

## 광섬유 커플러로 구성된 add/drop 필터의 특성 분석

조준용, 이종훈, 박광노, 이경식, \*전정우, \*이영탁  
성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부, \*한국통신 가입자망 연구소  
전화:0331-290-7204

### The performance of all fiber add/drop filter based on fused fiber coupler

J. Y. Cho, J. H. Lee, K. N. Park, K. S. Lee, \*J. U. Jeon, \*Y. T. Lee  
SungKyunKwan Univ. School of Electrical and Computer Engineering, \*Korea Telecom.  
e-mail:opticman@ece.skku.ac.kr

#### Abstract

An all fiber coupler-type add/drop filter has been fabricated by writing a Bragg grating in the coupling region of a fused fiber coupler. Some testing results will be discussed.

#### I. 서론

최근 들어 광통신은 단일모드 광섬유를 통해서 대용량의 데이터를 동시에 전송시킬 수 있는 WDM(Wavelength Division Multiplexing)방식이 가장 각광을 받고 있다. 이런 WDM 광통신 방식은 단일 광전송로에 다파장의 신호를 전송하기 때문에 특정파장을 추가하거나 추출시킬 수 있는 필터의 필요성이 증가하고 있다. 이에 따라 광통신의 핵심소자 중에 하나이며 특정 파장을 반사시키는 특성을 지닌 반사형 광섬유격자를 이용하는 여러 가지 형태의 add/drop 필터에 관한 연구가 한창 진행 중에 있다[1,2]. 지금까지 제안된 add/drop 필터는 크게 circulator를 이용한 것과 Mach-Zehnder 간섭계를 이용하는 것 그리고 광섬유격자 내장형 커플러를 이용하는 것으로 나눌

수 있는데, circulator형의 경우, circulator 자체가 고가이고 삽입손실이 크다는 단점이 있고 Mach-Zehnder 간섭계형인 경우는 양쪽 경로에 동일한 특성의 광섬유격자를 제작해야 하고 양쪽 경로간에 위상차이가 없도록 동일하게 해 주어야 한다는 제작상에 어려움이 있다. 그리고, 간섭계형을 이용함으로써 필터특성이 주위환경에 민감하다는 단점도 지적되고 있다. 이에 반해 커플러형 add/drop 필터의 경우, 소형으로 제작이 가능하고 광경로차에 영향을 받지 않아 주위환경 변화에 덜 민감하다는 장점을 지니고 있어 활용성이 증대되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 최근 들어 많은 연구가 진행되고 있는 광섬유 커플러형 add/drop 필터의 제작에 관하여 연구하고자 한다[3-5]. 본 논문에서는 광섬유 커플러에 광섬유격자를 제작하여 커플러형 add/drop 필터를 구현하고, 그 특성에 대해서 살펴보도록 하겠다.

## II. 광섬유 커플러형 add/drop 필터의 제작 및 특성

광섬유격자가 내장된 광섬유 커플러형 add/drop 필터의 동작원리에 대해서 간단히 살펴보면 다음과 같다. 그림 1은 대칭구조의 광섬유 커플러형 add/drop 필터의 구조를 나타내고 있다. 입력단으로 입사된 다파장의 신호는 커플러 내에 존재하는 광섬유격자 영역쪽으로 입사되고 이렇게 입사된 다파장 신호중 특정 파장을 지닌 신호 ( $\lambda_p$ )만이 광섬유격자에 의해서 반사되어 Drop단으로 추출된다. 그리고, 광섬유격자에 의해 영향을 받지 않은 나머지 파장들의 신호는 출력단을 통해서 다음 노드로 전송하게 된다.

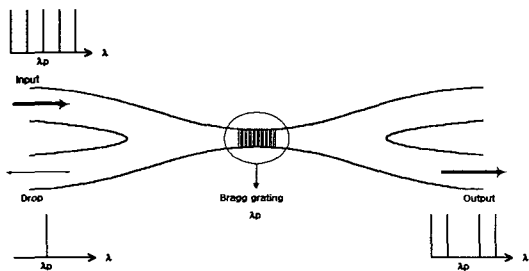


그림 1. 대칭구조의 광섬유 커플러형 add/drop 필터의 구조

일반적으로 광섬유 커플러형 add/drop 필터는 광섬유 커플러의 커플링영역에 UV빔을 조사하여 광섬유격자를 적당한 위치에 제작시켜줌으로써 구현된다. 본 논문에서 사용된 광섬유 커플러는 제작이 쉽고 동작이 안정적인 용융-인장형 커플러를 제작 사용하였다. 용융-인장형 커플러의 결합비는 인장길이에와 빔의 파장에 따라 달라지는데 그림 2는 파장이 1550nm일 때, 광섬유 커플러

제작동안 인장길이에 따른 커플러의 결합비 변화를 나타낸 것이다. 그림 2에 나타나 있듯이, 본 논문에서 add/drop 필터에 사용된 광섬유 커플러는 결합비가 80%인 커플러이다.

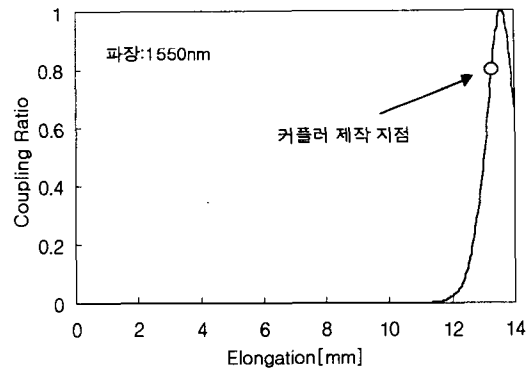
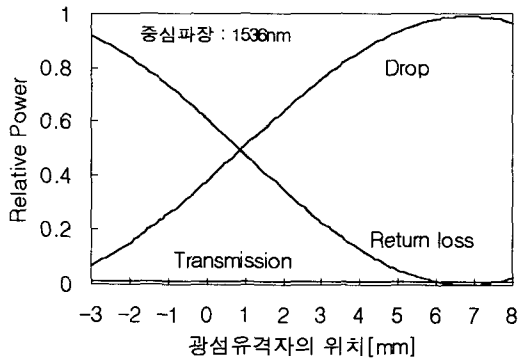


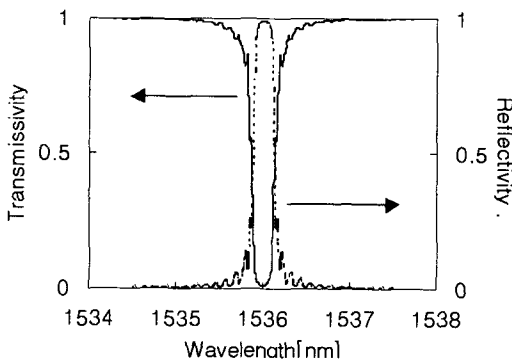
그림 2. 광섬유 인장길이에 따른 커플러의 결합비 변화 (실선-이론치, ○-실험치)

그림 3(a)는 결합비가 80%인 광섬유 커플러를 이용하여 add/drop 필터를 구성할 경우, 커플러 내에서 광섬유격자의 위치에 따른 각 단자들의 출력 특성을 나타낸 그림이다. 광섬유격자의 길이는 10mm이고 굴절률 변화량( $\Delta n$ )은  $1.8 \times 10^{-4}$ 로 가정하였다. 여기서, 광섬유격자의 위치는 광섬유격자의 중심이 커플러의 중심에서 벗어난 위치를 나타내고 있다. 그림 3(a)로부터 알 수 있듯이 신호가 추출되는 drop단의 광 power를 최대로 하고 입력단으로 반환하는 return loss를 최소로 하는 광섬유격자의 중심 위치는 커플러 영역의 중심에서 출력단쪽으로 6.8mm정도 떨어진 지점에서 제작하여야 하고 투과특성은 광섬유격자의 위치에는 무관함을 알 수 있다. 그림 3(b)은 위의 조건으로 광섬유격자를 커플러 내의 최적의 위치에 제작시켰을 경우, add/drop 필터의 drop특성과 투과특성을 시뮬레이션한 결과이다. 그림 3(b)로부터

알 수 있듯이, 광섬유격자에 의해 반사된 특정파장의 신호가 drop단으로 모두 추출된 것을 알 수 있었다.



(a)



(b)

그림 3. (a)광섬유격자 위치 변화에 따른 add/drop 필터의 각 단자의 출력 특성 (b)최적의 광섬유격자 위치일 때의 add/drop 필터의 투과와 drop특성

다음은 실제 결합비가 80%인 광섬유 커플러를 이용해 광섬유 커플러형 add/drop필터를 제작해 보았다. 여기서, 사용된 커플러는 단일모드 광섬유로 제작된 커플러를 사용하였다. 그리고 제작된 커플러의 광감도를 높이기 위해서 상온 32.6atm의 조건으로 4일간 수소처리 하였다. 이때, 광섬유격자를 제작하기 위해서 사용된 위상마스크의 격자주기는  $1.06\mu\text{m}$ 이고 길이는 10mm인 유니폼

위상마스크를 사용하였으며, 사용된 UV 광원은 엑시머 레이저(LAMBDA Physik, COMPex 205)를 이용하였다. 광섬유격자의 제작조건으로 엑시머 레이저의 펄스반복율과 에너지밀도는 각각 5Hz와  $188\text{ mJ/cm}^2$ 로 하여 대략 1시간 가량 조사하였다. 그림 4는 실제 제작된 add/drop 필터의 투과특성과 drop특성을 나타낸 것이다. 그림 4로부터 알 수 있듯이, 중심파장은 1536.4nm, 투과율과 drop율은 각각 60%와 33%인 특성을 얻을 수 있었고 굴절률 변화량( $\Delta n$ )은  $4.4 \times 10^{-5}$ 이었다. 즉, 커플러에 입사된 다파장의 신호중 파장이 1536.4nm인 신호만이 광섬유격자에 의해 40%가 반사가 되어 33%는 drop단에 의해 추출되었고 나머지 7%가 입력단으로 반환되었음을 알 수 있었다. 현재 광섬유 커플러형 add/drop 필터의 drop률은 높이고 반환손실은 낮추어줌으로써 전체적으로 성능을 향상시키려는 연구를 계속하고 있다.

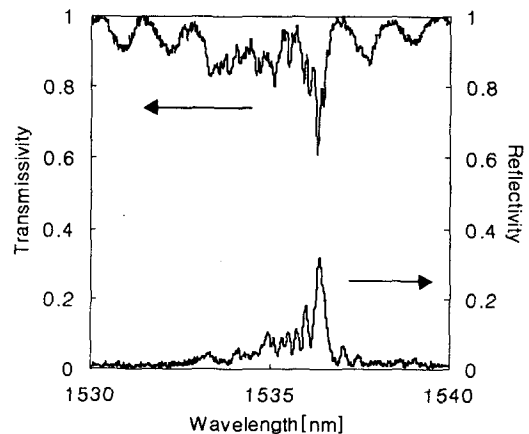


그림 4. 실제 제작된 커플러형 add/drop 필터의 투과 및 drop 특성  
(중심파장:1536.4nm; 투과율: 60%; drop율: 33%)

### III. 결 론

본 논문에서는 광섬유 커플러형 add/drop 필터를 제작하였다. 실험에 사용된 광섬유 커플러는 결합비가 80%인 커플러를 사용했으며, 위상 마스크를 이용해 커플러 내에 10mm인 유니폼 광섬유격자를 제작하였다. 실제 실험을 통해서 제작된 커플러형 add/drop 필터의 투과율과 drop율은 각각 60%와 33%이었고 굴절율 변화량( $\Delta n$ )은  $4.4 \times 10^{-5}$  이었다.

### [참고문헌]

- [1] K. O. Hill, Y. Fujii, D. C. Johnson, and B. S. Kawasaki, "Photosensitivity in optical fiber waveguide: Application to reflection filter fabrication", *Appl. Phys. Lett.* 32, 1978
- [2] F. Bilodeau, D. Johnson, S. Theriault, B. Malo, J. Albert, K. O. Hill, "An All-Fiber Dense Wavelength Division Multiplexer/Demultiplexer using photoimprinted Bragg Gratings", *IEEE Photon. Tech.*, Vol. 7, No. 4, pp388-390, 1995
- [3] Sergei S. Orlov, Amnon Yariv, and Scott Van Essen, "Coupled-mode analysis of fiber-optic add-drop filters for dense wavelength-division multiplexing", *Optics Lett.*, Vol. 22, No. 10, pp688-690, 1997
- [4] F. Bakhti, P. Sansonetti, C. Sinet, L. Gasca, L. Martineau, S. Lacroix, X. Daxhelet and F. Gonthier, "Optical add/drop multiplexer based on UV written Bragg grating in a fused 100% coupler", *Electro. Lett.*, Vol. 33, No. 9, pp803-804, 1997

- [5] L. Martineau and S. Lacroix, "Fabrication of highly Ge-doped fibre couplers by fusion-tapering technique", *Electro. Lett.*, Vol. 33, No. 9, pp798-799, 1997

※ 본 연구는 "1999년도 한국통신의 정보통신기초 연구사업"의 연구비지원으로 이루어졌음.