

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ H01L 21/3065	(45) 공고일자 2002년 11월 30일
	(11) 등록번호 10-0333220
	(24) 등록일자 2002년 04월 08일
(21) 출원번호 10-1996-0700144	(65) 공개번호 특 1996-0704363
(22) 출원일자 1996년 01월 12일	(43) 공개일자 1996년 08월 31일
번역문제출일자 1996년 01월 12일	
(86) 국제출원번호 PCT/US1995/06242	(87) 국제공개번호 WO 1995/32315
(86) 국제출원일자 1995년 05월 15일	(87) 국제공개일자 1995년 11월 30일
(81) 지정국 국내특허 : 일본 대한민국 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 리히텐슈타인 사이프러스 독일 덴마크 스페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투갈 스위스	
(30) 우선권주장 08/242581 1994년 05월 13일 미국(US)	
(73) 특허권자 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드 미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050	
(72) 발명자 원, 제롤드, 제이오 미합중국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 빌리치 플레이스 10132 하나와, 히로지 미합중국 95051 캘리포니아 산타 클라라 플로리다 비스타 3427 스미스, 케네스 미합중국 94087 캘리포니아 서니베일 쿼일 애브뉴 1618	
(74) 대리인 남상선	

심사관 : 서태준

(54) 자기적으로 강화된 다중용량성 플라즈마 발생 장치 및 관련된 방법

명세서

배경기술

- <1> 발명의 배경
- <2> 본 발명은 플라즈마 발생 기술 특히 집적된 반도체 장치 제조의 드라이 에칭 처리에 사용되는 것과 관련된 것이다. 드라이 에칭에서, 처리 가스는 진공 챔버에 공급되고 무선(rf) 주파수 에너지는 챔버 내의 플라즈마 구름을 유지하고 발생한다. 플라즈마 구름에서 이온들은 대개는 반도체 웨이프 형태로 플라즈마에 인접한 챔버 또는 플라즈마로부터 이온들이 이끌어지는 분리된 처리 챔버에 위치한 워크피스(workpiece)에 충격을 가한다. 워크피스를 에칭 하거나 에칭을 돕는 이온들, 및 에칭 처리는 에칭에 우선하여 워크피스(workpiece)에 인가되는 보호 코팅의 형성에 따라서 선택될 수 있다.
- <3> 다양한 플라즈마 기술이 사용되었거나 제안되었고, 특별한 선행 기술의 특성은 도면과 함께 아래에 설명된다. 그러나 일반적으로 플라즈마 발생 방법 : 용량성, 유도성, 극초단파의 3가지 형태가 있다. 더 통상적인 용량성 플라즈마 발생 방법에서, 플라즈마는 무선(rf) 주파수 에너지가 하나 또는 양판에 인가되는 한 쌍의 평행판 전극 사이에 형성된다. 다양한 평행판 방법은 자기적으로 강화된 반응 이온 에칭(MERIE) 플라즈마 발생 장치이고, 자체는 플라즈마에서 이온의 형성을 강화한다. 평행판 특성과 MERIE 특성은 단일 rf 전력 발생기를 사용한다.
- <4> 유도성 플라즈마 발생기는 rf 전력을 플라즈마 챔버내에 전달하는 유도성 코일 즉 평면 코일, 원통형 코일 또는 어떤 다양한 다른 형태의 코일을 사용한다. 분리된 rf 발생기는 이온 에너지 및 방향을 제어하기 위해 에너지를 챔버내의 적어도 하나의 판 전극에 공급한다. 유도성 플라즈마는 헬리콘 공급원과 같은 자기적으로 강화된 장치를 사용할 수 있다.
- <5> 자기적으로 강화된 극초단파(MEMW) 플라즈마 발생기에서, 에너지는 도파관을 통하여 극초단파 주파수로 플라즈마 챔버내에 공급된다. 유도성 플라즈마 발생기에서는 플라즈마를 제어하기 위해 제 2전력 발생기는 전극판을 통하여 rf 에너지를 공급한다. 플라즈마 내에서 극초단파 주파수에서 발진된 전자들은 에칭에 필요한 집단을 발생하기 위하여 충분한 운동 에너지를 갖지 않기 때문에, 만약 고밀도 플라즈마가 요구되지 않는다면 자기 강화가 인가된다. 챔버 주위의 원통형 코일을 통하여 일반적으로 공급되는 적절한 자기장이 있는 곳에서, 전자는 전자 사이크로톤 공명(ECR)로서 언급된 상태에서 극초단파 주파수와 공명 상태로 회전한다.
- <6> 플라즈마 발생의 선행 기술의 방법의 각각은 장점과 단점을 갖고 있다. 더 통상적인 평행판 용량성 플라즈마 방법은 훌륭한 처리 제어 및 훌륭한 결과의 반복을 제공함으로써 간단하고 상대적으로 싸고 좋은 기술을 갖고 있다. 이런 이유로 오늘날 대부분의 제조 기술은 이 방법을 계속 사용한다. 그것의 주

요한 단점은 상대적으로 높은 챔버 압력, 전형적으로 반응성 이온 에칭(RIE) 반응기에서 100millitorr 및 더 이상과 MERIE 반응기에 대해 20millitorr 또는 그 이상으로 제한되는 것이다. 20millitorr 아래에서, 플라즈마에서 전자의 자유로운 통로 수단은 전자 사이의 거리에 비교되고, 전자는 충분히 높은 플라즈마 밀도를 만들 수 없게 된다. 다른 단점은 플라즈마 에너지의 독립적인 제어가 없다는 것이다.

<7> 유도성 및 극초단파 발생기는 평행판 플라즈마의 단점을 극복하나, 그 자신의 중요한 단점을 갖고 있다. 단점은 플라즈마는 고 밀도를 갖고 있고 낮은 압력에서 발생할 수 있다. 더욱이, 플라즈마 발생 및 에너지 제어는 사용되는 전력 공급원에 의하여 효율적으로 결합된다. 그러나 유도성 및 극초단파 플라즈마 발생기는 평행판 특성보다 더 복잡하고 더 비싸다. rf 전력이 음극에 인가될 때, 플라즈마 전력 공급원은 적절한 접지 통로를 갖지 않는다. 이것은 플라즈마 처리가 드리프트(drift) 및 비 다산성이 되게 한다.

<8> 따라서, 평행판 플라즈마 및 극초단파 양쪽 또는 유도성 플라즈마의 장점을 바람직하게도 하나를 갖는 개선된 플라즈마 발생 기술에 대한 필요성이 있다.

<9> 본 발명의 요약

<10> 본 발명은 자기적으로 강화된 다중 용량성 플라즈마 발생 장치, 및 그것의 작동에 대한 관련된 방법을 기술한다. 기본적으로, 본 발명의 장치는 챔버의 측면 벽에 위치한 다수 용량성 판, 플라즈마 바이아싱 및 제어용 통상적인 평행판 rf 공급원, 다중 용량성 판 사이에 rf 필드에 수직인 자계를 제공하기 위하여 주변 자기 코일을 사용하여 자기적으로 강화된 고 주파수 rf 공급원의 결합이다.

<11> 간단히, 일반적인 용어로, 본 발명은 챔버 내의 지지부에 의해 한정된 기판지지 표면에 기판을 처리하기 위한 미리 선택된 작동 압력을 배출하고 및 플라즈마 가스 도입을 위한 수단을 갖는 플라즈마 챔버에 사용하기 위한 장치를 기술한다. 이 장치는 챔버에서 기판지지 표면에 일반적으로 평행하고 챔버의 횡적인 방향에 있으며 횡 전계로 불리는 제 1무선 주파수(rf) 전계를 발생하는 수단, 챔버에서 제 1 전계에 일반적으로 수직인 제 2rf 전계를 발생하는 수단, 결과 플라즈마의 밀도 및 에너지를 제어하기 위한 전계 및 자계중 어느 하나를 변화하기 위한 수단을 포함한다.

<12> 기술된 실시예에서, 제 1rf 전력 공급원은 거의 13.5MHz 또는 그 보다 높은 주파수에서 작동되고, 제 2rf 전력 공급원은 13.5MHz 또는 그 보다 낮은 주파수에서 작동된다. 더 특별히, 제 1rf 전력 공급원은 거의 50MHz 내지 200MHz범위에서 작동하고, 제 2rf 전력 공급원은 거의 400MHz 내지 13.5MHz 범위내의 주파수에서 작동한다. 제 1rf 전력 공급원은 거의 200MHz의 주파수에서 작동하며, 자계를 발생하기 위한 수단은 전자 사이크로톤 공명 상태, 즉 무선 주파수 ECR상태에서 작동하기 위하여 거의 100가우스 보다 적은 자계 힘을 만들어 내는 필요성이 있다.

<13> 바람직하게는, n 측면 전극이 존재하며, n은 적어도 4개이며, 제 1rf 전력 공급원은 플라즈마 챔버내에서 회전하는 전계를 만들기 위한 각각의 측면 전극에 응용하기 위하여 $(360/n)^\circ$ 의 위상 각에 의해 하나에서 다음으로 지연된 n rf신호를 발생하기 위한 수단을 포함한다. 측면 전극의 최적의 수는 바람직하게는 4개 내지 6개이다. 6개 이상은 복잡성 및 비용을 추가하며, 4개 측면 전극보다 적은 것은 균일한 플라즈마 발생을 효율적으로 강화하지 않는다.

<14> 새로운 방법에 의하여, 본 발명은 제 1무선 주파수(rf) 전력을 다수의 측면 전극에 인가하는 단계를 포함하고, 챔버 측면 벽에 횡적으로 전계, 챔버내에서 횡적인 전계에 일반적으로 수직인 전계를 발생하고, 챔버내에서 횡적인 전계에 일반적으로 수직인 전계를 발생하는 한 쌍의 대향하고 거리가 있는 상부 및 하부 전극에 제 2rf전력 신호를 인가를 만들어 내기 위해 챔버 측면 벽 주위에 놓여지고, 그러므로서 제 2rf 신호는 처리용 상부 및 하부 전극의 하나에 인접 배치된 웨이크피스에 예정된 처리를 위한 플라즈마 에너지의 제어를 제공한다. 방법은 플라즈마 에너지 및 형성의 분리된 제어를 제공하고, 넓은 범위의 챔버 압력에서 작동하고 훌륭한 처리 제어 및 훌륭한 반복성을 제공한다.

<15> 본 발명은 플라즈마 발생 기술에 중요한 진보를 나타내는 것을 알 수 있을 것이다. 특히, 본 발명은 상대적으로 넓은 범위의 압력에서 작동될 수 있는 챔버에 일정하고, 고 밀도 플라즈마를 제공하고 훌륭한 처리 제어 및 훌륭한 반복성을 제공한다. 본 발명은 플라즈마 발생 및 플라즈마 에너지를 위한 독립 제어를 갖고 있고, 극초단파 ECR 공급원보다 덜 비싸고 덜 복잡하다. 본 발명의 다른 측면 및 장점은 도면과 함께 더 상세한 설명으로부터 나타날 것이다.

도면의 간단한 설명

<16> 제 1a, 1b 및 1c도는 선행 기술의 용량성 플라즈마 발생 장치의 3가지 형태의 간단한 개략도;

<17> 제 2a, 2b 및 2c도는 선행 기술의 자기적으로 강화된 다중 용량성 평행판 플라즈마 발생 장치의 3가지 간단한 개략도;

<18> 제 3a, 3b 및 3c도는 선행 기술의 유도성 플라즈마 발생 장치의 간단한 3가지 개략도;

<19> 제 4a, 4b 및 4c도는 선행 기술의 자기적으로 강화된 극 초단파(MEMW) 플라즈마 발생 장치의 3가지 종류의 간단한 개략도;

<20> 제 5a도는 본 발명에 따른 자기적으로 강화된 다중 용량성 평행판 플라즈마 발생 장치의 개략도;

<21> 제 6도는 제 5도에 나타난 유사한 장치의 간단한 3차원적인 개략도, 그러나 플라즈마 발생 챔버에 후속 배치된 처리 챔버 및 3쌍의 측면 전극을 포함한다.

<22> 제 7도는 제 5도와 유사한 3차원적 도이나 2쌍의 측면 전극을 갖고 있다.

<23> 제 8도는 제 7도의 장치에 2쌍의 측면 전극에 인가될 수 있는 무선 주파수(rf) 전력을 발생하기 위한 관련된 장치의 개략도;

- <24> 제 9도는 제 7도 및 제 8도의 장치에서 발생된 rf 전력 신호의 4개의 주파수 형태의 세트이다.
- <25> 제 10a 내지 10b는 제 7도 및 제 8도의 장치가 회전하는 전계 벡터를 어떻게 발생하는 지를 나타내는 도;
- <26> 제 11도는 제 8도의 장치에 사용하기 위하여 90° rf 전력 스피리트(splitter)의 블록도; 및
- <27> 제 12도는 2쌍의 측면 전극에 인가될 수 있는 4개의 rf 전력 신호를 발생하기 위한 교류 장치의 블록도;

실시예

- <28> 바람직한 실시예의 설명
- <29> 설명의 목적으로 도면에 나타난바와같이, 본 발명은 반도체 웨이퍼의 반응성 이온 에칭(RIE)과 같은 웨이크피스의 플라즈마 처리에 사용에 적절한 플라즈마 발생을 위한 새로운 기술과 관련된 것이다. 통상적인 플라즈마 발생 장치의 하나의 형태는 제 1a도 내지 제 1c도에서 표시(10, 12)에 나타난 한 쌍의 용량성 평행판을 사용한다. 무선 주파수(rf) 전력은 직렬 캐패시터(14)를 통하여 하나 또는 양쪽 판에 인가된다.
- <30> 직렬 판 용량성 특성이 단순하고 제조하기에 상대적으로 저렴하며 훌륭한 처리 제어 및 반복성을 제공한다. 그것의 주요한 결점은 상대적으로 높은 압력, 전형적으로 100millitorr 이상에서만 작동하게 제한되어 있다는 것이다. 저 압력에서, 판 사이의 플라즈마 영역에서 전자의 자유로운 통로 수단은 판 사이의 거리와 비교되며 플라즈마 밀도는 낮다. 다른 중요한 단점은 플라즈마 에너지의 분리된 제어가 없다는 것이다. 웨이크피스(표시되지 않았음)는 전형적으로 저 전극(12)에 위치되고, 플라즈마에서 이온은 웨이크피스에 이끌어지는 처리 기능(에칭)을 수행한다. 판에 인가되는 rf 전력은 플라즈마 발생 및 처리 도구로서의 이용에도 영향을 끼친다. 이상적으로 이 기능의 독립적인 제어가 바람직하다.
- <31> 제 2a 내지 2c도는 자기 강화된 3가지 형태의 용량성 판 플라즈마 발생기를 기술한다. 즉 다시 말하면, 자계는 판 사이의 전계에 수직이거나 챔버 벽에 평행한 방향에서 평행판(10) 및 (12)사이 또는 판 뒤에 플라즈마 영역에 인가될 수 있다. 이 특성은 자계를 발생하기 위한 교류 방법을 기술하고, 그것은 플라즈마에서 이온의 형성을 강화한다. 전자가 자속 선 주위를 회전하는 경향을 갖게되고 이에 의해 전자의 평균자유행정이 증가하게 되어 전자와 원자 사이의 충돌 가능성이 증가되며, 그것은 보다 높은 이온의 생산율을 야기한다. 자기적으로 강화된 반응성 이온 에칭 장치를 위하여, 자기적으로 강화된 평행판 특성은 약어 MERIE로 알려진다. 플라즈마 형성이 강화되기 때문에, MERIE 장치는 통상적인 평행판 장치보다 10 내지 200millitorr의 영역의 저 압력에서 작동할 수 있다. 그러나, 자기 강화 없이 평행판 시스템에서, MERIE 장치는 하나의 rf 전력 원만 가지고 있고, 비록 자계가 플라즈마 밀도의 덜 독립적인 제어를 제공함으로써 고려될 수 있지만 플라즈마 밀도 및 에너지의 독립적인 제어에 효과적이지 않다.
- <32> 제 3a도 내지 제 3c도는 rf 전력을 플라즈마 챔버에 인가하는 유도성 결합을 사용하여 선행 기술의 플라즈마 발생의 다른 형태를 기술한다. 이 특성에서, 2개의 rf 원이 이용된다. 하나는 전력을 플라즈마를 유지하고 발생하기 위하여 공급하고 제 3b도에서 평면 코일(22) 또는 제 3a도 및 제 3c의 원통형 코일(20)중 어느 하나가 유도성 코일의 어떤 형태를 통하여 공급된다. rf 전력의 제 2발생 원은 저 전극(24)에 연결되고 및 에칭 또는 다른 처리에 이용되는 플라즈마 에너지를 제어한다. 제 3c도의 특성은 자체 코일(26)에 표시된 바와 같이 자체 강화를 제공한다.
- <33> 제 4a 내지 4c도는 플라즈마 발생용 선행 기술 장치의 다른 형태 즉 자기적으로 강화된 극 초단파(MEMW) 플라즈마 발생기를 기술한다. 일반적으로 300MHz에서 3000Hz 범위내에 한정될 수 있는 극 초단파에서의 Rf 전력(40)에 표시된 바와 같이 챔버의 상부를 통하여 어떤 수단에 의해 플라즈마 챔버에 결합된다. 낮은 주파수 rf 전력 공급원은 유도성 플라즈마 발생기로서 플라즈마 제어를 위하여 저 전극(42)에 결합된다. 자기 강화는 (44)에 표시된 바와 같이, 필드 코일에 의해 공급된다. 이 특성들은 약어 MEMW(자기적으로 강화된 극초단파) 플라즈마 발생기로 언급된다. 만약 자계강도가 적절히 선택된다면, 플라즈마에서 전자는 전자 사이크로트론 공명(ECR)으로 언급되는 상태인 극 초단파 주파수와 공명인 주파수에서 회전한다. 대안적으로, "공명이 중지된" 상태에서 작동하기 위하여 약간 다른 자계 힘이 선택될 수 있다.
- <34> 유도성 및 MEMW 플라즈마 발생기는 높은 플라즈마 밀도 및 낮은 압력에서 작동하는 장점을 갖고 있고, 분리된 플라즈마 발생 및 에너지 제어를 제공한다. 이 단점은 그들이 복잡하고 비싸며, 제한된 처리 반복성 및 낮은 온도에서 제어를 제공한다.
- <35> 본 발명은 평행판 용량성 플라즈마 발생기 및 유도성과 MEMW 특성의 장점을 갖는다. 본 발명은 플라즈마 에너지 제어를 위한 평행판 전극을 유지하고 상대적으로 저렴한 자체 발생기를 사용하여 자체 강화를 갖는다. 플라즈마 발생을 위하여 본 발명은 다수 측면 전극에 연결된 제 1rf 발생기를 사용한다. 기본 특성은 제 5도에 나타나 있다. 평행판 전극(50, 52)은 플라즈마 영역(54) 상부 및 하부에 위치된다. 반도체 웨이퍼(표시되지 않았지만)는 하부 전극(52) 또는 상부 전극(50)중 하나에 대향하여 부착된다. 나타난 특성에서, 상부 전극(50)은 접지되고 및 rf 전력은 플라즈마를 제어하기 위한 하부 전극(52)에 인가된다. 대안적으로, rf 전력은 적절한 rf 전력 스피리트(splitter)(표시되지 않았음)를 통하여 전극(50) 및 (52)에 인가될 수 있다. 이 rf 공급원에 rf 전력이 측면 전극(56, 58)을 통하여 공급되고, 그것 중의 하나는 접지되어 표시되고 다른 하나는 제 2rf 전력 공급원에 연결되고, 13.5MHz 이상, 바람직하게는 50 내지 200MHz의 주파수를 갖고 있다. 측면 전극(56, 58)사이에서 발생한 전계는 벡터E로서 표시된다. 자체 코일(60)은 벡터 B로 표시되고 전계에 수직인 자계를 제공하기 위하여 플라즈마 챔버 주위에 위치된다.
- <36> 측면 전극(56, 58)에 인가된 rf 전력은 전력 제어기(57)에 의해 제어된다. 유사하게 상부 및 하부 판(50, 52)에 인가된 rf 전력은 전력 제어기(51)에 의해 제어된다. rf 전력의 제어는 rf 신호 전압 변화에 의해 통상적으로 영향을 끼칠 수 있다. 필드 코일(60)에 의해 생산된 자계강도는 제 3제어기(61)에

의해 제어될 수 있고, 그것은 자계 코일에 공급된 전류를 변화한다.

<37> 본 발명 장치의 중요한 장점은 상대적으로 약해진 자계가 자기적으로 강화된 극초단파(MEMW) 시스템에 필요한 자계와 비교하여 전자 공명 사이크로톤 공명(ECR) 상태를 이룩하기 위하여 필요하다는 것이다. 자계 힘에서 이 차이의 이유는 더 강한 자계가 낮은 무선 주파수에 필요한 것보다 전자를 극 초단파 주파수에서 회전하기 위하여 필요하다는 것이다. 아래에 더 설명되듯이, 상대적으로 약해진 자계로 본 발명의 사용은 극초단파 시스템보다 더 높은 충돌 에너지를 만들어 낸다. 아래의 수학적 분석은 본 발명의 장점을 강조한다.

<38> 첫째로 두 전극 사이의 발진 전계에 예측된 발진 거리 및 에너지를 비교하기에 유용하다. 발진 거리 S_c 및 전계 E_c 는 아래와 같이 주어진다.

$$S_c = \frac{eV_0}{mD\omega^2}, \quad E_c = \frac{e^2V_0^2}{2mD^2\omega^2}.$$

e = 전하,

m = 전자 질량,

V_0 = 전극 사이의 전압,

D = 전극 사이의 거리, 및

ω = rf 주파수의 각 주파수,

<40> $D = 200\text{mm}$ 및 $V_0 = 2,000\text{볼트}$ 에 대하여, 전자 발진 거리 및 에너지 값이 아래의 값으로 계산된다.

주 파 수	S_c	E_c
400 kHz	278 cm	$1.39 \times 10^6\text{ev}$
13.56 MHz	24 cm	$1.20 \times 10^3\text{ev}$
200 MHz	0.11 cm	5.55 ev
2.45 GHz	$7.41 \times 10^{-3}\text{mm}$	$3.70 \times 10^{-2}\text{ev}$

<42> 전자 회전 반지름 r_g 가 아래의 식으로 주어진다.

<43>
$$r_g = 2.38 (T_e)^{1/2} B^{-1},$$

<44> T_e = 전자 볼트(ev)에서 전자 에너지, 및

<45> B = 자계 힘(가우스).

<46> 그러므로 전자 회전 반경(cm 에서) B 및 T_e 의 다양한 값에 따라서 계산될 수 있다.

전자 에너지 (ev)	자계 힘 (가우스)			
	100	200	300	875
10	.075 cm	.038 cm	.025 cm	.0086cm
20	.106 cm	.053 cm	.056 cm	.012 cm
50	.168 cm	.084 cm	.056 cm	.019 cm
100	.238 cm	.119 cm	.079 cm	.027 cm

<48> 이 데이터의 중요성은 875 가우스가 2.45GHz의 주파수에서 작동하는 극초단파 발생기용 ECR 상태를 이룩하기 위하여 필요한 자계강도와 거의 같다는 점이다. 이것은 회전 주파수의 표현으로 계산될 수 있다.

$$f = \frac{eB}{2\pi m}$$

- <50> 200MHz의 주파수에서 필요한 ECR을 이룩하기 위하여 필요한 자계 강도는 단지 71.4가우스이다. 상기 테이블로부터, 100가우스 자계강도에 대한 회전 반경 값은 875가우스에서 얻어진 것보다 분명히 더 크나 여전히 1센티미터보다는 적다. 더 중요하게, 그것은 극초단파 주파수에서 작동하는 장치에 사용하기 위하여 875가우스의 자계강도로 만들어지는 것보다 100가우스 아래의 낮은 자계강도를 만들어 내는 자계 발생기를 만드는 데는 덜 비싸다.
- <51> ECR 상태에서 다 작동되는 본 발명의 자기적으로 강화된 다수 용량성(MEMC) 플라즈마 발생 장치와 MEMW 시스템의 비율과 전자 충돌 에너지를 비교하는 것이 유용하다.
- <52> 플라즈마에서 전자의 자유 통로 수단은 플라즈마의 조성 및 일차로 압력에 좌우된다. 중성 아르곤 가스에 대해, 다양한 압력에서 평균자유행정은 아래와 같다.
- <53> 1 mtorr : 48 mm
- <54> 10 mtorr : 4.8 mm
- <55> 100 mtorr : 0.48 mm
- <56> 아래의 테이블은 다양히 선택된 압력 및 전자 에너지에 대해 두 시스템을 비교한 것이다.

시 스템	MW ECR		MEMC ECR	
전 력	1,500 - 3,000w		50 - 1,000 w	
주 파 수	2.45 GHz		200MHz	
e 에 너 지	10ev		10ev	
B _{ECR}	875 가우스		71.4 가우스	
r _g	0.086 mm		1.05 mm	
압 력	1mtorr	10 mtorr	1 mtorr	10 mtorr
원 / 총 격	88	8.8	7.2	0.72
충격에너지	3.26ev	0.33ev	39 ev	3.9ev

- <58> 충돌 에너지는 똑같이 가정한 압력 및 전자 에너지에 대해, 본 발명의 시스템이 더 우수하다는 것을 보여준다.
- <59> 본 발명은 플라즈마의 밀도 및 에너지의 더 낮은 독립적인 제어를 제공한다. 플라즈마의 에너지 및 밀도 제어가 분리된 선행 시스템에서, 극 초단파 또는 유도적으로 결합된 rf 전력은 플라즈마 에너지가 rf 바이아스 전극에 공급된 전력에 의해 제어되는 동안에 챔버에 인가되고 플라즈마 밀도를 제어하기 위한 전력에 변화된다. 사실상, 플라즈마에 인가된 전력(전력 공급원) 및 바이아스 전극에 공급된 전력(바이아스 전력) 양쪽 다 플라즈마 에너지에 영향을 미친다. 전력 공급원이 증가함으로써, 더 플라즈마 가스 입자가 이온화되고, 더 높은 플라즈마 밀도를 만들어 낸다. 그러나 플라즈마 밀도가 증가함에 따라 적게 관련된 편압 강화 및 플라즈마 시스(sheath)를 통한 전류의 증가가 있다. 플라즈마와 관련된 DC 바이어스는 떨어지고 이것은 플라즈마로부터 기판에 충돌하는 이온 에너지의 측정이다. 이론적으로, 플라즈마 밀도는 동시에 플라즈마 에너지의 증가 없이 rf 플라즈마 전력 공급원이 증가함으로써 증가될 수 있다. 그러나 플라즈마 rf 전력 공급원의 증가는 높은 에너지 이온을 만들어 내고, 플라즈마 rf 전력 공급원이 증가함으로써 플라즈마 밀도의 증가가 플라즈마 에너지의 원하지 않는 증가에 의하여 이룩된다.
- <60> 본 발명에서, 플라즈마 밀도는 자계강도의 증가로서 강화될 수 있다. 이 자계는 플라즈마에서 전자가 회전하게 하고 더 많은 충돌을 만들어 내고, 그것은 에너지의 증가 없이 플라즈마 밀도를 증가한다. 사실은 플라즈마 에너지에서 플라즈마 밀도의 증가의 결과로서 만들어진다. 간단히, 본 발명은 플라즈마 밀도 및 에너지에서 3가지 제어를 제공하고 이 파라미터에 대해 더 독립적인 제어를 제공한다.
- <61> 제 6도의 실시예에서, 62.1 내지 62.6에서 나타난 것처럼 3쌍의 측면 전극이 있다. 제 8도 및 제 9도에 관한 것이 설명될 것이고, 인접 전극에 대해 위상이 지연되는 rf 신호로 공급되는 각 판으로 전혀 반대인 한 쌍의 전극에 결합된다. 6전극에 대해, 제 6도 실시예에서 인접한 전극 사이에 위상 지연은 $(360/6)^\circ$ 또는 60° 이다. 인접 전극의 엇지는 서로 각각에 대해 평행하게 있으며, 그러나 전극 표면에 갑작스런 종결로부터 발생하는 어떤 불연속을 부드럽게하기 위해 플라즈마 챔버의 주요 축과 평행하지 않다. 제 6도는 플라즈마가 처리 챔버(64)에 후속 배치되어 사용되는 특성을 기술한다. 기본적으로, 처리 시스템의 중요한 구조의 설계에서, 저 전극은 자체 플라즈마 처리를 위해 상승되거나, 또는 다운스트림 처리를 위해 하강될 수 있다.
- <62> 제 7도는 제 6도와 유사한 실시예이나 플라즈마 챔버에 대해 균일하게 배치된 4개의 측면 전극 66.1 내지 66.4가 존재한다. 이 경우에는 인접한 측면 전극에 공급되는 rf 신호는 제 8도에 나타난 바와 같이 위상에서 90° 로 배치된다. rf 신호는 위상 지연 및 스프리트 회로(68)에 공급되고, 그것은 각각

측면 전극 66.1 내지 66.4에 온 라인으로 연결된 4개의 분리된 신호를 발생한다.

<63> 제 9도 및 10a 내지 10d도는 제 8도의 회로가 어떻게 회전하는 전계(벡터 E로 표시됨)를 만들어 내는지를 나타낸다. 하나의 전극에서 다음 전극으로 90° 로 배치된 교류 전류 신호가 있다. 제 10a도는 제 9도에 상응하는 시간에 첨두 전계 벡터의 방향을 나타낸다. 벡터는 전극 66.3에서 전극 66.1로 향한다. 사이클에서 90° 후에, 첨두 전계 벡터가 제 10b도에 나타난 것처럼 전극 66.4에서 전극 66.2로 향한다. 다른 90° 후에 C시간에, 벡터는 전극 66.1에서 전극 66.3으로 향한다. 추가 90° 후에 D시간에, 벡터는 전극 66.2에서 전극 66.4로 향한다. 4개의 전극에 인가된 rf 신호의 효과가 회전하는 전계를 만들어 낸다는 것을 제 11a 내지 11d에서 보여질 것이다. 이것은 균일한 플라즈마 형성을 강화한다.

<64> 제 11도는 제 8도의 rf 위상 지연 및 스프리트 회로(68)를 수행하는 한 방법을 보여준다. 이 회로는 0° 내지 180° 스프리트(70) 및 2개의 0° 내지 90° 스프리트(72, 74)를 포함한다. 일반적으로, 스프리트는 각 에러의 어떤 단계 없이 수행될 수 있기 때문에, 스프리트(70)는 고정된 에러 α 를 도입하기 위해 가정된다. 만약 스프리트(70)에 입력이 각 0° 에서 전호 V_1 로 가정되고, 출력은 각 $(\alpha+180)^\circ$ 에서 $V_2/2$ 및 각 α 에서 $V_1/2$ 가 될 것이다. 만약 다른 스프리트(72, 74)는 고정된 에러(θ) 및 증폭 요소 A 도입을 가정한다면, 스프리트(72)의 출력은 $(\alpha + \theta)$ 및 $(\alpha + \theta + 90)^\circ$ 각에서 신호 AV₁이 될 것이고, 스프리트(74)의 출력은 $(\alpha + \theta + 180)^\circ$ 및 $(\alpha + \theta + 270)^\circ$ 각에서 신호 AV₁이 될 것이다. 동일한 에러가 모든 4개의 출력에 나타나기 때문에, 그들은 본 발명의 자동에 악영향을 끼치지 않는다. 180° 스프리트(70)는 예정된 반전 위상을 제공하기 위한 단순한 유도성 요소를 수행할 수 있다. 90° 스프리트(72, 74)는 T 또는 pi-섹션에 연결된 통상적인 rf 유도성 및 용량성 성분을 수행할 수 있다.

<65> 제 12도는 각 전극 66.1 내지 66.4에 인가될 수 있는 4개의 rf 전력 신호를 발생하기 위한 다른 방법을 기술한다. 이 장치는 마스터 rf 전력 공급 장치(80) 및 90° 위상 지연 회로(84)를 통하여 마스터 rf 전력 공급 장치에 연결되는 슬라브(slave) rf 공급 장치(82)를 포함한다. 이 장치는 추가로 2개의 스프리트(86, 88) 및 2개의 통상적인 정합 네트워크(90, 92)를 더 포함한다. rf 전력 공급 장치(80, 83)로부터 전력 신호는 정합 네트워크(90, 92)를 통하여 각각 0° 내지 180° 스프리트(86, 88)에 연결된다. 스프리트(86)는 각각 전극 66.1 및 66.3에 연결을 위해 각(0° 및 180°)에서 rf 전력 신호를 발생하고, 스프리트(88)는 각각 전극 66.2 및 66.4에 연결을 위해 각(90° 및 270°)에서 rf 전력 신호를 발생한다.

<66> 그것은 본 발명이 플라즈마 발생 장치의 범위에서 중요한 진보를 나타내는 것일 것이다. 특히, 본 발명은 통상적인 평행판 플라즈마 발생의 장점과 유도성 플라즈마 발생의 장점을 결합한다. 이 결과 장치는 고압 또는 저압에서 효율적으로 작동될 수 있으며 분리된 플라즈마 제어 및 훌륭한 처리 제어 및 반복성을 제공한다. 더욱이, 전자 사이크로트론 공명(ECR) 상태 가까이 또는 에서 작동을 위해, 더 많이 약해진(그러므로 덜 비싼) 자계는 ECR 상태에서 비교할 만한 극초단파 플라즈마 장치의 작동보다 더 필요하다. 비록 본 발명의 다수의 실시예가 상세히 기술되었을 지라도, 다양한 변형이 본 발명의 정신과 범위에서 벗어나지 않고 만들어 질 수 있다. 따라서, 본 발명은 청구 범위를 제외하고는 제한되지 않는다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

상부 및 하부 벽, 측면 벽을 가지며, 소정의 작동 압력으로 진공으로 만들고 가스 플라즈마 처리 환경을 유지하는 능력을 갖는 플라즈마 챔버를 사용하고, 무선 주파수(rf) 전력의 제 1 및 제 2 공급원을 사용하는 장치에 있어서,

상기 챔버 측면 벽 주위에 배치되며, 플라즈마 방전을 지지할 수 있으며 챔버내에서 횡 전계를 생성시키도록 제 1rf 전력 공급원으로부터 전력을 수신할 수 있는 다수의 측면 전극과;

상기 챔버내에서 플라즈마 밀도를 강화할 수 있으며 상기 횡 전계에 일반적으로 수직인 자계를 발생하기 위한 수단과;

이러한 한 쌍의 상부 및 하부 전극으로서, 상기 상부 및 하부 전극 중의 적어도 하나가 rf전력의 제 2공급원으로부터 전력을 수신하도록 조절되고, 상기 상부 및 하부 전극이 상기 챔버내에서 상기 횡 전계에 일반적으로 수직인 전계를 생성하도록 배치되는, 한쌍의 상부 및 하부 전극과;

상기 상부 및 하부 전극중 적어도 하나에 rf전력을 변화시켜서, 이에 의해 처리를 위하여 상기 상부 및 하부 전극중 하나에 인접 배치된 워크피스(workpiece)에 가해지는 플라즈마 에너지가 일반적으로 플라즈마 형성과 독립적으로 제어되도록 하기 위한 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제 1rf 전력 공급원이 약 13.5MHz 또는 더 높은 주파수에서 작동되고,

상기 제 2rf 전력 공급원이 약 13.5MHz 또는 더 낮은 주파수에서 작동되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 제 1rf 전력 공급원은 약 50MHz 내지 200MHz 범위의 주파수에서 작동되고 및,

상기 제 2rf 전력 공급원은 약 400MHz 내지 13.5MHz 범위의 주파수에서 작동되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 제 1rf 전력 공급원은 약 50MHz 내지 100MHz 주파수에서 작동되고,

자계 발생용 수단이 전자 사이크로트론 상태 또는 그 근방에서 작동되기 위해 약 100가우스보다 적은 자계강도를 만들어 내는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

적어도 4개인 n 측면 전극이 존재하고,

상기 제 1rf 전력 공급원은 n rf 신호를 발생하기 위한 수단을 포함하고, 상기 플라즈마 챔버에서 회전 전계를 만들어내도록 각각의 측면 전극에 응용하기 위해 360/n 각도의 위상 각으로 하나에서 다음으로 지연되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 측면 전극의 n수가 4개인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 측면 전극의 n수가 6개인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

플라즈마 처리 가스를 포함할 수 있고, 소정의 작동 압력으로 진공으로 만들 수 있으며 상부 및 하부 전극 및 측면 벽을 갖는 플라즈마 챔버를 작동하는 방법에 있어서,

플라즈마 방전을 지지하도록 상기 챔버 측면 벽에 횡적인 전계를 만들어내기 위해, 상기 챔버 측면 벽 주위에 배치된 다수의 측면 전극에 제 1 무선 주파수(rf) 전력 신호를 인가하는 단계와;

상기 챔버내에서 플라즈마 밀도를 강화하기 위하여, 상기 횡 전계에 일반적으로 수직인 자계를 발생하는 단계와;

상기 챔버내에서 상기 횡 전계에 일반적으로 수직인 전계를 만들어내기 위해, 이격되어 대향하는 한 쌍의 상부 및 하부 전극에 제 2 rf 신호를 인가하고,

이에 의해 상기 제 2 rf 신호가 처리를 위해 상기 상부 및 하부 전극중 하나에 인접하여 배치된 워크피스에 요구된 처리를 하는 플라즈마 에너지의 제어를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 제 1rf 전력 신호를 발생하는 단계는 약 13.5 MHz 또는 더 높은 주파수에서 신호를 만들어 내고,

상기 제 2rf 전력 신호를 발생하는 단계는 약 13.5 MHz 또는 더 낮은 주파수에서 신호를 만들어 내는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 제 1rf 전력 신호를 발생하는 단계는 약 50 MHz 내지 200 MHz 범위의 주파수에서 신호를 만들어 내며,

상기 제 2rf 전력 신호를 발생하는 단계는 약 400 MHz 내지 13.5 MHz 범위의 주파수에서 신호를 만들어 내는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 제 1rf 전력 신호를 발생하는 단계는 약 50 MHz 내지 100 MHz 범위의 주파수에서 신호를 만들어 내고,

상기 자계를 발생시키는 단계는 전계 사이크로트론 공명 상태 또는 그 근방에서 작동되기 위해, 약 50 가우스 내지 100 가우스 보다 작은 자계 강도를 만들어 내는 것을 특징으로하는 방법.

청구항 12

제 8항에 있어서,

적어도 4개인 n 측면 전극이 존재하고,

상기 제 1rf 전력 신호를 발생하는 단계는 n rf 신호 발생을 포함하고, 상기 플라즈마 챔버내에서 회전하는 전계를 만들어내도록 각각의 측면 전극에 응용하기 위하여 $360/n$ 각도의 위상 각으로 하나로 부터 다음으로 지연되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 측면 전극의 n 수가 4개 인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

측면 전극의 n 수가 6개 인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

챔버내의 지지부에 의해 형성된 기판지지 표면의 기판을 처리하기 위해 처리 가스가 도입될 수 있고, 소정의 작동 압력에서 유지될 수 있는 플라즈마 처리 챔버내에 제어 가능한 플라즈마를 발생하는 방법에 있어서,

상기 챔버내에서 상기 기판 표면 지지부 표면에 대해 제 1무선 주파수(rf) 전계를 발생하는 단계와;

상기 챔버내에서 상기 제 1(rf) 전계에 횡적으로 자계를 발생하는 단계와;

상기 제 1(rf) 전계에 횡적으로 제 2(rf) 전계를 발생하는 단계와,

결과적인 플라즈마 밀도 및 에너지의 제어를 위하여 상기 전계 및 상기 자계 중 적어도 하나를 변화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 제 1rf 전계를 회전시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제 15항에 있어서,

상기 전계 및 상기 자계의 적어도 하나를 변화시키는 단계는 상기 플라즈마 에너지에 현저하게 영향을 줌없이 요구된 플라즈마 밀도를 얻기 위하여, 상기 전계를 일정하게 유지하는 중에 상기 자계를 변화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

제 17항에 있어서,

상기 플라즈마 에너지를 증가시킴없이 요구된 고 플라즈마 밀도를 얻기 위하여 상기 자계의 자계 강도가 증가되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

제 15항에 있어서,

상기 제 2rf 전계는 상기 기판지지 표면에 대항하는 측면에 일반적으로 평행하게 배치되는 상기 제 1쌍의 전극의 적어도 하나의 전극에 용량적으로 결합된 rf 전력에 의해 발생하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 제 1쌍의 전극의 나머지 전극이 접지 되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

제 19항에 있어서,

상기 제 1 쌍의 전극의 나머지 전극이 상기 제1쌍의 상기 대항하는 전극에 대하여 180° 위상 지연되어 rf전력이 공급되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

제 15항에 있어서,

상기 제 1rf 전극은 상기 챔버 환경에 주위에 놓여진 적어도 하나의 부가적인 쌍의 전극들 적어도 하나의 전극에 용량적으로 결합된 rf 전력에 의해 발생하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 23

제 22항에 있어서,

다수의 부가적인 쌍의 전극은 대칭적인 위치에 제공되며 부가적인 전극의 각 쌍은 대향하는 관계에 놓이는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

제 23항에 있어서,

각 쌍의 부가적인 전극의 하나는 상기 각 쌍의 상기 대향하는 전극의 쌍에 대해 180° 위상 지연되어 rf 전력이 공급되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 25

제 15항에 있어서,

상기 자계가 상기 챔버 주위에 위치되는 적어도 하나의 자계 코일에 의해 공급되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

제 15항에 있어서,

상기 자계는 약 100 가우스 또는 100 가우스 보다 적은 자계강도를 갖는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제 15항에 있어서,

상기 자계가 약 100 가우스 또는 100 가우스 보다 작은 자계강도를 갖는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

제 16항에 있어서,

상기 플라즈마는 방사 대칭적인 영역에 국한되고, 상기 제 1전계는 상기 챔버 벽 주위에 방사 대칭적으로 정렬된 다수의 전극에 의해 발생하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

챔버내의 지지부에 의해 형성된 기관지지 표면의 기관을 처리하기 위해 기상 웨이퍼 처리 환경을 유지할 수 있고 소정의 작동 압력으로 진공으로 만들 수 있는 플라즈마 챔버를 사용하는 장치에 있어서,

상기 기관 표면 지지부 표면에 대해 제 1무선 주파수(rf) 전계를 공급하기 위한 제 1전극과,

상기 챔버내에서 상기 제 1(rf) 전계에 횡적으로 자계를 지지하기 위한 적어도 하나의 자계 지지부 장치와,

상기 제 1(rf) 전계에 횡적으로 제 2(rf) 전계를 지지하기 위한 제 2전극과,

결과적인 플라즈마 밀도 및 에너지의 제어를 위하여 상기 전계 및 상기 자계 중 적어도 하나를 변화시키는 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 30

제 29항에 있어서,

상기 제 1rf 전계를 회전하기 위한 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 31

제 29항에 있어서,

상기 제어기는 상기 플라즈마 에너지에 현저하게 영향을 줄없이 요구된 플라즈마 밀도를 얻기 위하여, 상기 전계가 일정하게 유지되는 중에 상기 자계를 변화시키는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 32

제 31항에 있어서,

상기 제어기는 상기 플라즈마 에너지의 증가없이 요구된 고 플라즈마 밀도를 얻기 위하여 상기 자계의 자계강도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 33

제 29항에 있어서,

상기 제 2전극은 일반적으로 상기 기관지지 표면의 대향하는 측면에 평행하게 위치되는 한 쌍을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 34

제 33항에 있어서,

제 2전극의 상기 쌍의 적어도 하나의 전극은 rf 전력에 용량적으로 결합되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 35

제 34항에 있어서,

제 2전극의 제 1쌍의 나머지 전극이 접지 되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 36

제 33항에 있어서,

상기 쌍의 전극은 rf전력이 공급되고 상기 쌍의 하나가 상기 쌍의 나머지 전극이 상기 방에 대해 180° 위상 지연되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 37

제 28항에 있어서,

상기 제 1전극은 상기 챔버 주위에 놓여진 한 쌍의 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 38

제 37항에 있어서,

상기 제 1전극의 상기 쌍의 한 전극이 rf 전력에 용량적으로 결합되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 39

제 37항에 있어서,

다수의 상기 제 1전극 쌍이 대칭적인 위치로 제공되며 전극들의 각 쌍은 대향하는 관계에 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 40

제 39항에 있어서,

상기 제 1전극의 부가적인 쌍의 각각의 하나는 상기 쌍의 대향하는 전극에 대해 180° 위상 지연되어 rf 전력이 공급되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 41

제 29항에 있어서,

상기 자계 지지 장치는 상기 챔버 주위에 위치한 자계 코일을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 42

제 29항에 있어서,

상기 자계는 약 100가우스 또는 100가우스 보다 자계강도를 갖는 것을 특징으로 하는 장치,

청구항 43

제 42항에 있어서,

상기 rf 주파수 및 상기 자계는 전자 사이크로트론 공명 상태 또는 그 근방에서 작동하기 위하여 서로 각각에 관련되어 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 44

제 30항에 있어서,

상기 플라즈마가 방사 대칭적 영역에 국한되며, 상기 제 1전극은 상기 챔버 벽 주위에 방사 대칭적으로 정렬된 다수의 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 45

제 29항에 있어서,

상기 제 1전극 방향이 상기 웨이퍼 지지 표면에 일반적으로 수직인 방향인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 46

제 29항에 있어서,

상기 자계 장치는 제 1rf 전계에 일반적으로 수직으로 상기 자계를 향하게 하는 것을 특징으로

하는 장치.

청구항 47

제 29항에 있어서,

상기 전극은 일반적으로 상기 제 1rf 전계에 수직으로 상기 제 2rf 전계를 향하게 하는 것을 특징으로 하는 장치.

요약

본 발명은 우수한 처리 제어 및 처리 반복성을 갖는 일정한 고 밀도 플라즈마를 만들기 위한 플라즈마 발생 장치, 그의 작동을 위하여 관련된 방법에 관한 것이다. 본 발명의 장치는 제 1무선 주파수 (rf) 전력 공급원이 플라즈마 발생을 위하여 횡 전계를 제공하기 위하여 연결되는 다수의 측면 전극 및 제 2rf 전력 공급원이 드라이 에칭과 같은 처리에 사용되어 플라즈마 에너지의 분리된 제어를 제공하기 위하여 연결된 통상적 한 쌍의 상부 및 하부 전극을 포함한다. 플라즈마가 극 초단파 전력원과 비교하여 상대적으로 낮은 주파수(50 내지 200MHz) 전력 공급원에 의해 발생되고, 전자 사이크로트론 공명(ECR)에서 자기적으로 강화된 동작을 이룩하기 위해 필요한 자계강도가 100가우스 아래이며, 그것은 상대적으로 낮은 가격에 제공될 수 있다. 더욱이 본 발명의 장치는 상대적으로 넓은 범위의 챔버 압력으로 효율적으로 작동될 수 있다. 이상적으로, 플라즈마 발생용으로 사용된 측면 전극의 수는 4개 또는 6개이어야 하고, 플라즈마 발생의 균일성을 강화하는 회전 전계를 만들어 내기 위하여 인접한 전극과 비교하여 위상이 지연된 신호를 수신하는 각각의 전극을 갖는다.

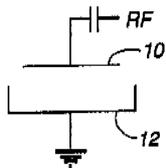
대표도

도1

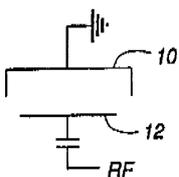
도면

도면1

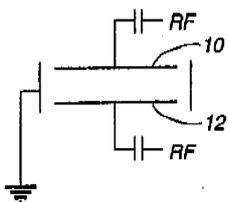
제 1a 도 (선행기술)



제 1b 도 (선행기술)

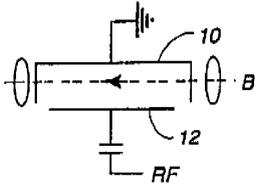


제 1c 도 (선행기술)

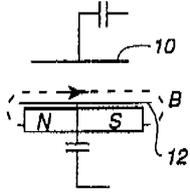


도면2

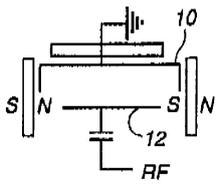
제 2a 도 (선행기술)



제 2b 도(선행 기술)

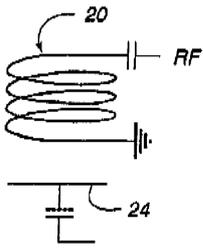


제 2c 도 (선행 기술)

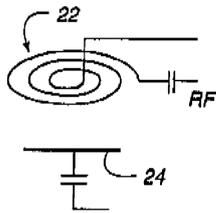


도면3

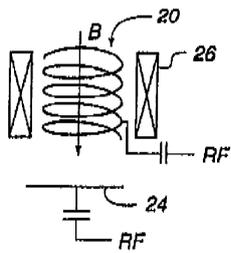
제 3a 도(선행기술)



제 3b 도(선행기술)

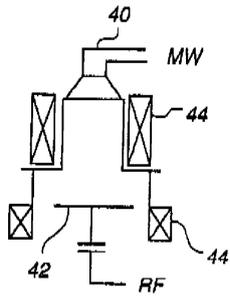


제 3c 도(선행기술)

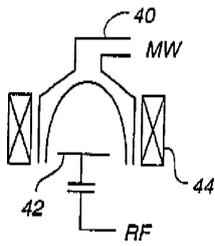


도면4

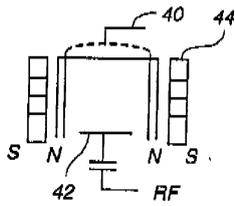
제 4a 도(선행 기술)



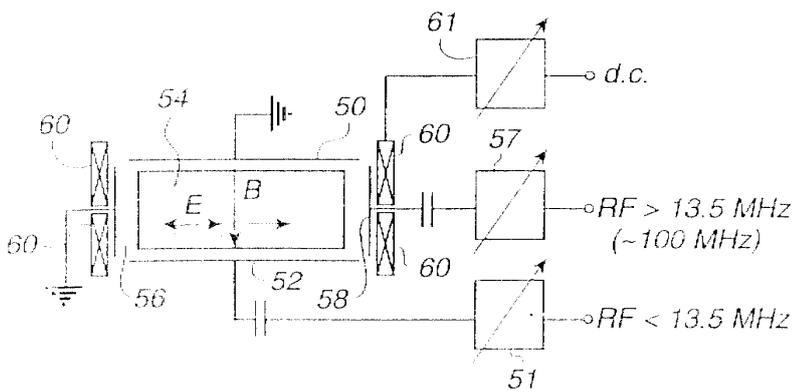
제 4b 도(선행 기술)



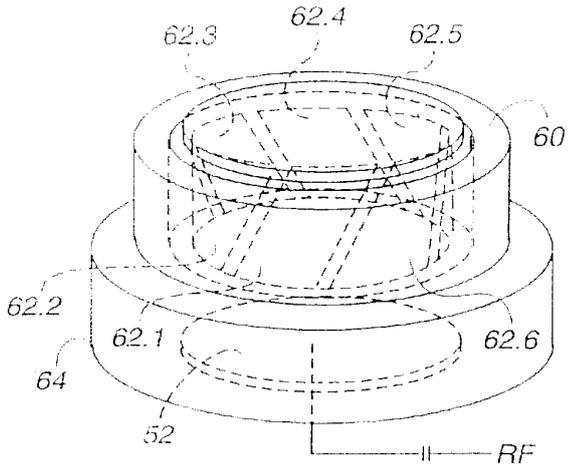
제 4c 도(선행 기술)



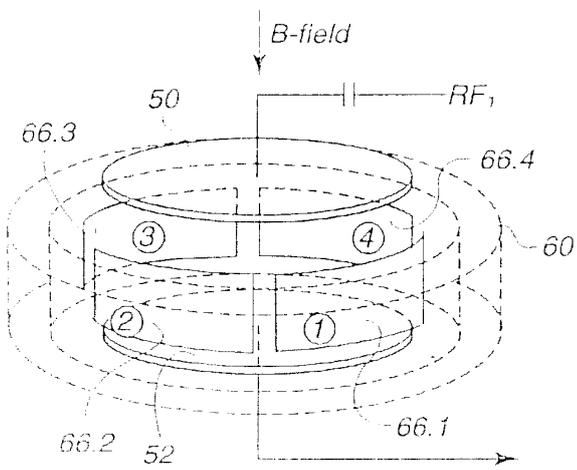
도면5



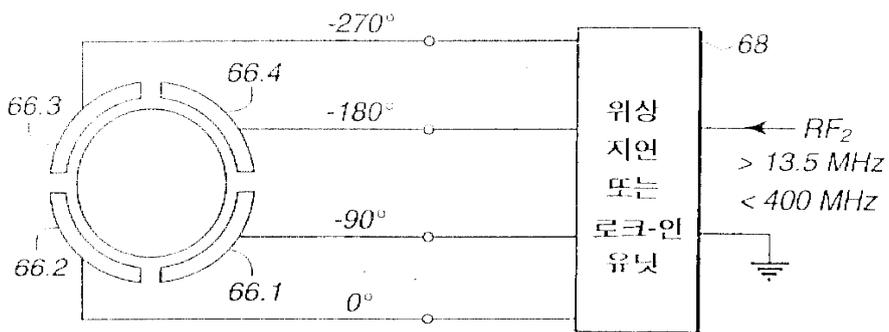
도면6



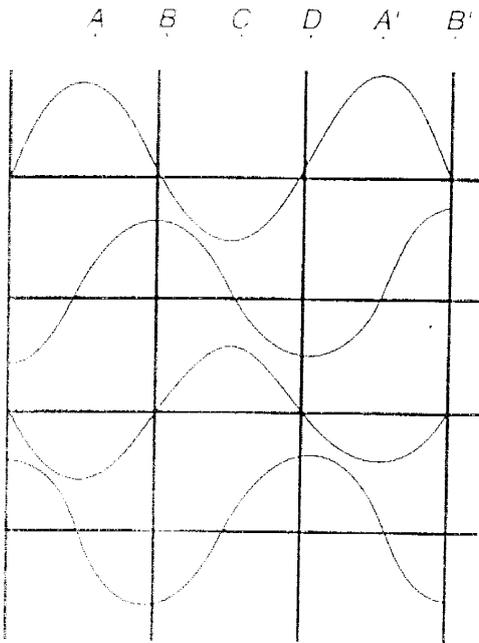
도면7



도면8



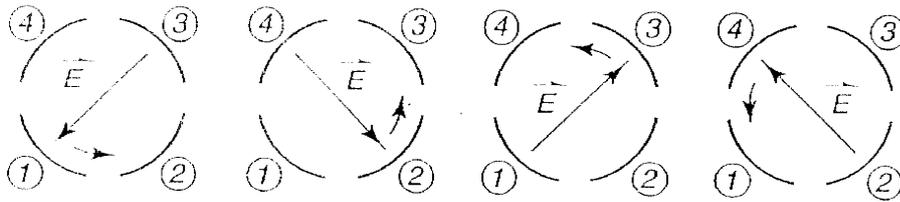
도면9



도면10

제 10b 도

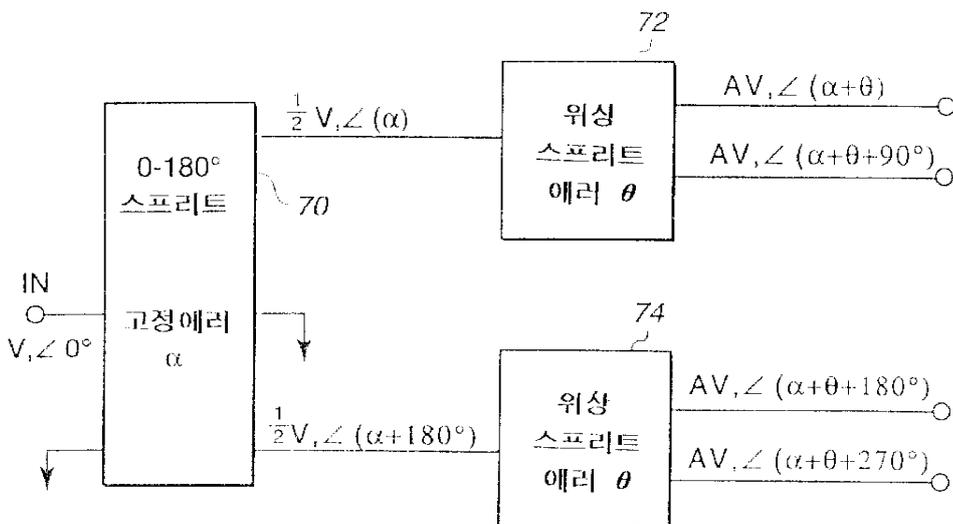
제 10d 도



제 10a 도

제 10c 도

도면11



도면12

