

명세서

발명의 명칭: VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기판 열처리 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 VCSEL 소자에서 조사되는 레이저 빔을 이용하여 평판 기판을 열처리하는 기판 열처리 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 반도체 웨이퍼 또는 평판 패널 디스플레이 장치용 유리 기판과 같은 평판 기판은 에피텍셜 공정, 박막 결정화 공정, 이온 주입 공정 또는 활성화 공정과 같은 열처리 공정이 진행되어 반도체 또는 평판 디스플레이 모듈로 제조될 수 있다.
- [3] 상기 에피텍셜 공정은 반도체 웨이퍼의 표면에 필요한 박막을 성장시키는 공정이다. 상기 에피텍셜 공정은 진공 상태이며 600°C 이상의 고온으로 유지되는 공정 챔버의 내부에 공정 가스를 주입하여 진행된다. 상기 반도체 웨이퍼는 공정 중에 전체적으로 온도를 균일하게 유지하는 것이 필요하며, 공정 챔버를 구성하는 외부 하우징의 방사율에 의한 영향을 감소시키는 것이 필요하다. 특히, 상기 외부 하우징의 구성 요소중에서 반도체 웨이퍼의 상면과 대향하는 구성 요소 또는 벽면의 방사율은 반도체 웨이퍼의 공정 온도에 영향을 주게 되므로 일정한 방사율을 유지시키는 것이 필요하다.
- [4] 한편, 최근에는 VCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser) 소자를 이용하여 반도체 웨이퍼를 가열하는 열처리 공정이 개발되고 있다. 상기 열처리 공정은 대면적 영역을 커버하도록 복수 개의 VCSEL 소자가 배치되어 레이저 빔을 조사하는 빔 조사 모듈을 이용하여, 반도체 웨이퍼에 레이저 빔을 균일하게 조사하여 열처리하는 방식이다. 상기 VCSEL 소자는 micro-emitter에서 레이저 빔을 방출할 수 있다. 상기 빔 조사 모듈은 VCSEL 소자에서 방출되는 레이저 빔의 divergence를 이용하며, 서로 인접하는 VCSEL 소자에서 방출되는 레이저 빔의 overlapping을 통해 반도체 웨이퍼를 균일하게 가열할 수 있다. 상기 빔 조사 모듈은 복수 개의 VCSEL 소자로 구성되고, 복수 개의 VCSEL 소자가 전체 반도체 웨이퍼를 커버하는 영역까지 배치될 수 있다.
- [5] 최근에는, 상기 열처리 공정은 반도체 기술의 미세화에 따라 작은 온도 편차와 높은 온도 균일도를 요구한다. 그러나, 현재 사용되는 열처리 장치는 여러가지 한계로 인하여 필요한 온도 균일도를 실현하기 어려운 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 평판 기판의 열처리 공정에서 평판 기판의 온도 편차를 감소시키고, 온도 균일도를 증가시킬 수 있는 VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기판

열처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

- [7] 본 발명은 VCSEL 소자의 출력이 균일하게 되도록 VCSEL 소자에 공급되는 공급 전류를 개별적으로 제어할 수 있는 기관 열처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [8] 본 발명의 VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기관 열처리 장치는 내부에 열처리되는 평판 기관이 위치하는 공정 챔버 및 복수 개의 VCSEL 소자를 포함하며, 상기 평판 기관으로 레이저 빔을 조사하는 빔 조사 모듈을 포함하며, 상기 빔 조사 모듈은 상기 VCSEL 소자들의 출력이 동일하게 되도록 공급 전류가 제어되는 것을 특징으로 한다.
- [9] 또한, 상기 VCSEL 소자는 각각 서로 다른 공급 전류가 공급될 수 있다.
- [10] 상기 빔 조사 모듈은 상기 VCSEL 소자가 각각 서로 다른 공급 전류가 공급되는 것을 특징으로 한다.
- [11] 또한, 상기 VCSEL 소자는 각각 공급 전류와 출력에 대한 상관 관계가 미리 설정될 수 있다.
- [12] 또한, 상기 VCSEL 소자의 상관 관계는 방정식 또는 룩업 테이블로 설정될 수 있다.
- [13] 또한, 상기 VCSEL 소자는 각각 상기 상관 관계에 따라 필요로 하는 출력을 위한 공급 전류가 공급될 수 있다.

발명의 효과

- [14] 본 발명의 VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기관 열처리 장치는 복수 개의 VCSEL 소자로 공급되는 공급 전력을 개별적으로 제어하므로 VCSEL 소자의 출력을 전체적으로 균일하게 할 수 있다.
- [15] 또한, 본 발명의 VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기관 열처리 장치는 각각의 VCSEL 소자들에 대하여 사전에 평가된 공급 전류와 출력 관계에 따라 공급 전류를 개별적으로 다르게 공급하므로 출력을 전체적으로 균일하게 제어하며, 평판 기관의 온도 편차를 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [16] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 기관 열처리 장치의 구성도이다.
- [17] 도 2는 도 1의 빔 조사 모듈의 평면도이다.
- [18] 도 3은 도 2의 빔 조사 모듈의 부분 사시도이다.
- [19] 도 4는 도 3의 VCSEL 소자의 "A-A"에 대한 수직 단면도이다.
- [20] 도 5는 도 1의 기관 열처리 장치에서 반도체 웨이퍼의 온도를 측정하는 위치를 표시한 평면도이다.
- [21] 도 6은 도 5의 빔 조사 모듈을 구성하는 VCSEL 소자들의 시간 간격별로 공급 전류와 측정된 광출력의 측정 데이터에 대한 테이블이다.
- [22] 도 7은 7번 VCSEL 소자의 상관 관계에 대한 그래프와 3차원 방정식을

나타낸다.

[23] 도 8은 8번 VCSEL 소자의 상관 관계에 대한 그래프와 3차원 방정식을 나타낸다.

[24] 도 9는 9번 VCSEL 소자의 상관 관계에 대한 그래프와 3차원 방정식을 나타낸다.

[25] 도 10은 도 5의 반도체 웨이퍼에서 온도 분포를 측정한 결과 그래프이다.

[26] 도 11은 종래의 기판 열처리 장치에서 반도체 웨이퍼의 온도 분포를 측정한 결과 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[27] 이하에서 실시예와 첨부된 도면을 통하여 본 발명의 VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기판 열처리 장치에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.

[28]

[29] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기판 열처리 장치의 구조에 대하여 설명한다.

[30] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 기판 열처리 장치의 구성도이다. 도 2는 도 1의 빔 조사 모듈의 평면도이다. 도 3은 도 2의 빔 조사 모듈의 부분 사시도이다. 도 4는 도 3의 VCSEL 소자의 "A-A"에 대한 수직 단면도이다.

[31] 본 발명의 일 실시예에 따른 VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기판 열처리 장치(10)는, 도 1 내지 도 4를 참조하면, 공정 챔버(100)와 빔 조사 모듈(200)과 가스 분사 모듈(300) 및 기판 회전 모듈(400)을 포함할 수 있다.

[32] 상기 기판 열처리 장치(10)는 평판 기판(a)에 대한 에피택셜 공정, 결정화 공정, 이온 주입 공정 또는 활성화 공정과 같은 제조 공정이 진행될 수 있다. 여기서, 상기 평판 기판(a)은 반도체 웨이퍼 또는 유리 기판일 수 있다. 또한, 상기 평판 기판(a)은 수지 필름과 같은 플렉서블 기판일 수 있다. 또한, 상기 평판 기판(a)은 표면 또는 내부에 형성되는 다양한 소자 또는 도전 패턴을 포함할 수 있다.

[33] 상기 기판 열처리 장치(10)는 평판 기판(a)을 가열하기 위한 빔 조사 모듈에서 열 광원으로 VCSEL 소자를 사용할 수 있다. 또한, 상기 VCSEL 소자는 단일 파장의 레이저 빔을 조사할 수 있다. 예를 들면, 상기 VCSEL 소자는 바람직하게는 대략 940nm의 단일 파장의 레이저 빔을 조사하는 소자일 수 있다. 상기 기판 열처리 장치(10)는 빔 조사 모듈(200)에서 생성되는 레이저 빔을 평판 기판(a)에 조사하여 평판 기판(a)을 가열할 수 있다.

[34] 상기 기판 열처리 장치(10)는 빔 조사 모듈(200)을 구성하는 각각의 VCSEL 소자에 대하여 사전에 평가된 공급 전류와 출력 관계에 따라 전류를 공급하므로 VCSEL 소자의 출력을 균일하게 할 수 있다. 따라서, 상기 기판 열처리 장치는 평판 기판을 전체적으로 균일하게 가열할 수 있다.

[35]

[36] 상기 공정 챔버(100)는 외부 하우징(110)과 내부 하우징(120)과 빔

조사관(130)과 기관 지지대(140) 및 적외선 투과관(150)을 포함할 수 있다. 상기 공정 챔버(100)는 내부에 평판 기관(a)이 수용되어 열처리되는 공간을 제공할 수 있다. 상기 평판 기관(a)은 공정 챔버(100)의 내부에서 기관 지지대(140)에 의하여 지지될 수 있다. 상기 공정 챔버(100)는 외부에 위치하는 빔 조사 모듈(200)에서 생성되는 레이저 빔이 내부에 위치하는 평판 기관의 하면으로 조사되도록 한다. 상기 공정 챔버(100)는 빔 조사관(130)을 통과하여 레이저 빔이 기관 지지대(140)에 안착되는 평판 기관(a)의 하면으로 조사되도록 한다.

- [37] 상기 외부 하우징(110)은 내부가 중공인 통 형상으로 형성되며, 측벽(111)과 상부판(112) 및 하부판(113)을 구비할 수 있다. 상기 외부 하우징(110)은 대략 원통 형상 또는 사각통 형상, 오각통 형상 또는 육각통 형상으로 형성될 수 있다. 상기 외부 하우징(110)은 내부에서 열처리되는 평판 기관(a)의 면적보다 큰 수평 단면적을 갖는 형상으로 형성될 수 있다.
- [38] 상기 측벽(111)은 내부가 중공인 원통 형상 또는 사각통 형상, 오각통 형상 또는 육각통 형상으로 형성될 수 있다. 상기 측벽(111)은 내부에 열처리가 진행되는 열처리되는 챔버 상부 공간(100a)을 제공한다. 또한, 상기 측벽(111)은 내부에 빔 조사 모듈(200)과 기관 회전 모듈(400)의 일부가 수용되는 공간을 제공한다.
- [39] 상기 상부판(112)은 측벽(111)의 상단 평면 형상에 대응되는 판상으로 형성될 수 있다. 상기 상부판(112)은 측벽(111)의 상단에 결합되며 측벽(111)의 상부를 밀폐할 수 있다.
- [40] 상기 하부판(113)은 측벽(111)의 하부 평면 형상에 대응되며, 내측에 하부 관통홀(113)이 형성된다. 상기 하부판(113)은 소정 폭을 갖는 원형 링 또는 사각 링으로 형성될 수 있다. 상기 하부판(113)은 챔버 하부 공간(100b)의 하측 평면 형상에 따라 다양한 형상으로 형성될 수 있다. 상기 하부판(113)은 측벽(111)의 하부에 결합되며, 하부 측벽(111)의 외측을 차폐한다. 상기 하부판(113)의 관통홀의 외측에는 이하에서 설명하는 내부 하우징(120)의 하부가 결합될 수 있다.
- [41] 상기 내부 하우징(120)은 내부가 중공인 통 형상으로 형성되며, 원통 형상, 사각통 형상, 오각통 형상 또는 육각통 형상으로 형성될 수 있다. 상기 내부 하우징(120)은 외부 하우징(110)의 내경 또는 내측 폭보다 작은 외경 또는 외측 폭으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 내부 하우징(120)은 외부 하우징(110)보다 낮은 높이로 형성될 수 있다. 또한, 상기 내부 하우징(120)은 상측이 공정 챔버(100)의 내부에 안착되는 평판 기관(a)의 하부에 위치하는 높이로 형성될 수 있다. 또한, 상기 내부 하우징(120)은 상부에 위치하는 평판 기관(a)의 직경 또는 폭보다 큰 직경 또는 폭으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 내부 하우징(120)은 평판 기관(a)보다 큰 수평 면적을 갖도록 형성될 수 있다. 따라서, 상기 내부 하우징(120)의 상부에는 평판 기관(a)이 안착되는 챔버 상부 공간(100a)이 형성된다. 즉, 상기 챔버 상부 공간(100a)은 외부 하우징(110)의 내측에서 내부 하우징(120)의 상부에 형성되며, 평판 기관(a)이 안착되는 공간을 제공한다. 상기

평판 기관(a)은 내부 하우징(120)의 하부에 볼 때 열처리되는 영역의 하면이 노출되도록 챔버 상부 공간(100a)에 위치할 수 있다.

- [42] 또한, 상기 내부 하우징(120)은 하측이 외부 하우징(110)의 하측과 대략 동일한 높이에 위치하도록 결합될 수 있다. 상기 내부 하우징(120)은 하단이 하부판(113)의 내측에 결합될 수 있다. 따라서, 상기 내부 하우징(120)의 외측과 외부 하우징(110)의 내측 사이의 공간은 하부판(113)에 의하여 밀폐될 수 있다. 상기 내부 하우징(120)의 외측면과 외부 하우징(110)의 내측면 사이에는 챔버 하부 공간(100b)이 형성될 수 있다. 상기 챔버 상부 공간(100a)과 챔버 하부 공간(100b)은 외부 하우징(110)과 내부 하우징(120) 및 하부판(113)에 의하여 외부와 차폐되면서 진공 또는 공정 가스 분위기로 유지할 수 있다.
- [43] 상기 빔 조사판(130)은 내부 하우징(120)의 상부에 결합되며, 평판 기관(a)의 하부에 위치할 수 있다. 상기 빔 조사판(130)은 퀴즈, 유리와 같이 레이저 빔이 투과하는 투명판으로 형성될 수 있다. 상기 빔 조사판(130)은 레이저 빔이 투과하여 평판 기관(a)의 하면에 조사되도록 한다. 보다 구체적으로는, 상기 빔 조사판(130)은 내부 하우징(120)의 내측에서 하면을 통하여 입사되는 레이저 빔이 평판 기관(a)의 하면에 조사되도록 한다. 상기 빔 조사판(130)은 평판 기관(a)의 면적보다 큰 면적으로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 빔 조사판(130)은 직경 또는 폭이 평판 기관(a)의 직경 또는 폭보다 크게 형성될 수 있다. 상기 빔 조사판(130)은 바람직하게는 평판 기관(a)의 직경 또는 폭보다 1.1배 이상의 직경 또는 폭으로 형성될 수 있다. 이러한 경우에, 상기 빔 조사판(130)은 레이저 빔이 평판 기관(a)의 하면에 전체적으로 조사되도록 할 수 있다.
- [44] 상기 기관 지지대(140)는 상부 지지대(141) 및 연결 지지대(142)를 포함할 수 있다. 상기 기관 지지대(140)는 내부 하우징(120)의 상부에 위치하여, 평판 기관(a)의 하면이 노출되도록 평판 기관(a)의 하부 외측을 지지할 수 있다. 또한, 상기 기관 지지대(140)는 챔버 하부 공간(100b)으로 연장되어 기관 회전 모듈(400)과 결합될 수 있다. 상기 기관 지지대(140)는 기관 회전 모듈(400)의 작용에 의하여 평판 기관(a)을 회전시킬 수 있다.
- [45] 상기 상부 지지대(141)는 내측에 기관 노출홀(141a)을 구비하며 소정 폭을 갖는 링 형상으로 형성될 수 있다. 상기 상부 지지대(141)는 평판 기관(a)의 하면을 노출시키면서 평판 기관(a)의 하부 외측을 지지할 수 있다. 상기 상부 지지대(141)는 평판 기관(a)의 직경 또는 폭보다 큰 직경 또는 폭으로 형성될 수 있다.
- [46] 상기 기관 노출홀(141a)은 상부 지지대(141)의 중앙에서 상면과 하면을 관통하여 형성될 수 있다. 상기 기관 노출홀(141a)은 평판 기관(a)의 하면에서 열처리가 필요한 영역을 전체적으로 노출할 수 있도록 소정 면적으로 형성될 수 있다.
- [47] 상기 연결 지지대(142)는 대략 상부와 하부가 개방된 통 형상으로 형성되며,

내부 하우징(120)의 형상에 대응되는 형상으로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 하부 지지대는 내부 하우징(120)이 원통 형상으로 형성되는 경우에 이에 대응하여 원통 형상으로 형성될 수 있다. 상기 연결 지지대(142)는 챔버 상부 공간(100a)과 챔버 하부 공간(100b)에 걸쳐서 위치할 수 있다. 상기 연결 지지대(142)는 상부가 상부 지지대(141)의 외측에 결합되며, 하부가 챔버 하부 공간(100b)으로 연장되어 기관 회전 모듈(400)과 결합될 수 있다. 따라서, 상기 연결 지지대(142)는 기관 회전 모듈(400)에 의하여 회전되면서 상부 지지대(141)와 평판 기관(a)을 회전시킬 수 있다.

[48] 상기 적외선 투과판(150)은 측벽(111) 상부의 평면 형상에 대응되는 판상으로 형성될 수 있다. 상기 적외선 투과판(150)은 투명 쿼츠로 형성될 수 있다. 상기 적외선 투과판(150)은 측벽(111) 상부에서 상부판(112)과 기관 지지대(140)의 사이에 위치할 수 있다. 상기 적외선 투과판(150)은 외부 하우징(110)의 챔버 상부 공간(100a)을 열처리 공간(100c)과 냉각 가스 공간(100d)으로 분리할 수 있다. 상기 열처리 공간은 평판 기관(a)이 위치하여 열처리가 진행되는 공간이다. 상기 냉각 가스 공간은 적외선 투과판(150)을 냉각하기 위한 냉각 가스가 유입되는 공간이며, 열처리 공간의 상부에 위치한다. 상기 적외선 투과판(150)은 하면이 평판 기관(a)의 상부에서 평판 기관(a)의 상면과 대향하여 위치할 수 있다. 한편, 상기 적외선 투과판(150)은 외부 하우징(110)의 상면을 형성하고, 적외선 투과판(150)의 상부의 측벽(111)과 상부판(112)이 별도로 형성되어 적외선 투과판(150)의 상부에 결합될 수 있다.

[49] 상기 적외선 투과판(150)은 투명 쿼츠로 형성되어 열처리 공정 중에 평판 기관(a)에서 발생하는 복사 에너지를 외부로 투과시킬 수 있다. 특히, 상기 적외선 투과판(150)은 적외선을 포함하는 파장의 복사 에너지를 외부로 투과시킬 수 있다. 또한, 상기 적외선 투과판(150)은 400°C 이하의 온도로 유지되며 바람직하게는 300 ~ 400°C의 온도로 유지될 수 있다. 상기 적외선 투과판(150)은 300 ~ 400°C의 온도로 유지되므로, 공정 가스에 의한 화학 증착이 방지되어 증착에 의한 방사를 증가가 방지될 수 있다. 여기서 상기 공정 가스는 열처리 공정의 종류에 따라 다를 수 있다. 예를 들면, 상기 에피택셜 공정에서 공정 가스는 SiH_4 , SiH_2Cl_2 , SiHCl_3 , 또는 SiCl_4 와 같은 가스들이 사용될 수 있다.

[50] 상기 냉각 가스는 온도가 400°C이하인 경우에 화학 증착이 현저히 감소될 수 있다. 또한, 상기 적외선 투과판(150)은 열처리 공정의 회수에 따라 방사율이 증가되지 않으므로, 공정이 진행되는 평판 기관(a)들 사이의 공정 온도 차이를 감소시킬 수 있다.

[51]

[52] 상기 빔 조사 모듈(200)은 소자 배열판(210) 및 VCSEL 소자(220)를 포함할 수 있다. 상기 빔 조사 모듈(200)은 공정 챔버(100)의 외측 하부에 위치하여 빔 조사판(130)을 통하여 평판 기관(a)의 하면으로 레이저 빔을 조사할 수 있다. 상기 빔 조사 모듈(200)은 내부 하우징(120)의 내측에서 빔 조사판(130)의 하부에

위치할 수 있다.

- [53] 상기 빔 조사 모듈(200)은 소자 배열판(210)의 상면에 복수 개의 VCSEL 소자(220)가 격자 형태로 배열될 수 있다. 상기 VCSEL 소자(220)는, 도 2와 도 3을 참조하면, 소자 배열판(210)의 상면에 x 방향과 y 방향으로 배열되어 격자 형상으로 배열될 수 있다.
- [54] 상기 소자 배열판(210)은 소정 면적과 두께를 갖는 판상으로 형성될 수 있다. 상기 소자 배열판(210)은 바람직하게는 평판 기판(a)의 형상과 면적에 대응되도록 형성될 수 있다. 상기 소자 배열판(210)은 열전도성이 있는 세라믹 재질 또는 금속 재질로 형성될 수 있다. 상기 소자 배열판(210)은 VCSEL 소자(220)에서 발생하는 열을 방열시키는 작용을 할 수 있다.
- [55] 상기 VCSEL 소자(220)는 소자 기판(221)과 레이저 발광 소자(222)와 전극 단자(223) 및 냉각 블록(224)을 포함할 수 있다. 상기 VCSEL 소자(220)는 복수 개가 소자 배열판(210)에 격자 방향으로 배열되어 위치할 수 있다. 상기 VCSEL 소자(220)는 소자 배열판(210)의 표면에서 평판 기판(a)의 조사 영역에 레이저 빔을 조사하는데 필요한 영역에 배열될 수 있다. 상기 소자 기판(221)은 별도의 접착제층(226)에 의하여 냉각 블록(224)에 결합될 수 있다.
- [56] 상기 VCSEL 소자는 복수 개가 광출력이 균일하게 되도록 공급 전류가 공급될 수 있다. 즉, 상기 VCSEL 소자들은 각각에 공급되는 공급 전류가 개별적으로 제어되어 광출력이 전체적으로 균일하게 될 수 있다. 여기서 상기 광출력은 VCSEL 조사에서 조사되는 레이저 빔의 방사 에너지 또는 출력을 의미할 수 있다. 상기 광출력은 파이로미터와 같은 측정 수단을 이용하여 측정될 수 있다. 또한, 상기 VCSEL 소자들은 사전에 평가된 공급 전류와 광출력 관계에 따라 공급 전류가 개별적으로 다르게 공급될 수 있다. 따라서, 상기 VCSEL 소자들은 광출력을 전체적으로 균일하게 제어하며, 평판 기판의 온도 편차를 감소시킬 수 있다.
- [57] 상기 VCSEL 소자는 반도체 웨이퍼의 평면을 기준으로 중심부와 외곽부가 각각 독립적으로 공급 전류가 다르게 공급될 수 있다. 또한, 상기 VCSEL 소자는, 도 2에서 보는 바와 같이 복수개의 존(zone)으로 구분되어 존별로 독립적으로 공급 전류가 다르게 공급될 수 있다. 다만, 상기 VCSEL 소자는 이경우에도 각각 서로 다른 공급 전류가 공급될 수 있다. 상기 VCSEL 소자를 구성하는 레이저 발광 유닛은 고유의 광효율을 가지므로 동일한 전류가 공급되더라도 출력되는 광출력이 동일하지 않을 수 있다. 따라서, 상기 VCSEL 소자는 각 소자별 공급 전류에 따른 출력을 사전에 측정하고 필요한 출력을 위한 공급 전류를 개별적으로 결정하여 공급할 수 있다.
- [58] 상기 VCSEL 소자(220)는 복수 개의 레이저 발광 유닛(222)이 x 축 방향과 y 축 방향으로 배열되어 형성된다. 상기 VCSEL 소자(220)는 구체적으로 도시하는 않았지만, 레이저 발광 유닛(222)을 고정하기 위한 발광 프레임(미도시)과 레이저 발광 유닛(222)에 전류를 공급하기 위한 전력선(미도시)을 구비하여

형성될 수 있다. 상기 VCSEL 소자(220)는 전체 레이저 발광 유닛(222)에 동일한 전류가 인가되도록 형성될 수 있다. 또한, 상기 VCSEL 소자(220)는 각각의 레이저 발광 유닛(222)에 서로 다른 전력이 인가되도록 형성될 수 있다.

- [59] 상기 소자 기판(221)은 전자 소자를 실장하는데 사용되는 일반적인 기판으로 형성될 수 있다. 상기 소자 기판(221)은 레이저 발광 유닛(222)이 실장되는 소자 영역(221a) 및 단자가 실장되는 단자 영역(221b)으로 구분될 수 있다. 상기 소자 영역(221a)은 복수 개의 레이저 발광 유닛(222)이 격자 형상으로 배열되어 실장될 수 있다. 상기 단자 영역(221b)은 소자 영역(221a)에 접하여 위치하며 복수 개의 단자가 실장될 수 있다.
- [60] 상기 레이저 발광 유닛(222)은 레이저 빔을 조사하는 다양한 발광 소자로 형성될 수 있다. 상기 레이저 발광 유닛(222)은 바람직하게는 VCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser) 유닛으로 형성될 수 있다. 상기 VCSEL 유닛은 940nm의 단일 파장의 레이저 빔을 조사할 수 있다. 상기 VCSEL 유닛은 사각 형상으로 이루어지며, 바람직하게는 정사각형 또는 폭과 길이의 비가 1:2를 초과하지 않는 직사각형 형상으로 형성될 수 있다. 상기 VCSEL 유닛은 육면체 형상의 칩으로 제조되며, 일면에서 고출력의 레이저 빔이 발진된다. 상기 VCSEL 유닛은 고출력의 레이저 빔을 발진하므로, 기존의 할로젠 램프에 대비하여 평판 기판(a)의 온도 상승률을 증가시킬 수 있으며, 수명도 상대적으로 길다.
- [61] 상기 레이저 발광 유닛(222)은 복수 개가 소자 기판(221)의 상면에서 소자 영역(221a)에 x 방향과 y 방향으로 배열되어 격자 형상으로 배열될 수 있다. 상기 레이저 발광 유닛(222)은 소자 영역(221a)의 면적과 평판 기판(a)에 조사되는 레이저 빔의 에너지 량에 따라 적절한 개수가 적절한 간격으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 레이저 발광 유닛(222)은 발광되는 레이저 빔이 인접하는 레이저 발광 유닛(222)의 레이저 빔과 오버랩될 때 균일한 에너지를 조사할 수 있는 간격으로 위치할 수 있다. 이때, 상기 레이저 발광 유닛(222)은 인접하는 레이저 발광 소자(222)와 측면이 서로 접촉되어 이격 거리가 없도록 위치할 수 있다.
- [62] 상기 전극 단자(223)는 소자 기판(221)의 단자 영역(221b)에 복수 개로 형성될 수 있다. 상기 전극 단자(223)는 + 단자와 - 단자를 포함하며, 레이저 발광 유닛(222)에 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 전극 단자(223)는, 구체적으로 도시하지 않았지만, 다양한 방식으로 레이저 발광 유닛(222)에 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 전극 단자(223)는 레이저 발광 유닛(222)의 구동에 필요한 전류를 공급할 수 있다.
- [63] 상기 냉각 블록(224)은 소자 기판(221)의 평면 형상에 대응되는 평면 형상과 소정 높이로 형성될 수 있다. 상기 냉각 블록(224)은 열전도성이 있는 세라믹 재질 또는 금속 재질로 형성될 수 있다. 상기 냉각 블록(224)은 소자 기판(221)의 하면에 별도의 점착제층에 의하여 결합될 수 있다. 상기 냉각 블록(224)은 소자 기판(221)의 표면에 실장되는 레이저 발광 유닛(222)에서 발생하는 열을 하부로 방출할 수 있다. 따라서, 상기 냉각 블록(224)은 소자 기판(221)과 레이저 발광

유닛(222)을 냉각할 수 있다.

- [64] 상기 냉각 블록(224)은 내부에 냉각수가 흐르는 냉각 유로(224a)가 형성될 수 있다. 상기 냉각 유로(224a)는 유입구와 유출구가 하면에 형성되고, 냉각 블록(224)의 내부에 다양한 형태의 유로로 형성될 수 있다.
- [65]
- [66] 상기 가스 분사 모듈(300)은 가스 분사판(310)과 가스 공급관(320) 및 가스 배출관(330)을 포함할 수 있다. 상기 가스 분사 모듈(300)은 적외선 투과관(150)의 상면에 냉각 가스를 분사하여 적외선 투과관(150)을 냉각시킬 수 있다. 상기 냉각 가스는 질소 가스, 아르곤 가스 또는 압축 냉각 공기일 수 있다.
- [67] 상기 가스 분사판(310) 판상으로 형성되며, 상면에서 하면으로 관통되는 가스 분사홀(311)을 구비할 수 있다. 상기 가스 분사판(310)은 외부 하우징(110)의 상부에서 상부판(112)과 적외선 투과관(150)의 사이에 적외선 투과관(150)과 평행하게 위치할 수 있다. 상기 가스 분사판(310)은 가스 분사 공간을 상부 가스 공간과 하부 가스 공간으로 분리할 수 있다.
- [68] 상기 가스 분사홀(311)은 가스 분사판(310)의 상면에서 하면으로 관통되어 형성된다. 즉, 상기 가스 분사홀(311)은 상부 가스 공간과 하부 가스 공간을 연결할 수 있다. 상기 가스 분사홀(311)은 외부에서 상기 가스 분사 공간으로 유입되는 냉각 가스를 하부 가스 공간으로 분사할 수 있다.
- [69] 상기 가스 분사홀(311)은 복수 개가 가스 분사판(310)에 전체적으로 이격되어 형성될 수 있다. 상기 가스 분사홀(311)은 상부 가스 공간으로 공급되는 냉각 가스를 보다 균일하게 하부 가스 공간으로 분사할 수 있다. 따라서, 상기 가스 분사판(310)은 하부의 적외선 투과관(150)을 보다 균일하게 냉각할 수 있다.
- [70] 상기 가스 공급관(320)은 양측이 개방된 관 형상으로 형성되며, 외부 하우징(110)의 상부판(112)에서 외부 하우징(110)의 내측으로 관통되도록 결합된다. 즉, 상기 가스 공급관(320)은 외부에서 상부판(112)을 관통하여 상부 가스 공간으로 관통된다. 상기 가스 공급관(320)은 상부판(112)의 면적에 따라 복수 개로 형성될 수 있다. 상기 가스 공급관(320)은 외부의 냉각 가스 공급 장치와 연결되어 냉각 가스를 공급받을 수 있다.
- [71] 상기 가스 배출관(330)은 양측이 개방된 관 형상으로 형성되며, 하부 가스 공간에서 외측으로 관통되도록 외부 하우징(110)의 측벽(111)에 결합될 수 있다. 즉, 상기 가스 배출관(330)은 외부에서 측벽(111)을 관통하여 하부 가스 공간으로 관통된다. 상기 가스 배출관(330)은 상부판(112)의 면적에 따라 복수 개로 형성될 수 있다. 상기 가스 배출관(330)은 하부 가스 공간으로 유입된 냉각 가스를 외부로 배출할 수 있다.
- [72]
- [73] 상기 기관 회전 모듈(400)은 내측 회전 수단(410) 및 외측 회동 수단(420)을 포함할 수 있다. 상기 기관 회전 모듈(400)은 기관 지지대(140)를 비접촉식으로 수평 방향으로 회전시킬 수 있다. 보다 구체적으로는 상기 내측 회전 수단(410)은

공정 챔버(100)의 챔버 하부 공간(100b)에서 기판 지지대(140)의 하부에 결합될 수 있다. 또한, 상기 외측 회동 수단(420)은 공정 챔버(100)의 외측에서 내측 회전 수단(410)과 대향하여 위치할 수 있다. 상기 외측 회동 수단(420)은 내측 회전 수단(410)을 자력을 이용하여 비접촉식으로 회전시킬 수 있다.

- [74] 상기 내측 회전 수단(410)은 모터의 로터와 같은 구조로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 내측 회전 수단(410)은 전체적으로 링 형상으로 형성되며 N극과 S극이 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 자석 구조로 형성될 수 있다. 상기 내측 회전 수단(410)은 기판 지지대(140)의 하부 측, 연결 지지대(142)에 결합될 수 있다. 이때, 상기 내측 회전 수단(410)은 하부판(113)의 상부에서 상측으로 이격되어 위치할 수 있다. 한편, 상기 내측 회전 수단(410)은, 구체적으로 도시하지 않았지만, 회전시에 진동을 방지하거나 원활하게 회전할 수 있도록 별도의 지지 수단에 의하여 지지될 수 있다. 예를 들면, 상기 내측 회전 수단(410)은 하부에 지지 베어링 또는 롤러에 의하여 지지될 수 있다.
- [75] 상기 외측 회동 수단(420)은 모터의 스테이터와 같은 구조로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 외측 회동 수단(420)은 링 형태로 형성되는 철심과 철심에 권취되는 도선을 포함할 수 있다. 상기 외측 회동 수단(420)은 도선에 공급되는 전원에 의하여 발생하는 자력으로 내측 회전 수단(410)을 회전시킬 수 있다. 상기 외측 회동 수단(420)은 외부 하우징(110)을 기준으로 내측 회전 수단(410)과 대향하도록 외부 하우징(110)의 외부에 위치할 수 있다. 즉, 상기 외측 회동 수단(420)은 내측 회전 수단(410)과 동일한 높이에서 외부 하우징(110)을 기준으로 외측에 위치할 수 있다.
- [76]
- [77] 다음은 본 발명의 일 실시예에 따른 VCSEL 소자의 개별 출력 제어가 가능한 기판 열처리 장치에서 VCSEL 소자의 출력을 제어하는 방법에 대하여 설명한다.
- [78] 도 5는 도 1의 기판 열처리 장치에서 반도체 웨이퍼의 온도를 측정하는 위치를 표시한 평면도이다. 도 6은 도 5의 빔 조사 모듈을 구성하는 VCSEL 소자들의 시간 간격별로 공급 전류와 측정된 광출력의 측정 데이터에 대한 테이블이다. 도 7은 7번 VCSEL 소자의 상관 관계에 대한 그래프와 3차원 방정식을 나타낸다. 도 8은 8번 VCSEL 소자의 상관 관계에 대한 그래프와 3차원 방정식을 나타낸다. 도 9는 9번 VCSEL 소자의 상관 관계에 대한 그래프와 3차원 방정식을 나타낸다.
- [79]
- [80] 먼저, 상기 빔 조사 모듈(200)에 사용되는 복수 개의 VCSEL 소자들에 대하여 각각 공급되는 공급 전류와 공급 전류에 따른 레이저 빔의 출력을 실험적으로 측정한다. 또한, 상기 VCSEL 소자에 대하여 측정 결과를 사용하여 공급 전류와 출력에 대한 상관 관계를 설정한다. 상기 VCSEL 소자는 각각의 레이저 발광 유닛의 특성과 레이저 발광 유닛을 연결하는 배선의 전기 저항등에 따라 동일한 전류가 공급되더라도 출력이 다를 수 있다. 즉, 상기 VCSEL 소자를 구성하는 레이저 발광 유닛은 고유의 광효율을 가지므로 동일한 전류가 공급되더라도

출력되는 광출력이 동일하지 않을 수 있다. 따라서, 상기 VCSEL 소자는 각 소자별 공급 전류에 따른 출력을 사전에 측정하고 필요한 출력을 위한 공급 전류를 개별적으로 결정하여 공급할 수 있다. 특히, 상기 VCSEL 소자는 전체적으로 출력이 동일하게 되도록 서로 다른 공급 전류가 공급될 수 있다.

- [81] 상기 상관 관계는 VCSEL 소자에 공급되는 공급 전류와 VCSEL 소자의 레이저 빔의 광출력에 대한 방정식 또는 룩업 테이블일 수 있다. 상기 상관 관계는 빔 조사 모듈(200)에 사용되는 전체 VCSEL 소자에 대하여 각각 설정한다. 따라서, 상기 VCSEL 소자는 모두 빔 조사 모듈(200)에 장착되기 전에 미리 상관 관계가 설정될 수 있다. 상기 VCSEL 소자가 상관 관계에 의하여 제어되는 경우에 기존의 상대적으로 적은 교정값들로부터 일부 구간만을 제어하는 방식과 대비하여 온도 균일도 측면에서 상대적으로 온도 균일성을 증가시킬 수 있다.
- [82] 상기 상관 관계는 각각의 VCSEL 소자에 대하여 공급되는 공급 전류와 이에 따른 출력을 실험적으로 측정한 후에 방정식으로 설정될 수 있다. 상기 출력은 VCSEL 소자로부터 일정 거리 이격된 위치에서 측정되는 광출력일 수 있다. 여기서 이격 거리는 상기 VCSEL 소자가 실제로 장착되는 기관 열처리 장치에서 VCSEL 소자와 기관의 거리일 수 있다. 또한, 상기 출력은 VCSEL 소자로부터 일정 거리 이격된 위치에 위치하는 파이로미터에 의하여 측정되는 광출력일 수 있다. 또한, 상기 출력은 레이저 빔이 조사되는 기관의 온도일 수 있다. 여기서 이격 거리는 상기 VCSEL 소자가 실제로 장착되는 기관 열처리 장치에서 VCSEL 소자와 기관의 거리일 수 있다.
- [83] 이하에서는 상기 상관 관계를 설정하는 방법에 대하여 구체적으로 설명한다. 상기 상관 관계는 3차원 방정식으로 설정될 수 있다. 상기 상관 관계는 공급 전류에 대한 광출력으로 설정될 수 있다.
- [84] 예를 들어, 도 5에서 7번과 8번과 9번으로 표시된 위치에 위치하는 VCSEL 소자에 대하여 측정한 결과를 설명한다. 상기 공급 전류는 0.000A부터 5.530까지 0.005 ~ 0.010A 간격으로 증가시키면서 설정 대상인 VCSEL 소자에 공급한다. 상기 공급 전류는 0.2초 간격으로 증가시킨다. 상기 광출력은 VCSEL 소자에서 설정된 이격 거리에 위치하는 파이로미터를 이용하여 측정한다. 도 6은 시간 간격별로 공급 전류와 측정된 광출력의 측정 데이터에 대한 테이블이다. 도 6에 표시된 데이터들은 측정 데이터에서 일부만을 표시한다. 도 6에서 보는 바와 같이 0.02초 간격으로 공급 전류가 증가되며, 광출력도 함께 증가되는 것을 확인할 수 있다. 상기 VCSEL 소자에 대하여 공급된 공급 전류와 측정된 광출력의 데이터를 피팅하여 3차원 함수를 결정한다. 도 7과 도 8 및 도 9에서 보는 바와 같이 공급 전류와 광출력에 대한 그래프가 도시되며, 그래프에 대한 3차원 방정식이 설정된다. 도 7과 도 8 및 도 9에 도시된 그래프는 피팅 과정을 통하여 3차원 방정식으로 설정된다. 7번과 8번 및 9번은 각각의 3차원 방정식의 계수에서 서로 차이가 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 각 VCSEL 소자는 공급되는 전류가 동일한 경우에도 광출력에서 차이가 있는 것을 확인할 수 있다.

상기 빔 조사 모듈은 각각의 VCSEL 소자에 대하여 3차원 방정식으로 공급 전류와 광출력에 대한 3차원 방정식이 설정된다.

- [85] 한편, 도 6에 도시된 공급 전류와 광출력의 테이블은 룩업 테이블로 사용될 수 있다. 즉, 도 6의 테이블은 각 VCSEL 소자 별로 공급 전류와 광출력의 상관 관계를 0.000A부터 5.530까지 0.005 ~ 0.010A 간격으로 공급 전류에 대하여 광출력을 표시한다. 따라서, 상기 도 6의 테이블은 각 VCSEL 소자 별로 공급 전류와 이에 대한 광출력을 표시하는 룩업 테이블로 사용될 수 있다.
- [86] 또한, 상기 공급 전류와 광출력의 상관 관계는 3차원 방정식외에도 2차원 방정식 또는 4차원 이상의 방정식으로 설정될 수 있다. 또한, 상기 상관 관계는 입력(즉, x값)이 공급 전류이고, 출력(즉, y값)이 광출력으로 설정되지만, 그 반대로 입력(즉, x값)이 광출력이고, 출력(즉, y값)이 공급 전류로 설정될 수 있다.
- [87] 상기 빔 조사 모듈의 각 VCSEL 소자들은 동일한 광출력을 출력하는데 필요한 공급 전류가 각 VCSEL 소자 별로 설정된 3차 방정식에 의하여 산출된다. 상기 VCSEL 소자들은 산출된 공급 전류를 공급받아 레이저 빔을 출력하도록 제어된다.
- [88] 다음은 상기 빔 조사 모듈(200)이 기관 열처리 장치에 장착되며, 레이저 빔을 조사하여 평판 기관을 가열할 수 있다. 상기 VCSEL 소자는 평판 기관을 설정된 가열 온도로 가열하기 위하여 필요한 출력을 갖는 레이저 빔을 평판 기관에 조사할 수 있다. 상기 VCSEL 소자의 출력은 평판 기관의 가열 온도에 따라 미리 설정될 수 있다. 또한, 상기 VCSEL 소자의 출력은 평판 기관의 가열 온도를 가열 과정에서 실시간으로 측정하여 변경될 수 있다. 상기 VCSEL 소자는 각각 필요한 출력을 위한 공급 전류를 공급받을 수 있다. 이때, 상기 공급 전류는 미리 설정된 상관 관계에 따라 정해질 수 있다. 상기 VCSEL 소자는 각각 설정된 상관 관계에 따라 서로 다른 공급 전류가 공급될 수 있다. 상기 빔 조사 모듈(200)은 구체적으로 도시하지 않았지만, 각각의 VCSEL 소자로 공급되는 공급 전류를 제어하기 위한 제어 모듈을 구비할 수 있다.
- [89]
- [90] 다음은 본 발명의 일 실시예에 따른 기관 열처리 장치의 평판 기관 가열 균일도에 대한 평가 결과를 설명한다.
- [91] 도 10은 도 5의 반도체 웨이퍼에서 온도 분포를 측정한 결과 그래프이다. 도 11은 종래의 기관 열처리 장치에서 반도체 웨이퍼의 온도 분포를 측정한 결과 그래프이다.
- [92] 상기 기관 열처리 장치는 반도체 기관의 중심부를 528°C로 가열하고, 외곽부를 509°C로 가열하도록 설정된다. 상기 기관 열처리 장치의 빔 조사 모듈(200)은 각각의 VCSEL 소자에 공급되는 공급 전류를 설정된 가열 온도에 필요한 출력으로 설정한다. 즉, 상기 VCSEL 소자는 각각 서로 다른 공급 전류를 공급받아 레이저 빔을 조사한다. 상기 평판 기관은 반도체 웨이퍼를 사용하였다. 상기 기관 열처리 장치는, 도 5에 도시된 바와 같이 반도체 기관의 18곳에서 각각

온도를 측정한다. 상기 평판 기판은, 도 10에서 보는 바와 같이, 중심부가 526 ~ 530°C의 범위로 가열되고, 외곽부가 508 ~ 510°C의 범위로 가열되는 것을 확인할 수 있다. 상기 평판 기판은 상대적으로 좁은 온도 범위로 균일하게 가열되는 것을 확인할 수 있다.

- [93] 이에 비하여, 도 11을 참조하면, 기존의 기판 열처리 장치는 반도체 웨이퍼를 상대적으로 넓은 온도 범위로 가열하는 것을 확인할 수 있다. 상기 기판 열처리 장치의 소자 모듈은 정전류 방식으로 VCSEL 소자에 공급 전류를 공급할 수 있다. 즉, 상기 소자 모듈은 모두 동일한 공급 전류를 공급받아 레이저 빔을 출력한다. 상기 소자 모듈은 서로 다른 출력의 레이저 빔을 조사하며, 반도체 웨이퍼는 가열되는 온도 범위가 넓게 된다. 또한, 상기 반도체 웨이퍼는 중심부와 외곽부의 온도 구분이 명확하지 않은 것을 확인할 수 있다.

[94]

- [95] 본 명세서에 개시된 실시예는 여러 가지 실시 가능한 예중에서 당업자의 이해를 돕기 위하여 가장 바람직한 실시예를 선정하여 제시한 것일 뿐, 이 발명의 기술적 사상이 반드시 이 실시예에만 의해서 한정되거나 제한되는 것은 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변화와 부가 및 변경이 가능함 물론, 균등한 다른 실시예의 구현이 가능하다.

청구범위

- [청구항 1] 내부에 열처리되는 평판 기판이 위치하는 공정 챔버 및 복수 개의 VCSEL 소자를 포함하며, 상기 평판 기판으로 레이저 빔을 조사하는 빔 조사 모듈을 포함하며, 상기 빔 조사 모듈은 상기 VCSEL 소자들의 출력이 동일하게 되도록 공급 전류가 제어되는 것을 특징으로 하는 기판 열처리 장치.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 상기 VCSEL 소자는 각각 서로 다른 공급 전류가 공급되는 것을 특징으로 하는 기판 열처리 장치.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서, 상기 VCSEL 소자는 각각 공급 전류와 출력에 대한 상관 관계가 미리 설정되는 것을 특징으로 하는 기판 열처리 장치.
- [청구항 4] 제 2 항에 있어서, 상기 VCSEL 소자의 상관 관계는 방정식 또는 룩업 테이블로 설정되는 것을 특징으로 하는 기판 열처리 장치.
- [청구항 5] 제 3 항에 있어서, 상기 VCSEL 소자는 각각 상기 상관 관계에 따라 필요로 하는 출력을 위한 공급 전류가 공급되는 것을 특징으로 하는 기판 열처리 장치.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서, 상기 공정 챔버는 상기 평판 기판의 하부에 위치하는 빔 조사판과 상기 평판 기판의 상부에 위치하는 적외선 투과판과, 상기 평판 기판이 내부에 안착되는 측벽과, 상기 측벽의 내부에서 상기 평판 기판의 상부에 상기 적외선 투과판과 상부판이 위치하는 외부 하우징 및 상기 외부 하우징의 내측에서 상기 평판 기판의 하부에 위치하며 상기 빔 조사판이 상부에 위치하는 내부 하우징을 포함하며, 상기 빔 조사 모듈은 상기 내부 하우징의 내부에서 상기 빔 조사판의 하부에 위치하는 것을 특징으로 하는 기판 열처리 장치.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서, 상기 적외선 투과판은 투명 쿼츠로 형성되는 것을 특징으로 하는 기판 열처리 장치.
- [청구항 8] 제 6 항에 있어서, 상기 공정 챔버는 상기 평판 기판의 외측을 지지하는 기판 지지대를 더 포함하며, 상기 VCSEL을 이용한 기판 열처리 장치는 상기 기판 지지대를 지지하여 회전시키는 기판 회전 모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기판 열처리 장치.

- [청구항 9] 제 8 항에 있어서,
상기 기관 회전 모듈은
N극과 S극이 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 링 형상이며, 상기 챔버
하부 공간의 내부에서 기관 지지대의 하부에 결합되는 내측 회전 수단 및
상기 외부 하우징의 외측에서 상기 내측 회전 수단과 대향하여 위치하며
자력을 발생시켜 상기 내측 회전 수단을 회전시키는 외측 회동 수단을
구비하는 것을 특징으로 하는 기관 열처리 장치.