

실리콘 광벤치 및 자동 광섬유/필터 정렬시스템을 이용한 극소형 광통신용 Add/Drop 모듈의 설계 제작 및 실험

최두선* · 박한수* · 서영호* · 김성곤* · 제태진* · 황경현*

(2004년 2월 10일 접수)

Design, Fabrication and Test of the Micro Optical Add/Drop Module Using Silicon Optical Bench and Automatic Optical Fiber/Filter Alignment System

D. S. Choi, H. S. Park, Y. H. Seo, S. G. Kim, T. J. Jae and K. H. Whang

Abstract

Recently, one of remarkable trends in the development of optical communication industry is the miniaturization and integration of products. The alignment system of micro optical module is a key apparatus for the miniaturization of optical module and the development of optical communication parts with high functionality. In this research, we have developed a system capable of automatic alignment of a 30 μm -thick film filter and a lensed fiber in order to improve the speed and losses in the optical fiber-to-filter alignment of optical modules. Using the developed automatic alignment system and silicon optical bench, we have measured optical loss and characteristics of the assembled optical add/drop module before packaging 1 \times 1 OADM optical module. Whole size of add/drop module was less than 5mm \times 5mm \times 1mm. The measured maximum insertion loss was 0.294dB that is below 0.3dB which is a standard loss of optical module.

Key Words : Joining and Assembly System, Optical Module, Film Filter, Lensed Fiber, Packaging

1. 서론

다가오는 정보화 사회에는 동영상이나 화상과 같은 대량의 정보가 요구되며 각 개인이 요구하는 정보의 양이 비약적으로 증가함에 따라서 기존의 전기적 방법에 의한 정보의 전송이나 분배 방식은 한계에 이르게 되었다. 따라서 대량의 정보를 보다 빠르게 통신하고 싶어하는 욕구를 충족하기 위해서는 전기적 방법의 한계를 극복하고 광학적인 방법에 의한 정보의 처리 및 가공기술

이 필수적인 요소로 부각되고 있다.⁽¹⁾ 하나의 광섬유에는 여러 채널의 신호를 동시에 보낼 수 있는 방법에는 TDM, WDM, OTDM 등이 있으며, WDM 방식은 획기적인 전송량의 증대와 광네트워크로의 발전 가능성 등 때문에 집중적인 연구 개발의 대상이 되었다. 특히 point-to-point WDM 전송에서 add-drop 방식의 WDM 네트워크로 발전 하면서 OADM(optical add-drop module)이 핵심 부품으로 자리 잡고 있다.

ADM이란 여러 파장의 신호가 전송되어 가는 선

* 한국기계연구원 나노공정그룹

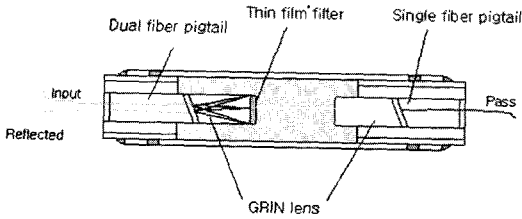


Fig. 1 Schematic diagram of 3-port ADM device

로상에서 하나 또는 여러 파장의 신호를 뽑아내고 같은 파장의 신호를 다시 올려줄 때 사용되는 모듈로, 이 모듈은 Fig. 1 과 같이 두개의 광콜리메이터와 선택적으로 파장을 통과시켜주는 필터로 구성되어 있다.⁽²⁾

이중 광필터는 정보전달의 중간과정에서 원하는 파장을 투과, 반사, 분리 및 에너지량을 조절하여 통신효율을 높이는 광통신 요소부품으로서 현재 광필터를 이용한 광모듈 생산은 대부분은 수작업에 의존하고 있으며, 일부 업체에서 수동과 자동이 복합된 반자동 라인화가 추진되고 있는 실정이다. 이러한 시점에서 광모듈의 가격경쟁력과 균일성 확보 및 중국의 값싼 노동력에 대응하기 위해서 광모듈 생산자동화 시스템개발이 가장 필요한 기술로 대두되고 있다.^(3~4)

본 연구에서는 광접속조립 기술과 광성능평가 기술을 이용하여 광모듈 가운데 가장 핵심요소부품이 되는 OADM모듈을 개발하기 위한 시스템을 설계 및 구축하고, 이를 이용하여 광필터 두께가 약 30 μ m인 박막형 필터(film filter)와 렌즈 일체형 파이버(Lensed fiber)를 접속/조립한 초소형 OADM모듈을 개발하고자 한다.

2. 광모듈 접속조립 시스템 구축

2.1 광모듈 접속조립 시스템 설계 및 제작
박판형 필터와 렌즈일체형 파이버를 접속/조립할 수 있는 시스템을 설계 및 제작을 하였다. 레이저 소스의 입력단과 수광부 삽입손실(insertion loss)을 최소화한 후 박막형 광필터를 삽입시켜 광특성이 최대가 되도록 초미세 정렬작업(micro alignment)을 수행하고, 최적의 상태에서 자동 측정, 접속 및 조립하도록 Fig. 2 와 같이 구축하였다.

주요 구성은 구동 및 장치부, 센서부, 제어부로 구성되어 있으며, 향후 새로운 광모듈 생산 시스

템을 갖는 고기능성의 구현에 필요한 접속/조립 기술을 갖출 수 있는 시스템이다.

2.2 구동 및 장치부

구동 및 장치부에서 하부 광콜리메이터 스테이지는 광필터 스테이지와 초정밀 정렬 기능을 하며 레이저 광원(LD, laser diode)이 연결되어 있어 광에너지를 입력하는 기능을 한다. 또한 광필터 스테이지와 미세 정렬 할 수 있도록 총 6 축 스테이지로 구성되어 있으며 θ_x , θ_y (tilt) 축은 분해능 0.0025° /pulse 로 자동정렬을 수행하도록 구축하였다. 광필터 스테이지는 하부 광콜리메이터 스테이지와 미세 정렬작업을 수행하도록 0.0025° /pulse 의 분해능과 $\pm 5^\circ$ 의 총 이송각도를 가지며 총 5 자유도를 가지고 있다. 또한 Fig. 3 과 같이 렌즈일체형 파이버를 고정하기 위하여 고정구에 미세 홈을 가공하여 파이버를 고정하도록 하였다.

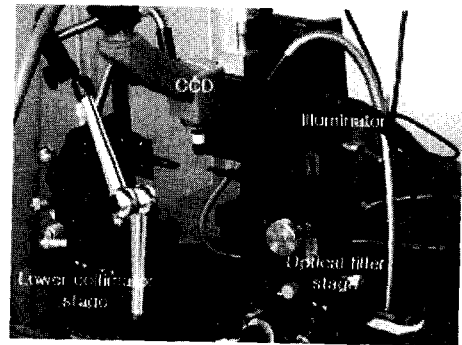


Fig. 2 Experimental setup for manufacture of OADM

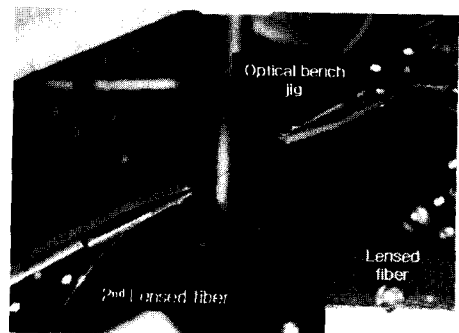


Fig. 3 A jig to fix lensed fiber

2.3 센서부 및 제어부

센서부는 CCD 카메라와 조명장치(Illuminator)로 나눌 수 있다. 광부품자체가 너무 작기 때문에 CCD 카메라(100 배)를 이용하여 렌즈일체형 파이버의 기하 정렬상태와 박막형 필터의 장착상태를 PC 모니터상에서 초미세 부품들의 정렬상태를 모니터링한다. 제어부는 모터구동 4 축 스테이지와 광계측기를 연결 및 제어하는 역할을 하는 GPIB 인터페이스, 광필터 스테이지 x 축 구동 메커니즘 1 축을 제어하는데 사용되어지는 구동 제어보드로 구성되어 있다.

3. 광모듈 성능평가 프로그램

3.1 프로그램

기존의 광모듈 성능평가방법으로는 TLS(tunable laser source)를 사용하여 OSA(optical spectrum analyzer)에 나타난 스펙트럼 커브(spectrum curve)를 가지고 삽입 손실 값을 측정한다. 이러한 측정방법은 고가의 스펙트럼 분석기를 사용할 뿐만 아니라 측정시 스펙트럼 커브를 가지고 커서(cursor) 이동기능으로 측정하기 때문에 측정시간이 오래 걸린다. 또한 측정자가 육안으로 측정하므로 데이터의 정확도가 상당히 낮다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 스위프(sweep)횟수와 간격조정이 가능하며 측정항목에 따라 측정된 데이터를 자동으로 획득하도록 프로그램을 개발하였다. 또한 자동 광축 정렬을 이용하여 수작업에 의한 광축정렬에 비하여 약 3 배이상(3 분→1 분이내)의 시간을 단축시킬 수 있다. 측정된 데이터는 저장할 수 있도록 하였으며 측정 이후에도 언제든지 스펙트럼 커브를 확인할 수 있다.

성능평가 소프트웨어의 전체 모듈은 Fig. 4와 같이 구성되어 있으며, 크게 자동측정과 광축자동정렬, 측정 파라메타 설정으로 나눌 수 있다. 측정 파라메타 설정에서는 광필터 성능평가를 하기전 데이터 베이스화된 광필터 모델을 불러들이거나 수정(sweep 간격, 측정 범위) 및 추가를 할 수 있다.

3.2 광모듈 자동성능평가

성능평가 프로그램의 구성은 크게 자동시험과 파장분석, 데이터 뷰로 나뉘어진다. 측정평가에 앞서 초기 프로그램 기준설정(reference setup)으로 기준자료 설정을 한다. 기준자료 설정 시 데이터의

신뢰성을 위해 반복측정을 2~3회 하며, 데이터 베이스화된 광필터 모델을 불러들이거나 수정 및 추가를 할 수 있다. 초기 프로그램 설정이 끝나면 선택된 모델명에 따른 측정평가 항목과 측정횟수에 따라 광모듈의 성능평가를 한다. Fig. 5는 필터를 거쳐 입력된 광신호를 자동측정한 프로그램 화면으로서 측정항목으로는 통과대역(pass band), 차단(isolation), 리플(ripple), 투과삽입손실(transmission insertion loss)등으로서 측정목록은 사용자의 의해서 직접입력이나 수정가능하다.

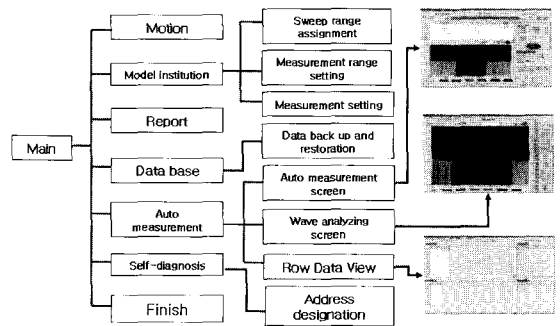


Fig. 4 Hierarchy of evaluation program module

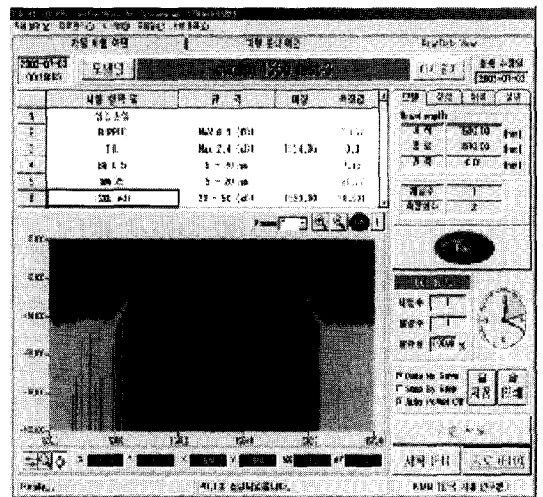


Fig. 5 Evaluation program of the optical filter performance

4. Optical bench 제작

최근 급속히 성장하고 있는 광통신, 전자, 생명 산업등의 발전에 있어서 주목할 만한 경향중의

하나의 제품의 소형화 및 집적화라고 할 것이다.

본 연구에서는 1×1 OADM을 제작하기 위하여 박막형 필터와 렌즈일체형 파이버를 고정하는 벤치를 반도체 공정을 이용하여 제작하였다. 기존의 기계가공을 통하여 박막형 필터와 렌즈일체형 파이버를 고정하기에는 미세가공하기가 힘들기 때문에 반도체 공정을 통하여 제작을 하였다. Fig. 6은 제작된 벤치의 사진으로서 총 8개의 모델을 설계하였으며 중요 치수는 박막형 필터의 삽입부 간격과 깊이이다. 필터 삽입부의 간격은 각각 40 μ m와 50 μ m이며, 깊이는 350 μ m이다. 렌즈일체형 파이버의 삽입깊이는 150 μ m로 설계하였다. 또한 총 크기는 2300 μ m×3300 μ m, 1500 μ m×2300 μ m, 2300 μ m×1500 μ m이며 박막형 필터 삽입부의 지지부분을 각각 사각형과 원으로 설계하였다.

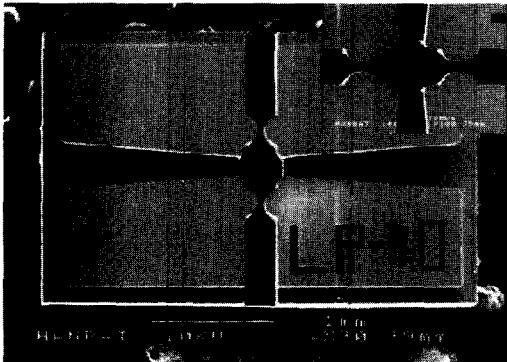


Fig. 6 Optical bench

5. 광모듈 접속/조립공정

패키징 공정은 Fig. 7의 그림과 같이 총 4 공정으로 벤치와 필름필터를 접합하는 1차 패키징 공정과 2개의 렌즈일체형 파이버를 접합하는 2, 3차 패키징 공정으로 이루어져 있다. 패키징 시스템은 UV경화기와 정량 토출기(dispenser) 및 광학 테이블로 구성되어 있으며, 1, 2, 3차 패키징시 정량 토출기의 노즐부가 삽입이 완료된 박막형 필터와 렌즈일체형 파이버에 접착제를 소량 토출한 후, UV 빛을 일정기간 조사하여 에폭시를 짧은 시간에 경화 시킴으로써 패키징을 수행한다. 에폭시 경화시 접착제 이동(shift)이 최소가 되도록 UV빛의 강도와 조사시간을 제어하여 최적의 공정을 개발하여 적용해야 한다. 본 패키징 공정중 가장 중요한

공정은 3차 패키징 공정으로서 2차 패키징시 접합된 렌즈일체형 파이버와 3차 패키징시 접합할 렌즈일체형 파이버의 광축정렬이다. 이때 CCD 카메라를 이용하여 렌즈일체형 파이버를 벤치의 파이버 삽입 홈에 마이크로 미터를 이용하여 삽입한 후 초정밀 광축 정렬 프로그램을 이용하여 삽입손실이 최소가 되도록 광축 정렬(θ_x, θ_y)을 수행한다. 광축정렬을 마치고되면 광모듈 성능 평가 프로그램을 통해 성능평가를 하게 된다.

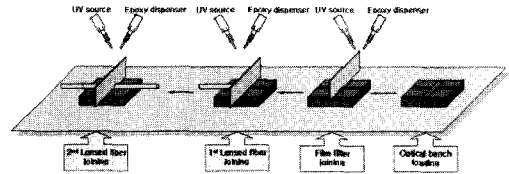


Fig. 7 Packaging process

6. 광모듈 성능평가

본 연구에서는 1×1 OADM 광모듈 패키징에 앞서 벤치 위에 박막형 필터, 렌즈일체형 필터를 삽입하여 삽입손실이 최소인 위치를 찾는 위치결정 실험을 수행하였다. 또한 최적의 위치에서 손실 값을 측정 함으로서 향후 에폭시를 이용한 각각의 광소자 패키징시 사용될 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다. Fig. 8은 에폭시를 도포하기전 벤치 위에 각 소자들을 정렬한 사진으로서 박막형 필터는 중심파장 1500nm 투과 필터 사용하였다.

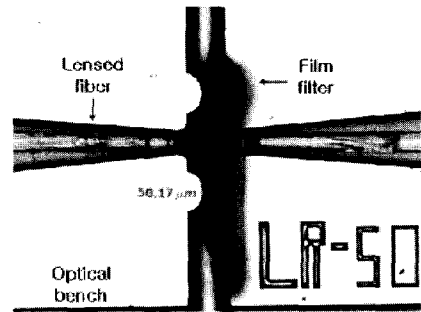


Fig. 8 Alignment before packaging

Fig. 9는 렌즈일체형 파이버의 위치결정을 한 후 성능평가 프로그램에 의해 측정된 결과로서 중심

파장 1500nm에서 정확히 투과되고 그 이하 파장에서는 반사하는 것을 볼 수 있었다. 또한 광모듈 측정 평가의 기준이 되는 삽입손실(TIL)이 0.3dB 이하인 0.294dB로 측정되었다. 이로서 위치결정 실험을 통해 삽입손실이 최소인 위치를 찾았으며, 향후 패키징시 사용될 기초자료를 얻을 수 있었다.

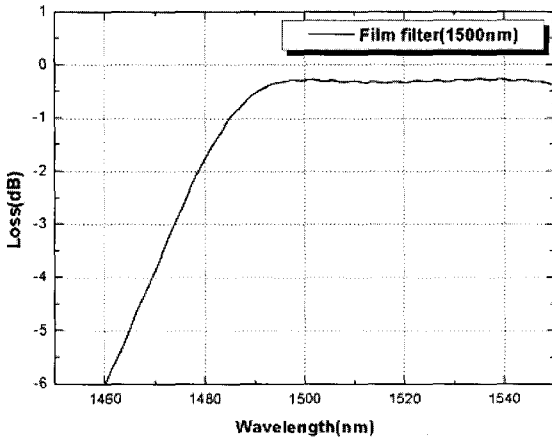


Fig. 9 Performance and evaluation after optical axis alignment of 1x1 OADM

7. 결론

최근 급속히 성장하고 있는 광통신산업의 발전에 있어서 주목할 만한 경향 중에 하나는 제품의 소형화 및 집적화라 할 것이다. 마이크로 광모듈 접속/조립 시스템은 광모듈을 소형화하고 고기능성 광통신 부품의 개발에 있어 가장 필요한 장비이다. 이러한 광모듈 접속/조립 시스템을 개발하기 위하여 본 연구에서는 두께가 약 30 μ m인 박막형 필터와 렌즈일체형 파이버를 접속/조립할 수 있는 시스템을 개발하였다. 또한 제작된 접속/조립 시스템을 이용하여 1x1 OADM 광모듈 패키징에 앞서 벤치 위에 박막형 필터, 렌즈일체형 필터를 삽입하여 삽입손실이 최소인 위치를 찾는 위치결정 실험을 수행하였다. 실험결과 삽입손실은 0.294dB로 광모듈 측정 평가의 기준인 0.3dB 이하

로 측정됨으로서 광모듈 패키징시 가장 중요한 위치결정기술을 획득하였다.

향후 에폭시 경화시 접착제 이동(shift)이 최소화 되도록 UV 빛의 강도와 조사시간을 제어하여 최적의 공정을 개발하여 광모듈 패키징 기술을 개발할 것이다. 이러한 광모듈 패키징 기술을 기반으로 고기능성 광통신 부품을 제작 및 성능평가할 수 있는 자동 조립 시스템을 구축하여 광통신 부품의 고성능, 저가격화, 소형화를 달성함으로써 국내의 광부품 특히 광정부품, 복합수동광부품, 광전집적회로 등의 기반기술 구축 및 상품화 기술을 보유하게 될것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대대신기술 개발 산업 중 한국기계연구원이 주관하고 있는 고기능 초미세 광·열유체 마이크로부품 기술개발 사업의 세부과제로서 수행중이며 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

참 고 문 헌

- (1) D.-S. Choi, T.-J. Jae, E. S. Lee, K. B. Choi, B. S. Choi, L. Y. Park, H. Y. Sun., 2002, "Development of system integration for micro optical and thermofluidic devices," The 2nd Workshop of Development of micro optical and thermofluidic devices with functionality, pp. 3-9.
- (2) L. Y. Park, D.-S. Choi, T.-J. Jae, K. B. Choi, Y. H. Kang., 2002, "Development of automatic manufacturing system for optical collimators with high functionality," Autumn conference of the KSPE.
- (3) H. K. Yoon, H. D. Lee, J. C. Kim, Y. J. So, S. B. Kim., 2002, "Development of compact OADM with multi-port structure," Summer conference of Korea Institute of Communication Science.
- (4) Fuji Chimera Research Institute, Inc., Japan, 2000, "2000 Photonic industry prediction handbook".