

WDM 광통신용 ADM을 위한 광섬유 결합기의 제작 및 특성



The Characteristics and Fabrications of the Optical Fiber Coupler for ADM of WDM Optical Communications

조승현*, 최영복*, 박태상*, 정기태*, 신기수*, 김덕현**, 문동찬**

(Seung-Hyun Cho*, Young-Bok Choi*, Tae-Sang Park*, Ki-Tae Jung*, Ki-Soo Shin*, Duck-Hyun Kim**, Dong-Chan Moon**)

Abstract

We report the characteristics of optical fiber coupler that was fabricated with different fabricating conditions. In preparing the optical fiber coupler made of QPS-QFBC-21-R fiber, we found that optimal torch flame temperature was 1622°C, and the optimal elongation speed was 20mm/s. Excess loss of the fabricated 50% coupler with above conditions was 0.29dB and that of the fabricated 100% coupler with above conditions was 0.51dB. Insertion loss of the fabricated 50% coupler with above conditions was 3.31dB and that of the fabricated 100% coupler with above conditions was 1.0dB. When the fiber bragg grating was fabricated in the coupling region of optical fiber coupler, we knew that reflectivity and transmittivity was 46%, 54%, respectively at bragg wavelength. These low reflectivity and transmittivity were due to the decreased Ge concentraton in the coupling region of the coupler.

Key Words(중요용어) : Optical Fiber Coupler(광섬유 결합기), Torch Flame Temperature(토치 불꽃 온도), Elongation Speed(인장 속도), Excess Loss(과잉 손실), Insertion Loss(삽입 손실), Reflectivity(반사도), Transmittivity(투과도)

1. 서 론

파장 분할 다중화용 가산/추출 다중화기(Add/Drop Multiplexer : ADM)에는 광섬유만으로 된 전광섬유 가산/추출 다중화기(all-fiber type)^[1-4], 평면도파로 위에 구성된 도파로형(planar-waveguide type)과 앞의 두 가지 요소를 합시킨 혼성형(hybrid type)이 있다. 전광섬유 결합기형 가산/추출 다중화기 소자는 특성상 광섬유만으로 되어 있기 때문에 소형이고, 삽입손실이 거의 없으며, 패키징이 쉬운 잇점이 있고, 응용-인장된 결합기(cou-

pler)위에 온도 특성이 우수한 격자를 직접 제작함으로써 전광섬유 가산/추출 다중화기에 응용이 가능하다.

본 연구에서는 광민감성 광섬유와 일반 단일 모드 광섬유로 제작 조건을 변화시켜가며 결합기를 제작하여 제작 조건에 따른 손실 특성을 비교해, ADM 제작에 필수적인 광민감성 광섬유로 제작된 결합기의 최적 제작 조건을 도출하고 그 조건들을 사용하여 제작한 광민감성을 갖는 광섬유 결합기의 광결합부에 광섬유 격자를 새겨 넣어 광섬유 결합기형 ADM으로의 응용 가능성을 타진하고자 하였다.

2. 실험

응용-인장형 광섬유 결합기 제작장치(FCPW 2000 : E-TEK Co. Ltd.)를 이용하여 광섬유 결합기를 제작하였다. 광섬유 결합기 제작 시스템의 개략도를 그림 2-1에 나타내었다.

* : 한국통신 가입자망연구소

(대전광역시 유성구 화암동 62-1, Fax : 02-917-7745 E-mail : superman@access.kotel.co.kr)

** : 광운대학교 전자재료공학과

1999년 2월 23일 접수, 1999년 6월 2일 심사완료

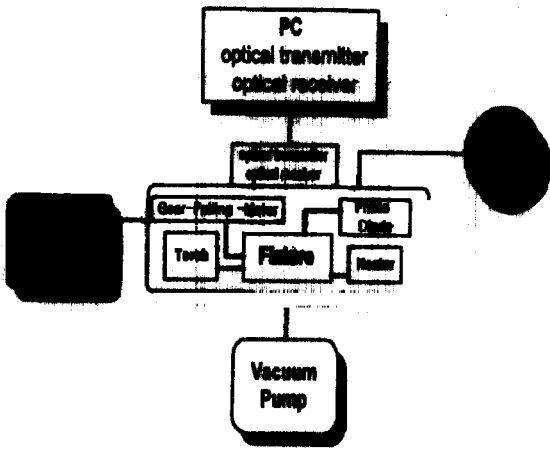


그림 2-1. 광섬유 결합기 제작 시스템의 개략도
Fig. 2-1. Schematics of optical fiber coupler fabrication systems

2-1. 광섬유 결합기 제조 공정

인장-용융형 광섬유 결합기의 제조 공정을 그림 2-2에 나타내었다.

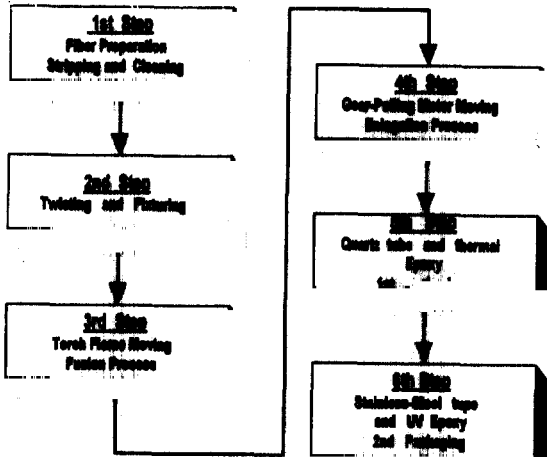


그림 2-2. 광섬유 결합기 제작 공정도
Fig. 2-2. Fabrication process of the optical fiber coupler

본 실험에서는 Ge이 광섬유의 코어부에 18wt%

정도 첨가된 QPS사의 광 민감 광섬유 (Photosensitive Fiber for Fiber Bragg Grating)와 Corning사의 SMF-28 단일 모드 광섬유를 사용하였다. 먼저, 광섬유 결합기 제작에 필요한 만큼(약 1~2m)을 잘라 광섬유 결합기 제작 장치에 장착하였다.

장착이 끝나면 광원, 광 검출기등의 계측기 연결 상태를 확인하고 가스의 누설 상태를 점검하였다. 보호막이 제거된 길이 25mm의 광섬유를 유기 용매로 세척한 후 광섬유 결합기 제작 장치의 정렬부에 고정시켜 약 1600~1720℃의 온도에서 용융-인장하여 광섬유 결합기를 제작하였다^[6-8]. 광 결합이 일어난 후, 용융-인장된 광섬유의 약화된 강도를 보완하기 위해 외경 2mm, 길이 50mm의 원통형 유리 막대와 에폭시 1차 패키징을 하고, 동일 형태의 stainless-steel tube로 감싸 측정시 영향을 줄 수 있는 환경적 변수를 배제하였다^[7].

실험의 조건은 화염 폭을 12mm로 고정하였으며, 결합기는 일반적으로 많이 사용되는 50%와 ADM을 위한 100%, 2개로 하였으며 토치 불꽃의 온도는 약 1600℃에서 1720℃ 까지로서 이 때, 불꽃에 첨가되는 수소 함량을 28.7%에서 31.7%까지 조절하여 제어하였다. 수소 함량과 토치 불꽃 온도와의 선형적 비례 관계를 그림 2-3에 나타 내었고, 이는 CHROMEL-ALUMEL 열전쌍을 이용하여 측정하였다. 인장시 모터의 속력은 5 μ m/sec에서 20 μ m/sec 까지 조절하였다.

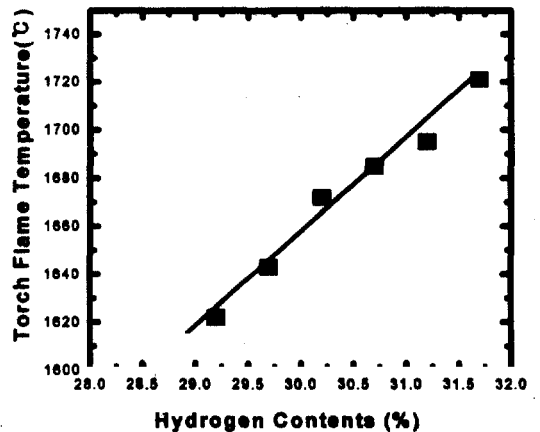


그림 2-3. 수소함량에 따른 토치 불꽃의 온도
Fig. 2-3. Torch flame temperature as a function of the hydrogen contents

또한, 광섬유 결합기의 특성 측정을 위해 반사 손실 및 손실 측정기(Backreflection and loss test set : JDS-FITEL)와 광학 분광 분석기(AQ-6315B : HP)를 사용하였다. 위의 분석을 위해 제작된 결합기의 입·출력 단자의 접속자를 통해 각각 데이터 다이오드의 출력부와 측정기의 신호 입력부를 연결하여 측정하였다.

2-2. 광섬유 격자가 내장된 광섬유 결합기의 제작

광결합으로 인한 광손실을 줄이기 위해 최적화된 제작 조건을 대입하여 광섬유 결합기의 제작이 끝나면 제작된 광섬유 결합기의 광결합부에 광섬유 격자를 형성시켜 광섬유 격자가 내장된 광섬유 결합기를 제작하였다. 광섬유 격자를 형성시키기 위한 광섬유 결합기의 패키징 방법은 앞의 2-1절에서 제시한 기존의 패키징 방법을 변화시켜야 하는데, 그 이유는 첫째로, 일반적인 광섬유 결합기의 경우 유리막대에 첫 번째 패키징을 하게 되는데, 이 때, 유리막대에 고정된 상태로 광섬유 격자를 제작하게 되면 유리막대에서 일부의 자외선 빔이 반사하여 위상 마스크를 손상시킬 우려가 있기 때문이고, 두 번째로는 광섬유 격자를 광섬유에 형성시킬 때 광섬유와 위상 마스크의 거리는 최대한으로 밀착시켜야만 위상 마스크에서 발생된 간섭무늬가 원형 그대로 광섬유에 형성된다. 하지만 유리막대의 두께가 약 5mm 정도를 차지하게 되므로 광섬유 결합기와 위상 마스크 사이의 거리가 너무 멀어 정확한 간섭 무늬가 형성될 확률이 줄어들기 때문에 그림 2-4에서 보인 유리판을 사용하여 광섬유 결합기의 1차 패키징을 하였다.

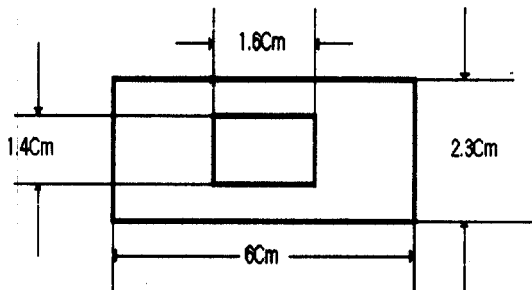


그림 2-4. 광섬유 격자가 내장된 광섬유 결합기의 패키징용 유리판
Fig. 2-4. Glass plate for packaging of grating assisted coupler

그림 2-4에서 보인 유리판은 가운데 구멍이 뚫려있어 자외선 빔의 반사로 인한 위상 마스크의 손상을 막을 수 있고, 유리판 자체의 두께가 150 μ m이므로 위상 마스크와 광섬유 결합기의 간격도 어느 정도까지는 줄여줄 수 있는 효과를 나타낸다.

패키징까지 끝난 광섬유 결합기에 248nm의 파장을 갖는 자외선 레이저를 사용하여 광섬유 격자를 형성하기 위한 장치와 조건을 그림 2-5와 표 2-1에 나타내었다.

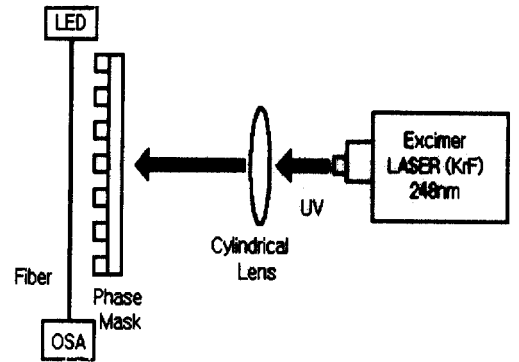


그림 2-5. 광섬유 격자 소자 제작 시스템의 전체 구성도
Fig. 2-5. Total fabrication systems of the fiber Bragg grating

표 2-1. 광섬유 결합기에 광섬유 격자를 형성하기 위한 조건
Table 2-1. Fabrication conditions of the grating in optical fiber coupler

KrF Excimer Laser
248 nm
220 mJ/cm ²
5 Hz
QPS Technonology, Inc.
Photosensitive Fiber
15 min

3. 결과 및 고찰

3-1. 용융 조건에 따른 광섬유 결합기의 특성

광섬유 결합기 제작시, 용융 온도가 높으면, 인장 길이가 증가하게되어 광섬유 결합기의 손실 특성에 중요한 영향을 미치게 되므로, 적절한 용융 온도의 결정은 필수적이다^[10]. 따라서, 용융 온도는 1600℃에서부터 1720℃까지 약 20℃ 단위로 온도를 변화시키면서, 그에 따른 광섬유 결합기의 손실 특성을 조사하였다. 이 때, 인장 속도는 12.5mm/s로 고정하였다.

온도 변화에 따라 제작된 광섬유 결합기의 파임 손실을 그림 3-1에 나타내었다.

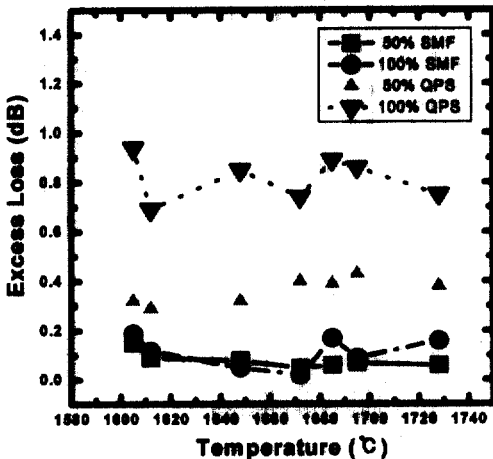


그림 3-1. 온도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 파임 손실

Fig. 3-1. Excess loss of the fabricated optical fiber coupler as a function of the temperature

Corning사의 SMF-28 광섬유로 제작한 경우 결합비와는 관계없이 파임 손실은 0.2dB 이하의 양호한 특성을 얻을 수 있었으나, QPS사의 광민감성 광섬유로 제작한 경우는 0.3dB에서 0.9dB의 높은 파임 손실 특성을 보이고 있다.

온도 변화에 따라 제작된 광섬유 결합기의 삽입 손실을 그림 3-2에 나타내었다.

Corning사의 SMF-28 광섬유로 제작한 경우 50%의 결합비를 갖는 결합기의 경우 3.03dB에서 3.12 dB까지, 100%의 결합비를 갖는 경우 0.3dB에서 0.6dB까지, 비교적 우수한 삽입 손실 특성을

갖음을 볼 수 있고, QPS사의 광민감성 광섬유로 제작한 경우 50%의 결합비를 갖는 경우 3.31dB에서 3.57dB 까지, 100%의 결합비를 갖는 경우 1 dB에서 1.6dB 까지 비교적 높은 손실 특성을 보였다.

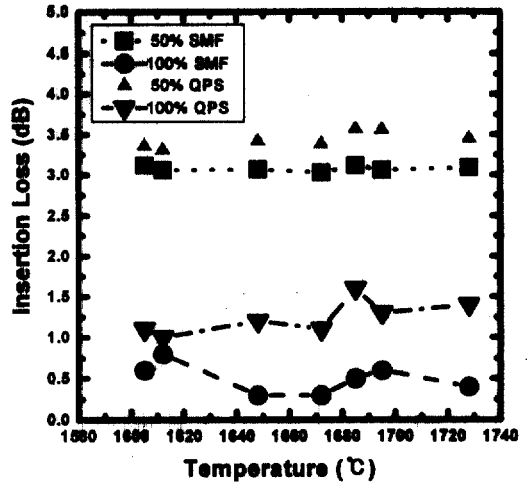


그림 3-2. 온도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 삽입 손실

Fig. 3-2. Insertion loss of the fabricated optical fiber coupler as a function of the temperature

이처럼, 파임 손실과 삽입 손실에서 QPS사의 광민감성 광섬유로 제작된 광섬유 결합기가 Corning사의 SMF-28 광섬유로 제작된 광섬유 결합기가 보다 손실 특성이 나쁜것으로 나타난 이유는 다음의 2가지 원인으로부터 기인한 것이라 사료된다. 첫째로 코어 층의 도핑물질인 Ge의 농도 차이로 인한 것인데 QPS사의 광섬유의 경우 광민감성을 지니기 위해 Ge를 많이 첨가해준 대신 단일 모드 전파를 위해 F 또는 B등의 불순물을 더 주입해 주게 된다. 이 때 각 원소의 확산 특성의 차이로 인해 같은 온도에서 용융할 경우 초기에 정합된 클래딩 분포가 변화하게 되어 투과 손실이 증가하는 현상을 보이게 되는 것이다^[12]. 두 번째로는 측정시 오차의 문제로서 손실 측정시 결합기의 입, 출력부에 광커넥터를 사용하여 결합기를 광원과 광검출기에 연결하게 되는데, 대부분의 커넥터가 코어 직경이 8μm인 SMF-28 광섬유에 맞게 제작되었으므로 그보다 직경이 4μm 작은 QPS사의 광섬유를 사용할 경우 그에 따른 부가적인 손실값이 증가하게 되어 이와같은 결과를 보인 것으로 생각

된다.

또한, SMF-28 광섬유로 제작된 결합기의 경우 약 1672℃ 정도의 온도에서 가장 우수한 손실 특성을 보이는 결합기를 제작할 수 있었는데, QPS사의 광섬유로 제작할 경우 SMF-28 광섬유 보다 약 50℃ 정도 낮은 온도 1622℃에서 손실 값이 우수한 결합기를 제작할 수 있었다. 이것은 광민감성을 지니기 위해 코어 영역에 첨가된 불순물의 양에 따른 차이에 의해 나타난 결과로 해석 할 수 있다. 즉, 순수한 실리카 유리보다 Ge 등의 불순물 첨가 유리의 연화점이 더 낮으므로^[11], 이러한 현상이 나타난 것으로 생각된다.

온도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 반사 손실(Return Loss)을 그림 3-3에 나타내었다.

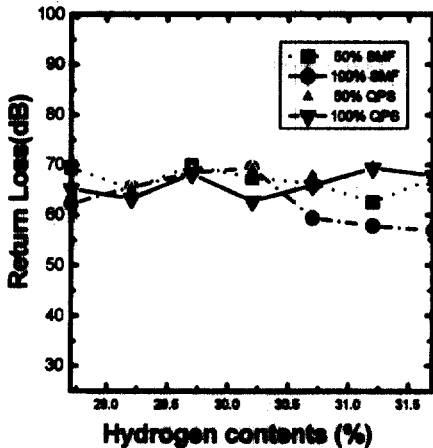


그림 3-3. 온도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 반사손실

Fig. 3-3. Return loss of the fabricated optical fiber coupler as a function of the temperature

온도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 반사 손실은 모든 조건에서 60dB 이상의 특성을 얻을 수 있었고, 이는 일반적으로 요구되는 규격인 55dB를 모두 넘는 우수한 결합기 소자임을 알 수 있었다. 따라서, 제작 온도는 광섬유 결합기의 반사 손실에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

3-2. 인장 조건에 따른 광섬유 결합기의 특성

인장 속도는 제작 시간 및 인장 길이와 관계되는 중요한 요소이다. 따라서, 인장 속도를 변화시켜가며 제작된 광섬유 결합기의 손실특성을 조사하였다. 이때, 용융 온도는 Corning사의 SMF-28 광섬유로 제작할 경우 1672℃로 고정하였고, QPS사의 광민감성 광섬유로 제작할 경우 1622℃로 고정하였다. 인장 속도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 파인 손실을 그림 3-4에 나타내었다.

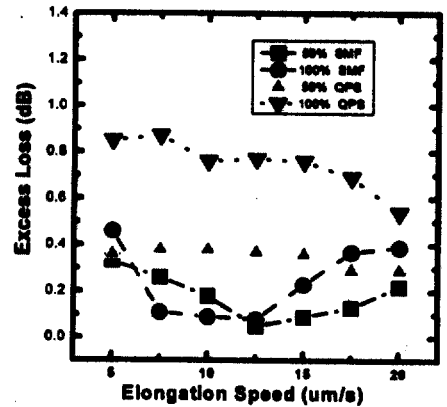


그림 3-4. 인장 속도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 파인 손실

Fig. 3-4. Excess loss of the fabricated optical fiber coupler as a function of the elongation speed

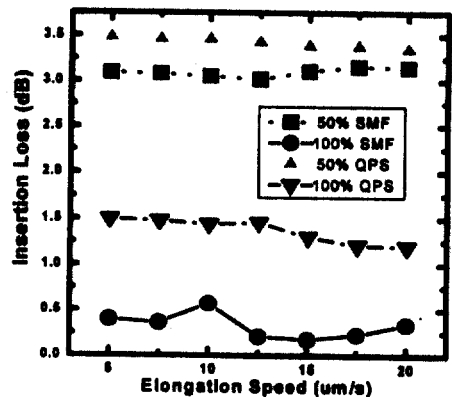


그림 3-5. 인장 속도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 삽입 손실

Fig. 3-5. Insertion loss of the fabricated optical fiber coupler as a function of the elongation speed

인장 속도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 과잉 손실은 Corning사의 SMF-28 광섬유로 제작했을 경우 0.05dB에서 0.48dB정도까지 비교적 양호한 특성을 얻을 수 있었으며, QPS사의 광민감성 광섬유로 제작했을 경우에는 0.3dB에서 0.87dB까지의 높은 손실 값을 얻을 수 있었다

인장 속도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 삽입 손실을 그림 3-5에 나타내었다.

삽입 손실의 경우는 Corning사의 SMF-28 광섬유로 제작된 50%의 결합비를 갖는 광섬유 결합기의 경우 3.02dB에서 3.16dB의 손실 값을 가지며, 100% 결합비를 갖는 경우 0.2dB에서 0.5dB까지의 손실 값을 얻을 수 있었다. QPS사의 광민감성 광섬유로 제작한 광섬유 결합기의 경우 50%의 결합비를 갖는 광섬유 결합기는 3.35dB에서 3.48dB까지, 100%의 결합비를 갖는 광섬유 결합기는 1.25dB에서 1.5dB 까지로, Corning사의 SMF-28 광섬유로 제작된 광섬유 결합기의 삽입 손실 값보다는 높은 손실 값을 얻을 수 있었다. 이처럼 과잉 손실과 삽입 손실 값이 QPS 사의 광민감성 광섬유로 제작할 경우 SMF-28 광섬유로 제작할 때 보다 더 큰 값을 갖는 이유는 앞의 3-1절에서 언급한 2가지 원인 때문에 나타난 결과로 추정된다.

또한, SMF-28 광섬유를 재료로 제작할 경우 약 12.5 μ m/s의 인장 속도에서 우수한 과잉 및 삽입 손실 특성을 갖는 광섬유 결합기가 제작되었고, QPS사의 광섬유를 사용할 경우에는 20 μ m/s에서 우수한 손실 특성을 얻을 수 있었다. 이는 제작 시간과 용융 조건에 관계되며, 인장 속도가 12.5 μ m/s 또는 20 μ m/s보다 빠른 경우 동일한 용융-인장 조건에서 용융되었던 광섬유가 고체화되는 시간 간격이 감소하게 되어, 이로 인해 손실 특성이 우수하고, 적당한 원형 형태(shape)^{[8], [9], [10]}를 갖는 광섬유 결합기를 제작할 수 없으므로 손실 값이 증가하게 되는 것으로 추정된다. 반대로, 인장 속도가 12.5 μ m/s 또는 20 μ m/s보다 낮은 경우 최적의 고체화 시간 간격을 초과하므로 위와 동일한 원인에 의해서 손실 값이 증가하게 되는 것으로 생각된다. 그리고 SMF-28 광섬유보다 QPS사의 광섬유의 최적 인장 속도가 더 큰 이유는 광섬유 코어에 첨가된 각각의 불순물의 다른 확산 특성 때문으로 사료된다. 즉, 같은 용융 온도에서 불순물이 더 많이 첨가된 QPS사의 광섬유로 결합기를 제작할 경우 결합이 일어나는 영역에서 불순물이 확산하여 결합된 굴절률 분포가 깨져 손실 값이 증가하는 시간이 더 빠르기 때문에 빠른 속도 조건에서 제작되어야만 굴절률 분포가 깨지기 전에 용융-인장이 끝나 낮은

손실 값을 갖는 결합기가 제작되기 때문으로 생각된다.^{[8], [11]}

인장 속도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 반사 손실(Return Loss)을 그림 3-6에 나타내었다.

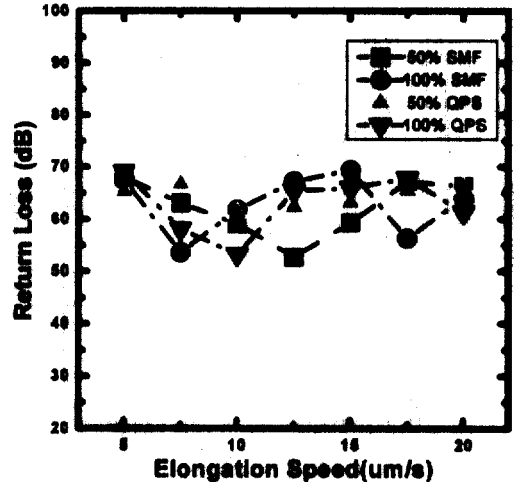


그림 3-6. 인장 속도에 따라 제작된 광섬유 결합기의 반사 손실 변화

Fig. 3-6. Return loss of the fabricated optical fiber coupler as a function of the elongation speed

인장 속도 변화에 따라 제작된 광섬유 결합기의 반사 손실은 모든 조건에서 50dB 이상의 특성을 얻을 수 있었고, 이는 일반적으로 요구되는 규격인 55dB에 근사한 우수한 결합기 소자임을 알 수 있었다. 따라서, 인장 속도 변화는 광섬유 결합기의 반사 손실 특성에 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

3-3. 광섬유 격자가 내장된 광섬유 결합기

QPS사의 광섬유를 재료로 하여 광섬유 결합기의 광 결합이 일어나는 부분에 광섬유 격자를 형성시켜, 광섬유 격자가 내장된 결합기의 반사 및 투과 특성을 그림 3-7에 나타내었다.

브라그 파장에서 투과된 피크의 투과도는 46%로, 약 3.37dB 이었고, 반사된 피크의 반사도는 54%로, 약 2.67dB 정도의 값을 가졌다. 실제로 파장 분할 다중화(WDM) 방식의 광통신 시스템에 응용할 경우 이론상으로 99.9% 이상의 반사도를 가져야만 되는

때^[10], 광섬유 격자가 내장된 광섬유 결합기의 경우 50%를 약간 초과하는 투과도와 50%가 미치지 못하는 반사도 값을 보여주고 있다. 이처럼 투과도와 반사도 값이 낮게 나오는 이유는 다음의 몇 가지로 생각해 볼 수 있다.

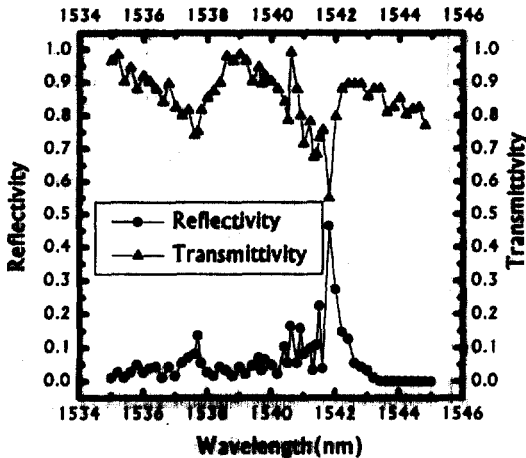


그림 3-7. 격자가 내장된 광섬유 결합기의 파장에 따른 반사도 및 투과도

Fig. 3-7. Reflectivity and transmittivity of the fabricated grating assisted optical fiber coupler as a function of the wavelength

첫 계로, 광섬유 결합기는 용융-인장시에 광섬유의 직경이 120 μ m인 클래딩 부와 직경이 4 μ m인 코어부가 함께 용융되어 하나의 코어로 작용하고, 공기가 클래딩의 역할을 하게 된다^[6]. 그런데, 광섬유 결합기가 제작이 완료될 경우, 광결합부의 직경이 대략 10 μ m 이내로 줄어드는 것을 이론적으로 알 수 있고^[6], 코어에만 국한되어 존재하는 Ge의 양은 매우 감소하여 광민감성이 떨어지는 것을 생각할 수 있다. 결국 격자를 형성할 수 있는 Ge의 낮은 농도로 인해 반사도와 투과도 모두가 낮은 값으로 나오게 되는 것으로 생각된다.

두 번째로는 용융-인장형 광섬유 결합기 제작시 약 1700 $^{\circ}$ C의 산-수소 토치 불꽃 온도로 인해 일부의 Ge이 광섬유 밖으로 외부 확산(out-diffusion) 또는 기체화(vaporizing)되면서 광민감성에 기여하는 Ge의 결핍으로 인해 광섬유 격자의 반사도 및 투과도가 낮은 값을 갖게 되는 것으로 사료된다^[11].

마지막으로 광섬유 격자가 안정되게 제조되려면 위상 마스크와 광섬유간의 거리가 거의 수 십 내지 수 백 마이크로 미터로 되어야만 하는데, 본 연구에서는 광섬유 결합기에 광섬유 격자를 제작해야 했으므로 그 거리가 수 밀리미터 단위 정도로 커져 (일단 1차 패키지에서 사용한 마이크로 커버 유리의 두께가 150 μ m이고, 패키지 공정시 사용한 에폭시가 굳어져 차지하는 두께가 수 밀리미터 정도 된다.) 위상 마스크의 간섭 무늬가 광결합부에 제대로 형성 되지 않아, 반사도 및 투과도가 낮은 값으로 나타나는 것으로 사료된다.

결국 광민감성 광섬유를 재료로, 앞의 3-1절과 3-2절에서 도출한 최적의 손실 특성을 나타내는 제작 조건을 사용하여 광섬유 결합기를 제작한 후 광결합부의 Ge 농도 보상과 결합기의 패키징 방법을 개선한다면 우수한 특성을 나타내는 ADM 소자로 충분히 응용이 가능함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 전광섬유 결합기형 ADM의 구현을 위해 광민감성 광섬유와 일반 단일 모드 광섬유를 재료로 제작 조건을 변화 시켜 가며 광섬유 결합기를 직접 제작하고 제작 조건에 따른 손실을 비교하여 최적의 제작 조건을 도출하고 이를 사용하여 광민감성 광섬유로 제작된 광섬유 결합기에 광섬유 격자를 형성시켜 그 성능을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

용융 조건에 따라 SMF-28 광섬유로 광섬유 결합기를 제작할 경우 토치 불꽃의 온도가 1672 $^{\circ}$ C에서 최적의 손실 특성을 보였으나, QPS사의 광민감성 광섬유로 광섬유 결합기를 제작할 경우 높은 Ge 농도와 낮은 개구수, 각기 다른 불순물 원소 주입에 따른 연화점 저하등으로 인해 1672 $^{\circ}$ C보다 50 $^{\circ}$ C 낮은 1622 $^{\circ}$ C의 온도에서 우수한 손실 특성을 갖는 결합기가 제작됨을 확인할 수 있었다. 또한 인장 조건에 따라 SMF-28 광섬유로 광섬유 결합기를 제작할 경우 인장 속도 12.5 μ /s에서 최적의 손실 특성을 보였으나, QPS사의 광민감성 광섬유로 광섬유 결합기를 제작할 경우 주입된 각기 다른 불순물 원소의 확산 특성 및 교체화 요구 시간등으로 인해 인장 속도 20 μ /s에서 우수한 손실 특성을 갖는 결합기가 제작됨을 확인할 수 있었다. 한편 제작 조건과 반사 손실은 무관함을 알 수 있었다. 그리고, 광섬유 격자가 내장된 광섬유 결합기의 제작 결과 브래그 파장에서 반사도 및 투과도가 각각 46%, 54% 이었다. 반사도 및 투과도가 이처럼 낮은

이유는 광섬유 결합기 제작시 광 결합부가 용융-인장되면서 광 민감성에 필수적인 광결합부에 존재하는 Ge의 결함과 광섬유 적자 형성시 광섬유 결합기의 불완전한 패키징으로 인해 광섬유와 휘상 마스크의 거리가 기준 이상으로 멀어졌기 때문으로 사료된다.

또한, 1998년 A. Yariv등이 전산모의 실험을 수행해 발표한 결과와 본 연구의 결과를 비교할 때, 반사 및 투과도의 값은 매우 낮게 나왔으나, 반사 및 투과 분광선의 모양에 있어서는 상당 부분 거리가 있음을 확인 할 수 있었다.

결론적으로, 광섬유 적자가 내장된 광섬유 결합기를 전광섬유 결합기형 ADM에 응용하기 위해서는 광섬유 코어의 Ge 농도를 높이거나 클래딩에도 Ge를 첨가시켜 광 민감성을 향상시키는 방법, 수소처리를 통한 광 민감성 향상 방법, 클래딩의 지름을 줄여 인장 길이를 감소시켜 광결합부의 단위 부피당 존재하는 Ge농도를 높게 유지시켜 광민감성을 향상시키는 방법, 패키징 방법의 향상등이 요구됨을 알 수 있었고 이런 요구 조건을 효율적으로 해결한다면 파장 분할 다중화(WDM) 광통신 시스템에서 가장 중요한 소자중 하나인 ADM으로 충분히 응용이 가능함을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국 전기 통신 공사의 1998년 정보 통신 기초 연구 과제비 지원에 의해 이루어 졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. F. Bilodeau, et al, "An All-Fiber Dense-Wavelength-Division-Multiplexer/Demultiplexer Using Photo-imprinted Bragg Gratings" IEEE Photon. Technol. Lett., Vol. 7, No. 4, pp. 388-390, 1995.
2. Takashi Mizuochi, et al, "All-Fiber add/drop

- Multiplexing of 6×10 Gbits Using a Photo-Induced Bragg Grating Filter for WDM Networks", OFC '96 Technol Digest, pp. 116~117, 1996.
3. G. P. Agraw, et al, "Phase-Shifted Fiber Bragg Gratings and their Application for Wavelength Demultiplexing", IEEE Photonics Tech. Lett., Vol. 6, No. 8, pp. 995-997, 1994.
4. Sang Yeon Cho, et al, "Characteristics of all-fiber tunable drop/pass filter", OECC '97 Technical Digest, pp. 300-301, 1997.
5. F. P. Payne, et al, "Modeling Fused Single-Mode-Fiber Couplers", Electronics Lett., Vol. 21, No. 11, pp. 461-462, 1985.
6. Kawasaki, B. S., et al., "Biconical taper single-mode fiber coupler", Appl. Opt., Vol. 6, pp. 327-328, 1981.
7. T. Brichenget, et al, "State Low Loss Single-Mode Couplers", Electronics Letters, Vol. 20, No. 6, pp. 230-232, 1984.
8. J. M. P. Rodrigues, et al, "Completely Fused Tapered Couplers : Comparison of Theoretical and Experimental Results", Electronics Letters, Vol. 22, No. 8, pp. 402-403, 1986.
9. J. V. Wright, et al, "Wavelength Dependence of Fused Couplers", Electronics Letters, Vol. 22, No. 6, 1986.
10. Yoshiaki Takeuchi, et al, "Thermodynamic analysis of WDM fibers couplers fabricated by using micro heater", J. Non-Crystalline Solids, Vol. 202, pp. 272-278, 1996.
11. L. Martineau, et al, "Fabrication of highly Ge-doped fiber couplers by fusion-tapering technique", Electronics Letters, Vol. 33, No. 9, pp. 798-799, 1997.