

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
H05H 1/18

(45) 공고일자 1996년 10월 15일
(11) 공고번호 96-014436

| | | | |
|------------|--|-----------|---------------|
| (21) 출원번호 | 특1989-0004024 | (65) 공개번호 | 특1989-0015649 |
| (22) 출원일자 | 1989년 03월 29일 | (43) 공개일자 | 1989년 10월 30일 |
| (30) 우선권주장 | 174,659 1988년 03월 29일 미국(US) 에너지 컨버전 디바이시스, 아이엔씨 마빈 에스. 시스킨 미합중국, 미시간 48084, 트로이, 웨스트 메이플 로드 1675 | | |
| (72) 발명자 | 조아킴 도홀러 미합중국, 미시간 48063, 유니온 레이크 베니스 드라이브 6183 제프리 엠. 크리스코 미합중국, 미시간 48031, 하이랜드, 토마호크 트 레일 590 | | |
| (74) 대리인 | 목돈상, 목영동 | | |

심사관 : 정종일 (책자공보 제4692호)

(54) 대영역 초고주파 플라즈마 장치

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

대영역 초고주파 플라즈마 장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 길고 넓은 영역의 거리에 걸쳐 균일한 초주파 플라즈마를 초래하는 본 발명의 진공용기 단면도.

제2도는 일면에 일정한 간격을 두고 복수의 개구가 따로따로 형성된 본 발명의 방사형 초고주파 조사기의 제1실시예를 나타내는 부분 사시도.

제3도는 일면에 하나의 긴 개구가 형성되어 있고 그 위에 셔터수단이 설치된 본 발명의 방사형 초고주파 조사기의 제2실시예를 나타내는 부분 사시도.

제4도는 그의 상면에서 플라즈마 동작을 수행하기 위하여 방사형 초고주파 조사기에 대하여 상대적으로 작동할 수 있게 배치된 하나의 긴 기관을 도시하고 있는, 제1도에 도시된 유형과 같은 종류의 축소된 진공용기를 일부 절취하여 나타낸 사시도.

제5도는 그의 상면에서 플라즈마 동작을 수행하기 위하여 방사형 초고주파 조사기에 대하여 상대적으로 작동할 수 있게 배치된 연속 웨브 형태의 기관 부재를 도시하고 있는 제1도에 도시된 유형과 같은 종류의 축소된 진공 용기의 사시도.

제6도는 그의 상면에서 플라즈마 동작을 수행하기 위하여 방사형 초고주파 조사기에 대하여 상대적으로 작동할 수 있게 일정 간격으로 따로따로 배치된 복수의 작은 기관을 도시하고 있는 제1도에 도시된 유형과 같은 종류의 축소된 진공용기를 일부 절취하여 나타낸 사시도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10 : 초고주파 에너지 장치

12 : 진공용기

18 : 처리가스 입력대기관

20 : 플라즈마 영역

28, 30, 34 : 기관

140 : 초고주파 조사기 수단

42 : 도파관

140 : 초고주파 조사기 수단

150 : 초고주파 셔터

154 : 절연체 블럭

60 : 격리수단

62, 64 : 칼라 이음쇠

68 : 접속 플랜지

72, 74 : 0링

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 넓은 영역에 균일한 초고주파 개시 글로우방전 플라즈마를 지속시키는 신규한 초고주파 플라즈마 장치에 관한 것이다. 상기 초고주파 플라즈마 장치는 플라즈마를 지속시키는 진공 용기와, 처리가스 소스 및 진공용기 내부로 소멸파에 의해 방사 또는 전달하도록 된 초고주파 조사기를 포함한다. 또한 초고주파 에너지 장치는 진공용기내의 플라즈마 영역으로부터 초고주파 조사기를 분리하는 격리창을 포함한다.

통상적인 초고주파 오븐(Oven)은 가열되는 식품의 비교적 장시간의 열적 완화시간을 갖는 장점을 지닌 반면, 비-균일성의 초고주파 에너지를 균등하게 분배하는 기계적인 수단을 이용하여 식품을 균일하게 가열하도록 되어 있다. 그러한 기술들은 플라즈마를 생성하기 위하여 가스를 균일하게 야기시키도록 사용될 수 없다. 이것은 가스의 짧은 완화시간 때문이다. 오븐 기술에 사용되는 팬과 기타 기계적 초고주파 분산기들은, 그들이 얼마나 빨리 회전할 수 있는가에 관계없이, 플라즈마 여기에 적합한 시간 규모로 초고주파 에너지의 균일한 분산을 보장할 수 없다. 플라즈마의 균일한 초고주파 여기를 달성하기 위하여 기타 다른 수단들이 이용되어야 했다. 초고주파 플라즈마 데포지션 기술에 있어 상기한 지적들은 이 분야의 기술 상태를 예시함과 아울러, 조사기로부터의 에너지 분배에 있어서 균일성 증대에 직면하는 종래의 문제들과 본 발명의 신규한 초고주파 플라즈마 발생 구조에 의해 제공되는 장점들을 부각시켜 준다.

오브신스키씨 등의 미국특허 제4,517,223호 및 제4,504,518호, 고주파 에너지를 이용하여 비정질 반도체 합금 및 디바이스를 제조하는 방법은 저압력의 초고주파 글로우 방전 플라즈마로 작은 면적의 기관들에 박막을 증착하는 공정을 기재하고 있다. 이들 특허에 기재된 바 있는 저압 방식의 공정은 플라즈마에서 분말 및 중합체 형성을 제거하였을 뿐만 아니라 가장 경제적인 형태의 플라즈마 데포지션을 제공하였다. 상기 미국특허들은 초고주파 에너지를 이용한 매우 현저한 방식의 저압 및 고 에너지 밀도, 즉 파셴곡선(Paschen curve)의 최소치에서 데포지션하는 방법을 소개하였지만, 넓은 면적의 데포지션에 있어서, 균일성에 대한 문제점은 해소되지 않았다.

넓은 면적 기관용의 초고주파 조사기로 돌아가 설명하면, 퍼니에르씨 등의 미국특허 제4,729,341호, 일렉트로 포토 그래픽 디바이스 제조 방법과 장치에는 고전압의 한쌍의 방사형 도파관 조사기를 이용한 대면적의 원통형 기관에 광도전성 반도체 박막을 증착하는 저압의 초고주파 개시 플라즈마 공정이 기술되어 있다. 그러나, 상기 특허의 광역 데포지션 원리는 전자 광학적 수광 소자와 같은 원통형의 기관에 한정되며 그 기술은 대체로 광역 평판형 기관에 바로 적용될 수 없다.

이 분야의 많은 연구자들이 고전력의 초고주파 지속 플라즈마를 이용하여 박막을 제조하는 방법을 소개하여 왔다. 그러나, 초고주파 플라즈마는 큰 표면적 또는 저압력 데포지션 용으로 적합하지 못했다. 이것은 에너지의 비균일성 및 이로 인한 최종 표면 처리의 비균일성 때문이었다. 균일성 증대를 위한 시도는 서행파의 초고주파 구조의 이용이었다. 그러나, 이러한 서행파 구조에 의한 문제점은 초고주파 조사기를 가로 지르는 거리의 함수로서 플라즈마로 결합하는 초고주파의 매우 빠른 감쇠이다. 이 문제는 처리될 기관으로부터 서행파 구조의 공간을 변화시키는 여러 구조물에 의해 서행 기술에서 해소되었다. 이런 방법에서 기관표면에서의 에너지 밀도는 기관 이동 방향을 따라 일정하다. 예를 들어, 웨이스 플로크씨 등의 미국특허 제3,814,983호, 전자기 방사로 플라즈마를 발생시키고 재료를 처리하는 장치 및 그 방법과 키제르씨 등의 미국특허 제4,521,717호, 플라즈마 중화화의 모니터를 위한 기관처리용 초고주파 플라즈마 발생장치는 처리될 기관과 초고주파 조사기 사이에 변화되는 공간 관계를 제공함으로써 상기한 문제를 해소하였다. 특히, 웨이스 플로크씨 등은 상기 미국특허에서 서행파 도파관 구조의 전체 길이를 따라 균일한 전력 밀도의 플라즈마에 필요한 균일한 전계 강도를 얻기 위하여, 기관에 대해 도파관 구조를 경사지게 하는 것이 필요하다고 기술했다. 그러나, 그러한 균일성을 얻기 위해 기관에 대한 서행파 도파관 구조의 경사는 초고주파 에너지를 플라즈마로 결합하는데 있어서 비효율적이었다.

상기한 단점들을 인식한 키제르씨 등은, 2개의 서행파 조사기들이 그 중간성에 수직인 평면들이 처리될 기관의 이동 방향에 직각으로 그리고 기관의 표면에 평행하게 뻗는 직선에서 교차하도록 서로 배치되어 있으면 2개의 에너지 입력들, 즉 2개의 초고주파 조사기들의 중복에 의한 조건들은 더 개선될 수 있다고 기술했다. 더욱이 키제르씨 등이 권고한 것은 2개의 조사기들의 파동 필드 패턴들의 유해한 간섭을 피하기 위하여 조사기들은 도파관들의 크로스바들 사이의 간격의 절반에 해당하는 거리만큼 기관의 이동방향에 대해 황으로 서로 이격되어 배치되어야 한다는 것이다. 이렇게 하여 초고주파 필드 패턴은 사실상 나타나지 않는다.

플라즈마의 비균일성 특히, 에너지의 비균일성에 대한 문제는 제이. 아스무센과 그의 공동 연구가들에 의해 예를들어 티. 로펠씨 등의 초고주파 플라즈마 디스크 소스를 이용한 실리콘의 저온 산화(J. Vac. Sci. Tech. B-4, 1986년 1월~2월 판, 295~298면)와, 엠. 다히멘과 제이. 아스무센의 다점두 스테릭 마그네틱필드에 침잠된 초고주파 이온 소스의 퍼포먼스(J. Vac. Sci. Tech. B-4, 1986년 1월~2월 판, 126~130면)에서 다루어졌다. 이들과 함께 다른 논문들에서, 아스무센과 그의 공동 연구가들은 초고주파 플라즈마 디스크소스(MPDS)에 대한 초고주파 반응기를 기술했다. 플라즈마는 초고주파 주파수의 함수인 직경을 지니는 디스크 또는 타블렛(tablet) 형상인 것으로 보고되었다. 아스무센과 그의 공동 연구가들에 의해 주장된 중요한 인점은 플라즈마 디스크 소스가 주파수에 비례할 수 있다는 것이다. 즉, 2.45GHz의 규정 초고주파 주파수에서 플라즈마 디스크의 두께가 1.5cm이지만 디스크 직경은 초고주파 주파수를 감소시킴으로써 증가될 수 있다. 이렇게 하여 플라즈마 기하학적 형상은 넓은 표면적에 걸쳐 균일한 플라즈마를 제공 가능한 큰 직경에 비례될 수 있는 것으로 언급되었다. 그러나, 아스무센은 2.45GHz에서 조작되는 초고주파 플라즈마 디스크 소스에 대해서만 기술했으며 이때 플라즈마 제한 직경은 10cm이고 플라즈마 체적은 118cm³이다. 이것은 아직 넓은 표면적과는 거리가 멀다. 넓은 면적의 기관상에 데포지션을 제공하기 위하여, 아스무센은 2000cm³의 플라즈마

체적으로 40cm의 플라즈마 직경을 제공하는 915MHz의 저주파에서 동작 가능한 시스템을 제안했다.

아스무센은 또한 초고주파 플라즈마 디스크 소스는 예를들어 400MHz의 여전히 저주파수에서 조작함으로써 1M 이상의 방전 직경까지 정해질 수 있으며 재료 처리를 위한 플라즈마 소스 또는 폭이 넓은 비임 이온 소스로서 사용될 수 있다고 기술했다. 그러한 초고주파 플라즈마 디스크 소스는 원칙적으로는 비교적 넓은 표면상에 데포지션을 제공하지만 저주파수의 조정을 필요로 한다. 플라즈마 처리 장치의 규모의 변화에 대한 이러한 시도에도 심각한 경제적 문제들이 있다. 비용이 적게 들고 큰 전력 용량으로는 오직 2.45GHz의 마그네트론이 개발되었다. 다른 고정 주파수의 고전력 초고주파 소스는 여전히 비싸고 가변 주파수의 고전력 초고주파 소스는 극히 비싸다.

더욱이, 증착될 재료의 질과 데포지션 속도는 여기 주파수에 의존한다. 또한, 플라즈마 규모를 증대시키기 위한 주파수 변조는 재료질과 박막 데포지션 속도로 이루어진다. 더욱이, 아스무센에 의한 시스템에 사용된 자석은 크기가 커야 하며, 여기 주파수가 변함에 따라 필드 강도가 달라져야 한다. 게다가, 플라즈마 규모를 변경하는 수단으로서 아스무센의 시도는 다른 중요한 데포지션 변수들을 강하게 결합하는 단점을 지니므로 조작의 용동성을 감소시킨다.

히다찌사의 연구원들은, 예를들어 스텝씨 등의 미국특허 제4,481,229호에서 제한된 표면적에 상대적으로 매우 높은 정도의 균일성을 지니는 고전력 플라즈마를 얻기 위하여 전자 사이클로트론 공명(CER)의 이용을 소개했다. 상기 히다찌 특허는 균일한 대영역 플라즈마 얻어질 수 있는 방법을 가르쳐 주거나 암시도 하지 않는다. 더욱이, ECR 사용은 초고주파 장치에 매우 균일한 자장 구조의 추가 용건을 더 부여하고, 전자충돌시간이 ECR 조건이 성취될 수 있도록 충분히 오래되는 오직 매우 낮은 압력 영역으로 조작에 있어서 제한된다.

상기한 미국특허 제4,517,223호와 제4,729,341호는 매우 높은 초고주파 전력 밀도의 플라즈마에서 매우 낮은 압력을 사용하는데 대한 필요성을 기술한다. 저압력의 이용은 큰 데포지션 속도 및 높은 가스 이용도를 얻기 위해 필수적이다. 상기 미국특허들은 플라즈마 공정을 경제적으로 수행하기 위하여 낮은 플라즈마 압력의 임계성을 강조한다. 그러나, 큰 데포지션 속도, 높은 가스 이용, 큰 전력밀도 및 저압력은 서행파 구조와 전자-사이클로트론 공명방법의 이용을 제한한다. 후술하는 본 발명의 방법과 장치에 의해, 서행파 구조와 전자-사이클로트론 공명방법에 대한 제약들은 회피되고 상기한 미국특허 제4,517,223호와 제4,729,341호에 기재된 데포지션 속도와 낮은 압력 방식이 얻어진다.

본 명세서는 비교적 넓은 영역에 걸쳐 사실상 균일한 플라즈마를 지속시키는 초고주파 에너지 장치가 기재되어 있다. 보다 상세하게 설명하면 본 초고주파 에너지 장치는 플라즈마 영역에 플라즈마를 발생하여 지속시키는 진공용기와, 플라즈마 영역에 대하여 병렬 위치 관계로 기관부재를 지탱하도록 상기 용기에 배치되어 있는 수단과, 진공 용기를 희망하는 사실상의 부압으로 유지하는 수단과, 처리 가스를 진공용기 안으로 도입하는 수단과, 상기한 진공용기의 내부로 적어도 그 일부분이 신장되어 초고주파 에너지 소스로부터의 초고주파 에너지를 상기한 진공용기의 내부로 방사하는 조사기 수단과, 상기한 초고주파 방사 조사기 수단을 플라즈마 영역으로부터 격리시키기 위한 수단 등을 포함하고 있다. 상기한 격리수단은 초고주파 에너지를 상기한 조사기수단으로부터 상기한 진공용기로 방사시킬 수 있는 재료로 구성되며, 거기에 가해지는 압력차를 견디어 낼 수 있도록 최적화된 형상으로 이루어져 있다. 여기서, 격리 부재의 두께는 최소화할 수 있으며, 상기한 용기내에 배치된 기관부재의 긴 표면을 따라 사실상 균일한 플라즈마 동작이 수행될 수 있다.

격리수단 바람직하게는 원통형 또는 반원통형으로 형성되어 진공용기 안으로 신장된 조사기 수단의 일부분을 적어도 둘러싸도록 되어 있다. 그러나, 대체로 만곡면을 사용하여 동일한 효과를 거둘 수 있다. 원통형 격리수단과 진공용기의 벽사이에 진공 밀봉부가 배치되어 원통형 격리수단의 내외부 사이에 압력차가 유지된다. 따라서 압력(진공) 유지수단은 원통형 격리수단의 외부에 배치된 용기 부분의 압력(진공)을 변형된 파센(Paschen)곡선의 최소치의 근처에서 플라즈마 동작에 요구되는 적절한 압력으로 유지하기 위하여 설치되어 있다. 격리수단의 외주벽의 두께는 격리수단의 내외부 사이에 존재하는 압력차를 견딜 수 있는 정도로 되어 있다. 진공용기는 다른 플라즈마 동작을 수행할 수 있다. 제1실시예에서는, 적어도 하나의 증착 선도입가스(Precursor gas)(예컨대, 반도체 원소 함유 가스)가 기관부재상에 금속, 반도체 합금재, 초전도성 합금재 또는(유기중합체를 포함한)유전체와 같은 재료를 증착하기 위하여, 진공용기의 내부로 도입된다. 다른 실시예에서는, 선도입가스는 기관상에 절연막을 분해·증착하기 위하여 제공된다. 또 다른 실시예에서는 적어도 하나의 에칭제 함유 선도입가스가 상기한 진공용기의 내부로 도입되는 것에 의해, 초고주파 에너지 장치는 증착물의 표면이나 기관부재의 표면을 에칭하도록 되어 있다.

조사기 수단은 바람직하게는 긴 도파관 형태를 취하고 있는데, 이는 초고주파 에너지를 진공용기의 안으로 실질적으로 균일하게 방사할 수 있는 적어도 하나의 개구 또는 누설 구멍을 포함하고 있다. 개구의 사이즈는 주기적일 수도, 비주기적일 수도 있으며, 개구의 사이즈는 초고주파 에너지의 1파장과 동일하거나 작다. 다른 실시예에서는 복수의 개구가 도파관의 길이 방향을 따라 일정한 간격으로 배치되어 있다. 여기서, 개구의 크기 및 간격은 상술한 바와 같이 주기적일 수도, 비주기적일 수도 있다.

또한 초고주파 에너지 장치는 긴 기관부재를 포함하는데, 이는 하나의 긴 부재나, 도파관의 길이 방향을 따라 배열된 복수의 작은 이격적 기관부재 혹은 상기한 도파관의 길이 방향을 따라 연속적으로 이동하도록 된 긴 웹(web)로 구성될 수 있다. 어느 경우이든, 기관부재는 상기한 조사기 수단의 가까운 필드 거리내에 배치되는 것이 바람직하다. 균일 방사수단은 방사되는 초고주파의 1파장보다 큰 길이에 걸쳐서 도파관으로부터 나온 초고주파 에너지를 사실상 균일하게 방사하도록 되어 있다. 바람직하게는 사실상의 균일 방사수단은 12인치보다 큰 길이(dimension)에 걸쳐서 도파관으로부터 나온 초고주파 에너지를 사실상 균일하게 방사하도록 되어 있다. 또한, 방사수단은 셔터수단을 구비하여 사실상 균일한 밀도의 초고주파 에너지가 길이 방향의 전부분을 따라 개구수단으로부터 방사되도록 하고 있다.

한편, 초고주파 에너지 장치는 조사기 냉각 수단을 구비하고 있다. 냉각 수단은 격리 수단의 내부를 흐르도록 된 공기의 흐름으로 이루어질 수 있다. 다른 실시예에서는 냉각 수단이 상기한 격리수단의 내부에 형성되고 그 격리수단과 상기한 동심원적 봉입체 사이에 도관을 형성하도록 되어 있다. 예컨대, 물이나 오일 또는 프레온 등과 같은 냉매 유체가 흐르도록 된 곳이 바로 이 도관이다.

특히 주목할 것은 다른 실시예에서 본 발명에 의한 원통형 격리 부재가, 초고주파 에너지를 진공용기에 소멸파를 통하여 결합하도록 된 서행파 구조물(Slow wave structure)로 이루어진 종래의 서행파 초고주파 조사기와 함께 사용될 수 있는 점이다. 환언하면, 얇은 격리수단을 이용할 수 있는 가능성으로 인하여, 상기한 격리수단은 충분히 낮은 온도로 확실하게 냉각될 수 있기 때문에 비교적 높은 전력의 초고주파 에너지를 진공용기에 도입하여, 상기한 격리수단의 파괴와 연관될 수 있는 높은 열을 내지 않고도, 고전자 밀도의 플라즈마를 여기(勵起)시킬 수 있게 된 것이다.

본 발명은 진공용기의 내에 사실상 균일한 플라즈마를 지속시켜 주는 초고주파 에너지 장치에 관한 것이다. 진공용기 내의 압력을 부압(負壓)으로 유지함으로써, 변형된 파셴 곡선(Paschen Curve)의 최소치의 근처에서 동작하는데 요구되는 적절한 압력하에서 플라즈마를 작동시킬 수 있다. 또한 저압에서의 동작은 플라즈마 여기(勵起) 핵종의 평균 자유 이동 거리를 더욱 짧게 하여 전체적인 플라즈마의 균일성의 향상에 기여한다. 이 과정에서, 초고주파 에너지 장치는 초고주파 소스의 가까운 필드 거리 내에 배치된 기판에 균일한 플라즈마 반응을 유지시킬 수 있게 된다.

제1도는 비교적 넓은 영역에 걸쳐서 사실상 균일한 초고주파 플라즈마를 유지시켜 주는 초고주파 에너지 장치(10)의 단면도를 도시하고 있다. 여기서 사용되고 있는 넓은 영역이라는 용어는 적어도 어느 한 방향의 길이가 1초고주파 파장보다 긴 것, 바람직하게는 12인치 이상이 되는 물체를 지칭한다. 장치(10)는 특히, 진공용기(12)를 구비하고 있는데, 그 벽은 바람직하게는 스테인레스강과 같은 내구성, 내식성 재료로 이루어진다. 아울러 진공용기(12)는 도출 포트(pump-out port; 14)를 구비하고 있는데, 이는 진공용기(12)의 내부를 적절한 부압으로 유지하기 위한 진공 펌프에 적합하게 연결될 수 있도록 되어 있다. 그리고, 진공 펌프는 상기한 용기(12)의 내부로부터 반응물을 취출하도록 되어 있다.

용기(12)는, 그 외에도 처리가스 입력 다기관(18)에 접속되는 적어도 하나의 처리가스 입력관(16)을 구비하며, 상기한 다기관(18)은 상기한 반응 용기(12)의 내부에, 특히 플라즈마 영역(20)에 처리가스를 균일하게 분사시킬 수 있도록 설치된다. 그리고, 상기한 처리가스 입력 다기관(18)은 적어도 1쌍의 처리가스 수용수단(22)(24)의 사이에 설치된다. 이 처리가스 수용수단(22)(24)은 다기관(18)에 의해 진공용기(12)의 플라즈마 영역(20) 안으로 유입된 처리가스를 수용하는 역할을 한다. 아울러, 플라즈마 영역(20) 내에는 하나 또는 그 이상의 기판(26)을 지지하는 수단이 설치된다. 그리고, 도시하지는 않았지만, 진공용기(12)는 기판 온도를 희망하는 온도로 유지하기 위한 수단, 예를 들어 가열 수단 또는 냉각수단 등을 구비하고 있다.

이후에서도 상세하게 설명하는 바와 같이, 기판은 하나의 긴 부재나 복수의 작은 기판 또는 연속 웨브 형태의 기판재로 구성할 수 있으나, 그에 국한되지 않는다. 그러나, 특히 주목할 것은, 초고주파 에너지 장치(10)에 의해 지속되는 플라즈마의 높은 균일성으로 인하여, 플라즈마 영역(20)이 진공용기(12)의 바닥에 배치되지만, 플라즈마 영역(20)은 사실상 진공용기(12)의 상부, 바닥, 또는 측면에 위치할 수 있다. 사실, 제1도에서 가상적으로 도시한 바와 같이, 플라즈마 영역(20a)은 용기(12) 내의 어느 위치에도 형성될 수 있다. 기판은 초고주파 플라즈마 소스로부터 어느 일정한 거리에 설치될 수 있지만, 바람직한 실시예에서는 초고주파 플라즈마 소스의 가까운 필드 거리를 초과하지 않는 상기한 플라즈마 소스로부터의 거리에 설치된다. 이는 비교적 높은 가스 이용률을 얻을 수 있게 한다.

또한, 초고주파 에너지 장치(10)는 초고주파 조사기(microwave applicator)(40)를 구비하는데, 이는 최소한 부분적으로 상기한 진공용기(12)의 내부로 신장되어 있다. 초고주파 조사기(40)는 그 소스로부터 상기한 진공용기(12)의 내부로 초고주파 에너지를 방사하여 처리가스 다기관(18)에 의해 상기한 용기(12)로 유입된 처리가스의 플라즈마를 생성·유지하도록 되어 있다. 제1도에 도시된 바와 같이, 초고주파 조사기(40)는 사실상 직사각형인 도파관(42)을 구비하는데 용기(12) 안으로 신장된 도파관의 종단부는 개방단부(4)로 이루어져 있다. 그 개방단부는 정재파(standing wave)의 형성을 방지하도록 되어 있다. 조사기 수단(40)은, 상기와는 달리, 그 종단부가 막혀 있을 수도 있다. 도파관 수단(42)은 그의 일면을 관통하여 형성된 복수의 개구를 포함하고 있다. 상기한 개구들의 크기 및 이격 거리는 그들로부터 균일한 초고주파 에너지 방사를 얻을 수 있는 것으로 되어 있다.

제2도에는 초고주파 조사기(40)의 부분 사시도가 보다 상세하게 도시되어 있는데, 이 조사기는 종단부(44)와, 그리고 그의 일면을 통하여 일정한 간격으로 형성된 복수의 개구(46)(48)(50)(52)(54) 등을 갖춘 직사각형 도파관(42)으로 이루어져 있다. 도면에 도시된 바와 같이 개구(46)(48)는 초고주파 흡수재에 의해 밀폐되어 그로부터 초고주파가 방사되는 것을 방지하도록 하고 있다. 초고주파 조사기(40)에 의해 방사되는 초고주파 에너지의 밀도는 단순히 여러 개구들을 차단하거나 부분적으로 개방시켜서 원하는 제어 가능한 방법으로 분산될 수 있다.

본 발명의 발명자들은 상기한 개구들 중의 어느 하나를 통한 누설율을 그 개구의 크기에 크게 의존하는 점에서, 개구의 크기가 매우 중요한 의미를 갖는다는 것을 알게 되었다. 개구의 크기는 제2도의 실시예에서 초고주파 에너지의 1파장보다 크거나 작을 수 있는데, 개구의 크기는 초고주파 에너지의 1파장과 같거나 그 보다 작은 것이 바람직하다. 부가적으로 본 발명자들은 개구를 부분적으로 개방시키면, 장치(10)는 플라즈마를 사실상 균일하게 유지할 수 있다는 것을 알았다.

제3도에서, 초고주파 조사기(140)의 실시예는 (그 종단부에)개방단(144)을 구비함과 동시에 일면의 사실상 전체 길이 및 폭을 통하여 형성된 초고주파 에너지의 1파장보다 긴 하나의 기다란 직사각형 개구(146)를 구비한 초고주파 도파관(142)으로 이루어져 있다. 그 개방단은 정재파 문제를 해소하기 위한 것인데, 주어지는 용도에 따라 밀폐단을 사용할 수 있다. 조사기(140)는 초고주파 에너지가 전체 개구(146)로부터 방사될 수 있게 하지만, 초고주파 에너지의 집중도는 초고주파 에너지의 소스에

가장 가까운 개구의 일단에서 가장 크다. 최소한 하나의 긴 직성형 또는 완곡형 금속 초고주파 셔터(150)를 사용하여 초고주파 에너지의 집중도를 조절함으로써 결과적으로 플라즈마의 밀도를 조절할 수 있으며, 상기한 셔터는 초고주파 에너지 소스에 가장 가까운 상기한 도파관의 일단상에서 홈(155)을 관통하는 핀(153)으로 구성된 하나의 접속수단(152)에 의해, 상기한 초고주파 도파관(142)에 작동 가능하게 취부되어 있다. 상기한 긴 개구(146) 양단에 그리고 그 개구의 주변을 따라 예컨대 유리나 테프론으로 이루어진 절연체 블록(154)이 배치되어 있다. 절연체 블록(154)은 도파관(142)과 초고주파 셔터(150) 사이의 절연 장벽을 형성하도록 되어 있다. 이것이 필요한 이유는 초고주파 셔터(150)가 접속수단(152)에서만 도파관(142)측으로 접지될 수 있도록 하기 위함이다.

상기한 셔터(150)와 도파관(142) 사이를 부가적으로 접촉시키게 되면, 소위 지글거리(sizzling) 접지, 즉 아크 접촉이 일어나게 된다.

제2도 및 제3도와 관련하여 상세하게 도시되고 기술된 조사기의 실시예들은 일반적으로 누설형 초고주파구조물로 알려진 종류이며, 이 구조에서 초고주파 에너지는 복수의 개구를 통하여 누설 또는 방사될 수 있도록 되어 있다. 이와는 달리, 도시하지는 않았지만 초고주파 조사기는 서행파(slow wave) 초고주파 구조물로 이루어질 수도 있다. 이 서행파 구조물은 소실파(evanescent wave)에 의해 상당한 부분의 초고주파 에너지를 전달한다. 이러한 종류의 서행파 구조물은 전술한 바와 같이, Weissfloch 특허와 Kieser 특허를 참조하여 설명되어 있다. 본 발명의 초고주파 에너지 장치(10)는 사실상 서행파 구조물상의 고유한 문제점, 즉 플라즈마에 결합되는 인가에너지의 기울기가 초고주파 구조물의 횡단 방향의 거리의 함수로서 급격하게 변하는 점을 해소하고 있다. 상기한 문제점은 여기서 특히, 초고주파 조사기를 플라즈마 영역으로부터 격리 차폐시킴으로써 사실상 해소될 수 있으며 이에 따라 조사기는 더욱 균일한 플라즈마를 지속시킬 수 있게 된다.

다시 제1도를 보면 초고주파 에너지 장치(10)는 또한 진공용기(12)내에서 초고주파 조사기(40)를 플라즈마 영역(20)으로부터 격리시키기 위한 수단(60)을 구비하고 있다. 격리수단(60)은 바람직하게는 초고주파 에너지를 투과시킬 수 있는 유전체로 이루어진다. 상기한 격리수단(60)을 구성할 수 있는 바람직한 재료로는 수정이 있는데, 다른 재료를 사용하여도 같은 결과를 얻을 수 있다. 상기한 격리수단(60)은 압력차의 존재로 인한 힘을 견디어 낼 수 있는 최적의 능력을 갖도록 설계된 형상으로 구성되어야 한다. 이 방식에서 격리수단의 두께는 효과적인 열냉각을 위하여 최소화시킬 수 있으며, 이에 따라 격리수단에 악영향을 주지 않고 고밀도의 초고주파 에너지를 이용할 수 있다. 이를 위하여 상기한 격리수단의 바람직한 형상은 원통형 또는 반원통형으로 되어 있어 진공용기(12)안으로 신장된 조사기(40)의 일부를 최소한 둘러쌀 수 있도록 되어 있다.

원통형 또는 반원통형은 평판형보다 바람직하게 사용되는데, 그 이유는 얇은 원통이 보다 두꺼운 평판이 견디어 내는 압력을(파괴되지 않고)견디어 낼 수 있기 때문이다. 따라서, 평판이 초고주파 플라즈마 장치내에서 열적으로 약한 반면에, 얇은 원통형 격리수단(60)은 열적으로 약화됨이 없이 균일하게 냉각될 수 있으며, 이에 따라 인가될 에너지의 양에 사실상 제한을 가하지 않는다.

부가적으로, 조사기(40)는 격리수단(60)내에 그 외벽으로부터 이격되게 배치되어 있다. 이와 같이 배치될때, 조사기(40)는 진공용기(12)안에 부분적으로 신장되어 들어가더라도 진공용기 안에 수용되는 플라즈마 영역(20)에 직접적으로 노출되지 않는다.

제1도의 원통형 격리수단(60)은 진공용기(12)의 적어도 어느 한 방향 성분과 같은 공간상에 위치하도록 구성되어 있으며 상기한 진공용기(12)의 최소한 제1 및 제2벽부재를 관통하여 돌출되어 있다. 원통형 격리수단(60)은 2개의 칼라 이음쇠(collar fittings)(62)(64)에 의해 진공용기(12)의 외벽을 통하여 고정되어 있는데, 상기한 이음쇠는 바람직하게는 스테인레스강과 같은 내부식성 재료로 이루어진다. 상기한 칼라 이음쇠(62)(64)는 바람직하게는 스테인레스강 용기(12)에 덧붙이는 형식으로 접합된다. 칼라 이음쇠(62)는 진공용기(12)의 측벽에 직접 취부된 접속 플랜지(68)로부터 돌출하는 개방단부(66)로 이루어지며, 상기한 격리수단(60)의 원주와 같은 공간상에 위치하여 상기한 격리수단(60)을 수납하도록 되어 있는 개구(70)를 포함하고 있다. 개방단부(66)는 상기한 접속 플랜지(68)로부터 돌출되어 최소한 2개의 0링(72)(74)을 수납하도록 되어 있으며, 상기한 0링(72)(74)은 진공용기(12)의 내부와 외측 대기 사이에서 진공 및 수밀 장벽의 기능을 수행하도록 되어 있다.

상기한 0링(72)(74)사이에는 냉각홍(73)이 설치되어 있으며, 이 홍을 통하여 물과 같은 냉매가 순환되어 0링을 낮은 온도로 균일하게 유지하도록 되어 있다. 0링(72)(74)은 바람직하게는 100°C가 넘는 사실상 상승된 온도에서 진공 및 수밀을 유지할 수 있도록 되어 있다.

원통형 격리수단(60)은 개구(70), 접속 플랜지(68) 및 개방단부(66)를 통과한다. 여기서, 0링(72)(74)은 상기한 통형 격리수단(60)에 대해 0링(72)(74)이 밀착되는 것에 의해, 기밀(air tight) 및 수밀(water tight) 상태가 얻어진다. 여기서 중요한 것은 0링(72)(74)의 위치가 반드시 초고주파 에너지 장치(10)의 플라즈마 영역(20)의 외부에 있어야 하는 것이다. 이 사항은 0링을 플라즈마 영역의 외부에 설치함으로써, 500°C를 넘는 초고주파 플라즈마와 연관된 과도한 온도에 0링이 노출되지 않게 할 수 있다는 점에서 주목할만하다. 만약, 0링이, 전술한 미국 특허 제4,729,341호에 도시된 바와 같이 플라즈마 영역의 내부에 배치된다면, 아주 특별한(그리고 영가인)고내열성 기밀재가 필요한데, 이는 초고주파 에너지 장치(10)의 구조를 더욱 복잡하게 할 뿐만 아니라 제조원가의 상승요인이 된다. 원통형 격리수단(60)은 상기한 개방단부(66)의 외측 종단을 너머 돌출될 수 있다. 이때에는 원통형 격리수단(60)의 이 부분에는 초고주파 수용수단(80)이 구비되어 있어야 한다. 초고주파 수용수단(80)은 대표적으로는 원통형 격리수단(60)의 외주면에 작동 가능하게 부착되는 금속 초고주파 수용통으로 구성되며, 접지핑거(ground finger)(82)에 의해 상기한 개방단부(66)와 전기적으로 접속되어 있다. 초고주파 수용통(80)은 개방단부(66)를 지나 돌출된 원통형 격리수단(60)의 부분과 같은 공간상에 있도록 제작된다. 아울러, 초고주파 수용통(80)은 하나의 개방단부(84)를 구비하고 있는데, 그 위에는 금속 초고주파 차단망(86)이 설치되어 그 안에 표유 초고주파를 수용하도록 되어 있다. 상기한 차단망(86)은 또한 상기한 원통형 격리수단(60)을 통하여 냉기를 흐르게 할 수 있도록 되어 있다. 이와는 달리, 제1도에서 가상선으로 도시한 바와 같이, 초고주파 수용통(80)의 개방단부(84)는 과도한 초고주파 방사를 흡수할 수 있는 의사부하(dummy load)에 부착될 수 있다.

이 실시예는 특히, 과대한 반사초고주파 에너지가 초고주파의 플라즈마의 균일성을 악화시키는 반사 모드를 야기시키는 대전력 레벨에 유용하다.

진공용기(12)는 또한 그의 최소한 제2벽부분, 바람직하게는 칼라 이음쇠(62)가 부착되는 벽부분에 대항하는 벽부분을 통하여 원통형 격리수단(60)을 수납할 수 있도록 되어 있다. 칼라 이음쇠(64)는 상기한 대항 벽부분 상에 상기한 칼라 이음쇠(62)와 사실상 일렬로 설치되어 있다. 칼라 이음쇠(64)는 접촉플랜지(92)로부터 신장된 개방단부(90)를 구비하고 있다. 접촉플랜지(92)는 대항벽 위치에 직접 부착되어 있으며, 원통형 격리수단(68)의 원주와 같은 공간상에 있는 개구(지칭되지 않음)를 구비하는 것을 의해 격리수단(60)을 수납하도록 되어 있다. 개방단부(90)는 접촉플랜지(92)로부터 돌출되어 적어도 2개의 0링(96)(98)을 수납하도록 되어 있는바, 상기한 0링은 진공용기(12) 내의 플라즈마 영역과 주위의 대기 사이에서 진공 및 수밀 장벽의 역할을 수행한다.

0링(96)(98) 사이에는 냉각홀(97)이 형성되어 있으며, 이를 통하여 물과 같은 냉매가 순환되어 0링을 낮은 온도로 균일하게 유지하도록 되어 있다. 0링(72)(74)과 마찬가지로, 0링(96)(98)은 상승된 온도를 견딜 수 있도록 되어 있다.

원통형 격리수단(60)이 개구(지칭되지 않음), 접촉플랜지(92) 및 개구단부(90)를 관통함에 따라, 0링(96)(98)은 상기한 원통형 격리수단(60)의 외주연 단부에 밀착되도록 되어 있다. 상기한 0링의 밀착은 기밀 및 수밀 구조를 형성한다. 또한, 0링(72)(74)과 마찬가지로, 0링(96)(98)을 플라즈마 영역(20)의 외부에 위치하며, 따라서 플라즈마에 의해 악화되지 않는다.

원통형 격리수단(60)의 외주를 기밀, 수밀 상태로 함으로써 플라즈마 영역(20)을 사실상 부압으로 유지하는 반면에, 원통형 격리수단(60)의 내부를 대기압으로 유지하여 곧바로 주변조건에 노출시킬 수 있다. 이는 초고주파 에너지 장치(10)의 동작상의 이점이 된다. 진공용기를 부압으로 유지하는 것에 의해, 변형된 Paschen 곡선상의 최소점 근처의 동작에 필요한 압력에서 초고주파 에너지 장치(10)를 작동시킬 수 있게 된다. 아울러 저압에서의 동작으로 인하여, 플라즈마 핵종의 평균 자유 이동거리가 길어져 전체적인 플라즈마의 균일성이 향상된다. 원통형 격리수단(60)의 내부는 주위 환경에 노출되어 있기 때문에 냉기의 선속(flux)은 초고주파 플라즈마와 관련한 과열을 방지할 수 있는 정도로 유지된다.

이와는 달리, 초고주파 투과 냉매, 예컨대 실리콘 오일이 원통을 통하여 순환됨으로써 균일한 냉온도를 유지하게 할 수도 있다. 개방단부(90)를 지나 돌출한 원통형 격리수단(60)은 전술한 바와 같은 형태의 금속 초고주파 수용수단(100)에 의해 덮여 있어야 한다. 초고주파 수용수단(100)은 접촉판(102)에 인접하여 배치되는데, 이 접촉판은 초고주파 조사기(40)와 초고주파 에너지 소스 사이의 접속수단 역할을 한다.

제1도에 도시되고 상술한 바와 같이, 초고주파 에너지 장치(10)는 초고주파 조사기(40)의 가까운 필드거리로 정의되는 거리를 넘지 않는 거리에 기판(28)이 놓이는 플라즈마 영역(20)을 형성한다. 제1 실시예에서는, 같은 구조물에는 같은 참조 번호가 부여된 제4도에서 보는 바와 같이, 상기한 플라즈마 영역(20)내에 배치되는 기판(28)은 하나의 긴 평형 또는 완곡형 기판 부재로 구성할 수 있다. 상기한 평판형 기판부재(28)는 처리가스 수용수단(22)(24) 사이의 위치로서 초고주파 조사기(40)의 가까운 필드거리 내에 위치한다.

제5도에 도시된 다른 실시예에서는, 기판부재(28)는 긴, 사실상 연속 웨브 형태의 기판재(30)의 형상을 취할 수도 있다. 연속적 웨브 형태의 기판의 경우에는, 초고주파 에너지 장치(10)는 기판재가 연속적으로 진행할 수 있도록 변형되어야 한다. 필요한 변형 사항으로는 진공용기(12)의 내부를 진공 상태로 유지하고 아울러 처리 가스 및 초고주파 플라즈마를 모두 수용하면서, 기판부재(30)가 진공용기(12)를 자유롭게 출입할 수 있도록 하는 게이트 수단(32)을 설치해야 한다. 진공용기(12) 내에 반응가스와 초고주파 플라즈마를 수용할 수 있는 바람직한 게이트 수단(32)은 Cannelia 등에게 하여된 미국 특허 제4,438,723호에 기술되어 있다.

제6도에 도시된 다른 실시예에서는, 기판이 복수의 개별적인 조각(34)으로 구성되어 있으며, 이들은 기판지지수단에 의해 플라즈마 영역(20)내에 지탱되어 배치됨으로써 그의 상면에 플라즈마 처리가 시행되도록 되어 있다.

전술한 바와 같이, 각 실시예에서는 플라즈마의 사실상 균일한 특성으로 인하여 기판부재(28)가 초고주파 조사기(40)의 하방에 위치하는 것으로 설명되었는데, 플라즈마 영역은 초고주파 조사기(40)의 가까운 필드거리내의 어느 장소든지 위치할 수 있다. 입력가스 다기관(18)은 플라즈마 영역(20)내의 기판상에 금속재료, 반도체 재료, 절연재와 같은 처리재료를 공급하게 된다. 다른 실시예에서는 플라즈마 영역에 먼저 도입된 가스를 분해하여 기판상에 투명한 하드필름으로 증착시킬 수 있다. 또 다른 실시예에서는, 적어도 하나의 에칭선도입 가스를 플라즈마 영역(20)에 먼저 도입하여 초고주파 에너지 장치(10)가 그 안에 배치된 기판의 표면을 에칭하게 할 수 있다.

증착의 실시예는 다음과 같다.

실시예

상술한 바와 같은 초고주파 증착장치(10)를 사용하여 복수의 개별적인 글라스 기판상에 단단하고 투명한 실리콘 주 성분의 막을 제조하였다.

상기한 막과 증착물을 형성하기 위해 상기한 장치(10)가 이용되는 정확한 단계는 아래에 상세히 설명되어 있다.

글라스로 만들어진 복수의 기판부재를 본 기술분야에서 숙련된 자에게 알려진 세척제로 세척하였다. 글라스 기판을 상기한 장치(10)의 플라즈마 영역(20) 내에 놓은 후, 장치(10)를 닫아 밀봉함으로써 용기의 내부와 주위 조건 사이에 기밀상태가 유지되도록 하였다. 이어서, 진공용기의 내부를 약 20~25밀리토르 압력으로 비운 다음, 상기한 챔버의 내부를 아르곤 가스의 분위기에서 약 30분 동안

정화시켰다. 그후, 챔버를 약 3~4밀리토르 정도의 기본 압력으로 진공시켰다. 연이어, 상기한 입력 가스 대기관(18)를 통하여 상기한 챔버의 내부로 저장 가스를 다음과 같은 처방에 따라 주입하였다.

[표 1]

| 가 스 | 유 량 |
|-------------------------------|---------|
| SiH ₄ | 1 0SCCM |
| SiF ₄ | 31SCCM |
| N ₂ | 475SCCM |
| CO ₂ | 875SCCM |
| C ₂ H ₂ | 14SCCM |

상기한 저장가스를 진공용기의 내부에 유입시켜 가면서 초고주파 플라즈마를 5kw의 전력하에서 2.45GHz의 주파수로 생성시켰다. 초고주파 플라즈마를 피막의 증착에 필요한 시간 동안 유지시켰다. 초고주파 플라즈마의 동작기간 중, 냉기를 원통형 격리수단(60)을 통하여 흘러넘으로써 낮은 온도를 균일하게 유지시켰다. 그후, 초고주파 플라즈마를 소멸시키고, 진공용기(12)에 대한 처리가스의 흐름을 차단시켰다.

이어서, 반응용기의 내부를 아르곤으로 정화하여 반응용기를 주위환경으로 연통시켰다. 그 다음, 반응용기를 열어 기판을 꺼내어 시험하여 본 결과, 그것은 균일하고 투명하여 단단한 실리콘 주성분의 피막을 나타내었다.

지금까지는 본 발명의 바람직한 실시예와 절차에 관하여 기술하였지만 본 발명이 상기한 실시예와 절차에 국한되지 않는 것임은 물론이다. 오히려, 다른 모든 대안과 변형에 그리고 균등한 것들은 청구범위에 정의된 본 발명의 사상과 범위내에 포함되어야 할 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

비교적 넓은 영역에 걸쳐 사실상 플라즈마를 지속시키기 위한 초고주파 에너지 장치(10)로서, 플라즈마 영역(20) 내에 플라즈마를 발생시켜 이를 지속시키는 진공용기(12), 상기 플라즈마 영역에 대하여 작동상 병렬위치 관계로 기판 부재를 지지하도록 상기 진공용기에 내재하는 수단(26), 상기 진공용기를 소망하는 비교적 낮은 사실상 대기중보다 낮은 압력으로 유지시키는 수단(14), 처리 가스를 상기 진공용기내로 도입시키는 수단(16), 상기 진공용기 내부로 적어도 부분 연장되어 있는 무한대의 조사기(applicator) 수단(40)으로서, 소오스로부터 초고주파 에너지를 상기 진공용기의 내부로 사실상 균일하게 방사시켜 그 내부로 도입되는 처리 가스로부터 플라즈마를 지속시키는 무한대의 조사기 수단(40), 및 상기 초고주파 방사용 조사기 수단을 상기 플라즈마 영역과 격리시키는 수단(60)으로서, (1)상기 조사기 수단으로부터 초고주파 에너지를 상기 진공용기내로 방사시킬 수 있는 재료로 형성되어 있으며, (2)압력차에 잘 견디도록 사실상 최적화된 형상으로 구성되어 있음으로써, 상기 격리수단의 두께가 최소화될 수 있으며 상기 초고주파 방사용 조사기 수단 및 상기 격리수단이 상기 진공용기내에 배치된 기판 부재의 긴 표면을 따라 사실상 균일한 플라즈마 작용을 이행하는데 적합한 것을 특징으로 하는 격리수단(60)을 포함하는 초고주파 에너지 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 격리수단은 사실상 원통 형상으로 구성되어 있는 초고주파 에너지 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 원통형 격리수단은 상기 진공용기내로 연장되어 있는 적어도 일부의 조사기 수단을 에워싸는 초고주파 에너지 장치.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 원통형 격리수단 및 상기 진공용기 사이에 배치된 지공 밀봉 형성수단(64)을 부가적으로 포함하는 초고주파 에너지 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 압력차는 상기 원통형 격리수단의 내부 및 외부 사이에 유지되어 있는 초고주파 에너지 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 원통형 격리수단의 내부 압력을 사실상 대기 레벨로 유지하는 수단을 부가적으로 포함하는 초고주파 에너지 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 압력 유지수단은 상기 원통형 격리수단의 외측에 배치된 진공용기의 압력을, 수정된 파센(paschen) 곡선의 최소치에 작용하는데 필요한 압력에 근접하는 압력으로 유지하는데 적합한 초고주파 에너지 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 조사기 수단은 긴 도파관이며, 상기 도파관은 상기 도파관으로부터 초고주파 에너지를 상기 진공용기의 내부로 사실상 균일하게 방사시키는 직사각형 수단을 포함하고, 상기 직사각형 도파관은 그의 장축을 따라 연장되어 있으며 상기 직사각형 도파관의 면중 한면이 초고주파를 방사시키도록 상기 한면을 통해 형성된 적어도 하나의 애퍼처(aperture)수단을 포함하는 초고주파 에너지 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 애퍼처 수단은 복수개의 애퍼처를 포함하며, 상기 애퍼처는 상기 직사각형 도파관의 길이 방향을 따라 이격 배치되어 있는 초고주파 에너지 장치.

청구항 10

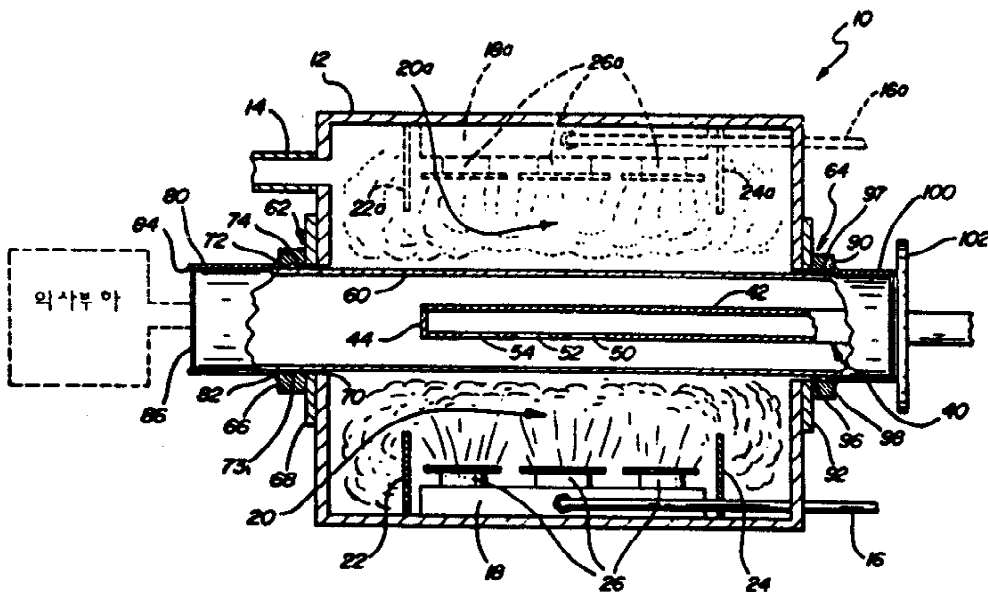
제8항에 있어서, 상기 애퍼처 수단은 단일의 긴 애퍼처를 포함하는 초고주파 에너지 장치.

청구항 11

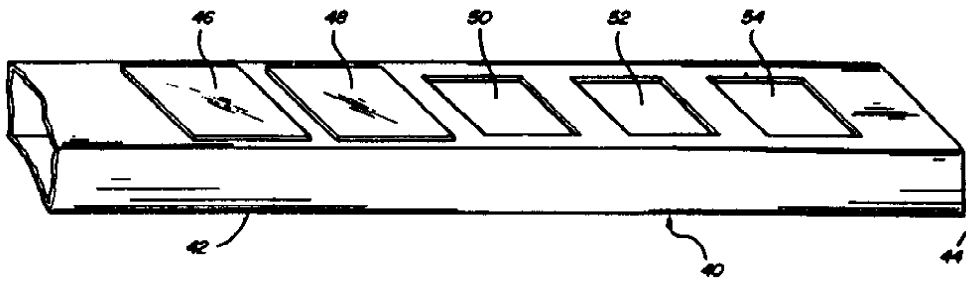
제8항에 있어서, 상기 균일한 방사수단은 방사된 초고주파의 한 파장보다 큰 치수에 대하여 상기 도파관으로부터 발생된 초고주파 에너지를 균일하게 방사시키는데 적합한 초고주파 에너지 장치.

도면

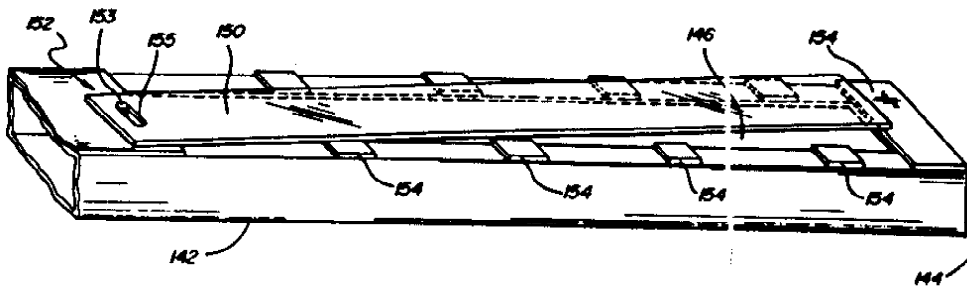
도면1



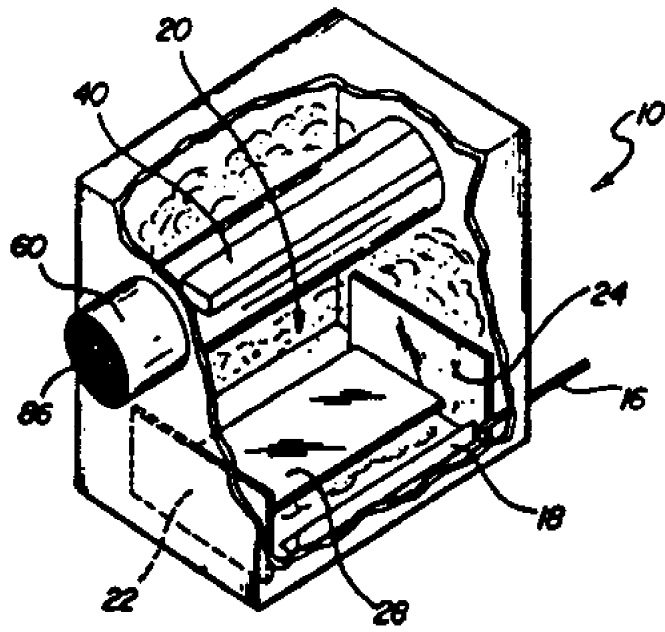
도면2



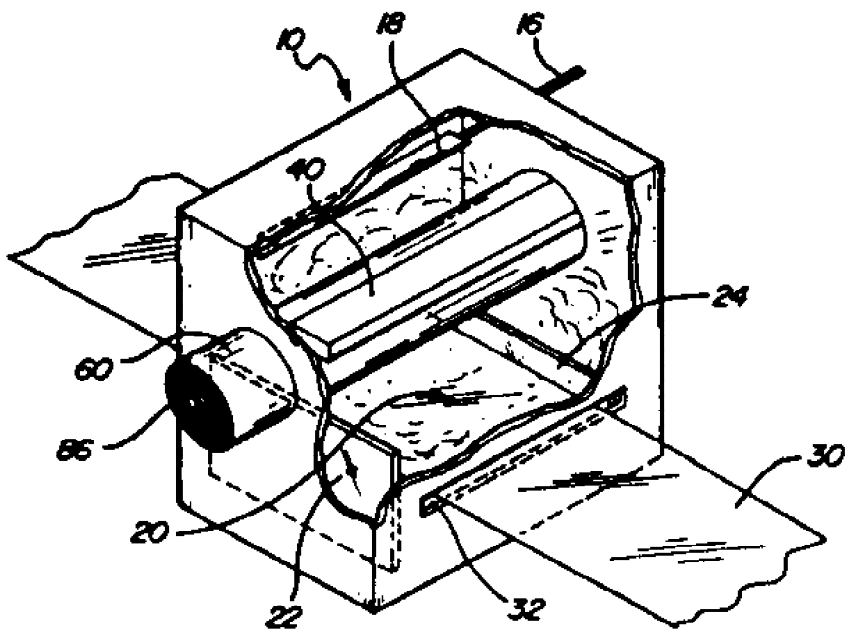
도면3



도면4



도면5



도면6

