

광필터 성능평가 프로그램 개발

최두선*, 박한수*, 서영호*, 제태진*, 황경현*

Development of Performance and Evaluation Program for Optical Filters

Choi, D.-S.*, Park, H. S.*, Seo, Y. H.*, Jae, T.-J.* and Whang, K.-H.*

ABSTRACT

This paper presents a program for the automatic alignment of optical axes and evaluation of the optical filter performance which is a key technologies for the production of optical module. Recently the production of optical filter module mostly depends upon handwork or semi-automation. Moreover, they have used an expensive spectrum analyzer. In this work, we have developed an automatic alignment and evaluation program of optical filter module using photo detector and developed program for automation and cost reduction of the production of optical filter module.

Key words : Optical communication component, Optical filter, Film filter, Lensed fiber, Evaluation program

1. 서 론

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

광통신(optical communication)은 전기통신에서 전기적 신호를 정보전달의 수단으로 이용하는 것과는 달리 빛을 이용하여 통신을 가능하게 하는 방식으로 고속·고용량의 데이터를 전송하는 방법이다. 이러한 정보전달의 매개체로 빛을 이용하여 원하는 정보를 제어하기 위해서는 원하는 파장을 투과, 반사, 분리 및 에너지량을 조절하여 통신효율을 높이는 등 다양한 역할을 하는 광필터(optical filter)가 필수적으로 필요하다^[1]. 현재 광통신용 모듈이나 광부품의 가장 기본이며 핵심부품이 되는 광필터는 측정평가가 범용적이지 못해 생산 현장에서 많은 어려움이 있다. 또한 광필터를 이용하여 패키징하는 경우에는 패키징한 후 그 성능을 평가하기 때문에 매우 불안정한 공정이 되

어 버린다. 광필터를 이용한 광모듈 생산은 현재 대부분 수작업에 의존하고 있으며, 일부업체에서 수동과 자동이 복합된 반 자동 라인화가 추진되고 있는 실정이다. 이러한 시점에서 광모듈의 가격경쟁력과 균일성 확보 및 중국의 값싼 노동력에 대응하기 위해서 광모듈 생산자동화 시스템개발이 가장 필요한 기술로 대두되고 있다^[2].

본 연구는 광모듈을 구성하는 부품 중 가장 핵심적인 부품인 광필터의 자동 성능평가뿐만 아니라 광축 자동정렬 프로그램을 개발하여 향후 광모듈 접속/조립시스템을 구축하는데 기반이 되는 측정평가 기술을 확보하는데 목적이 있다.

2. 광필터 성능평가 시스템

2.1 광필터 성능평가 시스템 구성

광통신용 일반 광필터는 물론 박막형 필터의 성능평가를 위해 성능평가 시스템을 설계 및 제작하였다. 레이저 소스의 입력단과 수광부 삽입손실(insertion loss)을 최소화한 후 광통신용 일반 광필터 또는 박막형 광필터를 이동시켜 광 특성이 최대가 되도록 초미세 정렬작업(micro alignment)을 수행하고, 최적의 상태에서 자동 측정 및 성능평가 하도록 Fig. 1과 같이 구축하였다.

제작된 광필터 성능평가 시스템의 주요구성은 구동 및 장치부, 제어부, 센서부로 나눌 수 있다. 구동 및

*한국기계연구원

- 논문투고일: 2003. 12. 01

- 심사완료일: 2004. 04. 12

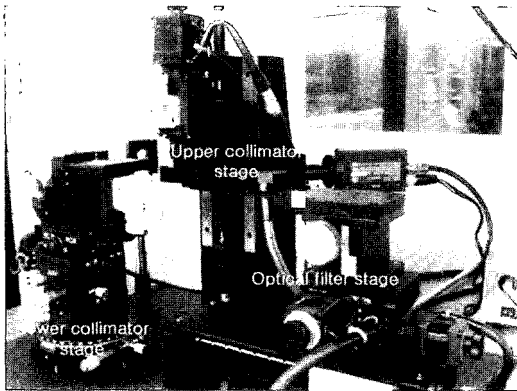


Fig. 1. Performance and evaluation system of the micro optical filter.

상치부에서 상부 광콜리메이터스테이지(upper optical collimator stage)는 메인 프레임에 고정되어 있으며 측정대상물(CWDM, DWDM, film filter)에 따라 마스터 광콜리메이터를 교체할 수 있다. 또한, 고정구(jig & gripper)가 장착 되어 있어 직경 125 μm 의 렌즈인che형 파이버(lensed fiber)나 900 μm 의 초소형 광콜리메이터(miniature collimator)를 정밀하게 고정시킬 수 있으며, 레이저 광원(LL)을 인접하여 생에너지를 입력하도록 하였다. 하부 광콜리메이터 스테이지(lower collimator stage)는 상부 광콜리메이터 스테이지와 초정밀 정렬 기능을 하며 광파워미터(PD)가 연결되어 있어 출력을 검출하는 기능을 한다. 또한 상부 광콜리메이터와 미세 정렬을 할 수 있도록 6축 스테이지로 θ_x , θ_y (tilt)축을 제어하였다. 0.0025/pulse의 분해능과 $\pm 5^\circ$ 의 총 이송각도를 가지는 광필터 스테이지(optical filter stage)는 5자유도를 가지고 있으며 마이크로 광필터를 이송시켜 광 특성이 최대가 되도록 초미세 정렬작업을 수행하도록 설계하였다. 최적의 상태에서 자동측정 및 성능평가가 이루어지게 하기 위하여 x축은 총이송거리 100 mm, 분해능 0.05 $\mu\text{m}/\text{pulse}$ 이며, θ_x , θ_y (tilt) 분해능은 0.0025/pulse로 설계하였다.

센서부는 CCD 카메라와 조명장치(illuminator)로 나눌 수 있다. Fig. 2는 시스템에 설치된 CCD 카메라로서 광부품 자체가 너무 작기 때문에 CCD 카메라를 이용하여 상·하부의 광콜리메이터의 기하 정렬상태와 마이크로 광필터의 장착상태를 PC 모니터상에서 초미세 부품들의 정렬상태를 모니터링한다.

CCD 카메라에서 획득한 아날로그 영상 신호는 Fig. 3과 같이 스위칭 보드(switching board)를 통해 각각 2개의 CCD 카메라를 PC모니터에서 선택하여 볼 수

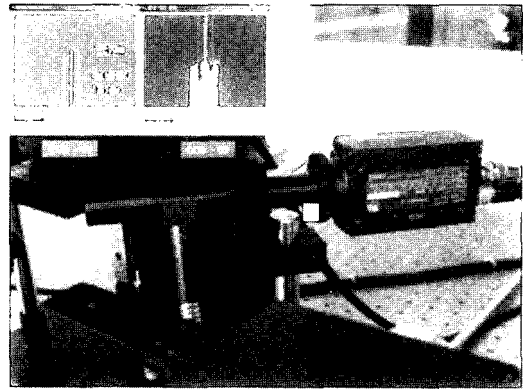


Fig. 2. CCD Camera.

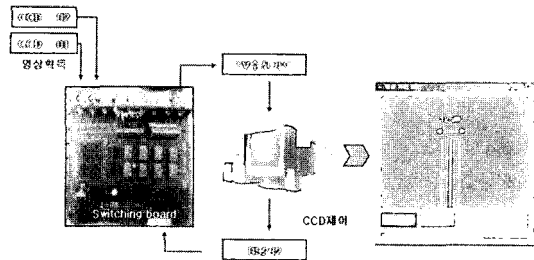


Fig. 3. Schematic diagram of CCD camera for optical component monitoring.

있다.

제어부는 모터구동 4축 스테이지와 광 세척기를 연결 및 제어하는 역할을 하는 GPIB 인터페이스, 마이크로 광 필터의 구동 메카니즘 1축과 상부 콜리메이터의 모터구동 1축을 제어하는데 사용되어지는 구동 제어보드로 구성되어 있다.

3. 광필터 성능평가 프로그램

3.1 프로그램 구성

기존의 광필터 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 프랙트럼 분석기를 사용한 뿐만 아니라 측정 시 스펙트럼 커브를 가지고 커서 이동기능으로 측정하기 때문에 측정시간이 오래 걸린다. 또한 측정자가 육안으로 측정하므로 데이터의 정확도가 상당히 낮다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 스위프(sweep) 횟수와 간격 조정이 가능하며 측정항목에 따라 측정된 데이터를 자동으로 획득하도록 프로그램을

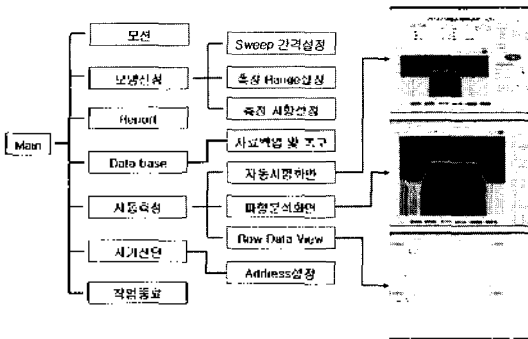


Fig. 4. Hierarchy of estimation program module.

번호	이름	설명	단
1	시작조건		
2	시작위치	1530.00	
3	종료위치	1545.00	
4	측정간격	0.01	
5	회전수	1	
6	회전	1, 1531.12, 3.2	
7	측정회수	2	
8	(설정수치)		
9	850	회전 1의 측정 온도 보정치 (비밀번호: 0~100.1)	
10	SCAN		
11			
12	(PULSE)		
13	L1811	842 0.3 (dB)	
14	RE30A1		
15			
16	(FIL)		
17	L1811	842 2.4 (dB)	
18	L1842		
19	RE30A1		
20	(F 0.5)		
21	L1811	5 - 20 dB	
22	RF-11	1.3, 2, 0.5	
23	RE30A1		
24			
25	(F 25)		
26	L1811	5 - 20 dB	
27	RF-11	1.3, 2, 25.0	
28	RE30A1		
29	(ISOL 44)		
30	L1811	20 - 50 (dB)	
31	ISOL	1, 20, 0, 20.0	
32	RE30A1		

Fig. 5. Input window of measurement items and laser source type.

개발하였다. 또한 자동 광축 정렬을 이용하여 수작업에 의한 광축정렬에 비하여 약 3배이상(3분→1분 이내)의 시간을 단축시킬 수 있다. 측정된 데이터는 저장할 수 있도록 하였으며 측정이후에도 언제든지 스펙트럼 키트를 확인할 수 있다.

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

Fig. 5는 광필터 성능평가를 하기 전 측정항목과 레이저 입력을 설정하는 모델선형으로서, 입력광의 시작파장과 종료파장 및 파장 간격의 조정과 측정항목의 추가 및 수정이 가능하도록 되어있다. 더불어 TLS 파장(1460~1580 nm) 영역내의 광필터를 이용한 WDM(wavelength division multiplexing) 모듈(module) 측정과 Mux/DeMux(multiplexer) 모듈 측정도 가능토록 구성되어 있다.

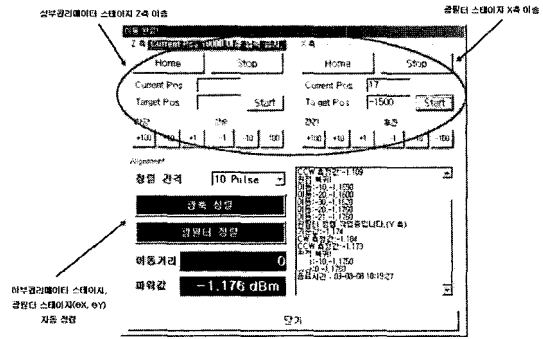


Fig. 6. Motion control program of optical axes alignment.

측정항목 설정에 대해서는 측정할 필터에 따라 다를 수 있으며, 측 필터 코팅 사양에 따라 각기 다르게 설정하여야 한다. 규격에 대해서도 사용자의 사양에 따라 조금씩에 차이가 있을 수가 있으나 그 차이는 측정자가 측정항목 설정시 사용자 정의를 기준으로 기존에 작성된 각각의 모델별 프로그램에서 수정 가능토록 구성하였다.

3.2 광축 자동 정렬

Fig. 6은 광축정렬 프로그램으로서 하부 콜리메이터 θ_x , θ_y (tilt)축과 광필터 스테이지의 θ_x , θ_y (tilt)축을 자동 정렬하는 기능을 한다. 일반적으로 x, y, z축 정렬에 있어 약간에 오차가 있어도 삽입손실의 증가는 미비하지만 θ_x , θ_y (tilt)축은 약간만 오차가 있어도 삽입 손실 값이 10 dB이상씩 차이가 많이 나기 때문에 θ_x , θ_y (tilt)의 자동화는 본 시스템에서 가장 중요한 부분이다.

모션 제어프로그램은 크게 광축 정렬(상·하부광콜리메이터 스테이지)과 광필터 정렬기능이 있다. 광축 정렬기능은 광필터 성능평가 전 두 광콜리메이터를 정렬하는 기능으로서 θ_x , θ_y (tilt)으로 각각 지정해준 정렬간격대로(5~30 pulse) 이동하며 광손실 값을 측정하며 광축 정렬을 수행한다. 측정방법은 처음 하부 광콜리메이터 스테이지 x, y, z 기하 정렬 후 그대의 삽입손실 값을 기준으로 하여 θ_x , θ_y (tilt)를 이송한다. 일정구간 삽입손실 값이 작아지다가 다시 증가하게 되면 피드백(feed back)하여 최소 분해능인 0.0025% pulse로 다시 정밀 이송을 하게 된다. 최소 삽입 손실 값이 나오는 위치에서 작업을 종료하게 되며 작업종료 후 광필터 스테이지 x축 자동 이송기능을 이용하여 정렬된 상·하부 콜리메이터 사이에 광필터를 자동 삽입하게 된다. 광필터 정렬은 광축 정렬과 마찬가지로 같은 공정을 하게 되며 최소 삽입 손실 값의 위

치에서 작업을 종료하게 된다. 광축정렬 실험을 한 결과 수작업에 의한 광축 정렬일 경우 삽입 손실 값은 0.23 dB인 반면 광축 정렬 프로그램을 이용할 경우 0.07 dB로 약 1/3정도 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

3.3 광필터 자동 성능평가

성능평가 소프트웨어의 구성은 크게 자동시험과 파형분석, 데이터 뷰로 나뉘어진다. Fig. 7은 측정평가에 앞서 초기 프로그램 기준설정(reference setup)으로 기준자료 설정을 해야 한다. 기준자료 설정시 데이터의 신뢰성을 위해 반복측정을 2~3회 하며, 데이터 베이스화된 광필터 모델을 선택하여 측정평가를 한다. 또한 데이터베이스화된 광필터 모델을 불러들이거나 수정(sweep 간격, 측정 범위) 및 추가를 할 수 있다.

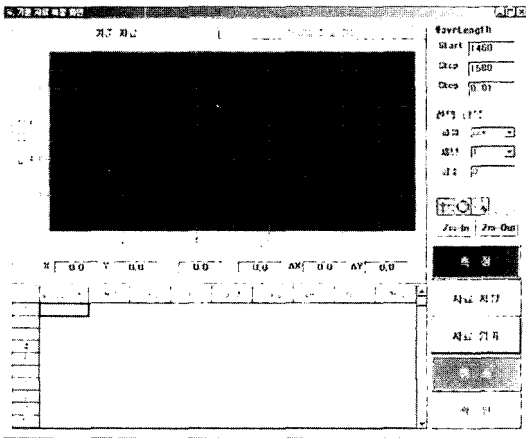


Fig. 7. Reference setup of evaluation program of the optical filter performance.

초기 프로그램 설정이 끝나면 선택된 모델명에 따른 측정항목과 측정횟수에 따라 광필터의 성능평가를 한다. Fig. 8은 필터를 거쳐 상부 폴리에이터에 입력된 광신호를 자동측정한 광필터 성능평가 프로그램이다. 측정항목으로는 통과대역(pass band), 차단(isolation), 리플(ripple), 투과삽입손실(transmission insertion loss)등으로서 측정목록은 사용자가 직접 입력이나 수정을 통하여 추가할 수 있다.

측정된 데이터는 자동시험 화면에 나타나며 파형분석 화면에서는 측정된 데이터의 파형의 분석을 정확한 좌표 값을 통해 얻어낼 수 있다. Fig. 9은 자동시험에 의해 측정된 스펙트럼 커브로서 x(파장), y(손실값)측으로 각각 두 개의 커서가 있어 원하는 파장에서의 데이터 값을 하단에서 확인할 수 있다. 커서 두개간의 편차도 확인할 수 있도록 구성하였다. 우측은 스펙트럼 커브의 색상 및 유형을 변경 가능토록 구성되어진 부분이다. 줌(zoom)기능을 부여하여 스펙트럼 커브의 확대 축소도 가능토록 구성되어져 있다.

Fig. 10은 측정된 raw data를 나타낸 화면이다.

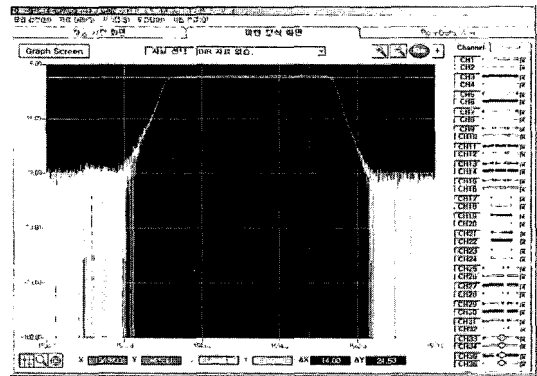


Fig. 9. Wavelength analysis window.

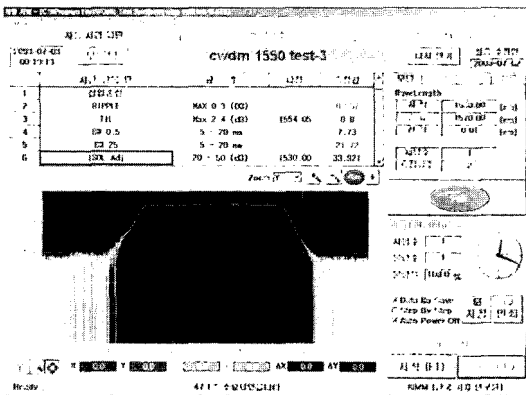


Fig. 8. Evaluation program of the optical filter performance.

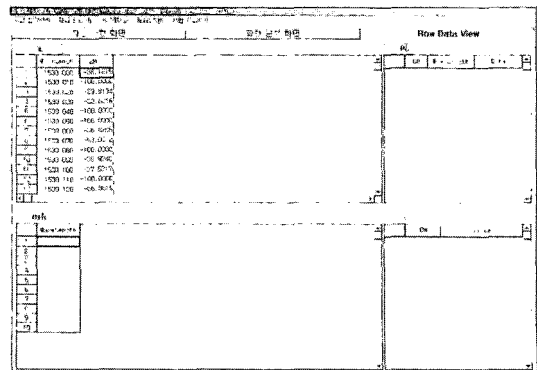


Fig. 10. Row data view window.

보편선정시 스위프(sweep)의 간격을 정하여 측정할 수 있다.

측정된 raw data는 저장이 가능토록 구성되었으며 채널별로 raw data를 저장할 수 있도록 구성하였다. 이 때 채널 추가 시에는 계측기의 파워메타(power meter)를 추가하여야 한다. 스위프 간격은 최대 0.001 nm까지 가능하다. 스위프 간격에 따라 측정시간은 많은 차이로 달라질 수 있다. 기본적으로는 CWDM(course wavelength division multiplexing)의 경우는 0.01 nm, DWDM의 경우는 0.001 nm로 스위프 간격을 설정하여 측정한다.

4. 실험결과

광필터 성능평가 프로그램의 성능평가를 위해 기존

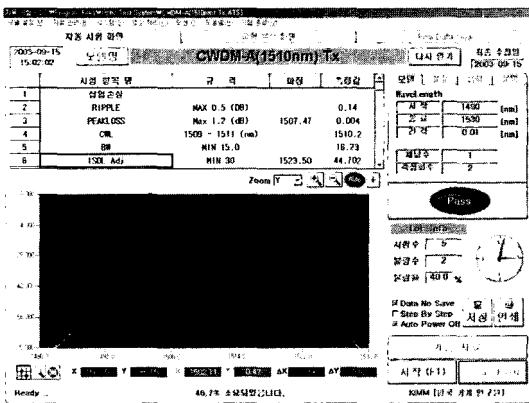


Fig. 11. Automatic measurement of 1510 nm CWDM by miniature collimator.

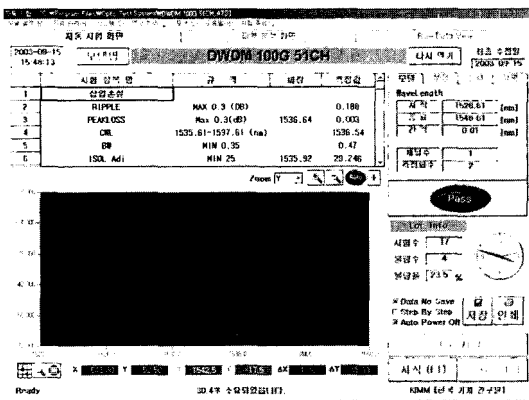


Fig. 12. Automatic measurement of 1510 nm DWDM by miniature collimator.

에 상용화되어 있는 광필터의 측정값과 개발된 프로그램에 의해 측정된 측정값들을 비교해 보았다. Fig. 11은 중심파장 1510 nm인 CWDM필터의 성능평가 결과로서 리플(ripple)은 기존 측정값 0.15 dB보다 0.01 dB 작은 0.14 dB이며, 파장대역(bandwidth) 및 과 삽입 손실(transmission insertion loss)은 16.23 nm와 0.15 dB로 같게 나왔다.

Fig. 12는 중심파장 1536.61 nm인 DWDM필터의 성능평가 결과로서 파장대역(bandwidth)이 기존 측정값은 0.41 nm이며 리플과 두과삽입손실에서는 0.1 dB의 차이로 성능평가 프로그램의 측정값이 0.19 dB로 약간 높게 나왔다.

본 실험을 통하여 기존 OSA(optical spectrum analyzer)를 이용하여 측정된 데이터와 성능평가 프로그램을 이용한 측정데이터를 비교한 결과 측정값의 큰 차이는 없었으며, 성능평가 프로그램의 측정 정밀도 및 신뢰도에서 만족할 만한 결과를 관찰할 수 있었다.

5. 결론

마이크로 광필터 자동 조립 시스템은 고 가능성 광통신 부품의 개발에 있어 가장 필요한 장비이다. 이러한 광필터 자동조립 시스템을 개발하기 위해서 본 연구에서는 광필터 자동성능평가 프로그램과 자동 광측정 프로그램을 개발하였다. 또한 개발된 프로그램을 이용하여 광필터 성능평가를 하였으며, 이를 기존 수작업에 의해 측정하던 방법과 비교/분석하였다. 그 결과로서 광필터 성능평가 소요시간 및 광측정 시간 수작업에 의한 광측정률에 비해 삽입손실은 1/3정도, 성능평가시간은 1분 이내로 줄이는 것을 확인할 수 있었다. 기존 OSA를 이용하여 측정된 데이터와 성능평가 프로그램을 이용한 측정데이터를 비교한 결과 측정값의 큰 차이는 없었으며, 성능평가 프로그램의 측정 정밀도 및 신뢰도에서 만족할 만한 결과를 관찰할 수 있었다. 뿐만 아니라 광필터를 이용한 DWDM 모듈 측정과 Mux/DcMux 모듈 측정도 가능토록 구성하였다. 향후 이러한 광필터 성능평가 기술을 기반으로 고기능성 광통신 부품을 제작 및 성능평가 할 수 있는 자동조립 시스템을 구축하여 광통신 부품의 고성능, 저가격화를 달성함으로써 국내의 광부품 특히 광전부품, 복합수동 광부품, 광전집적회로 등의 기반 기술 구축 및 상품화 기술을 보유하게 될 것으로 기대된다.

감사의 글

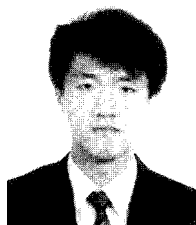
본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대신기술 개발 산업 중 한국기계연구원이 주관하고 있는 고기능 초미세 광·열유체 마이크로부품 기술개발 사업의 세부과제로서 수행중이며 이에 관계자 여러분들에게 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. Huey-Daw Wu, Frank S. Bames, "Micro Lenses,"

IEEE Press, 1991.

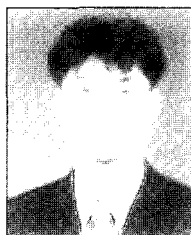
2. Shifu Yuan and Nabeel A. Riza, "General formula for coupling-loss characterization of single-mode fiber collimators by use of gradient-index rod lenses," *Applied Optics*, Vol. 38, May, 1999.
 3. Yoon, H. K., Lee, H. D., Kim, J. C., So, Y. J. and Kim, S. B., "Development of compact OADM with multi-port structure," 한국통신공학회 하계 학술대회, 2002.
 4. "2000 광산업 예측편람," Fuji Chimera Research Institute, Inc., Japan.



최 두 선

1985년 영남대학교 기계설계공학과 학사
 1989년 영남대학교 기계설계공학과 석사
 2002년 연세대학교 기계공학과 박사
 1989년~1990년 (주)LG이노텍 연구원
 1990년~현재 한국기계연구원 지능형정밀 기계연구부 나노공정그룹 그룹장 / 책임연구원

관심분야: 초정밀 미세가공, 마이크로사노 기술성형, 광부품제작, Nano-Bio 응용기술



박 한 수

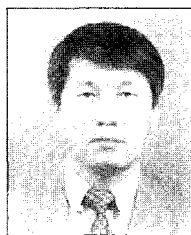
2001년 한밭대학교 기계공학과 학사
 2003년 충남대학교 기계공학과 석사
 2003년~2004년 한국기계연구원 연구원
 2004년~현재 한국고등기술연구원 연구원
 관심분야: 초정밀 광집속조립 기술, 마이크로 광부품 제작기술, 광특성 및 성능평가기술



서 영 호

1998년 부산대학교 기계공학과 학사
 2000년 한국과학기술원 기계공학과 석사
 2003년 한국과학기술원 기계공학과 박사
 20003년~현재 한국기계연구원 선임연구원

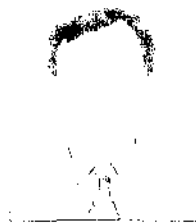
관심분야: MEMS, Micro Generator & Actuator, Bio-MEMS



제 태 진

1986년 경남대학교 기계공학과 학사
 1991년 경남대학교 정밀가공학과 석사
 2003년~현재 남요공과대학교 대학원 정밀가공학과 박사 과정 중

1982년~현재 한국기계연구원 선임연구원
 관심분야: 초정밀 미세가공, 마이크로사노 기술성형, MEMS, 광부품 제작



황 경 현

1976년 서울대학교 기계공학과 학사
 1978년 한국과학기술원 기계공학과 석사
 1983년 North Carolina State University 기계공학과

1986년 Ohio State University 기계공학과 박사

1978년~1986년 한국기계연구원 연구원
 1982년~1983년 North Carolina State University 조교

1983년~1986년 Ohio State University 조교

1987년~현재 한국기계연구원 책임연구원
 관심분야: 레이저 마이크로머시닝, 초정밀 미세가공, MEMS