

명세서

발명의 명칭: 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버

기술분야

- [1] 본 발명은 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 챔버의 측면에 구비되면서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하도록 가스를 분사하는 사이드 가스 피드의 디자인을 조절함에 따라 챔버 내부에서 균일한 식각 속도(etch rate)를 유지할 수 있는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 반도체를 제조하는 공정에서는 균일성을 확보하는 것이 매우 중요하며, 반도체의 제조 공정 중 식각(etching) 공정에서 반도체의 균일성이 확보되거나 조절될 수 있다.
- [3] 반도체의 식각 공정은 플라즈마 챔버 내부에서 진행될 수 있다. 플라즈마 챔버는 내부의 반응 공간 내에 플라즈마를 형성시키고, 상기 플라즈마를 이용하여 반도체의 식각 공정을 수행하게 된다.
- [4] 플라즈마 챔버의 상부에는 플라즈마를 형성시키기 위한 플라즈마 소스가 구비되어 있으며, 플라즈마 소스의 대표적인 예로는 용량성 결합 플라즈마(CCP; Capacitively Coupled Plasma) 소스 및 유도성 결합 플라즈마(ICP; Inductively Coupled Plasma) 소스 등이 있다.
- [5] 식각 공정에 있어서, 플라즈마 챔버 내부의 가스 분포는 균일한 식각 속도(etch rate)를 유지하기 위한 중요한 요소일 수 있다. 일반적으로 균일한 식각 속도를 유지하기 위해, 용량성 결합 플라즈마 소스를 사용하는 챔버에서는 샤워 헤드 디자인(shower head design)을 사용하며, 유도성 결합 플라즈마를 사용하는 챔버에서는 보텀 가스 피드(BGF, bottom gas feed) 또는 센터 가스 피드(CGF, center gas feed) 또는 사이드 가스 피드(SGF, side gas feed)를 사용하고 있다.
- [6] 유도성 결합 플라즈마(ICP)는 용량성 결합 플라즈마(CCP) 보다 식각 속도(etch rate)를 증가시킬 수 있으나, 유도성 결합 플라즈마(ICP)의 경우 선택비(selectivity)가 낮고 공정 재현성(process repeatability)이 좋지 못하는 문제점이 있다.
- [7] 또한, 유도성 결합 플라즈마(ICP)에서 플라즈마 챔버 내부로 분사되는 가스가 무거운 분자로 이루어진 경우, 센터 가스 피드를 통해서는 균일한 식각 속도를 유지하기 어려운 문제점이 있다. 구체적으로, 센터 가스 피드를 사용하는 경우, 무거운 분자로 인해 z 방향(챔버의 하부 방향) 속도가 증가함에 따라 식각 속도를 향상시킬 수는 있으나 식각 속도 균일도가 나빠지게 되는 문제점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 더욱 상세하게는 챔버의 측면에 구비되면서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하도록 가스를 분사하는 사이드 가스 피드의 디자인을 조절함에 따라 챔버 내부에서 균일한 식각 속도(etch rate)를 유지할 수 있는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버에 관한 것이다.

과제 해결 수단

- [9] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는, 웨이퍼를 식각하기 위해 플라즈마가 형성되는 플라즈마 챔버로서, 상기 웨이퍼가 안착되는 안착부가 구비된 하우징; 상기 하우징의 측면에 구비되며, 상기 하우징의 내부로 가스를 분사하는 제1스월 모션 사이드 가스 피드; 상기 하우징의 측면에 구비되며, 상기 하우징의 내부로 가스를 분사하는 제2스월 모션 사이드 가스 피드;를 포함하며, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드는 상기 하우징의 벽면을 따라 가스를 분사하며, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드는, 상기 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에서 가스를 분사하고, 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드는 상기 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면에 대하여 각도를 형성하면서 가스를 분사하는 것을 특징으로 하는 것이다.
- [10] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, 상기 하우징 내에서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하면서 상기 웨이퍼로 분사될 수 있다.
- [11] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스의 속도(v_0)는, 상기 하우징에 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드가 구비되는 위치에서 상기 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면을 형성하고, 상기 평면과 상기 하우징의 중심선이 만나는 지점을 원점으로 하는 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 에 대하여 $v_0 = (0, v_0, v_z)(v_z \neq 0)$ 로 이루어질 수 있다.
- [12] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스의 속도(v_0)는, 상기 하우징에 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드가 구비되는 위치에서 상기 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면을 형성하고, 상기 평면과 상기 하우징의 중심선이 만나는 지점을 원점으로 하는 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 에 대하여 $v_0 = (0, v_0, 0)$ 로 이루어질 수 있다.
- [13] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, fluorocarbon 계열(C_xF_y)의 가스,

fluorohydrocarbon 계열($C_xH_yF_z$)의 가스, SF_6 , C_3F_8O , Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

- [14] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스보다 무거운 분자량을 가지는 가스를 포함할 수 있다.
- [15] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 하우징에서 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드가 설치되는 위치는, 상기 하우징에서 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드가 설치되는 위치 보다 상부에 설치될 수 있다.
- [16] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는 C_4F_8 , C_4F_6 , C_3F_8 , C_3F_6 , C_2F_6 , SF_6 , C_3F_8O 중 어느 하나 이상을 포함하고, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는 CF_4 , CHF_3 , Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [17] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 하우징의 상부에 구비되며, 상기 하우징의 내부로 가스를 분사하는 센터 가스 피드를 더 포함하며, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, 상기 센터 가스 피드에서 분사되는 가스 보다 무거운 분자량을 가지는 가스를 포함할 수 있다.
- [18] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 센터 가스 피드에서 분사되는 가스는 O_2 , N_2 , Ar 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [19] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 하우징의 내부로 가스를 분사하는 분사 모션 사이드 가스 피드를 더 포함하며, 상기 분사 모션 사이드 가스 피드는, 상기 안착부에 안착되는 상기 웨이퍼의 표면 방향 또는 상기 웨이퍼의 표면의 상부 방향으로 가스를 분사할 수 있다.
- [20] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 분사 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스보다 가벼운 분자량을 가지는 가스를 포함할 수 있다.
- [21] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 분사 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [22] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가

구비된 플라즈마 챔버의 상기 하우징에는 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드가 구비되며, 상기 하우징에 구비되는 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드는, 상기 안착부에서 식각 균일도 유지를 위해 동일한 높이에 3개 이상이 구비되며, 상기 하우징에 구비되는 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드는, 상기 안착부에서 동일한 높이에 3개 이상이 구비될 수 있다.

- [23] 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 하우징의 내부 공간에 형성되는 상기 플라즈마는 이온과 라디칼을 포함하며, 상기 웨이퍼는 상기 이온과 상기 라디칼의 시너지 효과(synergy effect)에 의해 식각될 수 있다.

발명의 효과

- [24] 본 발명은 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버에 관한 것으로, 챔버의 측면에 구비되면서 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하도록 가스를 분사하는 사이드 가스 피드의 디자인을 조절함에 따라 챔버 내부에서 균일한 식각 속도(etch rate)를 유지할 수 있는 장점이 있다.
- [25] 또한, 본 발명은 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에서 가스를 분사하는 제1스월 모션 사이드 가스 피드와, 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에 대하여 각도를 형성하면서 가스를 분사하는 제2스월 모션 사이드 가스 피드를 사용함에 따라 식각 속도를 향상시키면서 식각 속도 균일도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다.
- [26] 이와 함께, 본 발명은 제1스월 모션 사이드 가스 피드, 제2스월 모션 사이드 가스 피드, 분사 모션 사이드 가스 피드, 센터 가스 피드를 동시에 사용하면서, 무거운 분자의 가스를 사이드 가스 피드를 통해 분사함에 따라 식각 속도(etch rate)의 균일도를 향상시키면서, 식각 속도(etch rate)를 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [27] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 플라즈마 챔버를 나타내는 도면이다.
- [28] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따라 하우징에 제1스월 모션 사이드 가스 피드, 제2스월 모션 사이드 가스 피드, 센터 가스 피드가 구비된 것을 나타내는 도면이다.
- [29] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따라 하우징에 복수 개의 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 제2스월 모션 사이드 가스 피드가 설치된 것을 나타내는 도면이다.
- [30] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따라 제1스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스의 속도(벡터) 방향이 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 에 대하여 $v_0 = (0, v_0, 0)$ 로 이루어지는 것을 나타내는 도면이다.
- [31] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따라 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스의 속도(벡터) 방향이 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 에 대하여 $v_0 = (0, v_0, v_z)$ 로

이루어지는 것을 나타내는 도면이다.

- [32] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따라 하우징에 제1스월 모션 사이드 가스 피드, 제2스월 모션 사이드 가스 피드, 분사 모션 사이드 가스 피드, 센터 가스 피드가 구비된 것을 나타내는 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [33] 본 명세서는 본 발명의 권리범위를 명확히 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 실시할 수 있도록, 본 발명의 원리를 설명하고, 실시 예들을 개시한다. 개시된 실시 예들은 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [34] 본 발명의 다양한 실시 예에서 사용될 수 있는 "포함한다" 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 발명(disclosure)된 해당 기능, 동작 또는 구성요소 등의 존재를 가리키며, 추가적인 하나 이상의 기능, 동작 또는 구성요소 등을 제한하지 않는다. 또한, 본 발명의 다양한 실시예에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [35] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어, 결합되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결 또는 결합되어 있을 수도 있지만, 상기 어떤 구성요소와 상기 다른 구성요소 사이에 새로운 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 결합되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소와 상기 다른 구성요소 사이에 새로운 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해될 수 있어야 할 것이다.
- [36] 본 명세서에서 사용되는 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [37] 본 발명은 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버에 관한 것으로, 챔버의 측면에 구비되면서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하도록 가스를 분사하는 사이드 가스 피드의 디자인을 조절함에 따라 챔버 내부에서 균일한 식각 속도(etch rate)를 유지할 수 있는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버에 관한 것이다.
- [38] 웨이퍼를 식각하는 플라즈마 챔버에 있어서, 식각 공정에 영향을 주는 변수는 에칭제(etchant), 희석제(diluent), 산소(oxygen), 압력(pressure), 소스(source power), 바이어스 파워(bias power)가 있다. 대부분의 옥사이드(oxide) 식각의 경우 이온이 지배적인 반응이라 온도는 식각 공정에 큰 영향을 주지 않을 수 있다. 여기서,

식각 속도에 가장 큰 영향을 주는 변수는 바이어스 파워(bias power)일 것이며, 그 다음은 압력(pressure)일 것이다. 또한, 식각 가스도 식각 속도에 영향을 주는 요소이다.

- [39] 식각 공정에 있어서, 식각 가스가 웨이퍼가 안착되는 안착부가 형성하는 평면에 대하여 수직으로 입사할 경우(입사각이 0도), 스퍼터링이 강하여 식각 속도가 가장 크다. 반대로 식각 가스가 웨이퍼가 안착되는 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 측면 입사할 경우(입사각이 90도), 식각에 거의 기여를 할 수 없게 된다.
- [40] 챔버의 상부에 구비되면서 가스를 분사하는 센터 가스 피드(CGF, center gas feed)는 입사각이 0도에 가까우며, 챔버의 측면에 구비되는 웨이퍼의 표면 방향으로 가스를 분사하는 사이드 가스 피드(SGF, side gas feed)는 입사각이 30 내지 60도로 형성될 수 있다.
- [41] 여기서, 사이드 가스 피드가 챔버의 벽면과 평행한 방향으로 가스를 분사하여 가스가 스월 모션(Swirl motion)을 형성하면서 웨이퍼에 도달하면, 입사각이 커지면서 식각 속도는 감소하지만 식각 속도 균일도를 향상시킬 수 있다.
- [42] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하도록 가스를 분사하는 사이드 가스 피드의 디자인을 조절함에 따라 챔버 내부에서 균일한 식각 속도(etch rate)를 유지할 수 있는 것이다. 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세하게 설명하기로 한다.
- [43] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 하우징(110), 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120), 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 포함한다.
- [44] 도 1을 참조하면, 상기 하우징(110)은 플라즈마를 통해 웨이퍼(10)를 식각하기 위해, 내부에 반응 공간이 구비되는 것이다. 상기 하우징(110)은 본 발명의 실시 예에 따른 플라즈마 챔버의 챔버 외벽일 수 있으며, 내부에 공간이 구비된 것이다.
- [45] 상기 하우징(110)에는 상기 웨이퍼(10)가 안착되는 안착부(111)가 구비될 수 있으며, 상기 안착부(111)에 상기 웨이퍼(10)가 로딩될 수 있다. 상기 하우징(110) 내부로 상기 웨이퍼(10)가 로딩되면, 상기 하우징(110) 내부에 형성된 플라즈마에 의해 상기 웨이퍼(10)가 식각될 수 있다.
- [46] 상기 안착부(111)는 상기 하우징(110) 내부에 구비되면서 상기 웨이퍼(10)가 안착되는 플레이트일 수 있으며, 상기 안착부(111)는 상기 웨이퍼(10)를 안착시키면서 상기 웨이퍼(10)를 지지하는 웨이퍼 척(chuck)일 수 있다.
- [47] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 하우징(110)의 상부에는 플라즈마를 형성시키는 플라즈마 소스(113)가 구비될 수 있다. 도 1을 참조하면, 상기 플라즈마 소스(113)는 코일(114)과 알에프 파워 제네레이터(RF power generator)(115)를 포함할 수 있으며, 상기 코일(114)과 상기 알에프 파워

제네레이터(RF power generator)(115)를 통해 상기 하우징(110) 내부에 플라즈마를 형성할 수 있게 된다. 물론, RF 파워 전달을 최대로 하기 위해, match 박스가 알에프 파워 제네레이터(RF power generator)(115)와 플라즈마 코일 사이에 설치될 수 있다.

- [48] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는, 상기 안착부(111)에 바이어스(Bias)를 인가할 수 있는 바이어스 알에프 소스(Bias RF Source)(116)를 더 포함할 수 있다. 도 1을 참조하면, 상기 바이어스 알에프 소스(116)는 상기 안착부(111)에 바이어스(Bias)를 인가하여, 식각 공정 중에 플라즈마에 바이어스를 인가할 수 있는 것이다. 물론, 바이어스 알에프 소스(Bias RF Source)(116)에도 효율적인 파워 전달을 위해 바이어스 match 박스가 설치될 수 있다.
- [49] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 종래의 유도성 결합 플라즈마(ICP; Inductively Coupled Plasma) 소스를 사용하는 방법의 문제점을 해결하면서 이를 개선한 것일 수 있다.
- [50] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 공명 현상(resonance)과 시너지 효과(synergy effect)를 이용하는 SRICP(Synergistic resonance ICP)일 수 있다.
- [51] 구체적으로, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버의 상기 하우징(110) 내부 공간에 형성되는 상기 플라즈마는 이온과 라디칼을 포함하며, 상기 웨이퍼(10)는 상기 이온과 상기 라디칼의 시너지 효과(synergy effect)에 의해 식각될 수 있다.
- [52] 플라즈마는 크게 전자, 이온, 라디칼(radical)로 구성된다. 플라즈마를 통해 웨이퍼를 식각하는 종래의 방법을 살펴보면, 플라즈마 식각 과정에서 지배종이 이온 또는 라디칼 중 어느 하나로 형성된다. 구체적으로, 플라즈마를 통해 웨이퍼를 식각하는 종래의 방법에서 Metal etch는 주로 라디칼을 이용하게 되며, Oxide etch는 주로 이온을 이용하고 있다.
- [53] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 플라즈마 식각 과정에서 지배종이 이온 또는 라디칼 중 어느 하나로 형성되는 것이 아닌, 이온과 라디칼을 동시에 이용할 수 있는 것이다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 이온과 라디칼을 하나만 사용하는 경우에도 적용될 수 있으며, 이 경우에도 식각 속도 균일도를 향상시킬 수 있다.
- [54] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 식각 과정에서 이온 지배적인 반응이나 라디칼 지배적인 반응을 하기 보다, 이온과 라디칼이 함께 작용하여 시너지 효과(synergy effect)가 나타내는 공정 영역을 사용하는 것이다.
- [55] 조금 더 구체적으로, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 이온과 라디칼을 동시에 사용하면서 이온과 라디칼

사이의 공명 현상(resonance)과 시너지 효과(synergy effect)를 통해 높은 식각 속도(etch rate)를 유지하면서도 선택비(selectivity)를 향상시킬 수 있는 것이다.

- [56] 도 2를 참조하면, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)는 상기 하우징(110)의 측면에 구비되며, 상기 하우징(110)의 내부로 가스를 분사하는 것이다. 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 하우징(110)의 측면에 구비되며, 상기 하우징(110)의 내부로 가스를 분사하는 것이다.
- [57] 도 2 및 도 3을 참조하면, 상기 하우징(110)에는 복수 개의 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)가 구비될 수 있으며, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)는 가스가 분사되는 제1노즐홀(122)이 구비되는 제1노즐(121)을 포함하며, 상기 하우징(110)에는 복수 개의 상기 제1노즐(121)이 구비될 수 있다.
- [58] 도 2 및 도 3을 참조하면, 상기 하우징(110)에는 복수 개의 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)가 구비될 수 있으며, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 가스가 분사되는 제2노즐홀(132)이 구비되는 제2노즐(131)을 포함하며, 상기 하우징(110)에는 복수 개의 상기 제2노즐(131)이 구비될 수 있다.
- [59] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사할 수 있는 것이다.
- [60] 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)가 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사하면, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는, 상기 하우징(110) 내에서 하향 스웰 모션(downward swirl motion)을 형성하면서 상기 웨이퍼(10)로 분사될 수 있다.
- [61] 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스가 하향 스웰 모션(downward swirl motion)을 형성하면서 상기 웨이퍼(10)에 접촉되면, 가스가 상기 웨이퍼(10)에 접촉되어도 원심력(centrifugal force)에 의해 추가적으로 이동하게 되면서 확산(diffusion) 효과가 발생하게 된다. 이와 같은 확산(diffusion) 효과에 의해 가스가 근처의 입자들과 서로 반응하게 됨에 따라 식각 속도 균일도가 향상될 수 있게 된다.
- [62] 도 4를 참조하면, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)가 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사할 때, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)는 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에서 가스를 분사하는 것일 수 있다.
- [63] 구체적으로, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)의 상기 제1노즐(121)이 상기 하우징(110)의 측면을 따라서 연장되면서, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스가 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 분사된다.
- [64] 도 4를 참조하면, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스의 속도(v_0)(속도 벡터)는, 상기 하우징(110)에 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)가 구비되는 위치를 기준으로, 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 에 대하여 v_0

$= (0, v_0, 0)$ 로 이루어질 수 있다.

- [65] 조금 더 구체적으로, 상기 하우징(110)에 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)가 구비되는 위치에서 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면을 형성하고, 상기 평면과 상기 하우징(110)의 중심선(112)이 만나는 지점을 원점으로 하면서 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 를 정의하면, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스의 속도(v_0)(속도 벡터)는 $v_0 = (0, v_0, 0)$ 로 이루어질 수 있다.
- [66] 즉, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스의 속도 벡터는, r 방향 성분이 없으면서(0 이면서), θ 방향으로 분사될 수 있다. 이와 같은 방법으로 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 가스를 분사하면, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)는 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사할 수 있게 된다.
- [67] 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)를 통해 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사하면, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사된 가스는 상기 하우징(110) 내에서 하향 스웰 모션(downward swirl motion)을 형성하면서 상기 웨이퍼(10)로 분사될 수 있게 된다.
- [68] 도 5를 참조하면, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)가 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사할 때, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면에 대하여 각도를 형성하면서 가스를 분사하는 것일 수 있다.
- [69] 구체적으로, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)의 상기 제2노즐(131)이 상기 하우징(110)의 측면을 따라서 연장되면서, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스가 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 분사된다.
- [70] 도 5를 참조하면, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스의 속도(v_0)(속도 벡터)는, 상기 하우징(110)에 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)가 구비되는 위치를 기준으로, 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 에 대하여 $v_0 = (0, v_0, v_z)$ 로 이루어질 수 있다. (여기서 $v_z > 0$ 또는 $v_z < 0$ 이며, $v_z \neq 0$ 일 수 있다.)
- [71] 조금 더 구체적으로, 상기 하우징(110)에 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)가 구비되는 위치에서 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면을 형성하고, 상기 평면과 상기 하우징(110)의 중심선(112)이 만나는 지점을 원점으로 하면서 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 를 정의하면, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스의 속도(v_0)(속도 벡터)는 $v_0 = (0, v_0, v_z)$ 로 이루어질 수 있다.
- [72] 즉, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스의 속도 벡터는, r 방향 성분이 없으면서(0 이면서), θ 방향으로 분사될 수 있다. 이와 같은 방법으로 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 가스를 분사하면, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사할 수 있게 된다.

- [73] 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스의 속도 벡터 $v_o = (0, v_o, v_z)$ 에서 v_z 는 0보다 크거나 작을 수 있다. ($v_z \neq 0$) 즉, 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 하우징(110)에 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)가 구비되는 위치에서 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면에 대하여 상향 또는 하향으로 가스를 분사할 수 있다. ($v_z > 0$ 또는 $v_z < 0$)
- [74] 이와 같은 방법으로 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 가스를 분사하면, 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사된 가스는 상기 하우징(110) 내에서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하면서 상기 웨이퍼(10)로 분사될 수 있게 된다.
- [75] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)가 상기 하우징(110)에 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)가 구비되는 위치에서 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면으로 가스를 분사함에 따라 식각 속도(etch rate)의 균일도를 향상시킬 있게 된다.
- [76] 그러나 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)를 통해 상기 하우징(110)에 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)가 구비되는 위치에서 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면으로 가스를 분사하면, 식각 속도(etch rate)의 균일성을 향상시킬 수는 있으나, 식각 속도(etch rate)를 효과적으로 향상시키기 어려울 수도 있다.
- [77] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 식각 속도의 균일도를 향상시키면서 식각 속도도 향상시키기 위해, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 동시에 사용할 수 있다.
- [78] 본 발명의 실시 예에 따라 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 통해 상기 하우징(110)에 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)가 구비되는 위치에서 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면에 대하여 하향으로 가스를 분사하면, 하부 방향으로 각도(Downward angle)가 형성되면서 식각 속도(etch rate)를 보다 효과적으로 향상시킬 수 있게 된다.
- [79] 도 3을 참조하면, 상기 하우징(110)에는 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)가 구비될 수 있다.
- [80] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 하우징(110)에 구비되는 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)는, 상기 안착부(111)에서 동일한 높이에 3개 이상이 구비되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 하우징(110)에 구비되는 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는, 상기 안착부(111)에서 동일한 높이에 3개 이상이 구비되는 것이 바람직하다.
- [81] 도 2 및 도 3을 참조하면, 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)는

- 상기 안착부(111)에서 동일한 높이(h_1)로 이격되면서, 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에 구비될 수 있다.
- [82] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)가 3개 이상 구비되는 것이 바람직하다.
- [83] 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)는 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사할 수 있는 것으로, 하나의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사된 가스는 다른 하나의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)로부터 힘을 받아서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하게 된다.
- [84] 이때, 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에 구비되는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)의 개수가 3개보다 작으면, 하나의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 다른 하나의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120) 사이의 거리가 멀어지게 됨에 따라 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하기 어렵게 된다.
- [85] 따라서 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에 구비되는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)의 개수는 3개 이상인 것이 바람직하다. 도 3을 참조하면, 상기 하우징(110)에 구비되는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)는 n 개 이상($n \geq 3$)이 구비될 수 있다.
- [86] 다만 이에 한정되는 것은 아니며, 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)는 상기 하우징(110)에서 서로 다른 높이에 구비될 수도 있다. 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)는 상기 안착부(111)에서 지정된 높이만큼 떨어진 지점에서 3개 이상이 구비될 수 있으며, 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)는 상기 안착부(111)에서 또 다른 지정된 높이만큼 떨어진 지점에서 3개 이상이 구비될 수도 있다.
- [87] 즉, 상기 하우징(110)에 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)가 구비될 때, 3개 이상의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)가 하나의 층을 이루면서, 여러개의 층을 형성할 수도 있다.
- [88] 도 2 및 도 3을 참조하면, 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 안착부(111)에서 동일한 높이(h_2)로 이격되면서, 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에 구비될 수 있다.
- [89] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에는 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)가 3개 이상 구비되는 것이 바람직하다.
- [90] 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 하우징(110)의 벽면을 따라 가스를 분사할 수 있는 것으로, 하나의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사된 가스는 다른 하나의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)로부터 힘을 받아서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하게

된다.

- [91] 이때, 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에 구비되는 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)의 개수가 3개보다 작으면, 하나의 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)와 다른 하나의 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130) 사이의 거리가 멀어지게 됨에 따라 하향 스웰 모션(downward swirl motion)을 형성하기 어렵게 된다.
- [92] 따라서 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에 구비되는 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)의 개수는 3개 이상인 것이 바람직하다. 도 3을 참조하면, 상기 하우징(110)에 구비되는 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 n 개 이상($n \geq 3$)이 구비될 수 있다.
- [93] 다만 이에 한정되는 것은 아니며, 복수 개의 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 하우징(110)에서 서로 다른 높이에 구비될 수도 있다. 복수 개의 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 안착부(111)에서 지정된 높이만큼 떨어진 지점에서 3개 이상이 구비될 수 있으며, 복수 개의 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 안착부(111)에서 또 다른 지정된 높이만큼 떨어진 지점에서 3개 이상이 구비될 수도 있다.
- [94] 즉, 상기 하우징(110)에 복수 개의 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)가 구비될 때, 3개 이상의 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)가 하나의 층을 이루면서, 여러개의 층을 형성할 수도 있다.
- [95] 본 발명의 실시 예에 따른 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는, fluorocarbon 계열(C_xF_y)의 가스, fluorohydrocarbon 계열($C_xH_yF_z$)의 가스, SF_6 , C_3F_8O , Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다. (x, y, z 는 자연수)
- [96] 도 2 및 도 3을 참조하면, 상기 하우징(110)에서 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)가 설치되는 위치는, 상기 하우징(110)에서 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)가 설치되는 위치 보다 상부에 설치될 수 있다. 구체적으로, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120) 보다 높은 위치에서 상기 하우징(110)에 구비될 수 있다.
- [97] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스보다 무거운 분자량을 가지는 가스를 포함할 수 있다.
- [98] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 C_4F_8 , C_4F_6 , C_3F_8 , C_3F_6 , C_2F_6 , SF_6 , C_3F_8O 중 어느 하나 이상을 포함하고, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스는 CF_4 , CHF_3 , Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [99] 웨이퍼의 식각 공정에서는 SiO_2 의 식각과 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크의 식각이 진행될 수 있다. 여기서, SiO_2 의 식각과 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크의 식각에 관한

기술은 이미 널리 공지된 기술인바 상세한 설명은 생략한다.

- [100] 이때, 선택비(selectivity)를 향상시키기 위해서는 SiO_2 의 식각 속도를 향상시키고, 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크의 식각 속도를 낮추는 것이 바람직하다. 식각 속도를 높이기 위해서는 상기 웨이퍼(10)로 분사되는 가스가 상기 웨이퍼(10)와 형성하는 입사각이 작은 것이 바람직하며, 식각 속도를 낮추기 위해서는 상기 웨이퍼(10)로 분사되는 가스가 상기 웨이퍼(10)와 형성하는 입사각이 큰 것이 바람직하다.
- [101] 여기서, 상기 웨이퍼(10)로 분사되는 가스가 상기 웨이퍼(10)와 형성하는 입사각이 0도이면, 상기 가스가 수직으로 분사되면서 상기 웨이퍼(10)와 접촉되는 것이다. 상기 웨이퍼(10)로 분사되는 가스가 상기 웨이퍼(10)와 형성하는 입사각이 90도이면, 상기 가스가 상기 웨이퍼(10)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 상기 웨이퍼(10)에 접촉될 수 있다.
- [102] 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)는 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에서 가스를 분사하기 때문에(z 방향 성분이 0), 입사각이 커지면서 가스가 상기 웨이퍼(10)에 접촉될 수 있다. 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 안착부(111)가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면과 각도를 형성하면서($v_z < 0$) 상기 가스를 하향 각도로 분사하기 때문에, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스 보다 입사각이 작아지면서 상기 웨이퍼(10)에 접촉될 수 있다.
- [103] SiO_2 의 식각 속도를 향상시키기 위해서는 무거운 분자량을 가지는 가스를 통해 입사각이 작아지도록 가스를 분사하는 것이 바람직하며, 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크의 식각 속도를 낮추기 위해서는 상대적으로 가벼운 분자량을 가지는 가스를 통해 입사각이 커지도록 가스를 분사하는 것이 바람직하다.
- [104] 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)보다 입사각이 커지도록 가스를 분사하는 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)를 통해서는 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크를 식각하는 가스를 분사하는 것이 바람직하며, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 SiO_2 를 식각하는 가스를 분사하는 것이 바람직하다.
- [105] 따라서 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 SiO_2 를 식각하는 가스인 C_4F_8 , C_4F_6 , C_3F_8 , C_3F_6 , C_2F_6 , SF_6 , $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ 중 어느 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하며, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스는 포토레지스트(PR)를 식각하는 CF_4 , CHF_3 , Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다.
- [106] 또한, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 SiO_2 를 식각 속도를 향상시키는 가스이면서 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스는 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크의 식각 속도를 낮추는 가스이기 때문에, 상기 제2스웰 모션

사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스보다 무거운 분자량을 가지는 가스를 포함하는 것이 바람직하다.

- [107] 이와 함께, 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 SiO_2 식각 속도를 향상시키는 가스이면서 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스는 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크의 식각 속도를 낮추는 가스이기 때문에, 상기 하우징(110)에서 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)가 설치되는 위치는, 상기 하우징(110)에서 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)가 설치되는 위치보다 상부에 설치되는 것이 바람직하다.
- [108] 하향 각도로 가스를 분사하는 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)가 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)보다 높은 위치에 설치되어야 SiO_2 를 식각 속도를 효과적으로 향상시키면서 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크의 식각 속도를 낮출 수 있게 된다.
- [109] 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 필요에 따라 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 같은 높이에 설치되거나, 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)보다 낮은 높이에 설치될 수도 있다.
- [110] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 하우징(110)의 상부에 구비되며, 상기 하우징(110)의 내부로 가스를 분사하는 센터 가스 피드(140)를 더 포함할 수 있다.
- [111] 플라즈마 챔버 내부로 분사되는 가스가 무거운 분자로 이루어진 경우, 센터 가스 피드만을 사용하면 무거운 분자로 인해 z 방향(하우징의 하부 방향) 속도가 증가함에 따라 식각 속도 균일도가 나빠지게 되는 문제점이 있다.
- [112] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 센터 가스 피드(140)와 함께 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120) 및 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 사용하면서, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120) 및 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)의 디자인을 조절하여 식각 속도 균일도가 나빠지는 것을 방지할 수 있게 된다.
- [113] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는, 상기 센터 가스 피드(140)에서 분사되는 가스보다 무거운 분자량을 가지는 가스를 포함할 수 있다.
- [114] 상기 센터 가스 피드(140)에서 무거운 분자(heavy molecule)의 가스를 분사하면 식각 속도(etch rate)의 균일도를 향상시킬 수 없기 때문에, 무거운 분자(heavy molecule)의 가스는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 통해 분사되는 것이 바람직하다.

- [115] 구체적으로, CF_4 , C_4F_6 , C_4F_8 , C_3F_8 , SF_6 , C_3F_6 , $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ 등의 무거운 분자(heavy molecule)의 가스를 사용하는 경우, CF_4 , C_4F_6 , C_4F_8 , C_3F_8 , SF_6 , C_3F_6 , $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ 등의 무거운 분자(heavy molecule)의 가스는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되면서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성할 수 있으며, 이를 통해 식각 속도(etch rate)의 균일도를 향상시킬 수 있게 된다. 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 센터 가스 피드(140)에서 분사되는 가스는 O_2 , N_2 , Ar 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [116] 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 상기 센터 가스 피드(140)에서 분사되는 가스 보다 무겁지 않을 수도 있다.
- [117] 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 상기 센터 가스 피드(140)에서도 분사될 수도 있다. 즉, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120) 및 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스 중 일부는 상기 센터 가스 피드(140)에서 유량이 조절되면서 분사될 수도 있다.
- [118] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 하우징(110) 내부로 가스를 분사하는 분사 모션 사이드 가스 피드(150)를 더 포함할 수 있다.
- [119] 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)는, 상기 안착부(111)에 안착되는 상기 웨이퍼(10)의 표면 방향 또는 상기 웨이퍼(10)의 표면의 상부 방향으로 가스를 분사하는 것일 수 있다. 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)는 스월 모션을 형성하도록 가스를 분사하는 것이 아닌, 상기 웨이퍼(10)를 향하도록 가스를 분사하는 것일 수 있다.
- [120] 도 6을 참조하면, 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)는 가스가 분사되는 노즐홀(152)이 구비되는 노즐(151)을 포함하며, 상기 하우징(110)에는 복수 개의 상기 노즐(151)이 구비될 수 있다.
- [121] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서 분사되는 가스는, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)에서 분사되는 가스와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스보다 가벼운 분자량을 가지는 가스를 포함할 수 있다.
- [122] 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서 무거운 분자(heavy molecule)의 가스를 분사하면 식각 속도(etch rate)의 균일도를 향상시킬 수 없기 때문에, 무거운 분자(heavy molecule)의 가스는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 통해 분사되는 것이 바람직하다.
- [123] 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서 분사되는 가스는, Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.

- [124] 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스가 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서 분사되는 가스 보다 무겁지 않을 수도 있다.
- [125] 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서도 분사될 수도 있다.
- [126] 즉, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120) 및 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스 중 일부는 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서 유량이 조절되면서 분사될 수도 있다.
- [127] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120), 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130), 상기 센터 가스 피드(140), 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에는 유량 조절기(FRC, Flow ratio controller)가 구비될 수 있다.
- [128] 상기 유량 조절기를 통해 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120), 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130), 상기 센터 가스 피드(140), 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서 분사되는 가스의 유량 및 종류를 조절할 수 있다.
- [129] 본 발명의 실시 예에 따르면, 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 하우징(110)에서 서로 다른 높이에 구비될 수도 있다.
- [130] 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 안착부(111)에서 지정된 높이만큼 떨어진 지점에서 3개 이상이 구비될 수 있으며, 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 상기 안착부(111)에서 또 다른 지정된 높이만큼 떨어진 지점에서 3개 이상이 구비될 수도 있다.
- [131] 즉, 상기 하우징(110)에 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)가 구비될 때, 3개 이상의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)가 하나의 층을 이루고, 3개 이상의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)가 하나의 층을 이루면서, 여러개의 층을 형성할 수도 있다. (이때, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 서로 다른 위치에 구비될 수 있다.)
- [132] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)에 구비된 제1노즐(121)과 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에 구비된 제2노즐(131)의 길이는 필요에 따라 변경될 수 있다. 또한, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)에 구비된 제1노즐홀(122)과 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에 구비된 제2노즐홀(132)의 크기, 개수, 방향은 필요에 따라 변경될 수 있다.
- [133] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 하우징(110)의 상기 반응 공간에 형성되는

상기 플라즈마는 이온과 라디칼을 포함하며, 상기 웨이퍼(10)는 상기 이온과 상기 라디칼의 시너지 효과에 의해 식각될 수 있다.

- [134] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 하우징(110)의 상기 반응 공간에 형성되는 상기 플라즈마는 전자를 포함하며, 상기 전자의 전자 에너지 이완 길이(EERL, Electron energy relaxation length)는 상기 하우징의 직경보다 작을 수 있다.
- [135] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 Local Electron Kinetics의 공정 영역에서 진행될 수 있다. 종래의 식각 공정은 전자 에너지 이완 길이(EERL, Electron energy relaxation length)가 공정 챔버의 직경보다 항상 큰 Nonlocal electron kinetics의 공정 영역에서 진행되었다.
- [136] 그러나 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 전자 에너지 이완 길이(EERL, Electron energy relaxation length)가 공정 챔버의 직경(상기 하우징(110)의 직경) 보다 작은 Local Electron Kinetics의 공정 영역에서 진행될 수 있다.
- [137] 이를 통해 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 하우징(110)의 가장자리에서의 플라즈마 밀도를 상기 하우징(110)의 중앙 보다 높게 할 수 있으며, 식각 속도도 상기 하우징(110)의 가장자리가 상기 하우징(110)의 중앙보다 높을 수 있다.
- [138] 종래의 식각 공정에서는 웨이퍼의 가장 자리에서 식각이 약하게 수행되는 문제(low edge yield 문제)가 발생할 수 있는데, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 하우징(110)의 가장자리에서의 식각 속도가 상기 하우징(110)의 중앙 보다 높게 형성함에 따라 상기의 문제가 발생하는 것을 방지할 수 있게 된다.
- [139] 또한, 종래의 식각 공정에서는 웨이퍼의 가장 자리에서 식각이 약하게 수행되는 문제(low edge yield 문제)를 해결하기 위해 독립적인 알에프 파워(RF power)를 인가하거나, 히터(heater), 에지 링의 부식 방지를 위한 리프트 장치 등을 사용하였다.
- [140] 그러나 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 하우징(110)의 가장자리에서의 식각 속도를 상기 하우징(110)의 중앙 보다 높게 형성함에 따라 별도의 장치를 사용하지 않을 수 있으며, 이를 통해 제작 비용이 절감시키면서 수율 향상을 기대할 수 있는 장점이 있다.
- [141] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 Local Electron Kinetics의 공정 영역에서 진행되면서, 상기 하우징(110) 내부의 플라즈마 밀도가 상기 하우징(110) 내측에서 상기 하우징(110)의 외측으로 갈수록 높아질 수 있다.
- [142] 이를 통해 상기 하우징(110) 내측에서 식각 속도(etch rate)가 낮으면서, 상기 하우징(110)의 외측으로 갈수록 식각 속도(etch rate)가 높아지는 concave etch rate profile을 얻을 수 있게 된다. Concave etch rate profile을 통해 상기 하우징(110)의

가장 자리에서 식각 속도가 저하되는 low edge yeild 문제를 해결할 수 있게 된다.

- [143] 그러나 CF_4 , C_4F_6 , C_4F_8 , C_3F_8 , SF_6 , C_3F_6 , $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ 등의 무거운 분자(heavy molecule)의 가스가 상기 센터 가스 피드(140)를 통해서만 분사되면, concave etch rate profile을 얻을 수 없게 된다. 즉, 무거운 분자(heavy molecule)의 가스가 존재하는 경우에 상기 센터 가스 피드(140)에서 무거운 분자(heavy molecule)의 가스가 분사되면, Local Electron Kinetics의 공정 영역이 유효하지 않을 수 있다.
- [144] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 무거운 분자(heavy molecule)의 가스를 분사할 수 있다.
- [145] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는, 상기 센터 가스 피드(140)에서 분사되는 가스 보다 무거운 분자량을 가질 수 있다. 상기 센터 가스 피드(140)에서 무거운 분자(heavy molecule)의 가스를 분사하면 식각 속도(etch rate)의 균일도를 향상시킬 수 없기 때문에, 무거운 분자(heavy molecule)의 가스는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 통해 분사하는 것이 바람직하다.
- [146] 구체적으로, CF_4 , C_4F_6 , C_4F_8 , C_3F_8 , SF_6 , C_3F_6 , $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ 등의 무거운 분자(heavy molecule)의 가스를 사용하는 경우, CF_4 , C_4F_6 , C_4F_8 , C_3F_8 , SF_6 , C_3F_6 , $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ 등의 무거운 분자(heavy molecule)의 가스는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되면서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성할 수 있으며, 이를 통해 식각 속도(etch rate)의 균일도를 향상시킬 수 있게 된다.
- [147] 여기서, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는, 상기 센터 가스 피드(140)에서 분사되는 가스 보다 무거운 분자량을 가질 수 있으나, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스 중 일부는 상기 센터 가스 피드(140)에서 분사되는 가스 보다 무겁지 않거나, 상기 센터 가스 피드(140)에서 분사되는 가스와 동일한 가스일 수 있다.
- [148] 즉, 무거운 분자(heavy molecule)의 가스는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 통해서 분사되며, 무거운 분자의 가스가 아닌 일반 가스는, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)와 상기 센터 가스 피드(140) 모두에서 분사될 수 있다.
- [149] 본 발명의 실시 예에 따르면, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 상기 하우징(110) 내에서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하면서 상기 웨이퍼(10)로 분사될 수 있다.

- [150] 이때, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 시계 방향 또는 반 시계 방향으로 돌면서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성할 수 있다.
- [151] 또한, 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 서로 다른 방향으로 분사되면서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성할 수도 있다.
- [152] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는, 유도성 결합 플라즈마(ICP; Inductively Coupled Plasma)에서 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)를 사용하는 것으로, 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스는 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성할 수 있다.
- [153] 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)에서 분사되는 가스가 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하는 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는, 메탈 에칭(metal etch), 옥사이드 에칭(oxide etch), 폴리 에칭(poly etch)에 적용되면서 식각 속도(etch rate)를 향상시킬 수 있다.
- [154] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 반도체, 디스플레이의 플라즈마 공정에 사용될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 반도체, 디스플레이 이외에 플라즈마 공정을 사용하는 다양한 공정에 사용될 수 있음은 물론이다.
- [155] 또한, 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하도록 가스를 분사하는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120)와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130)는 플라즈마 공정인 플라즈마 증착, PR stripping, 플라즈마 도핑(doping) 등에도 적용될 수도 있다.
- [156] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120), 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130), 상기 센터 가스 피드(140), 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서 분사되는 가스의 종류, 가스의 유량을 적절히 조절하여 식각 속도를 증가시키면서 동시에 식각 속도의 균일도를 향상시킬 수 있는 것이다.
- [157] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120), 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130), 상기 센터 가스 피드(140), 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)에서 분사되는 가스의 종류, 가스의 유량을 적절히 조절하여 center-low etch rate, vertical etch profile를 만족시킬 수 있으며, 포토레지스트(PR), ACL(amorphous carbon layer) 등과 같은 마스크의 높은 선택비(selectivity)를 만족시킬 수 있는 것이다.

- [158] 종래의 플라즈마 챔버는 trial and error method의 방법을 통해 적절한 가스의 종류 및 가스의 유량을 조절하였지만, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120), 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130), 상기 센터 가스 피드(140), 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)의 디자인을 조절하여 식각 공정 성능을 향상시킬 수 있는 것이다.
- [159] 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 가스의 특성에 따라 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드(120), 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드(130), 상기 센터 가스 피드(140), 상기 분사 모션 사이드 가스 피드(150)로 가스를 적절히 분배하면서, 가스의 유량을 조절함에 따라 식각 공정 성능을 향상시킬 수 있는 것이다.
- [160] 상술한 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 다음과 같은 효과가 있다.
- [161] 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 챔버의 측면에 구비되면서 하향 스월 모션(downward swirl motion)을 형성하도록 가스를 분사하는 사이드 가스 피드의 디자인을 조절함에 따라 챔버 내부에서 균일한 식각 속도(etch rate)를 유지할 수 있는 장점이 있다.
- [162] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에서 가스를 분사하는 제1스월 모션 사이드 가스 피드와, 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에 대하여 각도를 형성하면서 가스를 분사하는 제2스월 모션 사이드 가스 피드를 사용함에 따라 식각 속도를 향상시키면서 식각 속도 균일도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다.
- [163] 이와 함께, 본 발명의 실시 예에 따른 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버는 제1스월 모션 사이드 가스 피드, 제2스월 모션 사이드 가스 피드, 분사 모션 사이드 가스 피드, 센터 가스 피드를 동시에 사용하면서, 무거운 분자의 가스를 사이드 가스 피드를 통해 분사함에 따라 식각 속도를 향상시키면서 식각 속도 균일도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다.
- [164] 이와 같이 본 발명은 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 하여 설명하였으나, 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 실시 예의 변형이 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 웨이퍼를 식각하기 위해 플라즈마가 형성되는 플라즈마 챔버에 있어서, 상기 웨이퍼가 안착되는 안착부가 구비된 하우징; 상기 하우징의 측면에 구비되며, 상기 하우징의 내부로 가스를 분사하는 제1스웰 모션 사이드 가스 피드; 상기 하우징의 측면에 구비되며, 상기 하우징의 내부로 가스를 분사하는 제2스웰 모션 사이드 가스 피드;를 포함하며, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드와 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드는 상기 하우징의 벽면을 따라 가스를 분사하며, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드는, 상기 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면상에서 가스를 분사하고, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드는 상기 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면에 대하여 각도를 형성하면서 가스를 분사하는 것을 특징으로 하는 스웰 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드와 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, 상기 하우징 내에서 하향 스웰 모션(downward swirl motion)을 형성하면서 상기 웨이퍼로 분사되는 것을 특징으로 하는 스웰 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스의 속도(v_0)는, 상기 하우징에 상기 제2스웰 모션 사이드 가스 피드가 구비되는 위치에서 상기 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면을 형성하고, 상기 평면과 상기 하우징의 중심선이 만나는 지점을 원점으로 하는 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 에 대하여 $v_0 = (0, v_0, v_z)(v_z \neq 0)$ 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 스웰 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 4] 제3항에 있어서, 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스의 속도(v_0)는, 상기 하우징에 상기 제1스웰 모션 사이드 가스 피드가 구비되는 위치에서 상기 안착부가 형성하는 평면과 나란한 방향으로 연장되는 평면을 형성하고, 상기 평면과 상기 하우징의 중심선이 만나는 지점을 원점으로 하는 원기둥 좌표계 (r, θ, z) 에 대하여 $v_0 = (0, v_0, 0)$ 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 스웰 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.

- [청구항 5] 제1항에 있어서,
 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는,
 fluorocarbon 계열(C_xF_y)의 가스, fluorohydrocarbon 계열($C_xH_yF_z$)의 가스, SF_6 , C_3F_6O , Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는,
 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스보다 무거운 분자량을 가지는 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
 상기 하우징에서 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드가 설치되는 위치는,
 상기 하우징에서 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드가 설치되는 위치보다 상부에 설치되는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,
 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는 C_4F_8 , C_4F_6 , C_3F_8 , C_3F_6 , C_2F_6 , SF_6 , C_3F_6O 중 어느 하나 이상을 포함하고,
 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는 CF_4 , CHF_3 , Ar, O_2 , N_2 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
 상기 하우징의 상부에 구비되며, 상기 하우징의 내부로 가스를 분사하는 센터 가스 피드를 더 포함하며,
 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, 상기 센터 가스 피드에서 분사되는 가스보다 무거운 분자량을 가지는 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 10] 제10항에 있어서,
 상기 센터 가스 피드에서 분사되는 가스는 O_2 , N_2 , Ar 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 11] 제1항에 있어서,
 상기 하우징의 내부로 가스를 분사하는 분사 모션 사이드 가스 피드를 더 포함하며,
 상기 분사 모션 사이드 가스 피드는, 상기 안착부에 안착되는 상기

웨이퍼의 표면 방향 또는 상기 웨이퍼의 표면의 상부 방향으로 가스를 분사하는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.

- [청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 분사 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는,
상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스와 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스보다 가벼운 분자량을 가지는 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 분사 모션 사이드 가스 피드에서 분사되는 가스는, Ar, O₂, N₂ 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 14] 제1항에 있어서,
상기 하우징에는 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드와 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드가 구비되며,
상기 하우징에 구비되는 복수 개의 상기 제1스월 모션 사이드 가스 피드는, 상기 안착부에서 동일한 높이에 3개 이상이 구비되며,
상기 하우징에 구비되는 복수 개의 상기 제2스월 모션 사이드 가스 피드는, 상기 안착부에서 동일한 높이에 3개 이상이 구비되는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.
- [청구항 15] 제1항에 있어서,
상기 하우징의 내부 공간에 형성되는 상기 플라즈마는 이온과 라디칼을 포함하며,
상기 웨이퍼는 상기 이온과 상기 라디칼의 시너지 효과(synergy effect)에 의해 식각되는 것을 특징으로 하는 스월 모션 사이드 가스 피드가 구비된 플라즈마 챔버.