

Optical Fiber Y-Branch의 제작과 OTDR 응용

(Optical Fiber Y-Branch Fabrication and OTDR application)

李 相 濤*, 姜 玟 鎬**, 朴 漢 奎***

(Lee, Sang Ho, Kang, Min Ho and Park, Han Kyu)

要 約

Micro-torch를 사용하여 두 개의 taper를 동시에 제작하고, fusion splicing에 의해 광섬유 Y-branch를 제작하였다. Y-branch의 insertion loss는 2.6 dB, branching率은 0.98까지 얻을 수 있었다. 또 Y-branch를 OTDR의 제작에 응용하여 光學系를 대폭 간소화 하였으며, 길이 측정오차 ± 5 m, 손실 측정오차 ± 0.5 dB/km로 광섬유의 특성을 측정할 수 있었다.

Abstract

A simple optical fiber Y-branch is fabricated using micro-torch and fusion splicer. Tapered end of two fibers in-contact is spliced with another fiber. Total insertion loss is 2.6dB and optical power branching ratio is 0.98. Using fiber Y-branch, an OTDR with simple optical system is realized. The resolution of the OTDR is ± 5m in length and ± 0.5 dB/km in loss coefficient.

1. 서 론

광섬유 Y-branch는 종래의 cube beam splitter나 beam splitting film에 비해 유연성이 높아 光路의 변경이 자유롭고 align이 용이하며 기계적 安定性이 높은 등 많은 장점을 가지고 있다. 따라서 光通信에서 光波長分割 多重化, optical power tapping, data distribution network 등에 사용될 수 있으며 광학기나 광학실험에서도 많은 응용 가능성을 가지고 있다. 이러한 광섬유 Y-branch의 특성을 나타내는 주요 因子는 insertion loss, branching 率, branch에서의 反射 및 용이한 제작방법이다. 지금까지 발표된 Y-branch를 살펴보면 F.Krahn동이 발표한 grinding-adhesing 방법^[1]은 grinding과 adhesing 자체가

극히 어려운 작업이며, A.F.Judy와 T.D.Mathis의 etching-splicing 방법^[2]은 특성은 우수하지만 etching 시간이 한 시간 이상으로 오래 걸렸다. 본 研究에서는 micro-torch를 사용하여 두 개의 광섬유 taper를 만든 다음 다른 하나의 광섬유와 splicing하므로써 제작 방법이 간단하고 짧은 시간에 Y-branch를 제작하였다. 또 제작한 광섬유 Y-branch는 광섬유용 측정기기인 OTDR(optical time domain reflectometer)의 제작에 응용하여 beam splitter와 focusing lens, polarizers로 구성된 optics系를 대체하고 몇 가지 利點을 얻을 수 있었다

2. Fiber Y-branch 제작과 특성

본 연구에서 제작한 광섬유 Y-branch의 모형을 그림 1에 나타내었다.

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 Y-branch는 끝이 taper로 형성된 두 개의 광섬유를 다른 광섬유와 splicing하여 제작하였다. 즉 port 2와 port 3의 끝부분을 taper로 하여 splicing 지점에서 port 1의 core에 port 2와 port 3의 core가 최대한 넓은 면

* ** 正會員, 韓國電氣·通信研究所

(Korea Electrotechnology and Telecommunications Research Institute)

*** 正會員, 延世大學 工科大学 電子工學科

(Dept. of Electronics Eng. Yonsei Univ.)

接受日字: 1981年 2月 23日

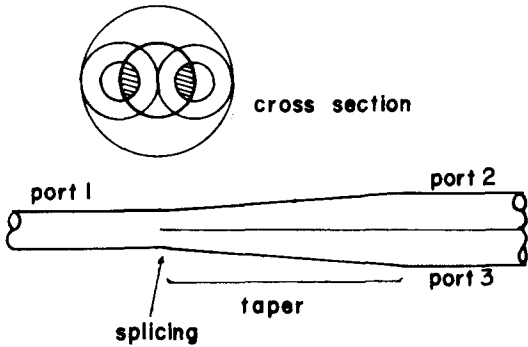


그림 1. 광섬유 Y-branch의 모형
Fig. 1. Modeling of fiber Y-branch.

적으로 접속되도록 하였다. 또 port 2와 port 3의 taper를 동시에 제작하므로써 두 taper의 모양이 잘 일치하여 branching률이 1에 가깝도록 하였다.

제작 방법은 coating을 벗겨 낸 두 개의 광섬유를 서로 접촉하여 평행으로 holding하고 micro-torch로 한 부분을 가열하면서 광섬유를 양쪽으로 pulling하여 두 개의 taper를 동시에 제작하였다. 이때 두 taper는 熱에 의하여 접촉면이 융착되므로 그림 1에서 보는 바와 같이 두 끝이 갈라지지 않고 서로 붙은 상태가 된다. 다음 taper의 직경이 원래 광섬유 직경의 1/2 정도 되는 지점에서 절단하여 port 1 광섬유와 fusion splicer로 splicing 하였다. Splicing 지점의 cross section은 그림 1에서 보인 바와 같으며, 빗금 부분이 core가 겹치는 부분으로서 coupling area가 된다. 실험에 의하여 적당한 taper 길이는 3~5mm였으며, 제작한 Y-branch는 epoxy로 molding하는 과정에서도 손실 특성의 변화가 없었다. 제작에 사용한 광섬유는 core 직경 62.5μm, cladding 직경 125μm인 Corning Glass社의 graded index 광섬유이며, 제작된 광섬유 Y-branch의 현미경 사진을 그림 2에서 보았다.



그림 2. 광섬유 Y-branch의 현미경 사진
Fig. 2. Microphotograph of fiber Y-branch.

제작한 Y-branch의 손실 특성은 two-point method로 측정하였다. Insertion loss와 branching률은 port 1에서 850μm의 LED 광을 launch하여 port 2와 port 3에서의 power p₂와 p₃를 측정 한 다음 port 1에서의 power p₁과 비교하여 구하였다. 모든 power 측정에서는 glycerin을 사용하여 cladding mode를 stripping하였다. dB로 나타낸 insertion loss는

$$-10 \log \frac{p_2 + p_3}{p_1} \quad (\text{dB}) \text{이며,}$$

branching률은 p₃/p₂이다. 제작한 4개의 Y-branch의 손실 특성을 측정 한 결과는 표 1과 같으며, 표에서 L₂₁과 L₃₁은 각각 port 2와 port 3으로 부터 port 1으로 광이 진행할 때의 손실이다. 표에서 볼 수 있는 바와 같이 insertion loss는 최저 2.6dB까지 얻을 수 있었으며 branching률은 거의 1에 가까웠다. 여기서 insertion loss가 core의 접속 단면적(그림 1의 빗금부분)으로 부터 계산한 값 약 6dB보다 작은 반면, L₂₁과 L₃₁이 크게 나타난 것은 taper가 광섬유의 input end에 위치할 때에는 lens의 역할을 하고^[3] output end에 위치할 때에는 taper에 의해 많은 양의 higher order mode가 세어 나가기 때문인 것으로 생각 된다.

표 1. 광섬유 Y-branch의 특성 측정결과

Table 1. Characteristics of fiber Y-branches

제작 회수	Insertion loss $-10 \log \frac{p_2 + p_3}{p_1}$ (dB)	Branching $\frac{p_3}{p_2}$	L_{21} (dB)	L_{31} (dB)
1	2.8	0.92	6.1	8.2
2	5.1	0.98	7.4	9.3
3	2.6	0.84	7.1	7.6
4	3.1	0.42	5.5	9.3

Port 1을 index matching liquid에 담구어 단면에서의 반사를 제거한 후 L₂₂와 L₃₂를 측정 한 결과, L₂₂, L₃₂ 모두 40dB 이상 됨을 확인하였다.

3. Optical Time Domain Reflectometer

OTDR의 원리는 보통 pulse 폭 100 nsec 이하이며 peak power가 수 W 정도의 laser pulse를 광섬유에 launch시키고 광섬유의 각 지점으로 부터 back-scattering된 signal을 APD로 검출, 증폭하여 oscilloscope로 관찰하므로써 광섬유의 길이와 절단지점, 손실 특성, 접속 손실 등을 측정하는 것이다.

본 연구에서는 2절에서 제작한 광섬유 Y-branch를 사용하여 그림 3과 같은 구성으로 OTDR을 제작하였다.

식의 최저 손실인 9dB보다는 큰 값이나 laser diode와 Y-branch를 tapered lens^[3]등을 사용하여 coupling 하면 6dB이상 coupling 이득을 얻을

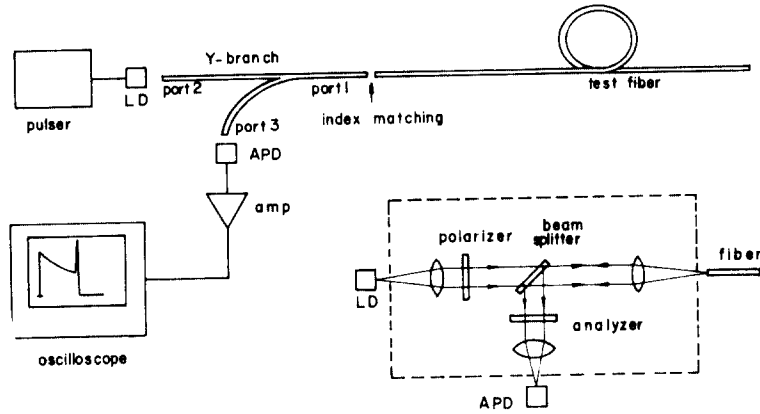


그림 3. 광섬유 Y-branch를 사용한 OTDR의 구성
Fig. 3. Design of OTDR using fiber Y-branch.

그림 3의 점선 부분은 종래의 광학 부품을 사용한 OTDR의 광학 구성을 나타내며, Y-branch를 사용하므로써 beam splitter, polarizer, analyzer, focusing lens로 구성된 광학계를 간단히 대체하였다. Repetition rate 250Hz, pulse 폭 100 nsec의 laser pulse를 Y-branch의 port 2에 coupling하여 port 1을 통하여 측정하고자 하는 광섬유에 launch시키고, back scattering된 signal을 port 3을 통하여 APD로 검출하였다. 본 연구에서 사용한 laser diode pulser 회로와 APD receiver 회로를 각각 부록 1과 2에 보였다.

굴절률 n 인 광섬유 내에서의 광속도는 $v = c/n$ (c 는 진공에서의 광속도)이므로 near end와 far end에서의 反射 pulse가 APD에 도달하는 時間差를 T 라하면 광섬유의 길이 l 은

$$l = \frac{1}{2}vT = \frac{c}{2n} T \dots\dots\dots (1)$$

가 되며, 길이 $l = l_2 - l_1$ (km)에서의 손실계수 α 는 다음과 같이 주어진다.^[4]

$$\alpha = -\frac{5}{l} \log_{10} \frac{Pl_2}{Pl_1} \text{ (dB/km)} \dots (2)$$

여기서 Pl_1, Pl_2 는 각각 l_1, l_2 에서의 back-scattering된 signal의 크기이다.

제작한 OTDR에서 Y-branch의 total forward and backward loss는 12 dB였다. 이것은 기존 방

수 있으므로 Y-branch가 더 효율적인 방법이 될 수 있다. 또한 Y-branch는 port 1과 광섬유를 index matching 혹은 fusion splicing 하므로써 간단히 near end에서의 Fresnel 反射에 의한 receiver의 saturation^[5]을 방지할 수 있었다. 그림 4는 OTDR로 관찰한 광섬유의 backscattering signal의 oscilloscope 사진이며, 식(1)과 (2)를 사용하여 이 사진으로부터 광섬유의 길이는 1.08 km이며 손실 계수는 약 2.6 dB/km인 것을 알 수 있다.

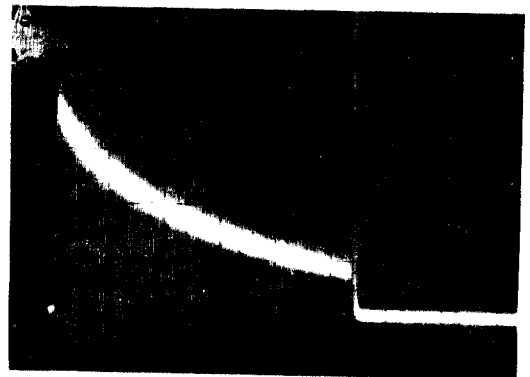


그림 4. OTDR로 관찰한 광섬유의 backscattering signal vert. 2mv/div, hor. 2μs/div.
Fig. 4. OTDR response of an optical fiber.

4. 결론

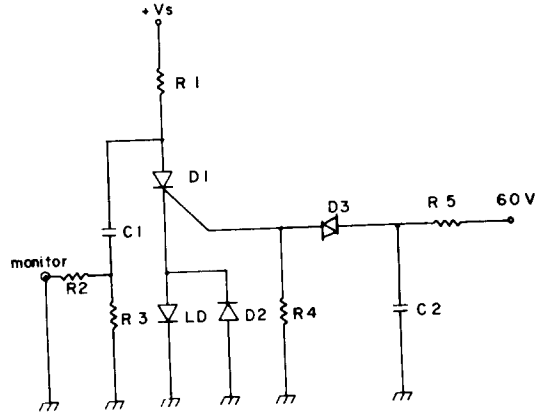
Micro-torch를 사용하여 두개의 taper를 동시에 제작하고 fusion splicing에 의해 광섬유 Y-branch를 제작하였다. Y-branch의 insertion loss는 최저 2.6dB까지 얻었으며 branching률은 최고 0.98까지 나왔다. Y-branch를 응용하여 제작한 OTDR은 optics의 구성과 align에서 기존방식보다 개선되었으며, 길이 측정오차 $\pm 5m$, two-point method와 비교한 손실계수 측정오차 $\pm 0.5dB$ 의 결과를 얻을 수 있었다.

參 考 文 獻

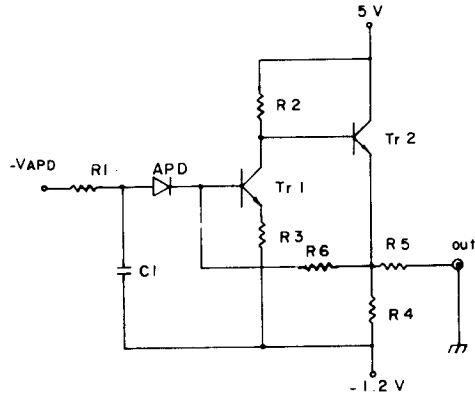
1. F. Krahn, W. Meinghaus and D. Rittich "Measuring and Test Equipment for Optical Cable" philips Telecommunications Review, Vol. 37, No. 4, 1979.
2. A. F. Judy and T. D. Mathis "A Welded Optical Fiber Signal Splitter". Fiber and Integrated Optics, Vol. 3, No 1, 1980.
3. 이 상호, 강 민호, "Tapered Lens를 사용한 Light Source와 Optical Fiber의 高效率 Coupling" 電子工學會誌 Vol. 16, No 4, 1979.
4. S. D. personick "Photon Probe - An Optical Fiber Time Domain Reflectometer" B.S. T. J. march, 1977.
5. M. A. Nelson and T. J. Davies "A Fiber Optic Time Domain Reflectometer" Optical Engineering, Vol. 18, No. 1, 1979.

附 錄

- ① LD=LA 65, (laser diode lab)
- ② $D_1 = 2N 5404$
- ③ $D_2 = 1N 914$
- ④ $D_3 = 1N 5758$
- ⑤ $R_1 = 33K\Omega$
- ⑥ $R_2 = 47\Omega$
- ⑦ $R_3 = 1\Omega$
- ⑧ $R_4 = 100\Omega$
- ⑨ $R_5 = 1M\Omega$
- ⑩ $C_1 = 0.01\mu F$
- ⑪ $C_2 = 0.01\mu F$
- ⑫ $V_s = +200 \sim 250V$



附錄 1. Laser diode pulser 회로



附錄 2. APD receiver 회로

- ① APD = C 30908 E (RCA)
- ② $T_{r1} = T_{r2} = C 717$
- ③ $R_1 = 10K\Omega$
- ④ $R_2 = 3.9K\Omega$
- ⑤ $R_3 = 47\Omega$
- ⑥ $R_4 = 220\Omega$
- ⑦ $R_5 = 39\Omega$
- ⑧ $R_6 = 22k\Omega$
- ⑨ $C_1 = 0.001\mu F$
- ⑩ $-V_{Apd} = 0 \sim 200V$ (가변)