

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(21) 출원번호 10-2001-0021896 (65) 공개번호 10-2001-0098812
(22) 출원일자 2001년04월24일 (43) 공개일자 2001년11월08일

(30) 우선권주장 09/560,538 2000년04월26일 미국(US)

(73) 특허권자 액셀리스 테크놀로지스, 인크.
미국, 매사추세츠 (우편번호: 01915) 비벌리, 웨스턴 스트리트 106, 체리 힐 드라이브 108

(72) 발명자 키날드데이비드윌리엄
미합중국메릴랜드20832올니쉘로우브룩레인4120

리차드슨다니엘브라이언
미합중국매릴랜드21158웨스트민스터홀터로드3316

심사관 : 김교홍

(54) 플라즈마 처리 시스템에서 반응 가스 온도를 감소시키는 능동-냉각 분배판

요약

프로세서 챔버 벽(53) 및/또는 시스템으로써 웨이퍼(18)를 처리하는 동안에 동작 온도를 감소시키는 완전한 냉각 통로(80, 156)를 갖춘 가스 분배 또는 배플판(54)을 구비한 프라즈마 처리 시스템(10)이 제공된다. 냉매(冷媒)의 유입구(158, 82)와 유출구(160, 86)는 냉각 통로에 접속되어 냉각 통로를 통하여 냉매의 순환을 가능하게 한다. 챔버 벽(53)과, 가스 분배 또는 배플판(54)은 저합금 양극처리된 알루미늄으로 구성되고 냉각 통로는 그 내부를 직접 가공하는 것이 바람직하다. 냉매는 액체(예로서, 물) 또는 가스(예로서, 헬륨 또는 질소) 중 어느 것이라도 된다. 배플판(54)은 플랜지(78)로써 둘러싸인, 통상적으로 평면상(狀)이고, 개구(開口)가 있는 가스 분배 중앙부(74)를 포함하고, 그 모두에는 냉각 통로가 연장된다. 챔버 벽(53)의 냉각 통로와 가스 분배 또는 배플판(54)의 냉각 통로는, 단일의 냉매 순환 시스템을 공유할 수 있도록 서로 통하게 할 수도 있다. 또 다른 방법으로는, 챔버 벽(53)의 냉각 통로와 가스 분배 또는 배플판(54)의 냉각 통로는, 각각에 대하여 독립적인 순환 시스템(가스 또는 액체)을 구성하도록 서로 통하지 않게 함으로써, 독립적인 온도 제어 및 개별적인 흐름 제어를 가능하게 할 수도 있다. 동작에 있어서, 챔버 벽 냉각 통로(156)의 냉매는 대략 15°C-30°C의 범위 내로 유지되고, 가스 분배 또는 배플판의 냉각 통로(80)의 냉매는 대략 15°C-80°C의 범위 내로 유지된다. 주기적으로, 하부 배플판은 250°C 이상에서 번갈아서 동작하여, 그렇지 않은 경우 낮은 동작 온도(예로서, 15°C-80°C)에서, 표면상(上)에 놓축되어 잔류하는 처리 잔류물을 배플판의 표면으로부터 제거할 수도 있다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따라서 구성된 제1 실시예의 배플판을 포함하는 포토레지스트 애셔(asher)의 단면도.

도 2는 도 1의 제1 실시예의 배플판의 부분 절개 사시도.

도 3은 본 발명에 따라서 구성된 제2 실시예의 배플판 조립체를 포함하는 포토레지스트 애셔 챔버 조립체의 부분 절개 사시도.

도 4는 도 3의 제2 실시예의 배플판 조립체의 하부 배플판의 부분 절개 사시도.

도 5는 도 3에 나타낸 배플판 조립체의 평면도.

도 6은 선분 6-6에서 본, 도 5의 배플판 조립체의 단면도.

도 7은 선분 7-7에서 본, 도 6의 배플판 조립체의 단면도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10, 100 : 레지스트 애셔 12 : 가스 박스(gas box),

14 : 플라즈마 발생기 조립체 16, 116 : 처리 챔버

17 : 캐비티 18 : 웨이퍼

20 : 헤터 조립체 24 : 온도 프로브(probe)

26 : 진공 펌프 28 : 모노크로메이터(monochromator)

30 : 입구/출구 통로 32 : 플라즈마 튜브

34 : 유입 도관 36 : 벨브

38 : 배관 40 : 마그네트론

42 : 도파관 44 : 마이크로웨이브 앤클로저

45 : 가상선 46 : 석영 튜브

48, 50 : 마이크로웨이브 트랩(trap)

52, 181 : 상벽 53, 153 : 측벽

54 : 가스 분배(또는 조절)판

154 : 배플판 조립체 56 : 반사기

58 : 텅스텐 할로겐 램프 68 : 석영 또는 세라믹 판

72 : 온도 센서 78, 178 : 플랜지

74, 174 : 가스 분배 중앙부 76, 175, 176 : 개구

79, 81, 179 : 밀봉재 80, 180 : 냉각 통로

83, 85, 183 : 흠 82, 158, 182 : 냉매 유입구

84, 184 : 장착 구멍 86, 160, 186 : 냉매 유출구

128 : 접속 포트(port) 155 : 상부 배플판

156 : 냉각 채널 157 : 하부 배플판

159 : 부착 위치 161 : 포스트

177 : 사파이어판

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

2000년 4월 29일 출원된 발명의 명칭이 "Gas Distribution Plate Assembly for Providing Laminar Flow Across the Surface of a Substrate"인 미국 특허 출원 제09/558.606호가 본원에 참조되어 있다.

본 발명은 통상적으로 포토레지스트 애셔(photoresist asher) 등 반도체 플라즈마 처리 시스템 분야, 및 더욱 상세하게는, 이러한 시스템용의, 반응 가스 온도를 감소시키는 능동-냉각 분배판에 관한 것이다.

집적회로 제조에서, 실리콘 웨이퍼 등의 기판상(上)에 집적회로 패턴을 형성하는 데에 광식각(光蝕刻; photolithography) 기술을 사용한다. 통상적으로, 기판은 포토레지스트로써 광시각되고, 이 부분이 마스크를 통하여 자외선(UV) 방사에 노출되어서 포토레지스트상(上)에 필요한 회로 패턴을 결상(結像)한다. UV 방사에 대하여 노출되지 않고 남아있는 포토레지스트 부분은 처리 용액에 의해서 제거되고, 노출된 부분만이 기판상에 남는다. 이 잔류된 노출 부분은 광안정화 공정 동안에 소성(燒成)되어서 포토레지스트가 후속 처리에 견딜 수 있게 한다.

집적회로 부품이 형성되는, 이러한 처리 후에, 일반적으로 소성된 포토레지스트를 웨이퍼에서 제거할 필요가 있다. 통상적으로, 포토레지스트는 애싱(ashing)되거나 버닝(burning)되며, 애싱 또는 버닝된 포토레지스트는 잔류물과 함께 기판 표면에서 "박리되거나" "제거된다". 포토레지스트 및 잔류물을 제거하는 한 가지 방법은 포토레지스가 광시각된 기판을 전공챔버에서 적외선 복사(輻射)로써 미리 설정된 온도로 급속하게 가열하고, 가열된 기판 표면을 향하여 마이크로웨이브로 활성화된 반응 플라즈마를 방사하는 것이다. 결과적인 포토레지스트 애싱 처리에서, 반응 플라즈마는 포토레지스트와 반응하고, 플라즈마의 뜨거운 반응 가스가 대류(對流)에 의해서 기판의 표면에 열을 가한다. 평방 센티미터 당 100밀리와트 (mW/cm^2)의 열 에너지가 또한 표면 반응의 결과로서 웨이퍼에 가해진다. 웨이퍼 표면에 대한 과잉의 열은 기판상에 또는 기판내에 형성된 소자 또는 부분에 손상을 줄 수 있다. 또한, 웨이퍼 표면상의 과잉의 열은, 예로서, 고밀도 이온 주입 (HDII; high-density ion implanted) 웨이퍼 애시 처리 동안에 포토레지스트 균열을 일으킬 수 있다.

챔버내에서 애싱 처리 온도를 감소시키는 것은 반응속도를 늦추고 따라서 표면 반응에 의해서 웨이퍼에 가해지는 열량을 감소시킨다. 그러나, 가스 혼합물과 인가된 마이크로웨이브 출력의 함수인, 가스 온도는 처리 온도의 감소에 의해서 영향을 받지 않은 채로 유지된다. 처리 공정이, 원자 산소의 생성 증가로 인하여 반응 속도가 증가하기 쉬운 4불화 탄소(CF_4) 등의 반응 촉매를 포함하면, 이러한 문제는 악화된다. 결과적으로, 촉매의 도움을 받는 공정 처리는 더 낮은 처리 온도에서 가스 온도가 더 높게 된다.

통상적인 플라즈마 처리장치는 Chang 등에게 부여한 미합중국 특허 제5,449,410호에 개시되어 있고, 여기에는 플라즈마 챔버내에 가스를 공급하기 위하여 알루미늄 배플판(baffle plate) 또는 샤워 헤드(shower head)가 구성되어 있다. 그러나, 가스의 온도를 제어하는 아무런 수단도 개시되어 있지 않다. 따라서, 개시된 장치는 상기와 같은 고온 가스의 역효과로 인하여 불리하다.

또한, 개별적인 웨이퍼는 공지된 단일 웨이퍼 처리 챔버에 의해서 연속적인 형태로 처리되므로, 미합중국 특허 제5,449,410호에 개시된 것 등의 시스템은, 첫 번째 처리된 웨이퍼의 가열에 의해서 간접적으로 일어나는 후속 웨이퍼의 2차 가열에 관한, "제1 웨이퍼 효과(first wafer effect)"로서 공지된 현상을 나타낸다. 상세하게는, 첫 번째 웨이퍼의 처리가 완료되면, 가열되어 처리된 웨이퍼와 처리 챔버의 측벽은 가스 분배 배플판(통상적으로 석영으로 제조된)을 향하여 열을 복사한다. 이어서, 가열된 석영판은 챔버내에서 처리되는 후속 웨이퍼에 대한 2차 가열 메커니즘을 간접적으로 제공한다. 결과적으로, 시스템에 의해서 처리되는 제1 및 후속 웨이퍼는 비균일성을 나타낸다.

공지된 배플판에 대한 또 다른 문제는 배플판의 표면에 걸쳐서 열 경사(thermal gradient)가 발생하는 것이다. 이러한 배플판은, 높은 처리 온도에 견딜 수 있는 온도로 인하여 통상적으로 석영으로 제조하므로, 열등한 열 전도성 및 바람직하지 않은 적외선(IR; infrared) 광장 흡수 특성을 나타내는 경향이 있다. 또한, 흡수된 복사 에너지를 방열시키거나 소모시키는 아무런 수단도 없이 IR 광장 에너지가 웨이퍼로부터 흡수되면 석영 배플판의 온도는 제어하기가 어렵다. 결과적으로, 처리 균일성 및 시스템 처리량은 나쁜 영향을 받는다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 애성 처리 동안에 웨이퍼에 대한 손상을 방지하기 위하여 포토레지스트 애셔 등 웨이퍼 처리 시스템에서 사용되는 가스의 온도를 감소시키는 메커니즘을 제공하는 것이 본 발명의 목적이다. 사용되는 가스 분배 또는 배플판에 냉각 수단을 포함시킴으로써, 저온 처리에서 필요로 하는 반응 가스의 온도를 감소시키는 것이 본 발명의 추가적인 목적이다. "제1 웨이퍼 효과"에 의한 2차 가열을 제거함으로써 이러한 공정에서의 웨이퍼마다의 처리 균일성을 향상시키는 것이 본 발명의 또 하나의 목적이다. 가스 분배 또는 배플판의 표면에 걸쳐서 비교적 평탄한 온도 프로파일(profile)을 제공함으로써, 고온 및 저온 모두의 웨이퍼 내 처리 균일성을 향상시키는 메커니즘을 제공하는 것이 본 발명의 또 다른 목적이다.

발명의 구성 및 작용

프로세서 챔버 벽 및/또는, 시스템으로써 웨이퍼를 처리하는 동안에 동작 온도를 감소시키는 완전한 냉각 통로를 갖춘 가스 분배 또는 배플판을 구비한 플라즈마 처리 시스템이 제공된다. 냉매(冷媒)의 유입구와 유출구는 냉각 통로에 접속되어 냉각 통로를 통하여 냉매의 순환을 가능하게 한다. 챔버 벽과, 가스 분배 또는 배플판은 알루미늄으로 구성되고 냉각 통로는 그 내부를 직접 가공하는 것이 바람직하다. 냉매는 액체(예로서, 물) 또는 가스(예로서, 헬륨 또는 질소) 중 어느 것이라도 된다.

배플판은 플랜지로써 둘러싸인, 대체로 평활하고, 개구(開口)가 있는 가스 분배 중앙부를 포함하고, 그 모두에는 냉각 통로가 연장된다. 챔버 벽의 냉각 통로와 가스 분배 또는 배플판의 냉각 통로는, 단일의 냉매 순환 시스템을 공유할 수 있도록 서로 통하게 할 수도 있다. 또 다른 방법으로는, 챔버 벽의 냉각 통로와 가스 분배 또는 배플판의 냉각 통로는, 각각에 대하여 독립적인 순환 시스템(가스 또는 액체)을 구성하도록 서로 통하지 않게 함으로써, 독립적인 온도 제어 및 개별적인 흐름 제어를 가능하게 할 수도 있다. 동작에 있어서, 챔버 벽 냉각 통로의 냉매는 대략 15°C-30°C의 범위 내로 유지되고, 가스 분배 또는 배플판의 냉각 통로의 냉매는 대략 15°C-80°C의 범위 내로 유지된다.

도면을 참조하면, 도 1은 가스 박스(gas box)(12), 마이크로웨이브 플라즈마 발생기 조립체(14), 웨이퍼(18) 등 반도체 기판이 가열되는 내부 캐비티(cavity) (17)를 구성하는 처리 챔버(16), 및 처리 챔버의 하부에 위치하여 웨이퍼(18)를 가열하는 복사 히터 조립체(20)를 포함하는 종래 기술의 포토레지스트 애셔(10)를 나타낸다. 열전대(熱電對) 등의 온도 프로브(probe)(24)가 웨이퍼(18)의 온도를 탐지하는 데에 사용된다. 진공 펌프(26)는 진공 상태를 필요로 하는 처리 공정에 대하여 처리 챔버(16)를 배기하는 데에 사용된다.

챔버 내의 가스의 광 방출 특성을 감시하여 처리 종료 시점의 결정에 도움을 주기 위하여 모노크로메이터(monochromator)(28)가 사용된다. 웨이퍼(18)는 입구/출구 통로(30)를 통하여 적절한 로드락(load lock) 메커니즘(도면에 나타내지 않음)으로써 처리 챔버내에 인입되고 처리 챔버로부터 제거된다. 본 발명은 포토레지스트 애셔내에서 실시되는 것으로 나타나 있지만, 잔류물 제거 및 박리 공정 등, 기타의 반도체 제조 장비에 사용될 수도 있다.

동작에 있어서, 필요로 하는 가스 혼합물은 유입 도관(34)을 통하여 가스 박스(12)로부터 플라즈마 투브(32)내에 주입된다. 플라즈마 투브(32)는 불소 화합물을 에칭 또는 열화(劣化)없이 수용하도록 알루미나(Al_2O_3) 또는 사파이어로 제조한다. 필요한 혼합물을 형성하는 가스는 별개의 공급 장치(도면에 나타내지 않음)에 저장되고 밸브(36) 및 배관(38)에 의해서 가스 박스(12)에서 혼합된다. 필요로 하는 가스 혼합물의 한 가지 예는 성형 가스(forming gas)(주로 적은 비율의 수소를 갖는 질소)와 산소이다. 특정 처리에 대하여 애싱 율(ashing rate)을 증가시키기 위하여 4불화 탄소(CF_4) 등 불소 함유 가스를 가스 혼합물에 첨가할 수도 있다.

필요한 가스 혼합물은 마이크로웨이브 플라즈마 발생기 조립체(14)에 의해서 활성화되어서, 복사 히터 조립체(20)로써 가열될 때 처리 챔버(16) 내에서 웨이퍼(18)상의 포토레지스트를 애싱하는 반응 플라즈마를 형성한다. 마그네트론(40)은 도파관(42)에 인가되는 마이크로웨이브 에너지를 발생한다. 마이크로웨이브 에너지는 플라즈마 투브(32)를 둘러싸는 마이크로웨이브 엔클로저(44)의 개구(開口)(도면에 나타내지 않음)를 통하여 도파관으로부터 공급된다.

외측 석영 냉각 투브(46)는 플라즈마 투브(32)를 약간 떨어져서 둘러싸고 있다. 투브(32)와 투브(46)와의 사이의 갭에 가압 공기가 공급되어서 동작 중에 투브(32)를 효과적으로 냉각한다. 마이크로웨이브 엔클로저(44)는 가상선(45)으로써 나타낸 부분으로 분할된다. 엔클로저(44)의 분할(segmentation)은 적절한 입력 출력이 공급될 때 알루미나 또는 사파이어 플라즈마 투브의 길이에 걸쳐서 마이크로웨이브 출력 분포를 균일하게 하고, 자체의 축선의 길이를 따라서 허용할 수 없게 큰 열 경사가 발생하는 것을 방지함으로써 플라즈마 투브를 과열로부터 보호한다. 엔클로저(44)의 각각의 세그먼트에는 석영 투브(46), 및 이것을 통과하는 알루미나 또는 사파이어 투브(32)를 통과하는 마이크로웨이브 에너지가 별개로 공급된다.

플라즈마 투브(32)내의 가스 혼합물은 활성화되어 플라즈마를 생성한다. 마이크로웨이브 엔클로저(44)의 단부(端部)에 마이크로웨이브 트랩(trap)(48 및 50)이 구성되어 마이크로웨이브 누설을 방지한다. 활성화된 플라즈마(통상적으로 약 150°C의 온도를 갖는)는 처리 챔버(16)의 상벽(52)의 개구(51)를 통하여 처리 챔버(16)에 들어간다.

플라즈마 챔버(16)의 상벽(52)과 처리중인 웨이퍼(18)와의 사이에는 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 의한 창의적인 가스 분배(또는 조절)판(54)이 배치된다. 단일 부재의 배플판으로서 도시되었지만, 배플판은 상부 및 하부 배플판을 포함하는 2중의 층 구조로 된 배플판 조립체(154)(도 3 내지 도 7)의 형태를 가질 수도 있다고 간주하여야 한다. 양 실시예에서, 배플판(54)(도 1 내지 도 2)과 배플판 조립체(154)(도 3 내지 도 7)는 처리중인 웨이퍼(18)의 표면에 걸쳐서 반응 플라즈마를 균등하게 분배하고, 플라즈마내의 가스를 냉각시키는 수단을 제공하여 필요로 하는 처리 결과를 달성한다.

다시 도 1을 참조하면, 동작에 있어서, 반응 플라즈마는 배플판(54)을 통과하여 웨이퍼(18)상의 포토레지스트를 애싱한다. 복사 히터 조립체(20)는 반사기(56)에 위치하는 복수의 텅스텐 할로겐 램프(58)를 포함하고, 반사기(56)는 램프에서 발생된 열을, 반사하여 처리 챔버(16)내의 석영 또는 세라믹 핀(68) 위에 배치된 웨이퍼(18)의 배면을 향하여 방향을 바꾸게 한다. 열전대 등, 하나 이상의 온도 센서(72)가 처리 챔버 측벽(53)의 내부에 장착되어서 벽 온도를 표시한다.

도 1의 포토레지스트 애셔(10)에 나타낸 배플판(54)은 도 2에 더욱 상세하게 나와 있고, 이것은 200밀리미터(mm) 처리 시스템에 포함하도록 설계된 것이다. 배플판(54)은 플랜지(78)에 둘러싸인, 개구(76)를 갖는 통상적으로 평면상의 가스 분배 중앙부(74)를 포함한다. 플랜지(78)는 중앙부를 둘러싸고 처리 챔버 측벽(53)과 상벽(52) 중간에 위치한다(도 1 참조). 밀봉재(79 및 81)는 각각 플랜지(78)와 측벽(53)과의 사이, 및 플랜지(78)와 상벽(52)과의 사이의 기밀(氣密) 접속을 제공한다. 밀봉재(79 및 81)는 플랜지(78)에 위치한 홈(83 및 85)에 각각 위치한다(도 2 참조). 플랜지(78)는 또한 상벽(52)과 측벽(53)에 장착하기 위한 장착 구멍(84)을 제공한다.

배플판(54)의 중앙의 개구를 갖춘 부분(74)에는 냉매 유입구(82) 및 유출구(86)에 연결되는 내부 냉각 통로(80)가 구성된다. 냉각 통로(80)는 배플판(54)의 동작 온도를 감소시키고, 어떠한 개구(76)와도 교차하지 않는 형태로 자체의 중앙부(74) 주위로 연장된다. 바람직한 실시예에서는 냉매로서 물을 사용하지만, 높은 열 용량을 갖는 기타의 액체(예로서, 오일) 또는 가스(예로서, 헬륨 또는 질소)의 사용을 고려할 수 있다. 반응 가스가 개구(76)를 통과할 때, 냉각된 배플판은 열 교환기로서 작용하여 반응 가스로부터 열을 제거함에 따라서, 가스의 온도를 감소시킨다. 배플판(54)은 또한, 예로서, 게이트(gate) 산화물의 유전(誘電) 강도를 약화시키는, 웨이퍼 소자 손상을 잠재적으로 일으킬 수 있는 유동적인 이온 오염을 최소화한다.

배플판은, 공지된 석영 배플판보다 배플판의 열 전달 특성을 상당히 향상시키는 단일 편(片)의 저합금(低合金) 양극 처리된 알루미늄(low-alloy anodized aluminum)(예로서, Alcoa type C-276)으로 구성하는 것이 바람직하다. 알루미늄을 사용하면 또한 냉각 통로에 직접 구멍을 뚫거나 가공할 수 있다. 이로 인하여 배플판은 반사기 가열 시스템의 불일치, 및 웨이퍼로부터의 기생(寄生) 가열에 대하여 덜 민감하게 되고, 대체로 균일한 온도에서 동작하게 된다.

알루미늄을 사용하면 또한, 온도 제어를 더욱 어렵게 하고 웨이퍼 소자 손상을 일으킬 수도 있는, 플라즈마 튜브로부터 발산하는 높은 비율의 자외선(UV) 에너지를 차단한다. 균일한 표면 온도에서의 동작과 UV 방사에의 노출의 최소화로 인하여 공지된 석영 배플판보다 웨이퍼 표면에 걸쳐서 반응 속도의 균일성이 상당히 개선된다. 또한, 일정한 배플판 온도를 유지하면, 처리 챔버에 연속적인 웨이퍼가 배치되고 복사 가열 시스템에 의해서 처리 온도로 가열될 때 배플판의 기생 가열로 인한 "제1 웨이퍼 효과"가 제거된다.

도 3은 본 발명의 제2 실시예를 나타내고, 여기서 배플판은, 300밀리미터(mm) 웨이퍼 처리 시스템에 포함되도록 설계된 배플판 조립체(154)의 형태를 갖는다. 도 3은 이 배플판 조립체(154)를 포함하는 300mm 포토레지스트 애셔 챔버 조립체(100) (관련되는 복사 히터 조립체 없이 도시됨)의 부분 절개, 사시도이다. 배플판 조립체(154)는 통상적으로 서로 평행으로 배치되고 서로 분리되어 있는 통상적으로 평면상의 상부 배플판(155)과 하부 배플판(157)을 포함한다. 조립체(154)는 300mm 처리 챔버(116)에 부착되어 도시되어 있다. 상부 및 하부 배플판(155 및 157)에는 각각 개구(175 및 176)가 형성되어 있다. 상부 배플판의 개구(175)는 하부 배플판의 개구(176)보다 약간 더 크다. 진공 펌프 또는 모노크로메이터에 대하여 처리 챔버 접속 포트(port)(128)가 형성된다.

본 발명의 제2 실시예에서, 배플판 조립체(154)와 처리 챔버(116) 모두에 능동 냉각 메커니즘이 구성된다. 처리 챔버에 대해서는, 자체의 측벽(153)에 내부 냉각 채널(156)이 구성된다. 물 등의 냉매가 유입 및 유출하고, 냉각 채널 밖으로 유출하도록 냉매 유입구(158 및 160)가 구성되어 있다. 처리 챔버 측벽(153)은, 냉각 통로에 직접 구멍을 뚫거나 가공할 수 있게 함으로써, 측벽을 반사기 가열 시스템의 불일치에 대하여 덜 민감하게 하고, 대체로 균일한 온도에서 동작할 수 있게 하는 저합금 양극 처리된 알루미늄(예로서, Alcoa type C-276)으로 구성하는 것이 바람직하다.

하부 배플판(157)에는, 이하에서 추가로 설명하는 바와 같이 능동 냉각이 구성되어 있지만, 상부 배플판(155)에는 능동 냉각 메커니즘이 구성되어 있지 않다. 상부 배플판(155)은 부착 위치(159)에서 포스트(post)(161)에 의해 부착된, 견고한, 개구가 형성된 석영판만으로 구성되어 있다(도 4 및 도 6 참조). 사파이어가 피복된 것일 수도 있는, 상부 배플판은, 자체의 개구(175)를 통과하지 않는 뜨거운 가스 상(狀)의 플라즈마 부분을 반경 방향 외측으로 방향을 전환시켜서, 처리중인 웨이퍼(18)의 반경 방향 내측 부분이 과열되는 것을 방지하고 반응 속도의 균일성을 증진하는 기능을 한다. 개구가 형성되지 않은 사파이어판(177)(도 5 및 도 6)은 상부 배플판(155)의 중앙부를 덮고 있다.

하부 배플판(157)으로써 구성된 능동 냉각 메커니즘은 도 4의 부분 절개 사시도에 더욱 상세하게 도시되어 있다. 하부 배플판(157)은 플랜지(178)에 둘러싸인, 개구(176)를 갖는 통상적으로 평면상의 가스 분배 중앙부(74)를 포함한다. 플랜지(178)는 장착 구멍(184)을 이용하여 처리 챔버(116)의 상벽(181)이 부착될 수도 있는 표면을 제공한다. 밀봉재(179)는 플랜지(178)와 측벽(153)과의 사이의 기밀(氣密) 접속을 제공한다(도 3). 밀봉재(179)는 플랜지(178)의 홈(183)에 위치한다(도 4).

배플판(157)의 중앙의 개구를 갖춘 부분(174)에는 냉매 유입구(182) 및 유출구(186)에 연결되는 내부 냉각 통로(180)가 구성된다(도 3). 도 4 및 도 6에 나타낸 바와 같이, 냉각 통로(180)는 어떠한 개구(176)와도 교차하지 않는 형태로 플랜지(178)로부터 중앙부(174)내로 또한 중앙부(174) 주위로 연장될 수도 있다. 하나의 바람직한 구성이 도 7에 나와 있다.

또한, 냉각 채널이 챔버 상벽내로 연장될 수도 있다. 이러한 구성 부분(즉, 배플판, 측벽 및 상벽)으로 된 개별적인 냉각 서브시스템은 동작 온도를 감소시키는 기능을 한다. 냉각 서브시스템은 단일 가스 또는 액체 냉매 순환 시스템을 공유할 수도 있고, 독립적인 온도 제어 및 독립적인 흐름 제어를 하도록 독립적인 순환 시스템(가스 또는 액체)이 구성될 수도 있다. 또한, 처리 챔버 측벽과 상벽의 능동 냉각이 또한 제공되는 본 발명의 실시예에서, 이 챔버 표면을 15°C~30°C사이(이슬점 바로 위)에 유지함으로써, 웨이퍼는 충분히 냉각된 상태로 유지되어서, 예로서, 고밀도 이온 주입(HDII) 웨이퍼 애시 처리 동안에 포토레지스트 균열을 방지할 수 있다.

냉각 통로는 하부 배플판(157)의 표면에 걸쳐서 공간(空間) 온도 경사를 최소화하고 배플판의 표면 전체를 균일한 온도로 유지한다. 물(예로서, 15°C~80°C에 유지되는) 등의 냉매는, 공냉식 냉각기 조립체를 포함하는 탈이온수 재순환 시스템을 사용하여, 유입구(182)를 통하여 채널(180)에 유입되고 유출구(186)를 통하여 유출된다(도 5 및 도 7). 냉각기 조립체는 웨이퍼의 급속한 가열 동안에도 처리 챔버의 열발생 속도보다 더 큰 열 제거 용량을 갖는다.

바람직한 실시예에서 냉매로서 물을 사용하지만, 하부 배플판의 필요한 동작 온도에 따라서, 기타의 높은 열 용량을 갖는 액체 또는 가스를 사용할 수도 있다. 예로서, 하부 배플판은 배플판의 표면으로부터 처리 잔류물을 제거하기 위하여 250°C 이상에서 동작될 수도 있다. 그렇지 않으면 이 잔류물은, 웨이퍼 처리 동안에 더 높은 온도에 주기적으로 노출되지 않으면, 하부 판의 표면상에 농축되어서 잔류한다. 낮은 동작 온도(예로서, 15°C~80°C)에서, 반응 가스가 개구(176)를 통과할 때, 하부 배플판(157)은 열 교환기로서 작용하여 반응 가스로부터 열을 제거함에 따라서, 가스의 온도를 감소시킨다.

하부 배플판(157)은, 공지된 석영 배플판보다 배플판의 열 전달 특성을 향상시키는 단일 편의 저합금 양극 처리된 알루미늄(예로서, Alcoa type C-276)으로 구성하는 것이 바람직하다. 알루미늄을 사용하면 또한 냉각 통로에 직접 구멍을 뚫거나 가공할 수 있다. 이로 인하여 배플판은 반사기 가열 시스템의 불일치, 및 웨이퍼로부터의 기생(寄生) 가열에 대하여 덜 민감하게 되고, 대체로 균일한 온도에서 동작하게 된다.

알루미늄을 사용하면 또한, 온도 제어를 더욱 어렵게 하고 웨이퍼 소자 손상을 일으킬 수도 있는, 플라즈마 튜브로부터 발산하는 높은 비율의 자외선(UV) 에너지를 차단한다. 균일한 표면 온도에서의 동작과 UV 방사에의 노출의 최소화로 인하여 공지된 석영 배플판보다 웨이퍼 표면에 걸쳐서 반응 속도의 균일성이 상당히 개선된다. 또한, 일정한 배플판 온도를 유지하면, 처리 챔버에 연속적인 웨이퍼가 배치되고 복사 가열 시스템에 의해서 처리 온도로 가열될 때 배플판의 기생 가열로 인한 "제1 웨이퍼 효과"가 제거된다.

하부 배플판(157) 양단의 압력 강하는, 가스와 배플판 표면과의 사이의 열 전달 속도를 증가시키는 것에 추가하여, 배플판의 상부 표면에 걸쳐서 가스 흐름을 분배한다. 이러한 동일한 효과는 상부 석영판(155)과 협동하여, 게이트 산화물의 유전 강도에 손상을 주는 등의, 소자 손상을 잠재적으로 일으킬 수 있는 유동적인 이온 오염을 감소시킨다. 2중의 총 구조로 된 배플판 조립체(154)에서 석영 상부 판(155)과 알루미늄 하부 판(157)의 조합은, CF₄ 등 부식성 원소 생성 가스를 사용할 때에도, 포토레지스트 제거에 사용된 처리 챔버에서 발견된 부식성 조건에서 사용하기에 적합한 것으로 확인되었다.

동작에 있어서, 시스템(10)(200mm)과 시스템(100)(300mm)은, 가스 온도가 통상적으로 80°C인, 최소 예상 처리 온도 이하로 감소된 조건하에서, 최대 마이크로웨이브 출력으로, 각각 수냉식 배플판(157)과 배플판 조립체(154)를 사용하여 동작되었다. 또한, 냉각된 하부 배플판의 가스 및 복사 에너지 냉각 효과로 인하여 처리 동안에 웨이퍼 표면에 걸쳐서 비교적 평탄한 온도 프로파일을 취득할 수 있어서, 처리 비균일성이 감소하게 되었다. 하부 배플판의 능동 냉각은 첫 번째로 처리된 웨이퍼에 의한 배플판의 열 부하를 또한 감소시켜서 웨이퍼마다의 처리 비균일성을 개선한다.

하나의 예에서, 분 당 0.4 갤런(gpm)의 유속으로 하부 배플판(157)을 통하여 30°C의 물을 흐르게 하면서 270°C의 애싱 처리가 실행되었다. 웨이퍼에 걸쳐서 2.25%의 애싱 율의 비균일성을 갖는, 분 당 5.59미크론의 애싱 속도가 달성되었다. 종래의 비능동적으로 냉각된 석영 배플판으로써 웨이퍼에 걸쳐서 6.2%의 애싱 율의 비균일성을 갖는, 분 당 5.66미크론의 애싱 속도가 취득되었다. 이러한 시험 결과는 능동적으로 냉각된 배플판을 사용하면 처리 균일성 부문에서 애싱 율에 대한 최소의 영향을 받는 상당한 개선을 한다는 것을 나타낸다.

따라서, 플라즈마 처리 시스템에서의 반응 가스, 및 처리중인 웨이퍼를 냉각하는 방법과 시스템의 바람직한 실시예를 설명하였다. 그러나, 상기의 설명을 염두에 두고, 본 설명은 예로서만 이루어진 것이며, 본 발명은 여기에서 설명한 특정 실시예에 한정되지 않고 또한 이하의 청구범위 등에 의해서 정의된 발명의 범위로부터 벗어남이 없이 상기 설명에 대한 각종 재구성, 변형 및 대체가 실시될 수도 있다는 것을 이해하여야 한다.

발명의 효과

애싱 처리 동안에 웨이퍼에 대한 손상을 방지하기 위하여 포토레지스트 애셔 등 웨이퍼 처리 시스템에서 사용되는 가스의 온도를 감소시키는 메커니즘이 제공된다. 그리고, 사용되는 가스 분배 또는 배플판에 냉각 수단을 포함시킴으로써, 저온 처리에서 필요로 하는 반응 가스의 온도를 감소시키고 "제1 웨이퍼 효과"에 의한 2차 가열을 제거하여 웨이퍼마다의 처리 균일성을 향상시키며, 또한 가스 분배 또는 배플판의 표면에 걸쳐서 비교적 평탄한 온도 프로파일을 제공함으로써, 고온 및 저온 모두의 웨이퍼 내 처리 균일성을 향상시키는 메커니즘이 제공된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

플라즈마 처리 시스템에 있어서,

(가) 플라즈마 발생기와,

(나) 상기 플라즈마 발생기와 서로 통하는 내부 처리 캐비티를 구비하여 상기 발생기 내의 플라즈마가 상기 캐비티 내로 통과하여 그 내에 위치하는 기판의 표면과 반응하는 처리 챔버로서, 상기 처리 챔버는 상기 캐비티를 최소한 부분적으로 형성하는 벽을 포함하고, 상기 벽에는 동작 온도를 감소시키는 제1 냉각 통로가 제공되며, 상기 처리 챔버는 하부 배플 판 및 상기 하부 배플판에 부착되고 이로부터 거리를 두고 분리되는 대체로 평활한 상부 배플판 및 상기 상부 배플판의 중앙부 내의 개구 위에 놓여 이를 커버하는 비개구 판을 포함하는, 처리 챔버와,

(다) 상기 제1 냉각 통로를 통하여 냉매를 순환시키는 상기 제1 냉각 통로에 연결된 냉매 유입구와 냉매 유출구, 및

(라) 기판을 가열하는 복사 히터 조립체를 포함하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 제1 냉각 통로는 상기 벽의 내부에 있는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 벽은 저합금 양극처리된 알루미늄으로 구성되고, 상기 제1 냉각 통로는 상기 벽 내부에 가공되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 4.

제2항에 있어서, 상기 냉매는 액체인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 5.

제4항에 있어서, 상기 냉매는 물인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 6.

제2항에 있어서, 상기 냉매는 가스인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 냉매는 헬륨 또는 질소인 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 8.

제2항에 있어서, 상기 하부 배플판은, (가) 플라즈마를 통과시키는 개구(76)와, (나) 냉매를 흐르게 하여 상기 배플판의 동작 온도를 감소시키는 제2 냉각 통로, 및 (다) 냉매가 순환할 수 있도록 상기 제2 냉각 통로에 연결된 냉매 유입구와 냉매 유출구를 구비한 플라즈마 처리 시스템.

청구항 9.

제8항에 있어서, 상기 상부 배플판의 중앙은 플랜지에 둘러싸인 대체로 평활한 개구의 가스 분배 중앙부를 포함하고, 상기 제2 냉각 통로가 상기 플랜지로부터 상기 개구를 갖는 중앙부 내로 연장되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 10.

제8항에 있어서, 상기 제1 냉각 통로와 상기 제2 냉각 통로는 단일의 냉매 순환 시스템을 공유할 수 있도록 서로 통하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 11.

제8항에 있어서, 상기 제1 냉각 통로와 상기 제2 냉각 통로는 서로 통하지 않는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 12.

제11항에 있어서, 상기 제1 냉각 통로의 냉매는 대략 15°C-30°C의 범위 내로 유지되고, 상기 제2 냉각 통로의 냉매는 대략 15°C-80°C의 범위 내로 유지되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 13.

제8항에 있어서, 상기 상부 배플판은 저합금 양극처리된 알루미늄으로 구성되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 시스템.

청구항 14.

플라즈마 처리 시스템으로서,

플라즈마 발생기;

상기 플라즈마 발생기와 서로 통하는 내부 처리 캐비티를 구비하여 상기 발생기 내의 플라즈마가 상기 캐비티 내로 통과하여 그 내에 위치하는 기판의 표면과 반응하는 처리 챔버로서, 상기 처리 챔버는 상기 캐비티를 최소한 부분적으로 형성하는 벽을 포함하고, 상기 벽에는 냉매를 포함하는 제1 냉각 통로가 제공되며, 상기 처리 챔버는 배플판 조립체를 포함 동작온도를 감소시키는 제1 냉각 통로가 제공되며, 상기 처리 챔버는 능동 냉각 시스템을 갖는 배플판 조립체를 포함하는, 처리 챔버;

상기 제1 냉각 통로에 접속되어 상기 냉각 통로를 통해서 상기 냉매를 순환시키는 냉매 유입구 및 냉매 유출구;

기판을 가열하는 복사 히터 조립체를 포함하는데,

상기 배플 플레이트 어셈블리는:

제1 개구를 그 내에 포함하는 하부 배플판; 및,

제2 개구를 그 내에 포함하는 상부 배플판으로서, 상기 상부 배플판은 자신의 중앙부 내의 제2 개구 위에 놓여 이를 커버하는 비개구 판을 포함하는, 플라즈마 처리 시스템.

청구항 15.

플라즈마 처리 시스템용 가스 분배판으로서,

(가) 가스를 통과시키는 개구를 구비한 대체로 평활한 중앙부와;

(나) 냉매를 흐르게 하여 상기 조절판의 동작 온도를 감소시키는 냉각 통로로서, 상기 냉각 통로는 상기 가스 분배판의 상기 대체로 평활한 중앙부 내에 배치되고 상기 개구들 간에서 실질적으로 수직하여 연장되는 냉각 통로;

(다) 냉매가 순환할 수 있도록 상기 제2 냉각 통로에 연결된 냉매 유입구와 냉매 유출구;

(라) 상기 가스 분배판에 부착되고 이로부터 거리를 두고 분리되는 대체로 평활한 상부 배플판으로서, 상기 배플판에는 개구가 제공되는, 배플판

(마) 상기 배플판의 중앙부에서 개구위에 놓이고 이를 커버하는 비개구 판을 포함하는 플라즈마 처리 시스템용 가스 분배판.

청구항 16.

제15항에 있어서, 상기 중앙부는 플랜지로써 둘러싸이고, 상기 냉각 통로가 상기 플랜지로부터 상기 개구를 갖는 중앙부 내로 연장되는 것을 특징으로 하는 가스 분배판.

청구항 17.

제15항에 있어서, 상기 판은 저합금 양극처리된 알루미늄으로 구성되고, 상기 냉각 통로는 내부가 가공된 것을 특징으로 하는 가스 분배판.

청구항 18.

제15항에 있어서, 상기 냉매는 액체인 것을 특징으로 하는 가스 분배판.

청구항 19.

제18항에 있어서, 상기 냉매는 물인 것을 특징으로 하는 가스 분배판.

청구항 20.

제15항에 있어서, 상기 냉매는 가스인 것을 특징으로 하는 가스 분배판.

청구항 21.

제20항에 있어서, 상기 냉매는 헬륨 또는 질소인 것을 특징으로 하는 가스 분배판.

청구항 22.

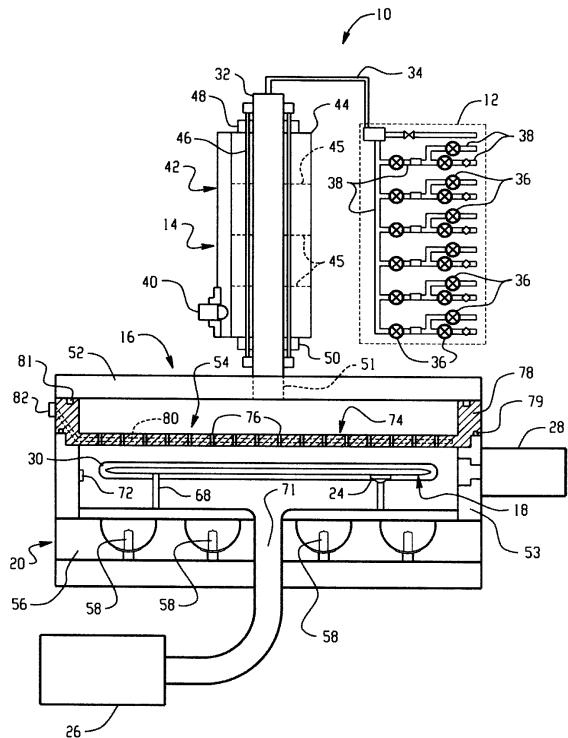
제15항에 있어서, 상부 배플판의 상기 개구는 하부 배플판의 상기 개구보다 약간 더 큰 것을 특징으로 하는 가스 분배판.

청구항 23.

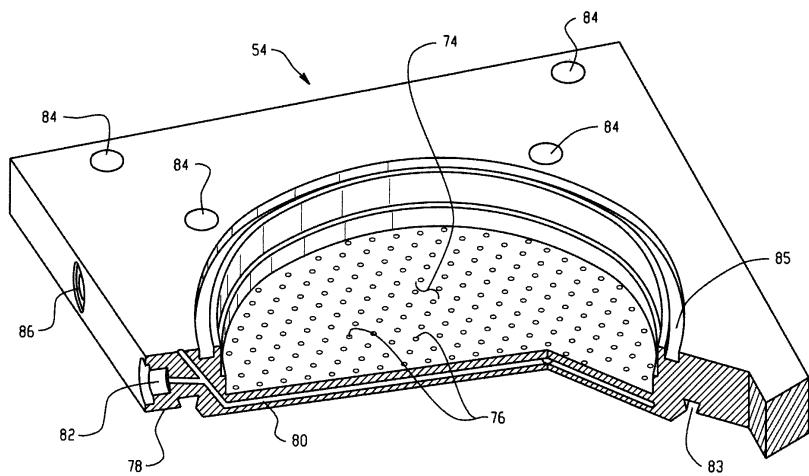
제15항에 있어서, 상기 상부 배플판은 석영으로 구성되는 것을 특징으로 하는 가스 분배판.

도면

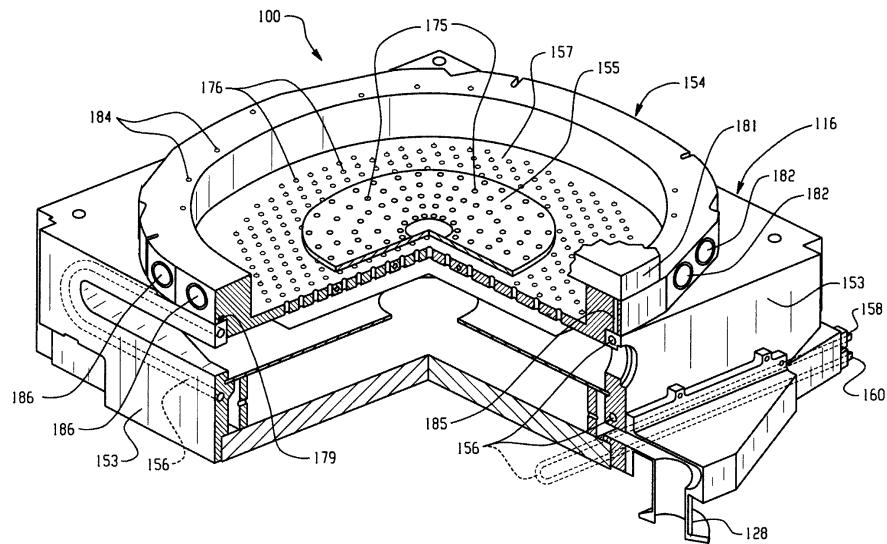
도면1



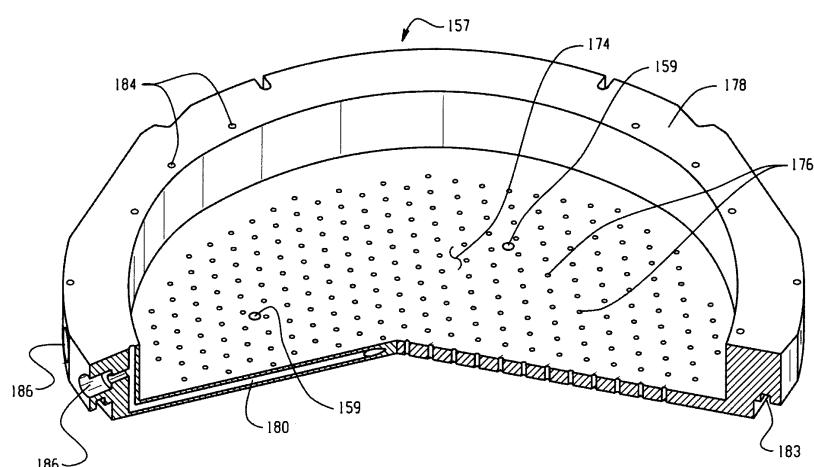
도면2



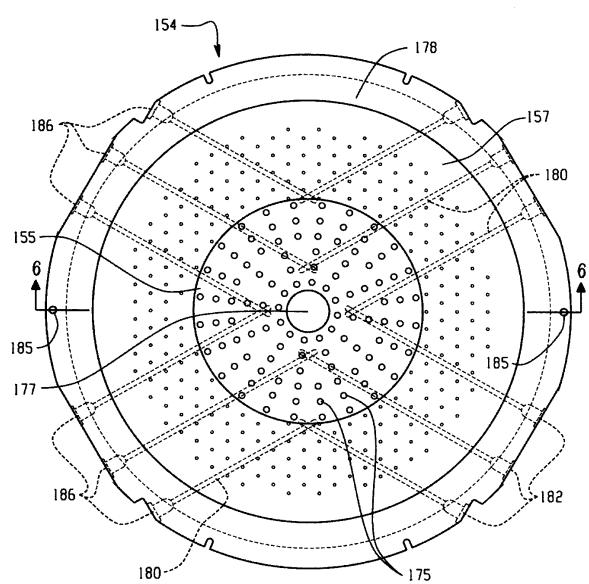
도면3



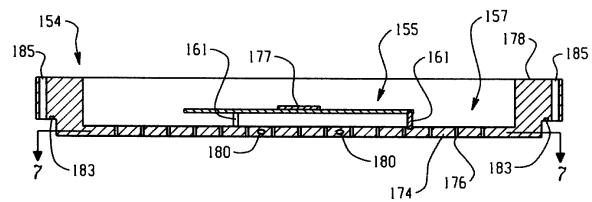
도면4



도면5



도면6



도면7

