(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년01월23일
(11) 등록번호 10-0797423
(24) 등록일자 2008년01월17일

(51) Int. Cl.
H01L 21/205 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2002-7015416
(22) 출원일자 2002년11월15일
심사청구일자 2006년05월17일
번역문제출일자 2002년11월15일
(65) 공개번호 10-2003-0032956
(43) 공개일자 2003년04월26일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2001/004113
국제출원일자 2001년05월17일
(87) 국제공개번호 WO 2001/88221
국제공개일자 2001년11월22일
(30) 우선권주장
JP-P-2000-00145645 2000년05월17일 일본(JP)
JP-P-2000-00239221 2000년08월07일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP 11-243062A
JP 9-268370A
JP 11-317299A

(73) 특허권자
가부시키가이샤 아이에이치아이
일본국 도쿄도 고토쿠 토요스 3-1-1
(72) 발명자
다까기도모꼬
일본가나가와껭요꼬하마시이소고꾸신나까하라쵸1반찌이시카와지마-하리마주고교가부시키가이샤요꼬하마엔지니아링구센타나이
우에다마사시
일본가나가와껭요꼬하마시이소고꾸신나까하라쵸1반찌이시카와지마-하리마주고교가부시키가이샤요꼬하마엔지니아링구센타나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 23 항 심사관 : 오창석

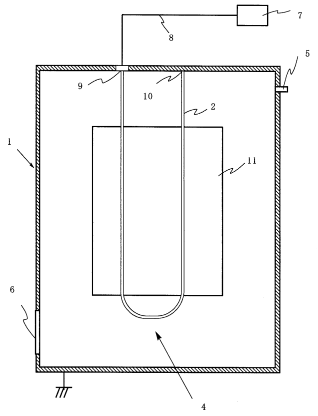
(54) 플라즈마 C V D 장치 및 방법

(57) 요 약

본 발명은 대형 기판에 막두께 균일성이 우수한 고품질 박막을 형성할 수 있는 플라즈마 CVD 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치한 플라즈마 CVD 장치로서, 상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 상기 유도결합형 전극의 전극 직경을 변화시키거나 급전부에서 접지부까지의 적어도 일부의 전극 직경을 10㎜ 이하로 하거나 또는 전극을 유전체로 피복한 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(81) 지정국

국내특허 : 일본, 대한민국, 미국

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 터어키

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치한 플라즈마 CVD 장치로서,

상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 상기 유도결합형 전극의 급전부에서 접지부까지의 적어도 일부의 전극 직경을 10 ㎜ 이하로 하며,

상기 유도결합형 전극의 전극 직경을 변화시킨 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 4

반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치한 플라즈마 CVD 장치로서,

상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 상기 유도결합형 전극의 전극 직경을 변화시킨 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 5

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 유도결합형 전극 표면의 일부 또는 전체를 유전체로 피복한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치한 플라즈마 CVD 장치로서,

상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 상기 유도결합형 전극 표면의 일부 또는 전체를 유전체로 피복하며,

상기 유전체의 두께를 전극 길이방향으로 변화시킨 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 8

반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치한 플라즈마 CVD 장치로서,

상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 상기 유도결합형 전극 표면의 일부 또는 전체를 유전체로 피복하며,

상기 유전체의 단부에서 그 단면을 테이퍼 형상으로 한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

상기 유전체를 전극 길이방향을 따라 나선 형상으로 피복한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 10

제 3 항, 제 4 항, 제 7 항 또는 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고주파는 60MHz 이상의 고주파인 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 11

제 3 항, 제 4 항, 제 7 항 또는 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

복수개의 상기 유도결합형 전극을 동일한 평면 내에 평행하게 배치한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 복수개의 유도결합형 전극의 각각에서 소정의 위상 관계가 유지되도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 복수개의 유도결합형 전극이 인접하는 전극의 급전부에서 고주파의 위상이 서로 역위상이 되도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 14

반응용기 내에, 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 복수개 평행으로 배치한 플라즈마 CVD 장치로서,

상기 복수개의 유도결합형 전극의 각각의 양 단부에 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 상기 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 인접하는 전극의 급전부에 공급되는 고주파 전력의 위상이 서로 역위상이 되며,

상기 유도결합형 전극을 복수개 층에 배치하고 각 층의 양측에 기판을 배치 한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 15

제 3 항, 제 4 항, 제 7 항 또는 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유도결합형 전극을 복수개 층에 배치하고 각 층의 양측에 기판을 배치한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

반응용기 내에, 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치하고, 상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 유도결합형 전극의 급전부에서 접지부까지의 적어도 일부의 전극 직경을 10㎜ 이하로 하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하여 상기 반응용기 내에 도입된 반응성 가스의 플라즈마를 발생시키고, 이 반응성 가스의 구성 원소 중 하나 이상을 함유하는 박막을 형

성하며,

상기 유도결합형 전극의 전극 직경을 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 법.

청구항 19

반응용기 내에, 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치하고, 상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 유도결합형 전극의 전극 직경을 변화시키며 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하여 상기 반응용기 내에 도입된 반응성 가스의 플라즈마를 발생시키고, 이 반응성 가스의 구성 원소 중 하나 이상을 함유하는 박막을 형성하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 법.

청구항 20

제 18 항 또는 제 19 항에 있어서,

상기 전극 표면의 일부 또는 전체를 유전체로 피복하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 법.

청구항 21

삭제

청구항 22

제 18 항 또는 제 19 항에 있어서,

복수개의 상기 유도결합형 전극을 동일한 평면 내에 평행하게 배치하고, 상기 복수개의 유도결합형 전극의 각각에서 소정의 위상 관계가 유지되도록 고주파 전력을 공급하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 복수개의 유도결합형 전극이 인접하는 전극의 급전부에서 고주파의 위상이 서로 역위상이 되도록 고주파 전력을 공급하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 법.

청구항 24

반응용기 내에, 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 복수개 평행으로 배치하고, 상기 복수개 유도결합형 전극의 각각의 양 단부에 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 인접하는 전극의 급전부에 공급되는 고주파 전력의 위상을 서로 역위상으로 하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 상기 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하여 상기 반응용기 내에 도입된 반응성 가스의 플라즈마를 발생시키고, 이 반응성 가스의 구성 원소 중 하나 이상을 함유하는 박막을 형성하며,

상기 유도결합형 전극을 복수개의 층에 배치하고 각 층의 양측에 기판을 배치하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 법.

청구항 25

제 18 항 또는 제 19 항에 있어서,

상기 유도결합형 전극을 복수개의 층에 배치하고 각 층의 양측에 기판을 배치하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 법.

청구항 26

제 5 항에 있어서,

상기 유전체의 두께를 전극 길이방향으로 변화시킨 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 27

제 5 항에 있어서,

상기 유전체의 단부에서 그 단면을 테이퍼 형상으로 한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 28

제 5 항에 있어서,

상기 유전체를 전극 길이방향을 따라 나선 형상으로 피복한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

청구항 29

제 10 항에 있어서,

복수개의 상기 유도결합형 전극을 동일한 평면 내에 평행하게 배치한 것을 특징으로 하는 플라즈마 CVD 장치.

명 세 서

기 술 분 야

<1> 본 발명은 플라즈마 CVD 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 유도결합형 전극을 사용하여 막두께 균일성이 우수한 박막을 형성하는 플라즈마 CVD 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 태양전지는 깨끗한 에너지원으로 주목받으며 기대되고 있는데 그 보급을 도모하기 위해서는 비용절감이 불가피하고, 이를 위해서 대형 기판에 고품질이며 균일한 막두께를 갖는 a-Si 막을 높은 스루풋으로 형성할 수 있는 박막형성장치가 강하게 요구되고 있다.

<3> a-Si와 같은 박막 형성에는 평행평판형 (용량결합형)플라즈마 CVD 장치가 실용화되고 있다. 평행평판형 플라즈마 CVD 장치에서는 하나의 전극판에 대하여 대향하는 한 면밖에 막 형성할 수 없었다. 그래서, 동일한 막형성실 내에서 두 면에 동시에 막 형성하고자 하는 경우에는, 막형성실 내에 두개의 고주파전극을 설치하고 두개의 방전영역을 형성하여 양면에 막 형성하는 것이 고작이다. 방전영역 수를 증가시켜 많은 영역으로 하는 아이디어도 있지만, 현실적으로는 구조의 복잡함이나 보수성의 악화 등 평행평판형 전극의 채택에 따른 문제점이 원인이 되어 실현하기 매우 어렵다.

<4> 또, 기판의 대형화와 함께 형성되는 박막의 막두께 균일성이 현저히 저하되어 원하는 특성을 갖는 태양전지를 얻을 수 없게 된다는 문제가 있다.

<5> 막두께 균일성이 높은 박막을 형성하기 위해서는, 기판 전체에 균일한 밀도를 갖는 플라즈마를 형성할 필요가 있으며 이를 위해서 다양한 검토가 이루어졌다. 그러나, 평행평판형 전극방식에서는 기판의 대형화에 따라 전극이 대형화되면 균일한 밀도를 갖는 플라즈마를 형성하기 쉽지 않은데, 그 이유로 다음과 같은 원리상의 문제를 들 수 있다.

<6> 즉, 평행평판형 전극에 있어서, 균일한 밀도를 갖는 플라즈마를 형성하기 위해서는, 기판 전체에 걸쳐 전극간 거리를 고정밀도로 유지하고 배치할 필요가 있는데 이것은 기판이 대형화되면 매우 어려워진다.

<7> 또한, 전극이 커지면 그 표면에 정재파가 발생하게 되고, 이 때문에 플라즈마가 분포되는 경우가 있다. 이것은 VHF대 등의 보다 높은 주파수를 사용하는 경우에는 한층 더 현저해진다. 이와 같은 이유에서 예컨대 80MHz 고주파의 경우, 기판 크기는 0.3m ×0.3m가 한계라고 한다(U. Kroll et al., Mat. Res. Soc. Symp. Proc. vol 557(1999) p121-126).

<8> 그래서, 플라즈마 유지 메카니즘이 용량결합형과는 전혀 달라서 상기 용량결합형 고유의 전극간 거리 정밀도 등의 문제가 일어나지 않고, 또한 고품질 막의 고속 막형성에 유리한 VHF대의 고주파를 사용하여 높은 플라즈마 밀도를 발생시킬 수 있는 유도결합형 플라즈마 CVD 법이 제안되어 있다. 구체적으로는 사다리 형상의 전극 (일본 공개특허공보 평4-236781호) 이나 도전성 선재를 지그재그로 다수 절곡한 전극 (일본 특허공보 제2785442호) 등의 전극을 사용한 유도결합형 전극방식의 플라즈마 CVD 장치가 제안되어 있다.

<9> 그러나, 본 발명자들이 상기 구조를 갖는 전극을 포함하여 각종 유전결합형 전극을 검토한 결과, 예컨대 사다리 형상이나 지그재그로 절곡한 유도결합형 전극은, 기판의 대형화에 대응하여 커지면 전류 경로가 균일해지기 어려워지고, 또 예기치 못한 장소에 부분적으로 정재파가 발생되기 때문에 플라즈마 밀도를 균일하게 하기가 어려워, 종래의 유도결합형 전극방식으로 대면적 기판에 대응하기가 어렵다는 것을 알 수 있었다.

<10> 그래서, 본 발명자들은 유도결합형 전극에 대해서 플라즈마 균일화의 기본적인 검토를 행하여 상기 종래의 유전결합형 전극에서는 문제가 된 정재파를 반대로 이용한 전극 구조를 개발하였다. 이 전극은 예컨대 U자형 전극의 일단에 급전부를 형성하고, 타단을 접지하는 구조로 하고, 접지부 및 급전부와 폴디드부의 거리를 고주파의 여진파장의 1/2로 하여 전극 상의 정해진 위치에 정재파를 일으키게 하는 구성으로 하는 것이다 (일본 특허출원 평11-255219호). 이와 같은 구성으로 플라즈마를 발생시켜 박막을 형성하면, 전극의 길이방향을 따라 급전부측에서부터 서서히 감소한 후 증가하여 극대 지점을 지나 다시 감소하는 막두께 분포를 얻는다. 이 분포는 고주파 전력의 감쇠와 정재파의 효과가 상승적으로 작용하는 결과로 생각되는데, 이 막두께 분포에는 재현성이 있기 때문에, 원하는 막두께 균일성이 얻어지는 영역만을 이용하여 이 영역과 동일한 정도의 크기를 갖는 기판을 배치하고 균일한 막두께의 박막을 형성하는 것이다.

<11> 이 막형성 방법은 전극 주변에서 발생하는 플라즈마의 균일한 밀도영역을 이용하기 때문에, 기판 치수에 비하여 전극은 당연히 길어져 장치 자체도 그 만큼 커지게 된다. 한편, 공간 절약화, 보수 용이성이나 장치 비용과 같은 관점에서 장치 소형화에 대한 요망은 강하기 때문에 전극 길이방향의 보다 넓은 범위에서 균일한 플라즈마를 형성할 수 있는 전극 구조 및 장치가 필요하게 된다.

<12> 또, 플라즈마 CVD 장치에서 안정된 박막을 연속적으로 형성하기 위해서는, 내벽 등에 부착되는 막이 박리되는 두께가 되기 전에 클리닝 등을 행하여 정기적으로 부착막을 제거할 필요가 있는데, U자형 전극 구조의 경우 급전부 부근에서의 플라즈마 밀도가 높아지기 때문에, 급전부 부근의 내벽에 부착되는 막의 양이 많아져 클리닝 빈도가 높다는 문제가 있음을 알 수 있었다.

<13> 본 발명은 이러한 상황을 감안하여 대형 기판에 막두께 균일성이 우수한 고품질 박막을 형성할 수 있는 플라즈마 CVD 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 즉, 본 발명의 목적은 전극 길이방향의 플라즈마 균일 영역을 확대할 수 있는 전극 구조 및 전력 공급방법을 제공함으로써, 동일한 장치 치수이며 보다 큰 기판에 막두께 균일성이 우수한 박막을 형성할 수 있는 플라즈마 CVD 장치 및 방법을 실현하는 것이다. 또, 이러한 박막을 높은 스루풋으로 형성할 수 있는 플라즈마 CVD 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 장치 내벽 등에 부착되는 막을 억제하여 클리닝 주기를 연장하고, 생산성이 높은 플라즈마 CVD 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 상세한 설명

<14> <u>발명의 개시</u>

<15> 상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명자는 플라즈마 밀도의 균일 영역의 확대를 도모하기 위해 고주파 전력의 급전방법, 전극 구조, 막형성 조건 등을 여러번 검토하는 중에 U자형 전극의 직경에 따라 방전영역이 확대 축소되고, 또 급전부 근방의 플라즈마 밀도가 상대적으로 변화되는 것을 발견하였다. 또, 전극 직경이 부분적으로 다른 전극을 사용하여 플라즈마를 발생시킨 결과, 전극 직경의 크기에 대응한 플라즈마 밀도의 농담 (濃淡)이 발생하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 또한, U자형 전극을 유전체로 피복하면 피복 방법에 의해 형성되는 박막의 막두께 분포는 특이한 변화를 나타냄을 발견하였다. 본 발명은 이러한 지견을 기초로 플라즈마의 균일화 및 막두께 균일화를 더 검토하여 완성한 것이다.

<16> 즉, 본 발명의 플라즈마 CVD 장치는, 반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치한 플라즈마 CVD 장치로서, 상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 또 상기 유도결합형 전극의 급전부에서 접지부까지의 적어도 일부의 전극 직경을 10㎜ 이하로 한 것을 특징으로 한다.

<17> 이와 같이 급전부와 접지부의 거리 또는 급전부 및 접지부와 폴디드부의 거리 L 을, 고주파 전력의 여진파장 λ과의 사이에서, n 을 자연수로 한 경우, L = n・λ/2 관계가 거의 성립하도록 설정함으로써, 안정된 플라즈마를 발생・유지할 수 있게 되어 전극 상의 소정 위치에 균일한 플라즈마 밀도를 형성할 수 있다.

<18> 또한, 전극 직경을 10㎜ 이하로 가늘게 할수록 적은 투입 전력으로 방전영역을 늘릴 수 있어 대형 기판에 대응

할 수 있다. 또한, 급전부 근방에서의 플라즈마 밀도가 상대적으로 낮아지기 때문에 그 주변의 내벽에 퇴적되는 부착막의 양이 감소하고, 그 결과 클리닝 주기가 연장된다. 이와 같이 전극 직경은 10㎜ 이하이면 특별히 제한되지 않지만, 취급・부착 용이성 관점에서 1㎜~10㎜로 하는 것이 바람직하다. 또, 전극 직경을 변화시킬 수도 있다.

<19> 또, 상기 여진파장 λ과 거리 L 사이의 관계에서, λ는 여진주파수 f와 진공 중의 전파 전파속도 c에 의해 결정되는 진공 중의 λ_0 과는 엄밀하게 다르다. 본 발명자들의 검토에 따르면 λ는 제일 근사하게는 λ_0으로 구해지지만 전극을 둘러싸는 유전체나 플라즈마의 유전율이나 기하학적 구조 등에도 영향을 받는다.

<20> 또한, 본 발명의 플라즈마 CVD 장치는, 반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치한 플라즈마 CVD 장치로서, 상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 또 상기 유도결합형 전극의 전극 직경을 변화시킨 것을 특징으로 한다.

<21> 하나의 전극 내에서 전극 직경을 변화시키면 플라즈마의 강도가 이에 따라 변화되는 경향이 있기 때문에, 동일한 직경의 전극을 사용한 경우에 발생하는 플라즈마 밀도의 농담에 대응하여 전극 직경을 부분적으로 변화시킴으로써, 플라즈마 밀도의 균일화를 도모할 수 있다. 이 경우 전극 직경을 10㎜ 이하로 함으로써, 방전영역을 확대하면서 플라즈마를 균일화시킬 수 있기 때문에, 대형 기판에 막두께 균일성이 우수한 박막을 형성할 수 있게 된다.

<22> 즉, 본 발명의 플라즈마 CVD 장치는, 반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치한 플라즈마 CVD 장치로서, 상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 또 상기 유도결합형 전극 표면의 일부 또는 전체를 유전체로 피복한 것을 특징으로 한다.

<23> 유전체로 전극 표면을 피복함으로써 전극 길이방향의 플라즈마 밀도분포를 더 균일화시킬 수 있게 된다. 즉, 전극 직경을 변화시키는 경우와 동일한 효과를 얻을 수 있고, 동일한 장치 치수이며 대형 기판에 균일한 막두께의 박막을 형성할 수 있게 된다. 즉, 장치의 소형화를 달성할 수 있게 된다.

<24> 또, 상기 유전체는 전극 길이방향으로 두께를 변화시키는 것이 바람직하다. 특히, 급전부 부근에서 막두께가 두꺼워지는 현상을 억제하기 위해서, 급전부에 가까운 전극부를 두꺼운 유전체로 피복하고 그 두께를 서서히 얇게 하거나, 전극 중앙 부근에서 막두께가 두꺼워지는 현상을 억제하기 위해서, 중앙 부근을 두꺼운 유전체로 피복하여 그 단부를 테이퍼 형상으로 하고, 유전체의 가장자리일수록 유전체의 두께가 감소하는 형상으로 하는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 유전체 단부에서의 급격한 임피던스 변화가 억제되어 보다 균일한 밀도를 갖는 플라즈마를 형성할 수 있게 된다. 또는, 상기 전극의 길이방향을 따라 나선 형상으로 전극을 피복할 수도 있다. 그럼으로써, 유전체 단부에서의 플라즈마 밀도가 평탄화되어 전극을 따른 플라즈마 밀도는 한층 더 균일화된다.

<25> 본 발명의 플라즈마 CVD 장치는, 상기 유전결합형 전극을 동일한 평면 내에 복수개 평행으로 배치한 것을 특징으로 한다. 기판의 폭 방향으로 복수개의 전극을 배치함으로써 간단한 구성으로 어떠한 폭의 기판에도 균일한 박막을 형성할 수 있게 된다.

<26> 이 경우, 상기 복수개의 유도결합형 전극의 급전부에서 고주파의 위상을 항상 동일한 관계가 유지되도록 구성하는 것이 바람직하다. 이것은 각 전극의 위상이 제어된 상태가 아니면, 기판 폭방향에서 재현성이 없는 불균일한 분포가 쉽게 발생하게 되기 때문이다. 특히, 인접하는 전극간에 역위상으로 하는 것이 바람직하다. 전극간에 위상을 서로 역위상으로 함으로써 막두께 균일성은 한층 더 향상된다. 즉, 인접하는 전극간의 고주파 전력의 상호작용에 의해 기판 폭방향뿐만 아니라 전극 길이방향의 막두께 균일성도 더 향상된다.

<27> 또, 본 발명의 플라즈마 CVD 장치는, 상기 유도결합형 전극을 복수개 층에 배치하고 각 층의 양측에 기판을 배치한 것을 특징으로 한다. 상기 유도결합형 전극을 사용함으로써, 용량결합형의 경우와는 달리 장치의 거대화나 보수성 악화를 초래하지 않고, 이른바 다영역 막형성방식을 채택할 수 있어 다수의 기판면 상에 동시에 막형성할 수 있는 장치를 구축할 수 있게 된다. 그 결과, 스루풋이 대폭 향상되어 예컨대 태양전지의 저비용화에 크게 공헌한다.

<28> 또한, 본 발명의 플라즈마 CVD 장치는, 반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 복수개 평행으로 배치한 플라즈마 CVD 장치로서, 상기 복수개의 유도결합형 전극의 각각의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 상기 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하는 구성으로 하고, 또 인접하는 전극의 급전부에 공급되는 고주파 전력의 위상이 서로 역위상이 되도록 한 것을 특징으로 한다.

<29> 역위상으로 하는 방법은 전극을 유전체로 피복하지 않은 경우에도 유효하고, 전극 중앙 부근에 막두께가 두꺼운 영역이 발생하는 현상이 억제된다.

<30> 한편, 본 발명의 플라즈마 CVD 법은, 반응용기 내에 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 배치하고, 상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 유도결합형 전극의 급전부에서 접지부까지의 적어도 일부의 전극 직경을 10㎜ 이하로 하거나 또는 상기 유도결합형 전극의 전극 직경을 변화시키고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하여 상기 반응용기 내에 도입된 반응성 가스의 플라즈마를 발생시키고, 이 반응성 가스의 구성 원소 중 하나 이상을 함유하는 박막을 형성하는 것을 특징으로 한다.

<31> 또, 본 발명의 플라즈마 CVD 법은, 반응용기 내에, 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 가지며 또 그 표면의 일부 또는 전체를 유전체로 피복한 유도결합형 전극을 배치하고, 상기 유도결합형 전극의 양 단부에 각각 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하여 상기 반응용기 내에 도입된 반응성 가스의 플라즈마를 발생시키고, 이 반응성 가스의 구성 원소 중 하나 이상을 함유하는 박막을 형성하는 것을 특징으로 한다.

<32> 또한, 본 발명의 플라즈마 CVD 법은, 반응용기 내에, 직선 형상 또는 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 유도결합형 전극을 복수개 평행으로 배치하고, 상기 복수개의 유도결합형 전극의 각각의 양 단부에 고주파 전력의 급전부와 접지부를 형성하고, 인접하는 전극의 급전부에 공급되는 고주파 전력의 위상을 서로 역위상으로 하고, 또 상기 급전부와 접지부 사이 또는 상기 급전부 및 접지부와 상기 폴디드부 사이에 반파장 또는 그 자연수 배의 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하여 상기 반응용기 내에 도입된 반응성 가스의 플라즈마를 발생시키고, 이 반응성 가스의 구성 원소 중 하나 이상을 함유하는 박막을 형성하는 것을 특징으로 한다.

<33> <u>발명을 실시하기 위한 최선의 형태</u>

<34> 이하, 본 발명의 실시형태를 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

<35> (제 1 실시형태)

<36> 도 1 은 본 발명의 플라즈마 CVD 장치의 제 1 실시형태를 나타내는 모식적 단면도이다. 도면에 나타내는 바와 같이 플라즈마 CVD 장치는 가스도입구 (5) 와 배기구 (6) 를 갖는 막형성실 (1) 에 외경이 10㎜ 이하이며 U자형으로 절곡된 유도결합형 전극 (2) 이 배치되고, 그 일단인 고주파 전력의 급전부 (9) 를 동축케이블 (8) 을 통해 고주파 전원 (7) 에 접속시키고, 타단인 접지부 (10) 를 막형성실의 벽에 연결 접지시킨다.

<37> 여기에서, 급전부 (9) 및 접지부 (10) 와 폴디드부 (4) 사이의 길이는 고주파의 여진파장의 약 1/2 또는 그 자연수 배로 정해진다. 그럼으로써, 안정적으로 방전을 발생·유지시킬 수 있다. 한편, 도 1 에 나타내는 U자형 전극의 경우, 폴디드부란 곡률을 갖는 반원형상의 부분을 말한다.

<38> 본 실시형태의 유도결합형 전극으로는, 도 1 에 나타낸 바와 같이 외경 10㎜ 이하의 SUS, Al, Cu제 등과 같은 스틱(선) 형상 또는 관 형상의 도체를 U자형으로 폴딩한 형상의 것 이외에 예컨대 「ㄷ」자형과 같은 직사각형의 것일 수도 있다. 또, 전극 전체가 도체일 필요는 없고, 예컨대 절연체를 도체로 피복한 형태의 것일 수도 있다. 본 발명의 중앙에서 폴딩한 형상의 전극은 예컨대 1개의 스틱재를 절곡하여 일체로 형성한 것일 필요는 없고, 예컨대 2개의 직선 형상 전극을 금속판 등으로 접속·고정시킨 구조일 수도 있다. 한편, ㄷ자형 전극의 경우, 폴디드부란 사이의 직선부를 말한다.

<39> 본 실시형태의 전극은 예컨대 도 2에 나타내는 바와 같이 급전부에서 폴디드부까지의 적어도 일부의 전극 직경이 10㎜ 이하이면 다른 부분은 10㎜보다 굵어도 된다. 따라서, 전극 전체에 걸쳐 동일한 직경이거나 길이방향으로 변화시킬 수도 있고, 예컨대 급전부에서 서서히 직경이 증가되는 형상일 수도 있다. 또, 전극 직경

의 하한은 특별히 제한되지 않지만, 투입 전력 등과의 관계에서 전극이 단선되지 않고 안정적으로 방전을 지속할 수 있는 것이면 어떠한 가는 선이라도 되지만, 취급・부착 용이성 관점에서 전극 직경이 1㎜∼10㎜인 것이 바람직하게 사용된다.

<40> 예컨대, 급전측의 전극을 10㎜보다 가늘게 함으로써 방전영역을 보다 작은 투입 전력으로 선단부 (폴디드부) 측으로 확장할 수 있다. 그 결과, 보다 넓은 막형성 영역이 형성되어 대형 기판에 대한 막형성이 가능해진다.

<41> 또, 급전측의 전극 직경을 작게 함으로써 급전부 근방의 플라즈마 밀도가 상대적으로 감소한다. 즉, 막형성 영역에 대한 급전부 근방의 플라즈마 밀도비가 작아지기 때문에, 에너지가 효율적으로 막형성에 사용되고 또한 급전부 근방의 장치 내벽에 부착되는 막의 양이 억제된다. 그리고, 내벽에 부착되는 막의 두께가 박리되는 막의 두께가 될 때까지의 막형성 회수가 증가하기 때문에, 메인터넌스 주기가 연장되어 전체적인 생산성을 향상시킬 수 있게 된다.

<42> 다음으로, 도 1 에 나타낸 플라즈마 CVD 장치를 이용하여 기판 상에 박막을 형성하는 방법을 설명한다.

<43> 먼저, 가스도입구 (5) 를 통해 소정 유량의 반응성 가스를 막형성실 (1) 에 도입하고, 배기구 (6) 부에 설치된 메인 밸브 (도시 생략) 를 조절하여 소정 압력으로 설정한 후, 고주파 전원 (7) 에서 급전부 (9) 로 고주파 전력을 공급한다. 고주파의 주파수를 정재파가 일어나도록 조절하면, 전극 (2) 을 따라 플라즈마가 발생한다. 플라즈마는 전극 (2) 을 따라 급전측 및 접지측에서 전극 선단부 (폴디드부) 를 향하여 확산되어 반응성 가스는 플라즈마에 의해 분해・활성화되며, 전극 (2) 에 대향하는 위치에 배치된 기판 (11) 상에 막두께 균일성이 우수한 박막이 퇴적한다. 여기에서, 급전측의 전극 직경을 10㎜ 이하로 함으로써 보다 작은 전력으로 전극 선단부까지 방전이 확산된다. 또, 동일한 전력을 투입한 경우, 전극 직경이 가는 것이 빠른 막형성 속도를 얻을 수 있다. 또한, 급전부 부근의 플라즈마 밀도는 낮아지기 때문에 내벽에 대한 막의 부착량이 감소하게 된다.

<44> 이상, 급전측의 전극 직경을 10㎜ 이하로 하는 경우에 대해서 서술하였으나, 본 실시형태의 유도결합형 전극은 이것에 한정되지 않지만, 10㎜ 이상이거나 전극 직경이 전극 길이방향으로 변화하는 형상의 것이면 사용할 수 있다. 즉, 동일한 직경이며 중앙에서 폴딩한 형상을 갖는 전극을 사용하면, 부분적으로 플라즈마에 농담이 발생하지만, 이 농담 분포에 대응하여 전극 직경을 변화시킴으로써 플라즈마의 농담비를 감소시켜 막두께의 균일성을 향상시킬 수 있다.

<45> 따라서, 전극 직경을 변화시키는 동시에 10㎜ 이하의 부분을 형성함으로써, 방전영역 확대의 효과와 플라즈마 균일화의 효과를 얻을 수 있게 되고, 1 층의 대형 기판에 균일한 막두께의 박막을 형성할 수 있게 된다.

<46> (제 2 실시형태)

<47> 도 3 은 본 발명의 플라즈마 CVD 장치의 제 2 실시형태를 나타내는 모식적 단면도이다. 장치 구성은 유도결합형 전극을 제외하고 도 1 의 장치 구성과 동일하고, 유도결합형 전극 (2) 의 표면은 테프론과 같은 유전체 (3) 로 피복되어 있다.

<48> 유전체는 도 3에 나타내는 바와 같이 전극 전체면을 피복하도록 형성할 수도 있지만, 전극 표면의 일부만을 피복할 수도 있다. 어떠한 경우에도 막두께 균일성을 향상시킬 수 있고, 플라즈마 밀도 분포 (또는 막두께 분포) 의 패턴에 따라 유전체 형성 위치 및 그 형상 등이 정해진다.

<49> 예컨대, 전극 전체면을 유전체로 피복하면 고주파 전력의 전파에 따른 감쇠 효과와 정재파 효과의 상승적 작용에서 기인하여 나타나는 것으로 보이는 막두께 분포의 극대가 감소되어 소정의 막두께를 얻는 막형성 범위가 확대된다. 또한, 유전체의 두께를 전극 길이방향으로 변화시킴으로써 얻은 박막의 막두께 균일성을 더욱 향상시킬 수 있다.

<50> 또, 유전체를 전극 표면 전체가 아니라 예컨대 도 4 (a)에 나타낸 바와 같이 급전부측의 직선부에만 형성할 수도 있다. 그럼으로써, 급전부측에서의 플라즈마 밀도의 증대가 억제되어 전극 전체적으로 플라즈마 밀도가 평균화되고 막두께 균일성이 향상된다.

<51> 또한, 플라즈마 밀도가 높아지는 전극 부분에만 형성함으로써, 전극 길이방향을 따라 보다 막두께 균일성이 있는 박막을 형성할 수 있게 된다. 여기에서, 피복할 유전체의 두께에 따라서는 유전체 단부에서 플라즈마 밀도가 증대하여 대응되는 기판 상의 위치에서 막두께 분포의 피크가 나타나는 경우가 있다. 이 경우에는, 도 4(b) 에 나타낸 바와 같이 유전체 단부에서의 단면을 테이퍼 형상으로 하고, 유전체 단부를 향하여 서서히 유전체의 두께를 얇게 하는 형상으로 하는 것이 바람직하다. 그럼으로써, 단부에 대응하는 부분에서의 막두께

피크의 출현이 억제되어 막두께 분포는 더욱 개선된다. 또는 도 4(c) 에 나타내는 바와 같이 전극 길이방향을 따라 유전체를 나선 형상으로 피복해도 되고, 유전체 단부에서의 플라즈마 밀도가 평균화되어 마찬가지로 막두께 분포도 개선된다.

<52> 또, 유전체의 두께는 그 유전률 (재질) 에 의해 플라즈마 밀도 분포 (막두께 분포) 의 정도에 따라 적절하게 선택되지만, 예컨대 테프론의 경우 0.1㎜ 정도 이상이 바람직하게 사용된다. 유전체는 플라즈마, 열에 대하여 안정적인 것이면 테프론과 같은 유기계 재료, 알루미나, 석영과 같은 무기계 재료 등 어떠한 재질의 것이어도 되지만, 고주파 손실이 큰 재료는 바람직하지 않다.

<53> 본 실시형태에서는 유도결합형 전극으로 도 1 에 나타낸 폴딩 형상의 전극에 한정되지 않고, 직선 형상의 전극을 사용할 수도 있다. 이 경우에는 일단을 공급부, 타단을 접지부로 하여 막형성실이 대향하는 벽에 부착하고, 이 두점간 거리 L 을 고주파의 여진파장 λ과의 사이에서 L = n・λ/2 (n은 자연수) 의 관계가 거의 성립되도록 설정한다.

<54> 이상, 제 1 실시형태 및 제 2 실시형태에서 서술한 바와 같이 유도결합형 전극을, 1) 급전부에서 접지부까지의 적어도 일부의 전극 직경을 10㎜ 이하로 하고, 2) 전극 직경을 변화시키며, 3) 유전체로 피복하고, 그리고 이것들을 조합함으로써 대형 기판에 대하여 막두께 균일성이 우수한 박막을 형성할 수 있게 된다.

<55> (제 3 실시형태)

<56> 본 발명의 플라즈마 CVD 장치의 제 3 실시형태를 도 5 에 나타낸다.

<57> 도 1 및 도 3 에 나타낸 PCVD 장치는 막형성실에 유도결합형 전극을 하나 배치하는 구성으로 하였으나, 기판의 폭이 큰 경우에는 도 5에 나타내는 바와 같이 복수개 전극을 기판 폭에 대응하여 평행하게 배열하고, 각각의 전극에 고주파 전력을 공급할 수 있도록 하면 된다. 한편, 도 5 에서 부호 12 는 기판 홀더이다.

<58> 여기에서, 각 전극의 급전부에서 고주파의 위상이 제어된 상태가 되도록 고주파 전력을 공급하는 것이 바람직하다. 각 전극의 위상이 제어된 상태가 아니면 기판 폭방향으로 재현성이 없는 불균일한 막두께 분포가 발생하기 쉽게 된다. 또, 인접하는 전극간에 역위상이 되도록 (즉, 위상을 180° 어긋나게) 고주파 전력을 공급하는 것이 더 바람직하다. 인접하는 전극간에 고주파의 위상을 역전시킴으로써, 기판 전체에서 특성을 갖춘 균일한 막두께의 박막을 형성할 수 있다. 이상은 U자형과 같은 폴딩 형상을 갖는 전극에 한정되지 않고 직선 형상의 스틱형상 전극을 사용한 경우도 동일하다.

<59> 또, 역위상의 고주파를 복수개의 전극에 교대로 공급하는 방법으로는, 복수개의 전극을 하나씩 걸러 급전부와 폴디드부의 길이 (직선 형상의 전극인 경우에는, 급전부와 접지부의 길이) 를 고주파의 반파장만큼 길게 하여 급전부를 막형성실 밖에 형성하거나 또는 반파장정도의 길이에 등가인 동축 케이블을 급전부에 늘려서 이으면 된다. 또, 고주파 전원에 이상기 (移相器) 를 설치하고 반파장 어긋난 고주파를 하나 걸러 공급할 수도 있다. 역위상의 고주파를 입력함으로써 기판 폭방향 뿐만아니라 전극 길이방향의 막두께 균일성은 한층 더 향상된다.

<60> (제 4 실시형태)

<61> 본 발명의 플라즈마 CVD 장치의 제 4 실시형태를 도 6 에 나타낸다.

<62> 본 실시형태의 플라즈마 CVD 장치는 도 5 에 나타낸 기판 폭에 배열된 전극열을, 소정 간격을 더 두고 복수개 층에 배치하고 각 전극층의 양측에 기판을 배치한 것이다. 이와 같은 구성으로 함으로써 다수의 기판 (도면의 예에서는 6개) 상에 박막을 동시에 형성할 수 있게 되고, 스루풋을 대폭 향상시킬 수 있다. 또한, 전극과 기판간의 거리는 30~60㎜ 정도로 짧게 할 수 있기 때문에, 장치의 설치 면적에 대한 스루풋비가 우수한 박막형성장치를 실현할 수 있다.

<63> 한편, 본 발명에서는 30~300MHz의 VHF대의 고주파 전원이 바람직하게 사용된다.

실 시 예

<73> 다음에 실시예를 들어 본 발명을 더욱 구체적으로 설명한다.

<74> (실시예 1)

<75> 도 5에 나타내는 구조를 갖는 장치에서 여러가지 외경을 갖는 스틱재를 U자형 또는 ㄷ 자형으로 가공하여 배치하고, 여러가지 조건에서 플라즈마를 발생시켜 박막을 형성하는 동시에 발생되는 플라즈마 상태를 육안으로 관

찰한다.

<76> 본 실시예에서는 외경이 1, 4, 6, 10㎜인 SUS 또는 Cu제 스틱 또는 관을 중심간 거리가 30㎜가 되도록 폴딩하여 길이가 1570㎜인 U자형 또는 ㄷ 자형으로 하고, 도 4(a) 에 나타낸 바와 같이 급전측 표면을 테프론 튜브로 피복한 전극을 사용한다. 이 전극 6개를 인접하는 스틱재의 중심간 거리를 30㎜로 하여 도 5 에 나타내는 바와 같이 동일한 평면 내에 부착하고, 전극 표면과 기판 표면의 간격을 40㎜로 하여 기판 (11: 1200㎜ ×500㎜) 을 배치한다. 또, 전극의 급전부는 피드 스루의 막형성실 내부측 단자에 연결하고, 접지부는 막형성실 내벽에 연결한다.

<77> 이 막형성실 (1) 내부에 SiH_4 가스 200sccm을 도입하여 1Pa로 설정한 후, 교대로 역위상의 고주파를 공급하고 정재파를 일으키게 하도록 주파수를 조절하여 플라즈마를 발생시키고, a-Si 박막을 기판 (11) 상에 형성한다. 이 때 고주파의 주파수는 85MHz이고, 진공 중의 반파장 (=1765㎜) 은 급전부 (9) 와 폴디드부 (4) 간의 길이 L(=1570㎜) 과 다르지만, 이것은 플라즈마의 비유전율이 진공과 다르기 때문이며 이 주파수에서 안정된 방전이 확인된다.

<78> 또, 외경이 1㎜인 전극은 Cu선을 사용하고 테프론의 두께를 2㎜로 하고, 외경이 4, 6, 10㎜인 전극에 대해서는 스테인리스 스틱재를 사용하고 테프론의 두께를 1㎜로 한다. 또, 전극 형상은 1㎜, 10㎜ 직경의 경우 U자형으로 하고, 4㎜, 6㎜ 직경의 전극은 ㄷ 자형으로 한다.

<79> 1~10㎜ 직경의 각 전극에 대해서 투입 전력을 변화시켰을 때 방전영역의 변화를 육안으로 관찰한 결과를 표 1 에 나타낸다. 또, 형성된 박막에 대해서 기판 중심부에서의 전극 길이방향의 막두께 분포를 측정한 결과의 일례를 도 7 에 나타낸다.

표 1

<80>

		전극 1m개당 투입 전력(W)				
		3.13	6.25	12.5	18.75	25
전극 직경(㎜)	1	○	◎	◎	◎	◎
	4	△	○	◎	◎	◎
	6	−	△	○	◎	◎
	10	−	−	△	○	◎

◎: 전극 선단까지 방전이 확산됨
○: 전극의 3/4까지 방전이 확산됨
△: 전극의 1/2까지 방전이 확산됨
−: 안정된 방전을 유지할 수 없음

<81> 표 1 에 나타내는 바와 같이, 전극 직경이 클수록, 방전영역을 전극 선단측으로 확장하기 위해서는 보다 큰 투입 전력이 필요하게 되고, 낮은 전력인 경우에는 방전영역이 확장되지 않거나 또는 안정된 방전을 유지할 수 없는 경향이 있음을 알 수 있다. 반대로, 전극이 가늘수록 낮은 전력으로 안정된 방전을 유지할 수 있는 동시에 방전영역이 확장되어 막형성 영역을 확대할 수 있음을 알 수 있다. 도 7 은 다른 전극 직경을 사용하여 막형성 속도의 변화를 비교한 그래프이다. 도 7 에서 Φ6mm와 Φ10mm는 전극 1개당 25W, Φ4mm는 13.75W 투입하고 있다. 도 7 의 막두께 분포에서도 알 수 있듯이 전극 직경을 10㎜ 이하로 하고 소정 전력을 공급함으로써, 넓은 범위에 걸쳐 균일한 막두께 분포를 얻을 수 있다. 또, 동일한 전력을 투입한 경우, 전극 직경이 가늘수록 빠른 막형성 속도를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이런 점에서 가는 전극일수록 에너지의 이용효율이 높아지는 것으로 보인다.

<82> 또, 표 1 에는 나타나 있지 않지만, 전극 직경을 작게 할수록 급전부 부근의 플라즈마는 어두워지고, 막형성 영역의 플라즈마의 밝기에 가까워지는 현상이 관찰된다. 이것은 도 7 의 막두께 분포에서 전극이 굵은 경우에는 급전부 (도면의 좌측단의 외측 위치) 를 향하여 막형성 속도가 크게 상승되는 반면에, 전극이 가늘어질수록 막형성 속도 상승의 정도가 감소되는 것과 일치한다.

<83> (실시예 2)

<84> 본 실시예에서는 유전체 피복 및 급전방법의 차이에 따라 막두께 분포가 변동하는 모습을 설명한다.

<85> 도 5 에 나타내는 구성을 갖는 플라즈마 CVD 장치를 이용하여 유리 기판 상에 a-Si 막을 형성한다. 본 실시

예에서는 직경이 10㎜인 SUS제 둥근관을 중심간 거리가 30㎜가 되도록 폴딩하여 길이가 1570㎜인 U자형으로 하고, 그 표면 전체면을 두께가 1㎜인 테프론 튜브로 피복한 전극을 사용한다. 이 전극 6개를 인접하는 둥근관의 중심간 거리를 30㎜로 하여 도 5 에 나타내는 바와 같이 동일한 평면 내에 부착하고, 전극 표면과 기판 표면의 간격을 40㎜로 하여 기판 (11: 1200㎜ ×500㎜) 을 배치한다.

<86> 이 막형성실 (1) 내부에 SiH_4 가스 200sccm 을 도입하여 1Pa로 설정한 후, 전체 전극에 동일 위상 또는 교대로 역위상의 고주파를 25W씩 공급하고 정재파를 일으키게 하도록 주파수를 조절하여 플라즈마를 발생시키고, a-Si 박막을 기판 상에 형성한다. 다른 조건은 실시예 1과 동일하다.

<87> 얻은 박막에 대해서 기판 중심부에서의 전극 길이방향의 막두께 분포를 측정한다. 그 결과를 도 8에 나타낸다. 또한, 비교하기 위해서 유전체를 피복하지 않은 전극을 사용하여 동일하게 박막을 형성한 경우에 대해서도 함께 도 8에 나타낸다.

<88> 각 그래프의 전극 구성 및 고주파 공급방법은 (a) 전극 피복없음, 동일 위상, (b) 전극 피복없음, 역위상, (c) 전극 테프론 피복, 동일 위상, (d) 전극 테프론 피복, 역위상이고, 가로축은 기판 상의 전극 길이방향의 위치, 세로축은 규격화된 막두께를 나타낸다.

<89> 도 8 에 나타내는 바와 같이 테프론으로 피복한 전극을 사용함으로써 고주파의 감쇠와 정재파의 상승 효과에서 기인하는 기판 위치 800㎜ 부근의 피크는 소실되어 막두께 균일성은 크게 개선됨을 알 수 있다. 또, 역위상의 고주파 전력을 하나 걸러 공급함으로써 막두께 균일성은 더욱 향상됨을 알 수 있다.

<90> 이와 같이 1㎜ 두께의 테프론을 균일하게 전극 전체면에 형성하고 역위상의 고주파를 공급하는 장치를 구성으로 함으로써, 종래에 비하여 막두께 분포를 대폭 개선할 수 있게 되지만, 나아가 유전체의 막두께를 전극 길이방향으로 변화시키거나 또는 유전체를 부분적으로 형성함으로써, 1200㎜ 또는 그 이상의 대형 기판이어도 한층 더 균일성이 높은 박막을 형성할 수 있게 된다.

<91> 이상과 같은 실시예에서 서술한 바와 같이 직경이 10㎜ 이하인 U자형 또는 ㄷ 자형 전극을 사용하거나 또는 유전체로 피복한 전극을 사용함으로써, 플라즈마 영역을 한층 더 확대하고 또 균일화시킬 수 있게 된다. 또한, 급전부 근방에서의 장치 내벽에 부착되는 막의 형성을 억제할 수 있게 되기 때문에, 메인터넌스 주기가 연장되어 생산성이 향상된다.

산업상 이용 가능성

<92> 본 발명의 플라즈마 CVD 법으로, 즉 폴디드 형상의 유도결합형 전극의 결합부에서 폴디드부까지의 적어도 일부를 10㎜ 이하로 하고 정재파가 일어나도록 고주파 전력을 공급하여 플라즈마를 발생시킴으로써, 전극 길이방향으로 방전영역을 확대할 수 있고, 대형 기판에 대한 박막을 형성할 수 있게 된다. 전극 직경을 가늘게 함으로써 보다 작은 전력으로 플라즈마를 발생시키고 또 동일한 전력을 투입한 경우, 전극 직경이 가는 것이 보다 빠른 막형성 속도를 실현할 수 있다. 또한, 급전부 근방에서의 플라즈마 밀도를 저감시킬 수 있기 때문에, 급전부 근방의 장치 내벽에 부착되는 막을 감소시켜 클리닝 빈도를 크게 저하시킬 수 있다.

<93> 또, 전극 직경을 변화시키거나 전극을 유전체로 피복함으로써, 전극 길이방향으로 플라즈마 밀도를 부분적으로 조정할 수 있어 한층 더 막두께 균일성이 우수한 박막을 형성할 수 있게 된다.

<94> 또한, 유전결합형 전극을 복수개 배치하고 하나 걸러 역위상이 되는 고주파 전력을 공급함으로써 막두께 균일성을 한층 더 향상시킬 수 있게 된다.

<95> 그럼으로써, 클리닝 빈도가 적어도 되고, 또한 대형 기판에 막두께 균일성이 높은 박막을 형성할 수 있는 플라즈마 CVD 장치를 실현할 수 있게 된다.

<96> 본 발명의 유도결합형 전극을 복수개 층에 배치하고 그 양측에 기판을 배치하는 구성으로 함으로써 고스루풋의 플라즈마 CVD 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<64> 도 1 은 본 발명의 플라즈마 CVD 장치의 제 1 실시형태를 나타내는 모식적 단면도이다.

<65> 도 2 는 유도결합형 전극의 전극 형상의 일례를 나타내는 모식도이다.

<66> 도 3 은 본 발명의 플라즈마 CVD 장치의 제 2 실시형태를 나타내는 모식적 단면도이다.

<67> 도 4 는 유전체의 피복 형상의 일례를 나타내는 모식도이다.

<68> 도 5 는 본 발명의 플라즈마 CVD 장치의 제 3 실시형태를 나타내는 모식적 단면도이다.

<69> 도 6 은 본 발명의 플라즈마 CVD 장치의 제 4 실시형태를 나타내는 모식적 측면단면도이다.

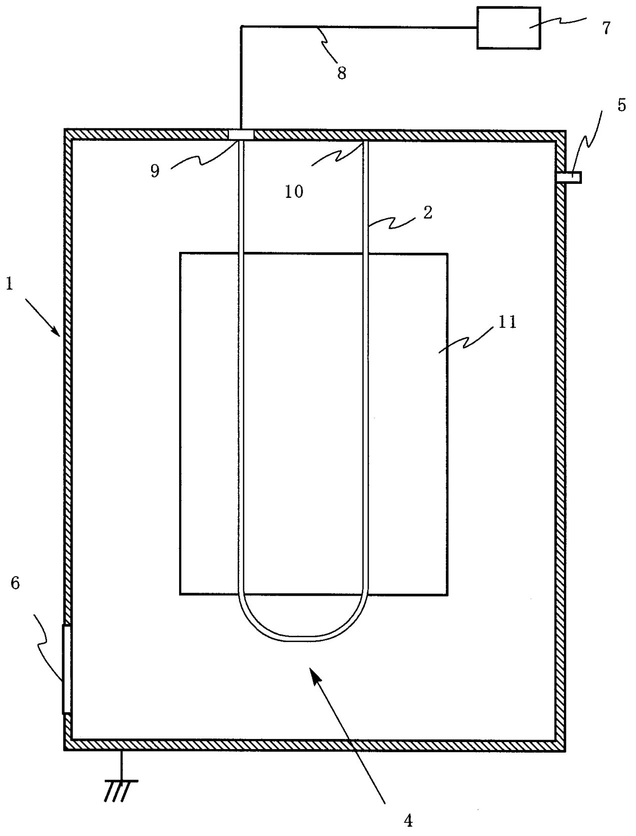
<70> 도 7 은 실시예 1의 막두께 분포를 나타내는 그래프이다.

<71> 도 8 은 실시예 2의 막두께 분포를 나타내는 그래프이다.

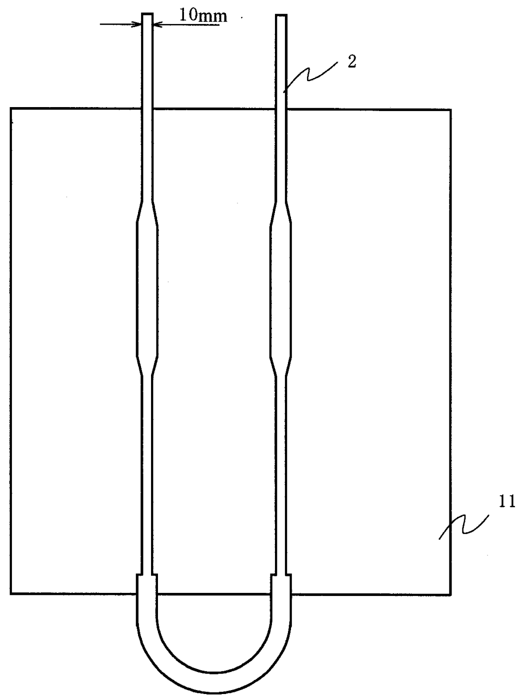
<72> 한편, 도면에서 부호 1 은 막형성실, 2 는 유도결합형 전극, 3 은 유전체, 4 는 폴디드부, 5 는 가스도입구, 6 은 배기구, 7 은 고주파 전원, 8 은 동축 케이블, 9 는 고주파 전력급전부, 10 은 접지부, 11 은 기판, 12 는 기판 홀더를 나타낸다.

도면

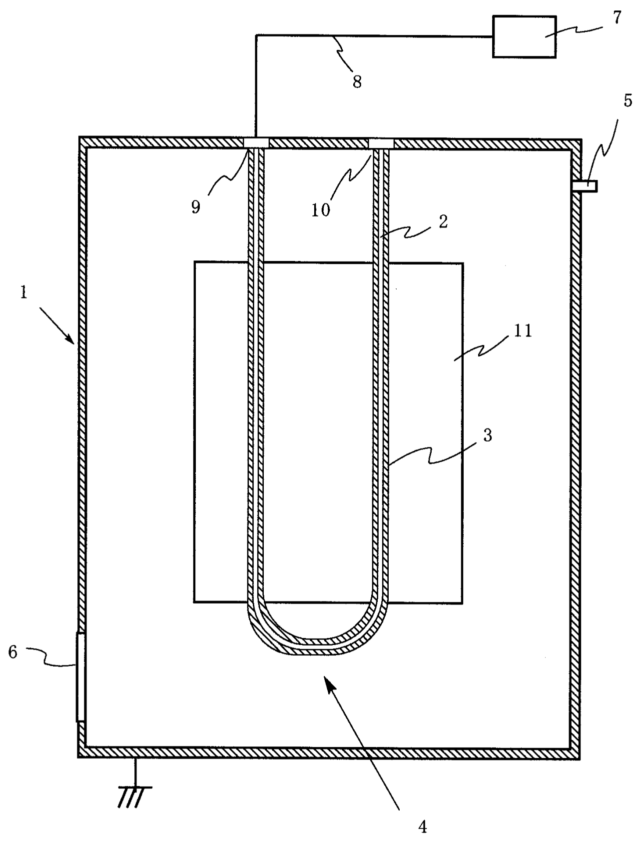
도면1



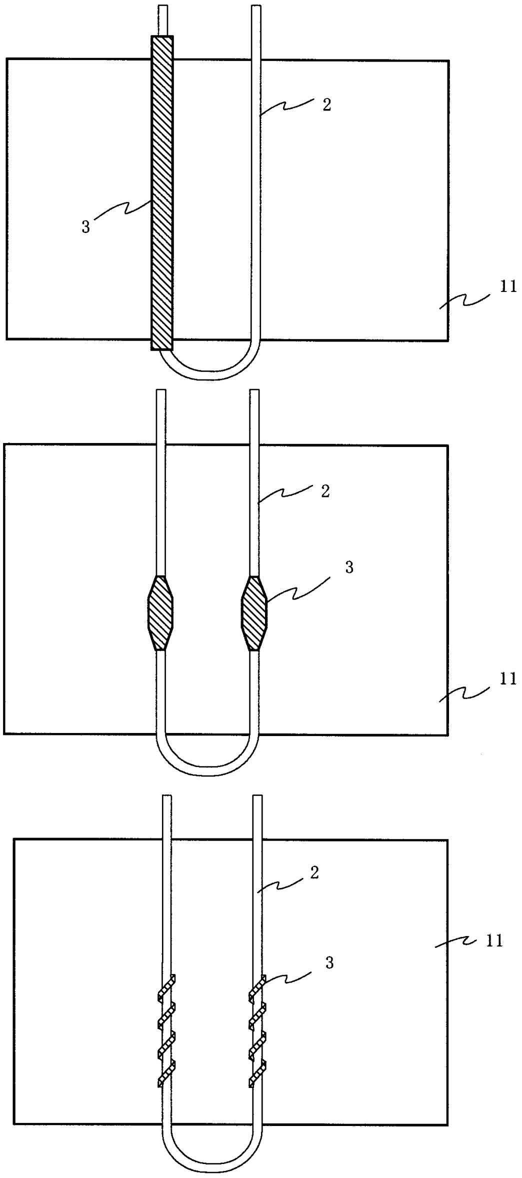
도면2



도면3

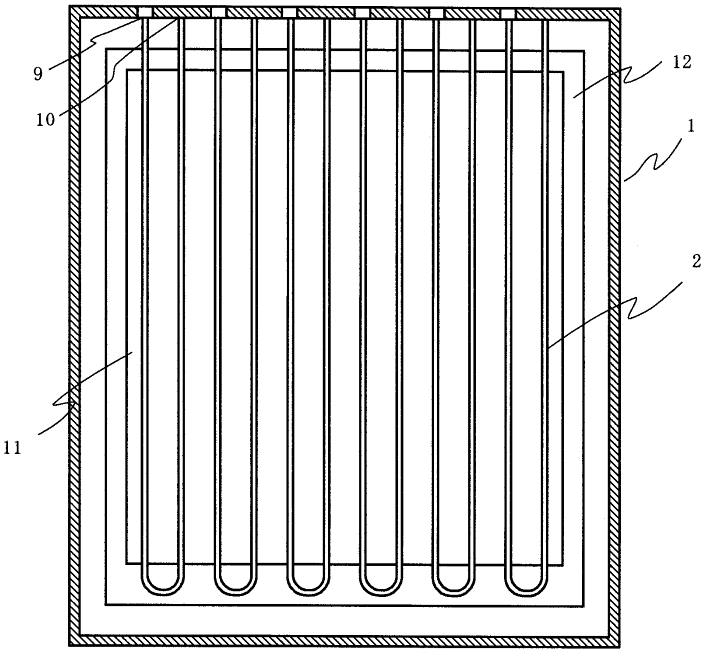


도면4

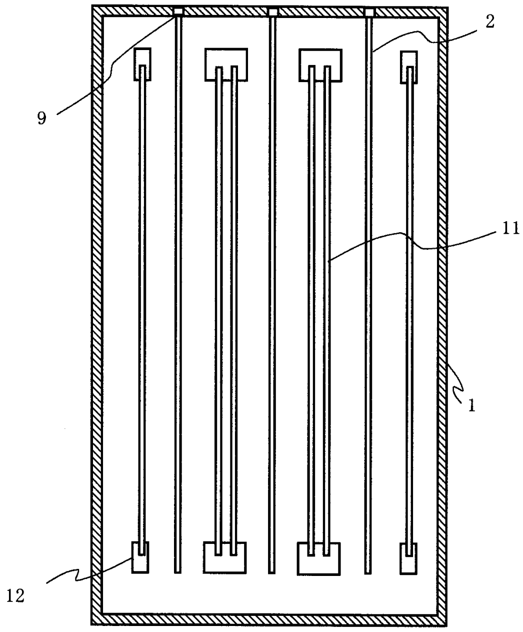


(a) (b) (c)

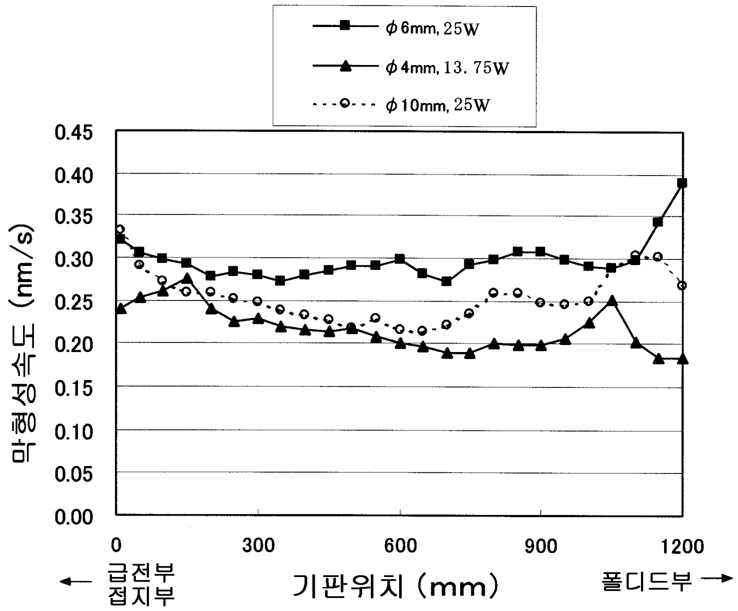
도면5



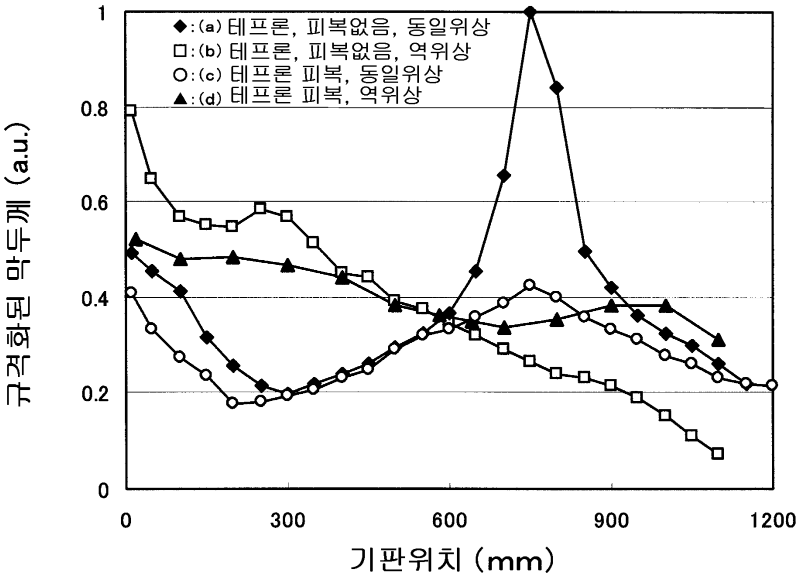
도면6



도면7


φ6mm, 25W
φ4mm, 13. 75W
φ10mm, 25W
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
막형성속도 (nm/s)
0
300
600
900
1200
급전부
접지부
기판위치 (mm)
폴디드부

도면8


◆:(a) 테프론, 피복없음, 동일위상
□:(b) 테프론, 피복없음, 역위상
O:(c) 테프론 피복, 동일위상
▲:(d) 테프론 피복, 역위상
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
규격화된 막두께 (a.u.)
0
300
600
900
1200
기판위치 (mm)