



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월23일

(11) 등록번호 10-1475499

(24) 등록일자 2014년12월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H05H 1/46 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0097933

(22) 출원일자 2013년08월19일

심사청구일자 2013년08월19일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020060043769 A

JP2001085194 A

JP10144497 A

KR100520635 B1

(73) 특허권자

한국기초과학지원연구원

대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)

(72) 발명자

김종식

전라북도 군산시 수송로 49 금호타운1차아파트
107동 1403호 (나운동, 금호타운아파트)

홍승표

대전광역시 유성구 신성남로111번길 7 201호 (신성동, 오성빌라)

김영우

경기도 화성시 동탄반석로 71 446동 1801호 (반송동, 쌍용예가)

(74) 대리인

남건필, 차상윤

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 류정현

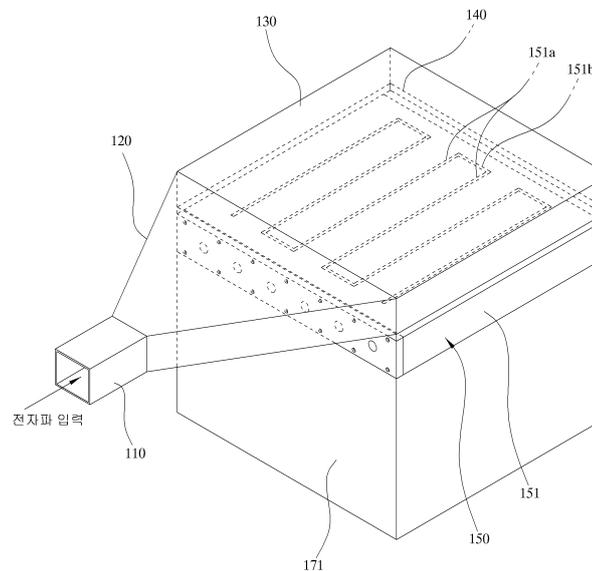
(54) 발명의 명칭 **고밀도 플라즈마 발생장치**

(57) 요약

ECR 플라즈마 발생장치가 개시된다. 본 발명 ECR 플라즈마 발생장치는, 자기장 안에서 사이클로트론 운동(회전 운동)하고 있는 전자에 대하여 사이클로트론 주파수와 동일한 전자파(Microwave)를 주어 발생하는 전자 사이클로트론 공명(ECR:Electron Cyclotron Resonance)상태에 가스를 도입하여 플라즈마를 발생시키는 ECR 플라즈마 발

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



생장치로서, 전자파(Microwave)가 유입되는 제 1 도파관; 상기 도파관의 개방단으로부터 연장되고, 상기 도파관의 개방단을 부채꼴 형상으로 확대하여 상기 전자파를 전송하기 위한 혼 안테나; 상기 혼 안테나의 전방에 배치되고, 상기 혼 안테나와 연통되어 내부로 상기 전자파가 전송되고, 저면부가 개방된 제 2 도파관; 상기 제 2 도파관의 개방된 저면부를 밀폐하고, 상기 제 2 도파관의 내부로 전송된 전자파를 하측 방향으로 전달시키는 유전체창; 상기 유전체창을 통해 전달된 전자파가 통과되기 위한 복수의 슬릿이 배치되고, 서로 이웃하는 슬릿들 사이에 자석이 배치되며, 상기 슬릿을 통과하는 전자파에 대응하는 공진 자기장을 형성하기 위한 자석 배치 구조물; 및 상기 자석 배치 구조물의 하부 위치한 ECR 플라즈마 발생 영역을 포함하고, 상기 슬릿들은 제1 방향으로 연장되어 있는 제1 슬릿들 및 상기 제1 방향에 수직하는 제2 방향으로 연장되어 있는 제2 슬릿들을 포함하고, 상기 제2 슬릿들은 각각의 제1 슬릿들의 일측 말단 및 타측 말단을 번갈아 잇도록 상기 제1 슬릿들 사이에 배치되어 있고, 상기 자석은 상기 제1 슬릿 및 상기 제2 슬릿의 사이에 배치되어 있는 것을 특징으로 한다.

특허청구의 범위

청구항 1

자기장 안에서 사이클로트론 운동(회전 운동)하고 있는 전자에 대하여 사이클로트론 주파수와 동일한 전자파(Microwave)를 주어 발생하는 전자 사이클로트론 공명(ECR:Electron Cyclotron Resonance)상태에 가스를 도입하여 플라즈마를 발생시키는 ECR 플라즈마 발생장치로서,

전자파(Microwave)가 유입되는 제 1 도파관;

상기 도파관의 개방단으로부터 연장되고, 상기 도파관의 개방단을 부채꼴 형상으로 확대하여 상기 전자파를 전송하기 위한 혼 안테나;

상기 혼 안테나의 전방에 배치되고, 상기 혼 안테나와 연통되어 내부로 상기 전자파가 전송되고, 저면부가 개방된 제 2 도파관;

상기 제 2 도파관의 개방된 저면부를 밀폐하고, 상기 제 2 도파관의 내부로 전송된 전자파를 하측 방향으로 전달시키는 유전체창;

상기 유전체창을 통해 전달된 전자파가 통과되기 위한 복수의 슬릿이 배치되고, 서로 이웃하는 슬릿들 사이에 자석이 배치되며, 상기 슬릿을 통과하는 전자파에 대응하는 공진 자기장을 형성하기 위한 자석 배치 구조물; 및
상기 자석 배치 구조물의 하부 위치한 ECR 플라즈마 발생 영역을 포함하고,

상기 슬릿들은 제1 방향으로 연장되어 있는 제1 슬릿들 및 상기 제1 방향에 수직하는 제2 방향으로 연장되어 있는 제2 슬릿들을 포함하고,

상기 제2 슬릿들은 각각의 제1 슬릿들의 일측 말단 및 타측 말단을 번갈아 잇도록 상기 제1 슬릿들 사이에 배치되어 있고,

상기 자석은 상기 제1 슬릿 및 상기 제2 슬릿의 사이에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 자석 배치 구조물은,

케이스로서, 상기 케이스의 상면부 및 하면부를 수직으로 관통하는 하나 이상의 슬릿, 서로 이웃하는 슬릿들 사이에 형성된 복수의 수용공간을 포함하는 케이스;

상기 각 수용공간들의 내부에 설치되는 다수의 자석; 및

상기 각 수용공간들의 내부에 설치되고, 냉각수가 순환되면서 상기 자석을 냉각시키기 위한 다수의 냉각수 라인을 포함하는,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 각각의 수용공간 내에 수용되어 있는 자석들은 서로 다른 자기극(magnetic pole)을 갖되,

상기 제1 슬릿을 사이에 두고 이웃하는 수용공간들 내에 수용된 자석들은 서로 다른 자기극을 가지며,

상기 제2 슬릿을 사이에 두고 이웃하는 수용공간들 내에 수용된 자석들은 서로 다른 자기극을 갖도록 배치되는 것을 특징으로 하는,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 수용공간 내에 위치하여 있는 상기 자석들 둘레를 덮도록 상기 수용공간들 내에 설치되어, 상기 자석들에 의한 자기장이 상기 케이스의 상부로 형성되는 것을 차단하기 위한 자석덮개부를 포함하는,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 자석덮개부는 자화되는 성질을 가지는,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 6

제1항 또는 제4항에 있어서,

상기 제1 도파관, 상기 혼 안테나 및 상기 제2 도파관의 내부로 삽입되고, 상기 전자파의 진행 방향과 평행하게 배치되는 적어도 하나의 삽입체를 추가로 포함하는,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 삽입체는 원기둥 형상인,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 삽입체는 원기둥 형상의 종방향에 따라 간격을 이뤄 기둥의 외면에 위치한 환형부재를 포함하는,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 삽입체는 길이 방향에 따라 길이 조절 가능하도록 구성된,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 10

제1항 또는 제4항에 있어서,

상기 자석 배치 구조물의 하부에 배치되고, 내부가 진공이며, 플라즈마로 처리될 대상이 위치하는 공정 챔버 및 상기 자석 배치 구조물과 상기 공정 챔버를 나누는 경계막을 포함하고,

상기 경계막은 다수의 개구를 가지고,

상기 다수의 개구를 통해 상기 ECR 플라즈마가 상기 공정 챔버로 전달되는,

ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 전자파는 2.45 GHz의 주파수를 가지며, 상기 공진 자기장은 875 가우스인, ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 12

제10항에 있어서,
상기 공정 챔버는 공정가스가 주입될 수 있는 주입구를 포함하는, ECR 플라즈마 발생장치.

청구항 13

제12항에 있어서,
상기 공정 가스는 박막 증착을 위해서, SiH₄, SiH₂Cl₂, SiHCl₃, SiCl₄, GeH₄, B₂H₆, BBr₃, BCl₃, AsH₃, PH₃, TeH₂, SnCl₄, GeCl₄, WF₆, NH₃, CH₄, Cl₂, 및 MoF₆으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 가스이고,
식각이나 세정을 위해서, SiF₄, CF₄, C₃F₈, C₂F₆, CHF₃, CClF₃, NF₃, CF₄, C₂F₆, C₃F₈, 및 SF₆으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 가스인,
ECR 플라즈마 발생장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 ECR 플라즈마 발생장치에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 자기장 발생 영역이 확대되고, 대면적의 ECR 플라즈마 발생영역의 형성이 용이한 ECR 플라즈마 발생장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 이미 알려진 바와 같이 ECR 플라즈마 발생장치는 전자 사이클로트론 공명현상(ECR:Electron Cyclotron Resonance)을 이용하는 것이다. 전자 사이클로트론 공명현상은, 자기장 안에서 사이클로트론 운동(회전 운동)하고 있는 전자에 대하여 사이클로트론 주파수와 동일한 전자파(Microwave)를 주면 공명이 일어나는 상태를 말한다.

[0003] ECR 플라즈마 발생장치는 전자 사이클로트론 공명현상을 이용하기 위하여, 필수적으로 전자파의 입력조건 및 자기장의 형성 조건, ECR 발생 영역에 대한 구성이 요구된다. 이를 위하여, 대부분의 ECR 플라즈마 발생장치는 챔버, 챔버의 일측에 설치되는 전자파의 입력을 위한 도파관, 전자파의 진행 방향과 평행하거나 수직인 방향에 위치하도록 챔버 내에 설치되는 자기장의 형성을 위한 자기 코일 또는 영구 자석, 챔버의 일측에 설치되고 ECR 플라즈마 발생 영역으로 가스를 주입하기 위한 가스주입구가 구비될 수 있다.

[0004] ECR 플라즈마 발생장치는 ECR 발생영역에서 ECR 플라즈마를 생성하기 위하여, 자기 코일 또는 영구 자석에 의해 챔버 내부에 자기장이 형성된 상태에서 도입관을 통해 챔버 내부로 전자파가 입력되면, 자기장에 의한 전자의 회전주파수와 전자파 주파수가 일치하여 전자 사이클로트론 공명현상이 발생되고, 상기 ECR 영역에 가스를 주입하면 가스가 이온화 되어 플라즈마가 형성 되고 플라즈마 내 전자는 이 영역을 지나면서 공명 현상에 의해 가속이 되어 큰 에너지를 얻게 되고 자기장에 의해서 반응기 벽으로의 확산 손실이 감소하여 기체의 이온화율이 증가하기 때문에 고밀도 플라즈마가 발생한다.

[0005] 이러한 ECR 플라즈마 발생장치는 반도체, 디스플레이 및 재료 등의 처리 시설에서 증착, 식각 또는 표면처리 등의 공정을 위한 ECR 플라즈마 소스로서 이용될 수 있다.

[0006] 그러나 대부분의 ECR 플라즈마 발생장치는 전자파를 입력하기 위하여 도파관이 이용되는데, 도파관의 제한된 특성 임피던스에 의해 도파관을 통해 전자파가 입력될 수 있는 영역이 제한적일 수 밖에 없다. 따라서 종래의 ECR 플라즈마 발생장치는 ECR 플라즈마 발생 영역이 협소해질 수 밖에 없으며, 협소한 ECR 플라즈마 발생 영역 내에서 ECR 플라즈마가 발생되므로 반도체 처리 시설에 이용되는 경우, 대면적의 반도체 기판 처리가 불가능하고,

하나의 기관을 반복적으로 공정 챔버 내로 투입하여 처리할 수 밖에 없었다.

[0007] 이러한 종래의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명자는 전자파가 입력되는 도파관의 개방단을 확장할 수 있고, 도파관이 확장됨에 따라 전자파를 넓은 영역에 걸쳐 전송 및 고르게 방출할 수 있으므로 ECR 플라즈마 발생 영역을 넓게 형성할 수 있도록 한, 특허출원 10-2013-0005306호를 출원한 바 있다.

[0008] 본 발명자는 상기 종래의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명자의 상기 특허를 출원하는 것에 그치지 않고, 종래의 문제점을 해결하기 위한 더욱 개선될 수 있는 ECR 플라즈마 발생장치를 발명함에 초점을 두어 연구를 계속하였고, 연구 끝에, 아래와 같은 구성을 도입함으로써, 자기장 형성 영역이 확대될 수 있고, 이에 대응하여 ECR 플라즈마 발생 영역이 확대될 수 있으며, 이에 따라 대면적의 ECR 플라즈마 발생 영역의 형성을 위한 효율을 높일 수 있도록 한, ECR 플라즈마 발생장치를 개발하기에 이르렀다.

발명의 내용

[0009] 본 발명은, 자기장 안에서 사이클로트론 운동(회전 운동)하고 있는 전자에 대하여 사이클로트론 주파수와 동일한 전자파(Microwave)를 주어 발생하는 전자 사이클로트론 공명(ECR:Electron Cyclotron Resonance)상태에 가스를 도입하여 플라즈마를 발생시키는 ECR 플라즈마 발생장치로서, 전자파(Microwave)가 유입되는 제 1 도파관; 상기 도파관의 개방단으로부터 연장되고, 상기 도파관의 개방단을 부채꼴 형상으로 확대하여 상기 전자파를 전송하기 위한 혼 안테나; 상기 혼 안테나의 전방에 배치되고, 상기 혼 안테나와 연통되어 내부로 상기 전자파를 전송되고, 저면부가 개방된 제 2 도파관; 상기 제 2 도파관의 개방된 저면부를 밀폐하고, 상기 제 2 도파관의 내부로 전송된 전자파를 하측 방향으로 전달시키는 유전체창; 상기 유전체창을 통해 전달된 전자파가 통과되기 위한 복수의 슬릿이 배치되고, 서로 이웃하는 슬릿들 사이에 자석이 배치되며, 상기 슬릿을 통과하는 전자파에 대응하는 공진 자기장을 형성하기 위한 자석 배치 구조물; 및 상기 자석 배치 구조물의 하부 위치한 ECR 플라즈마 발생 영역을 포함하고, 상기 슬릿들은 제1 방향으로 연장되어 있는 제1 슬릿들 및 상기 제1 방향에 수직하는 제2 방향으로 연장되어 있는 제2 슬릿들을 포함하고, 상기 제2 슬릿들은 각각의 제1 슬릿들의 일측 말단 및 타측 말단을 번갈아 잇도록 상기 제1 슬릿들 사이에 배치되어 있고, 상기 자석은 상기 제1 슬릿 및 상기 제2 슬릿의 사이에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는, ECR 플라즈마 발생장치를 제공한다. 상기 전자파는 2.45 GHz의 주파수를 가지며, 상기 공진 자기장은 875 가우스일 수 있다.

[0010] 한편, 상기 자석 배치 구조물은, 케이스로서, 상기 케이스의 상면부 및 하면부를 수직으로 관통하는 하나 이상의 슬릿, 서로 이웃하는 슬릿들 사이에 형성된 복수의 수용공간을 포함하는 케이스; 상기 각 수용공간들의 내부에 설치되는 다수의 자석; 및 상기 각 수용공간들의 내부에 설치되고, 냉각수가 순환되면서 상기 자석을 냉각시키기 위한 다수의 냉각수 라인을 포함한다.

[0011] 이때, 상기 각각의 수용공간 내에 수용되어 있는 자석들은 서로 다른 자기극(magnetic pole)을 갖되, 상기 제1 슬릿들 사이에 두고 이웃하는 수용공간들 내에 수용된 자석들은 서로 다른 자기극을 가지며, 상기 제2 슬릿들 사이에 두고 이웃하는 수용공간들 내에 수용된 자석들은 서로 다른 자기극을 갖도록 배치된다.

[0012] 본 발명자에 의한 특허출원 10-2013-0005306호 에서는 전기장을 통과시키기 위한 상기 슬릿들의 경우 제1 슬릿들만 배치되어 있어 슬릿 아래 부분의 ECR 발생영역에서 슬릿을 통과한 전기장과 슬릿 사이사이의 영구 자석에서 형성된 자기장이 수직으로 형성되어 전자가 ExB 드리프트에 의해 제1 슬릿을 따라 움직이게 된다. 하지만 제1 슬릿들의 양 끝단에서 전자의 손실이 발생하여 고밀도 플라즈마 형성 및 유지에 어려움이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 특허에서는 전기장을 통과시키는 슬릿들을 기존 제1 슬릿의 한쪽 끝단에 제2 슬릿을 추가로 설치하여 슬릿을 하나로 연결하여 ExB 드리프트에 의한 전자의 이동 경로를 확장하여 전자가 손실되는 영역을 감소시켜 고밀도 플라즈마 형성 및 유지가 가능하다.

[0013] 한편, 상기 자석 배치 구조물은 자석덮개부를 추가로 포함한다. 상기 자석덮개부는 상기 수용공간 내에 위치하여 있는 상기 자석들 둘레를 덮도록 상기 수용공간들 내에 설치되어, 상기 자석들에 의한 자기장이 상기 케이스의 상부로 형성되는 것을 차단한다. 이러한 자석덮개부는 자화되는 성질을 가지는 재료이다.

[0014] 상기 ECR 플라즈마 발생장치는 ECR 플라즈마를 소스로 하여, 예를 들면, 반도체, 디스플레이 및 재료 등의 처리대상을 처리하는데 이용될 수 있다. 이를 위해, 상기 자석 배치 구조물의 하부에 배치되고, 내부가 진공이며, 플라즈마로 처리될 대상이 위치하는 공정 챔버 및 상기 자석 배치 구조물과 상기 공정 챔버를 나누는 경계막을 포함할 수 있다. 상기 경계막은 다수의 개구를 가질 수 있고, 상기 다수의 개구를 통해 상기 ECR 플라즈마가 상기 공정 챔버로 전달될 수 있다.

[0015] 상기 공정 챔버는 공정가스가 주입될 수 있는 주입구를 포함한다. 상기 주입구를 통해 주입되는 공정가스는, 박막 증착을 위해서, SiH_4 , SiH_2Cl_2 , SiHCl_3 , SiCl_4 , GeH_4 , B_2H_6 , BBr_3 , BCl_3 , AsH_3 , PH_3 , TeH_2 , SnCl_4 , GeCl_4 , WF_6 , NH_3 , CH_4 , Cl_2 , 및 MoF_6 으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 가스이고, 식각이나 세정을 위해서, SiF_4 , CF_4 , C_2F_8 , C_2F_6 , CHF_3 , CClF_3 , NF_3 , CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , 및 SF_6 으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 가스이다.

[0016] 본 발명의 추가적인 실시예에 따르면, 상기 제 1 도파관, 상기 혼 안테나, 상기 제 2 도파관의 내부로 삽입되고, 상기 전자파의 진행 방향과 평행하게 배치되는 적어도 하나의 삽입체를 포함할 수 있다. 일 예로, 상기 삽입체는 원기둥 형상일 수 있다. 삽입체의 구성을 통해, 전자파가 다수의 슬릿을 균일하게 통과할 수 있고, 슬릿 아래에서 발생하는 전기장이 균일하게 분포될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 ECR 플라즈마 발생장치의 외관을 나타낸 사시도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 ECR 플라즈마 발생장치의 자석들의 배치 구조를 나타낸 평면도이다.
 도 3은 도 2의 A-A'선을 따라 절단한 단면도이다.
 도 4는 도 2에 도시된 자석 배치 구조물에서 자기장이 형성되는 상태를 나타낸 A-A'선을 따라 절단한 부분 확대 단면도이다.
 도 5는 전자파의 진행 방향에 평행하는 슬릿만을 갖는 형태의 전기장의 분포 효과를 확인하기 위한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.
 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 제1 슬릿 및 제2 슬릿을 포함하는 형태의 전기장의 분포 효과를 확인하기 위한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.
 도 7은 본 발명의 추가적인 실시예에 따른 ECR 플라즈마 발생장치에 삽입체가 설치된 상태를 나타낸 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 하기 설명은 본 발명의 실시예에 대한 기본적인 이해를 제공하기 위해서 하나 이상의 실시예들의 간략화된 설명을 제공한다. 본 섹션은 모든 가능한 실시예들에 대한 포괄적인 개요는 아니며, 모든 엘리먼트들 중 핵심 엘리먼트를 식별하거나, 모든 실시예의 범위를 커버하고자 할 의도도 아니다. 그 유일한 목적은 후에 제시되는 상세한 설명에 대한 도입부로서 간략화된 형태로 하나 이상의 실시예들의 개념을 제공하기 위함이다.

[0019] 본 발명은 자장 안에서 사이클로트론 운동(회전 운동)하고 있는 전자에 대하여 사이클로트론 주파수와 동일한 전자파(Microwave)를 주어 발생하는 전자 사이클로트론 공명(ECR:Electron Cyclotron Resonance)상태에 가스를 도입하여 플라즈마를 발생시키는 ECR 플라즈마 발생장치이다.

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 ECR 플라즈마 발생장치의 외관을 나타낸 사시도이고, 도 2는 도 1에 도시된 자석 배치 구조물에서 자석이 배치된 형태를 도시한다.

[0021] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명은 전자 사이클로트론 공명 상태를 제공하고, 가스를 도입하여 플라즈마를 발생시키기 위하여, 제1 도파관(110), 혼 안테나(120), 제2 도파관(130), 유전체창(140), 자석 배치 구조물(150), ECR 플라즈마 발생 영역(160)을 포함한다.

[0022] 제1 도파관(110), 혼 안테나(120), 제2 도파관(130)은 서로 연통하여 전자파를 전송하기 위한 구성이다.

[0023] 제1 도파관(110)은 마이크로웨이브 발진기(미도시)와 연결되고, 마이크로웨이브 발진기로부터 전자파가 입력된다. 일 예로, 제1 도파관(110)은 2.45GHz의 주파수 범위의 전자파가 입력될 수 있는 임피던스를 갖는 도파관일 수 있다. 그리고 마이크로웨이브 발진기는 2.45GHz의 주파수 범위의 전자파를 발진하는 마그네트론이 사용될 수 있다.

[0024] 혼 안테나(120)는 광대역성을 갖는 안테나로서, 제1 도파관(110)의 특성 임피던스에 따라 제한되는 이득을 높여 제1 도파관(110)의 단면적보다 큰 단면적을 갖는 제2 도파관(130) 내부로 전자파를 전송하여 광대역성의 전자파를 전달한다. 이를 위해, 혼 안테나(120)는 제1 도파관(110)의 개방단으로부터 연장되고, 제1 도파관(110)의 개

방단을 부채꼴 형상으로 확대하도록 부채꼴 형상을 가질 수 있다. 따라서 혼 안테나(120)는 제1 도파관(110)으로 입력되는 전자파를 큰 단면적을 갖는 제2 도파관(130)의 내부로 용이하게 전송 및 분포시킨다.

[0025] 제2 도파관(130)은 제1 도파관(110)의 단면적보다 큰 단면적을 갖는다. 예를 들면, 제2 도파관(130)의 단면적은 혼 안테나(120)의 확대된 개방단의 단면적과 동일할 수 있고, 단면적에 대응하는 넓은 면적을 갖는 직육면체 또는 정육면체 형상일 수 있다. 제2 도파관(130)의 내부 공간에는 제1 도파관(110) 및 혼 안테나(120)를 통해 전송되는 전자파가 공급 및 분포된다. 제2 도파관(130)의 저면부는 개방된다. 개방된 저면부를 통해 제2 도파관(130)의 내부 공간으로 공급된 전자파가 출력되고, 개방된 저면부를 통해 출력되는 전자파는 유전체창(140)을 통하여 제2 도파관(130)의 하측 방향으로 전달된다.

[0026] 유전체창(140)은 제2 도파관(130) 내부 공간에 공급된 전자파를 하측 방향, 즉 자석 배치 구조물(150)측으로 전달한다. 전자파를 하측 방향으로 전달하기 위하여, 예를 들면, 유전체창(140)은 석영 또는 알루미늄이나 계열의 재질로 형성될 수 있다. 유전체창(140)은 제2 도파관(130)의 저면부 면적과 동일한 면적을 갖는 플레이트 형상으로 형성될 수 있고, 이러한 경우, 제2 도파관(130)의 개방된 저면부를 밀폐한다.

[0027] 자석 배치 구조물(150)은 유전체창(140)을 통해 전달되는 전자파와 공명할 수 있는 공진 자기장을 형성한다. 일 예로, 자석 배치 구조물(150)은 공진 자기장을 형성하기 위하여, 전자파가 통과할 수 있는 하나 이상의 슬릿(151a)을 형성할 수 있고, 하나 이상의 슬릿(151a)들 사이에 자석(152)이 배치되도록 구성될 수 있다.

[0028] 자석 배치 구조물(150)은 슬릿들(151a, 151b) 및 자석(152)의 배치를 위하여, 케이스(151)를 포함한다. 일 예로, 케이스(151)는 제2 도파관(130) 및 유전체창(140)의 면적과 동일한 넓은 면적을 갖는 직육면체 형상일 수 있다. 슬릿들(151a, 151b)은 케이스(151)의 상면부 및 하면부를 수직으로 관통하도록 형성되며, 슬릿들(151a, 151b)은 케이스(151)에 소정의 간격으로 다수 배열된다. 슬릿들(151a, 151b)은 케이스(151)의 종방향 또는 횡방향으로 길게 연장될 수 있고, 그 연장 길이는 제2 도파관(130) 및 케이스(151)가 갖는 면적에 근접하는 길이로 연장될 수 있다. 슬릿들(151a, 151b)들에는 유전체창(140)을 통해 전달되는 전자파가 통과된다. 슬릿들(151a, 151b)을 통과하는 전자파는, 예를 들면, 2.45GHz의 전자파일 수 있다.

[0029] 한편 슬릿들(151a, 151b)은 제1 방향(예를 들면, 제1 도파관(110)으로부터 제2 도파관(130)으로 전자파가 진행하는 방향에 평행하는 방향)으로 연장되어 있는 제1 슬릿들(151a) 및 상기 제1 방향에 수직하는 제2 방향(예를 들면, 전자파가 진행하는 방향에 수직하는 방향)으로 연장되어 있는 제2 슬릿들(151b)을 포함한다. 제1 슬릿들(151a)은 전자파가 진행하는 방향과 평행하도록 연장되고, 제2 슬릿들(151b)은 제1 슬릿들(151a)에 수직한 방향으로 연장된다. 이때, 제2 슬릿들(151b)은 제1 슬릿들(151a)의 사이에 배치된다. 제2 슬릿들(151b)은 각각의 제1 슬릿들(151a)의 일측 말단 및 타측 말단을 번갈아 잇는다. 이러한 형태는 도 2에 잘 나타나 있다.

[0030] 그리고 서로 이웃하는 슬릿들(151a, 151b)의 사이에는 복수의 수용공간(151c)이 형성되고, 각 수용공간들(151c)의 내부에는 복수의 자석(152)이 설치된다.

[0031] 복수의 자석(152)은 제1 슬릿들(151a) 및 제2 슬릿들(151b)의 사이에 배치되어 있다. 이때, 각각의 수용공간 내에 수용되어 있는 자석들은 서로 다른 자기극(magnetic pole)을 갖는다. 즉, 제1 슬릿(151a)을 사이에 두고 이웃하는 수용공간들(151c) 내에 수용된 자석들은 서로 다른 자기극을 가지며, 제2 슬릿(151b)을 사이에 두고 이웃하는 수용공간들(151c) 내에 수용된 자석들은 서로 다른 자기극을 갖는다.

[0032] 이러한 자석들(152)의 배치 구조에 의해 케이스(151)의 주변에는 자기장이 형성될 수 있는데, 제1 슬릿(151a)을 사이에 두고 배치되어 있는 자석들(152)에 의해 전자파의 진행 방향과 평행하는 방향에 자기장이 형성될 뿐만 아니라, 제1 슬릿(151a)에 수직하게 연장되어 있는 제2 슬릿(151b)을 사이에 두고 배치되어 있는 자석들(152)에 의해 전자파의 진행 방향과 수직하는 방향(제1 슬릿에 수직하는 방향)으로도 자기장이 형성된다. 따라서 케이스(151)의 주변의 자기장 형성 영역이 확대된다.

[0033] 설명된 바와 같이 케이스(151)의 주변의 자기장 형성 영역이 확대되는 것은 도 5 및 도 6을 통해 명확히 확인될 수 있다. 도 5는 전자파의 진행 방향에 평행하는 슬릿만을 갖는 형태의 전기장의 분포 효과를 확인하기 위한 시뮬레이션 결과를 나타내고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 제1 슬릿 및 제2 슬릿을 포함하는 형태의 전기장의 분포 효과를 확인하기 위한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 도 5 및 도 6에서 타원형으로 연속되는 영역은 슬릿들을 나타내며, 슬릿들을 나타내는 영역 내에 표시된 붉은색들은 전기장의 분포를 나타낸다.

[0034] 도 5를 살펴보면, 전자파를 입력했을 때 전자파의 진행 방향에 평행하는 슬릿들을 나타내는 전기장 영역들에 붉은색이 표시되고 있으나 붉은색으로 표시되는 영역들이 고르게 분포하고 있지 않다.

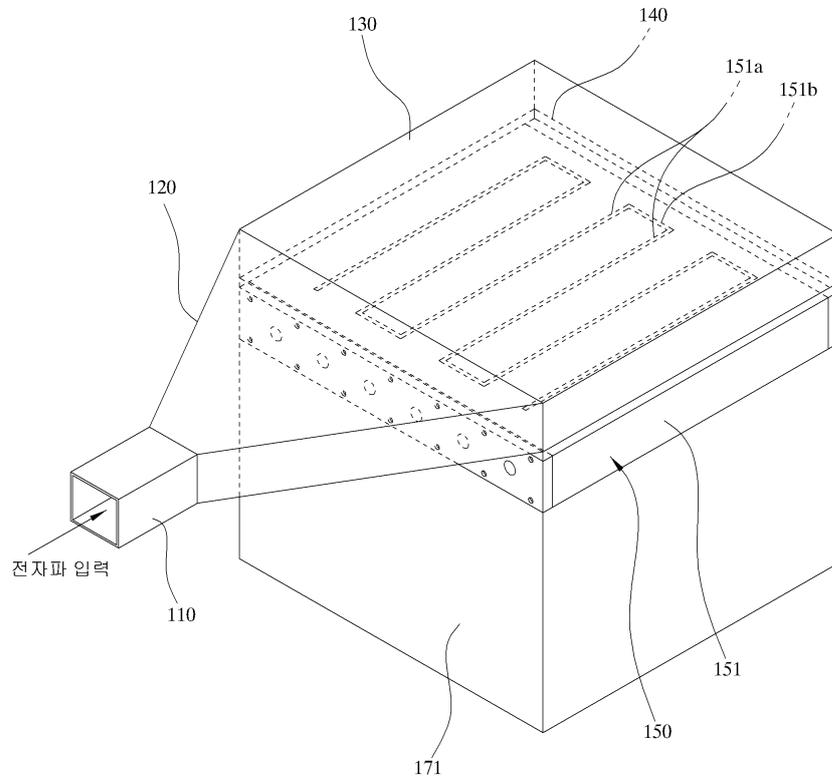
- [0035] 반면, 도 6을 살펴보면, 전자파를 입력했을 때 제1 슬릿 및 제2 슬릿을 나타내는 전기장 영역들에 붉은색이 표시되고 있고, 붉은색으로 표시되는 영역들이 고르게 분포하고 있으며, 붉은색이 진하게 표시되고 있는 것을 보아 알 수 있듯이 전기장의 세기도 강하게 나타나고 있다.
- [0036] 이와 같이 도 5 및 도 6을 비교하여 보아 알 수 있듯이, 제1 슬릿들(151a) 및 제2 슬릿들(151b)이 서로 수직하도록 규칙적으로 배열하고 제1 슬릿들(151a) 및 제2 슬릿들(151b) 사이에 서로 다른 극성의 자석들(152)을 배치하는 경우 전기장 형성 영역이 확대될 뿐만 아니라 전기장의 세기도 증가함을 알 수 있다.
- [0037] 케이스(151)의 주변에 확대 형성되는 자기장은, 예를 들면, 제1 슬릿(151a) 및 제2 슬릿(151b)을 통과하는 2.45GHz 주파수에 대응하는 875 가우스 영역의 공진 자기장일 수 있다. 따라서 875 가우스 영역의 공진 자기장 안에서 사이클로트론 운동(회전 운동)하고 있는 전자에 대하여 사이클로트론 주파수와 동일한 2.45GHz의 전자파가 가해지므로 자석 배치 구조물(150)의 하부에는 전자 사이클로트론 공명이 발생된다. 전자 사이클로트론 공명이 발생하는 영역은 ECR 플라즈마 발생 영역(160)이고, 이러한 ECR 플라즈마 발생 영역(160)은 자기장 형성 영역에 대응하여 확대된다.
- [0038] 한편, 이러한 자기장의 형성 및 전자 사이클로트론 공명이 발생하는 과정에서 자기장은 유전체창(140)이 위치한 케이스(151)의 상부에까지 형성될 수 있는데, 케이스(151)의 상부에까지 자기장이 형성되는 경우, 자기장에 의해 유전체창(140)의 손상이 발생될 수 있는바, 유전체창(140)의 손상을 방지하기 위하여, 케이스(151)의 각 수용공간(151b) 내부에는 자석덮개부(154)를 추가로 포함한다. 자석덮개부(154)는 자석(152)들에 의해 형성되는 자기장이 케이스(151)의 상부로 형성되는 것을 차단한다. 일 예로, 자석덮개부(154)는 연철일 수 있고, 각 수용공간(151b) 내부의 두 측면부 및 상면부에 배치되어, 각 수용공간(151b) 내부의 자석(152) 둘레를 덮도록 설치된다. 이러한 자석덮개부(154)에 의해 자석(152)들에 의해 형성되는 자기장이 케이스(151)의 상부로 형성되는 것이 차단됨에 따라 자석들(152)에 의해 형성되는 자기장은 케이스(151)의 하부로만 형성된다.
- [0039] 한편, 전자 사이클로트론 공명의 발생 과정에서 케이스(151)의 수용공간(151c) 내에 설치된 자석들은 발열될 수 있는데, 자석들(152)의 발열을 저지하기 위하여, 각 수용공간(151c)의 내부에는 냉각라인(미도시)이 다수 설치될 수 있다. 일 예로, 냉각수 라인(153)은 자석 배치 구조물(150) 외부의 냉각수 공급 라인(미도시)과 연결되어 냉각수가 공급될 수 있으며, 냉각수 라인(153) 내부로 공급되는 냉각수를 통해 한 쌍의 자석(152)을 냉각시킨다.
- [0040] ECR 플라즈마 발생 영역(160)은 ECR 플라즈마가 발생하는 영역이다. ECR 플라즈마 발생 영역(160) 내에서는 위에서 논의된 바와 같이 전자 사이클로트론 공명 현상이 발생되며, 전자 사이클로트론 공명 상태에서 플라즈마 발생 가스를 주입하면, ECR 플라즈마가 발생될 수 있다. 주입되는 플라즈마 발생 가스는, 예를 들면, 아르곤(Ar) 가스, 질소(N₂) 가스 중 어느 하나일 수 있다. ECR 플라즈마 발생 영역(160)은 위에서 논의된 바와 같이 제2 도파관(130)이 큰 면적으로 형성되고, 제2 도파관(130)의 큰 면적 전체에 제1 슬릿(151a) 및 제2 슬릿(151b)이 다수 배열되므로 유전체창(140)을 통해 제2 도파관(130)으로부터 전달되는 전자파는 넓은 영역에 걸쳐 전달된다.
- [0041] 특히, 앞서 언급된 바와 같이 제1 슬릿들(151a) 및 제2 슬릿들(151b)에 의해 전자파의 진행 방향과 평행하는 방향에 자기장이 형성될 뿐만 아니라, 전자파의 진행 방향과 수직하는 방향(제1 슬릿에 수직하는 방향)으로도 자기장이 형성되는 것에 의해 자기장 형성 영역이 확대됨에 따라 ECR 플라즈마 발생 영역(160)이 확대되고, 대면적의 ECR 플라즈마 발생 영역(160)을 형성한다.
- [0042] 이러한 본 발명의 ECR 플라즈마 발생장치는 ECR 플라즈마로 처리될 대상, 예를 들면, 반도체 기판(W)을 처리하는데 이용될 수 있다. 반도체 기판(W)의 처리는 증착, 식각 또는 표면처리 등의 공정을 말한다.
- [0043] 반도체 기판(W)을 처리하는데 이용되기 위하여, 본 발명의 ECR 플라즈마 발생장치는 추가적으로 공정 챔버(171) 및 경계막(172)을 포함한다.
- [0044] 공정 챔버(171)는 상기 ECR 플라즈마 발생 영역(160)의 하부에 위치하고, 진공 상태로써, 공정 챔버 내부 공간을 외부로부터 보호하고, 외부로부터 공정 챔버 내부 공간을 밀폐시킨다. 공정 챔버(171)의 내부 공간에는 ECR 플라즈마로 처리될 반도체 기판(W)이 위치한다. 이때, 반도체 기판(W)은 경계막(172)의 하부에 위치한다. 그리고 공정 챔버(171)의 상부에는 ECR 플라즈마 발생 영역(160)에 플라즈마 발생 가스를 주입하기 위한 가스 주입구(173)가 설치된다.
- [0045] 경계막(172)은 ECR 플라즈마 발생 영역(160)과 공정 챔버(171)를 나누는 경계막이다. 이러한 경계막(172)은 공

정 챔버(171)의 내부에 배치되어 ECR 플라즈마 발생 영역(160)과 반도체 기판(W)이 위치하는 공간으로 나눈다. 일 예로, 경계막(172)은 공정 챔버(171)의 내면 둘레 형상에 대응되는 형상일 수 있다. 예를 들면, 공정 챔버(171)가 직육면체 형상인 경우, 사각 플레이트 형상일 수 있다.

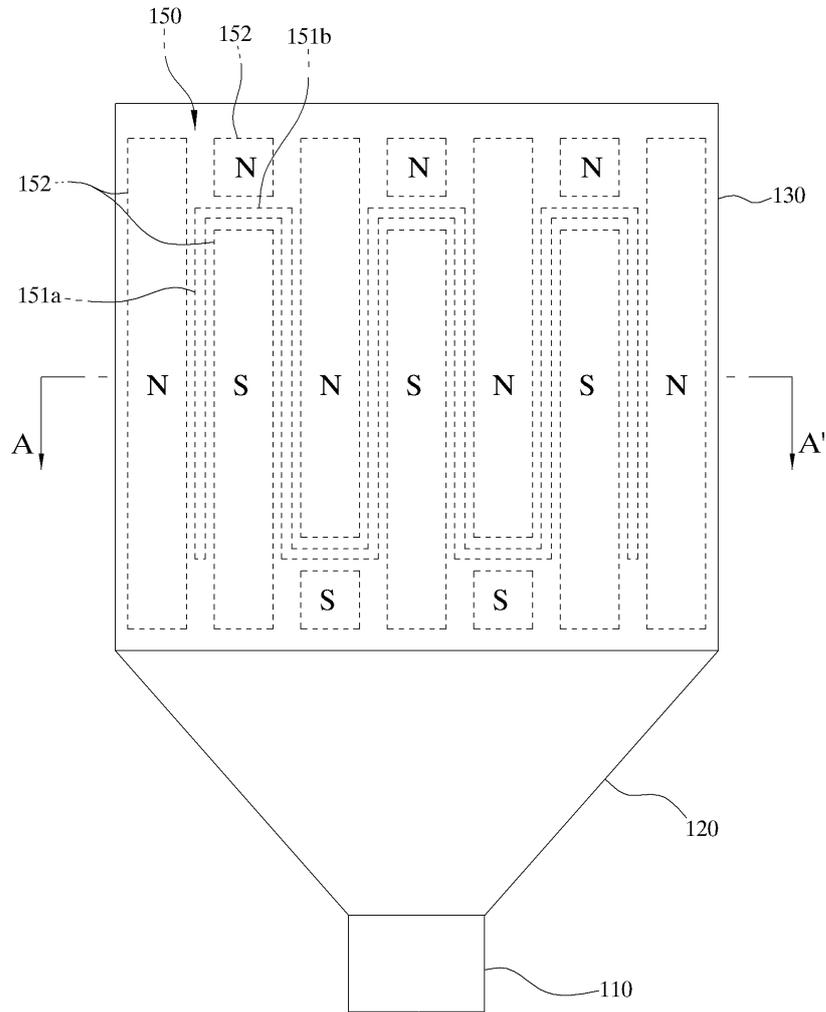
- [0046] 이러한 경계막(172)은 경계막(172)을 수직으로 관통하는 다수의 개구(172a)를 포함한다. 다수의 개구(172a)를 통해 ECR 플라즈마 발생 영역(160)에서 발생하는 ECR 플라즈마에 의해 생성된 라디칼(Radical)이 공정 챔버(171)의 내부 공간, 즉 경계막(172)의 하부에 위치하는 처리 대상물인 반도체 기판(W)에 전달된다.
- [0047] 공정 챔버(171)는 공정가스가 주입될 수 있는 주입구(174)를 포함한다. 상기 공정 가스는 예를 들어, 실리콘 계열 증착을 위한 경우 실란(SiH₄)과 같은 가스일 수 있다.
- [0048] 공정가스의 다른 예로서, 박막 증착을 위해서, SiH₄, SiH₂Cl₂, SiHCl₃, SiCl₄, GeH₄, B₂H₆, BBr₃, BCl₃, AsH₃, PH₃, TeH₂, SnCl₄, GeCl₄, WF₆, NH₃, CH₄, Cl₂, 및 MoF₆으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 가스이고, 식각이나 세정을 위해서, SiF₄, CF₄, C₃F₈, C₂F₆, CHF₃, CClF₃, NF₃, CF₄, C₂F₆, C₃F₈, 및 SF₆으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 가스일 수 있다.
- [0049] 이러한 본 발명에 따른 ECR 플라즈마 발생장치를 이용하면, 혼 안테나(120)를 이용하여 도파관(110)이 확장될 수 있고, 도파관이 확장됨에 따라 전자파를 넓은 영역에 걸쳐 전송 및 고르게 방출할 수 있으므로 ECR 플라즈마 발생 영역(160)을 넓게 형성할 수 있고, ECR 플라즈마 발생 영역이 넓게 형성되므로 ECR 플라즈마를 넓은 영역으로 형성할 수 있다.
- [0050] 또한, 제1 슬릿(151a) 및 제2 슬릿(151b)에 의해 자기장 형성 영역이 확대될 수 있고, 이에 대응하여 ECR 플라즈마 발생 영역이 확대될 수 있다. 따라서 대면적의 ECR 플라즈마 발생 영역의 형성을 위한 효율을 높일 수 있다.
- [0051] 이러한 특징에 따라 대면적의 반도체 기판 처리가 가능할 뿐 아니라, 다수의 반도체 기판을 동시에 처리하는 것도 가능할 수 있고, 이러한 기판 처리 작업의 효율성이 증대될 수 있다.
- [0052] 도 7은 본 발명의 추가적인 실시예에 따른 ECR 플라즈마 발생장치에 삽입체가 설치된 상태를 나타낸 사시도이고, 도 1 내지 도 4에 도시된 구성들과 동일 유사한 구성들에 대하여는 동일한 부호를 사용하였다.
- [0053] 도 7을 참조하면, 본 발명의 추가적인 실시예에 따른 ECR 플라즈마 발생장치는 삽입체(180)를 추가로 포함하고, 나머지 구성들은 모두 도 1 내지 도 4와 동일 유사하다.
- [0054] 삽입체(180)는 제1 도파관(110), 혼 안테나(120), 제2 도파관(130)의 내부로 삽입되고, 전자파의 진행 방향과 평행하게 배치된다. 일 예로, 삽입체는 원기둥 형상일 수 있다. 또는, 상기 삽입체는 기둥의 종방향에 따라 간격을 이뤄 기둥의 외면에 위치한 환형부재가 형성된 원기둥 형상일 수 있다. 상기 삽입체는 길이 방향(도 7의 화살표 방향)에 따라 길이 조절 가능하도록 구성되어 ECR 발생 영역을 환경에 따라 조절 가능하도록 한다.
- [0055] 이러한 삽입체(180)가 추가 구성된 본 발명의 ECR 플라즈마 발생장치에 대한 작용 및 효과에 대해서는 본원 특허의 발명자의 이전 출원 특허인, 대한민국 특허출원 10-2013-0005306호가 참조된다.

도면

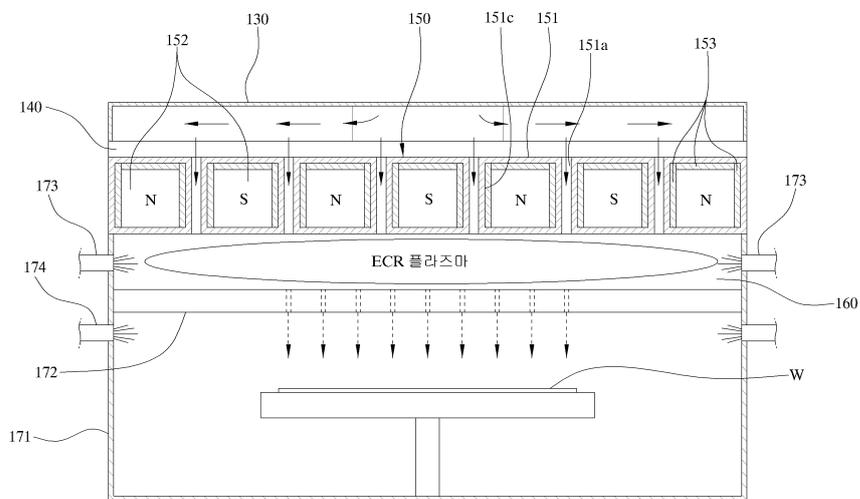
도면1



도면2



도면3



도면7

