

論文2000-37SD-11-6

# 이온교환법을 이용한 균등한 출력 파워를 갖는 1×5 광파워 분리기 (1×5 Equal-Power Splitter Using Ion-Exchange Method)

姜 東 星\*, 田 金 洙\*, 金 熙 周\*, 潘 在 景\*

(Dong-Sung Kang, Keum-Soo Jeon, Hee-Ju Kim, and Jae-Kyung Pan)

## 요 약

본 논문에서는 1.55 $\mu\text{m}$  파장에서 동작하는 1×5 광파워 분리를 위한 차분 빔전파법(FD-BPM)을 이용하여 모델링하고, BK7 유리 기판에  $\text{Ag}^+ - \text{Na}^+$  이온교환법을 이용하여 제작하였다. 제작된 소자는 중심 도파로의 이격 거리와 내부 Y-분리기의 분리 각을 조절해 원하는 분리 비를 얻을 수 있는 구조로 되어있다. 도파로 폭 4.5 $\mu\text{m}$ , 내부 Y-분리기의 분리 각 0.3°, 중심 도파로의 이격 거리가 575 $\mu\text{m}$ 일 때 TE 모드 입력에 대해 0.46dB의 광파워 분리 비를 얻었다.

## Abstract

In this paper, we have modeled and fabricated 1×5 equal power splitter for 1.55 $\mu\text{m}$  wavelength using finite-difference beam propagation method and  $\text{Ag}^+ - \text{Na}^+$  ion-exchanged method in BK7 glass, respectively. The power splitting ratio could be controlled by changing the center waveguide gap and the inner Y-branch angle. As a result, the power splitting ratio shows 0.46dB when the waveguide width, the inner Y-branch angle and the center waveguide gap are 4.5 $\mu\text{m}$ , 0.3 degree and 575 $\mu\text{m}$ , respectively.

## I. 서 론

균등한 광파워 비를 갖는 광파워 분리는 광통신 시스템에서 매우 중요한 소자이다. Y-분리기나 방향성 결합기를 여러 단으로 연결하여 2<sup>n</sup>개의 출력 단을 가진 분리를 제작할 수 있다. 그러나 분기수가 증가함에 따라 소자의 길이가 길어지고 이로 인한 손실이 증가하는 단점을 가진다. 또한 홀수개의 출력 단을 갖는 광파워 분리기도 필요하다.

1×3 또는 1×5 일반적인 가지형 광파워 분리의 경우 절반정도의 파워가 중앙 도파로로 진행하기 때문에 동일한 광파워 비의 분리를 얻을 수 없다. 1×3 분리의 경우는 가운데 도파로의 파워를 줄이기 위한

여러 논문이 발표되었다. Belanger 등은 접합부분에서 바깥부분 도파로의 유효굴절률을 증가시켜 광파워 비를 맞추었다<sup>[1]</sup>. Hung 등은 분리의 손실을 감소시키고 균등한 광파워 비를 얻기 위하여 가지부분에 위상을 가속할 수 있는 영역을 첨가하였다<sup>[2]</sup>. 그리고 Lin 등은 접합부분에 마이크로 프리즘을 첨가하여 가운데 도파로의 파워를 줄여 광파워 비를 맞추었으며 큰 분리 각에서도 손실이 작게 유지되는 분리를 제안하였다<sup>[3]</sup>. 그러나 제안된 구조들은 세 가지의 굴절률 분포를 가지기 때문에 복잡한 제작과정을 거쳐야 한다. 그리고 Banda 등은 가운데 도파로가 분리 점과 분리된 간단한 구조의 분리를 제안하여 동등한 광파워 비를 얻었다<sup>[4]</sup>. 특히 이 구조는 단지 두 가지의 굴절률을 가지는 구조이기 때문에 하나의 마스크를 이용해서 소자를 제작할 수 있다는 제작상의 장점을 가지고 있다. 또한 Song 등은 빔 분리기와 빔 보상기를 가지는 1×4 분리를 발표하였다<sup>[5]</sup>. 하지만 균등한 광파워 비를 갖는 1×5 가지형 광파워 분리의 경우는

\* 正會員, 全北大學校 電子情報工學部

(Division of Electronics and Information Engineering)

接受日字: 2000年 8月7日, 수정완료일: 2000年 10月31日

아직 발표되지 않았으며, 이 경우 5개의 출력 단에서 균등한 광파워 비를 얻기가 1×4나 1×3의 경우 보다 어렵다.

본 논문에서는 Banda 등이 제안한 중앙 도파로에 간격이 있는 구조를 이용하여 1×5 가지형 광파워 분리를 중앙간격과 내부 가지의 각도를 변수로 설계하였으며 설계 값을 근거로 소자를 제작하였다. 그리고 분산손실을 감소시키기 위해 직선형 가지를 사용하지 않고 S-band 구조의 가지를 사용하였다. 모의실험은 2차원 유한 차분 빔 전파법(FD-BPM)을 이용하였으며, 소자는 BK7 유리기판에  $Ag^+ - Na^+$  이온교환법을 이용하여 제작하였다.

## II. 모델링

일반적인 가지형 구조의 파워 분리기에서 동일한 광파워 비를 얻을 수 없는 현상은 크게 2가지 이유 때문이다. 첫째는 입력광의 위상 면이 바깥쪽 도파로의 방향과 수직으로 진행하지 않기 때문에 조금의 광파워만이 바깥쪽 도파로로 진행하게 된다. 그래서 가지의 각이 증가하면 위상 면의 방향이 더 심하게 틀어져 더 적은 파워가 바깥 도파로로 진행하게 된다. 두 번째는 바깥쪽 도파로로 들어가는 광이 입력광의 꼬리 부근에 해당하고 대부분의 광파워가 중앙에 집중되어 있어 중앙 도파로로 많은 양의 광파워가 진행하기 때문이다. 따라서 바깥쪽 도파로로 더 많은 양의 광파워를 보내기 위해서는 위상 면을 적당히 변화시키거나 광파워 분포를 바깥쪽으로 더 많이 퍼지도록 조절하면 가능하다. 이를 실현할 수 있는 한 가지 방법은 가지의 분기점에서 중앙 도파로를 이격 시키는 것이다.

가지 분기점과 중앙 도파로 사이에 이격을 갖는 1×3 광파워 분리의 경우, 이격된 부분은 작은 프리즘 역할을 하게 된다. 즉 중앙 부근의 위상 면이 프리즘을 지나면서 측면 도파로 쪽의 위상 면보다 더 긴 거리를 진행하게 된다. 프리즘의 굴절률이 기판의 굴절률과 같기 때문에 중앙부근의 위상 면이 측면보다 더 가속되게 되어 입력 광의 위상 면이 측면 도파로 방향으로 변하게 된다. 또한 Y 분기점은 1×2 Y-분리기 역할을 함으로써 입력 광을 두 개의 최대값을 갖게 분리하여 측면 도파로 쪽에 더 많은 광파워가 분포하게 한다. 중앙 도파로 광파워의 일부는 측면 도파로로부터 광 결합에 의해 전달된 것이며 도파로 사이의

간격이 좁으면 더 많은 광파워가 중앙 도파로 쪽으로 이동하게 된다. 그리고 이런 구조의 경우 Y 분기점에서 발생하는 산란손실의 대부분이 중앙 도파로에 전달되기 때문에 매우 적은 손실의 가지형의 분리기를 제작할 수 있는 장점을 가진다.

본 논문에서는 중앙 도파로에 이격이 있는 그림 1과 같은 구조의 1×5 광파워 분리를 제작하였다. 여기에서 W는 도파로의 폭을 나타내고,  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 는 바깥 도파로 1과 2의 분리 각을 각각 나타낸다. 그리고  $L_g$ 는 입력 도파로와 출력 도파로가 분기되는 점에서부터 중앙 도파로 3사이의 이격 거리를 나타내고 있다.

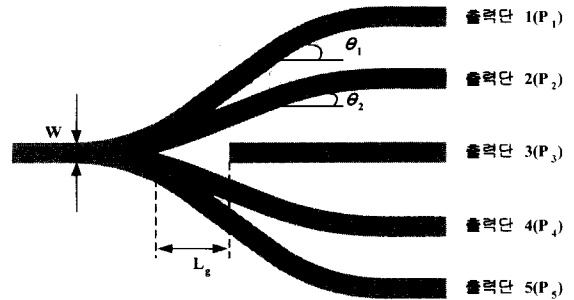


그림 1. 1×5 광 파워 분리의 구조

Fig. 1. The structure of 1×5 optical power splitter.

1×5 분리의 경우는 1×3 분리와는 조금 다른 특성을 가진다. 이격 거리  $L_g$ 가 없는 일반 1×5 분리의 경우 중앙 도파로에 가장 많은 파워가, 내부 측면 도파로 2와 4에 중간 정도의 파워가 그리고 바깥쪽 측면 도파로 1과 5에는 가장 적은 광파워가 분포하게 된다. 이격 거리  $L_g$ 가 있는 경우, 입력 광이 중앙 도파로에 도달하기 전까지는 양쪽 측면 도파로로 대부분의 파워가 진행하다가 바깥 측면 도파로 1과 안쪽 측면 도파로 2가 분기되는 지점에서 도파로 2쪽으로 조금 많은 광이 진행하게 된다. 이때 이격 부분에는 거의 광파워가 존재하지 않는다. 그리고 중앙 도파로 3이 시작되는 지점부터는 도파로 2와 4의 광 결합이 일어나기 때문에 갑자기 도파로 2, 4의 파워가 감소하게 되고 중앙 도파로에 파워가 증가하게 된다. 광이 진행하면서 측면 도파로 1과 2 그리고 도파로 2와 3 사이에 결합이 발생하면서 광파워 분배가 이루어진다.

따라서 이격 거리  $L_g$ 를 적당히 조절하면 각 도파로

간의 결합을 조절할 수 있기 때문에 원하는 비율의 광출력을 얻을 수 있다. 하지만 이 경우 이격 거리  $L_g$ 의 변화만으로는 1과 3 또는 2와 3, 즉 두 개의 도파로 사이에서는 균등한 파워를 쉽게 얻을 수 있지만 동시에 1, 2, 3 도파로의 파워를 균등하게 하기는 쉽지가 않다. 그래서 본 논문에서는 동시에 1, 2, 3번 도파로의 균등한 파워를 얻기 위해서 먼저  $L_g$ 를 변수로 하여 얻을 수 있는 최고의 균등 비에서의  $L_g$ 를 정한 다음,  $L_g$ 를 고정시키고 도파로 3의 분리각  $\theta_2$ 를 변수로 소자를 설계하였다.

### III. 모의실험 결과

본 논문에서는  $1 \times 5$  광파워 분리를 모델링하기 위하여 FD-BPM을 사용하였다. 전산모의 실험을 위한 소자 변수로서  $1.55\mu\text{m}$  파장에서 단일 모드 조건으로 도파로 폭을  $W=4.5\mu\text{m}$  정하였으며 도파로의 굴절률 분포는 유리기판에 이온교환법을 적용해 형성되는 변화로 폭 방향으로는 가우시안 분포를 하고 깊이 방향으로는 에러 함수적인 분포를 하는 식 (1)을 이용하였다.<sup>[7]</sup>

$$N(x, y; \lambda) = n_s(\lambda) + \Delta n(\lambda) \operatorname{erfc}(x/d) \left[ \exp\left(-\frac{(y-W)^2}{W_i^2}\right) \cdot U(y-W) + \exp\left(-\frac{(y+W)^2}{W_i^2}\right) \cdot U(-y-W) + U(y+W) - U(y-W) \right] \quad (1)$$

$$\text{for } x \geq 0, W \geq 0, U(y-W) = \begin{cases} 0, & y < W \\ 1, & y \geq W \end{cases}$$

여기에서  $x$ 와  $y$ 는 각각 광 도파로의 깊이 방향과 폭 방향을 나타내며,  $\lambda$ 는 자유공간 상태에서의 광의 파장을,  $n_s(\lambda)$ 는 파장에 따른 기판의 굴절률을,  $\Delta n(\lambda)$ 는 파장에 따른 광 도파로의 최대 굴절률 변화를,  $d$ 는 확산 도파로의 유효깊이를, 그리고  $W_i$ 는 폭방향의 유효확산 반폭을 나타낸다. 그림 2는 유리기판에 이온교환을 통해서 얻은 굴절률 분포를 나타내고 있다.

광 산란 손실을 줄이기 위해 측면 출력 단 1과 2는 S-bend 구조로 분리 각  $\theta_1$ 과  $\theta_2$ 는 각각  $0.573^\circ$ 와  $0.3^\circ$ 로  $1^\circ$ 보다 충분히 작게 고정하고  $L_g$ 를 변화시키면서 설계하였다. 출력 광파워 비는 제한된 소자가 대칭형 구조이기 때문에 1, 2, 3 출력 도파로에 대해서만

언급한다.

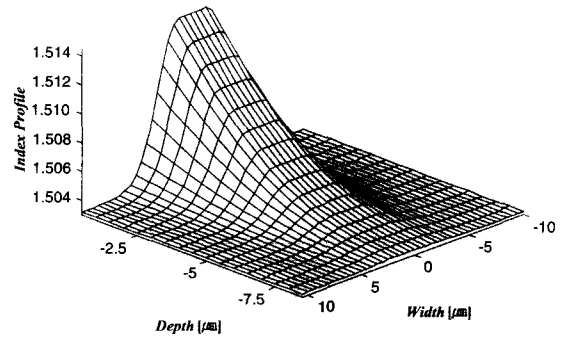


그림 2. BK7 채널형 광도파로의 굴절율 분포  
 $W_M=4.5[\mu\text{m}], t=12[\text{h}], T=340[^\circ\text{C}], \lambda=1.55[\mu\text{m}]$   
 Fig. 2. Refractive index of channel waveguide in BK7 glass.

출력 도파로 사이의 광파워 비를 계산하기 위하여 광파워 분리 비  $R$ 을 각 출력 도파로의 광파워 비로써 식 (2)와 같이 정의하였다.

$$R_1 = 10 \log\left(\frac{P_1}{P_3}\right), R_2 = 10 \log\left(\frac{P_2}{P_3}\right), R_3 = 10 \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \quad (2)$$

여기에서  $R_1$ 은 중앙 도파로 3과 바깥 측면 도파로 1과의 광파워 비를,  $R_2$ 는 출력 도파로 3과 출력 도파로 2사이의 광파워 비를 그리고  $R_3$ 는 측면 도파로 2와 1사이의 광파워 비를 나타낸다. 각 출력 도파로의 광파워는 식 (3)의 overlap integral을 이용하여 구하였다.

$$P = \frac{\left| \int \Phi^*(x) f(x, L) dx \right|^2}{\int |\Phi(x)|^2 dx \int |f(x, L)|^2 dx} \quad (3)$$

여기에서  $\Phi(x)$ 는 출력 도파로의 고유 모드 전개 분포이고  $f(x, L)$ 는 FD-BPM으로 얻어진 출력 단 전개 분포이다. 그리고 입력 파워가  $P_{in}$ 일 때 입력 대 출력 광파워 비  $R_i$ 는 식 (4)와 같다.

$$R_i = 10 \log\left(\frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}{P_{in}}\right) \quad (4)$$

그림 3은 중심 도파로의 이격 거리  $L_g$ 에 따른 출력 광파워 비를 나타내고 있다. 그림에서  $R_1$ 이 이격 거리의 변화에 따라 가장 많은 영향을 받고  $R_3$ 가 가장 적은 영향을 받음을 확인할 수 있다.  $R_1$ 이 0dB가되는 점

을 기준으로  $L_g$ 를  $575\mu\text{m}$ 로 할 경우 도파로 1과 3에는 동일한 파워가 존재하고 도파로 2에는 두 도파로 보다 작은 파워가 있게 되어  $R_2$ 는  $-0.43\text{dB}$ ,  $R_3$ 는  $0.46\text{dB}$  정도의 광파워 비를 갖게 된다. 그리고 입력 대 출력 광파워 비  $R_1$ 는  $-0.02\text{dB}$ 가 되어 이격 거리  $L_g$ 가 있는 Y-분리기에 의한 손실이 거의 무시할 수 있는 수준임을 확인할 수 있다.

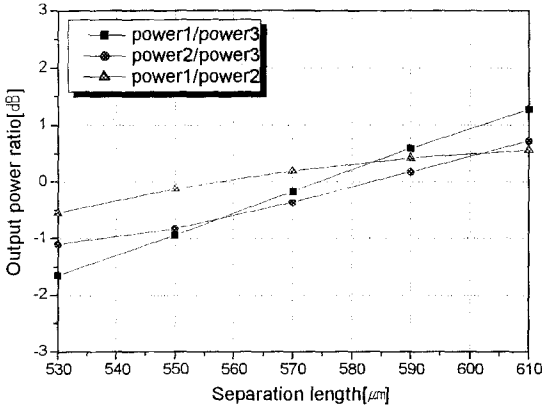


그림 3. 이격 거리  $L_g$  변화에 따른 출력 광파워 분리비  
Fig. 3. Output power ratios versus change of separation length  $L_g$ .

또한 더 정확한 광파워 비를 얻기 위해  $L_g$ 를  $575\mu\text{m}$ 로 고정하고 도파로 2의 분리각  $\theta_2$ 를 변수로 모의실험 하였다. 그림 1의 분리기 구조에서  $\theta_2$ 가 증가하면 도파로 1과 2의 간격은 더 작아지고 도파로 2와 3의 간격은 더 커지게 된다. 따라서 도파로 1과 2사이에 더 많은 결합이 발생하여  $P_1$ 은 감소하고  $P_2$ 는 증가하게 된다. 도파로 2와 3경우는 결합이 줄어들어  $P_2$ 는 증가하고  $P_3$ 는 감소하게 된다. 결과적으로 그림 3에서  $R_2$  곡선은 아래 방향으로 이동하고  $R_3$  곡선은 위 방향으로 이동하게 되지만  $R_1$  곡선의 경우는 거의 이동하지 않는다. 이러한 특성을 이용해서  $\theta_2$ 를 적절히 변화시키면 세 곡선이 한 점에서 만나는 조건을 찾을 수 있다.

그림 4는  $L_g$ 가  $575\mu\text{m}$ 이고 다른 소자 변수들은 일정하게 고정하고 도파로 2의 분리 각  $\theta_2$ 를 변화시켜 계산한 출력 광파워 비를 나타내고 있다.  $\theta_2$ 가  $0.3^\circ$  위치에서 세 가지 광파워 분배 비가 모두 0dB에 가까운 값을 가지게 되며 이는 5개의 출력 단이 모두 일정한 광파워를 갖는 것을 의미한다. 이 경우  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ 는 각각  $-0.001\text{dB}$ ,  $-0.05\text{dB}$ ,  $0.04\text{dB}$ 이었으며 전송 파워

$R_1$ 는  $-0.02\text{dB}$  이었다.

설계된 광파워 분리기의 파장 의존성을 보기 위해 입력 광의 파장을 변화시키면서 광파워 비를 그림 5에 보였다. 그림 5에서  $1.55\mu\text{m}$  파장 대역을 중심으로  $20\text{nm}$ 내에서 최대값과 최소값의 광파워 비의 변화가  $0.2\text{dB}$ 보다 작으며,  $0.4\text{dB}$ 의 광파워 비까지는 약  $40\text{nm}$  정도의 대역폭을 가진다.

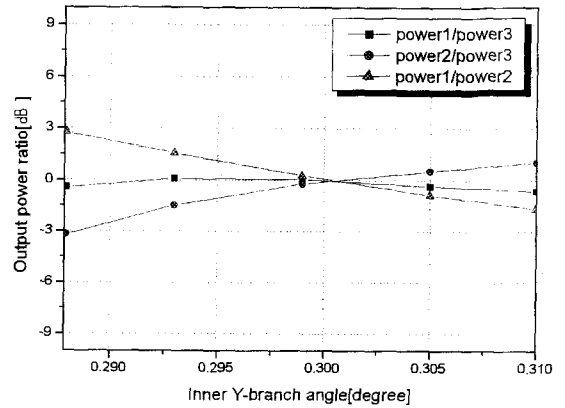


그림 4. 안쪽 측면 도파로 분리각에 따른 출력 광파워 분리비

Fig. 4. Output power ratios versus inner Y-branch angle.

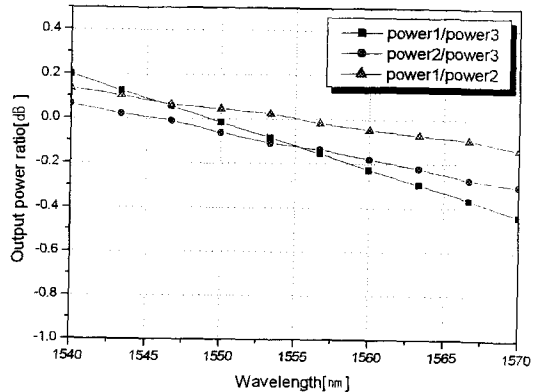


그림 5. 파장에 따른 출력 광파워 출력비  
Fig. 5. Output power ratios versus wavelength.

이상과 같은 모델링 결과를 이용해서 본 논문에서는 2" BK7 유리기판 위에 이온교환을 이용하여  $1\times 5$  광파워 분리기를 제작하였다. 각 채널 도파로의 폭은  $4.5\mu\text{m}$ , 중심 도파로의 이격 거리는  $575\mu\text{m}$ , 내부 Y-분리기의 분리 각은 중심 도파로를 기준으로  $\theta_1=0.573^\circ$ ,  $\theta_2=0.3^\circ$ 로 제작하였다. 그림 6은 이들 소자변수를 가지고 모델링 한 광 전계 분포를 나타내고 있다.

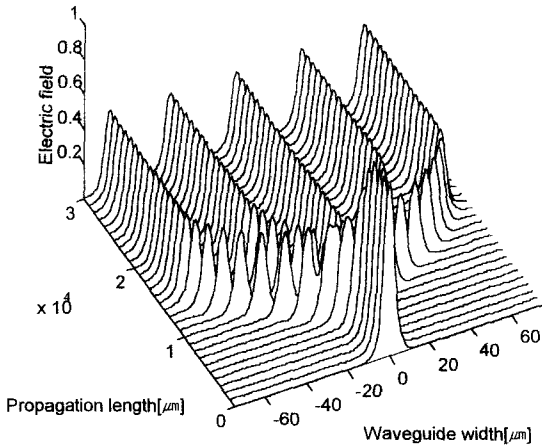


그림 6. FD-BPM을 이용한 1×5 광파워 분리기기의 전계 분포  
 Fig. 6. The electric field of 1×5 optical power splitter obtained through FD-BPM.

### III. 제작 및 결과 고찰

1×5 광파워 분리를  $Ag^+ - Na^+$  이온교환법과 유리기판을 이용하여 제작하였다. 먼저, 알루미늄을 2" BK7 유리기판에 RF 스퍼터를 이용해 증착한 후 표준 사진공정을 통해 이온교환용 마스크를 만들었다.

도파로 형성을 위한 이온교환 확산 원의 농도는 0.001MF( $AgNO_3$ ) : 0.33MF( $KNO_3$ ) : 0.67MF( $NaNO_3$ ) 구성비로 이루어졌다<sup>[8]</sup>. 확산 원으로 순수한  $AgNO_3$  를 사용하지 않고  $NaNO_3$ 에 희석하여 사용한 이유는 순수한  $AgNO_3$ 를 사용할 경우 최대 굴절률 변화량이 0.1정도가 되어 매우 짧은 시간에 다중 모드가 형성되기 때문에 소자 제작을 위해서는 정확한 온도제어 뿐만 아니라 수초 범위의 시간 제어가 필요하게 된다.  $NaNO_3$ 에 희석하여 사용하면 수 시간동안의 이온교환에서 단일 모드가 형성되기 때문에 공정시간을 매우 정확하게 제어하지 않아도 원하는 특성을 얻을 수 있다. 또한  $KNO_3$ 의 역할은 이온교환 중에 BK7 내부에 존재하는  $K^+$  이온 외부로 확산되는 것을 방지하여 기판 내부의  $Na^+$  이온과 확산 원의  $Ag^+$  이온만의 순수한 이온교환을 기대하기 위해서이다. 이온교환 온도 및 시간은 각각 340℃와 12시간으로 하였다. 그림 7은 소자 제작공정을 나타내고 있다. 제작된 소자는 단면절개를 한 후 800번, 1200번, 2000번 사포를 통해 연마과정을 거쳐 그림 8과 같은 측정장치를 이용하여 광분리 비를 측정하였다.

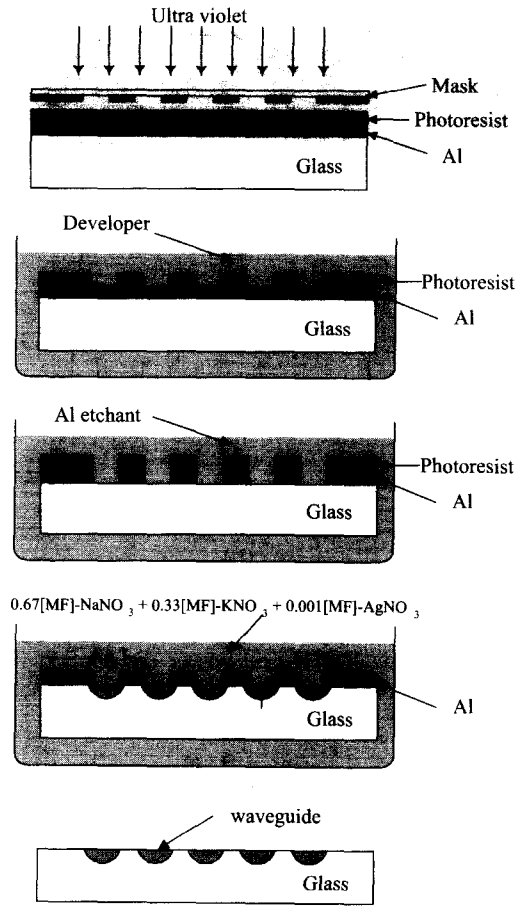


그림 7. 1×5 광파워 분리기 제작공정  
 Fig. 7. Fabrication process of 1×5 optical power splitter.

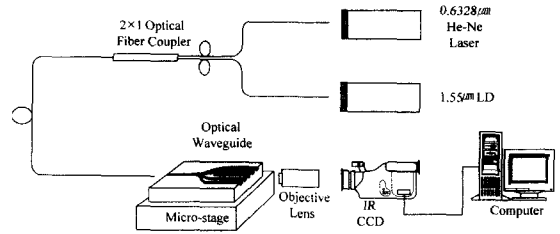


그림 8. 1×5 광파워 분리기 특성 측정을 위한 실험 장치도  
 Fig. 8. Experimental setup for the 1×5 optical power splitter characteristic measurement.

그림 9는 TE 모드에 대한 1×5 광파워 분리기기의 출력 모드 사진과 수평방향 모드 분포를 나타낸다. 각 출력의 출력 비는 0.1780 : 0.1980 : 0.1980 : 0.1800 : 0.1800을 나타내어 광 출력 비가 0.46dB 이었다.

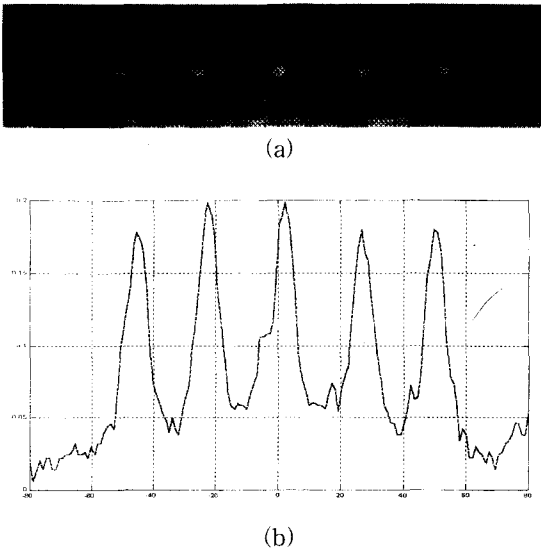


그림 9. 출력 모드 사진 및 수평 광 파워 분포도  
 Fig. 9. Photograph of mode. (a) and figure of horizontal optical power distribution (b)

#### IV. 결 론

본 논문에서는 1×5 광파워 분리를 FD-BPM을 이용하여 모델링하고, BK7 유리 기판에  $Ag^+-Na^+$  이온교환법을 이용하여 제작하였다. 채널 도파로의 폭  $4.5\mu m$ , 중심 도파로의 이격 거리  $575\mu m$ , 안쪽 Y-분리기기의 분리 각이 중심 도파로를 기준으로  $\theta_1=0.573^\circ$ ,  $\theta_2=0.3^\circ$  인 소자변수로 제작하였다. 제작된 소자의 광 출력 비는 0.46dB 이었다. 제작된 광파워 분리는 수동 광 네트워크에 적용할 수 있으며 이를 바탕으로 더 많은 분기를 가진 분리기도 제작 가능하다. 또한, 제작된 소자는 중심 도파로의 이격 거리를 조절함으로써 다양한 분리 비를 얻을 수 있다.

#### 참 고 문 헌

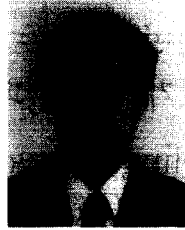
[1] M. Belanger, G. L. Yip, and M. Haruna, "Passive planar multi branch optical power divider: some design considerations," *Appl. Opt.*, vol. 22, no. 15, pp. 2283-2289, 1983.

- [2] W. Y. Hung, H. P. Chan, and P. S. Chung, "Single mode 1×3 integrated optical branching circuit design using phase-front accelerator," *Electron. Lett.*, vol. 24, no. 22, pp. 1365-1466, 1988.
- [3] H. B. Lin, Y. H. Wang, and W. S. Wang, "Single mode 1×3 integrated optical branching circuit design using microprism," *Electron. Lett.*, vol. 30, no. 5, pp. 408-409, 1994.
- [4] S. Banba and H. Ogawa, "Novel symmetrical three-branch optical waveguide equal power division," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 2, pp. 188-190, 1992.
- [5] H. Y. Song, T. W. Oh, S. Y. Shin, S. Y. Yi, W. H. H. Jang and T. H. Rhee, "Four-branch Single-mode waveguide power divider," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 10, no. 12, pp. 1760-1762, 1998.
- [6] T. J. Wang, Y. H. Wang, and W. S. Wang, "Single-mode 1×3 equal-power divider using a substrate microprism and two waveguide expanders," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 12, no. 2, pp. 164-169, 2000.
- [7] 김민수, "Ag<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup> 이온교환법을 이용한 BK7 방향성 광결합기의 설계 및 제작," 전북대학교 대학원 석사학위 논문, 1999
- [8] 전금수, 반재경, "Ag<sup>+</sup>-Na<sup>+</sup> 이온교환법을 이용한 BK7 유리 평판형 광도파로의 특성," *전자공학회논문지*, 제35권 D편, 제1호, pp. 84-93, 1998

저 자 소 개

姜 東 星(正會員)

1968년 9월 26일생, 1993년 2월 전북대학교 전기공학과 학사. 1995년 2월 동대학원 전기공학과 석사. 1999년 8월 동대학원 전기공학과 박사과정 수료, 현재 (주)젠포토닉스 주임연구원. 주관심 분야는 광통신용 폴리머 광집적소자 설계 및 제작, 유리집적광학, 광도파로 해석 등임

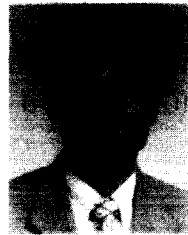


田 金 洙(正會員)

1972년 7월 16일생. 1995년 2월 전북대학교 전기공학과 학사. 1997년 2월 동대학원 전기공학과 석사. 현재 동대학원 전기공학과 박사과정. 주관심 분야는 광통신용 광집적소자 설계 및 제작, 광도파로 해석, 광전송시스템, 광/무선 통신시스템 등임

金 熙 周(正會員)

1971년 1월 23일생. 1993년 2월 전북대학교 전기공학과 학사. 1995년 2월 동대학원 전기공학과 석사. 현재 동대학원 전기공학과 박사과정. 주관심 분야는 광통신용 광집적소자 설계 및 제작, 광전송시스템, 광/무선 통신시스템 등임



潘 在 景(正會員)

1956년 2월 19일생. 1980년 2월 연세대학교 전자공학과(공학사). 1982년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1987년 8월 동대학원 전자공학과(공학박사). 1987년 5월-현재 전북대학교 전자정보공학부 교수, 전북대학교 영상정보신기술연구소 연구원. 1991년 1월-1992년 1월 미국 Ohio 주립대 전기공학과 객원연구원. 주관심 분야는 광통신용 소자, 집적광학소자, 광/무선 통신시스템 등임