

명세서

발명의 명칭: 레이저 가공 장치 및 이를 이용한 레이저 빔 형성 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 레이저 가공 장치 및 이를 이용한 레이저 빔 형성 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 레이저 가공 장치는 레이저 빔을 이용하여 웨이퍼와 같은 가공 대상물을 그루빙(grooving), 스크라이빙(scribing), 드릴링(drilling), 다이싱(dicing) 하거나 커팅(cutting)하는 장치를 말한다. 웨이퍼의 종류에 따라 표면을 10~20um 이상 가공해야 하기 때문에 레이저 가공 장치의 초점 심도가 클수록 유리하다. 초점 심도가 충분하지 않으면, 가공물의 높이 편차, 설비 진동 등에 의해 웨이퍼에 균일한 크기의 빔을 조사할 수 없게 되고 이는 결과적으로 가공 품질의 저하를 초래하기 때문이다.
- [3] 초점 심도를 늘리기 위한 방안으로, 포커싱 렌즈의 초점 거리를 늘리는 시도가 있었으나, 이는 회절 한계를 증가시켜 가공 빔의 품질을 떨어뜨린다는 문제가 있었다.
- [4] 따라서, 가공 빔의 품질 저하 없이 초점 심도를 늘릴 수 있는 기술이 필요한 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 본 발명이 해결하고자 하는 일 기술적 과제는, 가공 빔의 품질 저하 없이 초점 심도를 늘릴 수 있는 레이저 가공 장치를 제공하는 것이다.
- [6] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 일 기술적 과제는, 멀티 포커스를 형성하여 가공 속도를 향상시킬 수 있는 레이저 가공 장치를 제공하는 것이다.
- [7] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 일 기술적 과제는, 레이저 빔의 손실을 최소화 하면서 레이저 빔의 크기를 줄일 수 있는 레이저 가공 장치를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [8] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 레이저 빔을 제공하는 광원, 상기 레이저 빔을 복굴절시켜 상기 레이저 빔으로부터 제1 방향으로 편광된 제1 레이저 빔과 상기 제1 방향과 수직인 제2 방향으로 편광된 제2 레이저 빔을 형성하는 복굴절 물질을 포함하는 빔 확장기, 및 상기 제1 레이저 빔 및 상기 제2 레이저 빔을 가공 대상물에 결상하는 포커싱 렌즈를 포함하고, 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔은, 상기 가공 대상물의 표면으로부터 서로 다른 깊이에 초점이 형성되는 레이저 가공 장치가 제공될 수 있다.
- [9] 상기 빔 확장기는, 상기 레이저 빔을 수광하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 복굴절 렌즈, 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을

- 굴절시키는 오목 렌즈, 상기 오목 렌즈를 통과한 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 볼록 렌즈를 포함할 수 있다.
- [10] 상기 복굴절 렌즈는 평면 표면과 볼록 표면을 포함하는 평면-볼록 렌즈이고, 상기 레이저 빔은, 상기 평면 표면과 수직으로 입사될 수 있다.
- [11] 상기 오목 렌즈로 입사되는 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔 사이의 거리는, 상기 볼록 렌즈로 입사되는 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔 사이의 거리보다 작을 수 있다.
- [12] 상기 빔 확장기는, 상기 레이저 빔을 수광하여 수렴하는 방향으로 굴절시키는 제1 렌즈, 상기 제1 렌즈를 통과한 상기 레이저 빔을 수광하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 복굴절 플레이트, 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 제2 렌즈를 포함할 수 있다.
- [13] 상기 레이저 빔의 초점은, 상기 제1 렌즈와 상기 복굴절 플레이트 사이에 형성될 수 있다.
- [14] 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔은, 상기 빔 확장기 내부에서 교차될 수 있다.
- [15] 상기 레이저 가공 장치는, 상기 빔 확장기와 상기 포커싱 렌즈 사이에 위치하며, 상기 빔 확장기로부터 출사된 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 플랫-탑 빔(flat-top beam)으로 변환하는 회절광학소자;를 더 포함할 수 있다.
- [16] 상기 레이저 가공 장치는, 상기 레이저 빔의 편광 방향이 상기 복굴절 물질의 광축과 45도가 되도록 상기 레이저 빔의 편광 방향을 변경하는 파장판;을 더 포함할 수 있다.
- [17] 상기 가공 대상물에 결상되는 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔의 크기 차이는 기설정된 범위 이내일 수 있다.
- [18] 상기 제1 레이저 빔의 초점이 형성되는 제1 결상면과 상기 제2 레이저 빔의 초점이 형성되는 제2 결상면 사이의 거리는 10um 이상일 수 있다.
- [19] 상기 복굴절 물질은 양의 복굴절을 가질 수 있다.
- [20] 상기 가공 대상물에 결상되는 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔은, 장축의 길이가 단축의 길이보다 9배 이상인 사각 빔 형상을 가질 수 있다.
- [21] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 광원, 복굴절 물질을 포함하는 빔 확장기 및 포커싱 렌즈를 포함하는 레이저 가공 장치를 이용한 레이저 빔 형성 방법에 있어서, 상기 광원으로부터 제공되는 레이저 빔을 상기 빔 확장기에 입사시키는 단계; 상기 빔 확장기를 이용하여 상기 레이저 빔을 복굴절시킴으로써, 상기 레이저 빔으로부터 제1 방향으로 편광된 제1 레이저 빔과 상기 제1 방향과 수직인 제2 방향으로 편광된 제2 레이저 빔을 형성하는 단계; 및 상기 포커싱 렌즈를 이용하여 상기 제1 레이저 빔 및 상기 제2 레이저 빔을 가공 대상물에 결상시키는 단계;를 포함하고, 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔은, 상기 가공 대상물의 표면으로부터 서로 다른 깊이에 초점이 형성되는 레이저 빔 형성 방법이 제공될 수 있다.

- [22] 상기 빔 확장기는, 복굴절 렌즈, 오목 렌즈 및 볼록 렌즈를 더 포함할 수 있다. 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 단계는, 상기 복굴절 렌즈를 이용하여 상기 레이저 빔을 수광하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 단계, 상기 오목 렌즈를 이용하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 단계, 및 상기 볼록 렌즈를 이용하여 상기 오목 렌즈를 통과한 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [23] 상기 빔 확장기는, 제1 렌즈, 복굴절 플레이트 및 제2 렌즈 더 포함할 수 있다. 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 단계는, 상기 제1 렌즈를 이용하여 상기 레이저 빔을 수광하여 수렴하는 방향으로 굴절시키는 단계, 상기 복굴절 플레이트를 이용하여 상기 제1 렌즈를 통과한 상기 레이저 빔을 수광하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 단계, 및 상기 제2 렌즈를 이용하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [24] 개시된 기술은 다음의 효과를 가질 수 있다. 다만, 특정 실시예가 다음의 효과를 전부 포함하여야 한다거나 다음의 효과만을 포함하여야 한다는 의미는 아니므로, 개시된 기술의 권리범위는 이에 의하여 제한되는 것으로 이해되어서는 아니 될 것이다.
- [25] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 편광 방향이 서로 수직인 두 개의 레이저 빔을 이용하여 멀티 포커스를 형성함으로써 에너지 손실 및 가공빔의 품질저하 없이 초점 심도를 늘릴 수 있다.
- [26] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 멀티 빔을 이용함으로써 단위 시간당 가공량과 가공 속도를 향상시킬 수 있다.
- [27] 이상의 발명의 내용은 본 발명의 모든 측면들에 관한 완전한 목록을 포함하는 것은 아니다. 본 발명은 이상에서 요약된 사항들은 물론, 이하의 상세한 설명 및 청구항에서 개시되는 다양한 측면들의 모든 적절한 조합들로부터 실시 가능한 모든 방법들, 기기들, 및 시스템들을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 그 외에 본 발명의 실시예로 인하여 얻을 수 있거나 예측되는 효과에 대해서는 본 발명의 실시예에 대한 상세한 설명에서 직접적 또는 암시적으로 개시하도록 한다. 예컨대, 본 발명의 실시예에 따라 예측되는 다양한 효과에 대해서는 후술될 상세한 설명 내에서 개시될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [28] 본 발명의 특정 실시예의 양상, 특징 및 이점은 첨부된 도면들을 참조하여 후술되는 설명을 통해 보다 명확해질 것이다.
- [29] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 가공 장치(1)의 개략도이다.
- [30] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 가공 장치(1)의 개략도이다.

- [31] 도 3은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 레이저 가공 장치(1)의 개략도이다.
- [32] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔(L)의 입사각에 따른 복굴절 플레이트(135)의 투과 형태와 멀티 포커스 간격을 나타내는 표이다.
- [33] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 레이저 빔(L1) 및 제2 레이저 빔(L2)을 형성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [34] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 가공 대상물에 조사된 레이저 빔을 나타낸다.
- [35] 도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔에 대한 실험 데이터이다.
- [36] 도 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔에 대한 실험 데이터이다.
- [37] 도 7c는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔에 대한 실험 데이터이다.
- [38] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔에 대한 실험 데이터이다.
- [39] 도 9는 두 레이저 빔의 편광 방향의 관계성에 따른 두 레이저 빔의 이미지를 나타내는 실험 데이터이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [40] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.
- [41] 본 발명의 실시예에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 개시의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [42] 본 발명의 실시예들은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 특정한 실시 형태에 대해 범위를 한정하려는 것이 아니며, 개시된 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 실시예들을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [43] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [44] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구성되다" 등의 용어는 명세서 상에 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.

- [45] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [46] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 가공 장치의 개략도이다.
- [47] 도 1을 참조하면, 레이저 가공 장치(1)는 광원(110), 파장판(120), 빔 확장기(130), 빔 성형부(140) 및 결상부(150)를 포함할 수 있다. 레이저 가공 장치(1)는 레이저 빔(L1, L2)을 이용하여 가공 대상물(10)을 가공할 수 있다. 예를 들어, 레이저 가공 장치(1)는 레이저 빔(L1, L2)을 이용하여 가공 대상물(10)을 그루빙 혹은 스크라이빙 할 수 있다. 가공 대상물(10)은 웨이퍼(wafer) 또는 ABF(Ajinomoto Build-up Film) 기판일 수 있다.
- [48] 광원(110)은 레이저 빔(L)을 생성할 수 있다. 레이저 빔(L)은 가우시안 빔(gaussian beam)일 수 있다. 또는, 레이저 빔(L)은 플랫-탑 빔(flat-top beam)일 수 있다. 광원(110)은 레이저 빔(L)을 출력할 수 있다. 광원(110)은 레이저 빔(L)을 파장판(120)으로 전달할 수 있다.
- [49] 파장판(120)은 레이저 빔(L)의 편광 방향을 변경할 수 있다. 파장판(120)은 레이저 빔(L)의 편광 방향이 빔 확장기(130)에 포함된 복굴절 물질의 광축과 미리 정해진 각도(예를 들어, 45도)를 이루도록 레이저 빔(L)의 편광 방향을 조절할 수 있다. 파장판(120)은 반파장판(half wave plate, HWP)일 수 있다.
- [50] 빔 확장기(130)는 파장판(120)을 통과한 레이저 빔(L)을 수광할 수 있다. 빔 확장기(130)는 레이저 빔(L)으로부터 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)을 형성할 수 있다. 빔 확장기(130)는 레이저 빔(L)을 복굴절시켜 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)을 형성할 수 있다. 빔 확장기(130)로 입사된 레이저 빔(L)은 빔 확장기(130)를 통과하는 동안 복굴절되어 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)으로 분기될 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)은 정상광선(ordinary ray, 줄여서 o-ray)이고, 제2 레이저 빔(L2)은 비정상광선(extraordinarily ray, 줄여서 e-ray)일 수 있다. 반대로, 제1 레이저 빔(L1)이 비정상광선이고 제2 레이저 빔(L2)이 정상광선일 수도 있다.
- [51] 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향은 제1 방향일 수 있다. 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향은 제1 방향과 수직인 제2 방향일 수 있다. 따라서, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)는 서로 간섭하지 않을 수 있다. 달리 말해, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2) 사이에는 간섭성이 없을 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2) 사이의 간섭으로 인한 에너지 손실을 발생하지 않을 수 있다. 제1 방향과 제2 방향은 레이저 빔(L)의 편광 방향과 45도를 이룰 수 있다.

- [52] 빔 확장기(130)는 복굴절 물질, 오목 렌즈, 볼록 렌즈를 포함할 수 있다. 복굴절 물질은 복굴절 렌즈 또는 복굴절 플레이트일 수 있다. 복굴절 물질은 양의 복굴절 또는 음의 복굴절을 가질 수 있다. 빔 확장기(130)는 BET(Beam Expander Telescope)로 구현될 수 있다. 복굴절 렌즈는 평면 표면과 볼록 표면을 갖는 평면-볼록 렌즈일 수 있다. 복굴절 플레이트는 평면 표면을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 빔 확장기(130)는 복굴절 물질, 오목 렌즈 및 볼록 렌즈로 구성될 수 있다. 다른 일 실시예에서, 빔 확장기(130)는 복굴절 물질과 2개의 볼록 렌즈로 구성될 수 있다. 또 다른 일 실시예에서, 빔 확장기(130)는 복굴절 물질, 복수의 오목 렌즈 및 복수의 오목 렌즈로 구성될 수 있다.
- [53] 빔 성형부(140)는 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)의 형태를 성형 또는 형성할 수 있다. 빔 성형부(140)는 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)을 플랫-탑 빔(flat-top beam)으로 변환할 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)은 빔 성형부(140)에 의해 가우시안 빔으로부터 플랫-탑 빔으로 변형될 수 있다. 빔 성형부(140)는 회절 광학소자(Diffractive optical element, DOE)를 포함할 수 있다. 빔 성형부(140)는 비구면 렌즈를 포함할 수 있다.
- [54] 결상부(150)는 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)을 가공 대상물(10)에 결상시킬 수 있다. 결상부(150)는 제1 레이저 빔(L1)을 제1 결상면(P1)에 결상시킬 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)의 초점은 제1 결상면(P1)에 형성될 수 있다. 제1 결상면(P1)은 가공 대상물(10)의 표면일 수 있다. 결상부(150)는 제2 레이저 빔(L2)을 제2 결상면(P2)에 결상시킬 수 있다. 제2 레이저 빔(L2)의 초점은 제2 결상면(P2)에 형성될 수 있다. 제1 결상면(P1)과 제2 결상면(P2) 사이의 거리(d)는 10um 이상일 수 있다. 즉, 제1 레이저 빔(L1)의 초점과 제2 레이저 빔(L2)의 초점 사이의 거리는 10um 이상일 수 있다. 결상부(150)는 적어도 하나의 렌즈를 포함할 수 있다. 결상부(150)는 포커싱 렌즈를 포함할 수 있다.
- [55] 레이저 가공 장치(1)는 하나의 레이저 빔(L)으로부터 멀티빔(L1, L2)을 생성할 수 있다. 레이저 가공 장치(1)는 멀티빔(L1, L2)을 두 개의 결상면(P1, P2)에 멀티포커싱하여 레이저 빔(L)의 초점 심도(depth of focus, DOF)를 증가시킬 수 있다. 제1 결상면(P1)과 제2 결상면(P2) 사이의 거리(d)가 10um 이상인 경우, 초점 심도(DOF)가 10um 이상 증가할 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)은 서로 간섭하지 않으므로 독립적인 결상 품질이 유지될 수 있다.
- [56] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 가공 장치(1)의 개략도이다.
- [57] 도 2를 참조하면, 레이저 가공 장치(1)는 빔 확장기(130), 빔 성형부(140) 및 결상부(150)를 포함할 수 있다. 빔 확장기(130)는 복굴절 렌즈(131), 오목 렌즈(132) 및 볼록 렌즈(133)를 포함할 수 있다. 빔 성형부(140)는 회절광학소자(DOE)일 수 있다. 결상부(150)는 포커싱 렌즈일 수 있다.
- [58] 빔 확장기(130)는 레이저 빔(L)을 수신할 수 있다. 레이저 빔(L)은 광원(110)으로부터 출력되어 파장판(120)을 통과한 후 빔 확장기(130)로 입사될 수 있다. 레이저 빔(L)은 복굴절 렌즈(131)의 평면 표면과 수직으로 입사될 수 있다.

- [59] 빔 확장기(130)는 레이저 빔(L)으로부터 제1 레이저 빔(L1) 및 제2 레이저 빔(L2)을 생성하여 출력할 수 있다. 빔 확장기(130)는 복굴절 렌즈(131)를 이용하여 제1 레이저 빔(L1) 및 제2 레이저 빔(L2)을 형성할 수 있다. 복굴절 렌즈(131)의 복굴절성 때문에 복굴절 렌즈(131)를 통과한 레이저 빔(L)이 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)으로 분기될 수 있다. 예를 들어, 제1 레이저 빔(L1)은 정상광선이고, 제2 레이저 빔(L2)은 이상광선일 수 있다.
- [60] 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향과 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향은 수직일 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔(L)의 편광 방향이 복굴절 렌즈(131)의 광축과 45도를 이루는 경우, 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향과 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향은 수직이 될 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향과 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향이 수직인 경우, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2) 사이의 간섭이 발생하지 않을 수 있다. 따라서, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2) 사이의 간섭으로 인한 에너지 손실이 방지될 수 있다.
- [61] 빔 확장기(130)가 출력하는 두 빔(L1, L2) 사이의 거리를 기초로 두 빔(L1, L2)의 초점 간의 거리(즉, 초점 심도)가 결정될 수 있다. 두 빔(L1, L2) 사이의 거리는 복굴절 렌즈(131), 오목 렌즈(132), 볼록 렌즈(133)를 기초로 결정될 수 있다. 두 빔(L1, L2) 사이의 거리는 복굴절 렌즈(131), 오목 렌즈(132), 볼록 렌즈(133)의 크기나 굴절율에 따라 조절될 수 있다. 예를 들어, 빔 확장기(130) 내에서 두 빔(L1, L2) 사이의 거리는 두 빔(L1, L2)의 진행 방향을 따라 증가할 수 있다. 오목 렌즈(132)와 볼록 렌즈(133)는 두 빔(L1, L2) 사이의 거리를 증가시킴으로써 초점 심도를 증가시킬 수 있다.
- [62] 빔 성형부(140)는 두 빔(L1, L2)이 기설정된 크기나 형태를 갖도록 두 빔(L1, L2)을 성형할 수 있다. 빔 성형부(140)는 두 빔(L1, L2)을 플랫-탑 빔(flat-top beam)으로 성형할 수 있다. 빔 성형부(140)는 가로 방향의 길이와 세로 방향의 길이가 다른 직사각형 형태를 갖도록 두 빔(L1, L2)을 성형할 수 있다. 예를 들어, 결상면에서 두 빔(L1, L2)은 장축의 길이가 50 μ m이고 단축의 길이가 5 μ m일 수 있다. 결상면에서 두 빔(L1, L2)은 장축의 길이가 단축의 길이보다 적어도 9배 이상인 사각 빔 형태를 가질 수 있다.
- [63] 결상부(150)는 두 빔(L1, L2)을 각각 가공 대상물(10)에 결상시킬 수 있다. 결상부(150)는 제1 레이저 빔(L1)을 제1 결상면(P1)에 결상시킬 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)의 초점은 제1 결상면(P1)에 형성될 수 있다. 제1 결상면(P1)은 가공 대상물(10)의 내부에 있을 수 있다. 결상부(150)는 제2 레이저 빔(L2)을 제2 결상면(P2)에 결상시킬 수 있다. 제2 레이저 빔(L2)의 초점은 제2 결상면(P2)에 형성될 수 있다. 제2 결상면(P2)은 가공 대상물(10)의 표면일 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)의 초점과 제2 레이저 빔(L2)의 초점 사이의 거리는 10 μ m 이상일 수 있다. 즉, 레이저 빔(L)의 초점 심도가 10 μ m 이상 증가할 수 있다. 따라서, 가공 대상물(10)의 깊이가 달라지더라도, 가공 대상물(10)에는 균일한 특성(예로, 에너지, 크기, 형태 등)을 갖는 빔이 조사될 수 있다. 또한, 싱글빔을 이용할 때에 비해 가공 속도

가 향상될 수 있다. 두 빔(L1, L2)은 서로 간섭하지 않으므로 에너지 손실도 방지될 수 있다.

- [64] 복굴절 렌즈(131), 오목 렌즈(132) 및 볼록 렌즈(133) 각각의 중심축은 동일한 축(C)에 위치할 수 있다. 이에 따라, 빔 확장기(130)의 컴팩트한 설계가 가능하다. 빔 성형부(140)와 결상부(150)의 중심축은 복굴절 렌즈(131), 오목 렌즈(132) 및 볼록 렌즈(133)의 중심축과 동일한 축(C)에 위치할 수 있다. 다만 이에 한정되는 것은 아니며, 다른 실시예에서 복굴절 렌즈(131), 오목 렌즈(132), 볼록 렌즈(133), 빔 성형부(140) 및 결상부(150) 중 적어도 일부의 중심축이 상이한 축에 위치할 수 있음을 밝혀둔다.
- [65] 도 3은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 레이저 가공 장치(1)의 개략도이다.
- [66] 도 3을 참조하면, 빔 확장기(130)는 제1 렌즈(134), 복굴절 플레이트(135) 및 제2 렌즈(136)를 포함할 수 있다. 제1 렌즈(134)는 레이저 빔(L)을 수광하여 수렴하는 방향으로 굴절시킬 수 있다. 예를 들어, 제1 렌즈(134)는 제1 렌즈(134)의 광축과 평행하게 입사되는 레이저 빔(L)을 45도 굴절시킬 수 있다. 레이저 빔(L)의 초점은 제1 렌즈(134)와 복굴절 플레이트(135) 사이에 형성될 수 있다. 제1 렌즈(134)는 볼록 렌즈일 수 있다.
- [67] 복굴절 플레이트(135)는 제1 렌즈(134)를 통과한 레이저 빔(L)을 수광할 수 있다. 레이저 빔(L)은 미리 정해진 범위내의 입사각으로 복굴절 플레이트(135)에 입사할 수 있다. 예를 들어, 미리 정해진 범위는 0도부터 90도까지일 수 있다.
- [68] 복굴절 플레이트(135)는 레이저 빔(L)으로부터 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)을 형성할 수 있다. 복굴절 플레이트(135)의 복굴절성 때문에 복굴절 플레이트(135)를 통과하는 동안 레이저 빔(L)이 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)으로 분기될 수 있다. 예를 들어, 제1 레이저 빔(L1)은 정상광선이고, 제2 레이저 빔(L2)은 이상광선일 수 있다.
- [69] 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향과 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향은 수직일 수 있다. 예를 들어, 레이저 빔(L)의 편광 방향이 복굴절 플레이트(135)의 광축과 45도를 이루는 경우, 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향과 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향은 수직이 될 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향과 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향이 수직인 경우, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2) 사이의 간섭이 발생하지 않을 수 있다. 따라서, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2) 사이의 간섭으로 인한 에너지 손실이 방지될 수 있다.
- [70] 두 빔(L1, L2)의 초점 간 거리는 복굴절 플레이트(135)의 두께(1351)를 기초로 결정될 수 있다. 예를 들어, 복굴절 플레이트(135)의 두께(1351)가 증가할수록 두 빔(L1, L2)의 초점 간 거리가 증가할 수 있다.
- [71] 제2 렌즈(136)는 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)을 굴절시킬 수 있다. 제2 렌즈(136)는 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)이 일정 범위 이상 발산되지 않도록 수렴시킬 수 있다. 이에 따라, 제2 렌즈(136)를 통과한 제1 레이저 빔

- (L1)과 제2 레이저 빔(L2)은 교차할 수 있다. 예를 들어, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)은 빔 확장기(130) 내부에서 교차될 수 있다.
- [72] 빔 성형부(140)에 대해서는 도 2를 참조하여 전술하였으므로 중복 설명은 생략하도록 한다.
- [73] 결상부(150)는 두 빔(L1, L2)을 각각 가공 대상물(10)에 결상시킬 수 있다. 결상부(150)는 제1 레이저 빔(L1)을 제1 결상면(P1)에 결상시킬 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)의 초점은 제1 결상면(P1)에 형성될 수 있다. 제1 결상면(P1)은 가공 대상물(10)의 표면일 수 있다. 결상부(150)는 제2 레이저 빔(L2)을 제2 결상면(P2)에 결상시킬 수 있다. 제2 레이저 빔(L2)의 초점은 제2 결상면(P2)에 형성될 수 있다. 제2 결상면(P2)은 가공 대상물(10)의 내부에 있을 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)의 초점과 제2 레이저 빔(L2)의 초점 사이의 거리는 10 μ m 이상일 수 있다. 즉, 레이저 빔(L)의 초점 심도가 10 μ m 이상 증가할 수 있다. 따라서, 가공 대상물(10)의 깊이가 달라지더라도, 가공 대상물(10)에는 균일한 특성(예로, 에너지, 크기, 형태 등)을 갖는 빔이 조사될 수 있다. 또한, 싱글빔을 이용할 때에 비해 가공 속도가 향상될 수 있다. 두 빔(L1, L2)은 서로 간섭하지 않으므로 에너지 손실도 방지될 수 있다.
- [74] 제1 렌즈(134), 복굴절 플레이트(135) 및 제2 렌즈(136) 각각의 중심축은 동일한 축(C)에 위치할 수 있다. 이에 따라, 빔 확장기(130)의 컴팩트한 설계가 가능하다. 빔 성형부(140)와 결상부(150)의 중심축은 제1 렌즈(134), 복굴절 플레이트(135) 및 제2 렌즈(136)의 중심축과 동일한 축(C)에 위치할 수 있다. 다만 이에 한정되는 것은 아니며, 다른 실시예에서 제1 렌즈(134), 복굴절 플레이트(135), 제2 렌즈(136), 빔 성형부(140) 및 결상부(150) 중 적어도 일부의 중심축이 상이한 축에 위치할 수 있음을 밝혀둔다.
- [75] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔(L)의 입사각에 따른 복굴절 플레이트(135)의 투과 형태와 멀티 포커스 간격을 나타내는 표이다.
- [76] 도 4를 참조하면, 복굴절 플레이트(135)로 입사되는 레이저 빔(L)의 입사각(θ)은, 멀티 포커스 간격과 관련될 수 있다. 멀티 포커스 간격이란, 제1 결상면(P1)과 제2 결상면(P2) 사이의 거리(d) 즉, 초점 심도를 의미할 수 있다.
- [77] 예를 들어, 입사각(θ)이 제1 각도(θ_1)인 경우, 멀티 포커스 간격은 제1 거리(d1)일 수 있다. 그리고, 입사각(θ)이 제2 각도(θ_2)인 경우, 멀티 포커스 간격은 제2 거리(d2)일 수 있다. 제1 각도(θ_1)는 제2 각도(θ_2)보다 작고, 제1 거리(d1)는 제2 거리(d2)보다 작을 수 있다. 즉, 입사각(θ)이 증가할수록, 복굴절 플레이트(135)를 투과한 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2) 사이의 거리가 증가하며, 이에 따라 멀티 포커스 간격이 증가할 수 있다. 따라서, 입사각(θ)은 멀티 포커스 간격을 기초로 결정될 수 있다. 예를 들어, 목적에 따라 멀티 포커스 간격이 증가되어야 하는 경우, 입사각(θ)은 증가할 수 있다. 반대로, 멀티 포커스 간격이 감소되어야 하는 경우, 입사각(θ)은 감소할 수 있다.

- [78] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 레이저 빔(L1) 및 제2 레이저 빔(L2)을 형성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [79] 도 5를 참조하면, 광원(110)으로부터 출사된 레이저 빔(L)은 편광판(120)을 통과할 수 있다. 편광판(120)을 통과함에 따라 레이저 빔(L)의 편광 방향은 변경될 수 있다. 예를 들어, 편광판(120)을 통과한 레이저 빔(L)의 편광 방향은 복굴절 물질(137)의 광축(X)과 45도를 이룰 수 있다. 편광판(120)은 반파장판일 수 있다.
- [80] 복굴절 물질(137)은 레이저 빔(L)을 복굴절시켜 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)을 형성할 수 있다. 복굴절 물질(137)은 복굴절 렌즈(131) 또는 복굴절 플레이트(135)일 수 있다. 레이저 빔(L)의 편광 방향이 복굴절 물질(137)의 광축(X)이 45도인 경우, 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향(P_L1)과 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향(P_L2)은 수직일 수 있다.
- [81] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 가공 대상물에 조사된 레이저 빔을 나타낸다. 도 6의 (A)는 제1 레이저 빔(L1)을 나타내고, 도 6의 (B)는 제2 레이저 빔(L2)을 나타낸다.
- [82] 도 6을 참조하면, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)은 사각 빔 형태를 가질 수 있다. 또한, 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)은 동일한 크기의 빔 스팟을 가질 수 있다. 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향은 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향과 수직일 수 있다. 예를 들어, 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향은 y축 방향이며, 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향은 x축 방향일 수 있다. 한편, 다른 실시예에서, 제1 레이저 빔(L1)의 편광 방향이 x축 방향이고, 제2 레이저 빔(L2)의 편광 방향이 y축 방향일 수 있다.
- [83] 제1 레이저 빔(L1)의 장축 방향의 길이는 단축 방향의 길이보다 9배 이상일 수 있다. 제2 레이저 빔(L2)의 장축 방향의 길이는 단축 방향의 길이보다 9배 이상일 수 있다. 가공 대상물(10)에 조사된 제1 레이저 빔(L1)과 제2 레이저 빔(L2)의 크기 차이는 기설정된 범위 이내일 수 있다.
- [84] 도 7a, 7b 및 7c는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔에 대한 실험 데이터이다. 도 7a는 x축 방향으로 편광된 제1 레이저 빔을 가공 대상물에 조사했을 때의 실험 데이터이다. 도 7b는 y축 방향으로 편광된 제2 레이저 빔을 가공 대상물에 조사했을 때의 실험 데이터이다. 도 7c는 제1 레이저 빔과 제2 레이저 빔을 가공 대상물에 조사했을 때의 실험 데이터이다. 도 7a, 7b 및 7c에서, z는 결상부(150)에 포함된 포커싱 렌즈로부터 가공대상물 방향으로의 상대적 거리를 나타낸다.
- [85] 도 7a는 상대적 거리(z)에 따른 제1 레이저 빔의 이미지, 파형 및 크기를 나타낸다. 제1 레이저 빔의 이미지와 크기를 관측한 결과, 상대적 거리(z)가 49.885um로부터 49.895um까지는 제1 레이저 빔의 초점이 유지되었다. 이 때, 제1 레이저 빔의 초점 심도는 10um로 측정되었다.
- [86] 도 7b는 상대적 거리(z)에 따른 제2 레이저 빔의 이미지, 파형 및 크기를 나타낸다. 제2 레이저 빔의 이미지와 크기를 관측한 결과, 상대적 거리(z)가 49.875um로

부터부터 49.885um까지는 제2 레이저 빔의 초점이 유지되었다. 이 때, 제2 레이저 빔의 초점 심도는 10um로 측정되었다.

- [87] 도 7c는 제1 레이저 빔과 제2 레이저 빔이 합성된 빔의 상대적 거리(z)에 따른 이미지, 파형 및 크기를 나타낸다. 제1 레이저 빔과 제2 레이저 빔의 합성은, 제1 레이저 빔과 제2 레이저 빔을 함께 가공 대상물에 조사함으로써 이루어질 수 있다.
- [88] 도 7c를 참조하면, 상대적 거리(z)가 49.875um로부터부터 49.895um까지는 합성된 빔의 초점이 유지되었다. 이 때, 합성된 빔의 초점 심도는 20um으로 측정되었다. 즉, 제1 레이저 빔과 제2 레이저 빔을 함께 사용한 경우, 제1 레이저 빔과 제2 레이저 빔 중 하나의 빔을 사용할 때보다 초점 심도가 두배 증가하였다. 레이저 빔의 초점 심도가 증가한다는 것은, 균일한 크기의 빔을 조사할 수 있는 깊이 범위가 증가하는 것을 의미한다. 예를 들어, 그루빙 공정에서는 레이저 빔에 의해 웨이퍼의 홈의 깊이가 점진적으로 증가할 수 있다. 이 때, 홈의 깊이에 따른 홈의 폭이 일정할수록 가공 품질이 뛰어나다고 할 수 있다. 초점 심도가 증가하면 홈의 깊이가 변하더라도 웨이퍼 표면에 균일한 크기의 빔을 조사할 수 있어, 가공 품질에 유리하다.
- [89] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 빔에 대한 실험 데이터이다.
- [90] 도 8의 그래프(80)의 x축은 가공 대상물의 깊이 방향을 나타내며 y축은 측위를 나타낸다. 그래프(80)를 참조하면, 두 개의 레이저 빔들의 초점이 서로 다른 깊이에서 형성된 것을 확인할 수 있다. 레이저 가공 장치(1)는 멀티 포커스 방식에 기초하여 가공 대상물(10)을 그루빙 혹은 스크라이빙 할 수 있다. 혹은 드릴링하거나, 다이싱을 할 수도 있다. 레이저 가공 장치(1)는 멀티빔을 이용하므로 싱글빔을 사용한 기존의 가공장치에 비해 단위 시간당 가공량이 크고 가공 속도가 빠르다는 장점이 있다. 한편, 도 8에 표기된 단위는 일 실시예에 불과하며 본 발명이 이러한 구체적인 수치에 한정되는 것이 아님을 밝혀둔다.
- [91] 도 9는 두 레이저 빔의 편광 방향의 관계성에 따른 두 레이저 빔의 이미지를 나타내는 실험 데이터이다. 구체적으로, 도 9는 가공 대상물에 각 레이저 빔을 독립적으로 조사했을 때의 이미지와, 두 레이저 빔을 함께 조사했을 때의 이미지를 나타낸다.
- [92] 도 9를 참조하면, 편광 방향이 동일한 제1 레이저 빔과 제2 레이저 빔으로 멀티 포커스를 형성하면, 간섭 무늬가 나타나는 것을 알 수 있다. 반면에, 제1 레이저 빔의 편광 방향이 제2 레이저 빔의 편광 방향과 수직인 경우, 멀티 포커스를 형성하더라도 간섭 무늬가 나타나지 않는다. 본 발명에 따른 레이저 가공 장치(1)는 편광 방향이 서로 수직인 두 빔(L1, L2)을 이용할 수 있다. 따라서, 두 빔(L1, L2) 간의 간섭이 발생하지 않으며, 간섭으로 인한 에너지 손실 또한 발생하지 않을 수 있다. 결과적으로 가공 품질의 저하가 나타나지 않을 수 있다.
- [93] 한편, 본 발명에 따른 레이저 가공 장치(1)는 드릴링 공정뿐만 아니라, 절단이나 에칭과 같은 레이저 빔을 이용한 다른 공정에도 이용될 수 있음을 밝혀둔다.

- [94] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 개시에 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 레이저 빔을 제공하는 광원;
 상기 레이저 빔을 복굴절시켜 상기 레이저 빔으로부터 제1 방향으로 편광된 제1 레이저 빔과 상기 제1 방향과 수직인 제2 방향으로 편광된 제2 레이저 빔을 형성하는 복굴절 물질을 포함하는 빔 확장기; 및
 상기 제1 레이저 빔 및 상기 제2 레이저 빔을 가공 대상물에 결상하는 포커싱 렌즈를 포함하고,
 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔은,
 상기 가공 대상물의 표면으로부터 서로 다른 깊이에 초점이 형성되는 레이저 가공 장치.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
 상기 빔 확장기는,
 상기 레이저 빔을 수광하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 복굴절 렌즈,
 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 오목 렌즈, 및
 상기 오목 렌즈를 통과한 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 볼록 렌즈를 포함하는 레이저 가공 장치.
- [청구항 3] 제2 항에 있어서,
 상기 복굴절 렌즈는 평면 표면과 볼록 표면을 포함하는 평면-볼록 렌즈이고,
 상기 레이저 빔은,
 상기 평면 표면과 수직으로 입사되는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.
- [청구항 4] 제2 항에 있어서,
 상기 오목 렌즈로 입사되는 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔 사이의 거리는, 상기 볼록 렌즈로 입사되는 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔 사이의 거리보다 작은 레이저 가공 장치.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,
 상기 빔 확장기는,
 상기 레이저 빔을 수광하여 수렴하는 방향으로 굴절시키는 제1 렌즈,
 상기 제1 렌즈를 통과한 상기 레이저 빔을 수광하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 복굴절 플레이트, 및
 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 제2 렌즈를 포함하는 레이저 가공 장치.

- [청구항 6] 제5 항에 있어서,
상기 레이저 빔의 초점은,
상기 제1 렌즈와 상기 복굴절 플레이트 사이에 형성되는 것을 특징으로 하는
레이저 가공 장치.
- [청구항 7] 제5 항에 있어서,
상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔은,
상기 빔 확장기 내부에서 교차되는 것을 특징으로 하는
레이저 가공 장치.
- [청구항 8] 제1 항에 있어서,
상기 빔 확장기와 상기 포커싱 렌즈 사이에 위치하며, 상기 빔 확장기로부터
출사된 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 플랫폼-탑 빔(flat-top
beam)으로 변환하는 회절광학소자를 더 포함하는
레이저 가공 장치.
- [청구항 9] 제1 항에 있어서,
상기 레이저 빔의 편광 방향이 상기 복굴절 물질의 광축과 45도가 되도록
상기 레이저 빔의 편광 방향을 변경하는 파장판;을 더 포함하는
레이저 가공 장치.
- [청구항 10] 제1 항에 있어서,
상기 가공 대상물에 결상되는 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔의
크기 차이는 기설정된 범위 이내인 것을 특징으로 하는
레이저 가공 장치.
- [청구항 11] 제1 항에 있어서,
상기 제1 레이저 빔의 초점이 형성되는 제1 결상면과 상기 제2 레이저 빔
의 초점이 형성되는 제2 결상면 사이의 거리는 10um 이상인 것을 특징으
로 하는
레이저 가공 장치.
- [청구항 12] 제1 항에 있어서,
상기 복굴절 물질은 양의 복굴절을 갖는 것을 특징으로 하는
레이저 가공 장치.
- [청구항 13] 제1 항에 있어서,
상기 가공 대상물에 결상되는 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔
은,
장축의 길이가 단축의 길이보다 9배 이상인 사각 빔 형상을 가지는 것을
특징으로 하는
레이저 가공 장치.
- [청구항 14] 광원, 복굴절 물질을 포함하는 빔 확장기 및 포커싱 렌즈를 포함하는 레이
저 가공 장치를 이용한 레이저 빔 형성 방법에 있어서,

상기 광원으로부터 제공되는 레이저 빔을 상기 빔 확장기에 입사시키는 단계;

상기 빔 확장기를 이용하여 상기 레이저 빔을 복굴절시킴으로써, 상기 레이저 빔으로부터 제1 방향으로 편광된 제1 레이저 빔과 상기 제1 방향과 수직인 제2 방향으로 편광된 제2 레이저 빔을 형성하는 단계; 및

상기 포커싱 렌즈를 이용하여 상기 제1 레이저 빔 및 상기 제2 레이저 빔을 가공 대상물에 결상시키는 단계를 포함하고,

상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔은,

상기 가공 대상물의 표면으로부터 서로 다른 깊이에 초점이 형성되는 레이저 빔 형성 방법.

[청구항 15]

제14 항에 있어서,

상기 빔 확장기는,

복굴절 렌즈, 오목 렌즈 및 볼록 렌즈를 더 포함하고,

상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 단계는,

상기 복굴절 렌즈를 이용하여 상기 레이저 빔을 수광하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 형성하는 단계,

상기 오목 렌즈를 이용하여 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 단계, 및

상기 볼록 렌즈를 이용하여 상기 오목 렌즈를 통과한 상기 제1 레이저 빔과 상기 제2 레이저 빔을 굴절시키는 단계를 포함하는

레이저 빔 형성 방법.