(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년02월14일
(11) 등록번호 10-0803825
(24) 등록일자 2008년02월05일

(51) Int. Cl.
H01L 21/3065 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0132478
(22) 출원일자 2006년12월22일
심사청구일자 2006년12월22일
(65) 공개번호 10-2007-0068272
(43) 공개일자 2007년06월29일
(30) 우선권주장
094146478 2005년12월26일 대만(TW)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020050086830 A

(73) 특허권자
엔지뉴어티 시스템즈 인코포레이티드
미국 캘리포니아 94538 프리몬트 프리몬트 블러버드 47448
(72) 발명자
왕 제리
미국 캘리포니아주 95070 사라토가 산본로드 16335
마크와산 알프레드
미국 캘리포니아주 94587 유니온시티 켄우드 스트리트 4810
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
채종길

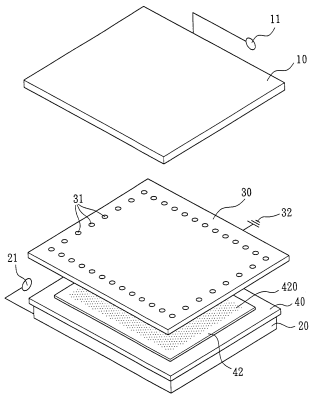
전체 청구항 수 : 총 18 항 심사관 : 심병로

(54) 플라즈마 식각 시스템

(57) 요 약

본 발명은 일종의 플라즈마 식각 시스템에 관한 것으로서, 밀폐된 플라즈마 챔버를 포함하며, 상기 플라즈마 챔버 내에 복합가스가 주입되고, 그 내부 양측에 각각 하나의 제1 전극판 및 제2 전극판이 설치되며, 상기 제1 전극판 및 제2 전극판은 각각 제1 전원 공급단 및 제2 전원 공급단의 전기와 연결되고, 상기 플라즈마 챔버는 상기 두 전극판 사이에 별도로 접지되는 전도체 판이 평행하게 설치되며, 상기 플라즈마 챔버 내부에 캐리어가 더 설치되어, 캐리어에 식각하고자 하는 기판이 놓이며, 두 전원 공급부는 각각 두 개의 전극판에 대하여 각기 다른 전압을 인가하고, 두 전극판이 복합가스를 방전시킨 후 해리를 진행하여 플라즈마 챔버 내부에서 불규칙한 충돌이 일어나는 플라즈마 가스분자로 전환되도록 하며, 상기 플라즈마 가스분자는 전도체 판의 유도를 통해 전도체 판에 포설된 복수개의 체 구멍을 관통하여, 기판 표면의 박막을 향해 일정하게 스퍼터링되도록 함으로써, 상기 기판의 표면에 플라즈마 식각처리를 실시하게 되며, 상기 전도체 판과 기판의 공통되는 거리를 이용하여, 상기 플라즈마 가스분자가 비교적 고르게 상기 기판 표면에 스퍼터링될 수 있도록 하고, 기판의 표면에 비교적 고른 식각 효과가 나타나도록 하며, 나아가 종래의 플라즈마 식각 시스템이 대형 치수의 기판을 식각하고자 할 때, 전장의 강도가 균일하지 못함으로 인하여, 상기 플라즈마 가스분자의 농도 분포가 고르지 못하고, 불균일하게 식각이 이루어지던 결점을 효과적으로 해결하고자 한 것이다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

유 찌청

미국 캘리포니아주 94303 팔로알토 이 찰스톤 로드 727

박 샘

미국 캘리포니아주 94536 프리몬트 비숍아베뉴 2491

칸 린흐

미국 캘리포니아주 95133 산 조세 크리크랜드써클 739

신게네

미국 캘리포니아주 95132 산 조세 트라단 드라이브 1848

싱흐 아마르

미국 캘리포니아주 94536 프리몬트 케리 코먼즈 107

박 콘

미국 캘리포니아주 94541 헤이워드 주네 마리에 코트 1811

창 친호 크리스토퍼

미국 캘리포니아주 94538 플레즌턴 코르테 델 오로 7054

특허청구의 범위

청구항 1

일종의 플라즈마 식각 시스템에 있어서,

내부에 복합가스를 주입할 수 있는 밀폐된 플라즈마 챔버와;

상기 플라즈마 챔버의 상부에 설치되어, 제1 전원 공급부의 전기와 서로 연결되고, 상기 제1 전원 공급부에 의해 전압을 공급받는 제1 전극판과;

상기 플라즈마 챔버의 저부에 설치되어, 제2 전원 공급부의 전기와 서로 연결되고, 상기 전원 공급단에 의해 제1 전극판의 전압과 다른 또 하나의 전압을 공급받는 제2 전극판으로서, 상기 두 전압이 복합가스를 해리시켜 상기 복합가스가 플라즈마 가스분자로 변환되도록 하는 제2 전극판과;

상기 제1 전극판 및 제2 전극판 사이에 위치하면서, 제2 전극판과 전기적으로 연결되고, 식각하고자 하는 기판을 올려놓기 위한 캐리어와;

상기 제1 전극판 및 기판 사이에 위치하면서, 접지단의 전기와 서로 연결되는 전도체 판으로서, 상기 제1 전극판 및 전도체 판 사이의 플라즈마 가스분자가 통과되도록 복수개의 체 구멍이 설치되며, 상기 전도체판은 또한 플라즈마 가스분자를 기판 표면의 박막에 일정하게 스퍼터링시킴으로써, 박막에 플라즈마 식각처리가 진행되도록 하는 전도체판이 포함되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 플라즈마 챔버는 가스제어 모듈과 연결되고, 또한 상기 플라즈마 챔버 표면 중 상기 제1 전극판과 인접한 부위에 복수개의 가스 송출구가 설치되어, 상기 가스제어 모듈이 상기 가스 송출구와 서로 연결되며, 플라즈마 챔버는 상기 가스 송출구를 통하여 복합가스를 받아들이는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 가스제어 모듈에는 복수개의 종류가 다른 가스를 송출할 수 있도록 가스 송출구와 서로 연결되는 복수개의 가스 수송관과;

각기 다른 가스에 대응하여 상기 가스 수송관에 각각 설치되어, 예정 속률의 유량으로 상기 가스를 수송하고 혼합하여 복합가스가 형성되도록 한 후, 상기 가스 송출구를 통하여 플라즈마 챔버로 보내는 제어 유닛이 포함되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 플라즈마 챔버 표면 중 상기 제2 전극판과 이웃한 부위에 적어도 하나 이상의 배기구가 설치되고, 각 배기구는 하나의 배기 펌프가 이동 가능하도록 끼워지며, 각 배기 펌프가 열릴 때, 상기 플라즈마 분자가 플라즈마 챔버 내부에서 기판에 대해 플라즈마 식각처리를 한 후 발생되는 폐기물이 플라즈마 챔버 외부로 배출되고, 각 배기 펌프는 상기 플라즈마 챔버 중의 공기를 배출함으로써 상기 플라즈마 챔버에 압력을 인가하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 플라즈마 챔버에서 플라즈마 가스 형성 부위와 대향되는 일측에 하나의 탐지 유닛이 설치되어, 상기 탐지 유닛이 기판에 실시되는 플라즈마 식각처리 상황을 식별하고 탐지하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 전도체 판은 기판 및 제2 전극판과 수직을 이루며, 상기 전도체 판과 기판은 공통되는 거리를 지니는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 두 전극판은 모두 전기 전도성을 띠며, 두 전극판에서 전도체 판에 대향되지 않는 일면 외측에 모두 전기가 차단되는 하나의 제1 절연층이 피복되어, 상기 두 제1 절연층이 플라즈마 가스분자가 상기 두 전극에 충돌 및 스퍼터링되는 것을 방지하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서,

그 중 상기 캐리어는 하나의 전도체 물질로 구성되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 체 구멍의 크기는 상기 체 구멍을 통과하는 플라즈마 가스분자의 유량 크기와 정비례 관계를 이루는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 체 구멍의 치수는 전도체 판의 네 둘레로부터 상기 전도체 판의 중앙 구역을 향해 점차로 증가되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 체 구멍이 전도체 판에 분포되는 밀도는 상기 전도체 판을 통과하는 플라즈마 가스분자의 상기 기판에 대한 식각 강약과 정비례 관계를 이루는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 체 구멍이 분포되는 밀도는 전도체 판의 네 둘레로부터 전도체 판의 중앙 구역을 향하여 점차 증가되도록 하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 체 구멍은 복수개의 수직선으로 상기 전도체 판에 배열되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 체 구멍은 복수개의 수평선으로 상기 전도체 판에 배열되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 수직선은 상기 전도체 판에서 복수개의 수평선을 포함하여 배열되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 체 구멍은 하나의 사각형으로 상기 전도체 판에 배열되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 체 구멍은 하나의 원형으로 상기 전도체 판에 배열되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 체 구멍은 하나의 거미줄 형태로 상기 전도체 판에 배열되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 식각 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<32> 본 발명은 플라즈마 식각 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 일종의 밀폐된 플라즈마 챔버 내부의 제1 전극판 및 제2 전극판 사이에, 접지되는 하나의 전도체판을 평행하게 장착하여, 상기 전도체판이 상기 제1 전극판 및 제2 전극판의 방전 후 발생되는 플라즈마 가스분자가 기판 표면에 일정하게 스퍼터링(sputtering)되도록 유도하여, 기판의 표면에 대한 플라즈마 식각 처리를 실시함으로써, 플라즈마 가스분자가 대형 치수의 기판에 고르게 식각되지 못하는 결점을 해결하고자 한 것이다.

<33> 현재 우리의 생활은 전자산업이 왕성하게 발전하는 정보화 시대에 들어서 있다. 각종 멀티미디어 전자제품은 급속하게 새것으로 교체되면서, 확실히 인류의 오락 및 여가 생활에 더욱 많은 선택의 여지를 제공하고 있다. 현재 각종 전자과학기술의 끊임없는 연구와 노력에 따라, 관련 전자제품인 스크린 및 디스플레이 장치는 줄곧 진보 중이며, 또한 보다 대형화된 디스플레이 패널에 대한 미래의 사용자들의 요구를 만족시키고자 하는 목적, 또는 이익 창출과 비용 절감에 더욱 부합되도록 하는 목적을 추구하고 있다.

<34> 일반적으로, LCD 평면 디스플레이(Flat Panel Display, FPD)의 크기는 통상적으로 1,000~1,200㎜ x 1,200~1,500㎜로서, 앞으로 오래지 않아 상기 LCD 평면 디스플레이 중의 유리기판은 한 변이 2,500㎜ 범위를 초과할 가능성이 있으며, 상기 LCD 평면 디스플레이의 제조 기술 중, 도 1을 참조하면, 그 중의 한 단계는 일종의 플라즈마 가스(400)를 이용하여 두 전극(100, 200) 사이에서 유리기판(300) 표면의 박막(예를 들어, 질화규소(Silicon Nitride, 약칭 SiN) 또는 비결정 규소(약칭 aSi))에 대하여 플라즈마 식각 처리를 진행하는 방식이다. 그러나 제조업체가 플라즈마 식각처리를 하는 동안, 가공 과정에서 상당히 많은 병목 현상 및 제약이 발생한다. 그 원인은 대형 치수의 유리기판(300)의 경우, 플라즈마 가스(400)가 상기 대형 유리기판(300)에 식각되는 범위가 너무 넓어, 플라즈마 가스(400) 중의 각 분자들이 상기 대형 유리기판(300)의 중간 및 그 양단 구역에 부딪히는 정도를 일치시킬 수 없어, 상기 플라즈마 가스(400)가 대형 유리기판(300)에 고르게 식각될 수 없기 때문이다. 다시 말해, 도 2를 참조하면, 상기 플라즈마 가스(400)가 두 개의 전압(또는 주파수)이 다른 전극(100, 200) 사이에 위치할 때, 그 중앙의 농도로 인하여 발생하는 저항(Impedance)은 양단에 발생하는 저항보다 크다. 따라서, 상기 플라즈마 가스(400) 중의 분자가 두 전극(100, 200) 사이에서 일정한 농도를 유지할 수가 없으며, 상기 플라즈마 가스(400)의 분자로 상기 유리기판(300) 표면의 임의의 한 위치에 진행되는 플라즈마 식각의 효과 역시 일치하지 못한다. 또한 만약 상기 유리기판(300)에 진행되는 플라즈마 식각 처리 시간을 늘려, 상기 플라즈마 가스(400)의 농도가 비교적 약한 부분을 강화하여 유리기판(300)에 대한 플라즈마 식각처리 효과를 얻고자 할 경우, 먼저 플라즈마 가스(400)의 농도가 비교적 강한 부분이 도리어 부식되면서 원래 상기 유리기판

(300)에 실시하려던 식각 계획을 망칠 수 있다.

<35> 따라서, 현재 LCD 평면 디스플레이는 대형 치수의 유리기판 제조기술에 대하여 이미 하나의 커다란 도전에 직면해 있으며, 일반적으로 전통적인 해결방법은 간격(Gap)과 저항(Impedence)이 정비례를 이루는 원리를 이용하는 것이다. 도 3을 참조하면, 하나의 전극(100)과 상기 유리기판(300) 양단 간의 거리를 축소시키거나 또는 전극(100)과 상기 유리기판(300) 중앙의 거리를 확대하여, 가능한 한 상기 플라즈마 가스(400)가 두 전극(100, 200) 중앙의 농도에 의해 발생시키는 저항이 상기 플라즈마 가스(400)가 두 전극(100, 200)의 양단에 발생시키는 저항에 접근되도록 함으로써, 유리기판(300)에 대한 상기 플라즈마 가스(400)의 식각 효율의 일치성을 구하는 방법이다. 그러나 이러한 방법은 먼저 반드시 상기 전극(100)을 구부리는 작업을 진행하여 상기 전극(100)의 중앙과 양단이 상기 유리기판(300)과 서로 다른 거리를 형성하도록 해야 한다. 그러나 상기 전극(100)을 구부리는데 필요한 곡률은 여전히 구체적으로 실현하기가 어렵다.

<36> 따라서, 제조자는 이 부분에서 플라즈마 식각 처리에 사용되는 플라즈마 가스의 농도를 반드시 고려하여야 하며, 상기 플라즈마 가스와 동일한 농도의 크기를 이용하여, 상기 플라즈마 가스가 유리기판에 식각되는 효율의 일치성을 유지하도록 해야한다. 따라서 상기 내용으로 알 수 있듯이, 상기 플라즈마 가스의 동일한 농도를 유지하면서 유리기판에 진행되는 플라즈마 식각처리가 일정한 식각률을 보유하도록 하는 것은 생산 제조 과정 중 실로 많은 불편함이 따르게 된다. 따라서, 이상의 문제점이 본 발명에서 해결하고자 하는 중요한 과제이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<37> 상기와 같은 많은 문제점에 착안하여, 본 발명자는 오랜 연구 노력과 실험을 통하여, 마침내 본 발명자 일종의 「플라즈마 식각 시스템」을 개발하였으며, 본 발명을 통하여 사회에 공헌을 할 수 있길 기대하는 바이다.

<38> 본 발명의 목적은 일종의 플라즈마 식각 시스템을 제공함에 있어서, 밀폐된 하나의 플라즈마 챔버 내부에 제1 전극판 및 제2 전극판을 설치하고, 상기 제1 전극판 및 제2 전극판을 각각 제1 전원 공급부 및 제2 전원 공급부의 전기와 서로 연결하여, 상기 플라즈마 챔버가 제1 전극판 및 제2 전극판 사이에 놓이도록 하고, 또한 하나의 전도체판을 평행하게 연결하여, 상기 전도체판이 접지단과 전기적으로 서로 연결되도록 하고, 또한 상기 전도체판을 각각 상기 제1 전극판 및 제2 전극판의 전기와 연결시키며, 상기 플라즈마 챔버 내부에서 제2 전극판과 인접한 부위에 하나의 캐리어를 설치하여, 상기 캐리어에 식각하고자 하는 기판을 올려놓고, 상기 플라즈마 식각 챔버 내부에 복합가스를 주입하면, 상기 제1 전원 공급부 및 제2 전원 공급부가 상기 두 전극판에 대하여 각각 다른 크기의 전압을 인가하여 방전된 후, 상기 두 전극판이 복합가스를 해리시켜 상당히 활발한 플라즈마 가스분자로 변환되면서 상기 플라즈마 가스분자가 플라즈마 챔버 내부에서 불규칙하게 충돌하게 되는데, 상기 전도체판이 상기 기판의 임의의 위치에 대향하여 상기 기판과 하나의 동일한 거리를 이루기 때문에, 상기 전도체판은 상기 플라즈마 가스분자가 통과되도록 유도할 수 있을 뿐만 아니라, 또한 상기 기판의 표면에 일정하게 스퍼터링되면서 플라즈마 식각처리가 진행되어, 상기 플라즈마 가스 분자가 상기 기판의 임의의 위치에 대하여 플라즈마 식각처리를 진행할 때의 일치성을 유지할 수 있고, 상기 기판에 대한 식각처리가 고르지 못한 현상이 방지되도록 하는데 있다.

<39> 본 발명의 다른 목적은, 그 중 상기 전도체 판의 체 구멍을 각기 다른 크기의 체 구멍으로 설계하여, 상기 전도체 판 중 필요한 위치에 배치시킴으로써, 상기 플라즈마 가스분자가 각기 다른 크기의 체 구멍을 통과하면서 서로 다른 유량이 발생하도록 해주어, 상기 플라즈마 가스를 예정 농도로 제어함으로써, 플라즈마 가스 분자가 식각하고자 하는 기판 표면에 스퍼터링되도록 하는데 있다.

<40> 본 발명의 또 다른 목적은, 상기 전도체 판의 각각 다른 체 구멍 분포 밀도의 배열 상태를 이용하여, 체 구멍의 분포가 조밀하거나 또는 느슨하게 배열된 상태로 식각을 강화시키거나 또는 약화시키고자 하는 전도체 판의 필요한 위치에 배치시킴으로써, 상기 플라즈마 가스분자가 체 구멍의 분포가 조밀하거나 느슨한 배열상태를 거치면서, 상기 전도체 판의 각기 다른 위치를 관통하는 대응 수량이 효과적으로 제어되도록 해주어, 상기 플라즈마 가스를 예정 농도로 제어함으로써, 상기 플라즈마 가스분자가 기판 표면에 스퍼터링되도록 하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

<41> 본 발명의 목적, 기술적 특징 및 효과에 대한 인식과 이해를 돕고자, 이하 실시예와 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

<42> 플라즈마(Plasma)는 에너지가 중성가스 분자를 여기시켜, 전자(Electron), 이온(Ion), 자유기(Free Radical) 등 활성물질이 발생되는 것을 말한다. 전자는 전장 중에서 전위차로 인하여 가속도가 발생하게 되는데, 전자가

가속되는 과정 중 기타 가스분자와 충돌되면서 여기되어 에너지를 방사하게 되고, 충격을 받은 원자가 여기되면서 또다시 전자를 방출하게 된다. 이렇게 순환하면, 플라즈마 과정이 전자, 이온, 자유기 및 중성분자에 동시에 존재하게 되는데, 이를 플라즈마 상태라고 부른다. 그리고 기본적으로 우리가 말하는 플라즈마 가스는 즉 부분적으로 해리되는 가스 및 동일한 양의 양전하와 음전하를 띠는 입자로 구성되며, 그 중 함유되는 가스는 높은 활성을 지니고 있다. 이는 외부 전장의 구동에 의하여 형성되며, 또한 휘광방전(Glow Discharge) 현상이 발생한다.

<43> 그런데 식각용 플라즈마 가스의 해리 정도는 비교적 낮아서, 0.0001 내지 0.1의 사이에 있으며, 상기 플라즈마 가스는 직류(DC) 바이어스 또는 교류 주파수(RF) 바이어스 또는 전장에 의해 형성되는데, 플라즈마 가스 중의 전자 소스는 일반적으로 두 가지가 있다. 하나는 분자 또는 원자가 해리된 후 발생되는 전자이고, 다른 하나는 즉 이온이 충돌하여 발생되는 2차 전자(Secondary Electron)이다. 직류(DC) 전장 하에서 발생되는 플라즈마 가스의 전자 소스는 주로 2차 전자이며, 교류 주파수(RF) 전장 하에서 발생되는 플라즈마의 전자 소스는 주로 분자 또는 원자가 해리된 후 발생되는 전자이다. 그 중 주파수 방전(RF Discharge) 상황에서, 대부분의 전자는 고주파로 조작되기 때문에, 반주기 내에서는 양전극으로 이동할 충분한 시간이 없다. 따라서 이러한 전자는 전극 사이에서 진동하면서 가스분자와 충돌이 일어날 수 있으며, 주파수 방전에 필요한 진동 주파수 하한은 전극 사이의 거리, 압력, 주파수 전장 진폭의 크기 및 가스분자의 해리 위치에너지 등 요소에 의해 결정된다.

<44> 본 발명은 일종의 플라즈마 식각 시스템으로서, 도 4와 도 5를 참조하면, 이는 하나의 밀폐된 플라즈마 챔버(Plasma Etching Chamber)(1)가 포함되며, 상기 플라즈마 챔버(1) 내부에 복합가스가 주입되고, 그 내부의 상부 및 저부에 각각 제1 전극판(Source Electrode)(10) 및 제2 전극판(Bias Electrode)(20)이 설치되며, 상기 제1 전극판(10) 및 제2 전극판(20)은 각각 제1 전원 공급부(11) 및 제2 전원 공급부(21)(예를 들어 교류 주파수 네트워크, RF Network)의 전기와 연결된다. 상기 플라즈마 챔버(1)에는 상기 두 전극판(10, 20) 사이에 별도로 하나의 전도체 판(Ground Grid)(30)이 설치되고, 상기 전도체 판(30)이 접지단(Ground)(32)과 전기적으로 연결된다. 상기 플라즈마 챔버(1) 내부에서 상기 제2 전극판(20)과 인접한 위치에 하나의 캐리어(Carrier)(40)가 더 설치되며, 상기 캐리어(40)에 식각하고자 하는 기판(43)(예를 들어 유리기판(Glass Substrate))이 놓인다. 상기 두 전원 공급부(11, 21)가 각각 두 개의 전극판(10, 20)에 각기 다른 전압을 제공하여, 두 전극판(10, 20)이 방전되면, 그 방전 작용이 상기 복합가스를 해리(Dissociation Reaction)시킴으로써, 상당히 활발한 플라즈마 가스분자(Plasma)(100)로 전환된다. 상기 플라즈마 가스분자(100)는 플라즈마 챔버(1) 내부에서 불규칙한 충돌(ionization collision)이 일어나게 되는데, 상기 전도체 판(30)의 유도를 통하여 제1 전극판(10) 및 전도체 판(30) 사이에 분포되는 플라즈마 가스분자(100)는 상기 전도체판(30)에 포설된 복수개의 체 구멍(31)을 통하여 기판(42) 표면에 도포된 박막(420)(예를 들어 질화규소(Silicon Niride, 약칭 SiN) 또는 비결정 규소(약칭 a-Si))에 일정하게 스퍼터링(sputtering)되면서 상기 박막(420)에 대하여 플라즈마 식각처리(Plasma etching)를 진행하게 된다. 이와 같이, 상기 전도체 판(30) 상의 체 구멍(31) 크기 및 분포 밀도를 적당하게 설계하면, 플라즈마 가스분자(100)가 상기 전도체 판(30)의 각기 다른 위치에 관통되는 대응 수량을 효과적으로 제어할 수 있고, 또한 상기 전도체 판(30)과 기판(42)의 공통되는 거리를 제어함으로써, 상기 플라즈마 가스분자(100)가 비교적 고르게 기판(42) 표면(즉 박막(420))에 스퍼터링될 수 있어, 상기 기판(42)의 표면에 비교적 고른 식각 효과가 나타나며, 나아가 종래의 플라즈마 식각 시스템으로 대형 치수의 기판(42)을 식각할 때, 전장의 강도가 고르지 못한 이유로 인해 플라즈마 가스분자(100)의 농도 분포가 고르지 못하여 식각이 고르게 이루어지지 못하던 단점을 효과적으로 해결할 수 있다.

<45> 본 발명의 가장 바람직한 실시예 중에서, 다시 도 5를 참조하면, 상기 플라즈마 챔버(1)가 가스제어 모듈(Process Gas Panel)(50)과 서로 연결되고, 상기 플라즈마 챔버(1) 표면에서 상기 제1 전극판(10)과 인접한 부위에 복수개의 가스 송출구(gas feeder)(13)가 관통 설치된다. 상기 가스제어 모듈(50) 내부에서 복수개의 가스 수송관(51)이 상기 가스 송출구(13)와 서로 연결되어, 복수개의 각기 다른 종류의 가스(53), 예를 들어, 네온(Ne), 크세논(Xe), 아르곤(Ar) 등과 같은 불활성가스를 배출한다. 상기 가스 수송관(51)에는 각기 다른 가스(53)에 대응되도록 각각 하나씩의 제어 유닛(Mass Flow Controller)(52)이 설치되며, 상기 제어 유닛(52)이 예정된 속률(速率)의 유량으로 상기 가스들(53)을 혼합하면, 상기 가스 송출구(13)를 통하여 플라즈마 챔버(1)로 수송되어 복합 가스가 형성된다.

<46> 이밖에, 상기 플라즈마 챔버(1) 표면에서 상기 제2 전극판(20)과 인접한 부위에 적어도 하나 이상의 배기구(60)가 설치되어, 각 배기구(60)에 하나의 배기 펌프(61)가 이동 가능하도록 맞물려 있으며, 각 배기 펌프(61)가 열리면, 상기 플라즈마 가스분자(100)가 플라즈마 챔버(1) 내부에서 상기 기판(42)에 플라즈마 식각처리를 한 후에 발생되는 폐기물이 플라즈마 챔버(1) 외부로 배출되는 동시에, 각 배기 펌프(61) 역시 상기 플라즈마 챔버

(1) 중의 공기를 배출하게 됨으로써, 상기 플라즈마 챔버(1)가 하나의 기본 압력을 유지할 수 있게 된다.

<47> 상기 실시예에서, 다시 도 4 및 도 5를 참조하면, 상기 플라즈마 챔버(1) 중 플라즈마 가스 형성 부위 맞은편의 일측에 하나의 탐지 유닛(예를 들어 광방출 종점 탐지 유닛(Optical Emission Endpoint Detection System))(15)이 설치되어, 상기 탐지 유닛(15)으로 상기 기판(42)에 진행되는 플라즈마 식각처리 상황을 식별하고 탐지할 수 있다. 상기 플라즈마 챔버(1)가 기판(42)에 플라즈마 식각처리 작업을 진행할 때, 상기 탐지 유닛(15)은 상기 플라즈마 챔버(1) 내에 발생되는 플라즈마 가스의 특색(예를 들어 발생되는 광파의 파장(Wavelength))에 대한 탐지를 진행하여, 플라즈마 가스의 농도가 표준에 부합되는지 여부를 식별한다.

<48> 또한, 상기 두 전극판(10, 20)은 모두 하나의 전도체 물질로 구성되는데, 상기 두 전극판(10, 20) 중 상기 전도체 판(30)에 대향되지 않는 일면의 외측에 모두 전기와 격리될 수 있는 제1 절연층(12)이 피복되며, 상기 두 개의 제1 절연층(12)은 플라즈마 가스분자(100)가 상기 두 전극의 면적 대부분에 충돌하면서 스퍼터링(sputtering)되는 것을 방지할 수 있으며, 상기 기판(42)이 플라즈마 식각처리 과정에서 오염되는 것을 감소시켜준다. 상기 제1 절연층(12)은 상기 두 전극 대부분의 표면에 피복되어 상기 제1 전원 공급부(11) 및 제2 전원 공급부(21)가 방전시, 제1 절연층(12)이 피복되어 있는 부위에서 전원이 방출되는 것을 방지한다. 상기 캐리어(40)는 제2 전극판(20)과 전기적으로 연결되는데, 상기 제2 전원 공급부(21)에서 방출하는 전원을 전달하기 위하여, 상기 기판(42)의 박막(420)에 플라즈마 식각처리를 진행한다.

<49> 상기 체 구멍(31)은 전도체 판(30)에서 상기 플라즈마 가스분자(100)를 유도하기 위해 이용되는 것으로서, 플라즈마 가스분자(100)가 상기 플라즈마 챔버(1)에서 불규칙하게 충돌할 때, 상기 체 구멍(31)을 통하여 기판(42)을 향해 플라즈마 식각 처리를 진행하게 된다. 그런데, 상기 플라즈마 가스분자(100)가 기판(42)의 표면에 스퍼터링되면서 플라즈마 식각처리를 진행할 때, 만약 여전히 미세하게 고르지 못한 경우, 또는 상기 기판(42) 표면의 부분적인 구역에 식각 처리를 강화시키고자 할 경우(오버에칭 작업(Overetch)), 제조업자는 상기 전도체 판(30) 상의 체 구멍(31) 설계에 변화를 줄 수 있다. 따라서, 본 발명 중의 또 다른 실시예에서는 도 5 및 도 6을 참조하면, 상기 전도체 판(30)에 크기가 다른 체 구멍(31)을 배치하여, 상기 체 구멍(31)의 크기가 전도체 판(30)의 네 둘레로부터 전도체판(30)의 중앙 구역을 향하여 점차 증가되도록 하였다. 상기 체 구멍(31)의 크기가 상기 체 구멍(31)을 통과하는 플라즈마 가스분자(100)의 유량 크기와 정비례 관계를 이루기 때문에, 플라즈마 가스분자(100)가 각각 크기가 다른 상기 체 구멍(31)을 통하여 흐르면서 각기 다른 유량을 발생시키도록 제어할 수 있다. 본 발명은 상기 전도체 판(30)의 체 구멍(31) 배열 위치에 제한을 두지 않으며, 기판(42) 자체의 실제 식각 상황의 필요에 따라 대응되는 배열 방식으로 배치 가능하다.

<50> 본 발명의 또 다른 실시예에서는, 도 5와 도 7을 참조하면, 전도체 판(30)에 배열 밀도가 다른 체 구멍(31)을 배치하여, 상기 체 구멍(31)이 분포되는 밀도가 전도체 판(30)의 네 둘레로부터 전도체 판(30)의 중앙 구역을 향하여 점차로 증가되도록 하였다. 상기 체 구멍(31)이 전도체 판(30)에 분포되는 밀도는 상기 전도체 판(30)을 통과하는 플라즈마 가스분자의 기판(42)에 대한 식각 강약과 정비례 관계를 이루기 때문에, 상기 플라즈마 가스분자(100)가 체 구멍(31)의 분포가 조밀하거나 느슨한 배열 상태를 거쳐 흐르면서, 상기 플라즈마 가스분자(100)가 전도체 판(30)의 각기 다른 위치에 통과되는 대응 수량이 효과적으로 제어되며, 플라즈마 가스분자(100)가 기판 표면(42)에 스퍼터링되도록 설정될 수 있다.

<51> 본 발명은 상기 실시예 중의 체 구멍(31)이 전도체 판(30)에 배열되는 위치에 제한을 두고 있지 않으며, 제조업자는 기판(42) 표면의 임의의 위치에 플라즈마 식각을 실시하는 실제 식각의 필요에 따라, 전도체 판(30)에 상기 체 구멍(31)의 밀도 분포를 강화시킬 수 있다. 상기 전도체 판(30)에 나타날 수 있는 체 구멍(31)의 배열 분포는 다음과 같다:

<52> 1. 수직선의 체 구멍(31) 분포 형상(Vertical Arrangment)으로서, 도 8a에도시된 바와 같이, 상기 체 구멍(31)은 복수개의 수직선으로 전도체 판(30)에 배열된다.

<53> 2. 수평선의 체 구멍(31) 분포 형상(Horizontal Arrangment)으로서, 도 8b에도시된 바와 같이, 상기 체 구멍(31)은 복수개의 수평선으로 전도체 판(30)에 배열된다.

<54> 3. 수직선 및 수평선 복합식 체 구멍(31) 분포 형상(Skewed Arrangment)으로서, 도 8c에 도시된 바와 같이, 상기 체 구멍(31)은 복수개의 수평선 및 수직선이 상기 전도체 판(30)에 종합적으로 배열된다.

<55> 4. 상기 전도체 판(30)의 네 둘레를 둘러싸는 사각형 체 구멍(31) 분포 형상(Square Arrangment)으로서, 도 8d에 도시된 바와 같이, 네 둘레를 따라 하나의 사각형 형태로 상기 전도체 판(30)에 배열된다.

<56> 5. 원형 체 구멍(31) 분포 형상(Circle Arrangment)으로서, 도 8e에 도시된 바와 같이, 상기 체 구멍(31)은 원

형 형태로 상기 전도체 판(30)에 배열된다.

<57> 6. 거미줄형 배열 방식(Spider Web Arrangment)으로서, 도 8f에 도시된 바와 같이, 상기 체 구멍(31)은 하나의 거미줄 형태로 상기 전도체 판(30)에 배열된다.

<58> 다시 도 5와 도 8f를 참조하면, 그 중 상기 거미줄 형태의 배열 방식은 상기 전도체 판(30)의 네 둘레로부터 중앙을 향하여 점차로 체 구멍(31)의 배열 밀도가 증가되는데, 즉 상기 전도체 판(30)의 중앙 위치에 배열이 비교적 조밀한 체 구멍(31)이 설치되고, 상기 전도체 판(30)에서 중앙 위치로부터 멀리 떨어진 네 둘레는 즉 배열이 비교적 느슨한 체 구멍(31)이 설치된다. 상기 플라즈마 가스분자(100)가 상기 전도체판(30)과 대향하여 그 기판(42) 방향쪽으로 상기 전도체 판(30)을 통과할 때, 상기 플라즈마 가스분자(100)는 전도체 판(30)의 중앙 위치에 놓이게 되고, 배열이 비교적 조밀한 체 구멍(31)을 통과할 때, 상기 플라즈마 가스분자(100)의 유량이 집중되게 되므로, 기판(42)의 대응 구역에 플라즈마 식각 처리 정도가 강화될 수 있다. 그리고 상기 플라즈마 가스분자(100)가 전도체 판(30)의 네 둘레에 위치하여 배열이 비교적 느슨한 체 구멍(31)을 통과할 때, 상기 플라즈마 가스분자(100)의 유량은 느려지게 되어, 기판(42)의 대응 구역에 대한 플라즈마 식각 처리 정도가 완만해진다. 이와 같이, 플라즈마 가스분자(100)는 선택적으로 상기 기판(42)의 특정 구역에 대하여 강렬하거나 또는 완화된 플라즈마 식각 처리를 진행할 수 있다.

<59> 본 발명으로 플라즈마 챔버(1) 내부에서 플라즈마 식각처리를 진행할 때, 도 5를 참조하면, 제1 전원 공급부(11) 및 제2 전원 공급부(21)는 각각 두 개의 교류 주파수 소스(RF Network)이며, 상기 탐지 유닛(15)은 광방출 종점 탐지 유닛(Optical Emission Endpoint Detection System)으로서, 상기 제1 전극판(10)에서 상기 전도체판(30) 사이에 하나의 플라즈마 소스 구역(110)이 형성되고, 상기 전도체판(30)에서 상기 제2 전극판(20) 사이에 하나의 플라즈마 바이어스 구역(120)이 형성된다. 이와 같이, 상기 플라즈마 챔버(1)에 가공하고자 하는 기판(42)을 상기 캐리어(40) 위에 놓고, 상기 캐리어(40)와 기판(42)을 상기 플라즈마 챔버(1)로 보내어, 상기 제1 전극판(10)과, 제2 전극판(20) 및 전도체 판(30)이 이미 상기 플라즈마 식각챔버에 설치가 완료되었는지 확인한 후, 도 9에 도시된 바와 같이, 플라즈마 식각처리가 다음과 같은 단계로 진행을 시작하게 된다:

<60> (101) 배기 펌프(61)를 이용하여 상기 플라즈마 챔버(1)가 하나의 기본 압력(0.001토르(torr)~1.5토르 사이)을 이루도록 압력을 인가한다.

<61> (102) 상기 제어 유닛(52)이 가스제어 모듈(50) 중의 상기 가스(53)들을 일정한 속률의 유량으로 복합가스가 되도록 혼합하고 이를 플라즈마 챔버(1) 내부로 유입되도록 제어한다.

<62> (103) 상기 배기 펌프(61)를 다시 이용하여 플라즈마 챔버(1)가 하나의 설정 압력(0.005토르~15토르)을 이루도록 압력을 인가한다.

<63> (104) 상기 두 교류 주파수 소스는 13.56메가헤르츠(Mhz)의 주파수로 각각 제1 전극판(10)과 제2 전극판(20)에 대하여 각기 다른 두 주파수 전압을 인가하여 방전시킨다(100와트(Watt)~100킬로와트 사이).

<64> (105) 상기 복합가스는 상기 두 주파수 전압의 방전으로 인하여, 상기 플라즈마 소스 구역(110) 및 플라즈마 바이어스 구역(120) 내의 복합가스가 상기 플라즈마 가스분자(100)로 해리되기 시작한다.

<65> (106) 상기 플라즈마 가스분자(100)는 플라즈마 소스 구역(110) 및 플라즈마 바이어스 구역(120) 내부에서 불규칙한 충돌을 시작한다.

<66> (107) 상기 전도체판(30)을 통과한 플라즈마 가스분자(100)가 기판(42)의 표면에 플라즈마 식각 처리 작업을 진행한다.

<67> (108) 상기 광방출 종점 탐지 유닛이 상기 플라즈마 가스분자(100)에 대해 탐지한 플라즈마 식각처리 상황에 따라 플라즈마 식각의 종점(End point)에 도달했는지 여부를 판단하고, 만약 그럴 경우, (109)단계를 진행하며, 그렇지 않은 경우, (107) 단계로 되돌아간다.

<68> (109) 상기 두 교류 주파수 소스가 상기 제1 전극판(10) 및 제2 전극판(20)에 대한 방전을 중지한다.

<69> (110) 배기 펌프(61)가 플라즈마 챔버(1)에 대하여 기본 압력을 회복시킨다.

<70> (111) 상기 캐리어(40) 상의 기판(42)을 빼내어 플라즈마 식각처리를 완성한다.

<71> 본 발명에서, 도 5를 참조하면, 상기 기판(42)에 이미 플라즈마 식각처리가 완료되었으나, 상기 기판(42) 중의 일부 구역이 일정한 식각 표준에 도달하지 못하였거나, 또는 상기 부분적인 구역에 대하여 오버에칭 작업을 진

행하고자 할 경우, 식각을 보강하고자 하는 상기 부분 구역의 전도체판(30)을 이용하여, 상기 전도체판(30) 상에 부분 구역의 밀도에 대응되도록 체 구멍(31)을 분포시킬 수 있다. 도 10을 참조하면, 상기 플라즈마 식각 작업은 다음 단계의 진행을 시작한다:

<72> (201) 상기 기판(42)에 대하여 플라즈마 식각 작업을 진행한다.

<73> (202) 상기 광방출 종점 탐지 유닛이 플라즈마 가스 분자에 대해 탐지한 플라즈마 오버에칭 작업의 상황에 따라, 예정된 표준에 도달하였는지 여부를 판단하고, 만약 그럴 경우 (203) 단계를 진행하며, 그렇지 않을 경우 (201) 단계로 되돌아간다.

<74> (203) 상기 제1 전극판(10), 제2 전극판(20)에 대한 방전 중지로 되돌아간다.

<75> 상기 내용을 종합해보면, 발명자는 본 발명을 종래 기술의 플라즈마 식각기술과 대조하여 하나의 실험을 하였다. 그 중 본 발명에서는 상기 기판(42) 상의 비결정 규소 박막에 대한 플라즈마 식각작업을 이용하였고, 또한 종래 기술과 비교한 데이터를 기록하였다. 도 11a, 11b 및 도 11c를 참조하면, 상기 도표는 각각 「플라즈마 챔버 기압」, 「복합가스 유량 비율」 및 「기판 및 전극 간의 거리」등 세 가지 조건을 바꿔주어 종래 기술의 플라즈마 식각기술 데이터와 상호 비교한 것이다. 그 중 「복합가스 유량 비율」을 변수로 한 실험은 C12와 SF6의 가스유량 비율, C12와 주파수 발전단을 변수로 하여, 비결정 규소 박막에 대해 일정한 고정시간 동안 식각 작업을 진행하였고, 또한 비결정 규소 박막을 제거한 후, 상기 기판(42) 상의 25개 위치에 얻어진 식각 흔적을 측량하여, 최대 심도와 최소 심도의 차를 2배의 식각 흔적으로 나눈 평균값으로 불균일하게 제거된 일치성을 얻었다.

<76> 따라서, 상기 3개의 도표로 알 수 있듯이, 본 발명에서 플라즈마 식각작업을 진행하여 달성한 일치성은, 종래 기술의 플라즈마 식각작업으로 달성되는 일치성보다 우수하다. 바꿔 말하면, 본 발명은 상기 플라즈마 챔버(1) 내부에 전도체 판(30)을 삽입하여, 상기 전도체 판(30)을 이용하여 불규칙하게 충돌하는 플라즈마 가스분자(100)가 상기 전도체 판(30)에 통과되면서, 비교적 고르게 상기 기판(42)의 표면에 스퍼터링(sputering)되도록 함으로써, 상기 기판(42)의 표면에 비교적 고른 식각 효과를 형성할 수 있다. 본 발명은 많은 종래 기술이 플라즈마 식각작업으로 달성하지 못했던 공효(功效) 및 효과를 개선하였으며, 따라서, 본 발명은 확실히 특허성을 지니고 있다.

발명의 효과

<77> 본 발명은 기판의 표면에 비교적 고른 식각 효과가 나타나도록 할 수 있으며, 나아가 종래의 플라즈마 식각 시스템이 대형 치수의 기판을 식각하고자 할 때, 전장의 강도가 균일하지 못함으로 인하여, 상기 플라즈마 가스분자의 농도 분포가 고르지 못하고, 불균일하게 식각이 이루어지던 결점을 효과적으로 해결하였다.

<78> 이상에 설명한 내용은 본 발명의 바람직한 구체적 실시예에 한한 것으로서, 본 발명의 구조적 특징은 결코 이에 국한되지 않으며, 본 분야의 기술을 숙지하고 있는 자는 누구든지 본 발명을 식각(Etching), 침적(Deposition) 및 애싱(ashing)을 포함하는 플라즈마 해리기술(Plasam Ionization Technology)의 실행분야에 응용하여, 쉽게 생각해 낼 수 있는 변화 또는 수식은 모두 본 발명의 특허범위에 포함되는 것으로 간주한다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 종래 기술 중 하나의 플라즈마 식각 시스템 구조도이다.

<2> 도 2는 종래 기술 중 하나의 플라즈마 식각 상황도이다.

<3> 도 3은 종래 기술 중 하나의 플라즈마 식각 해결방안 상황도이다.

<4> 도 4는 본 발명의 일종인 플라즈마 식각 시스템 구조도이다.

<5> 도 5는 본 발명 중 하나의 실시예 구조도이다.

<6> 도 6은 본 발명의 다른 실시예 중 체 구멍(Sieve Hole)의 배열 설명도이다.

<7> 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예 중 체 구멍의 배열 설명도이다.

<8> 도 8a는 수직선의 체 구멍 분포 형상을 나타낸 배열 설명도이다.

<9> 도 8b는 수평선의 체 구멍 분포 형상을 나타내는 배열 설명도이다.

<10> 도 8c는 수직선 및 수평선 복합식 체 구멍 분포 형상을 나타내는 배열 설명도이다.

<11> 도 8d는 전도체 판의 네 둘레를 따라 사각형으로 둘러싸인 형식의 체 구멍 분포 형상을 나타내는 배열 설명도이다.

<12> 도 8e는 원형 체 구멍 분포 형상을 나타내는 배열 설명도이다.

<13> 도 8f는 거미줄 형태의 체 구멍 분포 형상을 나타내는 배열 설명도이다.

<14> 도 9는 본 발명의 실시예 흐름도이다.

<15> 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예의 흐름도이다.

<16> 도 11a는 본 발명과 종래기술의 「플라즈마 챔버 기압」 비교도이다.

<17> 도 11b는 본 발명과 종래기술의 「복합가스 유량 비율」 비교도이다.

<18> 도 11c는 본 발명과 종래기술의 「기판 및 전극 간의 거리」 비교도이다.

<19> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

<20> 1: 플라즈마 챔버 10: 제1 전극판

<21> 11: 제1 전원 공급부 12: 제1 절연층

<22> 13: 가스 송출구 15: 탐지 유닛

<23> 20: 제2 전극판 21: 제2 전원 공급부

<24> 30: 전도체 판 31: 체 구멍

<25> 32: 접지단 40: 캐리어

<26> 42: 기판 50: 가스제어 모듈

<27> 51: 가스 수송관 52: 제어 유닛

<28> 53: 가스 60: 배기구

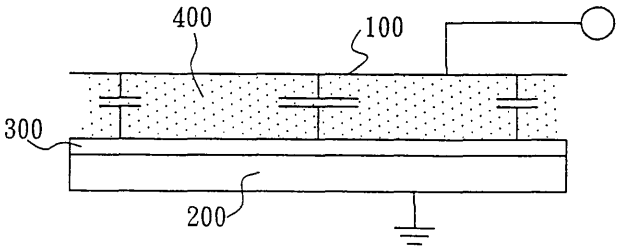
<29> 61: 배기 펌프 100: 플라즈마 가스분자

<30> 110; 플라즈마 소스 구역 120: 플라즈마 바이어스 구역

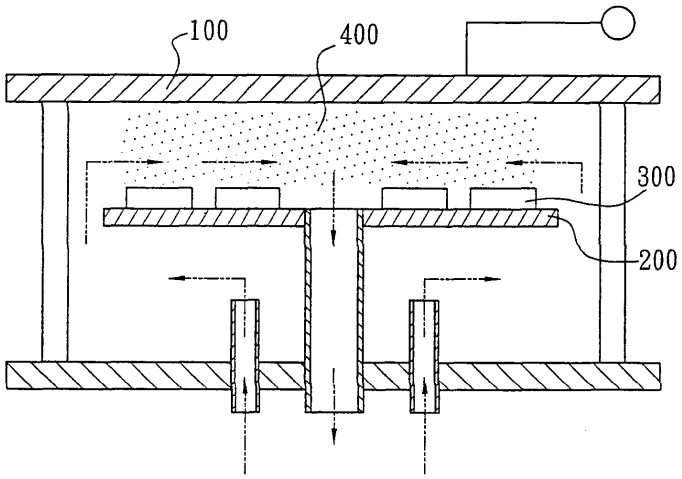
<31> 420: 박막

도면

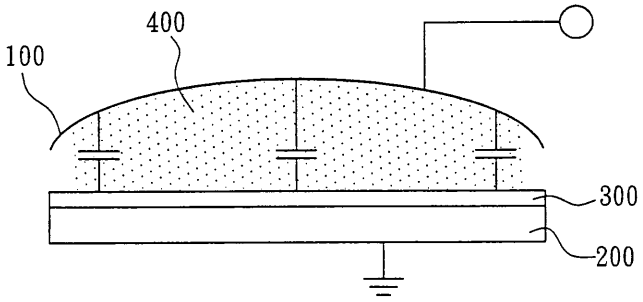
도면1



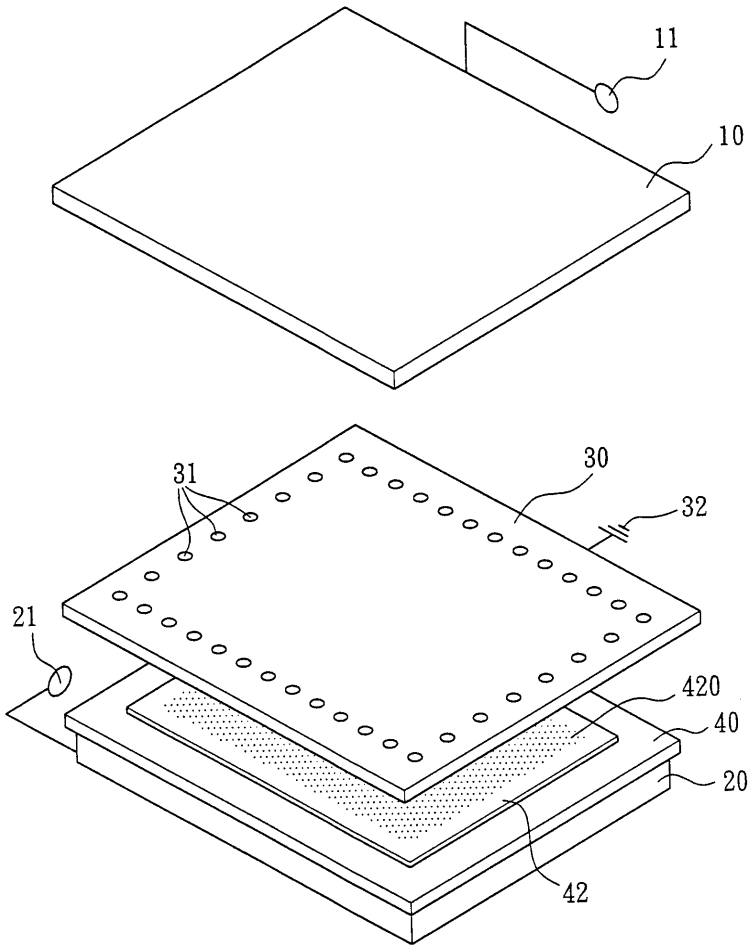
도면2



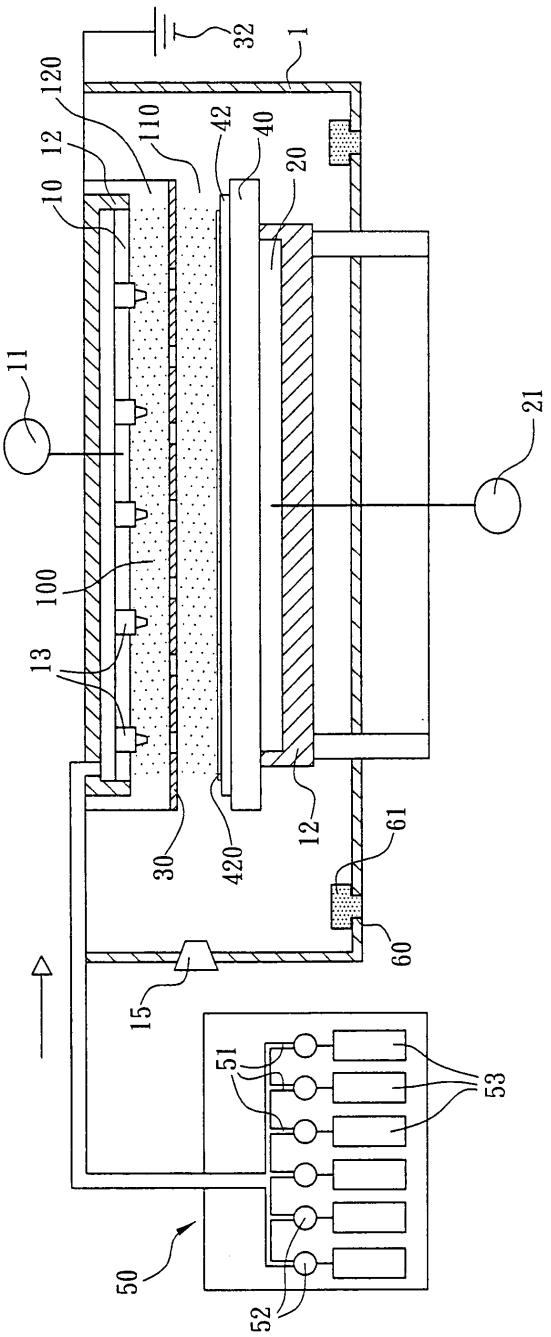
도면3



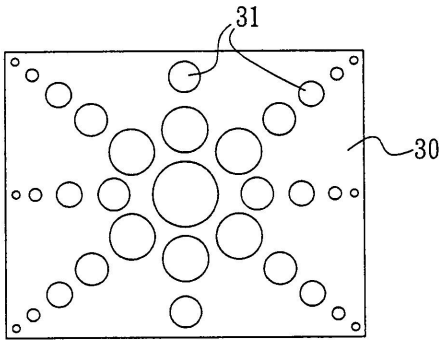
도면4



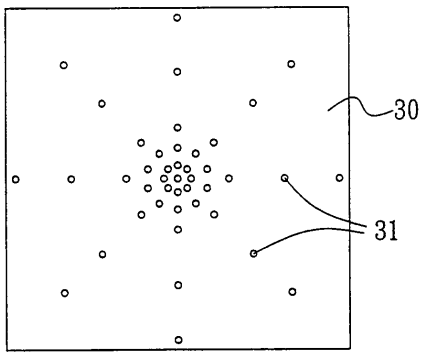
도면5



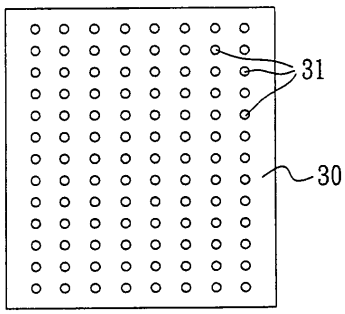
도면6



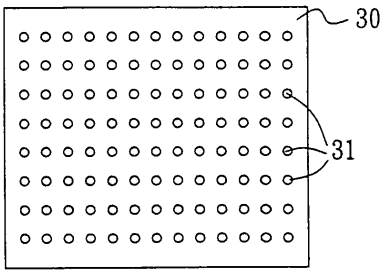
도면7



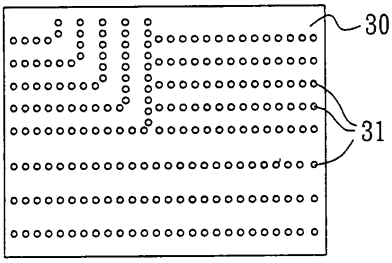
도면8a



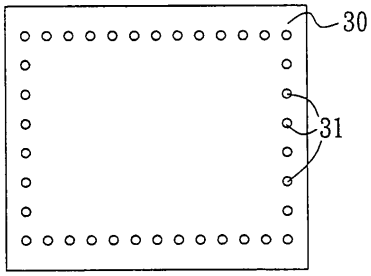
도면8b



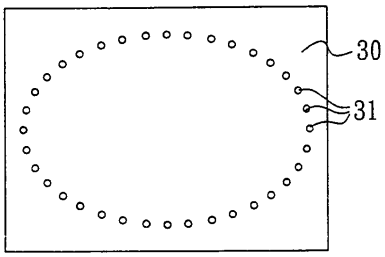
도면8c



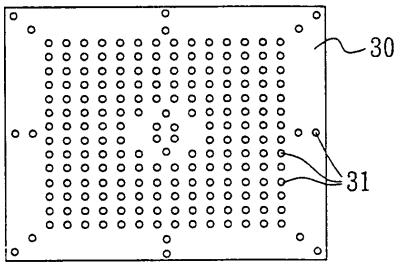
도면8d



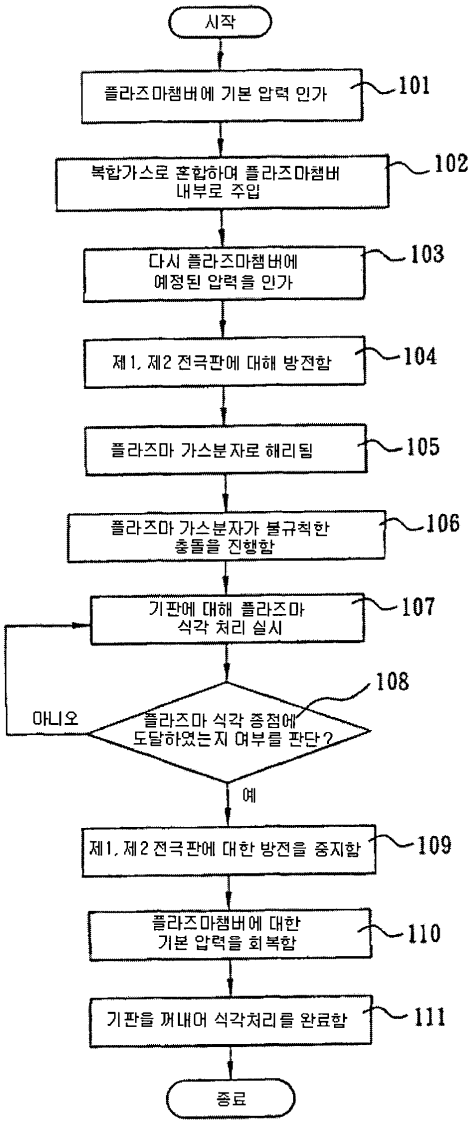
도면8e



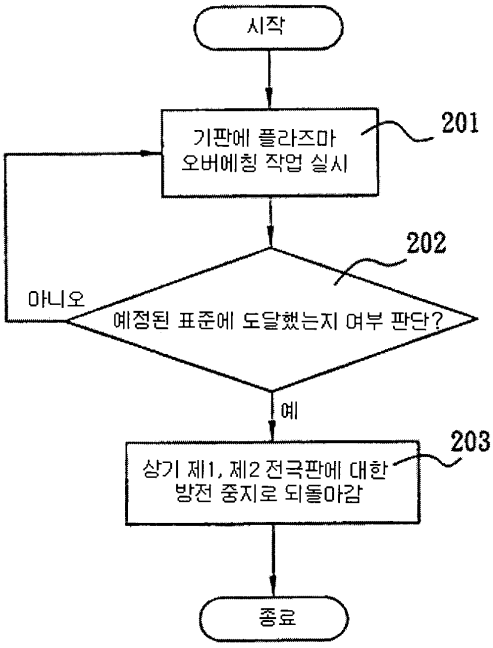
도면8f


30
31

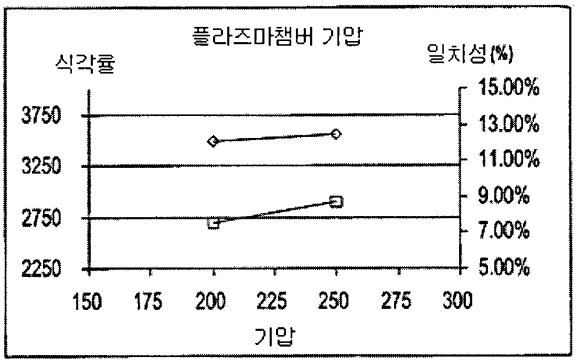
도면9


시작
플라즈마챔버에 기본 압력 인가
101
복합가스로 혼합하여 플라즈마챔버 내부로 주입
102
다시 플라즈마챔버에 예정된 압력을 인가
103
제1, 제2 전극판에 대해 방전함
104
플라즈마 가스분자로 해리됨
105
플라즈마 가스분자가 불규칙한 충돌을 진행함
106
기판에 대해 플라즈마 식각 처리 실시
107
108
플라즈마 식각 종점에 도달하였는지 여부를 판단?
아니오
예
제1, 제2 전극판에 대한 방전을 중지함
109
플라즈마챔버에 대한 기본 압력을 회복함
110
기판을 꺼내어 식각처리를 완료함
111
종료

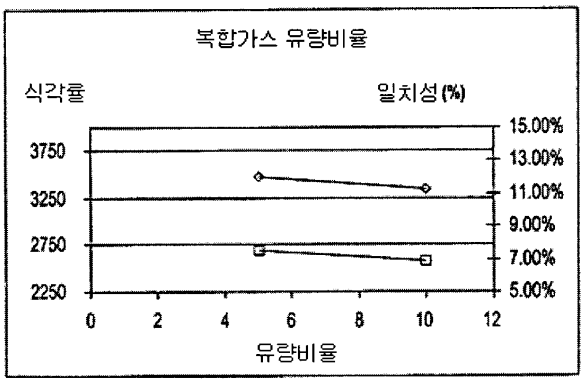
도면10


시작
기판에 플라즈마 오버에칭 작업 실시
201
202
아니오
예정된 표준에 도달했는지 여부 판단?
예
상기 제1, 제2 전극판에 대한 방전 중지로 되돌아감
203
종료

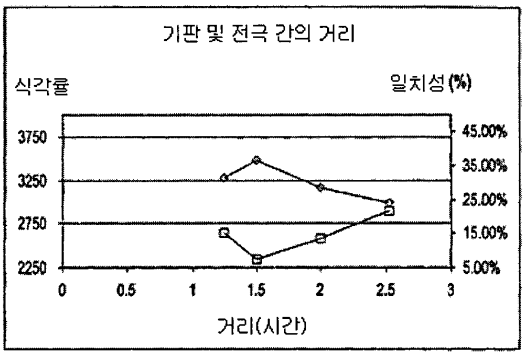
도면11a


플라즈마챔버 기압
식각률
일치성(%)
3750
3250
2750
2250
15.00%
13.00%
11.00%
9.00%
7.00%
5.00%
150
175
200
225
250
275
300
기압

도면11b


복합가스 유량비율
식각률
일치성(%)
3750
3250
2750
2250
15.00%
13.00%
11.00%
9.00%
7.00%
5.00%
0
2
4
6
8
10
12
유량비율

도면11c


기판 및 전극 간의 거리
식각률
일치성(%)
3750
3250
2750
2250
45.00%
35.00%
25.00%
15.00%
5.00%
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
거리(시간)