

명세서

발명의 명칭: 홈 형성 장치

기술분야

- [1] 본 개시는 홈 형성 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 레이저 가공이란 집광렌즈를 이용하여 레이저 빔을 하나의 초점 형태로 집광시키고 그 초점을 가공 대상의 표면 또는 내부에 조사하여 가공하는 방식을 말한다.
- [3] 홈을 형성하기 위해 멀티 빔들이 하나의 가공 경로를 따라 이어서 이동하며 가공 대상을 가공하는 방법이 이용될 수 있다. 멀티 빔들 사이의 간격이 좁으면, 홈 주변의 가공 대상에 HAZ(Heat Affected Zone)가 발생될 수 있고, 홈 바닥면이 불균일 또는 과도하게 가공(Bottom Over 가공)될 수 있으며, 홈의 측벽이 과도하게 경사질 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 해결하고자 하는 과제는 멀티 빔 생성기에서 최대 각도로 분할되는 서브 레이저 빔들을 홈 형성 공정에 이용할 수 있는 홈 형성 장치를 제공할 수 있다. 따라서, 높은 효율 및 속도를 갖는 홈 형성 공정을 수행할 수 있는 홈 형성 장치가 제공하는 것에 있다.
- [5] 해결하고자 하는 과제는 요구되는 형상(예를 들어, HAZ가 발생하지 않고, 바닥면이 균일하며, 홈의 최하부 폭이 최상부 폭의 75 % 이상인 형상)을 갖는 홈을 형성하는 홈 형성 장치를 제공하는 것에 있다.
- [6] 다만, 해결하고자 하는 과제는 상기 개시에 한정되지 않는다.

과제 해결 수단

- [7] 일 측면에 있어서, 레이저 빔을 방출하는 레이저 광원; 상기 레이저 빔을 복수의 서브 레이저 빔들로 분할하는 멀티 빔 생성기; 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 가공 대상에 집광하는 포커싱 렌즈 유닛; 상기 멀티 빔 생성기와 포커싱 렌즈 유닛 사이에 제공되는 제1 텔레센트릭 렌즈; 및 상기 제1 텔레센트릭 렌즈와 상기 포커싱 렌즈 유닛 사이에 제공되는 제2 텔레센트릭 렌즈;를 포함하는 홈 형성 장치가 제공될 수 있다.
- [8] 상기 제1 텔레센트릭 렌즈의 후방 초점 면 및 상기 제2 텔레센트릭 렌즈의 전방 초점 면은 서로 중첩할 수 있다.
- [9] 상기 제1 텔레센트릭 렌즈는 상기 멀티 빔 생성기로부터 최대 각도로 분할되는 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 수용하는 크기를 가질 수 있다.
- [10] 상기 최대 각도는 ± 3 도($^{\circ}$)일 수 있다.
- [11] 상기 멀티 빔 생성기는 상기 가공 대상 상에서 상기 복수의 서브 레이저 빔들

- 사이의 간격이 50 마이크로미터(μm) 이상이 되도록 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 분할할 수 있다.
- [12] 상기 가공 대상 상에서 상기 복수의 서브 레이저 빔들 사이의 간격들은 서로 동일할 수 있다.
- [13] 상기 가공 대상 상의 상기 복수의 서브 레이저 빔들 사이의 간격들 중 적어도 둘은 서로 다를 수 있다.
- [14] 상기 가공 대상 상에서 상기 복수의 서브 레이저 빔들은 대칭적으로 배열될 수 있다.
- [15] 상기 복수의 서브 레이저 빔들은 서로 동일한 세기를 가질 수 있다.
- [16] 상기 복수의 서브 레이저 빔들 중 적어도 둘은 서로 다른 세기를 가질 수 있다.
- [17] 스캔 헤드;를 더 포함하되, 상기 포커싱 렌즈 유닛은 상기 스캔 헤드 내에 배치되고, 상기 멀티 빔 생성기, 상기 제1 텔레센트릭 렌즈, 및 상기 제2 텔레센트릭 렌즈는 상기 스캔 헤드 외부에 배치될 수 있다.
- [18] 상기 가공 대상을 지지하는 스테이지;를 더 포함하되, 상기 스테이지는 상기 가공 대상 상에 상기 복수의 서브 레이저 빔들이 집광되는 위치를 조절할 수 있다.
- [19] 일 측면에 있어서, 레이저 빔을 방출하는 레이저 광원; 상기 레이저 빔을 복수의 서브 레이저 빔들로 분할하는 멀티 빔 생성기; 및 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 가공 대상에 집광하는 포커싱 렌즈 유닛;을 포함하되, 상기 포커싱 렌즈 유닛은 상기 멀티 빔 생성기로부터 최대 각도로 분할되는 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 수용하도록 상기 멀티 빔 생성기로부터 이격되는 홈 형성 장치가 제공될 수 있다.
- [20] 상기 최대 각도는 ± 3 도($^{\circ}$)일 수 있다.
- [21] 상기 멀티 빔 생성기는 상기 가공 대상 상에서 상기 복수의 서브 레이저 빔들 사이의 간격이 50 마이크로미터(μm) 이상이 되도록 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 분할할 수 있다.

발명의 효과

- [22] 본 개시는 멀티 빔 생성기에서 최대 각도로 분할되는 서브 레이저 빔들을 홈 형성 공정에 이용할 수 있는 홈 형성 장치를 제공할 수 있다. 따라서, 높은 효율 및 속도를 갖는 홈 형성 공정이 수행될 수 있다.
- [23] 본 개시는 요구되는 형상(예를 들어, HAZ 발생이 최소화되고, 바닥면이 과도하지 않고 균일하게 가공되고, 홈의 최하부 폭이 최상부 폭의 75 % 이상인 형상)을 갖는 홈을 형성하는 홈 형성 장치를 제공할 수 있다.
- [24] 다만, 발명의 효과는 상기 개시에 한정되지 않는다.

도면의 간단한 설명

- [25] 도 1은 예시적인 실시예에 따른 홈 형성 장치의 개념도이다.
- [26] 도 2는 도 1의 포커싱 렌즈 유닛의 개념도이다.

- [27] 도 3은 예시적인 실시예에 따른 홈 형성 장치의 개념도이다.
- [28] 도 4는 예시적인 실시예에 따른 가공 대상에 조사되는 서브 레이저 빔들을 설명하기 위한 가공 대상의 평면도이다.
- [29] 도 5는 예시적인 실시예에 따른 가공 대상에 조사되는 서브 레이저 빔들을 설명하기 위한 가공 대상의 평면도이다.
- [30] 도 6은 45 마이크로미터(μm)의 빔 간격을 갖는 5개의 서브 레이저 빔들로 가공된 홈을 나타내는 도면이다.
- [31] 도 7은 25 마이크로미터(μm)의 빔 간격을 갖는 8개의 서브 레이저 빔들로 가공된 홈을 나타내는 도면이다.
- [32] 도 8은 150 마이크로미터(μm)의 빔 간격을 갖는 5개의 서브 레이저 빔들로 가공된 홈을 나타내는 도면이다.
- [33] 도 9는 200 마이크로미터(μm)의 빔 간격을 갖는 8개의 서브 레이저 빔들로 가공된 홈을 나타내는 도면이다.
- [34] 도 10은 예시적인 실시예에 따른 서브 레이저 빔들의 상대적인 세기를 나타내는 그래프이다.
- [35] 도 11은 예시적인 실시예에 따른 서브 레이저 빔들의 상대적인 세기를 나타내는 그래프이다.
- [36] 도 12 및 도 13은 예시적인 실시예에 따른 가공 대상과 포커싱 렌즈 유닛의 위치 관계를 설명하기 위한 개념도들이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [37] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 도면에서 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 지칭하며, 각 구성요소의 크기나 두께는 설명의 명료성을 위하여 과장되어 있을 수 있다.
- [38] “제1”, “제2” 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. “및/또는”이라는 용어는 복수의 관련된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 항목들 중의 어느 하나의 항목을 포함한다.
- [39] 도 1은 예시적인 실시예에 따른 홈 형성 장치의 개념도이다. 도 2는 도 1의 포커싱 렌즈 유닛의 개념도이다.
- [40] 도 1을 참조하면, 레이저 광원(110), 콜리메이터(120), 빔 확장기(130), 멀티 빔 생성기(140), 텔레센트릭 렌즈 유닛(200), 포커싱 렌즈 유닛(150), 및 스테이지(400)를 포함하는 홈 형성 장치(10)가 제공될 수 있다. 레이저 광원(110)은 레이저 빔(LB)을 방출할 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔(LB)은 펄스 레이저일 수 있다. 레이저 광원(110)은 레이저 빔(LB)을 콜리메이터(120)에

제공할 수 있다. 레이저 광원(110)으로부터 방출된 레이저 빔(LB)은 발산 광일 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔(LB)은 콜리메이터(120)에 도달하기 전까지 진행 방향을 따라 넓어지는 폭을 가질 수 있다.

- [41] 콜리메이터(120)는 레이저 빔(LB)을 평행 광으로 변환할 수 있다. 레이저 빔(LB)은 콜리메이터(120)를 통과한 후 실질적으로 일정한 폭을 가질 수 있다. 레이저 빔(LB)의 폭은 레이저 빔(LB)의 진행 방향에 실질적으로 수직한 방향을 따르는 레이저 빔(LB)의 크기일 수 있다. 콜리메이터(120)는 단일 렌즈 또는 복수의 렌즈들의 조합을 포함할 수 있다. 콜리메이터(120)는 평행 광인 레이저 빔(LB)을 빔 확장기(130)에 제공할 수 있다.
- [42] 빔 확장기(130)는 레이저 빔(LB)의 폭을 확장할 수 있다. 빔 확장기(130)는 복수의 렌즈들을 포함하는 광학계일 수 있다. 빔 확장기(130)는 확장된 폭을 갖는 레이저 빔(LB)을 멀티 빔 생성기(140)에 제공할 수 있다.
- [43] 멀티 빔 생성기(140)는 레이저 빔(LB)을 서브 레이저 빔들(SLB)로 분할할 수 있다. 3개의 서브 레이저 빔들(SLB)이 도시되었으나, 이는 예시적인 것이다. 다른 예에서, 3개 이상의 서브 레이저 빔들(SLB)이 제공될 수 있다. 예를 들어, 멀티 빔 생성기(140)는 회절 광학 소자(diffractive optical element, DOE), 큐브형 빔 스플리터, 및 프리즘형 빔 스플리터 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 설명의 간결함을 위해, 이하에서, 멀티 빔 생성기(140)는 회절 광학 소자를 포함하는 것으로 설명된다. 서브 레이저 빔들(SLB)은 레이저 빔(LB)이 멀티 빔 생성기(140)에 의해 회절된 것일 수 있다. 일 예에서, 서브 레이저 빔들(SLB)은 대칭을 가질 수 있다. 예를 들어, 중앙에 위치하는 서브 레이저 빔(SLB)은 0차 회절 빔일 수 있다. 중앙에 위치하는 서브 레이저 빔(SLB)으로부터 멀어지는 방향을 따라 배열되는 서브 레이저 빔들(SLB)은 ± 1 차 회절 빔, ± 2 차 회절 빔, ..., $\pm n$ 차 회절 빔일 수 있다. +와 -는 중앙의 서브 레이저 빔(SLB)으로부터 멀어지는 방향을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 중앙의 서브 레이저 빔(SLB)의 일측에 +1차, +2차, ..., +n차 회절 빔들이 차례로 배열될 수 있고, 타측에 -1차 회절 빔, -2차 회절 빔, ..., -n차 회절 빔들이 차례로 배열될 수 있다. 일 예에서, 멀티 빔 생성기(140)로부터 방출되는 서브 레이저 빔들(SLB)이 모두 홀 형성 공정에 이용될 수 있다. 다른 예에서, 멀티 빔 생성기(140)로부터 방출되는 서브 레이저 빔들(SLB) 중 저차 회절 빔들이 홀 형성 공정에 이용될 수 있다. 저차 회절 빔들을 홀 형성 공정에 이용하는 것은 후술된다.
- [44] 홀 형성 공정에 이용되는 서브 레이저 빔들(SLB)이 멀티 빔 생성기(140)에 의해 분할되는 분할 각도(142)의 최대값(이하, 최대 각도)은 약 ± 3 도($^{\circ}$)일 수 있다. 최대 각도는 0차 회절 빔의 주광선과 최고 차수를 갖는 빔들의 주광선들 사이의 각도일 수 있다. 예를 들어, 최고 차수가 ± 3 인 경우, ± 3 차 회절 빔들의 주광선들과 0차 회절 빔의 주광선 사이의 각도들이 각각 ± 3 도($^{\circ}$)일 수 있다. 서로 인접한 서브 레이저 빔들(SLB) 사이의 각도는 필요에 따라 정해질 수 있다. 회절 광학 소자에 형성된 패턴들에 대한 조건(예를 들어, 패턴들 사이의 거리, 패턴들의

배치 형태, 패턴들의 크기 등)은 서브 레이저 빔들(SLB)이 요구되는 각도로 분할되도록 결정될 수 있다. 서브 레이저 빔들(SLB)의 각각은 일정한 폭을 갖는 평행 광일 수 있다. 멀티 빔 생성기(140)는 서브 레이저 빔들(SLB)을 텔레센트릭 렌즈 유닛(200)에 제공할 수 있다.

- [45] 텔레센트릭 렌즈 유닛(200)은 서브 레이저 빔들(SLB)을 포커싱 렌즈 유닛(150)으로 전달할 수 있다. 텔레센트릭 렌즈 유닛(200)은 광학계의 길이를 증가시키는 릴레이 렌즈(Relay Lens)의 역할을 할 수 있다. 텔레센트릭 렌즈 유닛(200)은 서브 레이저 빔들(SLB)의 광 경로를 따라 멀티 빔 생성기(140)로부터 멀어지는 방향으로 배열되는 제1 텔레센트릭 렌즈(210) 및 제2 텔레센트릭 렌즈(220)를 포함할 수 있다.
- [46] 제1 텔레센트릭 렌즈(210)는 멀티 빔 생성기(140) 측으로 무한대의 초점 거리를 가질 수 있고, 제2 텔레센트릭 렌즈(220) 측으로 제1 초점 거리(214)를 가질 수 있다. 다시 말해, 제1 텔레센트릭 렌즈(210)의 전방 초점 거리는 무한대이고, 후방 초점 거리는 제1 초점 거리(214)일 수 있다. 제1 텔레센트릭 렌즈(210)의 중심으로부터 제2 텔레센트릭 렌즈(220) 측으로 제1 초점 거리(214) 만큼 이격된 위치에 제1 초점 면(212)이 위치할 수 있다. 제1 텔레센트릭 렌즈(210)는 서브 레이저 빔들(SLB)을 제1 초점 면(212)에 집속할 수 있다. 일 예에서, 제1 텔레센트릭 렌즈(210)를 지난 서브 레이저 빔들(SLB)의 주광선(chief ray)은 실질적으로 서로 평행할 수 있다.
- [47] 제2 텔레센트릭 렌즈(220)는 제1 텔레센트릭 렌즈(210) 측으로 제2 초점 거리(224)를 가질 수 있고, 후술되는 포커싱 렌즈 유닛(150) 측으로 무한대의 초점 거리를 가질 수 있다. 다시 말해, 제2 텔레센트릭 렌즈(220)의 전방 초점 거리는 제2 초점 거리(224)일 수 있고, 후방 초점 거리는 무한대일 수 있다. 제2 텔레센트릭 렌즈(220)의 중심으로부터 제1 텔레센트릭 렌즈(210) 측으로 제2 초점 거리(224) 만큼 이격된 위치에 제2 초점 면(222)이 위치할 수 있다. 제2 초점 면(222)은 제1 초점 면(212)과 실질적으로 중첩할 수 있다. 제1 텔레센트릭 렌즈(210)에 의해 제1 초점 면(212)(즉, 제2 초점 면(222))에 집속된 서브 레이저 빔들(SLB)은 제1 초점 면(212)을 지난 후 발산할 수 있다. 다시 말해, 서브 레이저 빔들(SLB)의 폭은 제1 텔레센트릭 렌즈(210)를 지나 제1 초점 면(212)에 가까워질수록 작아지고, 제1 초점 면(212)을 지나 제2 텔레센트릭 렌즈(220)에 가까워질수록 커질 수 있다. 서브 레이저 빔들(SLB)은 제2 텔레센트릭 렌즈(220)에 의해 일정한 폭을 갖는 평행 광으로 변환될 수 있다. 제2 텔레센트릭 렌즈(220)는 서브 레이저 빔들(SLB)을 포커싱 렌즈 유닛(150)에 제공할 수 있다.
- [48] 일 예에서, 제1 텔레센트릭 렌즈(210)와 제2 텔레센트릭 렌즈(220)는 실질적으로 서로 동일할 수 있다. 예를 들어, 제1 초점 거리(214)와 제2 초점 거리(224)는 실질적으로 동일할 수 있다. 일 예에서, 제1 텔레센트릭 렌즈(210)와 제2 텔레센트릭 렌즈(220)는 서로 다를 수 있다. 예를 들어, 제1 초점 거리(214)와 제2 초점 거리(224)는 다를 수 있다. 제1 텔레센트릭 렌즈(210) 및 제2 텔레센트릭

렌즈(220)는 단일 렌즈 또는 복합 렌즈를 포함할 수 있다.

- [49] 일 예에서, 저차 회절 빔들(예를 들어, 0차 회절 빔, ± 1 차 회절 빔, ± 2 차 회절 빔, ± 3 차 회절 빔)이 홈 형성 공정에 선택적으로 이용될 수 있다. 다시 말해, 고차 회절 빔들(예를 들어, 4차 이상의 회절 빔들)은 홈 형성 공정에 이용되지 않을 수 있다. 일 예에서, 요구되지 않는 고차 회절 빔들에 해당하는 서브 레이저 빔들(SLB)이 홈 형성 공정에 이용되는 것을 방지하기 위해, 홈 형성 장치(10)는 고차 회절 빔들을 차단하는 제1 마스크(미도시) 및 제2 마스크(미도시) 중 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [50] 제1 마스크는 멀티 빔 생성기(140)와 제1 텔레센트릭 렌즈(210) 사이의 광 경로 상에 제공될 수 있다. 제1 마스크는 멀티 빔 생성기(140)에서 형성되는 서브 레이저 빔들(SLB) 중 홈 형성 공정에 이용되지 않는 고차 회절 빔들이 제1 텔레센트릭 렌즈(210)에 제공되는 것을 차단할 수 있다. 예를 들어, 제1 마스크는 조리개 일 수 있다.
- [51] 제2 마스크는 제1 텔레센트릭 렌즈(210)와 제2 텔레센트릭 렌즈(220) 사이의 광 경로 상에 제공될 수 있다. 예를 들어, 제2 마스크는 제1 후방 초점 면(또는 제2 전방 초점 면)에 위치할 수 있다. 제2 마스크는 제1 텔레센트릭 렌즈(210)를 통과한 서브 레이저 빔들 중 홈 형성 공정에 이용되지 않는 고차 회절 빔들이 제2 텔레센트릭 렌즈(220)에 제공되는 것을 차단할 수 있다. 예를 들어, 제2 마스크는 공간 필터(spatial filter)일 수 있다.
- [52] 제1 마스크와 제2 마스크가 동시에 제공되는 경우, 홈 형성 공정에 이용되지 않는 고차 회절 빔들을 99% 이상 차단할 수 있다.
- [53] 포커싱 렌즈 유닛(150)은 서브 레이저 빔들(SLB)을 가공 대상(300)에 집속할 수 있다. 포커싱 렌즈 유닛(150)은 단일 렌즈 또는 복합 렌즈를 포함할 수 있다. 예를 들어, 포커싱 렌즈 유닛(150)은 초점 거리가 50 mm인 f50 텔레센트릭 렌즈를 포함할 수 있다. 도 2에 도시된 것과 같이, 포커싱 렌즈 유닛(150)은 스캔 헤드(152) 내에 배치될 수 있다. 스캔 헤드(152)는 포커싱 렌즈 유닛(150) 외의 다른 구성들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 스캔 헤드(152)는 텔레센트릭 렌즈 유닛(200)에서 제공된 서브 레이저 빔들(SLB)을 포커싱 렌즈 유닛(150)으로 전달하기 위한 거울들 및/또는 서브 레이저 빔들(SLB)이 조사되는 가공 대상(300) 상의 위치를 조정하는 갈바닉 스캐너를 더 포함할 수 있다. 가공 대상(300) 상에서 서브 레이저 빔들(SLB) 사이의 간격은 빔 간격으로 지칭될 수 있다. 빔 간격은 50 마이크로미터(μm) 이상일 수 있다. 예를 들어, 빔 간격은 50 마이크로미터(μm) 내지 1000 마이크로미터(μm)일 수 있다.
- [54] 스테이지(400)는 포커싱 렌즈 유닛(150)과 마주할 수 있다. 스테이지(400)는 가공 대상(300)을 지지하고, 가공 대상(300)의 위치를 조절할 수 있다. 스테이지(400)는 수평 방향 및 수직 방향을 따라 가공 대상(300)을 이동시킬 수 있다. 예를 들어, 수평 방향은 스테이지(400)의 상면에 평행한 방향이고, 수직 방향은 스테이지(400)의 상면에 수직한 방향일 수 있다. 스테이지(400)가 가공

- 대상(300)을 이동하는 동안 서브 레이저 빔들(SLB)이 가공 대상(300)에 조사되어, 홈 형성 공정이 수행될 수 있다.
- [55] 필요에 따라, 위에서 설명된 광학 요소들 사이에 광 경로를 변경하는 광학 요소들(예를 들어, 거울)이 배치될 수 있다.
- [56] 멀티 빔 생성기(140)에 의해 최대 각도로 분할되는 서브 레이저 빔들(SLB)이 홈 형성 공정에 사용되는 경우, 홈 형성 공정의 효율 및 속도가 높을 수 있다. 예를 들어, 서브 레이저 빔들(SLB)이 최대 각도(예를 들어, ± 3 도($^{\circ}$))로 분할되고, 가공 대상(300) 상에서 가장 바깥 쪽에 위치한 한 쌍의 서브 레이저 빔들(SLB) 사이의 간격이 최대 4000 마이크로미터(μm)일 수 있으며, 빔 간격은 500 마이크로미터(μm) 이상일 것이 요구되는 경우, 최대 9개의 서브 레이저 빔들(SLB)이 홈 형성 공정에 이용될 수 있다. 이때 멀티 빔 생성기(140)에서 방출되는 서브 레이저 빔들(SLB)을 수용하는 광학 요소가 멀티 빔 생성기(140)로부터 방출되는 서브 레이저 빔들(SLB)을 모두 수용하지 못한다면 9개보다 적은 수의 서브 레이저 빔들(SLB)인 홈 형성 공정에 이용될 수 있다. 이 경우, 홈 형성 공정의 효율 및 속도가 낮을 수 있다.
- [57] 본 개시의 홈 형성 장치(10)는 멀티 빔 생성기(140)에 의해 최대 각도로 분할되는 서브 레이저 빔들(SLB)을 홈 형성 공정에 이용하므로, 홈 형성 공정의 효율 및 속도를 높일 수 있다. 또한, 본 개시는 제1 텔레센트릭 렌즈(210)와 제2 텔레센트릭 렌즈(220)를 이용하여 광학계 구성의 자유도를 높일 수 있다.
- [58] 도 3은 예시적인 실시예에 따른 홈 형성 장치의 개념도이다. 설명의 간결함을 위해, 도 1 및 도 2를 참조하여 설명된 것과의 차이점이 설명된다.
- [59] 도 3을 참조하면, 홈 형성 장치(11)가 제공될 수 있다. 홈 형성 장치(11)의 포커싱 렌즈 유닛(150)은 도 1 및 도 2를 참조하여 설명된 홈 형성 장치(10)의 포커싱 렌즈 유닛(150)과 달리 멀티 빔 생성기(140)에 바로 인접하게 배치될 수 있다. 서브 레이저 빔들(SLB)은 멀티 빔 생성기(140)로부터 방출되어 포커싱 렌즈 유닛(150)에 바로 제공될 수 있다. 텔레센트릭 렌즈 유닛(200)은 제공되지 않는다. 포커싱 렌즈 유닛(150)이 수용할 수 있는 서브 레이저 빔들(SLB)의 최대 분할 각도는 포커싱 렌즈 유닛(150)과 멀티 빔 생성기(140) 사이의 이격 거리에 따라 달라질 수 있다. 포커싱 렌즈 유닛(150)이 멀티 빔 생성기(140)로부터 멀리 떨어질수록 포커싱 렌즈 유닛(150)이 수용할 수 있는 서브 레이저 빔들(SLB)의 최대 분할 각도가 작을 수 있다. 포커싱 렌즈 유닛(150)은 멀티 빔 생성기(140)에서 최대 각도(예를 들어, ± 3 도($^{\circ}$))로 분할되는 서브 레이저 빔들(SLB)을 전부 수용할 수 있도록 멀티 빔 생성기(140)에 인접하게 배치될 수 있다. 예를 들어, 포커싱 렌즈 유닛(150)이 초점 거리가 50 mm이고 입사동 직경(Entrance Pupil Diameter, EPD)이 24 mm인 f50 텔레센트릭 렌즈를 포함하는 경우, 포커싱 렌즈 유닛(150)과 멀티 빔 생성기(140) 사이의 이격 거리는 10 밀리미터(mm) 이하일 수 있다.
- [60] 본 개시의 홈 형성 장치(11)는 멀티 빔 생성기(140)에 의해 최대 각도로

분할되는 서브 레이저 빔들(SLB)을 홈 형성 공정에 이용하므로, 홈 형성 공정의 효율 및 속도를 높일 수 있다.

- [61] 이하에서, 서브 레이저 빔들(SLB)을 이용하는 홈 형성 방법이 설명된다.
- [62] 도 4는 예시적인 실시예에 따른 가공 대상에 조사되는 서브 레이저 빔들을 설명하기 위한 가공 대상의 평면도이다.
- [63] 도 4를 참조하면, 가공 대상(300)에 7개의 서브 레이저 빔들(SLB)이 조사될 수 있다. 일 예에서, 서브 레이저 빔들(SLB)이 조사되는 동안 스테이지(400)가 가공 대상(300)을 이동시킬 수 있다. 예를 들어, 스테이지(400)는 가공 대상(300)을 제1 방향(DR1)으로 이동시킬 수 있다. 이에 따라, 가공 대상(300)에 홈(GR)이 형성될 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 서브 레이저 빔들(SLB)의 개수는 필요에 따라 정해질 수 있다. 7개의 서브 레이저 빔들(SLB)은 0차, ± 1 차, ± 2 차, ± 3 차 회절 빔들일 수 있다. 예를 들어, 중앙의 서브 레이저 빔(SLB)은 0차 회절 빔이고, 중앙의 서브 레이저 빔(SLB)으로부터 제1 방향(DR1)을 따라 +1차 회절 빔, +2차 회절 빔, 및 +3차 회절 빔에 해당하는 서브 레이저 빔들(SLB)이 차례로 배열될 수 있으며, 중앙의 서브 레이저 빔(SLB)으로부터 제1 방향(DR1)에 반대되는 제2 방향(DR2)을 따라 -1차 회절 빔, -2차 회절 빔, 및 -3차 회절 빔에 해당하는 서브 레이저 빔들(SLB)이 차례로 배열될 수 있다. 일 예에서, 서브 레이저 빔들(SLB) 중 가장 바깥쪽에 위치하는 한 쌍의 서브 레이저 빔들(SLB)(즉, ± 3 차 회절 빔들) 사이의 거리(D_T)는 100 마이크로미터(μm) 내지 4000 마이크로미터(μm)일 수 있다. 서브 레이저 빔들(SLB)의 각각은 제1 방향(DR1) 및 제2 방향(DR2)과 교차하는 제3 방향(DR3)을 따라 연장할 수 있다. 예를 들어, 서브 레이저 빔들(SLB)의 제3 방향(DR3)을 따르는 길이(D_L)는 30 내지 200 마이크로미터(μm)일 수 있다. 서브 레이저 빔들(SLB)의 폭(D_w)은 5 내지 20 마이크로미터(μm)일 수 있다. 서브 레이저 빔들(SLB)의 폭(D_w)은 제1 방향(DR1) 또는 제2 방향(DR2)을 따르는 서브 레이저 빔들(SLB)의 크기일 수 있다.
- [64] 서브 레이저 빔들(SLB)은 실질적으로 동일한 간격(Db)으로 배열될 수 있다. 이하에서, 서브 레이저 빔들(SLB) 사이의 간격은 빔 간격(Db)으로 지칭될 수 있다. 빔 간격(Db)이 50 마이크로미터(μm) 미만인 경우, 홈(GR)은 요구되는 형상을 갖지 못할 수 있다. 예를 들어, 서브 레이저 빔들(SLB)에 의한 잠열이 누적되어 홈(GR) 주변의 가공 대상(300)이 변형되는 HAZ(Heat Affected Zone)가 과도하게 발생할 수 있고, 이에 따라 홈(GR)의 바닥면이 불균일 또는 과도하게 가공되거나, 홈(GR)의 최하부 폭이 최상부 폭의 75 % 이하가 되어 테이퍼 비(taper ratio, steepness)가 낮을 수 있다. 또한, 서브 레이저 빔들(SLB)이 지나치게 짧은 간격으로 가공 대상(300)을 가공함에 따라 발생하는 분진이 홈(GR)의 상부 주변에 쌓일 수 있다. 즉, 홈(GR) 가공의 가공성이 낮아질 수 있다.
- [65] 본 개시의 홈 형성 장치(10, 11)는 50 마이크로미터(μm) 이상의 빔 간격(Db)을 갖는 서브 레이저 빔들(SLB)로 홈(GR)을 형성할 수 있다. 예를 들어, 빔 간격(Db)은 50 마이크로미터(μm) 내지 1000 마이크로미터(μm)일 수 있다. 서브

레이저 빔들(SLB) 사이의 빔 간격(Db)이 넓으므로, 빔 간격(Db)이 50 마이크로미터(μm) 미만인 경우와 달리, 서브 레이저 빔들(SLB)에 의한 잠열의 누적이 감소되어, HAZ 발생이 최소화될 수 있다. 이에 따라, 홈(GR)의 바닥면이 과도하지 않고 균일하게 가공될 수 있고, 홈(GR)의 최하부 폭이 최상부 폭의 75 % 이상이 되어 테이퍼 비가 증가할 수 있다. 즉, 본 개시의 홈 형성 장치(10, 11)는 요구되는 형상을 갖는 홈(GR)을 형성할 수 있다.

- [66] 가공 대상이 열에 대한 반응성이 서로 다른 복수의 재질들을 포함하는 경우, 일 재질에 대해 요구되는 품질의 가공을 수행될 수 있는 빔 간격을 갖는 서브 레이저 빔들(SLB)로 다른 재질에 대해선 요구되는 품질의 가공이 수행되지 못할 수 있다. 즉, 상기 다른 재질을 가공함에 따라 HAZ가 과도하게 발생하고, 홈(GR)의 측벽은 낮은 테이퍼 비를 갖고, 바닥부는 불균일하고 과도하게 가공될 수 있다. 본 개시의 홈 형성 장치(10)는 50 마이크로미터(μm) 이상의 빔 간격(Db)을 갖는 서브 레이저 빔들(SLB)로 가공을 수행하므로, 열에 대한 반응성이 서로 다른 복수의 재질에 대해 요구되는 품질의 가공이 수행될 수 있다. 다시 말해, 본 개시의 홈 형성 장치(10)는 서로 다른 복수의 재질들에 대해 균질한 가공성을 가질 수 있다.
- [67] 도 5는 예시적인 실시예에 따른 가공 대상에 조사되는 서브 레이저 빔들을 설명하기 위한 가공 대상의 평면도이다. 설명의 간결함을 위해, 도 4를 참조하여 설명된 것과 실질적으로 동일한 내용은 설명되지 않을 수 있다.
- [68] 도 5를 참조하면, 7개의 서브 레이저 빔들(SLB)이 제공될 수 있다. 빔 간격에 관한 것을 제외하면 서브 레이저 빔들(SLB)은 도 4를 참조하여 설명된 서브 레이저 빔(SLB)과 실질적으로 동일할 수 있다.
- [69] 도 4를 참조하여 설명된 것과 달리, 서브 레이저 빔들(SLB)은 다른 간격으로 배열될 수 있다. 서브 레이저 빔들(SLB) 사이의 빔 간격들을 각각 +1 빔 간격(+Db1), +2 빔 간격(+Db2), +3 빔 간격(+Db3), -1 빔 간격(-Db1), -2 빔 간격(-Db2), 및 -3 빔 간격(-Db3)으로 지칭된다. ± 1 차, ± 2 차, ± 3 차 회절 빔들에 해당하는 서브 레이저 빔들(SLB)은 0차 회절 빔에 해당하는 중앙의 서브 레이저 빔(SLB)을 중심으로 대칭적으로 배치될 수 있다. +1 빔 간격(+Db1), +2 빔 간격(+Db2), 및 +3 빔 간격(+Db3)은 각각 -1 빔 간격(-Db1), -2 빔 간격(-Db2), 및 -3 빔 간격(-Db3)과 실질적으로 동일할 수 있다. +1 빔 간격(+Db1), +2 빔 간격(+Db2), 및 +3 빔 간격(+Db3)(또는 -1 빔 간격(-Db1), -2 빔 간격(-Db2), 및 -3 빔 간격(-Db3)) 중 적어도 둘은 다를 수 있다. +1 빔 간격(+Db1), +2 빔 간격(+Db2), +3 빔 간격(+Db3), -1 빔 간격(-Db1), -2 빔 간격(-Db2), 및 -3 빔 간격(-Db3)의 각각은 50 마이크로미터(μm) 이상일 수 있다. 예를 들어, +1 빔 간격(+Db1), +2 빔 간격(+Db2), +3 빔 간격(+Db3), -1 빔 간격(-Db1), -2 빔 간격(-Db2), 및 -3 빔 간격(-Db3)의 각각은 50 마이크로미터(μm) 내지 1000 마이크로미터(μm)일 수 있다. +1 빔 간격(+Db1), +2 빔 간격(+Db2), 및 +3 빔 간격(+Db3)(또는 -1 빔 간격(-Db1), -2 빔 간격(-Db2), 및 -3 빔 간격(-Db3))은

필요에 따라 결정될 수 있다.

- [70] 본 개시의 홈 형성 장치(10, 11)는 50 마이크로미터(μm) 이상의 값을 갖는 +1 빔 간격(+Db1), +2 빔 간격(+Db2), +3 빔 간격(+Db3), -1 빔 간격(-Db1), -2 빔 간격(-Db2), 및 -3 빔 간격(-Db3)을 갖는 서브 레이저 빔들(SLB)로 홈(GR)을 형성하므로, 먼저 가공을 수행한 서브 레이저 빔(SLB)에 의한 잠열은 바로 다음 서브 레이저 빔(SLB)이 가공을 수행할 때 충분히 작아질 수 있다. 이에 따라, 본 개시의 홈 형성 장치(10, 11)는 요구되는 형상(예를 들어, HAZ 발생이 최소화되고, 바닥면이 과도하지 않고 균일하게 가공되고, 홈(GR)의 최하부 폭이 최상부 폭의 75 % 이상인 형상)을 갖는 홈(GR)을 형성할 수 있다.
- [71] 일 예에서, 홈(GR)은 가공 대상물을 커팅하기 위해 형성될 수 있다. 홈(GR)의 측면은 수직에 가까울수록 이상적이며, 홈(GR)의 상부 폭과 하부 폭의 차가 커질수록 홈(GR)의 측면이 완만한 경사를 가진다. 레이저를 이용한 홈 형성(Grooving 가공) 후 홈(GR)을 따라 블레이드로 가공 대상물을 커팅하는데, 홈(GR)의 측면 기울기가 완만할수록 회전하는 블레이드가 홈의 하부까지 삽입되는 도중 홈의 측벽에 닿아 크랙이 발생할 가능성이 높다. 따라서, 홈(GR)은 홈(GR)의 상부 폭 대비 하부 폭이 75% 이상이 되도록 가공될 수 있다. 또는, 홈(GR)의 깊이를 고려하여 홈(GR)의 양 측벽의 기울기의 평균이 2 이상이 되도록 가공할 수 있다. 양 측벽의 기울기의 평균은 '홈의 깊이/(홈의 상부 폭-홈의 하부 폭)/2'인 것으로 할 수 있다.
- [72] 본 개시의 홈 형성 장치(10, 11)에 의해 형성된 홈(GR)을 이용한 가공 대상물의 커팅 공정이 수행되었다. 본 실험에 사용된 블레이드는 폭이 $30\mu\text{m}$ 이며, 블레이드의 가공 공차 $\pm 5\mu\text{m}$ 를 감안하여 홈(GR)의 하부 폭은 $40\mu\text{m}$, 상부 폭은 $52\mu\text{m}$ 이하인 것을 규격으로 하였다. 그리고, 실험에 사용된 각 빔의 에너지는 5W였다.
- [73] 비금속 패턴 웨이퍼의 가공에서 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 $50\mu\text{m}$ 이상인 경우 홈(GR)의 상부 폭과 하부 폭의 차가 $12\mu\text{m}$ 이하이며, 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 $40\mu\text{m}$ 이상인 경우 양 측벽의 기울기 평균이 2 이상이다.
- [74] 또한, 금속 패턴 웨이퍼의 가공에서 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 $40\mu\text{m}$ 이상인 경우 홈(GR)의 상부 폭과 하부 폭의 차가 $12\mu\text{m}$ 이하이며, 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 $20\mu\text{m}$ 이상인 경우 양 측벽의 기울기 평균이 2 이상이다.
- [75] 즉, 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 $50\mu\text{m}$ 이상인 경우 비금속 패턴 웨이퍼와 금속 패턴 웨이퍼의 가공에서 모두 홈(GR)의 상부 폭 대비 하부 폭의 비율과 양 측벽의 기울기 평균 값을 만족할 수 있다.
- [76] 한편, HAZ는 가공 대상물의 강도를 저하시키는 동시에, HAZ의 양이 많아지고 HAZ의 높이가 높아지면 홈(GR)의 상부 폭과 하부 폭의 차가 커지게 된다. 따라서, HAZ의 높이는 낮을수록 좋다. 실험 결과 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3,

-Db1, -Db2, -Db3)이 넓어질수록 HAZ의 높이가 낮아지는 것을 확인하였다. 즉, 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 넓을수록 HAZ 발생 방지에 있어서 유리할 수 있다. 다만, 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 40 μ m보다 좁으면 HAZ의 너비 급격히 증가하였다. 또한, 금속 패턴 웨이퍼에서도 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 40 μ m보다 큰 경우 HAZ의 높이가 감소하지만, 비금속 패턴 웨이퍼에서는 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 40 μ m보다 큰 경우 HAZ의 높이가 급격히 감소했다. 따라서, 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 40 μ m 이상인 경우 비금속 패턴 웨이퍼와 금속 패턴 웨이퍼에서 모두 HAZ의 높이와 너비에 있어서 유리한 가공 결과를 얻을 수 있다.

- [77] 상기의 실험 결과를 종합하면, 결론적으로 빔 간격(Db, +Db1, +Db2, +Db3, -Db1, -Db2, -Db3)이 50 μ m 이상인 경우에는 가공 대상(300)의 재료에 관계 없이 테이퍼 비(Taper Ratio), 기울기, HAZ의 높이와 너비에서 모두 만족할만한 가공 결과를 얻을 수 있다.
- [78] 도 6은 45 마이크로미터(μ m)의 빔 간격을 갖는 5개의 서브 레이저 빔들로 가공된 홈을 나타내는 도면이다. 도 7은 25 마이크로미터(μ m)의 빔 간격을 갖는 8개의 서브 레이저 빔들로 가공된 홈을 나타내는 도면이다.
- [79] 도 6 및 도 7을 참조하면, 홈(GR)의 평면 사진과 홈(GR)의 단면 형상 그래프가 중첩되어 도시되었다. 홈(GR)은 큰 HAZ(①) 및 과도하게 가공된 하부 영역(②)을 가졌다. 홈(GR)의 바닥면은 낮은 균일성을 가졌다.
- [80] 도 8은 150 마이크로미터(μ m)의 빔 간격을 갖는 5개의 서브 레이저 빔들로 가공된 홈을 나타내는 도면이다. 도 9는 200 마이크로미터(μ m)의 빔 간격을 갖는 8개의 서브 레이저 빔들로 가공된 홈을 나타내는 도면이다.
- [81] 도 8 및 도 9를 참조하면, 홈(GR)의 평면 사진과 홈(GR)의 단면 형상 그래프가 중첩되어 도시되었다. 홈(GR)은 도 6 및 도 7에 도시된 홈(GR)과 달리, 작은 HAZ(①)를 가지고, 과도하게 가공된 하부 영역은 갖지 않았다. 홈(GR)은 균일하게 가공된 바닥면을 가졌다.
- [82] 도 10은 예시적인 실시예에 따른 서브 레이저 빔들의 상대적인 세기를 나타내는 그래프이다.
- [83] 도 10을 참조하면, 서브 레이저 빔들(SLB)은 실질적으로 동일한 세기를 가질 수 있다. 도 4 및 도 5에 도시된 0차, ± 1 차, ± 2 차, ± 3 차 회절 빔들에 해당하는 서브 레이저 빔들(SLB)은 각각 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 으로 표시되었다. 서브 레이저 빔들(SLB)의 절대적인 세기는 필요에 따라 정해질 수 있다. 예를 들어, 서브 레이저 빔들(SLB)의 절대적인 세기는 가공 대상(300)의 종류 및/또는 서브 레이저 빔들(SLB) 사이의 빔 간격들에 따라 결정될 수 있다.
- [84] 본 개시의 홈 형성 장치(10, 11)는 50 마이크로미터(μ m) 이상의 빔 간격(Db)을 갖는 서브 레이저 빔들(SLB)로 홈(GR)을 형성하므로, 요구되는 형상(예를 들어, HAZ 발생이 최소화되고, 바닥면이 과도하지 않고 균일하게 가공되고, 홈의

- 최하부 폭이 최상부 폭의 75 % 이상인 형상)을 갖는 홈(GR)이 형성될 수 있다.
- [85] 도 11은 예시적인 실시예에 따른 서브 레이저 빔들의 상대적인 세기를 나타내는 그래프이다.
- [86] 도 11을 참조하면, 서브 레이저 빔들(SLB)은 서로 다른 세기를 가질 수 있다. 도 4 및 도 5에 도시된 0차, ± 1 차, ± 2 차, ± 3 차 회절 빔들에 해당하는 서브 레이저 빔들(SLB)은 각각 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 으로 표시되었다. 0차 및 ± 2 차 회절 빔들에 해당하는 서브 레이저 빔들(SLB)의 세기는 ± 1 차 및 ± 3 차 회절 빔들에 해당하는 서브 레이저 빔들(SLB)의 세기의 절반일 수 있다. 다만, 서브 레이저 빔들(SLB)의 상대적인 세기는 도시된 것에 한정되지 않으며, 필요에 따라 정해질 수 있다. 서브 레이저 빔들(SLB)의 절대적인 세기는 필요에 따라 정해질 수 있다. 예를 들어, 서브 레이저 빔들(SLB)의 절대적인 세기는 가공 대상(300)의 종류 및/또는 서브 레이저 빔들(SLB) 사이의 빔 간격들에 따라 결정될 수 있다.
- [87] 본 개시의 홈 형성 장치(10, 11)는 50 마이크로미터(μm) 이상의 빔 간격(Db)을 갖는 서브 레이저 빔들(SLB)로 홈(GR)을 형성하므로, 요구되는 형상(예를 들어, HAZ 발생이 최소화되고, 바닥면이 과도하지 않고 균일하게 가공되고, 홈의 최하부 폭이 최상부 폭의 75 % 이상인 형상)을 갖는 홈(GR)이 형성될 수 있다.
- [88] 도 12 및 도 13은 예시적인 실시예에 따른 가공 대상과 포커싱 렌즈 유닛의 위치 관계를 설명하기 위한 개념도들이다. 설명의 간결함을 위해 도 1 및 도 2를 참조하여 설명된 것 및 도 3을 참조하여 설명된 것과 실질적으로 동일한 내용은 설명되지 않을 수 있다.
- [89] 도 12 및 도 13을 참조하면, 포커싱 렌즈 유닛(150)은 스테이지(400) 상에 배치된 가공 대상(300)에 서브 레이저 빔들(SLB)을 집속할 수 있다. 포커싱 렌즈 유닛(150)은 초점(FP)과 포커싱 렌즈 유닛(150) 사이에 위치하는 제1 이미지 면(IP1) 및 초점(FP)에 대해 제1 이미지 면(IP1)의 반대편에 위치하는 제2 이미지 면(IP2)을 가질 수 있다.
- [90] 도 12에 도시된 것과 같이, 포커싱 렌즈 유닛(150)은 포커싱 렌즈 유닛(150)의 초점이 가공 대상(300) 내에 위치하도록 배치될 수 있다. 예를 들어, 포커싱 렌즈 유닛(150)은 제1 이미지 면(IP1)이 가공 대상(300)의 표면에 위치하도록 배치될 수 있다. 이 경우, 가공 대상(300)은 제1 이미지 면(IP1)의 서브 레이저 빔들(SLB)에 의해 가공될 수 있다.
- [91] 도 13에 도시된 것과 같이, 포커싱 렌즈 유닛(150)은 포커싱 렌즈 유닛(150)의 초점이 가공 대상(300)과 포커싱 렌즈 유닛(150) 사이에 위치하도록 배치될 수 있다. 예를 들어, 포커싱 렌즈 유닛(150)은 제2 이미지 면(IP2)이 가공 대상(300)의 표면에 위치하도록 배치될 수 있다. 이 경우, 가공 대상(300)은 제2 이미지 면(IP2)의 서브 레이저 빔들(SLB)에 의해 가공될 수 있다.
- [92] 포커싱 렌즈 유닛(150)의 위치는 필요에 따라 정해질 수 있다.
- [93] 제1 이미지 면(IP1)의 서브 레이저 빔들(SLB)에 의해 형성된 홈의 측벽은 제2 이미지 면(IP2)의 서브 레이저 빔들(SLB)에 의해 형성된 홈의 측벽보다 경사질

수 있다. 홈을 어떤 이미지 면의 서브 레이저 빔들(SLB)로 형성하는 지는 요구되는 홈의 형상에 따라 결정될 수 있다.

- [94] 본 개시의 홈 형성 장치(10, 11)는 50 마이크로미터(μm) 이상의 빔 간격(Db)을 갖는 서브 레이저 빔들(SLB)로 홈(GR)을 형성하므로, 요구되는 형상(예를 들어, HAZ 발생이 최소화되고, 바닥면이 과도하지 않고 균일하게 가공되고, 홈의 최하부 폭이 최상부 폭의 75 % 이상인 형상)을 갖는 홈(GR)이 형성될 수 있다.
- [95] 본 발명의 기술적 사상의 실시예들에 대한 이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상의 설명을 위한 예시를 제공한다. 따라서 본 발명의 기술적 사상은 이상의 실시예들에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당해 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의하여 상기 실시예들을 조합하여 실시하는 등 여러 가지 많은 수정 및 변경이 가능함은 명백하다.

청구범위

- [청구항 1] 레이저 빔을 방출하는 레이저 광원;
상기 레이저 빔을 복수의 서브 레이저 빔들로 분할하는 멀티 빔 생성기;
상기 복수의 서브 레이저 빔들을 가공 대상에 집광하는 포커싱 렌즈 유닛;
상기 멀티 빔 생성기와 포커싱 렌즈 유닛 사이에 제공되는 제1
텔레센트릭 렌즈; 및
상기 제1 텔레센트릭 렌즈와 상기 포커싱 렌즈 유닛 사이에 제공되는 제2
텔레센트릭 렌즈;를 포함하는 홈 형성 장치.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 제1 텔레센트릭 렌즈의 후방 초점 면 및 상기 제2 텔레센트릭 렌즈의
전방 초점 면은 서로 중첩하는 홈 형성 장치.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 제1 텔레센트릭 렌즈는 상기 멀티 빔 생성기로부터 최대 각도로
분할되는 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 수용하는 크기를 갖는 홈 형성
장치.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
상기 최대 각도는 ± 3 도($^{\circ}$)인 홈 형성 장치.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 멀티 빔 생성기는 상기 가공 대상 상에서 상기 복수의 서브 레이저
빔들 사이의 간격이 50 마이크로미터(μm) 이상이 되도록 상기 복수의
서브 레이저 빔들을 분할하는 홈 형성 장치.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 가공 대상 상에서 상기 복수의 서브 레이저 빔들 사이의 간격들은
서로 동일한 홈 형성 장치.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
상기 가공 대상 상의 상기 복수의 서브 레이저 빔들 사이의 간격들 중
적어도 둘은 서로 다른 홈 형성 장치.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,
상기 가공 대상 상에서 상기 복수의 서브 레이저 빔들은 대칭적으로
배열되는 홈 형성 장치.
- [청구항 9] 제 1 항에 있어서,
상기 복수의 서브 레이저 빔들은 서로 동일한 세기를 갖는 홈 형성 장치.
- [청구항 10] 제 1 항에 있어서,
상기 복수의 서브 레이저 빔들 중 적어도 둘은 서로 다른 세기를 갖는 홈
형성 장치.
- [청구항 11] 제 1 항에 있어서,
스캔 헤드;를 더 포함하되,

상기 포커싱 렌즈 유닛은 상기 스캔 헤드 내에 배치되고,
상기 멀티 빔 생성기, 상기 제1 텔레센트릭 렌즈, 및 상기 제2 텔레센트릭 렌즈는 상기 스캔 헤드의 외부에 배치되는 홈 형성 장치.

- [청구항 12] 제 1 항에 있어서,
상기 가공 대상을 지지하는 스테이지;를 더 포함하되,
상기 스테이지는 상기 가공 대상 상에 상기 복수의 서브 레이저 빔들이 집광되는 위치를 조절하는 홈 형성 장치.
- [청구항 13] 레이저 빔을 방출하는 레이저 광원;
상기 레이저 빔을 복수의 서브 레이저 빔들로 분할하는 멀티 빔 생성기;
및
상기 복수의 서브 레이저 빔들을 가공 대상에 집광하는 포커싱 렌즈 유닛;을 포함하되,
상기 포커싱 렌즈 유닛은 상기 멀티 빔 생성기로부터 최대 각도로 분할되는 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 수용하도록 상기 멀티 빔 생성기로부터 이격되는 홈 형성 장치.
- [청구항 14] 제 13 항에 있어서,
상기 최대 각도는 ± 3 도($^{\circ}$)인 홈 형성 장치.
- [청구항 15] 제 13 항에 있어서,
상기 멀티 빔 생성기는 상기 가공 대상 상에서 상기 복수의 서브 레이저 빔들 사이의 간격이 50 마이크로미터(μm) 이상이 되도록 상기 복수의 서브 레이저 빔들을 분할하는 홈 형성 장치.