

## MBS 방법으로 제작한 집적형 Triplexer의 광학 설계

윤현재<sup>1†</sup> · 김종혁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>광주대학교 광통신공학과  
 ① 503-703 광주광역시 남구 효덕로 52

<sup>2</sup>(주) 휴먼라이트  
 ② 500-470 광주광역시 북구 대촌동 광주하이테크센터 205호

(2011년 5월 31일 받음, 2011년 7월 18일 수정본 받음, 2011년 7월 18일 게재 확정)

본 논문에서는 FTTH(fiber to the home) 망에 사용되는 1.55  $\mu\text{m}$  파장의 아날로그 신호 수신과 1.31  $\mu\text{m}/1.49 \mu\text{m}$  파장의 디지털 신호 송, 수신이 가능한 집적형 Triplexer를 설계하였다. 이 집적형 Triplexer는 세라믹 재질로 정밀 제작한 서브마운트, 레이저 다이오드 홀더, 포토다이오드 홀더를 이용하여 마이크로 볼렌즈, WDM 필터, FP-LD, PIN-PD 등 광부품을 광 축에 자동으로 정렬시키는 micro block stacking 방법으로 제작 가능한 구조로 설계하였으며 code V 소프트웨어를 이용하여 각 부품의 제작 공차와 조립 공차에 따른 초점의 위치 변위를 분석하였다. 공차 분석 결과 송신부에서 초점의 위치 변화에 가장 큰 영향을 주는 것은 LD spot의 위치 변위로 x, y, z 방향으로 각각  $\pm 25 \mu\text{m}$ ,  $\pm 25 \mu\text{m}$ ,  $\pm 30 \mu\text{m}$  움직였을 때 초점이 최대 72  $\mu\text{m}$  이동하였으며 수신부의 경우 0.8mm 볼렌즈(아날로그 신호 수신부)와 마이크로 볼 렌즈(디지털 신호 수신부) 위치 변화가 가장 큰 영향을 주는 것을 알 수 있었으며 디지털 신호 수신부의 경우 마이크로 볼 렌즈가 x, y, z 방향으로 각각  $\pm 55 \mu\text{m}$ ,  $\pm 5 \mu\text{m}$ ,  $\pm 55 \mu\text{m}$  움직였을 때 초점이 최대 55  $\mu\text{m}$  이동하였다.

## Optical Design of the Integrated Triplexer Fabricated by Micro Block Stacking Method

Hyun-Jae Yoon<sup>1†</sup> and Jong-Hyuk Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Optical Communications Engineering, Gwangju University, 52 Hyodeok-ro, Nam-gu, Gwangju 503-703, Korea  
<sup>2</sup>Humanlight, 205 Gwangju High-tech Center, Daechon-dong, Buk-gu, Gwangju 500-470, Korea

(Received May 31, 2011; Revised manuscript July 18, 2011; Accepted July 18, 2011)

In this paper, we have designed an integrated triplexer which is the basic component for a FTTH(Fiber To The Home) system which can transmit CATV and voice/data at the same time in a single fiber. The integrated triplexer can be fabricated with a novel technique of “Micro-Block Stacking (MBS)” method which automatically aligns the optical components in the optical beam pass using accurate ceramic holders. We analyze the displacement of the optical focus according to the tolerances of the component dimensions and the assembly process using code V simulator. For the transmitter, the most serious shift of the focal points is caused by the displacements of the LD spot. So the focal point moves up to 72  $\mu\text{m}$  from the center point for  $\pm 25 \mu\text{m}$ ,  $\pm 25 \mu\text{m}$ ,  $\pm 30 \mu\text{m}$  displacements. For the receiver the most serious shift of the focal points is caused by the displacements of a 0.8mm ball lens (for the analog receiving part) and a micro ball lens (for the digital receiving part), and the focal point moves up to 55  $\mu\text{m}$  for  $\pm 55 \mu\text{m}$ ,  $\pm 5 \mu\text{m}$ ,  $\pm 55 \mu\text{m}$  micro ball lens displacements.

Keywords: Triplexer, Integrated module, Micro block, OSA, CODE V

OCIS codes: (230.0230) Optical devices; (060.2360) Fiber optics links and subsystems; (120.3620) Lens system design

### I. 서 론

다양한 방송통신 융합 서비스를 제공할 수 있는 효율적이

고 신뢰성 있는 가입자 망에 대한 요구가 제기됨에 따라 가정이나 택내까지 광섬유를 이용하여 서비스를 제공하는 광 가입자망(Fiber-To-The-Home: FTTH)이 현실화되고 있다. 광

<sup>†</sup>E-mail: hgyoon@gwangju.ac.kr

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online.

가입자 망 기술은 전달망과 가입자 간을 연결하기 위한 전송 장치와 전송 매체 등의 설비로 구성되며 각 가입자에게 수백 Mbps 이상의 사용 대역을 제공할 수 있는 광통신 서비스를 말한다.<sup>[1]</sup>

광가입자망은 디지털 전송 방식으로 주로 데이터와 비디오 신호 등을 디지털 광신호로 변환하여 전송하는 역할을 하고 있으며, 케이블 TV와 같은 아날로그 신호는 별도의 전송망과 전송 방식을 사용하여 왔다. 그러나 최근에 이 아날로그 신호를 디지털 신호와 함께 하나의 전송 매체를 통하여 전송하고자 하는 시도가 진행되고 있으며 이러한 시스템에 필요한 광송수신 모듈인 Triplexer에 대한 연구도 진행되고 있다. Triplexer는 광가입자망에서 가입자단에 위치하여 하나의 광섬유를 통하여 디지털 상향 신호(1310 nm 파장)와 디지털 하향 신호(1490 nm 파장), 그리고 아날로그 하향 신호(1550 nm 파장)를 전송할 수 있다.<sup>[2]</sup>

이러한 Triplexer는 상용으로 1개의 LD TO-CAN과 2개의 PD TO-CAN을 Laser Welding으로 결합한 형태의 제품이 출시되어 있으며 PLC(Planer Lightwave Circuit) 기술을 이용한 연구가 진행되고 있다.<sup>[3]</sup> 하지만 여러 개의 TO-CAN을 사용한 제품들은 크기가 커서 MSA(multi-source agreement) 규격을 만족하는 광트랜시버를 만들기 어렵고 광정렬 과정과 같은 패키징 시간이 길어 생산성이 높지 않다는 문제점을 갖고 있다. 또한 PLC 방식의 경우는 플립칩 본더 등 고가의 장비가 필요하여 비용이 증가한다는 단점과 회로 부분 연결을 위한 리드 선, hermetic sealing을 위한 패키지를 고려할 경우 크기가 커진다는 단점 등으로 아직 상용화된 제품이 없는 실정이다. 본 논문에서는 정밀 세라믹 블록을 이용한 MBS(Micro Block Stacking) 방법으로 8 pin Mini-DIL 패키지에 장착 가능한 집적형 Triplexer를 제작하기 위하여 code V 시뮬레이터를 이용한 광학계 설계를 하였다.<sup>[4,5]</sup>

## II. 집적형 Triplexer 광경로 설계

먼저 정밀한 세라믹 부품을 이용하여 각 광학 부품의 위치를 광경로에 정렬하는 MBS 방법으로 집적형 Triplexer를 제작하기 위하여 광학계를 설계하였다. Triplexer에는 2개의 수신용 포토다이오드와 1개의 송신용 레이저 다이오드가 집적되어야 하며 각각의 파장을 분리할 수 있는 파장 분할 필터가 필요하다. 또한 레이저 다이오드에서 발산되는 빛을 광섬유에 집속시키고 광섬유의 빛을 수신용 포토다이오드에 집속시키기 위한 렌즈 시스템이 필요하다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 볼 렌즈 2개를 사용하여 레이저 다이오드의 빛을 광섬유에, 광섬유의 빛을 포토다이오드에 집속하는 광학계를 설계하였다. 이 광학계는 2개의 볼 렌즈 사이에서 빛이 평행하게 진행하도록 광원의 위치를 조정할 수 있으며 이러한 평행광 시스템은 온도 변화에 따른 광축 길이의 수축, 팽창 영향을 최소화할 수 있어 초점의 위치와 광출력의 변화를 줄일 수 있다. 이때 볼 렌즈는 전체 광모듈의 크기와 광섬유와의 광결합효율을 고려하여 레이저 다이오드 쪽과 포토다이오드

쪽에는 지름이 0.5 mm인 마이크로 볼 렌즈를 사용하고 광섬유 쪽에는 지름이 0.8 mm인 볼 렌즈를 사용하였다. 한편 송신부의 1310 nm 파장과 수신부의 1490 nm, 1550 nm 파장을 선택적으로 분리하기 위하여 2개의 WDM 필터를 45도 각도로 배치하였다. 1310 nm/1490 nm WDM 필터는 1310nm 파장을 통과시키고 1490 nm 파장의 빛을 반사시키며 1490 nm/1550 nm WDM 필터는 1310 nm 파장과 1490 nm 파장을 통과시키고 1550 nm 파장의 빛을 반사시키는 역할을 한다.

본 연구에서 사용한 Micro-Block Stacking 방법은 레이저 다이오드, 수신용 포토다이오드, WDM 필터, 마이크로 볼 렌즈 등의 광학 부품을 여러 개의 정밀한 세라믹 블록을 이용하여 위치를 결정하고 광경로 상에 정렬, 고정시키는 방법이다. 그림 1에서와 같이 집적형 Triplexer에는 베이스마운트 위에 2개의 서브마운트가 사용된다. 베이스마운트와 각 서브마운트는 마이크로 볼 렌즈와 WDM 필터의 크기 및 위치, 그리고 빛의 전달 경로를 고려하여 제작된다. 이러한 MBS 방법은 집적형 광모듈의 크기를 3 mm × 7 mm × 2 mm 이내로 줄일 수 있어 국제 표준에 맞는 소형 광모듈(small form factor) 제작이 가능하다. 이 방법은 레이저 다이오드와 볼 렌즈, 박막 필터가 세라믹 기판으로 연결되어 있어 온도 변화에 따른 열팽창, 수축 등이 거의 나타나지 않으며 광경로나 광출력의 변화도 크게 나타나지 않는다. 세라믹 기판은 열적 특성뿐만 아니라 초고주파 동작 특성이 우수하기 때문에 10Gbps이상의 고속 동작도 가능하며 세라믹 서브마운트 자체에 임피던스 정합을 위한 회로 패턴과 와이어 본딩을 위한 본딩 패드를 구성할 수 있어 집적형 소형 광모듈 제작에 많은 장점이 있다.

그림 1의 집적형 Triplexer 구조에서 각 부품의 위치 변위가 초점 위치에 미치는 영향을 조사하기 위하여 상용 소프트웨어인 CODE V를 사용하여 시뮬레이션을 하였다. 이 초점 위치는 광정렬 패키징 과정에서 광섬유가 놓일 위치로 송신부의 레이저 다이오드에서 방출되는 빛을 충분히 광섬유에 집속시킬 수 있어야 하며 동시에 광섬유에서 방출되는 빛을 수신부의 포토다이오드에 충분히 전달할 수 있는 위치이어야 한다. 이러한 초점이 각 부품의 위치 변위에 따라 광학

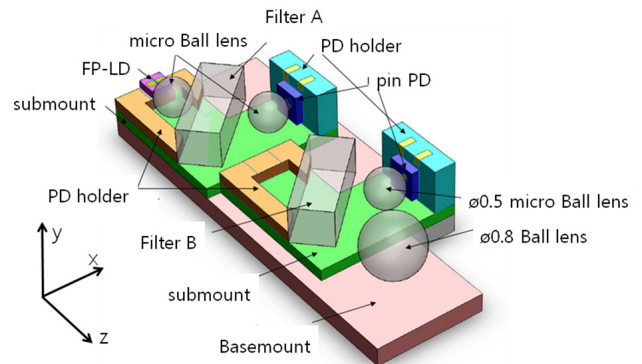
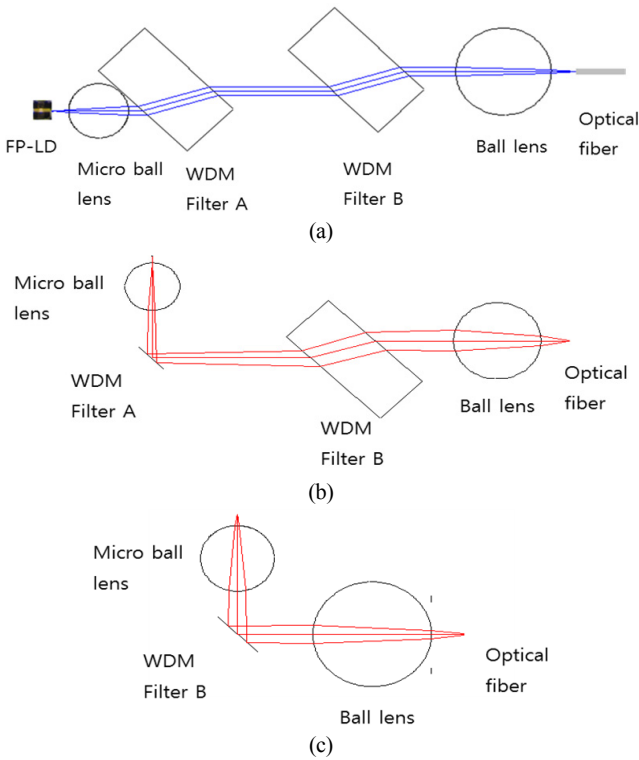


FIG. 1. Structure of the integrated triplexer using MBS technology.



**FIG. 2.** Optical beam path of the integrated triplexer used in CODE V simulator for (a) 1310 nm transmitter, (b) 1490nm receiver, and (c) 1550nm receiver.

설계 위치에서 벗어날 경우 송신부의 광출력이나 수신부의 수신감도가 감소하여 상용 집적형 Triplexer 제작이 어렵게 된다.

먼저 송신부의 경우 그림 2의 (a)와 같이 1310nm 파장의 빛이 레이저 다이오드에서 방출되면 마이크로 볼 렌즈를 통과하면서 평행광에 가깝게 진행한다. 이러한 평행광은 1310 nm 파장은 통과시키고 1490nm 파장은 반사하는 WDM 필터 A와 1310 nm와 1490 nm 파장은 통과시키고 1550 nm 파장은 반사하는 WDM 필터 B를 통과하면서 굴절되어 진행한 후 광섬유 쪽 볼 렌즈를 통해서 초점에 모이게 된다. 이때 초점의 위치는 각 부품의 크기를 입력하였을 때 볼 렌즈 끝에서 269  $\mu\text{m}$ 에 위치함을 알 수 있었다.

1490 nm 파장 수신부는 1310 nm 송신부와는 반대로 광섬유 위치가 광원이 된다. 즉, 광섬유 끝에서 방출된 빛은 볼 렌즈를 통과하여 평행광으로 진행한 후 1550 nm 파장을 반사하는 WDM 필터 B에서 굴절되고 1490 nm를 반사하는 WDM 필터 A에서 직각으로 반사되어 마이크로 볼렌즈를 통과한 후 포토다이오드에 집속된다. 그림 2의 (b)에 1490 nm 파장의 광경로를 나타내었다. 이때 초점의 위치는 각 부품의 크기를 입력하였을 때 마이크로 볼 렌즈 끝에서 72  $\mu\text{m}$ 에 위치함을 알 수 있었다. 1550 nm PD 수신부는 1490 nm 수신부와 마찬가지로 광섬유 끝에서 방출된 빛이 볼렌즈를 통과하여 평행광으로 진행한 후 1550 nm 파장을 반사하는 WDM 필터 A에서 직각으로 반사되어 마이크로 볼 렌즈를

통과한 후 포토다이오드에 집속된다. 그림 2의 (c)에 1550 nm 파장의 광경로를 나타내었다. 이때 초점의 위치는 각 부품의 크기를 입력하였을 때 마이크로 볼 렌즈 끝에서 90  $\mu\text{m}$ 에 위치함을 알 수 있었다.

### III. 공차 분석

설계한 집적형 Triplexer에서 각 부품 크기 공차와 조립 시 공차가 제품 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 부품의 x, y, z 방향의 위치 변위를 계산하였고 이에 따른 초점 위치의 변화를 시뮬레이션 하였다. 표 1은 송신부에서 각 부품의 제작 및 조립 공차를 분석하여 나타낸 것이다. 레이저 다이오드 spot의 최대 위치 변위는 x, y, z 방향으로 각각  $\pm 45 \mu\text{m}$ ,  $\pm 35 \mu\text{m}$ ,  $\pm 45 \mu\text{m}$ 이었으며, 0.5 mm 마이크로 볼 렌즈의 최대 위치 변위는  $\pm 10 \mu\text{m}$ ,  $\pm 5 \mu\text{m}$ ,  $\pm 10 \mu\text{m}$ 이었다. 또한 1310/1490 nm WDM 필터의 위치 변위는  $\pm 40 \mu\text{m}$ ,  $\pm 25 \mu\text{m}$ ,  $\pm 40 \mu\text{m}$ 이었고, 1490/1550 nm WDM 필터의 위치 변위는 세라믹 홀더의 제작 공차가 더해져  $\pm 110 \mu\text{m}$ ,  $\pm 85 \mu\text{m}$ ,  $\pm 110 \mu\text{m}$ 이었다. 한편 0.8 mm 볼 렌즈의 위치 변위는 에폭시 경화 시 볼 렌즈가 움직일 수 있음을 고려하여 x축과 z축 방향으로  $\pm 105 \mu\text{m}$ 를 가정하였다.

수신부의 경우 1490 nm 파장을 수신하는 디지털 수신부와 1550 nm 파장을 수신하는 아날로그 수신부로 나누어 지며 광경로는 광섬유에서 방출되는 빛이 볼 렌즈를 거쳐 WDM 필터에서 반사한 후 마이크로 볼 렌즈를 거쳐 포토다이오드에 집속된다. 이때 광섬유의 위치 변위는 집적형 triplexer 구조에 따라 송신부의 초점 변위에 의해 결정된다. 1490 nm 파장 수신부의 경우 표2에 나타낸 것과 같이 0.8 mm 볼 렌즈의 위치 변위는 송신부와 마찬가지로 x축과 z축 방향으로  $\pm 105 \mu\text{m}$ 를 가정하였고 1490/1550 nm WDM 필터의 최대 위치 변위는 세라믹 홀더의 제작 공차가 더해져  $\pm 110 \mu\text{m}$ ,  $\pm 85 \mu\text{m}$ ,  $\pm 110 \mu\text{m}$ 이었으며 1310/1490 nm WDM 필터의 위치 변위는  $\pm 40 \mu\text{m}$ ,  $\pm 25 \mu\text{m}$ ,  $\pm 40 \mu\text{m}$ 이었다. 또한 0.5 mm 마이크로 볼 렌즈의 최대 위치 변위는  $\pm 55 \mu\text{m}$ ,  $\pm 5 \mu\text{m}$ ,  $\pm 55 \mu\text{m}$ 이고 포토다이오드 검출영역의 최대 위치 변위는 x, y, z 방향으로 각각  $\pm 40 \mu\text{m}$ ,  $\pm 40 \mu\text{m}$ ,  $\pm 45 \mu\text{m}$ 이었다. 한편, 1550 nm 파장 수신부의 경우 각 부품의 위치 변위가 WDM 필터 하나를 통과한다는 점을 제외하고 1490 nm 파장 수신기와 동일하며 그 분석 결과를 표 3에 나타내었다.

### IV. 초점 변화 분석

각 부품의 위치 변위에 따른 초점 위치 변화의 영향을 분석하기 위하여 먼저 송신부에서 각 부품의 위치가 x, y, z 방향으로 동시에 최대로 움직였을 때 초점의 위치 변화를 시뮬레이션 하였으며 그 결과를 그림 3에 나타내었다. 레이저 다이오드 spot이 x축 방향으로  $\pm 25 \mu\text{m}$ , y축 방향으로  $\pm 25 \mu\text{m}$ , z축 방향으로  $\pm 30 \mu\text{m}$  이동하였을 때 초점의 위치는 72  $\mu\text{m}$  범위까지 변화하였으며, 0.5 mm 마이크로 볼 렌즈의 경우 x,

**TABLE 1.** The fabrication and the assembly tolerances of the each component for 1310nm transmitter part

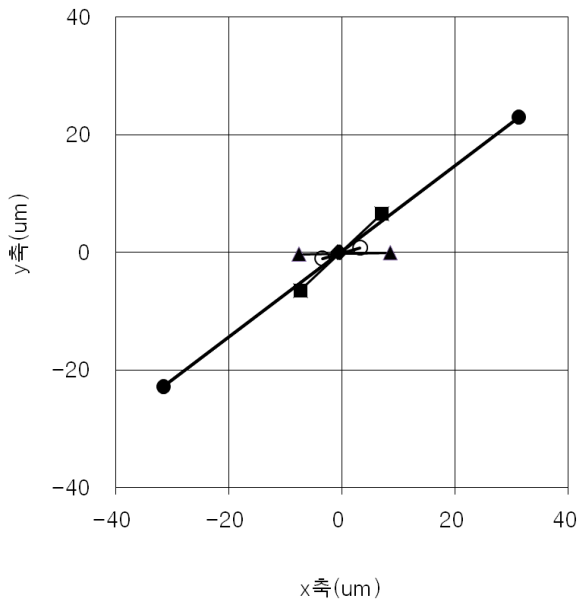
분석 항목		x 축	y 축	z 축
LD 칩 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Die bonding	±5	-	±5
LD holder 변위	제작 공차	±30	±30	±30
	Die bonding	±5	-	±5
LD spot 최대 변위		±45	±35	±45
마이크로 볼 렌즈 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Epoxy bonding	±5	-	±5
마이크로 볼 렌즈 최대 변위		±10	±5	±10
1310/1490nm WDM 필터 변위	제작 공차	±35	±25	±35
	Epoxy bonding	±5	-	±5
1310/1490nm WDM 필터 A 최대 변위		±40	±25	±40
1490/1550nm WDM 필터 변위	제작 공차	±35	±25	±35
	Epoxy bonding	±5	-	±5
holder 변위	제작 공차	±60	±60	±60
	Die bonding	±10	-	±10
1490/1550nm WDM 필터 B 최대 변위		±110	±85	±110
볼 렌즈 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Epoxy bonding	±100	-	±100
볼 렌즈 최대 변위		±105	±5	±105

**TABLE 2.** The fabrication and the assembly tolerances of the each component for 1490nm receiver part

분석 항목		x 축	y 축	z 축
광섬유 위치 변위	송신부 초점 변위	±100	±100	-
광섬유 최대 변위		±100	±100	-
볼 렌즈 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Epoxy bonding	±100	-	±100
볼 렌즈 최대 변위		±105	±5	±105
1490/1550nm WDM 필터 변위	제작 공차	±35	±25	±35
	Epoxy bonding	±5	-	±5
holder 변위	제작 공차	±60	±60	±60
	Die bonding	±10	-	±10
1490/1550nm WDM 필터 B 최대 변위		±110	±85	±110
1310/1490nm WDM 필터 변위	제작 공차	±35	±25	±35
	Epoxy bonding	±5	-	±5
1310/1490nm WDM 필터 A 최대 변위		±40	±25	±40
마이크로 볼 렌즈 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Epoxy bonding	±50	-	±50
마이크로 볼 렌즈 최대 변위		±55	±5	±55
PD 칩 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Die bonding	-	±5	±5
PD holder 변위	제작 공차	±30	±30	±30
	Die bonding	±5	-	±5
PD 검출영역 최대 변위		±40	±40	±45

**TABLE 3.** The fabrication and the assembly tolerances of the each component for 1550 nm receiver part

분석 항목		x 축	y 축	z 축
광섬유 위치 변위	송신부 초점 변위	±100	±100	-
광섬유 최대 변위		±100	±100	-
볼 렌즈 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Epoxy bonding	±100	-	±100
볼 렌즈 최대 변위		±100	±5	±100
1490/1550nm WDM 필터 변위	제작 공차	±35	±25	±35
	Epoxy bonding	±5	-	±5
holder 변위	제작 공차	±60	±60	±60
	Die bonding	±10	-	±10
1490/1550nm WDM 필터 B 최대 변위		±110	±85	±110
마이크로 볼 렌즈 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Epoxy bonding	±50	-	±50
마이크로 볼 렌즈 최대 변위		±50	±5	±50
PD 칩 변위	제작 공차	±5	±5	±5
	Die bonding	-	±5	±5
PD holder 변위	제작 공차	±30	±30	±30
	Die bonding	±5	-	±5
PD 검출영역 최대 변위		±40	±40	±45

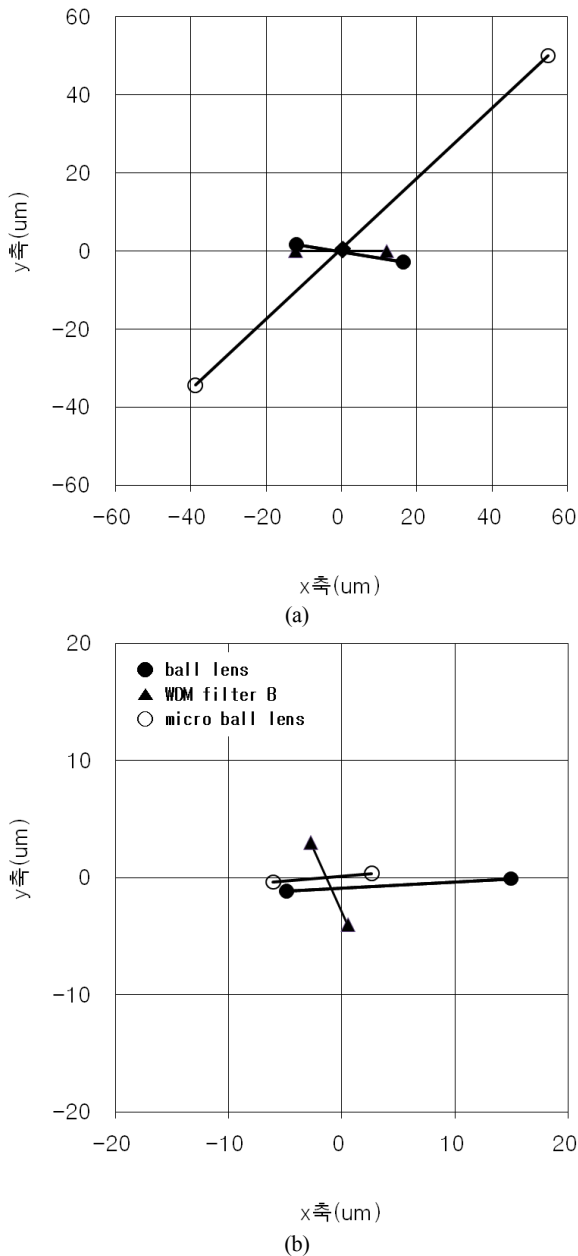


**FIG. 3.** The simulation results of the 1310nm transmitter part which show the displacements of the focal point when each component moved to maximum values with x, y, z directions simultaneously.

y, z 방향으로 ±10 μm, ±5 μm, ±10 μm 이동하였을 때 초점의 변화 값은 3 μm 이었다. WDM 필터 A의 경우 초점 위치 변화가 거의 나타나지 않았으며 WDM 필터 B에서는 9 μm까지 초점이 이동하였다. 0.8 mm 볼 렌즈의 경우 부품의 위치가

105 μm까지 움직였을 때 초점의 위치가 32 μm 이내로 변화하였다. 따라서 LD spot의 위치가 초점 위치 변화에 가장 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있으며 집적형 triplexer 제작 시 LD spot의 위치 변위를 줄이는 것이 제일 중요하다는 것을 알 수 있다. 한편 레이저 다이오드 spot, 마이크로 볼 렌즈, WDM 필터 A, WDM 필터 B, 0.8 mm 볼 렌즈가 모두 최대 로 움직였을 때 초점의 위치는 110 μm 범위 내에 위치하는 것을 알 수 있었다.

한편 1490 nm 파장을 수신하는 디지털 수신부에서 각 부품의 위치가 x, y, z 방향으로 동시에 최대로 움직였을 때 초점의 위치 변화를 시뮬레이션 하였으며 그 결과를 그림 4 (a)에 나타내었다. 광섬유 위치가 x축, y축, z축 방향으로 각각 ±20 μm 이동하였을 때 포토다이오드에 집속되는 초점의 위치는 20 μm 범위까지 변화하였으며, 0.8 mm 볼 렌즈의 경우 30 μm 이상 이동하였을 때 포토다이오드에 초점이 형성되지 않았으며 x, y, z 방향으로 ±30 μm, ±5 μm, ±30 μm 이동하였을 때 초점의 변화 값은 17 μm이었다. 따라서 triplexer 제작 시 볼 렌즈의 위치를 30 μm 이내의 정밀도로 고정시켜야 한다는 것을 알 수 있다. WDM 필터 B의 경우 x, y, z 방향으로 ±110 μm, ±85 μm, ±110 μm 이동하였을 때 초점의 변화 값은 12 μm이었고 WDM 필터 A의 경우 x, y, z 방향으로 ±40 μm, ±25 μm, ±40 μm 이동하였을 때 초점의 위치 변화가 거의 나타나지 않았다. 한편 마이크로 볼 렌즈의 경우 부품의 위치가 각각 ±55 μm, ±5 μm, ±55 μm 움직였을 때 초점의 위치가 55 μm까지 변화하여 0.8 mm 볼 렌즈와 함께 디지털 수신부 광정렬에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.



**FIG. 4.** The simulation results of the receiver parts for (a) 1490nm, (b) 1550nm which show the displacements of the focal point when each component moved to maximum values with x, y, z directions simultaneously.

1550 nm 파장을 수신하는 아날로그 수신부에서 각 부품의 위치가 x, y, z 방향으로 동시에 최대로 움직였을 때 초점의 위치 변화를 시뮬레이션 하였으며 그 결과를 그림 4 (b)에 나타내었다. 광섬유 위치가 x축, y축, z축 방향으로 각각  $\pm 30 \mu\text{m}$  이동하였을 때 포토다이오드에 집속되는 초점의 위치는  $19 \mu\text{m}$  범위까지 변화하였으며, 0.8 mm 볼 렌즈의 경우  $80 \mu\text{m}$  이상 이동하였을 때 포토다이오드에 초점이 형성되지 않았으며 x, y, z 방향으로  $\pm 80 \mu\text{m}$ ,  $\pm 5 \mu\text{m}$ ,  $\pm 80 \mu\text{m}$  이동하였을 때 초점의 변화 값은  $15 \mu\text{m}$ 이었다. WDM 필터 B와 마이크

로 볼 렌즈의 경우 부품의 위치가 각각  $110 \mu\text{m}$ ,  $50 \mu\text{m}$  이상 움직여도 초점의 위치가  $4 \mu\text{m}$ ,  $6 \mu\text{m}$  이내로 큰 변화가 없는 것을 알 수 있다. 아날로그 수신부의 경우 집적형 triplexer 구조상 송신부의 초점 위치 변화와 연관되어 있는 광섬유의 위치가 가장 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있으며 이것을 제외하면 0.8 mm 볼 렌즈의 위치 변위가 초점 위치 변화를 줄이는 데 가장 중요하다는 것을 알 수 있다.

한편 1490 nm 파장의 디지털 수신부에서 광섬유, 볼 렌즈, WDM 필터, 마이크로 볼 렌즈가 모두 최대로 움직였을 때 최종 광출력 위치는 광섬유 위치 변위(x, y, z 방향으로 각각  $\pm 20 \mu\text{m}$ )를 포함하여  $\pm 100 \mu\text{m}$  범위 내에서 있는 것을 확인할 수 있었다. 1550 nm 파장의 아날로그 수신부에서는 광섬유 위치 변위(x, y, z 방향으로 각각  $\pm 30 \mu\text{m}$ )를 포함하여 각 부품의 위치를 최대로 움직였을 때 최종 광출력 위치가  $\pm 40 \mu\text{m}$  범위 내에서 있는 것을 확인할 수 있다. 집적형 triplexer가 정해진 수신감도를 만족하며 정상적으로 동작하기 위해서는 이 초점의 위치가 포토다이오드의 검출영역 내에 위치하여야 한다.

## V. 결 론

본 논문에서는 세라믹 재질로 정밀 제작한 서브마운트, 레이저 다이오드 홀더, 포토다이오드 홀더를 이용하여 마이크로 볼렌즈, WDM 필터, FP-LD, PIN-PD 등 광부품을 광 축에 자동으로 정렬시키는 micro block stacking 방법으로 제작 가능한 8 pin mini DIL 집적형 Triplexer 구조를 설계하였다. code V 소프트웨어를 이용한 광학 설계에서 1310 nm 송신부의 초점이 볼렌즈에서  $269 \mu\text{m}$ 에 위치함을 알 수 있었으며, 각 부품의 공차 분석 결과 송신부에서 초점의 위치 변화에 가장 큰 영향을 주는 것은 LD spot의 위치 변위로  $\pm 25 \mu\text{m}$ ,  $\pm 30 \mu\text{m}$ ,  $\pm 25 \mu\text{m}$  변위에 대하여 초점이  $72 \mu\text{m}$  이동하였다. 수신부의 경우 집적형 Triplexer 구조상 송신부가 최대 광결합 효율을 가지는 초점의 위치가 수신부 광원의 위치로 자동적으로 결정된다. 이렇게 결정되는 광섬유 위치 변위를 제외할 경우 디지털 수신부에서는 마이크로 볼 렌즈의 위치 변화가, 아날로그 수신부에서는 0.8 mm 볼렌즈 위치 변화가 초점 이동에 가장 큰 영향을 주었다. 따라서 송신부 광결합 효율과 수신부 수신감도와 같은 집적형 Triplexer의 특성을 만족시키기 위해서는 Triplexer 조립시 0.8 mm 볼 렌즈와 마이크로 볼 렌즈의 위치 편차를 줄이는 것이 중요하다는 것을 알 수 있으며 본 연구에서 설계한 구조의 경우 디지털 수신부는  $200 \mu\text{m}$ , 아날로그 수신부는  $80 \mu\text{m}$  크기의 지름을 갖는 포토다이오드를 사용하여 상용제품 수준의 집적형 triplexer 제작이 가능할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 연구는 2011년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었습니다.

### References

1. J.-U. Park and Y.-S. Baek, "High-efficiency micro-optical color filter for liquid-crystal projection system applications," *Appl. Opt.* **39**, 1159-1163 (2000).
2. ITU-T Recommendation G.984.1, "Gigabit-capable Passive Optical Networks(GPON): general characteristics," (2003).
3. J.-S. Chio, "Design of PLC triplexer using three waveguide interferometer," *J. Opt. Soc. Korea* **12**, 162-165 (2008).
4. H.-J. Yoon and K.-N. Jun, "Compact bidirectional optical module using ceramic blocks," *IEEE Photon. Technol. Lett* **16**, 1954-1956 (2004).
5. H.-J. Yoon and J.-G. Kim, "622-Mb/s bidirectional SFP optical transceiver using an integrated WDM optical subassembly," *IEEE Transactions on Advanced Packaging* **31**, 423-428 (2008).
6. D. Derickson, *Fiber Optic Test and Measurement* (Prentice Hall PTR, New Jersey, USA, 1998), pp. 288-297.