로서 구성된다.

[0040] I/O 포트(73)는 버스(77)를 개재하여 전술한 MFC(12, 15, 18, 24), 밸브(13, 16, 25), 제1 밸브(19), 제2 밸브(22), 압력 센서(20, 37), APC밸브(38), 진공 펌프(39), 히터(2), 온도 센서(47), 회전 기구(43), 보트 엘리베이터(45), 고주파 전원(34), 정합기(33) 등에 접속된다.

[0041] CPU(70)는 기억 장치(72)로부터 제어 프로그램을 관독하여 실행하는 것과 함께, 입출력 장치(75)로부터의 조작 커맨드의 입력 등에 따라 기억 장치(72)로부터 프로세스 레시피를 관독하도록 구성된다. CPU(70)는 관독한 프로세스 레시피의 내용을 따르도록 MFC(12, 15, 18, 24)에 의한 각종 가스의 유량 조정 동작, 밸브(13, 16, 25)의 개폐 동작, 압력 센서(20)에 기초하는 제1 밸브(19) 및 제2 밸브(22)의 개폐 동작, APC밸브(38)의 개폐 및 압력 센서(37)에 기초하는 압력 조정 동작, 온도 센서(47)에 기초하는 히터(2)의 온도 조정 동작, 진공 펌프(39)의 기동 및 정지, 회전 기구(43)의 회전 속도 조절 동작, 보트 엘리베이터(45)의 승강 동작 등의 제어나, 고주파 전원(34)의 전력 공급 제어, 정합기(33)에 의한 임피던스 제어하도록 구성된다.

[0042] 컨트롤러(48)는 전용의 컴퓨터로서 구성되는 경우에 한정되지 않고, 범용의 컴퓨터로서 구성되어도 좋다. 예컨대 전술한 프로그램을 격납한 외부 기억 장치(76)[예컨대 자기(磁氣) 테이프, 플렉시블 디스크나 하드 디스크 등의 자기 디스크, CD나 DVD 등의 광(光)디스크, MO 등의 광자기 디스크, USB메모리나 메모리 카드 등의 반도체 메모리]를 준비하고, 이 외부 기억 장치(76)를 이용하여 범용의 컴퓨터에 프로그램을 인스톨하는 것 등에 의해 본 실시 형태의 컨트롤러(48)를 구성할 수 있다. 단, 컴퓨터에 프로그램을 공급하기 위한 수단은 외부 기억 장치(76)를 개재하여 공급하는 경우에 한정되지 않는다. 예컨대 인터넷이나 전용 회선 등의 통신 수단을 이용하여 외부 기억 장치(76)를 개재하지 않고 프로그램을 공급해도 좋다. 기억 장치(72)나 외부 기억 장치(76)는 컴퓨터 관독 가능한 기록 매체로서 구성된다. 이하, 이들을 총칭하여 단순히 기록 매체라고도 부른다. 본 명세서에서 기록 매체라는 단어를 이용한 경우는 기억 장치(72) 단체만을 포함하는 경우, 외부 기억 장치(76) 단체만을 포함하는 경우, 또는 그 양방을 포함하는 경우가 있다.

[0043] 다음으로 도 3에서 처리로(1)를 이용한 반도체 장치(디바이스)의 제조 공정의 일 공정으로서 기관(5) 상에 질화막을 성막하는 처리의 시퀀스에 대하여 설명한다. 또한 이하의 설명에서 기관 처리 장치를 구성하는 각(各)부(部)의 동작은 컨트롤러(48)에 의해 제어된다.

[0044] 본 실시예에서는 제1 처리 가스(원료 가스)로서 실리콘 함유 가스인 DCS가스를 이용하고, 제2 처리 가스(반응 가스)로서 질소 함유 가스인 NH_3 가스를 이용하여, 기관(5) 상에 실리콘 질화막(SiN막)을 형성하는 경우에 대하여 설명한다. 또한 본 실시예에서는 제1 처리 가스 공급계에 의해 실리콘 함유 가스 공급계가 구성되고, 제2 처리 가스 공급계에 의해 질소 함유 가스 공급계가 구성된다.

[0045] 복수 매의 기관(5)이 보트(6)에 충전(charge)되면, 도 1에 도시되는 바와 같이 복수 매의 기관(5)을 지지한 보트(6)는 보트 엘리베이터(45)에 의해 들어올려져 처리실(4) 내에 반입(보트 로드)된다. 이 상태에서 쉘 캡(41)은 0팅(42)을 개재하여 반응관(3)의 하단을 밀봉한 상태가 된다.

[0046] 다음으로 처리실(4) 내가 원하는 압력(진공도)이 되도록 진공 펌프(39)에 의해 진공 배기된다. 이때 처리실(4) 내의 압력은 압력 센서(37)로 측정되고, 측정된 압력에 기초하여 APC밸브(38)가 피드백 제어된다(압력 조정). 또한 처리실(4) 내가 원하는 온도가 되도록 히터(2)에 의해 가열된다. 이때 처리실(4) 내가 원하는 온도 분포가 되도록 온도 센서(47)가 검출한 온도 정보에 기초하여 히터(2)로의 통전 상태가 피드백 제어된다(온도 조정). 계속해서 회전 기구(43)에 의해 보트(6)가 회전되는 것에 의해 기관(5)이 회전된다(기관 회전). 그 후, 후술하는 7개의 STEP을 순차 실행한다.

[0047] STEP 01에서는 DCS가스를 처리실(4) 내에 공급하고, 기관(5) 상에 실리콘 함유층을 형성한다. 처리실(4) 내가 원하는 압력, 온도가 된 후, APC밸브(38)의 개도를 0%[전폐(全閉)]로 하고 처리실(4) 내의 배기를 정지한 상태에서 제1 가스 공급관(9)의 밸브(13)를 열고 제1 가스 공급관(9) 내에 DCS가스를 흘린다. 제1 가스 공급관(9) 내를 흐른 DCS가스는 MFC(12)에 의해 유량 조정되어 제1 노즐(7)의 가스 공급공(17)으로부터 시간(s1)까지 처리실(4) 내에 공급된다.

[0048] DCS가스의 공급과 병행하여 밸브(25)를 열고 제2 불활성 가스 공급관(23) 내에 N_2 등의 불활성 가스를 흘린다. 제2 불활성 가스 공급관(23) 내를 흐르는 N_2 가스는 MFC(24)에 의해 유량 조정된 후, 제2 노즐(8)의 가스 공급공

(28)으로부터 방전실(26) 내에 공급되고, 가스 공급공(27)을 개재하여 처리실(4) 내에 공급된다. 가스 공급공(27)으로부터 처리실(4) 내에 N_2 가스가 공급되는 것에 의해 방전실(26) 내에 DCS가스가 유입되지 않도록 이루어지고, DCS가스 및 N_2 가스는 배기관(36)으로부터 배기된다.

[0049]

이때 실리콘 함유층을 기관(5)의 표면 상에 단시간에 형성할 필요가 있기 때문에 처리실(4)의 배기는 정지한 상태에서 DCS를 공급하는 것이 좋다. 즉 APC밸브(38)는 전폐의 상태이기 때문에, DCS의 공급 시작점의 s0 이후, 처리실(4)의 압력은 계속해서 상승한다. 처리실(4)의 압력이 계속해서 상승하는 상태를 1초 내지 3초 정도 유지한다. 이 유지 시간 동안에 상승시키는 압력은 200Pa 내지 2,000Pa의 범위가 좋다. 이때의 DCS가스의 공급 유량은 예컨대 1sccm 내지 2,000sccm, 바람직하게는 10sccm 내지 1,000sccm의 범위 내의 유량으로 한다. 또한 이때의 히터(2)의 온도는 처리실(4) 내의 기관(5) 상에서 CVD반응이 발생할 정도의 온도, 즉 기관(5)의 온도가 예컨대 300℃ 내지 600℃의 범위 내가 되도록 설정한다. 또한 기관(5)의 온도가 300℃ 미만이면, 기관(5) 상에 DCS가 흡착하기 어려워지고, 기관(5)의 온도가 650℃를 초과하면 기상(氣相) 반응이 강해져 균일성이 악화되기 쉬워진다. 따라서 기관(5)의 온도는 300℃ 내지 600℃의 범위 내에서 하는 것이 바람직하다.

[0050]

전술의 조건 하에서 기관(5)에 대하여 DCS가스를 공급하는 것에 의해 기관(5) 표면의 집적 회로 상에 1원자층 미만 내지 수원자층 정도의 두께의 실리콘 함유층으로서의 실리콘층(Si층)이 형성된다. 실리콘 함유층은 DCS의 흡착층이어도 좋다. 여기서 실리콘층이란 실리콘에 의해 구성되는 연속적인 층 외에 불연속적인 층이나 이들이 중첩되어 이루어지는 박막도 포함한다. 또한 DCS의 흡착층이란 DCS분자로 구성되는 연속적인 화학 흡착층 외에 불연속적인 화학 흡착층도 포함한다. 또한 기관(5) 상에 형성되는 실리콘 함유층의 두께가 수원자층을 초과하면 후술하는 질화의 작용이 실리콘 함유층의 전체에 전달되지 않는다. 또한 기관(5) 상에 형성 가능한 실리콘 함유층의 최소값은 1원자층 미만이다. 따라서 실리콘 함유층의 두께는 1원자층 미만 내지 수원자층 정도로 하는 것이 바람직하다. 또한 DCS가스가 자기분해(自己分解)하는 조건 하에서는 기관(5) 상에 실리콘이 퇴적하는 것에 의해 실리콘 함유층이 형성되고, DCS가스가 자기분해하지 않는 조건 하에서는 기관(5) 상에 DCS가 화학 흡착하는 것에 의해 DCS의 흡착층이 형성된다. 또한 기관(5) 상에 DCS의 흡착층을 형성하는 것보다 기관(5) 상에 실리콘 함유층을 형성하는 것이 성막 레이트를 높게 할 수 있어 바람직하다.

[0051]

STEP 02에서는 처리실(4) 내의 퍼지를 수행한다. 기관(5) 상에 실리콘 함유층이 형성된 후, 시간(s1)의 시점에서 밸브(13)를 닫고 DCS가스의 공급을 정지하는 것과 함께 제1 불활성 가스 공급관(14)의 밸브(16)를 열고 제1 노즐(7)의 가스 공급공(17)을 개재하여 처리실(4) 내에 N_2 가스를 공급한다. 이때 제2 불활성 가스 공급관(23)의 밸브(25)는 연 상태로 하여 제2 노즐(8)로부터 처리실(4) 내로의 N_2 가스의 공급을 유지한다. 또한 배기관(36)의 APC밸브(38)를 열고 진공 펌프(39)를 개재하여 처리실(4) 내를 배기한다. 따라서 처리실(4) 내가 N_2 가스에 의해 퍼지되는 것과 함께 처리실(4) 내가 진공 배기되어 처리실(4) 내에 잔류하는 미반응 또는 실리콘 함유층 형성에 기여한 후의 DCS가스를 처리실(4) 내로부터 배제할 수 있다. 또한 제1 노즐(7), 제2 노즐(8)로부터의 N_2 가스의 공급 시간은 1초 내지 5초의 범위 내에서 하는 것이 바람직하다.

[0052]

실리콘 함유 가스로서는 DCS가스 외에 테트라클로로실란($SiCl_4$, 약칭: TCS) 가스, 헥사클로로디실란(Si_2Cl_6 , 약칭: HCDS) 가스, 모노실란(SiH_4) 가스 등의 무기 원료뿐만 아니라, 아미노실란계의 테트라키스디메틸아미노실란($Si[N(CH_3)_2]_4$, 약칭: 4DMAS) 가스, 트리스디메틸아미노실란($Si[N(CH_3)_2]_3H$, 약칭: 3DMAS) 가스, 비스디메틸아미노실란($Si[N(C_2H_5)_2]_2H_2$, 약칭: 2DEAS) 가스, 비스터셔리부틸아미노실란($SiH_2[NH(C_4H_9)]_2$, 약칭: BTBAS) 가스 등의 유기 원료를 이용해도 좋다. 불활성 가스로서는 N_2 가스 외에 Ar가스, He가스, Ne가스, Xegas 등의 희가스를 이용해도 좋다.

[0053]

STEP 03에서는 처리실(4) 내를 진공 흡입한다. 제1 노즐(7), 제2 노즐(8)로부터 N_2 가스를 소정 시간(s1 내지 s2 까지) 처리실(4) 내에 공급한 후, 시간(s2)에서 제1 불활성 가스 공급관(14)의 밸브(16), 제2 불활성 가스 공급관(23)의 밸브(25)를 닫고 처리실(4) 내로의 가스의 공급을 모두 정지하는 것과 함께, APC밸브(38)를 전개(全開)로 한다. 처리실(4) 내로의 가스 공급의 정지 후에도 진공 펌프(39)에 의한 진공 배기가 계속되고, 처리실(4) 내의 압력을 저압으로 한다. 이때의 압력은 NH_3 가스의 활성종을 생성하기 시작한 시점의 방전실(26)의 압력보다 낮은 압력, 즉 후술하는 파센의 법칙을 만족시키는 압력보다 낮은 압력까지 감압된다. 예컨대 10Pa 이하, 바람직하게는 1Pa 이하의 범위 내의 압력인 고진공 상태까지 감압된다.

- [0054] STEP 04 내지 STEP 06에서는 처리실(4) 내에 NH_3 가스의 활성종을 공급하고, 실리콘 함유층을 개질하여 실리콘 질화층을 형성한다. STEP 05 내지 STEP 06[시간(t_2) 내지 시간(t_4)]은 소정 횟수 되풀이되고, 처리실(4) 내에 펄스 형상으로 복수 회 NH_3 가스의 활성종을 공급한다(플래시 플로우).
- [0055] 도 4는 종축(縱軸)에 압력, 횡축(橫軸)에 시간을 도시하고 방전실(26) 내의 압력 변화를 도시한 도면이며, 도 3, 도 4를 참조하여 STEP 04에서의 NH_3 가스의 방전실(26) 내로의 공급에 대하여 설명한다.
- [0056] STEP 04에서는 봉 형상 전극에 고주파 전력을 인가한다. 처리실(4) 내의 진공 배기를 소정 시간 계속하여 처리실(4) 내를 감압한 후, 시간(t_1)[시간(s_3)]에서 고주파 전원(34)이 정합기(33)를 개재하여 제1 봉 형상 전극(29) 및 제2 봉 형상 전극(31)에 고주파 전력을 인가한다.
- [0057] STEP 05에서는 방전실(26) 내에 NH_3 가스를 공급한다. 고주파 전력을 인가한 후, 시간(t_2)에서 제2 밸브(22)를 여는 것에 의해 미리 가스 탱크(21) 내에 충전된 고압의 NH_3 가스가 단번에 방전실(26) 내에 공급되어, 방전실(26) 내의 압력이 급격하게 상승한다. 이때 밸브(19)는 닫은 상태로 한다.
- [0058] 여기서 가스 탱크(21) 내로의 NH_3 가스의 충전은 STEP 01 내지 STEP 04 중 임의의 타이밍으로 수행되어도 좋고, STEP 01 이전에 수행되어도 좋다. 밸브(22)를 닫은 상태에서 밸브(19)를 여는 것에 의해 가스 탱크(21) 내에 NH_3 가스가 충전된다. 가스 탱크(21) 내가 후술하는 소정의 압력이 된 것을 압력 센서(20)가 검지하면, 밸브(19)를 닫고 NH_3 가스의 충전을 완료한다.
- [0059] 방전실(26) 내로의 NH_3 가스의 공급을 시작한 후, 시간(t_3)의 시점에서 방전실(26) 내의 압력이 파센의 법칙을 만족시키는 압력이 된다. 방전실(26) 내의 압력이 파센의 법칙을 만족시키면 방전실(26) 내에서 방전이 발생하여 플라스마 생성 영역(35)에 플라스마가 생성된다. 플라스마가 생성되는 것에 의해 NH_3 가스의 활성종이 생성된다.
- [0060] 방전실(26) 내의 압력이 급격하게 상승하고 NH_3 가스의 활성종을 생성하기 시작한 시점[시간(t_3)시점]에서는 처리실(4) 내의 압력은 저압이기 때문에 플라스마 생성 영역(35)에서 생성된 고밀도의 NH_3 가스의 활성종은 가스 공급공(27)으로부터 처리실(4) 내에 단번에 공급된다. 이때 적층된 기관(5) 사이의 압력도 방전실(26) 내의 압력보다 저압으로 이루어지기 때문에 활성종은 적층된 기관(5) 사이에도 충분히 공급된다.
- [0061] 따라서 기관(5)의 표면의 실리콘 함유층이 NH_3 가스의 활성종에 의해 질화되어 실리콘 및 질소를 포함하는 실리콘 질화층(SiN 층)으로 개질된다. 또한 기관(5) 표면의 집적 회로의 깊은 홈[溝]도 방전실(26) 내의 압력보다 저압으로 이루어지기 때문에 홈에도 활성종이 충분히 공급되어, 커버리지가 양호한 실리콘 질화층이 형성된다. 또한 NH_3 가스의 공급 공정[시간(s_3) 내지 시간(s_4)]에서도 진공 펌프(39)에 의한 진공 배기가 계속되고, 미반응의 활성종, 실리콘 함유층을 질화시킨 후의 활성종이나 반응 부생성물은 배기관(36)으로부터 배기된다.
- [0062] 플라스마가 생성된 후에도 방전실(26) 내의 압력은 또한 상승하도록 이루어지고, 플라스마는 방전실(26)의 압력의 변동에 따라 상태를 변화시키면서 생성되지만, 가스 탱크(21) 내의 NH_3 가스의 감소, 즉 방전실(26) 내에 공급되는 NH_3 가스 유량 감소에 따라 방전실(26) 내의 압력이 저하된다.
- [0063] 제2 밸브(22)는 시간(t_4)의 시점에서 닫히고 방전실(26) 내로의 NH_3 가스의 공급이 정지된다. 방전실(26) 내로의 NH_3 가스의 공급이 정지된 후에도 시간(t_6)의 시점에서 플라스마가 소실할 때까지 플라스마 생성 영역(35)에서 NH_3 가스의 활성종이 계속해서 생성된다.
- [0064] STEP 06에서는 가스 탱크(21)로의 NH_3 가스의 충전을 수행한다. NH_3 가스의 공급 정지 후, 시간(t_5)의 시점에서 제2 가스 공급관(11)의 제1 밸브(19)를 열고 MFC(18)에 유량 조정된 NH_3 가스를 가스 탱크(21) 내에 유입한다. 이때 제2 밸브(22)는 닫혀 있기 때문에 유입하는 NH_3 가스에 의해 가스 탱크(21) 내의 압력이 상승한다. 가스 탱크(21) 내의 압력은 압력 센서(20)에 의해 측정되고, 가스 탱크(21) 내의 압력이 원하는 압력, 예컨대 0.05MPa 내지 0.1MPa의 범위 내의 압력이 되도록 MFC(18), 제1 밸브(19)가 피드백 제어된다. 가스 탱크(21) 내가 소정의 압력까지 승압되면 제1 밸브(19)가 닫혀진다.

- [0065] 또한 가스 탱크(21)로의 NH_3 가스의 충전은 방전실(26) 내로의 NH_3 가스의 공급 정지와 동시에 시작해도 좋다. 즉 제2 밸브(22)를 닫는 것과 동시에 제1 밸브(19)를 열어도 좋고, 즉 시간(t_4)과 시간(t_5)을 같은 시간으로 해도 좋다. 가스 탱크(21)로의 NH_3 가스의 충전은 방전실(26) 내로의 NH_3 가스의 공급 정지와 동시에 수행하는 것에 의해 NH_3 가스의 충전에 소요되는 시간을 단축할 수 있어, 플래시 플로우의 간격을 짧게 하는 것이 가능해진다.
- [0066] 가스 탱크(21) 내에 충전하는 NH_3 가스의 양은 가스 탱크(21) 내에 충전된 NH_3 가스를 방전실(26) 내에 공급했을 때에 방전실(26) 내의 압력이 파센의 법칙을 만족시킬 수 있는 압력이 되는 양 이상이다. 즉 방전실(26) 내에서 방전이 발생해 플라스마 생성 영역(35)에 플라스마가 생성되는 압력이 되는 양 이상이다. 즉 소정의 압력이란 가스 탱크(21) 내에 충전된 NH_3 가스를 방전실(26) 내에 공급했을 때에 방전실(26) 내의 압력이 파센의 법칙을 만족시킬 수 있는 압력이 되는 양 이상의 NH_3 가스가 가스 탱크(21) 내에 충전되었을 때의 압력이다.
- [0067] 가스 탱크(21) 내에 소정의 압력의 NH_3 가스를 충전한 후에는 다시 STEP 05[시간(t_2)]으로 돌아가 재차 제2 밸브(22)를 열고 방전실(26) 내에 NH_3 가스를 공급한다.
- [0068] 전술한 STEP 05 내지 STEP 06[시간(t_2) 내지 시간(t_4)]을 소정 횟수, 예컨대 7회 반복하고, 처리실(4) 내에 펄스 형상으로 복수 회 NH_3 가스의 활성종을 공급하는 것에 의해 기관(5)의 표면에 양호한 질화막을 형성할 수 있다.
- [0069] 또한 1회당의 가스 탱크(21) 내로의 NH_3 가스의 충전, 가스 탱크(21)로부터 방전실(26) 내로의 NH_3 가스의 공급 모두 단시간에 종료되기 때문에, 가스 탱크(21)로부터 방전실(26) 내로의 NH_3 가스의 공급은 공급과 정지를 간헐적으로 반복하는 플래시 플로우(플래시 분할 공급)가 된다.
- [0070] 본 실시예에서는 방전실(26) 내의 압력의 급격한 변동에 따라 플라스마의 임피던스도 급격히 변동하기 때문에 정합기(33)의 정합 정수를 필요한 상태에서 고정하고, 자동으로 임피던스의 조절을 수행하지 않는 등, 고주파 전원(34)측의 정합 조건이 설정된다. 구체적으로는 방전실(26) 내의 최대 압력, 또는 최대 압력보다 약간 낮은 압력이 파센의 법칙을 만족시키는 압력이 되도록 방전 압력을 설정하고, 고주파 전원의 정합 조건을 설정한다.
- [0071] 또한 질소 함유 가스로서는 NH_3 가스를 플라스마로 여기한 가스 이외에 디아젠(N_2H_2) 가스, 히드라진(N_2H_4) 가스, N_3H_8 가스 등의 질화수소계 가스나 N_2 가스를 플라스마로 여기한 가스를 이용해도 좋고, 이들 가스를 Ar가스, He가스, Ne가스, Xe가스 등의 희가스로 희석한 가스를 플라스마로 여기하여 이용해도 좋다.
- [0072] STEP 07에서는 NH_3 가스의 플래시 플로우 후의 처리실(4) 내를 퍼지한다[시간(s_4) 내지 시간(s_5)]. NH_3 가스의 플래시 플로우를 소정 횟수 수행한 후, 시간(s_4)에서 고주파 전원(34)으로부터의 고주파 전력의 인가를 정지하고, 밸브(16, 25)를 열고 제1 노즐(7)의 가스 공급공(17), 제2 노즐(8)의 가스 공급공(28)으로부터 N_2 가스를 공급한다. 제1 노즐(7), 제2 노즐(8)로부터의 N_2 가스의 공급 시간은 0초 내지 1초의 범위 내로 하는 것이 바람직하다.
- [0073] 처리실(4) 내의 퍼지 시에도 진공 펌프(39)에 의한 진공 배기가 계속되고, 공급된 N_2 가스에 의해 방전실(26) 내, 처리실(4) 내에 잔류하는 미반응 또는 질화에 기여한 후의 NH_3 가스나 반응 부생성물이 퍼지되고, 처리실(4) 내로부터 배제된다.
- [0074] 전술한 STEP 01 내지 STEP 07[시간(s_0) 내지 시간(s_5)]을 1사이클로 하여 사이클을 적어도 1회 이상 수행하는 것에 의해, 기관(5) 상에 원하는 막 두께의 실리콘 및 질소를 포함하는 박막, 즉 실리콘 질화막(SiN막)을 성막할 수 있다. 또한 전술한 사이클은 복수 회 반복하는 것이 바람직하다. 또한 STEP 07은 생략되어도 좋다. STEP 07을 생략하는 것에 의해 그 분량의 성막에 소요되는 시간을 단축할 수 있기 때문에 스루풋을 향상시키는 것이 가능해진다.
- [0075] 원하는 막 두께의 실리콘 질화막을 형성하는 성막 처리가 종료되면, N_2 등의 불활성 가스가 처리실(4) 내에 공급되고 배기되는 것에 의해 처리실(4) 내가 불활성 가스로 퍼지된다(가스 퍼지). 그 후, 처리실(4) 내의 분위기가 불활성 가스로 치환되고(불활성 가스 치환), 처리실(4) 내의 압력이 상압으로 복귀된다(대기압 복귀).
- [0076] 그 후, 보트 엘리베이터(45)에 의해 쉘 캡(41)이 강하되어 반응관(3)의 하단이 개구되는 것과 함께 처리 완료된 기관(5)이 보트(6)에 지지된 상태에서 반응관(3)의 하단으로부터 반응관(3)의 외부에 반출된다(보트 언로드).

그 후, 처리 완료된 기관(5)이 보트(6)로부터 취출(取出)된다(discharge).

[0077] 본 실시 형태에 의하면, 이하에 나타내는 1개 또는 복수의 효과를 얻을 수 있다.

[0078] (1) 방전실 내에 처리 가스를 플래시 플로우 하는 것에 의해 반응실 내에 고밀도의 처리 가스의 활성종을 1사이클로 대량으로 공급할 수 있어, 생산성을 향상시킬 수 있다.

[0079] (2) 방전실 내에 처리 가스가 공급되었을 때의 압력보다 반응실 내의 압력을 낮추는 것에 의해 기관 사이나 기관 상의 집적 회로가 깊은 홈에도 처리 가스의 활성종이 공급되어, 커버리지를 향상시킬 수 있다.

[0080] (3) 방전실에 공급한 처리 가스가 모두 처리실 내에 공급되기 전에 가스 탱크의 하류측의 밸브를 닫고 처리 가스의 방전실로의 공급을 정지하고, 가스 탱크 내로의 처리 가스의 충전을 시작하는 것에 의해 플래시 플로우의 간격을 짧게 할 수 있어, 성막에 소요되는 시간을 단축할 수 있다. 또한 플래시 플로우의 횟수도 늘릴 수 있기 때문에 생산성을 향상시킬 수 있다.

[0081] (4) 방전실 내의 최대 압력, 또는 최대 압력보다 약간 낮은 압력이 파센의 법칙을 만족시키는 압력이 되도록 고주파 전원의 정합 조건을 설정하는 것에 의해, 처리 가스의 플래시 플로우에 대응한 고속의 플라즈마 생성 및 소실을 반복할 수 있다.

[0082] 또한 본 실시예에서는 실리콘 함유 가스, 질소 함유 가스를 이용하여 SiN막을 형성하는 예에 대하여 설명했지만, 본 발명은 전술한 실시예에 한정되지 않는다.

[0083] 예컨대 알루미늄 함유 가스와 질소 함유 가스를 이용하여 알루미늄 질화막(AlN막)을 형성하는 경우나, 티타늄 함유 가스와 질소 함유 가스를 이용하여 티타늄 질화막(TiN막)을 형성하는 경우나, 보론 함유 가스와 질소 함유 가스를 이용하여 보론 질화막(BN막)을 형성하는 경우 등에도 적용할 수 있다. 또한 실리콘 함유 가스와 산소 함유 가스를 이용하여 실리콘 산화막(SiO₂막)을 형성하는 경우나, 알루미늄 함유 가스와 산소 함유 가스를 이용하여 알루미늄 산화막(Al₂O₃막)을 형성하는 경우나, 티타늄 함유 가스와 산소 함유 가스를 이용하여 티타늄 산화막(TiO₂막)을 형성하는 경우나, 실리콘 함유 가스와 탄소 함유 가스를 이용하여 실리콘 탄화막(SiC막)을 형성하는 경우 등에도 적용할 수 있다.

[0084] 도 5는 본 실시예의 처리로(1)의 제1 변형예를 도시한다.

[0085] 제1 변형예에서는 제2 가스 공급관(11)의 제1 밸브(19)의 상류측과 제2 밸브(22)의 하류측에 제1 분기관(51)이 제2 가스 공급관(11)과 병렬로 접속되고, 제1 분기관(51)에는 상류측부터 순서대로 제3 밸브(52), 가스 탱크(53), 제4 밸브(54)가 설치된다.

[0086] 또한 제1 분기관(51)의 제3 밸브(52)의 상류측과 제4 밸브(54)의 하류측에 제2 분기관(55)이 제1 분기관(51)과 병렬로 접속되고, 제2 분기관(55)에는 상류측부터 순서대로 제5 밸브(56), 가스 탱크(57), 제6 밸브(58)가 설치된다.

[0087] 따라서 제2 가스 공급관(11)과 제1 분기관(51)과 제2 분기관(55)이 각각 병렬로 접속되고, 가스 탱크(21), 가스 탱크(53), 가스 탱크(57)가 각각 병렬로 접속된다.

[0088] 상기 제1 변형예에서는 가스 탱크(21)로부터 방전실(26) 내에 NH₃가스를 공급한 후, 가스 탱크(21)에 새로운 NH₃가스를 충전하는 동안에 이미 충전이 완료된 가스 탱크(53), 가스 탱크(57)로부터 NH₃가스를 방전실(26) 내에 공급할 수 있기 때문에, 충전으로부터 공급까지의 대기 시간을 단축하여, 보다 세밀한 플래시 플로우를 수행할 수 있어, 처리 능력을 향상시킬 수 있다.

[0089] 또한 복수의 가스 탱크를 동시에 열림(開)으로 하는 것에 의해 보다 대량의 NH₃가스를 방전실(26) 내에 공급하는 것도 가능해진다.

[0090] 또한 도 6은 본 발명의 처리로(1)의 제2 변형예를 도시한다.

[0091] 본 실시예 및 변형예에서는 반응관(3)의 내벽을 따라 방전실(26)을 설치하는 경우에 대하여 설명했지만, 도 6에 도시되는 제2 변형예와 같이 반응관(3)의 외부에 돌출하도록 방전실(26)을 설치하는 경우에도 본 발명의 실시예 및 제1 변형예와 동등한 효과를 얻을 수 있다는 것은 말할 필요도 없다.

[0092] (부기)

[0093] 이하, 본 발명의 바람직한 실시의 형태에 대하여 부기(附記)한다.

- [0094] (부기1)
- [0095] 본 발명의 바람직한 일 형태에 의하면,
- [0096] 기관을 처리하는 처리실;
- [0097] 상기 처리실 내에 활성화된 처리 가스를 공급하는 방전실;
- [0098] 상기 방전실 내에 공급된 상기 처리 가스를 활성화시키는 플라즈마원;
- [0099] 상기 처리실 내를 배기하는 배기계;
- [0100] 상기 처리 가스를 일시적으로 저류하는 저류부를 구비하고, 상기 방전실에 상기 처리 가스를 공급하는 처리 가스 공급계; 및
- [0101] 상기 저류부에 저류된 상기 처리 가스를 상기 방전실 내에 간헐적으로 공급하고, 상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 방전실로부터 상기 방전실 내의 압력보다 저압의 상기 처리실 내에 공급시키도록 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성되는 제어부;
- [0102] 를 포함하는 기관 처리 장치가 제공된다.
- [0103] (부기2)
- [0104] 부기1에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,
- [0105] 상기 저류부는 상류측부터 순서대로 제1 밸브와 가스 탱크와 제2 밸브를 포함한다.
- [0106] (부기3)
- [0107] 부기1 또는 부기2에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,
- [0108] 상기 방전실은 상기 처리실의 내벽에 설치되고, 상기 처리실과 상기 방전실을 격리하는 격리벽을 포함하고, 상기 격리벽에는 복수의 가스 공급공이 설치된다.
- [0109] (부기4)
- [0110] 부기1 내지 부기3에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,
- [0111] 상기 플라즈마원은 용량 결합형이며, 상기 방전실 내에 설치된다.
- [0112] (부기5)
- [0113] 부기1 내지 부기4에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,
- [0114] 상기 처리 가스를 상기 방전실 내에 도입되는 것보다 전에 상기 플라즈마원의 전원이 투입되도록 상기 플라즈마원과 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성된다.
- [0115] (부기6)
- [0116] 부기5에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,
- [0117] 상기 제어부는 상기 처리실 내의 압력을 저압으로 한 후에 상기 처리 가스를 상기 방전실 내에 도입하도록 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성된다.
- [0118] (부기7)
- [0119] 부기6에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,
- [0120] 상기 제어부는 상기 가스 탱크에 저류한 상기 처리 가스를 단번에 상기 방전실 내에 도입하고, 상기 방전실 내의 압력을 급격하게 상승시켜 상기 처리 가스를 플라즈마화하도록 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성된다.
- [0121] (부기8)
- [0122] 부기7에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,
- [0123] 상기 제어부는 상기 방전실 내의 압력을 파셴의 법칙을 만족시킬 수 있는 압력이 될 때까지 상승시키도록 상기

플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성된다.

(부기9)

부기1 내지 부기8에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,

상기 제어부는 상기 가스 탱크가 소정의 압력이 될 때까지 상기 처리 가스를 저류하도록 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성된다.

(부기10)

부기9에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,

상기 소정의 압력은 상기 방전실 내의 압력이 파센의 법칙을 만족시킬 수 있는 압력이 되는 양의 상기 처리 가스가 상기 가스 탱크 내에 충전되었을 때의 압력이다.

(부기11)

부기1 내지 부기10에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,

상기 제어부는 상기 플라즈마원의 전원이 투입된 상태에서 상기 처리 가스를 간헐적으로 상기 방전실 내에 공급하도록 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성된다.

(부기12)

부기1 내지 부기11에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,

상기 플라즈마원은 고주파 전원이 인가하는 고주파 전원을 공급하는 라인 도중에 상기 방전실 내가 상기 처리 가스의 공급에 의해 방전 압력까지 상승한 후에 플라즈마를 발생시키도록 정합 정수가 조정된 정합기를 포함한다.

(부기13)

부기12에 기재된 기관 처리 장치로서 바람직하게는,

상기 제어부는 상기 방전실 내에서의 플라즈마 발생 후, 상기 정합기에 의한 임피던스 제어를 정지하도록 상기 플라즈마원과 상기 배기계와 상기 처리 가스 공급계를 제어하도록 구성된다.

(부기14)

본 발명의 다른 형태에 의하면,

기관을 수납하는 처리실 내에 기관을 수용하는 수용 공정;

상기 처리실 내를 배기하는 배기 공정;

처리 가스 공급계에 구비된 일시적으로 상기 처리 가스를 저류하는 저류부로부터 처리 가스를 방전실 내에 간헐적으로 공급하고 상기 처리 가스를 활성화시키는 활성화 공정; 및

상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 처리실 내에 공급하는 공급 공정;

를 포함하고,

상기 공급 공정에서는 상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 방전실 내의 압력보다 저압의 상기 처리실 내에 공급시키는 반도체 장치의 제조 방법, 또는 기관 처리 방법이 제공된다.

(부기15)

본 발명의 또 다른 형태에 의하면,

기관을 수납하는 처리실 내에 기관을 수납하는 수용 순서;

상기 처리실 내를 배기하는 배기 순서;

처리 가스 공급계에 구비된 일시적으로 상기 처리 가스를 저류하는 저류부로부터 처리 가스를 방전실 내에 간헐적으로 공급하고, 상기 처리 가스를 활성화시키는 활성화 순서; 및

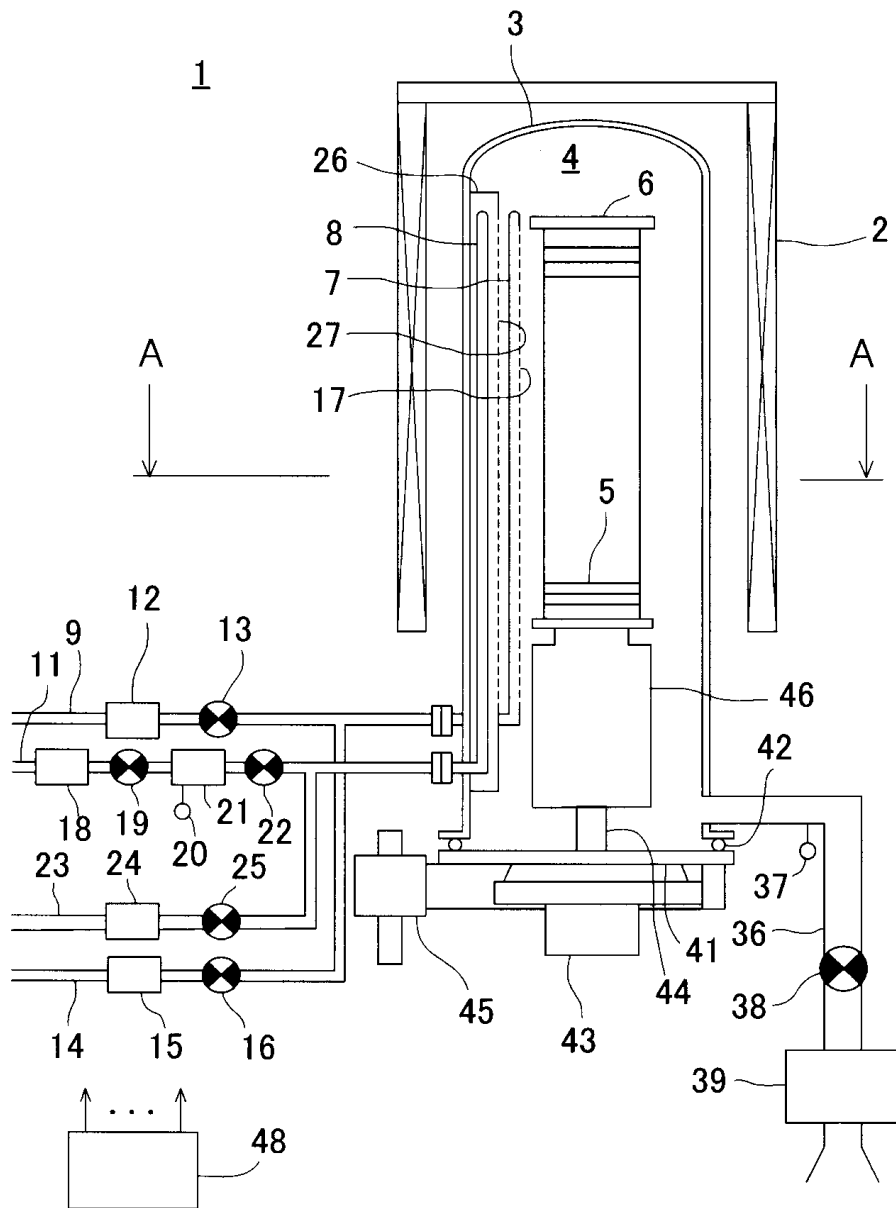
- [0152] 상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 처리실 내에 공급하는 공급 순서;
- [0153] 를 포함하고,
- [0154] 상기 공급 순서에서는 상기 방전실 내에서 활성화된 상기 처리 가스를 상기 방전실 내의 압력보다 저압의 상기 처리실 내에 공급시키는 프로그램, 또는 상기 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

부호의 설명

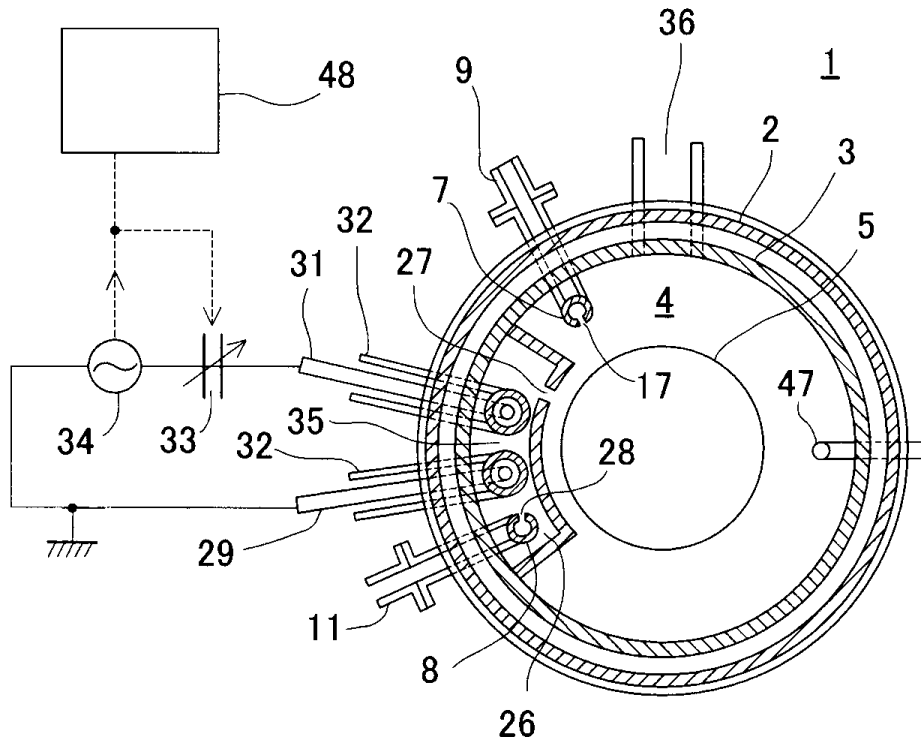
- [0155] 1: 처리로 3: 반응관
- 4: 처리실 7: 제1 노즐
- 8: 제2 노즐 17: 가스 공급공
- 19: 제1 밸브 21: 가스 탱크
- 22: 제2 밸브 26: 방전실
- 34: 고주파 전원 36: 배기관

도면

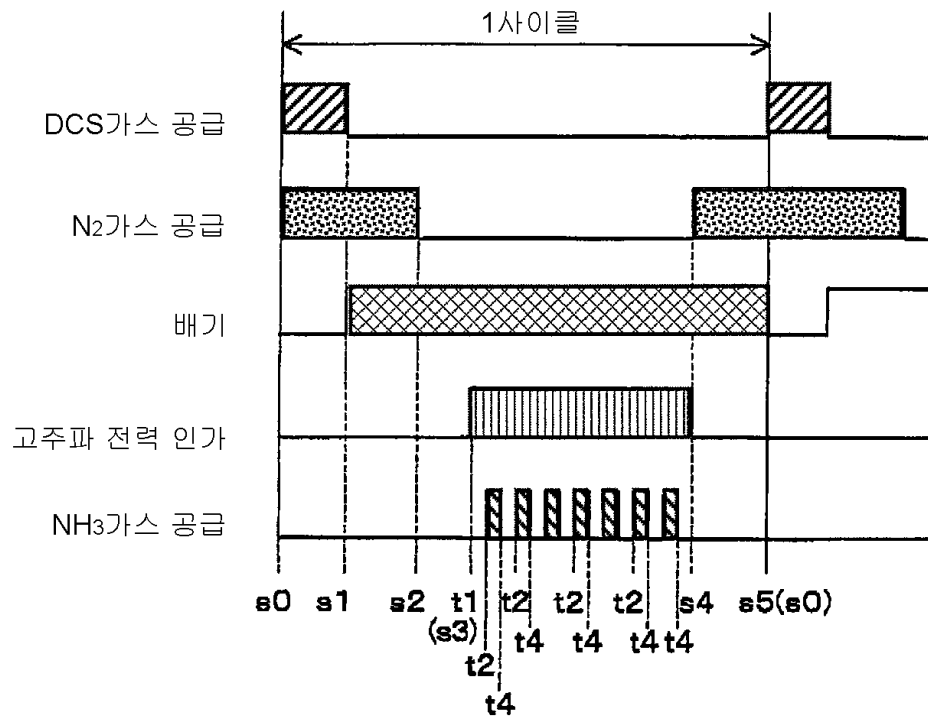
도면1



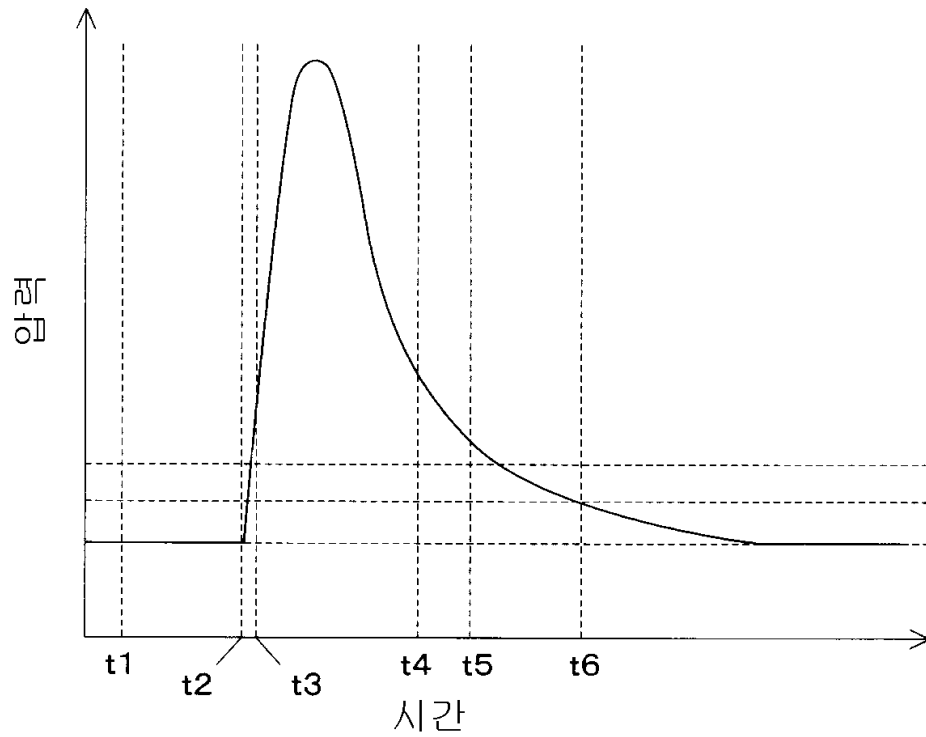
도면2



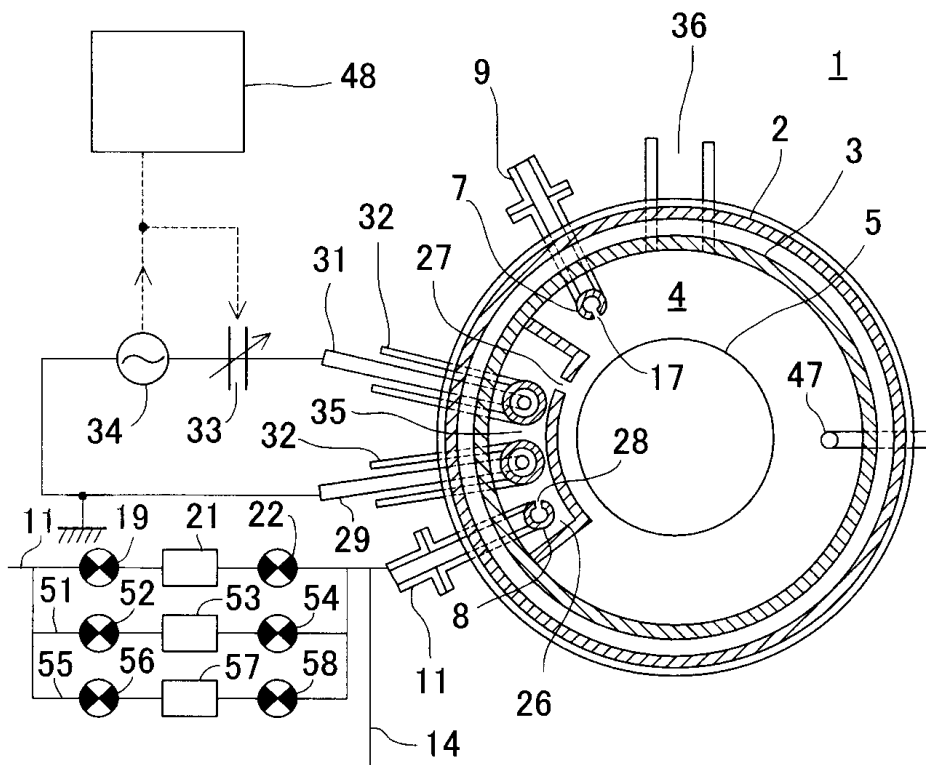
도면3



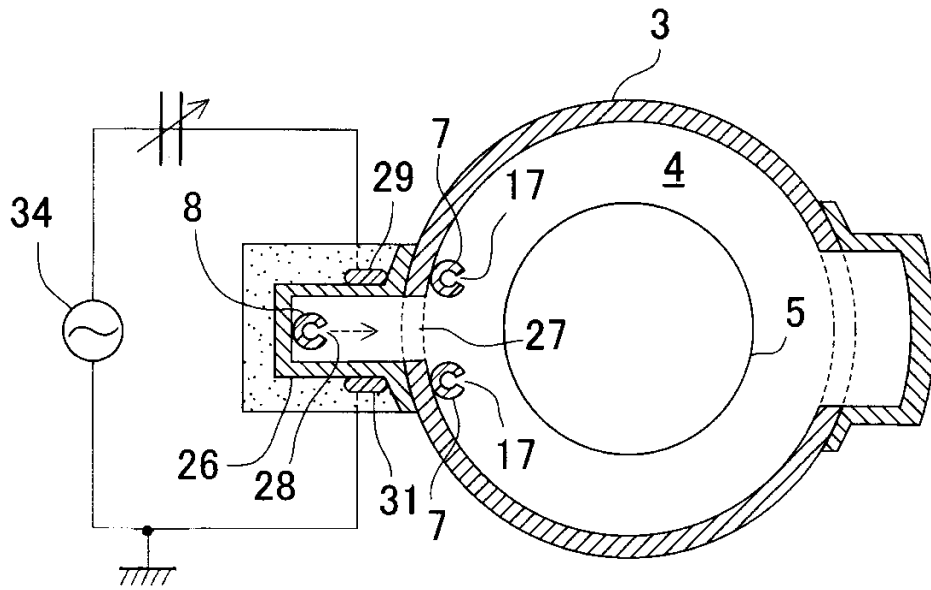
도면4



도면5



도면6



도면7

