

# Line-Focusing Optical System of Laser Beam with Reverse-Biprism

Dong-Hee Lee\*

Dept. of Visual Optics, Far East University, Professor, Eumseong 27601, Korea  
(Received March 9, 2021: Revised March 18, 2021: Accepted March 19, 2021)

**Purpose:** This study aims to aid the development of a line-focusing optical system combining the emitting area beams of two LD stacks to produce a single-line beam. **Methods:** By reversing the configuration of the biprism, which has been used in ophthalmic optical devices, a new reverse-biprism could be defined, which could be used to develop an optical system that combines the emitting area beams of the two LD stacks. Cylindrical lenses were introduced to allow the combined emitting area beams to be converted into a line beam shape, and the vertex angle of the reverse-biprism was used as an optimization variable for the uniformity of the irradiance of this line beam. **Results:** The newly designed line-focusing optical system, which can combine the emitting area beams of two LDs to form a single-line beam, has characteristics such as 1 mm×40 mm (±10%) line beam shape size, less than 10% tolerance of the line beam irradiance uniformity at a working distance of 280 mm, and less than 25% at a working distance of 280 ±10 mm. **Conclusions:** By applying the reverse-biprism redefined by reversing the base direction of the conventional biprism, we were able to design a line beam focusing optical system that could combine the emitting area beams of two LD stacks to produce a single-line beam. This reverse-biprism is expected to continue to play a role in the field of combining two isolated light sources in the future.

**Key words:** Biprism, Reverse-biprism LD stack, Emitting area, Line-focusing optical system

## 서 론

안경재료학에서 안경테의 재료로 많이 언급되는 티탄(Ti)은 지구상에서 10번째로 존재량이 많은 원소이다. 경량성(비중 4.51 g/cm<sup>2</sup>으로 철의 60%, 동의 50%), 고강도(철의 약 2배의 비강도), 내식성(산, 알칼리 중에서 잘 부식되지 않음)이 우수하고, 항공기의 구조구체나 건조물의 지붕재를 비롯해 시계의 밴드나 휴대전화, 안경테 등에 고급 소재로 널리 사용되고 있다.<sup>[1]</sup>

안경테 제작에서의 티탄은 주로 티탄합금 상태로 사용되는데, 티탄합금의 품질은 열처리 과정에 의해 많이 좌우되고 있다. 티탄은 공기 중에서 열처리를 하면 산소와 반응하여 표면에 산화피막을 형성시키기 때문에 일반적으로 10<sup>-5</sup> torr 이하의 고진공상태에서 열처리가 진행되어야 한다.<sup>[1]</sup>

요즘 이러한 진공 중에서의 열처리를 위해 레이저 다이오드(laser diode) 빔에 의한 열처리 장치가 소개되고 있다. 레이저 빔에 의한 열처리 장치는 순간적으로 국소적으로 필요한 부분을 고온 처리할 수 있고 공랭시킬 수 있는 장점이 있다. 고온처리를 하려면 고출력의 레이저가 필요

한데, MCCP(multi channel cooled package)<sup>[2,3]</sup> 기술을 사용하여 레이저 다이오드를 고출력화 시킬 수 있다. 그리고 Fig. 1과 같이 MCCP 기술이 적용된 고출력 LD 바(bar)를 여러 층 겹쳐서 하나의 더미(stack)로 구성하여 사용함으로써 출력이 5 KW 이상이 되는 레이저 광원을 쉽게 구성할 수 있게 되었다. 그러나 이러한 5 KW 이상이 되는 고출력의 LD 더미는 자체적으로 고출력 열처리 광학계 구성품으로 사용하기 위해 개발회사에서 판매를 꺼리고 있다. 구매한다고 해도 5 KW 정도의 고출력 LD 더미 1개의 가격이 출력이 2.5 KW 정도인 LD 더미 2개의 가격보다 10배 이상의 가격이 형성되어 있다면, 2개의 저출력의 LD 더미를 이용하여 동일한 효과를 줄 수 있는 열처리 광학계를 개발하는 것이 훨씬 가치가 있는 광학계의 개발이 될 것이다.

이에 본 논문에서는 2개의 LD 더미를 집속하여 하나의 라인 빔을 형성할 수 있는 광학계의 개발과정을 다루고자 한다. 여기에서 우리는 안광학 장비에 많이 사용되고 있었던 광학 부품인 바이프리즈(biprism)이 어떻게 응용 변형되어 사용되는지를 확인할 수 있을 것이다.

\*Corresponding author: Dong-Hee Lee, TEL: +82-043-880-3808, E-mail: dhlee99@hanafos.com  
Authors ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7655-0058

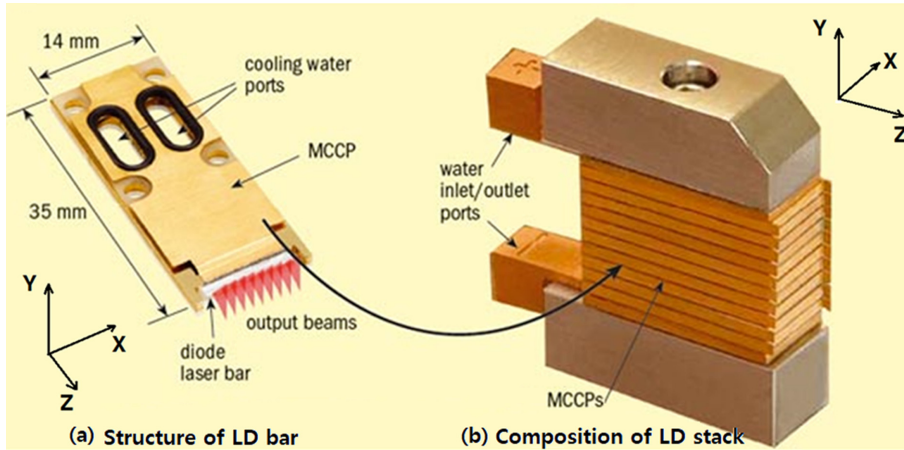


Fig. 1. The LD bar structure and the composition of a single LD stack of multiple LD bars. This figure was revised and cited from references 2 & 3.

**대상 및 방법**

**1. 바이프리즘(biprism)과 역바이프리즘(reverse-biprism)**

안경광학에서 바이프리즘(biprism)은 각막곡률계에서 마이어 상을 이중화하는데 사용하고 있다. 유사안진의 영향을 받지 않고 이중화된 마이어 상이 잘 분리되는지에 사용하는 광학부품이다. 또한 이 바이프리즘을 거리측정기용 스크프 개발에 사용한 논문이 본 학회지에 게재되기도 하였다.<sup>[4,5]</sup> 이들 논문에서는 각막곡률계, 세극등현미경 등에서 이용되는 바이프리즘의 원리를 이용한 거리측정기를 제품에 적용하고 있음을 확인할 수 있다. 여기에 사용되는 프리즘은 Fig. 1과 같은 형상으로 이를 바이프리즘이라 한다.

여기에서 떠오르는 역발상은 바이프리즘이 마이어상을 분리할 수 있다면 바이프리즘의 기저 방향을 반대로 구성하면 분리된 광원을 하나로 합칠 수 없을까 하는 판단이다. 저자는 이렇게 바이프리즘(Fig. 2(b))을 구성하는 상하 두 프리즘의 기저 방향을 반대로 해서 결합한 프리즘(Fig. 3(b))을 역바이프리즘(reverse-biprism)이라고 명명하겠다. 그 구성은 Fig. 3과 같다.

이 역바이프리즘을 이용하여 2개의 LD 더미를 집속하여 열처리용 하나의 라인 빔을 형성할 수 있는 새로운 광학계의 개발을 다루는 과정을 저자는

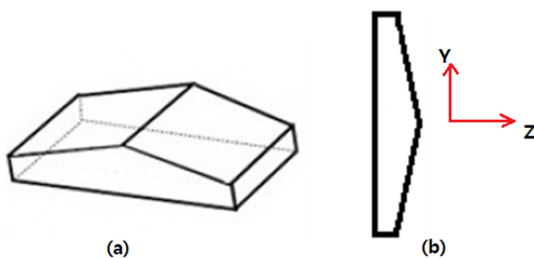


Fig. 2. 3D biprism configuration: (a) transparent projection view; (b) sectional view.

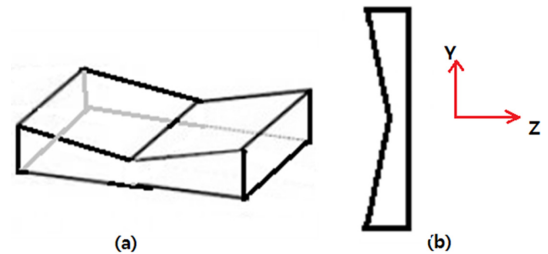


Fig. 3. 3D reverse-biprism configuration: (a) transparent projection view; (b) sectional view.

- 1개의 LD 더미의 출력을 하나의 라인 빔으로 만들기 위한 설계
- 2개의 LD 더미의 출력을 하나의 라인 빔으로 합치는 문제 검토
- 2개의 LD 더미의 출력 사이의 간극을 없애기 위한 역바이프리즘의 도입
- 의 3단계로 진행하고자 한다.

**2. 1개의 LD 더미의 출력을 하나의 라인 빔으로 만들기 위한 설계**

개발의뢰자가 요구한 설계의 초기 조건은 Table 1과 같

Table 1. Design specifications of the line-focusing optical system for the LD stacks demanded by the user

LD wavelength	975 nm
Emitting area per one LD stack	10 mm±40 mm
Power per one LD stack	2.5 KW
Working distance	≈280 mm (±10 mm)
Wanted dimension of line beam	≈1 mm×40 mm (±10%)
Uniformity tolerance for long axis direction of line beam	< ±25% @ WD 280 mm ±10 mm < ±10% @ WD 280 mm
Number of LD stacks used for equipment manufacturing	2 ea

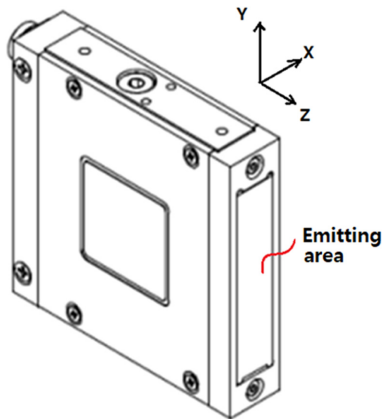


Fig. 4. An LD stack model of DILAS Diode Laser, Inc., with a light emitting area of 10 mm × 40 mm.<sup>[6]</sup>

다. LD 더미의 발진 파장을  $975 \pm 2$  nm로 하여 CodeV<sup>[6]</sup> 및 LightTools<sup>[7]</sup> 프로그램을 사용하여 라인 빔 광학계 최적화 설계를 진행하였다.

Fig. 4와 같은 구조의 단일 LD 더미는 LD의 발광영역을 10 mm×40 mm로 갖는다. Fig. 1 (a)의 LD 바가 150 W의 출력을 갖는다면 17개의 LD 바로 구성된 Fig. 4의 하나의 LD 더미는 약 2.5 KW의 출력을 갖는다. 이러한 LD 더미 2개를 사용하여 5 KW출력의 기존 방식에 의한 라인 형상의 레이저 빔 집속광학계를 만들기 위해서는 1개의 LD 더미가 20 mm×1 mm의 집속을 하도록 설계를 하여야 한다.

따라서 우선 1개의 LD 더미의 10 mm×40 mm의 발광영역을 어떻게 하여 20 mm×1 mm의 라인 빔으로 만들 수 있는지를 살펴보자. 즉 1개의 LD 더미 10 mm×40 mm의 발광 영역을 Fig. 4와 같이 배치하였다고 볼 때 결국 20 mm×1 mm의 라인 빔을 만드는 방법은 x축 방향으로 2배 확대하는 광학계를, y축 방향으로 집속광학계를 설계하여 배치하는 것임을 알 수 있다.

x축 방향으로 2배 확대 광학계를 가지기 위해서는 횡배율<sup>[9,10]</sup>  $m_{\beta} = -\frac{s'}{s} = -2.0$  X인 물체거리  $s$ 와 상거리  $s'$ 의 설정이 필요한데 여기에는 y축 방향의 집속광학계를 위한 다수개의 x축 실린더렌즈, 보호용 윈도우, 역바이프리즘을 대체하기 위한 가상의 평면 렌즈의 두께와 굴절률 등이 고려되어 설정된다. 실제 설계에서는 각각의 렌즈의 두께와 이들 사이의 거리를 먼저 적절하게 설정하여 배치하였고, 각각 렌즈 사이의 거리와 y축 실린더렌즈의 두 곡률값을 변수로 하여 Table 1에서 주어진 작업거리 280 mm와 횡배율  $m_{\beta} = -2.0$  X을 제한조건으로 하여 최적화를 진행하였다.

또한 y축 방향의 집속광학계는 보호용 윈도우에서 결상면까지의 거리(BFL: back focal length)가 280 mm이고 유한광선수차가 최소가 되도록 최적화를 진행하였다. 최적화를 진행한 결과 y축 방향의 집속광학계는 +굴절력과 -굴

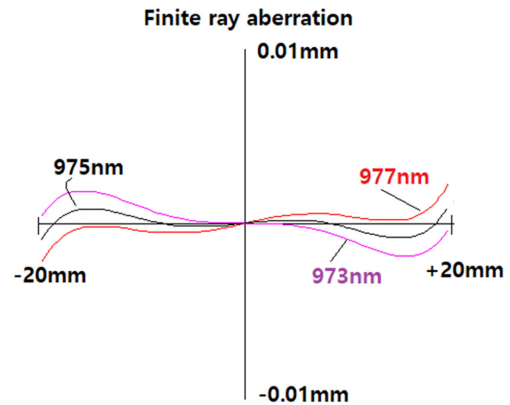


Fig. 5. Finite ray aberration of y-axis direction line-focusing optical system.

절력의 x축 실린더 렌즈 조합으로 최적화되었는데 이 광학계의 유한광선수차 그래프는 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 보면 y축 방향으로 20 mm 발광영역의 LD 더미의 레이저 빔이 집속되어 폭이 0.02 mm 이내로 잘 제어될 것임을 확인할 수 있는데 이는 사용자가 요구한 집속된 라인 빔의 폭 1 mm 유지 조건을 충분히 만족할 수 있음을 확인할 수 있다.

이러한 방식으로 1개의 LD 더미의 출력을 하나의 라인 빔으로 만들기 위한 광학계의 최종 설계 데이터는 Table 2에 제시되어 있다. 여기에는 x축, y축 방향의 결상 방식이 다르기 때문에 광학계 설계에는 각각 y축, x축 실린더 렌즈가 사용되고 있음을 알 수 있다. 이 실린더 렌즈의 초차는 고출력의 레이저 빔에 주로 사용하는 Fused silica<sup>[11]</sup>를 사용하였다.

Table 2의 설계 데이터에 의한 x-z 및 y-z면에서의 광학계 단면도와 광선 추적을 그려보면 Fig. 6와 Fig. 7과 같이 나타난다. Fig. 6에서는 x축 방향의 발광영역 폭  $y = 10$  mm가 결상면에서 결상 폭  $y' = -20$  mm로 나타난다. 즉 횡배율  $m_{\beta} = \frac{y'}{y} = -2.0$  X인 광학계인 것이다.<sup>[9,10]</sup>

Fig. 7에서는 y축 방향의 발광영역 높이 40 mm가 광학계의 초평면(결상면)에서 집속되고 있음을 보여 준다. Fig. 5의 유한광선수차 그래프에서 확인할 수 있는 바와 같이 이 집속 빔의 폭은  $\pm 0.02$  mm 이내로 잘 제어되고 있음을 확인할 수 있다.

### 3. 2개의 LD 더미의 출력을 하나의 라인 빔으로 결합하는 문제 검토

일반적으로 Fig. 6, 7과 같이 설계된 광학계에 2개의 LD 더미를 발광면의 장축이 y축 방향, 발광면의 법선이 z축이 되도록 나란하게 배치하여 각각의 라인 빔을 모아보면 두 LD 더미 발광면의 단축 방향으로 접근할 수 없는 간극이 존재하게 된다. 현재 사용하고자 하는 Fig. 4의 LD 더미

Table 2. Optimized design data of the line-focusing optical system designed by traditional methods (units: mm)

Surface #	Y Radius	X Radius	Thickness	Glass	Y Semi-Apert	X Semi-Apert
Object	Infinity	Infinity	16.00			
1	Infinity	Infinity	4.00	SILICA	25.00	25.00
2	Infinity	Infinity	67.00		25.00	25.00
3	Infinity	95.196	10.00	SILICA	30.00	26.00
4	Infinity	Infinity	31.00		30.00	26.00
5	Infinity	-153.784	5.00	SILICA	30.00	26.00
6	Infinity	Infinity	18.00		30.00	26.00
Stop	90.874	Infinity	20.00	SILICA	30.00	26.00
8	-106.617	Infinity	8.00		30.00	26.00
9	Infinity	Infinity	10.00	SILICA	30.00	26.00
10	Infinity	Infinity	20.00		30.00	26.00
11	Infinity	Infinity	3.00	SILICA	30.00	26.00
12	Infinity	Infinity	270.00		30.00	26.00
13	Infinity	Infinity	0.00		receiver_67	
14	Infinity	Infinity	10.00			
15	Infinity	Infinity	0.00		receiver_72	
16	nfinity	Infinity	10.00			
Image	nfinity	Infinity	0.00		receiver_77	

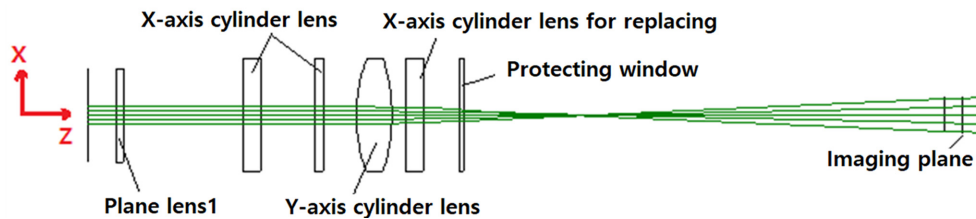


Fig. 6. Finite ray tracing of the optimized line-focusing optical system showing in the x-z plane.

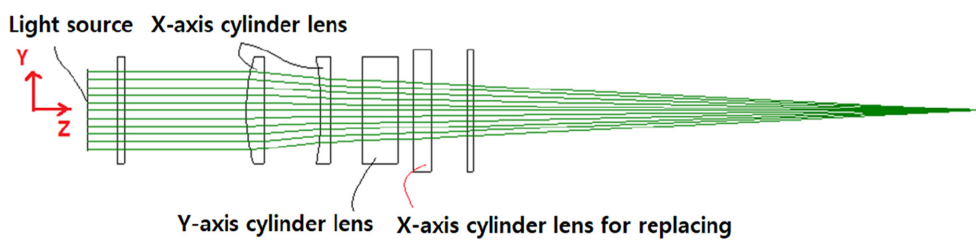


Fig. 7. Ray tracing of the optimized line-focusing optical system showing in the y-z plane.

로는 이 간극을 최소 3.5 mm 이상 되게 해야만 두 LD 더미를 나란하게 배치할 수 있었다. 이렇게 되면 Fig. 8의 (a)에 나타나있는 것과 같이 물체 공간에서의 3.5 mm 간극이 그대로 상공간으로 전달되어 두 LD 더미의 결상면에서의 각각의 폭 1 mm 길이 20 mm의 라인 빔 사이에 간극이 7 mm(3.5 mm×2배) 존재하게 되어 연결된 40 mm 라인 빔을 형성할 수 없게 된다.

여기서 제기된 문제를 해결하기 위해서는 새로운 광학

부품의 도입이 필요하다는 것을 확인할 수 있다.

#### 4. 2개의 LD 더미의 출력 사이의 간극을 없애기 위한 역바이프리즘의 도입

안경광학 기기에 사용되는 바이프리즘의 형상은 Fig. 2에 제시된 바가 있는데, 이 프리즘은 일반 두 개의 프리즘 렌즈를 기저 부분을 서로 마주 보게 결합하여 구성하고 있다. 그 역할은 윗부분으로 입사하는 광선들의 경로를 아



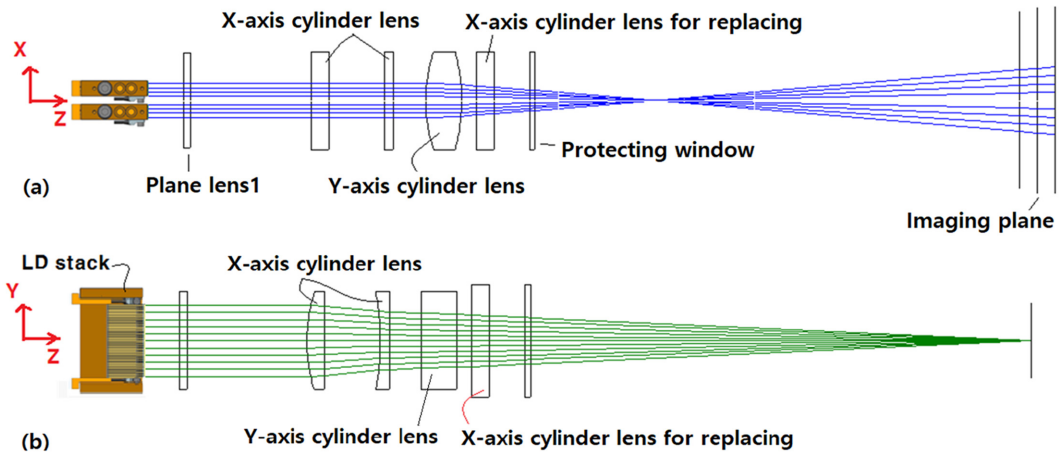


Fig. 8. Ray tracings of the optimized line-focusing optical system, with two LD stacks used in parallel, showing in the x-z plane (a) and the y-z plane (b).

래로, 아랫부분으로 입사하는 광선들의 경로를 위로 편향시키는 역할을 하는 프리즘이고 주로 안경광학 분야에서는 마이어 상을 이중화하는데 사용되고 있는 부품이다.

만약 바이프리즘을 Fig. 8의 (a)의 평면렌즈 1에 대체하여 사용하면 결상면에서의 두 라인 빔 사이의 간극이 더욱 벌어질 것이라는 추정을 할 수 있다. 그렇다면 바이프리즘을 이루는 위 아래 두 프리즘의 기저 방향을 거꾸로 결합한 역바이프리즘을 Fig. 8의 (a)의 평면렌즈 1에 교체

사용한다면 결상면에서의 두 라인 빔 사이의 간극을 줄여 줄 수 있다는 추정이 가능하다. 이러한 역상상의 프리즘렌즈 부품은 본 논문에서 처음 시도되는 것으로 판단된다.

이 역바이프리즘을 도입하여 라인 빔을 발생시키는 광학계 설계의 최적화를 시도하는 작업에는 1개의 변수만이 존재한다. 즉, 역바이프리즘의 굴절률이 고출력의 레이저 빔의 소재로 적합한 fused silica로 고정된다면 역바이프리즘을 이루는 상하 프리즘의 정각만 변수가 된다. 이에 저

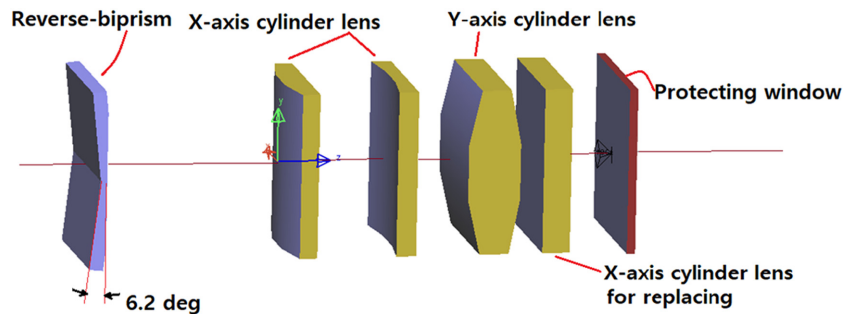


Fig. 9. Illustration showing the geometry of the reverse-biprism optimized to remove the gap between the line beams.

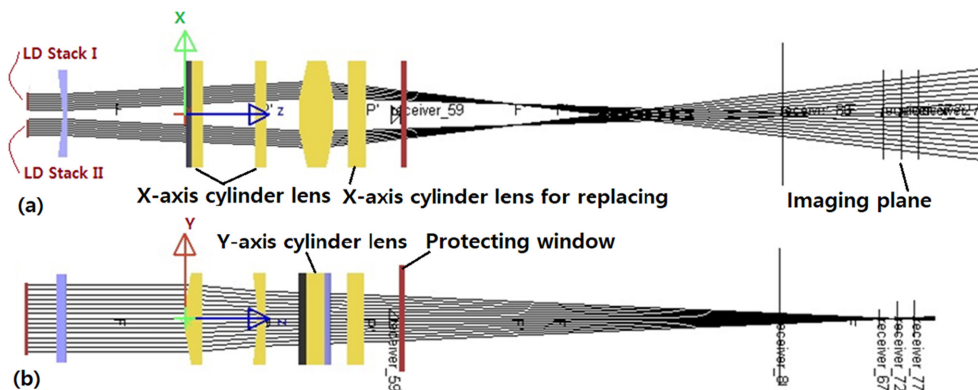


Fig. 10. Ray tracings of the optimized line-focusing optical system by a reverse-biprism adopted to eliminate the gap between two line beams, showing in the x-z plane (a) and the y-z plane (b).

자는 이 1개의 변수의 변화에 따른 결상면 전후에서의 방사조도 변화의 관찰이 용이한 LightTools가 열처리용 라인 빔 형성 광학계의 최적화 작업에 적합한 s/w로 판단하여 마지막 단계의 최적화 작업에 사용하였다. 최적화 작업의 구속조건은 역바이프리즘의 중심두께를 4.0 mm로 유지하는 것, 두 라인 빔이 연결되어 작업거리 280 mm에서 40 mm 라인 빔의 길이를 유지하는 것, 작업거리 280 mm  $\pm 10$  mm 이내에서 방사조도의 균일도 범위가  $\pm 25\%$  내에 들도록 하는 것 등 3가지로 하였다. 최적화를 진행한 결과 Fig. 9에 보인 바와 같이 역바이프리즘의 정각은 6.2°가 최적화된 값을 확인할 수 있었다.

Fig. 10은 이 역바이프리즘이 채택된 광학계에 의한 광선 추적도를 보여주고 있다. Fig. 10(a)에서 보면 위, 아래의 두 LD 더미에서 출발한 두 레이저 빔이 역바이프리즘에 의해 위 아래로 점점 더 멀어지는 방향으로 진행되어 y축 실린더 렌즈에 의해 서로 분리되어 y축 실린더 렌즈의 초평면에 위 아래로 집속된다. 이 초평면 이후에는 집속된 두 빔이 다시 발산하면서 진행하게 되는데, 아래로 향하는 발산 빔의 위쪽 부분과 위로 향하는 발산 빔의 아래쪽 부분이 라인 빔 결상면에서 중첩되게 한다. 이 중첩 정도는 역바이프리즘의 정각에 의해 결정되는데 본 논문에서는, Table 1과 같은 개발의뢰자의 요구조건을 충족시키기 위해서는, 정각이 6.2°이어야 함을 확인할 수 있었다.

## 결과 및 고찰

새롭게 설정된 역바이프리즘을 적용한 2개의 LD 더미의 출력을 하나의 라인 빔으로 결합하는 열처리용 라인 빔 광학계의 결상면에서의 집속 정도는 LightTools를 사용하여 시뮬레이션함으로써 파악될 수 있는데, 그 결과를 설명해보자.

Fig. 10의 광선추적도는 Table 2의 데이터를 LightTools에 입력하여 나타낸 것인데, 여기에서는 레이저 빔의 집속 정도를 파악할 수 있는 위치를 나타내는 표시자인 리시버(receiver)를 설정할 수 있다. 리시버의 위치가 설정되면 그 위치에서의 집속 정도를 방사조도로 계산하여 그래픽으로 표현할 수 있게 된다. Fig. 10에서 보면 리시버가 receiver\_59(광학계 보호창), receiver\_67(작업거리 - 10 mm 위치), receiver\_72(작업거리 위치), receiver\_77(작업거리 + 10 mm 위치) 4군데 설정되어 있는데, 각각의 위치에서 시뮬레이션된 방사조도를 Fig. 11~14에서 확인할 수 있다.

Fig. 11은 라인 빔 형성 광학계의 보호창에서의 레이저 빔 집속 상태를 보여주는데, 1개의 LD 더미의 발광영역이 10 mm  $\times$  40 mm이고 두 LD 더미 발광영역의 간극이 3.5 mm로 존재하던 초기의 상태의 발광영역이 보호창 위치에서

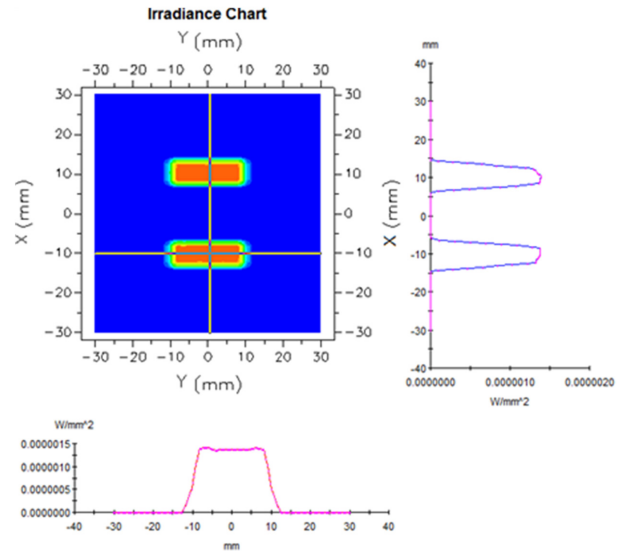


Fig. 11. Irradiance chart on the receiver\_59 of the optimized line-focusing optical system with a reverse-biprism.

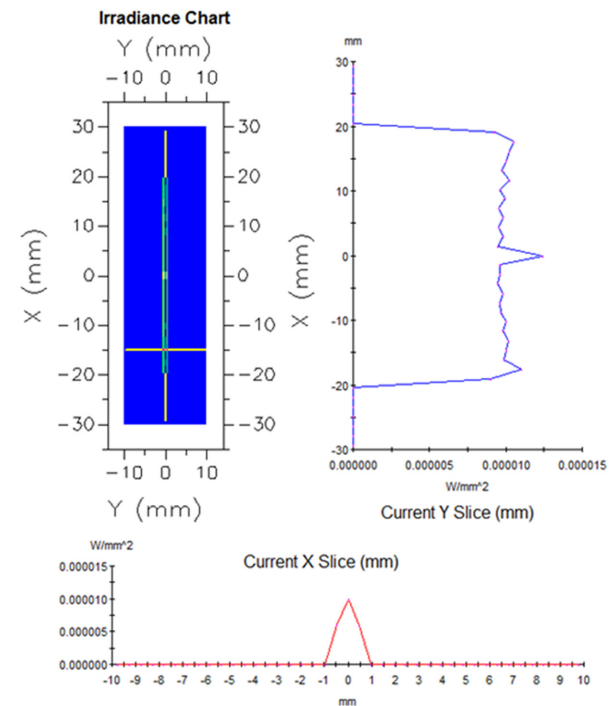


Fig. 12. Irradiance chart on the receiver\_67 of the optimized line-focusing optical system with a reverse-biprism.

는 6 mm  $\times$  20 mm의 크기의 두 발광영역이 간극 15 mm로 진행되었음을 보여준다.

Fig. 12~14는 각각 레이저 빔 집속광학계의 작업거리 280 mm - 10 mm, 280 mm, 280 mm + 10 mm 위치에서의 Fig. 10(a)의 LD 더미 I, II의 레이저 빔에 의한 라인 빔의 중첩 정도를 보여주는데, Fig. 8(a)에서 보이던 분리된 두 발광영역이 거의 하나의 라인 빔 형태로 결합된 모습을 보여주고 있다.

Table 3. Summary table of the maximum, minimum, and average values of the irradiance numerical data in the vertical axis of the irradiance charts shown in Figs. 12–14 (units:  $0.5 \times 10^{-5} \text{W/mm}^2$ )

Receiver #	Average (a)	Maximum		Minimum	
		b	(b-a)/a	c	(c-a)/a
67	4.10	4.95	0.21	3.81	-0.07
72	4.10	4.49	0.10	3.72	-0.09
77	4.10	4.80	0.17	3.06	-0.25

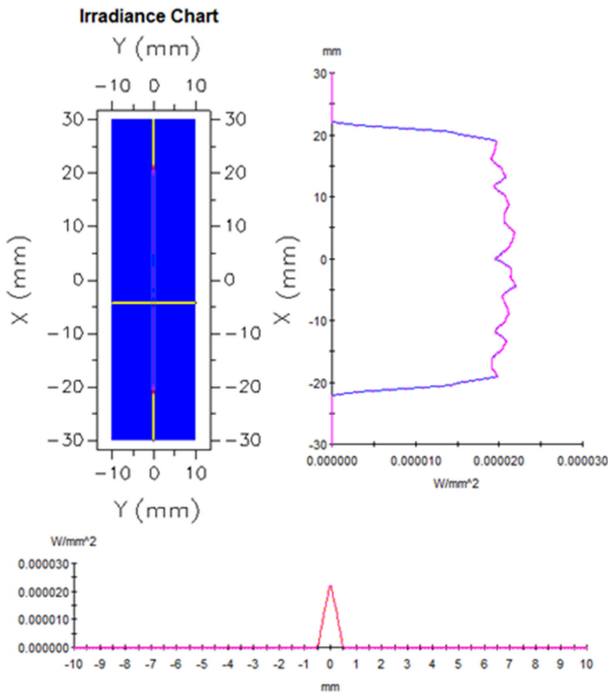


Fig. 13. Irradiance chart on the receiver\_72 of the optimized line-focusing optical system with a reverse-biprism.

Table 3에는 Fig. 12~14의 방사조도 차트의 x축 방향의 수치 데이터를 분석하여, 각각의 리시버에서의 평균값, 최대값, 최소값, 평균값에서의 편차 등을 정리하여 놓은 자료이다. 여기에서 보면 작업거리 280 mm - 10 mm 위치에서는 연결된 라인 빔의 방사조도 균일도 범위가 평균값에서 +21% ~ -7%에 이르고 있음을 알 수 있고, 작업거리 280 mm 위치에서의 연결된 라인 빔의 방사조도 균일도 범위가 평균값에서 +10% ~ -9%에 도달하고 있음을 알 수 있으며, 작업거리 280 mm + 10 mm 위치에서의 연결된 라인 빔의 방사조도 균일도 범위가 +17% ~ -25%이내에 도달하고 있음을 알 수 있다.

또한 Fig. 12~14에서 개발된 레이저 빔 집속광학계의 집속 라인 선폭이 장축방향으로 40 mm( $\pm 10\%$ ) 길이를 가짐을 확인할 수 있다. 이는 개발의뢰자의 설계 기준(Table 1의 조건)을 모두 충족하고 있음을 보여준다.

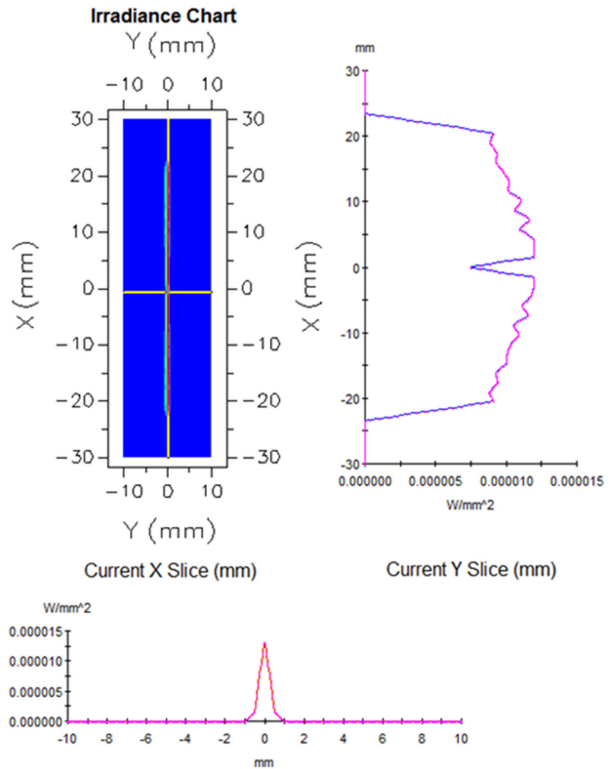


Fig. 14. Irradiance chart on the receiver\_77 of the optimized line-focusing optical system with a reverse-biprism.

### 결론

본 연구에서는 안광학기기에서 주로 사용되어 왔던 바이프리즘에서 착안된 새로운 형태의 프리즘인 역바이프리즘을 설정하여 보았고, 이 새롭게 설정된 역바이프리즘을 레이저 빔을 이용한 열처리 장비에 사용될 2개의 LD 더미의 레이저 빔을 집속하여 하나의 라인 빔을 형성할 수 있는 레이저 빔 집속광학계의 설계에 적용해보았다.

그 결과 새롭게 제안된 역바이프리즘을 사용함으로써 10 mm × 40 mm의 발광 영역을 가지면서 3.5 mm 이격된 두 LD 더미의 발광영역을 결합하여 20 mm × 1 mm의 라인 빔 형태로 집속할 수 있는 레이저 빔 집속광학계를 개발할 수 있었다. 개발된 레이저 빔 집속광학계는 집속 라인 선폭을 1 mm × 40 mm( $\pm 10\%$ )로 가지면서 라인 빔의 방사조도 균일도 범위가 작업거리 280 mm에서는  $\pm 10\%$  이내, 작업거리 280 mm  $\pm 10$  mm에서는  $\pm 25\%$  이내인 광학계가 되었다.

본 논문에서는 안경테 분야의 소재로 중요한 티탄의 열처리 광학계 개발에 새로운 형태의 역바이프리즘을 설정하여 적용하여 보았다. 앞으로 안광학 장비 개발에 있어서 이격된 두 광원을 결합하거나, 두 광원을 결합하여 비교 분석하는 분야에 이 역바이프리즘의 역할이 계속 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2020년도 극동대학교 교내연구비(과제번호 :FEU2020R19) 지원에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- [1] Chomdan Introduce>HelloT). Material characteristics and the basis of processing of titanium alloys, 2020. [http://www.hellot.net/new\\_hellot/magazine/magazine\\_read.html?code=201&sub=002&idx=55505](http://www.hellot.net/new_hellot/magazine/magazine_read.html?code=201&sub=002&idx=55505)(1 January 2021).
- [2] SPIE. Direct-diode lasers: they've got the power, 2009. <https://optics.org/article/39372>(1 January 2021).
- [3] Paul B. Degradation and Surface Engineering Process Overview, 2014. <https://shusuperblog.wordpress.com/process-overview/>(1 January 2021).
- [4] Cha JW. Study on golf range finder by using biprism theory of keratometer. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013; 18(4):495-501. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2013.18.4.495>
- [5] Cha JW, Lee DH. Development of scope for military rangefinder using schmidt prism and biprism theory of optometric instrument. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2015;20(2):167-175. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.2.167>
- [6] Synopsys. Code V Optical Design Software, 2019. <https://www.synopsys.com/optical-solutions/codev.html>(27 May 2020).
- [7] Synopsys. LightTools Illumination Design Software, 2019. <https://www.synopsys.com/optical-solutions/lighttools.html>(27 May 2020).
- [8] Coherent. DILAS, 2020. <http://www.dilas.com/products/search>(25 November 2020).
- [9] Smith WJ. Modern optical engineering, 3rd Ed. New York: McGRAW-HILL, 2000;24-30.
- [10] Jenkins FA, White HE. Fundamentals of optics, 4th Ed. New York: McGRAW-HILL, 2001;64-65.
- [11] Edmund Optics. UV vs. IR Grade Fused Silica, 2020. <https://www.edmundoptics.co.kr/knowledge-center/application-notes/optics/uv-vs.-ir-grade-fused-silica/>(1 January 2021).

# 역바이프리즘을 가지는 레이저 빔 라인 집속 광학계

이동희\*

극동대학교 안경광학과, 교수, 음성 27601

투고일(2021년 3월 9일), 수정일(2021년 3월 18일), 게재확정일(2021년 3월 19일)

**목적:** 두 LD 더미의 발광영역 빔을 결합하여 하나의 라인 빔을 발생시키는 라인 집속 광학계를 개발하고자 한다.  
**방법:** 안광학기에 사용되어 왔던 바이프리즘의 구성을 거꾸로 함으로써 새로운 역바이프리즘을 정의할 수 있었고, 이것으로 두 LD 더미의 발광영역 빔을 결합하는 광학계를 개발할 수 있었다. 결합된 발광영역의 빔을 라인 빔 형태로 변환되도록 하기 위해 실린더렌즈를 도입하였고, 이 라인 빔의 발광조도의 균일도를 위해 역바이프리즘의 정각을 최적화 변수로 사용하였다. **결과:** 새롭게 설계된 라인 집속 광학계는 두 LD 더미의 발광영역의 빔을 결합하여 하나의 라인 빔을 형성할 수 있는 광학계가 되었는데, 집속 라인 빔 형상의 크기가  $1\text{ mm} \times 40\text{ mm}(\pm 10\%)$ 이면서 라인 빔의 방사조도 균일도 범위가 작업거리 280 mm에서는  $\pm 10\%$  이내, 작업거리  $280\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ 에서는  $\pm 25\%$  이내인 특성을 갖는 광학계가 되었다. **결론:** 기존의 바이프리즘의 기저 방향을 반대로 하여 재정의된 역바이프리즘을 응용함으로써 두 LD 더미의 발광영역의 빔을 결합하여 하나의 라인 빔을 발생시킬 수 있는 라인 빔 집속 광학계를 설계할 수 있었다. 앞으로 이격된 두 광원을 결합하는 분야에 이 역바이프리즘의 역할이 계속 있을 것으로 기대된다.

**주제어:** 바이프리즘, 역바이프리즘, LD 더미, 발광영역, 라인 집속 광학계