

광섬유 자이로용 집적광학 칩의 제작과 신뢰성 시험

Fabrication and Reliability Test of Integrated Optical Chips for the Fiber Optic Gyro

방규철, 오영훈, 신상영
한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학전공
manish@eeinfo.kaist.ac.kr

제작한 광소자를 상용화하기 위해서는 광섬유와 연결하는 것이 필수적이다. 광섬유와 광소자를 결합하고 모듈화하는 일련의 과정, 줄여서 광패키징은 물리, 재료, 전자 및 기계에 관한 전체적인 이해를 요구하고 많은 경우 아직 한번도 다뤄본 적이 없는 문제를 해결해야 하는 경우도 발생하고, 경우에 따라 매우 엄밀한 조건을 충족시켜야 한다. 이러한 광소자 패키징은 광소자를 제작하는 것만큼 힘들고 정교한 공정을 요구해 광모듈의 가격에 큰 비중을 차지하고 있다. 제작된 모듈을 실제 응용 환경에서 사용하기 위해서는 온도 변화나 물리적인 충격 등의 환경에서 모듈의 신뢰성이 보장되어야 한다. 광모듈의 종류와 용도에 따라 요구되는 신뢰도의 기준은 차이가 있고, 이 기준에 의해 신뢰성 시험을 거쳐야 시장에 진출할 수 있다. 신뢰성 시험의 기준은 1985년 처음 제안된 이후로 현재는 Telcordia Generic Requirements(GR)등과 같이 상용화 단계의 표준 시험 규격으로서 널리 사용되고 있다⁽¹⁾.

본 연구에서는 간섭계형 광섬유 자이로의 핵심 부품인 집적광학 자이로 칩을 LiNbO₃ 결정을 이용하여 제작하였다. 제작된 자이로 칩을 광패키징하여 Telcordia 기준에 기초한 신뢰성 평가 시험을 수행하였다. 사용한 빛의 파장대역은 1550nm 이고, LiNbO₃ 광도파로는 50dB이상의 편광 소멸비를 얻기 위하여 APE(Annealed Proton Exchange) 공정으로 제작하였다⁽²⁾.

집적광학 자이로 칩의 구조는 그림 1과 같다. 편광기의 역할을 하는 광도파로와 50:50 광분할기, 위상 변조기로 구성되고, 후방반사를 최소화하기 위하여 입·출력면을 10° 단면연마 한다. 제작된 자이로 칩의 크기는 250mm ■ 5mm이고, 삽입손실은 2.2dB, V_π는 4.56V로 측정되었다. 광섬유 자이로에서 사용하기 위해서는 자이로 칩을 편광유지 광섬유와 결합하여야 한다. 우선 10° 단면 연마된 자이로 칩과의 결합 효율을 높이기 위하여 광섬유의 단면을 15° 단면 연마하였다. 마이크로 스테이지를 이용하여 광섬유를 정렬한 후 자이로 칩과 광섬유를 UV curable epoxy로 고정한다. 광섬유와 결합된 자이로 칩의 광섬유간 손실은 2.5dB, 출력측 광섬유 끝에서의 편광 누화비(Polarization crosstalk)는 27.5dB로 측정되었다.

광섬유와 결합된 자이로 칩을 설계·제작된 패키지에 넣고 밀봉한다. 이 때 사용한 패키지의 재질은 LiNbO₃와 열팽창 계수가 비슷한 스테인리스 스틸로 하였고, 패키지의 광섬유 feed-through와 광섬유를 고정하는 접착제 역시 LiNbO₃와 패키지의 열팽창 계수 차를 완화시키기 위하여 탄력성이 있는 silicone 계열의 접착제를 사용하였다.

광섬유 자이로가 사용되는 환경과 가장 큰 관계가 있는 온도 순환과 진동의 항목에 대한 신뢰성 시험을 수행하였다. 그림 2과 같이 -40~70℃의 온도 순환 환경에서 삽입손실의 변화는 0.3dB였고, 시작 온도로 되돌아 왔을 때 초기 삽입손실 값으로 복원되는 것을 알 수 있다. 온도가 변화하면 LiNbO₃의 굴절

를과 선형 전기광학계수 역시 변화하고, 이는 곧 위상변조 전압의 변화를 의미한다⁽³⁾. 그림 3와 같이 -40~70°C의 온도 변화에 대한 V_{π} 의 변화는 이론적으로는 -4.5~4.7%이고, 실험 결과 -2.7~6.7%정도 변화였다. 4G의 중력가속도가 가해지는 20~2000Hz의 진동환경에서 광 파워의 변화는 관측되지 않아 자이로 칩과 광섬유의 결합이 견고함을 알 수 있다. 그림 4에 진동 시험 결과를 나타내었다.

참고문헌

1. GR-468-CORE, Generic Reliability Assurance Requirements for Optoelectronic Devices Used in Telecommunications Equipment, Issue No. 01, Issue Date Dec 1998.
2. P. G. Suchoski, T. T. Findakly, and F. J. Keonberger, "Stable low loss proton exchanged LiNbO₃ waveguide devices with no electrooptic degradation," Opt. Lett., vol. 13, pp. 1050, 1988.
3. J. D. Zook, D. Chen, and G. N. Otto, "Temperature dependence and model of the electro-optic effect in LiNbO₃," Appl. Phys. Lett., vol.11, no.5, pp.159-161, 1967.

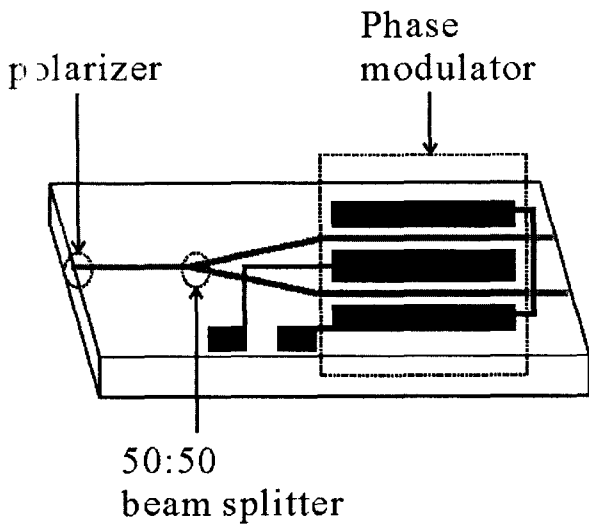


그림 1. 집적광학 자이로 칩의 구조

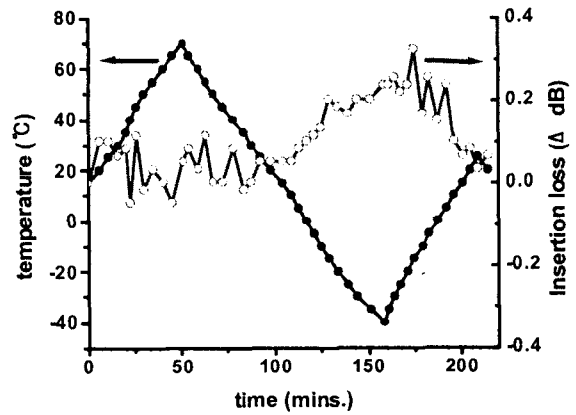


그림 2. 온도순환 환경에서 삽입손실의 변화

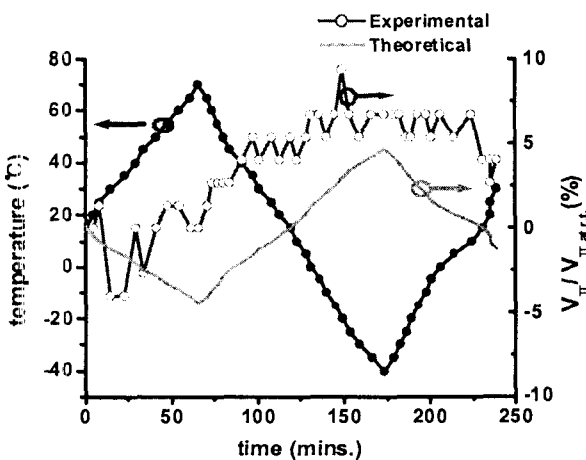


그림 3. 온도순환 환경에서 V_{π} 의 변화

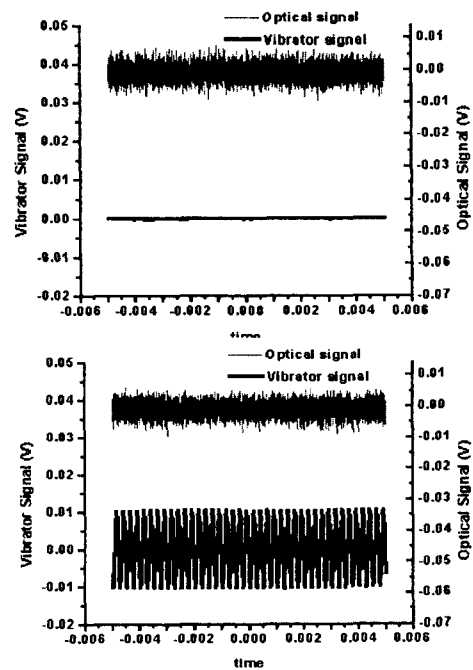


그림 4. 진동 환경에서 광출력의 변화