

명세서

발명의 명칭: VCSEL를 이용한 기판열처리장치

기술분야

- [1] 본 발명은 VCSEL에서 조사되는 레이저를 이용하여 반도체 웨이퍼 또는 유리 기판과 같은 평판 기판을 가열하여 열처리하는 VCSEL를 이용한 기판 열처리 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 평판 패널 디스플레이 장치는 유리 기판과 같은 평판 기판에 저온 다결정 실리콘 박막을 증착한 후에 실리콘 박막 결정화 공정, 이온 주입 공정 및 활성화 공정과 같은 제조 공정이 진행되어 제조될 수 있다.
- [3] 상기 활성화 공정은 트랜지스터의 소스/드레인 영역에 대한 이온 주입 공정 후에 이온 주입에 따른 평판 기판의 손상을 치유하고 전기적인 활성화를 부여하기 위하여 진행될 수 있다. 상기 활성화 공정은 활성화 열처리 효율을 높이고, 고온 활성화 과정에서 확산에 의한 junction depth가 증가하는 것을 막기 위하여 평판 기판을 급속 가열과 냉각하는 급속 열처리 공정으로 진행할 수 있다.
- [4] 상기 급속 열처리 공정은 할로젠 램프를 사용하여 1,000 ~ 1,200°C에서 수초 동안 열처리하는 Rapid Thermal Process (RTP)가 사용될 수 있다. 또한, 상기 급속 열처리 공정은 열처리 시간을 msec ~ usec의 영역으로 줄이기 위해 Xe-flash lamp를 이용하며, usec ~ msec의 영역에서 조사하는 방법(Flash Lamp Annealing: FLA)과 Laser를 조사하는 방법 (Laser Spike Annealing: LSA)이 사용될 수 있다.
- [5] 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 조사 모듈을 이용하여, 반도체 웨이퍼에 레이저 빔을 균일하게 조사하여 열처리하는 방식이다. 상기 VCSEL 소자는 micro-emitter에서 레이저 빔을 방출할 수 있다. 상기 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 조사 모듈은 복수 개의 VCSEL 소자를 포함하는 서브 조사 모듈을 구성하고, 복수 개의 서브 조사 모듈이 전체 반도체 웨이퍼를 커버하는 영역까지 배치될 수 있다.
- [6] 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

- [7] 본 발명은 열처리 과정에서 평판 기관의 온도 편차를 감소시키고, 온도 균일도를 증가시킬 수 있는 열처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [8] 또한, 본 발명은 소자 모듈에서 열을 효율적으로 냉각시켜 소자 모듈의 수명을 연장시킬 수 있는 열처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [9] 본 발명의 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치는 열처리 되는 평판 기관이 안착되는 공정 챔버 및 소자 배열판 및 상기 소자 배열판의 상면에 안착되며 VCSEL 소자가 실장되는 소자 영역 및 전극 단자가 실장되며 상기 소자 영역의 전측 또는 후측에 위치하는 단자 영역을 구비하는 서브 조사 모듈을 포함하여 상기 평판 기관에 레이저 빔을 조사하는 조사 모듈을 포함하며, 상기 조사 모듈은 x 축 방향으로 상기 소자 영역과 단자 영역이 각각 배열되고, 상기 x 축 방향에 수직인 y 축 방향으로 상기 소자 영역과 단자 영역이 교대로 배열되는 것을 특징으로 한다.
- [10] 또한, 상기 서브 조사 모듈은 상기 소자 영역이 사각 형상으로 형성되며, 상기 단자 영역이 상기 소자 영역의 전단 타측 및 후단 일측에서 돌출되어 형성되며, 상기 조사 모듈은 상기 x 축 방향으로 상기 소자 영역과 단자 영역이 각각 연속적으로 배열되고, 상기 y 축 방향으로 상기 소자 영역과 단자 영역이 교대로 배열될 수 있다.
- [11] 또한, 상기 서브 조사 모듈은 상기 소자 영역이 사각 형상으로 형성되며, 상기 단자 영역이 상기 소자 영역의 전단에 전체 폭으로 형성되며, 상기 조사 모듈은 상기 x 축 방향으로 상기 소자 영역과 단자 영역이 각각 연속적으로 배열되고, 상기 y 축 방향으로 상기 소자 영역과 단자 영역이 교대로 배열될 수 있다.
- [12] 또한, 상기 서브 조사 모듈은 사각형 형상으로 형성되며, 상기 단자 영역이 상기 사각형 형상의 전단 타측과 후단 일측에 소정 길이와 전체 폭의 절단에 해당하는 폭을 갖는 직사각형 형상으로 형성되고, 상기 소자 영역이 상기 단자 영역을 제외한 영역에 형성되며, 상기 조사 모듈은 상기 x 축 방향으로 상기 소자 영역과 단자 영역이 교대로 배열되는 영역 및 상기 소자 영역만이 배열되는 영역을 구비하며, 상기 y 축 방향으로 소자 영역과 단자 영역이 교대로 배열될 수 있다.
- [13] 또한, 상기 서브 조사 모듈은 각각 독립적으로 전원이 공급되도록 형성될 수 있다.
- [14] 또한, 상기 서브 조사 모듈은 상기 VCSEL 소자와 전극 단자가 실장되는 소자 기관 및 상기 소자 기관의 하부에 결합되어 상기 소자 기관과 VCSEL 소자를 냉각하는 냉각 블록을 포함하며, 상기 냉각 블록은 내부에 냉각수가 흐르는 냉각 유로가 형성될 수 있다.
- [15] 또한, 상기 공정 챔버는 외부 하우징과, 상기 외부 하우징의 내측에 상기 외부 하우징보다 낮은 높이로 형성되는 내부 하우징과, 상기 내부 하우징의 상부에 위치하는 빔 투과판 및 상기 외부 하우징과 내부 하우징의 하부에 결합되는

하부판을 포함하고, 상기 외부 하우징의 내측과 상기 내부 하우징의 상부에 형성되어 상기 평판 기관이 안착되는 공간을 제공하는 상부 수용 공간 및 상기 내부 하우징의 외측면과 외부 하우징의 내측면 사이에 형성되는 하부 수용 공간을 구비하며, 상기 조사 모듈은 상기 빔 투과판의 하부에 위치하여 상기 평판 기관의 하면으로 상기 레이저 빔을 조사할 수 있다.

- [16] 또한, 상기 공정 챔버는 상기 평판 기관의 외측을 지지하며, 상기 하부 수용 공간으로 연장되어 형성되는 기관 지지대를 더 포함하며, 상기 기관 열처리 장치는 N극과 S극이 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 링 형상이며, 상기 하부 수용 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 기관 회전 모듈을 더 포함할 수 있다.
- [17] 또한, 상기 기관 열처리 장치는 상기 평판 기관을 지지하여 회전시키는 기관 회전 모듈을 더 포함할 수 있다.
- [18] 또한, 상기 조사 모듈은 상기 평판 기관의 중심에 상기 소자 영역이 위치하도록 형성될 수 있다.
- [19] 또한, 상기 조사 모듈은 상기 평판 기관의 중심에 상기 단자 영역이 위치하도록 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [20] 본 발명의 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치는 서브 조사 모듈의 배치를 최적화함으로써 평판 기관에 레이저 빔을 균일하게 조사하여 평판 기관의 온도 편차를 감소시키고, 온도 균일도를 증가시킬 수 있는 효과가 있다.
- [21] 또한, 본 발명의 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치는 평판 기관을 평판 기관을 회전시킴으로써 평판 기관에 레이저 빔을 균일하게 조사하여 평판 기관의 온도 편차를 감소시키고, 온도 균일도를 증가시킬 수 있는 효과가 있다.
- [22] 또한, 본 발명의 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치는 각각의 서브 조사 모듈에 전원을 독립적으로 인가함으로써 조사되는 레이저 빔에 의한 광 에너지의 균일도를 증가시킬 수 있다.
- [23] 또한, 본 발명의 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치는 서브 조사 모듈에 인가되는 전원을 독립적으로 제어함으로써 평판 기관의 온도 균일도가 더욱 향상되는 효과가 있다.
- [24] 또한, 본 발명의 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치는 평판 기관이 열처리되는 공정 챔버의 상부 또는 하부에 투명 윈도우를 형성하고, 공정 챔버의 외부에 조사 모듈을 설치하여 공정 챔버의 내부와 가열 광원을 분리함으로써, 공정 챔버 내부의 진공 분위기의 제어를 용이하게 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [25] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치의

구성도이다.

- [26] 도 2는 도 1의 조사 모듈의 부분 사시도이다.
- [27] 도 3은 도 2의 A-A에 대한 수직 단면도이다.
- [28] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 조사 모듈의 사시도이다.
- [29] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 조사 모듈의 사시도이다.
- [30] 도 6a와 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 평판 기관 열처리 장치에 장착되는 도 2의 조사 모듈의 평면도이다.
- [31] 도 7은 도 6a와 도 6b의 기관 열처리 장치에서 평판 기관이 정지한 때에 축 방향에 따른 heat flux 평가 결과이다.
- [32] 도 8은 도 6a와 도 6b의 기관 열처리 장치에서 평판 기관이 회전하는 때에 heat flux 평가 결과이다.
- [33] 도 9는 도 6a의 기관 열처리 장치에서 평판 기관의 회전 속도에 따른 온도 분포 평가 결과이다.
- [34] 도 10은 도 6b의 기관 열처리 장치에서 평판 기관의 회전 속도에 따른 온도 분포 평가 결과이다.
- [35] 도 11은 비교예에 따른 평판 기관 열처리 장치에 장착되는 조사 모듈의 평면도이다.
- [36] 도 12는 도 11의 기관 열처리 장치에서 평판 기관이 정지한 때에 축 방향에 따른 heat flux 평가 결과이다.
- [37] 도 13은 비교예에 따른 조사 모듈을 구비하는 기관 열처리 장치에서 평판 기관이 회전하는 때에 축 방향에 따른 heat flux 평가 결과이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [38] 이하에서 실시예와 첨부된 도면을 통하여 본 발명의 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.
- [39]
- [40] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치의 구조에 대하여 설명한다.
- [41] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 VCSEL를 이용한 열처리 장치의 구성도이다. 도 2는 도 1의 조사 모듈의 부분 사시도이다. 도 3은 도 2의 A-A에 대한 수직 단면도이다.
- [42]
- [43] 본 발명의 일 실시예에 따른 VCSEL를 이용한 기관 열처리 장치(10)는, 도 1 내지 도 3을 참조하면, 공정 챔버(100) 및 조사 모듈(200)을 포함할 수 있다. 또한, 상기 기관 열처리 장치(10)는 기관 회전 모듈(300)을 더 포함할 수 있다.
- [44] 상기 기관 열처리 장치(10)는 평판 기관(a)에 대한 실리콘 박막 결정화 공정, 이온 주입 공정 또는 활성화 공정과 같은 제조 공정이 진행될 수 있다.
- [45] 상기 기관 열처리 장치(10)는 VCSEL 소자를 포함하는 조사 모듈(200)에서

생성되는 레이저 빔을 평판 기관(a)에 조사하여 평판 기관(a)을 가열할 수 있다. 여기서, 상기 평판 기관(a)은 반도체 웨이퍼 또는 유리 기관일 수 있다. 또한, 상기 평판 기관(a)은 수지 필름과 같은 플렉서블 기관일 수 있다. 또한, 상기 평판 기관(a)은 표면 또는 내부에 형성되는 다양한 소자 또는 도전 패턴을 포함할 수 있다.

- [46] 상기 공정 챔버(100)는 외부 하우징(110)과 내부 하우징(120)과 빔 투과판(130)과 하부판(140) 및 기관 지지대(150)를 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(150)에 의하여 지지될 수 있다. 상기 공정 챔버(100)는 외부에 위치하는 조사 모듈(200)에서 생성되는 레이저 빔이 내부로 조사되도록 한다. 즉, 상기 공정 챔버(100)는 기관 지지대(150)의 하부에 레이저 빔이 투과되는 빔 조사 창을 구비할 수 있다. 한편, 상기 공정 챔버(100)는 기관 지지대(150)의 상부에 빔 조사 창이 위치할 수 있다.
- [47] 한편, 상기 공정 챔버(100)는, 도 1을 참조하면, 구체적으로 도시하지 않았지만, 상부에 열처리 공정을 위하여 필요한 다양한 공정 수단을 더 구비할 수 있다. 예를 들면, 상기 공정 챔버(100)의 상부에 스퍼터링 수단이 구비될 수 있다.
- [48] 상기 외부 하우징(110)은 내부가 중공인 통 형상으로 형성되며, 원통 형상 또는 사각통 형상으로 형성될 수 있다. 상기 외부 하우징(110)은 내부에서 열처리되는 평판 기관(a)의 면적보다 큰 수평 단면적을 갖는 형상으로 형성될 수 있다.
- [49] 한편, 상기 외부 하우징(110)은 열처리 공정과 평판 기관(a)의 크기 등에 따라 소정 높이에서 외측으로 확장되는 구조로 형성될 수 있다. 또한, 상기 외부 하우징(110)은 상부 구조를 구체적으로 도시하지 않았지만, 상부에 위치하는 공정 수단을 수용 또는 지지하기 위한 다양한 형상으로 형성될 수 있다.
- [50]
- [51] 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 상부 수용 공간(100a)이 형성될 수 있다. 즉, 상기 상부 수용 공간(100a)은 외부 하우징(110)의 내측에서 내부 하우징(120)의 상부에 형성되며, 평판 기관(a)이 안착되는 공간을 제공한다.
- [52] 또한, 상기 평판 기관(a)은 하부 하우징의 하부에 볼 때 전체 면적이 노출되도록 상부 수용 공간(100a)에 위치할 수 있다. 또한, 상기 내부 하우징(120)은 하측이

외부 하우징(110)의 하측과 대략 동일한 높이에 위치하도록 결합될 수 있다. 상기 내부 하우징(120)의 외측면과 외부 하우징(110)의 내측면 사이에는 하부 수용 공간(100b)이 형성될 수 있다. 상기 상부 수용 공간(100a)과 하부 수용 공간(100b)은 외부 하우징(110)과 내부 하우징(120) 및 하부판(140)에 의하여 외부와 차폐되면서 진공 또는 공정 가스 분위기로 유지할 수 있다.

[53] 상기 빔 투과판(130)은 하부 하우징의 상부에 결합되며, 평판 기관(a)의 하부에 위치할 수 있다. 상기 빔 투과판(130)은 퀴즈, 유리와 같이 레이저 빔이 투과하는 투명판으로 형성될 수 있다. 상기 빔 투과판(130)은 레이저 빔이 투과하여 평판 기관(a)의 하면에 조사되도록 한다. 보다 구체적으로는, 상기 빔 투과판(130)은 하부 하우징의 내측에서 하면을 통하여 입사되는 레이저 빔이 평판 기관(a)의 하면에 조사되도록 한다. 상기 빔 투과판(130)은 평판 기관(a)의 면적보다 큰 면적으로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 빔 투과판(130)은 직경 또는 폭이 평판 기관(a)의 직경 또는 폭보다 크게 형성될 수 있다. 상기 빔 투과판(130)은 바람직하게는 평판 기관(a)의 직경 또는 폭보다 1.1배 이상의 직경 또는 폭으로 형성될 수 있다. 이러한 경우에, 상기 빔 투과판(130)은 레이저 빔이 평판 기관(a)의 하면에 전체적으로 조사되도록 할 수 있다.

[54] 한편, 상기 빔 투과판(130)은 공정 챔버(100)의 상부, 예를 들면 외부 하우징(110)의 상부에 형성되고, 외부 하우징(110)의 상부에서 상면을 통하여 입사되는 레이저 빔이 평판 기관(a)의 상면에 조사되도록 형성될 수 있다.

[55]

[56] 상기 하부판(140)은 외부 하우징(110)과 내부 하우징(120)의 하측에 결합되어 외부 하우징(110)과 내부 하우징(120) 사이 공간의 하부를 밀폐할 수 있다. 즉, 상기 하부판(140)은 하부 수용 공간(100b)의 하부를 밀폐할 수 있다. 상기 하부판(140)은 소정 폭을 갖는 원형 링 또는 사각 링으로 형성될 수 있다. 상기 하부판(140)은 하부 수용 공간(100b)의 하측 평면 형상에 따라 다양한 형상으로 형성될 수 있다.

[57]

[58] 상기 기관 지지대(150)는 상부 지지대(151) 및 연결 지지대(152)를 포함할 수 있다. 상기 기관 지지대(150)는 하부 하우징의 상부에 위치하여, 평판 기관(a)의 하면이 노출되도록 평판 기관(a)의 하부 외측을 지지할 수 있다. 또한, 상기 기관 지지대(150)는 하부 수용 공간(100b)으로 연장되어 기관 회전 모듈(300)과 결합될 수 있다. 상기 기관 지지대(150)는 기관 회전 모듈(300)의 작용에 의하여 평판 기관(a)을 회전시킬 수 있다.

[59] 상기 상부 지지대(151)는 내측에 기관 노출홀(151a)을 구비하며 소정 폭을 갖는 링 형상으로 형성될 수 있다. 상기 상부 지지대(151)는 평판 기관(a)의 하면을 노출시키면서 평판 기관(a)의 하부 외측을 지지할 수 있다. 상기 상부 지지대(151)는 평판 기관(a)의 직경 또는 폭보다 큰 직경 또는 폭으로 형성될 수 있다.

- [60] 상기 기관 노출홀(151a)은 상부 지지대(151)의 중앙에서 상면과 하면을 관통하여 형성될 수 있다. 상기 기관 노출홀(151a)은 평판 기관(a)의 하면에서 열처리가 필요한 영역을 전체적으로 노출할 수 있도록 소정 면적으로 형성될 수 있다. 상기 기관 노출홀(151a)은 상단에 평판 기관(a)이 안정적으로 지지될 수 있도록 기관 지지턱(151b)이 형성될 수 있다.
- [61] 상기 연결 지지대(152)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(152)는 상부 수용 공간(100a)과 하부 수용 공간(100b)에 걸쳐서 위치할 수 있다. 상기 연결 지지대(152)는 상부가 상부 지지대(151)의 외측에 결합되며, 하부가 하부 수용 공간(100b)으로 연장되어 기관 회전 모듈(300)과 결합될 수 있다. 따라서, 상기 연결 지지대(152)는 기관 회전 모듈(300)에 의하여 회전되면서 상부 지지대(151)와 평판 기관(a)을 회전시킬 수 있다.
- [62]
- [63] 상기 조사 모듈(200)은 소자 배열판(210) 및 서브 조사 모듈(220)을 포함할 수 있다. 상기 조사 모듈(200)은 공정 챔버(100)의 외측에 위치하여 빔 투과판(130)을 통하여 투명 기관의 표면으로 레이저 빔을 조사할 수 있다. 상기 조사 모듈(200)은 공정 챔버(100)에 형성되는 빔 투과판(130)과 투명 기관의 위치에 따라 공정 챔버(100)의 하측 또는 상측에 위치할 수 있다. 예를 들면, 상기 조사 모듈(200)은 내부 하우징(120)의 내측에서 빔 투과판(130)의 하부에 위치할 수 있다. 따라서, 상기 조사 모듈(200)은 공정 챔버(100)의 외측에서 빔 투과판(130)의 하측에 위치하여 평판 기관(a)의 하면으로 레이저 빔을 조사할 수 있다.
- [64] 상기 조사 모듈(200)은 소자 배열판(210)의 상면에 복수 개의 서브 조사 모듈(220)이 격자 형태로 배열될 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은, 도 2를 참조하면, 소자 배열판(210)의 상면에 x 방향과 y 방향으로 배열되어 격자 형상으로 배열될 수 있다. 이하에서 x 방향은 일측과 타측 또는 일단과 타단으로 표현하고, y 방향은 전측과 후측 또는 전단과 후단으로 표현한다. 또한, x 방향은 폭 또는 폭 방향, y 방향은 길이 또는 길이 방향으로 표현한다.
- [65]
- [66] 상기 소자 배열판(210)은 소정 면적과 두께를 갖는 판상으로 형성될 수 있다. 상기 소자 배열판(210)은 바람직하게는 평판 기관(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 소자에서 발생하는 열을 방열시키는 작용을 할 수 있다.
- [67]
- [68] 상기 서브 조사 모듈(220)은 소자 기관(221)과 VCSEL 소자(222)와 전극

단자(223) 및 냉각 블록(224)을 포함할 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 복수 개가 소자 배열판(210)에 격자 방향으로 배열되어 위치할 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 소자 배열판(210)의 표면에서 평판 기관(a)의 조사 영역에 레이저 빔을 조사하는데 필요한 영역에 배열될 수 있다. 상기 소자 기관(221)은 별도의 접착제층(226)에 의하여 냉각 블록(224)에 결합될 수 있다.

- [69] 상기 서브 조사 모듈(220)은 복수 개의 VCSEL 소자(222)가 x 축 방향과 y 축 방향으로 배열되어 형성된다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 구체적으로 도시하는 않았지만, VCSEL 소자(222)를 고정하기 위한 발광 프레임(미도시)과 VCSEL 소자(222)에 전력을 공급하기 위한 전력선(미도시)를 구비하여 형성될 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 전체 VCSEL 소자(222)에 동일한 전력이 인가되도록 형성될 수 있다. 또한, 상기 서브 조사 모듈(220)은 각각의 VCSEL 소자(222)에 서로 다른 전력이 인가되도록 형성될 수 있다.
- [70] 상기 서브 조사 모듈(220)은 VCSEL 소자(222)가 실장되는 소자 영역(221a)과 전극 단자(223)가 실장되는 단자 영역(221b)을 구비할 수 있다. 상기 소자 영역(221a)은 사각 형상으로 형성되며, 단자 영역은 소자 영역(221a)의 전단 타측과 후단 일측에 돌출되어 형성될 수 있다. 상기 단자 영역은 소자 영역(221a)의 전단에서 타측 방향의 절반 영역과 소자 영역(221a)의 후단에서 일측 방향의 절반 영역에 형성될 수 있다. 즉, 상기 단자 영역은 소자 영역(221a)의 폭의 절반에 해당되는 폭으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 서브 조사 모듈(220)은 일측과 타측이 직선 형상으로 형성될 수 있다. 상기 단자 영역의 길이는 소자 영역(221a)의 길이보다 짧게 형성될 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)의 길이는 대략 30mm이고, 단자 영역의 길이는 가급적 짧게 형성하며, 10mm로 형성되며, 바람직하게는 7mm 이내로 형성될 수 있다. 상기 단자 영역은 전측과 후측에 동일한 길이로 형성될 수 있다.
- [71] 상기 서브 조사 모듈(220)은 y 축 방향으로 배열될 때 전단 타측에 위치하는 단자 영역과 인접하는 서브 조사 모듈(220)의 후단 일측에 위치하는 단자 영역이 x 축 방향으로 인접하여 위치할 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 x 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역이 각각 일직선으로 배열되고, y 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역이 교대로 배열될 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 y 축과 x 축 방향으로 인접하는 서브 조사 모듈(220)과의 피치가 최소가 되도록 배치될 수 있다. 또한, 상기 서브 조사 모듈(220)은 피치가 최대 2mm가 되도록 배열될 수 있다.
- [72] 따라서, 상기 조사 모듈(200)은 x 축 방향으로 서브 조사 모듈(220)의 소자 영역(221a)과 단자 영역이 각각 연속적으로 배열되고, y 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역이 교대로 배열될 수 있다.
- [73]
- [74] 상기 소자 기관(221)은 전자 소자를 실장하는데 사용되는 일반적인 기관으로 형성될 수 있다. 상기 소자 기관(221)은 VCSEL 소자(222)가 실장되는 소자

영역(221a) 및 단자가 실장되는 단자 영역(221b)으로 구분될 수 있다. 상기 소자 영역(221a)은 복수 개의 VCSEL 소자(222)가 격자 형상으로 배열되어 실장될 수 있다. 상기 단자 영역(221b)은 소자 영역(221a)에 접하여 위치하며 복수 개의 단자가 실장될 수 있다.

- [75] 상기 소자 기판(221)은 소자 영역(221a)이 사각 형상으로 형성되며, 단자 영역(221b)이 소자 영역(221a)의 전단 타측과 후단 일측에 돌출되어 형성될 수 있다. 상기 단자 영역(221b)은 소자 영역(221a)의 전단에서 타측 방향의 절반과 소자 영역(221a)의 후단에서 일측 방향의 절반에 형성될 수 있다. 또한, 상기 소자 기판(221)은 일측과 타측이 직선 형상으로 형성될 수 있다.
- [76]
- [77] 상기 VCSEL 소자(222)는 레이저 빔을 조사하는 일반적인 VCSEL 소자(222)로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 VCSEL 소자(222)는 면 발광 레이저를 발진하는 소자로 형성될 수 있다. 상기 VCSEL 소자(222)는 사각 형상으로 이루어지며, 바람직하게는 정사각형 또는 폭과 길이의 비가 1:2를 초과하지 않는 직사각형 형상으로 형성될 수 있다. 상기 VCSEL 소자(222)는 육면체 형상의 칩으로 제조되며, 일면에서 고출력의 레이저 빔이 발진된다. 상기 VCSEL 소자(222)는 고출력의 레이저 빔을 발진하므로, 기존의 할로겐 램프에 대비하여 평판 기판(a)의 온도 상승률을 증가시킬 수 있으며, 수명도 상대적으로 길다.
- [78] 상기 VCSEL 소자(222)는 복수 개가 소자 기판(221)의 상면에서 소자 영역(221a)에 x 방향과 y 방향으로 배열되어 격자 형상으로 배열될 수 있다. 상기 VCSEL 소자(222)는 소자 영역(221a)의 면적과 평판 기판(a)에 조사되는 레이저 빔의 에너지 량에 따라 적절한 개수가 적절한 간격으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 VCSEL 소자(222)는 발광되는 레이저 빔이 인접하는 VCSEL 소자(222)의 레이저 빔과 오버랩될 때 균일한 에너지를 조사할 수 있는 간격으로 위치할 수 있다. 이때, 상기 VCSEL 소자(222)는 인접하는 VCSEL 소자(222)와 측면이 서로 접촉되어 이격 거리가 없도록 위치할 수 있다.
- [79] 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, VCSEL 소자(222)에 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 전극 단자(223)는, 구체적으로 도시하지 않았지만, 다양한 방식으로 VCSEL 소자(222)에 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 전극 단자(223)는 VCSEL 소자(222)의 구동에 필요한 전원을 공급할 수 있다.
- [80] 상기 전극 단자(223)는, 구체적으로 도시하지 않았지만, VCSEL 소자(222)와 연결되는 단자선을 소자 기판(221)의 하부로 연장시키는 단자 홀을 구비할 수 있다.
- [81] 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 기관(221)의 표면에 실장되는 VCSEL 소자(222)에서 발생하는 열을 하부로 방출할 수 있다. 따라서, 상기 냉각 블록(224)은 소자 기관(221)과 VCSEL 소자(222)를 냉각할 수 있다.

[82] 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.

[83]

[84] 상기 기관 회전 모듈(300)은 내측 회전 수단(310) 및 외측 회동 수단(320)을 포함할 수 있다. 상기 기관 회전 모듈(300)은 기관 지지대(150)를 비접촉식으로 수평 방향으로 회전시킬 수 있다. 보다 구체적으로는 상기 내측 회전 수단(310)은 공정 챔버(100)의 하부 수용 공간(100b)에서 기관 지지대(150)의 하부에 결합될 수 있다. 또한, 상기 외측 회동 수단(320)은 공정 챔버(100)의 외측에서 내측 회전 수단(310)과 대향하여 위치할 수 있다. 상기 외측 회동 수단은 내측 회전 수단(310)을 자력을 이용하여 비접촉식으로 회전시킬 수 있다.

[85] 상기 내측 회전 수단(310)은 모터의 로터와 같은 구조로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 내측 회전 수단(310)은 전체적으로 링 형상으로 형성되며 N극과 S극이 원주 방향을 따라 교대로 형성되는 자석 구조로 형성될 수 있다. 상기 내측 회전 수단(310)은 기관 지지대(150)의 하부 측, 연결 지지대(152)에 결합될 수 있다. 이때, 상기 내측 회전 수단(310)은 하부판(140)의 상부에서 상측으로 이격되어 위치할 수 있다. 한편, 상기 내측 회전 수단(310)은, 구체적으로 도시하지 않았지만, 회전시에 진동을 방지하거나 원활하게 회전할 수 있도록 별도의 지지 수단에 의하여 지지될 수 있다. 예를 들면, 상기 내측 회전 수단(310)은 하부에 지지 베어링 또는 롤러에 의하여 지지될 수 있다.

[86]

[87] 상기 외측 회동 수단(320)은 모터의 스테이터와 같은 구조로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 외측 회동 수단(320)은 링 형태로 형성되는 철심과 철심에 권취되는 도선을 포함할 수 있다. 상기 외측 회동 수단(320)은 도선에 공급되는 전원에 의하여 발생하는 자력으로 내측 회전 수단(310)을 회전시킬 수 있다. 상기 외측 회동 수단(320)은 외부 하우징(110)을 기준으로 내측 회전 수단(310)과 대향하도록 외부 하우징(110)의 외부에 위치할 수 있다. 즉, 상기 외측 회동 수단(320)은 내측 회전 수단(310)과 동일한 높이에서 외부 하우징(110)을 기준으로 외측에 위치할 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

[88] 또한, 본 발명의 조사 모듈(200)은 다양한 형태로 형성되는 서브 조사 모듈(220)을 포함할 수 있다.

[89] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 조사 모듈의 사시도이다. 도 5는 본

발명의 또 다른 실시예에 따른 조사 모듈의 사시도이다.

- [90] 본 발명의 다른 실시예에 따른 조사 모듈(200)의 서브 조사 모듈(220)은, 도 4를 참조하면, 전체적으로 사각형 형상으로 형성될 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 직사각형 형상으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 서브 조사 모듈(220)은 소자 영역(221a)이 전체 폭과 소정 길이의 사각 형상으로 형성되며, 소자 영역(221a)의 전단에 전체적으로 단자 영역(221b)이 형성된다. 또한, 상기 서브 조사 모듈(220)은 후단에 단자 영역(221b)이 형성되지 않는다. 즉, 상기 단자 영역(221b)은 소자 영역(221a)과 동일한 폭으로 형성되어 소자 영역(221a)의 전단에 위치한다. 또한, 상기 단자 영역(221b)은 소자 영역(221a)보다 작은 길이로 형성될 수 있다. 또한, 상기 소자 조사 모듈은 일측과 타측이 직선 형상으로 형성될 수 있다.
- [91] 상기 조사 모듈(200)은 서브 조사 모듈(220)이 y 축 방향으로 배열될 때 전단에 위치하는 단자 영역(221b)과 전측에 위치하는 서브 조사 모듈(220)의 소자 영역(221a)이 접하면서 배열될 수 있다.
- [92] 따라서, 상기 조사 모듈(200)은 x 축 방향으로 서브 조사 모듈(220)의 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 각각 연속적으로 배열되고, y 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 교대로 배열될 수 있다.
- [93] 또한, 상기 조사 모듈(200)은 상부에 위치하는 평판 기관(a)과의 관계에서 소자 영역(221a)이 평판 기관(a)의 중심에 위치하도록 형성될 수 있다. 또한, 상기 조사 모듈(200)은 단자 영역(221b)이 평판 기관(a)의 중심에 위치하도록 형성될 수 있다. 아래의 평가 결과를 참조하면, 상기 조사 모듈(200)은 소자 영역(221a)이 평판 기관(a)의 중심에 위치하도록 형성되는 경우에 보다 균일하게 평판 기관(a)을 가열할 수 있다.
- [94]
- [95] 본 발명의 다른 실시예에 따른 조사 모듈(200)의 서브 조사 모듈(220)은, 도 5를 참조하면, 대략적으로 사각형 형상으로 형성될 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 사각형 형상으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 서브 조사 모듈(220)은 단자 영역(221b)이 사각형 형상에서 전단 타측과 후단 일측에 소정 길이와 전체 폭의 절단에 해당하는 폭을 갖는 직사각형 형상으로 형성될 수 있다. 즉, 상기 단자 영역(221b)은 서브 조사 모듈의 폭의 절단에 해당되는 폭으로 형성될 수 있다. 상기 단자 영역(221b)은 직사각형에서 서로 대각선 방향으로 위치할 수 있다. 상기 서브 조사 모듈은 단자 영역(221b)을 제외한 영역이 소자 영역(221a)으로 형성될 수 있다.
- [96] 또한, 상기 소자 조사 모듈은 일측과 타측이 직선 형상으로 형성될 수 있다. 상기 단자 영역(221b)의 길이는 소자 영역(221a)의 길이보다 짧게 형성될 수 있다. 상기 단자 영역(221b)은 전측과 후측에 동일한 길이로 형성될 수 있다.
- [97] 상기 서브 조사 모듈(220)은 y 축 방향으로 배열될 때 전단 일측에 위치하는 단자 영역(221b)이 전측에 위치하는 서브 조사 모듈(220)의 후단 일측에

위치하는 소자 영역(221a)과 인접하여 위치할 수 있다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 y 축 방향으로 배열될 때 후단 타측에 위치하는 단자 영역(221b)이 전측에 위치하는 서브 조사 모듈(220)의 전단 타측에 위치하는 소자 영역(221a)과 인접하여 위치할 수 있다.

- [98] 또한, 상기 서브 조사 모듈(220)은 y 축 방향을 기준으로 단자 영역(221b)이 형성되는 영역에서 x 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 교대로 배열되고, 단자 영역(221b)이 형성되지 않는 영역에서 x 축 방향으로 소자 영역(221a)이 직선 형상으로 배열될 수 있다.
- [99] 따라서, 상기 조사 모듈(200)은 x 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 교대로 배열되는 영역 및 소자 영역(221a)만이 배열되는 영역을 구비하며, y 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 교대로 배열될 수 있다.
- [100]
- [101] 다음은 본 발명의 일 실시예에 따른 VCSEL 소자(222)를 이용한 기판 열처리 장치의 작용에 대하여 설명한다. 이하에서, 상기 기판 열처리 장치의 작용은 주로 조사 모듈(200)의 작용을 중심으로 설명한다. 또한, 상기 평판 기판(a)은 반도체 웨이퍼인 경우를 중심으로 설명한다.
- [102] 본 발명의 조사 모듈(200)은 도 2 또는 도 4의 구조로 형성되는 경우에 상기에서 설명한 바와 같이, x 축 방향으로 서브 조사 모듈(220)의 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 각각 연속적으로 배열되고, y 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 교대로 배열된다. 즉, 상기 조사 모듈(200)은 서브 조사 모듈(220)이 x 축 방향과 y 축 방향으로 배열될 때, 단자 영역(221b)이 x 축 방향을 따라 소정 폭으로 형성되면서 y 축 방향으로 소자 영역(221a)과 교대로 형성된다. 또한, 상기 조사 모듈(200)은 단자 영역(221b)이 상대적으로 작은 길이로 형성된다. 상기 서브 조사 모듈(220)은 전체적으로 정사각형 또는 직사각형 형상을 이루게 된다.
- [103] 상기 조사 모듈(200)은 각각의 VCSEL 소자(222)에서 조사되는 레이저 빔의 오버랩핑(overlapping)이 주로 단자 영역(221b)에서 발생되며 단자 영역(221b)의 배열에 따라 1 차원 선형을 이루게 된다. 상기 조사 모듈(200)은 단자 영역(221b)에서의 오버랩에 의한 레이저 빔의 강도 편차는 대략 0.25%이다. 다만, 상기 조사 모듈(200)은 오버랩이 발생하는 영역이 1차원 선형이고, 반도체 웨이퍼의 원주 방향과 일치하지 않는다. 따라서, 상기 조사 모듈(200)이 반도체 웨이퍼를 레이저 빔을 조사할 때 동시에 반도체 웨이퍼를 회전시키는 경우에 레이저 빔의 강도 편차는 더욱 감소할 수 있다. 상기 반도체 웨이퍼가 회전되는 경우에 레이저 빔의 강도 편차의 감소율은 반도체 웨이퍼의 회전 속도에 의하여 결정될 수 있다. 예를 들면, 상기 반도체 웨이퍼의 회전 속도가 200rpm인 경우에 레이저 빔의 강도 편차는 0.05%로 감소된다. 여기서 상기 레이저 빔의 강도 편차는 반도체 웨이퍼의 가열 정도에 영향을 주며, 반도체 웨이퍼의 온도

균일도에 직접적으로 영향을 줄 수 있다.

[104]

[105] 또한, 본 발명의 조사 모듈(200)은 도 5의 구조로 형성되는 경우에 상기에서 설명한 바와 같이, x 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 교대로 배열되는 영역 및 소자 영역(221a)만이 배열되는 영역을 구비하며, y 축 방향으로 소자 영역(221a)과 단자 영역(221b)이 교대로 배열될 수 있다. 상기 조사 모듈(200)은 서브 조사 모듈(220)에서 대각선 방향으로 단자 영역(221b)이 위치할 수 있다. 상기 조사 모듈(200)은 도 2 또는 도 4의 조사 모듈(200)과 대비하여 서브 조사 모듈(220)별로 VCSEL 소자(222)의 개수를 증가시켜 단위 면적당 레이저 빔의 출력을 증가시킬 수 있다. 또한, 상기 조사 모듈(200)은 각각의 서브 조사 모듈(220)에서 소자 기판(221)이 냉각 블록(224)에 용이하게 결합될 수 있다. 상기 조사 모듈(200)은 오버랩되는 단자 영역(221b)이 x 축 방향으로 일직선으로 배열되지 않고 지그재그로 배열되므로, 온도 편차가 도 2와 도 4와 대비하여 상대적으로 높게 나타낸다. 예를 들면, 상기 조사 모듈(200)은 강도 편차가 0.34%이다.

[106] 추가로, 상기 조사 모듈(200)은 오버랩되는 단자 영역(221b)이 반도체 웨이퍼의 원주 방향과 대비하여 다르게 x 축 방향으로 직선으로 배열된다. 따라서, 상기 조사 모듈(200)은 반도체 웨이퍼가 회전되는 경우에 오버랩에 의한 불균일이 개선되며, 0.05%로 강도 편차가 감소될 수 있다. 따라서, 상기 조사 모듈(200)은 반도체 웨이퍼의 표면에 대한 레이저 빔의 조사 균일도가 증가될 수 있다.

[107] 상기 조사 모듈(200)이 레이저 빔을 조사할 때 반도체 웨이퍼가 회전을 하는 경우에, 반도체 웨이퍼의 특정 영역의 레이저 빔 조사에 참여하는 VCSEL의 개수가 증가될 수 있다. 따라서, 상기 조사 모듈(200)을 구성하는 VCSEL 소자(222)를 구성하는 micro-emitter들 사이의 출력 편차와 VCSEL 소자(222)들 사이의 출력 편차에 의하여 반도체 웨이퍼에 조사되는 레이저 빔의 편차를 크게 감소시킬 수 있다. 또한, 상기 조사 모듈(200)은 장시간 작동에 따라 micro-emitter의 fail이 발생하는 경우에도 레이저 빔의 조사 균일도를 유지할 수 있다.

[108] 또한, 상기 조사 모듈(200)은 각 서브 조사 모듈(220)별로 또는 복수 개로 구분되는 영역에 위치하는 서브 조사 모듈(220)별로 독립적으로 전원을 공급하여 제어할 수 있다. 통상적으로 상기 반도체 웨이퍼는 열처리 과정에서 에지 부분에서 열 손실이 많으므로, 상대적으로 많은 에너지를 공급하는 것이 필요할 수 있다. 상기 조사 모듈(200)은 반도체 웨이퍼의 에지 부분에 레이저 빔을 조사하는 서브 조사 모듈(220)에 공급되는 전원을 증가시킬 수 있다. 또한, 상기 조사 모듈(200)은 단자 영역(221b)이 x 축 방향으로 배열되어 1 차원 패턴으로 오버랩되므로, 반도체 웨이퍼를 회전시킬 때 서브 조사 모듈(220)들 사이의 출력 차이를 감소시킬 수 있다. 따라서, 상기 조사 모듈(200)은 반도체 웨이퍼를 보다 균일하게 가열할 수 있다. 즉, 상기 조사 모듈(200)은 서브 조사

모듈(220) 사이의 출력 차에 따른 레이저 빔의 강도 편차의 증가를 효과적으로 소멸시킬 수 있다. 상기 조사 모듈(200)은 에지와 중앙에 위치하는 서브 조사 모듈(220)들과 반도체 웨이퍼 사이의 이격 거리를 조절하지 않고도 반도체 웨이퍼를 전체적으로 균일하게 가열할 수 있다. 또한, 상기 조사 모듈(200)은 평판 기관(a)의 면적에 관계없이 서브 조사 모듈(220)의 배열 간격과 개수를 변경하지 않고도 평판 기관(a)을 균일하게 가열할 수 있다.

[109]

[110] 다음은 본 발명의 일 실시예들에 기관 열처리 장치의 평가 결과에 대하여 설명한다.

[111] 도 6a와 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 기관 열처리 장치에 장착되는 도 2의 조사 모듈의 평면도이다. 도 7은 도 6a와 도 6b의 기관 열처리 장치에서 평판 기관이 정지한 때에 축 방향에 따른 heat flux 평가 결과이다. 도 8은 도 6a와 도 6b의 기관 열처리 장치에서 평판 기관이 회전하는 때에 heat flux 평가 결과이다. 도 9는 도 6a의 기관 열처리 장치에서 평판 기관의 회전 속도에 따른 온도 분포 평가 결과이다. 도 10은 도 6b의 기관 열처리 장치에서 평판 기관의 회전 속도에 따른 온도 분포 평가 결과이다. 도 11은 비교예에 따른 평판 기관 열처리 장치에 장착되는 조사 모듈의 평면도이다. 도 12는 도 11의 기관 열처리 장치에서 평판 기관이 정지한 때에 축 방향에 따른 heat flux 평가 결과이다. 도 13은 비교예에 따른 조사 모듈을 구비하는 기관 열처리 장치에서 평판 기관이 회전하는 때에 축 방향에 따른 heat flux 평가 결과이다.

[112]

[113] 본 평가에서는, 도 6a와 도 6b에서 보는 바와 같이 도 2의 실시예에 따른 조사 모듈을 구비하는 기관 열처리 장치를 사용하여 평가를 진행하였다. 또한, 비교예로서, 도 11에서 보는 바와 같이 기존에 사용되는 비교예에 따른 조사 모듈을 구비하는 기관 열처리 장치에 대한 평가도 진행하였다.

[114] 본 평가에 사용된 본 발명의 실시예에 따른 기관 열처리 장치는 조사 모듈의 전체 면적이 웨이퍼의 면적보다 큰 면적을 가지도록 형성하였다. 상기 기관 열처리 장치는, 도 6a에서 보는 바와 같이 조사 모듈의 단자 영역이 평판 기관의 중심을 지나도록 형성될 수 있으며, 도 6b에서 보는 바와 같이 조사 모듈의 소자 영역이 평판 기관의 중심을 지나도록 형성될 수 있다. 본 평가에서는 평판 기관이 정지한 상태와 회전하는 상태에서 축 방향별로 heat flux를 평가하였다. 또한, 본 평가에서는 평판 기관이 회전하는 상태에서 평판 기관의 1,000°C 근처로 가열하면서 평판 기관에서의 최고 온도와 최저 온도와 평균 온도 및 온도 차이를 평가하였다.

[115] 도 7을 참조하면, 상기 기관 열처리 장치는 평판 기관이 정지한 상태에서 x축 방향을 따라 조사 모듈의 소자 영역과 단자 영역에 따른 heat flux 차이를 나타낸다. 상기 기관 열처리 장치에서 x축 방향에 따른 heat flux 차이가 1.5%로 평가되었다. 이러한 차이는 조사 모듈에서 소자 영역과 단자 영역에 의하여

발생되는 것으로 판단된다. 상기 조사 모듈은 x축 방향을 따라 단자 영역과 소자 영역이 명확하게 구분되며, 단자 영역의 길이가 폭보다 상대적으로 길기 때문에 판단된다. 이에 비하여, 상기 기관 열처리 장치는 조사 모듈의 y축 방향을 따라 조사 모듈에 소자 영역만 존재하므로 heat flux 차이가 나타나지 않았다. 상기와 같은 평가 결과는 도 6a와 도 6b의 조사 모듈에서 거의 동일하게 나타났다.

- [116] 도 8을 참조하면, 상기 기관 열처리 장치는 평판 기관이 회전하는 상태에서 정지한 때와 대비하여 축 방향에 관계 없이 상대적으로 균일한 heat flux 분포를 나타낸다. 또한, 상기 기관 열처리 장치는 축 방향에 관계없이 heat flux 차이가 0.3%로 평가되었다. 상기와 같은 평가 결과는 도 6a와 도 6b의 조사 모듈에서 거의 동일하게 나타났다.
- [117] 도 9를 참조하면, 도 6a에 따른 조사 모듈을 구비하는 기관 열처리 장치는 평판 기관의 회전 속도가 증가함에 따라 평판 기관의 최고 온도가 다소 감소하며, 최저 온도가 일정하게 측정되었다. 상기 평판 기관의 회전 속도가 32rpm, 60rpm, 120rpm으로 증가함에 따라 평판 기관의 최고 온도는 1,017.2°C, 1,017.0°C, 1,016.9°C로 평가되고, 최저 온도는 1,15.5°C로 평가되어 온도 편차가 1.7°C, 1.5°C, 1.4°C로 감소되었다. 반면에 상기 평판 기관이 정지한 상태에서 최고 온도는 1,018.1°C, 최저 온도는 1,015.3°C로 평가되어 온도 편차가 2.8°C이며 회전시보다 증가하였다.
- [118] 도 10을 참조하면, 도 6b에 따른 조사 모듈을 구비하는 기관 열처리 장치는 도 6a에 따른 조사 모듈을 구비하는 기관 열처리 장치와 동일한 경향을 나타낸다. 다만, 상기 평판 기관의 회전 속도가 32rpm, 60rpm, 120rpm으로 증가함에 따라 평판 기관의 최고 온도는 1,001.6°C로 동일하고, 최저 온도는 1,000.1°C, 1,000.2°C, 1,000.3°C로 평가되어 온도 편차가 1.5°C, 1.4°C, 1.3°C로 감소되었다. 반면에 상기 평판 기관이 정지한 상태에서 최고 온도는 1,001.9°C, 최저 온도는 999.6°C로 평가되어 온도 편차가 2.3°C이며 회전시보다 증가하였다. 도 6a에 따른 조사 모듈보다 도 6b에 따른 조사 모듈이 상대적으로 온도 편차가 작게 나타나고 있다. 이러한 평가 결과는 도 6b의 조사 모듈이 소자 영역이 평판 기관의 중심을 지나도록 배치되어 중심부의 온도가 상대적으로 높기 때문에 판단된다.
- [119] 도 11을 참조하면, 비교예에 따른 조사 모듈은 소자 영역과 단자 영역이 각각 정사각형 형상이며, 소자 영역과 단자 영역이 교대로 배치되는 체스(chess) 모양으로 형성된다.
- [120] 도 12를 참조하면, 비교예에 따른 기관 열처리 장치는 평판 기관이 정지한 상태에서 x축 방향과 y축 방향을 따라 조사 모듈의 소자 영역과 단자 영역에 따른 heat flux 차이가 나타났다. 상기 기관 열처리 장치에서 x축 방향과 y축 방향에 따른 heat flux 차이는 동일하게 0.9%로 평가되었다. 비교예에 따른 기관 열처리 장치는 평판 기관이 정지한 상태에서 heat flux 차이가 도 6a와 도 6b에 따른 기관 열처리 장치의 x 축 방향의 heat flux 차이보다 작은 것으로

평가되었다. 이는 비교예에 따른 조사 모듈에서 단자 영역의 길이가 상대적으로 작아서 인접한 소자 영역에 의하여 온도가 올라가기 때문으로 판단된다.

- [121] 도 13을 참조하면, 비교예에 따른 기판 열처리 장치는 평판 기판이 회전하는 상태에서 정지한 때와 대비하여 상대적으로 낮은 heat flux 차이를 나타낸다. 다만, 상기 기판 열처리 장치의 heat flux 차이는 도 6a와 도 6b에 따른 기판 열처리 장치의 heat flux 차이보다 높게 나타난다.

- [122] 상기의 평가로부터 본 발명의 실시예에 따른 기판 열처리 장치는 평판 기판을 회전시키는 경우에 평판 기판을 보다 균일하게 가열할 수 있음을 알 수 있다.

[123]

- [124] 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.

산업상 이용가능성

- [125] 본 발명의 VCSEL를 이용한 기판 열처리 장치는 VCSEL에서 조사되는 레이저를 이용하여 반도체 웨이퍼 또는 유리 기판과 같은 평판 기판을 가열하여 열처리하는데 이용될 수 있다.