

정합액이 도포된 측면 연마된 광섬유의 손실특성 측정

Measurement of the loss in the Side-Polished fiber coated with index-matching liquid

이종훈, 김광택, 이소영, 송재원, 김시홍*, 강신원*
 경북대학교 전자전기공학부,*경북대학교 센서공학과
 alfred@palgong.kyungpook.ac.kr

측면이 코어 가까이 연마된 광섬유 위에 광섬유보다 높은 굴절률을 가지는 정합액이 놓이면 광섬유 모드와 방사모드 사이에 광 결합이 발생하게 된다. 이러한 현상으로 인하여 광섬유 모드의 손실이 발생하며 광섬유 위에 도포된 물질, 즉 정합액의 굴절률에 따라서 민감하게 광손실이 변할 수 있다^{[1][2]}. 기존의 연구결과에 의하면 광섬유 위에 도포된 용액(정합액)의 굴절률이 광섬유의 유효굴절률과 코어굴절률 사이에서 변할 때 광섬유의 손실이 가장 민감하게 변하게 된다. 이러한 특성을 이용하여 정합액의 굴절률을 제어하면 광섬유 상에서 광의 강도를 변조시킬 수 있다. 이러한 소자는 이론적으로 편광에 독립적으로 동작한다. 본 논문에서는 굴절률을 제어하는 방법으로 열 광학 효과를 이용하였다. 정합액의 광학적 특성은 굴절률이 광섬유의 유효굴절률 보다 약간 커야 하며 우수한 열 광학 효과를 가져야 한다.

소자의 제작과정은 다음과 같다. 측면 연마를 위해 <100>실리콘을 이방성 식각으로 구부러진 V-홈을 형성하여 그 속에 에폭시 접착제로 피복이 제거된 단일모드 광섬유를 고정, 연마를 수행하였다. 그림 1은 소자의 기본구조이다. 적절한 연마를 위하여 633nm 파장의 HeNe레이저광을 한쪽 광섬유에 결합시켜 연마된 부위에서 산란광이 나타나는지 연마 중간에 관찰한다. 산란광이 보이기 시작하면 연마필름을 3, 1, 0.1 μm 의 연마필름으로 광섬유표면을 마무리 한다.

정합액의 굴절률에 따른 손실특성을 측정하기 위하여 파장 1.3 μm 에서 광전력계로 광섬유의 출력광 강도를 측정하였다. 그림 2는 연마된 광섬유 위에 굴절률이 다른 물질을 코팅하여 굴절률에 따른 손실을 측정한 결과이다. 용액의 굴절률은 아베굴절계로 측정된 것이며, 연마깊이는 소자의 최대손실로부터 계산된 값이다. 광섬유의 유효굴절률 부근에서 광손실이 아주 민감하게 변하는 것을 알 수 있다.

그림 3은 정합액의 열광학 효과를 이용한 가변 광감쇠 현상을 관측한 것이다. d_0 가 6.5 μm 인 광섬유 블록 위에 사이클로헥사놀($n=1.465$), 자동차용 엔진oil($n=1.473$), 그리고 안니주사(Anritsu) matching oil($n=1.502$)를 도포하고 열을 인가하여 감쇠특성을 측정하였다. 용액의 열광학 효과에 의하여 굴절률이 감소하며 광섬유의 유효굴절률 부근에서 매우 민감하게 출력광의 강도가 변조된다. 실제로 출력강도변화를 제어하는데 필요한 온도변화는 5° C정도면 충분할 것으로 보인다. 굴절률이 높은 물질일수록 동작하는 온도가 높다는 사실을 보여주고 있다.

그림 4는 광손실의 파장과 편광의존성을 측정하였다. 파장이 길수록 직선적으로 손실이 증가하는 경향을 보여주는데 광섬유 모드의 소산장이 파장이 길어질수록 더 넓게 분포하기 때문에 방사모드로 결합이 크게 일어나기 때문으로 분석된다. 그림 4(a)와 그림 4(b)를 비교하여 편광의존성 손실을 찾을 수 있는데 여기서 편광의존성 손실이란 입력광의 편광상태에 따른 손실의 차이를 의미하는 것으로 최대 0.5dB의 편광의존성 손실을 보였다.

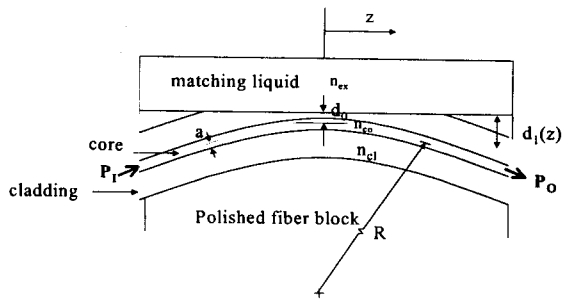


그림 1. 측면 연마된 단일모드 광섬유 소자 구조

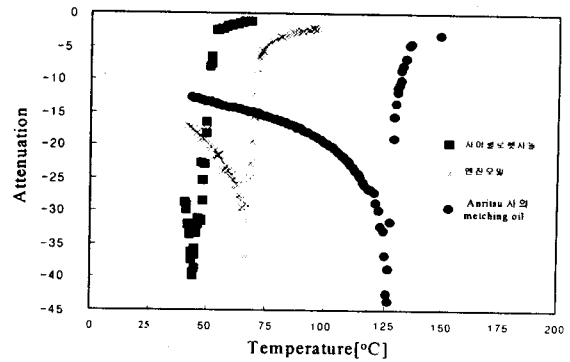


그림 3. 온도변화에 의한 광감쇠량 변화

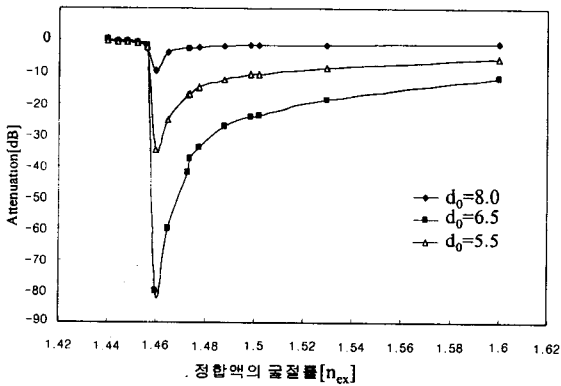


그림 2. 정합액의 굴절률에 따른 광손실의 변화

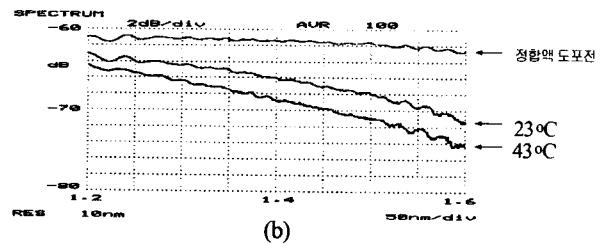
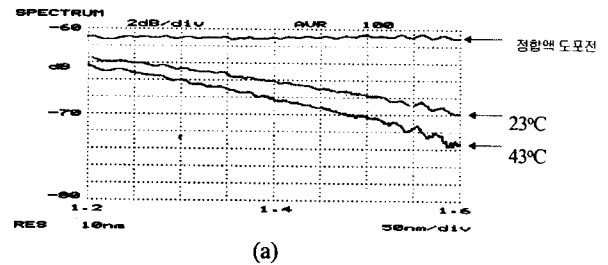


그림 4. (a) TE편광된 입력의 파장응답 (b) TM 편광된 입력의 파장응답

참고문헌

[1] Ottakar G. Leminger and Remigius Zengerle, " Determination of single-mode fiber coupler design parameter from loss measurements," IEEE J. Lightwave Tech. Vol. LT-3, No.4, pp.864-867, August, 1985

[2] Ssu-pin ma and Shiao-min Tseng, " High-performace side-polished fiber and application as liquid crystal clad fiber polarizers," IEEE J. Lightwave Tech. Vol. 15, No.4, pp.864-867, August, 1985.