

필름형 마이크로 광필터 조립 평가 시스템 설계에 관한 연구

최두선*, 제태진, 황경현, 박한수(한국기계연구원)

A study on design of assembly and evaluation system for optical micro film filter

D. S. Choi, T. J. Je, K. H. Hwang, H. S. Park(KIMM)

ABSTRACT

At present, the fabrication of optical filter for optical communication mostly depends on handwork, and only a few companies are propelling semi-automatic systems compounded with automatic and hand-operated methods. The measurement evaluation of optical filters is not commonly useful, so it causes difficulties in the producing field. And the packaging process becomes a very unstable process because the filters are judged from the results that they are not measured and immediately packaged during that process. In this situation, the automatic assembly system of optical filter for communication is extremely important and has begun to make its appearance as the most necessary technology for developing optical communication component with high-functionality.

In this paper, we constructed systems of assembly and performance evaluation for micro optical collimator. And by using that, we designed a system capable of performance evaluation and assembly of film filter of about 30 μm thickness as well as optical filter for common communication.

Key Words : Optical collimator(광콜리메이터), Automatic assembly system(자동 조립 시스템), Optical Communication component(광통신 부품), Optical filter(광필터)

1. 서론

광통신(Optical communication)은 전기통신에서 전기적 신호를 정보전달의 수단으로 이용하는 것과 달리 빛을 이용하여 통신을 가능하게 하는 방식을 말한다. 이러한 정보전달의 매개체로 빛을 이용하여 원하는 정보를 제어하기 위해서는 광필터(Optical filter)가 필수적으로 필요하다. 즉 원하는 파장을 투과, 반사, 분리 및 에너지량을 조절하여 통신효율을 높이는 등 다양한 역할을 하는 부품이 광필터이다. 현재 광통신용 광필터의 생산은 대부분 수작업에 의존하고 있으며, 현재는 일부 업체에서 수동과 자동이 복합된 반자동 라인화가 추진되고 있는 실정이다. 또한 일반용 광통신용 광필터의 측정평가가 범용적이지 못하며 특히 향우 부각되는 FTTx 광필터를 사용하여 패키징 하는 경우에는 측정조차 못하고 곧바로 패키징 한 후 그 결과로 판정하기 때문에 매우 불안정한 공정이 되어 버린다. 이러한 시점에서 광통신용 광필터의 자동화 시스템의 중요성은 고기능성 광통신 부품의 개발에 있어

가장 필요한 기술로 크게 대두되고 있다. 특히, 광통신 부품의 대부분이 중국에서 값싼 노동력을 이용하여 생산되고 있어 국내 기업으로서는 생산 자동화 기술만이 이에 대해 대응이 가능하다. 즉, 가격 경쟁력과 제품 성능의 균일성을 확보하기 위하여 광필터 자동 조립 시스템이 필수적이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 광 접속조립 기술과 광패키징 기술을 이용하여 개발한 고기능 광콜리메이터 자동 접속조립 및 평가 시스템을 기반으로 하여 필름형 마이크로 광필터 조립 성능평가 시스템 개발에 관하여 연구하였고, 일반 통신용 광필터는 물론 광필터 두께가 약 30 μm 인 박관형 필터(Film filter) 성능평가 및 조립시스템 설계에 관하여 연구하였다.

2. 광콜리메이터 자동 조립 시스템

2.1 자동 조립 평가시스템 구축

광손실을 줄이거나 여러 가지 부가기능을 더하기 위하여 빛을 평행광으로 만들어 줄 필요가 있는데, 이때 사용되는 부품이 광콜리메이터이다¹⁾. 고

기능 광콜리메이터의 성능을 구현하기 위하여 Fig. 1 에서와 같이 피그테일(Pigtail)과 콜리메이팅 렌즈의 거리에 따른 빔 사이즈를 설정하고 광 결합효율이 최대가 되도록 초정밀 정력 작업을 수행하는 자동정렬 시스템을 구축하였다. 뿐만 아니라 본 시스템은 최적의 정렬 상태에서 에폭시 및 UV 조사기를 사용하여 콜리메이터를 접속하도록 구성되어 있으며 최종 접속 작업이 완료된 상태에서 광콜리메이터의 성능평가를 고속 마이크로 계측 시스템에 의하여 정확하게 평가 할 수 있도록 구축하였다.

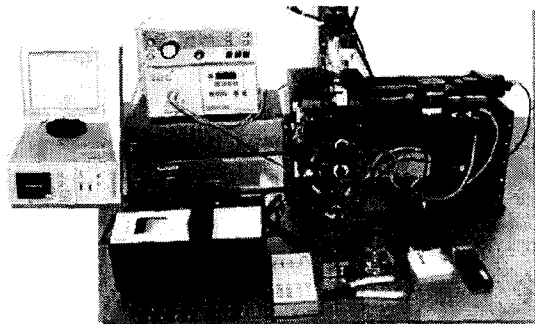


Fig. 1 Experimental setup for manufacturing of the optical collimator

고기능 광콜리메이터 자동조립 평가시스템의 특징으로는 콜리메이터 평가에 소요되는 시간을 대폭 단축시킨 고속 검사장비로서 콜리메이터 제조시 조립 반복 정밀도가 매우 높으며 고기능 신소스 부품에 대응하는 제조시스템으로 이미지 분석에 의한 렌즈와 피그테일의 회전 정렬이 가능하며 고품질 광콜리메이터를 자동 양산 할 수 있도록 구축되어 있다. 향후 새로운 생산 시스템이 갖는 고기능성의 구현에 필요한 제조기술을 갖출 수 있는 시스템이다.

2.2 성능 평가 측정 소프트웨어 개발

광콜리메이터의 자동조립 및 성능평가 작업을 수행하기 위해서는 효율적으로 시스템을 운영할 수 있는 소프트웨어의 개발이 핵심이다. 따라서 Table. 1 에서와 같은 각종 제어장치들이 시스템에 장착되어 있으며 각종 제어장치들의 목록과 기능은 아래와 같다.

2.3 메뉴 구성

광콜리메이터를 제작하고 접속하는 데 필요한 프로그램의 주메뉴로는 단일작업공정, 연속작업공정, 평가, 초기화, 비전(Vision), 셋팅(Setting) 모듈로 구성되어 있다. 단일작업 공정모듈은 콜리메이터 제작을 단독으로 수행하기 위한 모듈로서 회전정렬, 렌즈-피그테일간 거리조정, 패키징(Packaging), 검사

(Inspection) 모듈이 있다.

Table. 1 List and function of ADD-ON Adapter

| List | Contents | Function |
|---------------------------|----------------------------------|--|
| Image Grabber Board | Matrox Meteor II | Converting analogue image signal acquired in the CCD Camera into digital signal |
| BeamScan controller | BeamScan 0180XY Controller (ISA) | A part driving and controlling BeamScan Head(transmit to computer after reading beam size and its position value |
| GPIB Interface Controller | NI-488.2 PCI Controller & Cables | Linking and controlling Motorized Stage and Optical instrument |
| Multifunctional I/O Board | Advantech PCI-1711 | Controlling UV Curing Machine and Air Dispenser(on using packing) |

연속작업공정 모듈은 자재 로딩을 제외한 회전 정렬, 렌즈-피그테일간 거리조정, 1 차 패키징, 성능검사를 자동으로 수행하도록 구성하였으며 평가 모듈에서는 결합 손실, 투과삽입손실, 반사삽입손실, 반사 손실등을 평가 할 수 있도록 구성되어 있다. 초기화 모듈은 마스터 코어와 콜리메이터, 콜리메이터와 콜리메이터 간의 광축을 정밀하게 정렬하고 성능평가에 사용되는 6 축 스테이지의 초기화에 사용되며 초기화 시간은 약 20 ~ 30 초 소요되고 초기화 하는 동안 다른 메뉴를 선택할 수 없도록 하였다.

3. 필름형 마이크로 광필터 조립시스템 설계

하나의 광섬유에 여러 채널의 신호를 동시에 보낼 수 있는 다중화 전송 시스템 중 WDM (Wavelength division multiplexing)방식은 획기적인 전송량의 증대와 광네트워크로의 발전 가능성 때문에 집중적인 연구개발의 대상이 되었다. 특히 WDM전송에서 Add-Drop방식의 WDM 네트워크로 발전하면서 OADM(Optical add-drop module)이 핵심부품으로 자리잡고 있다.

Fig. 3 은 ADM 모듈로서 여러 파장의 신호가 전송되어 가는 선로상에서 하나 또는 여러 파장의 신호를 뽑아내고 같은 파장의 신호를 다시 올려줄 때 사용된다. 이 중 여러 파장의 신호를 투과, 반사, 분리 및 에너지를 조정하여 통신효율을 높이는 다양한 역할을 하는 요소부품이 바로 광필터이다. 광필터의 구성은 페룰(Ferrule)에 광파이버가 삽입되

어 있는 피그테일과 광콜리메이팅 렌즈 그리고 피그테일을 고정해주는 지그와 필터로 구성되어 있다^{(2),(3)}. 적용분야로는 광아솔레이터(Optical isolator), 광감쇄기(Optical attenuator), 광스위치, 광결합기(Optical coupler) 등 광 연결을 필요로 하는 대부분의 광부품에 사용되고 있다.

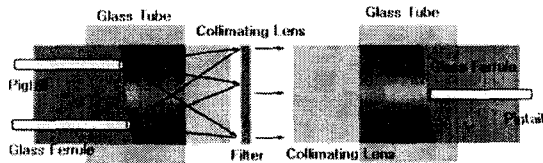


Fig. 3 Schematic diagram of the ADM device

본 연구에서는 마이크로 광콜리메이터 조립시스템을 이용한 필름형 마이크로 광필터 조립 성능평가시스템 설계로서 기술개발목표는 Table. 2 와 같다.

Table. 2 Target value of the technical development

| Parameter | Target value |
|---|--------------|
| Insertion Loss | 0.3dB |
| CWL(Center Wavelength Loss) | 0.1 nm |
| Isolation | min 20dB |
| Bandwidth | min 15 nm |
| Time | max 3min |
| Precision Repeatability of Insertion Loss | 0.05dB |

3.1 광필터 조립 평가시스템 구성

Fig. 4 는 필름형 마이크로 광필터 조립시스템으로서 주요 구성부는 상부 광콜리메이터(메인프레임에 고정), 하부 광콜리메이터 스테이지(미세 이송장치시스템), 광필터 스테이지(필터 측정용 정렬 시스템), 메인프레임, 측정 및 평가를 위한 마스터 광학부품, 계측기로 나눌 수 있다. 상부 광콜리메이터는 메인 프레임에 고정되어 있으며 측정대상물(일반 광필터, DWDM 광필터, 필름필터등)에 따라 패키징과 연관된 마스터 광 콜리메이터등을 교체할 수 있다. 또한 정밀 고정구(jig & gripper)가 장착되어 있어 안정되게 마스터 광콜리메이터를 유지하여 주며, 광 파워미터(PD)가 연결되어 있어 출력광 에너지를 검출하는 기능을 한다. 하부 광콜리메이터 스테이지는 상부 광 콜리메이터와 초정밀 정렬 기능을 하며 레이저광원(LD)이 연결되어 있어 광에너지를 입력하는 기능을 한다. 상부 광콜리메이터와 같이 측정 대상물에 따라 패키징과 연관된 광 콜리메이터를 교체할 수 있으며, 또한 정밀 고정구(jig

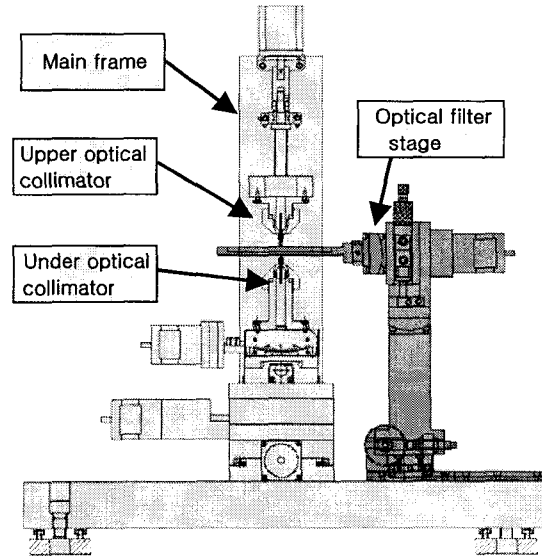


Fig. 4 Equipment for alignment of Micro optical filter

& gripper)가 장착되어 있어 안정되게 마스터 광콜리메이터를 유지하여 준다. 광필터 스테이지는 광필터 조립시스템 설계에서 가장 핵심적인 부분으로서, 상·하부 광콜리메이터 사이에서 측정하고자 하는 대상물인 광필터를 최적의 위치로 정렬하는 기능이 있고, 정밀 고정구(jig & gripper)가 장착되어 있어 다양한 광필터류를 측정 할 수 있다.

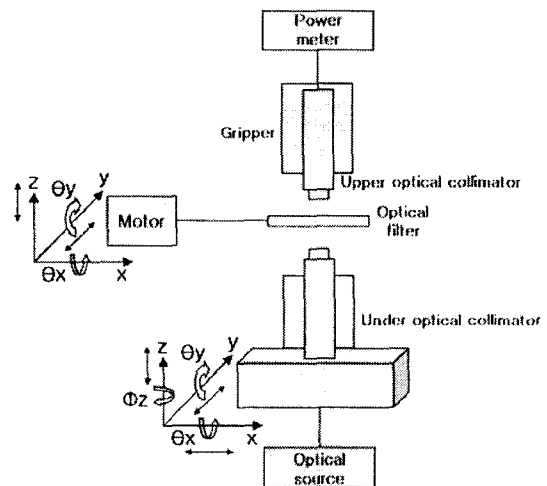


Fig. 5 Schematic diagram of the alignment system

Fig. 5 는 광필터 조립시스템의 개략도를 나타낸 그림으로서 하부 광콜리메이터 스테이지는 상부 광콜리메이터와의 미세 정렬을 할 수 있도록 6 축 스테이지로 x, y, z (linear) 축은 1 μm의 분해능을 갖으며, θ_x , θ_y (tilt) 축은 0.0025°, ϕ_z (Rotate)축은 회전도(Roundness) 20 μm의 분해능을 갖는다. 광필터

스테이지의 y, z (linear) 축은 1 μm 의 분해능을 갖고
 θ_x, θ_y (tilt) 축은 0.0025°의 분해능을 갖고
 있다.

3.2 조립방법 및 평가 항목

광필터 조립시스템에서 광필터 조립방법은 상·하부 콜리메이터 스테이지에 광 파워메타가 연결된 콜리메이터와 레이저광원이 연결되어 있는 콜리메이터를 정밀 고정구(jig & gripper)를 이용하여 설치하고, 그사이에 있는 광필터 스테이지에 필름형 마이크로 광필터를 정밀 고정구(jig & gripper)를 이용하여 설치한다. 시스템 정렬을 위한 초기 작업으로 6축과 4축 스테이지를 이용하여 상·하부 콜리메이터 및 광필터 스테이지를 x, y, z (Linear)축으로 정밀 자동정렬을 한다. 1차 정밀 자동정렬이 완료가 되면 2차 정밀 자동정렬(Tilt)으로 메인프레임에 고정되어 있는 상·하부 콜리메이터의 θ_x, θ_y (tilt), ϕ_z (Rotate)축과 광필터 스테이지의 θ_x, θ_y (tilt)를 이용하여 자동정렬을 하여 결합효율(Coupling Loss)이 0.3dB 이하로 측정될 때 자동 측정 프로그램을 이용하여 성능평가를 수행한다.

자동 조립된 필름형 마이크로 광필터의 성능평가항목은 삽입손실(Insertion Loss), 중심파장 손실(Center Wavelength Loss), 파장범위(Bandwidth), 절연(Isolation) 등으로서 삽입손실은 일반적으로 가장 많이 참고하게 되는 광콜리메이터 또는 광통신 장비의 성능 중 하나로서 어떤 신호가 광통신 장비를 거치면서 발생하는 손실을 측정하는 것을 말한다. 중심파장손실은 통신규격에서의 중심파장과 실제 광필터 중심파장간의 차이 값을 말한다. 절연(Isolation)은 통신에서 이웃채널에 노이즈를 미치는 영향 나타낸 것으로서 삽입손실이 좋아도 이웃채널로부터 노이즈가 많이 발생하면 통신효율은 나빠진다. 즉 얼마나 이웃채널과 노이즈 절연이 잘되어 있는가를 판정하는 기준 값을 말한다. 마지막으로 파장범위(Bandwidth)는 가로축을 광파워, 세로축을 파장으로 하여 측정하였을 때 이상적인 것은 직사각형모양이나 이것은 실제 제조 불가능하며, 보통 가우시안 형태를 갖는데 이 경우 얼마나 직사각형모양과 같은 정도를 갖는지 평가하는 기준을 말한다.

4. 결론

필름형 마이크로 광필터의 자동 조립 및 성능평가 시스템은 고 기능성 광통신 부품의 개발에 있어 가장 필요한 기술로 대두되고 있다. 본 연구에서는 마이크로 광콜리메이터 조립 및

성능평가 시스템을 개발하여 이 기술을 바탕으로 일반 광통신용 광필터는 물론 광필터 두께가 약 30 μm 인 필름필터 조립 성능평가 할 수 있는 시스템을 설계하였다. 향후 광필터 조립 성능평가 시스템을 제작하여 다양한 광필터의 조립 및 성능평가를 할 예정이다. 본 연구를 바탕으로 부품소재, 장비, 패키징 기술을 유기적으로 개발 함으로서 국내의 광부품 특히 광전부품, 복합 수동광부품, 광전집적 회로, 광시스템의 기반기술 구축 및 상품화 기술을 보유하게 될 것으로 기대된다.

후기

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

참고문헌

1. H. K. Yoon, H. D. Lee, J. C. Kim, Y. J. Song, S. B. Kim, "Development of compact OADM with multiport structure", 한국통신공학회 하계 학술대회, 2002
2. "2000 광산업 예측편람", Fuji Chimera Research Institute, Inc., Japan
3. Huey-Daw Wu, Frank S. Barnes, "Micro Lenses", IEEE Press, 1991
4. 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
5. A. Nicia "Lens coupling in fiber-optic devices; efficiency limiys", Applied Optics, Vol.20, Sept, 1981