

광필터의 스펙트럼 검사시스템 개발

김승철*, 김경범#

A New System Development for the Spectrum Inspection of Optical Filters

Seung Chul Kim*, Gyung Bum Kim#

ABSTRACT

Optical filters in WDM are passive communication components used in case of transmitting and reflecting lights with specific wavelengths. In this paper, a novel mechanism for the automatic and optical alignment has been presented. It includes minimum axes not to be coupled each other. The automatic spectrum inspection system has been developed to improve the alignment time of reference optical ray, spectrum inspection time and inspection quality, simultaneously. It has been confirmed that the proposed spectrum inspection system is faster, more precise and more reliable than those based on the conventional handwork.

Key Words : Active· Passive collimator(능동· 수동콜리메이터), Optical alignment mechanism(광정렬메커니즘), Optical filter(광필터), Spectrum inspection system(스펙트럼검사시스템), WDM(파장분할다중화)

1. 서론

현재 통신 기술은 통신과 방송, 인터넷이 융합된 품질보장형 광대역 멀티미디어 서비스를 언제 어디서나 끊임없이 이용할 수 있는 차세대 통합네트워크인 광대역통합망(Broadband Convergence Network)으로 발전되어가고 있다. 우선 50M~100M bps 급 광대역 통합망이 유무선 가입자에게 제공되고 이것이 방송가입자망으로 확대되어가고 있다. 한편, 100M bps 급 이상의 구내통신망 구축과 디지털 홈네트워크 보급을 통해 유비쿼터스(ubiquitous) 접속환경이 구현되고 있다.^{1,2}

이와 같이, 광대역통합망, FTTH(Fiber To The

Home), 유비쿼터스 환경에 따라 파장분할다중화(Wavelength Division Multiplexing)기술이 중요하게 대두되고 있다. WDM 기술은 하나의 광섬유에 여러 신호를 동시에 보낼 수 있어, 광섬유의 부족 문제를 해결하거나 추가로 광섬유를 포설하지 않고 전송용량을 증대시킬 수 있다. WDM 부품은 광섬유통신망에서 각기 다른 파장을 가지는 N 개의 채널의 신호를 하나의 선로로 합하는 다중화(multiplexer), 역으로 N 개의 다중화된 신호를 N 개의 채널로 분리하는 역다중화(demultiplexer)의 기능을 가지는 광학 수동소자이다. 채널간격에 따라 CWDM(coarse WDM), DWDM(dense WDM), U-DWDM(ultra DWDM)으로 분류되어 진다.³

접수일: 2005년 9월 8일; 게재승인일: 2006년 1월 13일

* 홈네스터(주), R&D Center

교신저자: 충주대학교 항공·기계설계학과

E-mail kimgb@chungju.ac.kr Tel.(043) 841-5378

급변하는 시장에 재빠르게 대응하기 위해서는 WDM 제조공정 중에 매우 중요하게 여겨지는 검사 부분에서 정확하고 일관되게 광필터 스펙트럼을 측정하고 검사할 수 있는 새로운 시스템 개발이 최우선시 되고 있다. 검사시스템은 광필터의 파장과 투과율을 측정함으로써 일련의 광필터의 특성을 분석하고 평가하는 것이다. 이 검사시스템에서는 광필터의 자동 적재 및 배출, 광필터 특성에 따른 분류, 세심한 광필터의 취급뿐만 아니라 고정도의 정렬 위치제어와 반복 정밀도 확보를 통하여 정확하고 신뢰성 있는 광필터의 측정 및 검사를 수행할 수 있는 메커니즘과 알고리즘의 개발이 필수적이다.

그러나 기존의 수작업에 의한 스펙트럼 검사공정에서는 광로정렬 및 스펙트럼 검사 시간의 과다 소요, 검사의 비일관성, 숙련된 전문가의 필요성 등의 문제가 발생되고 있다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 정밀 광로정렬 메커니즘을 설계 제작하여, 고속· 고정밀 자동 광로정렬을 실현하였다. 또한 자동 스펙트럼 검사시스템을 구축하여 광필터에 대한 스펙트럼 검사를 자동화함으로써 표준화된 품질관리 및 검사를 수행할 수 있도록 하였다.

2. 광필터 스펙트럼 검사

WDM 용 광필터는 WDM 부품의 핵심 부품으로서 특정파장을 가진 광을 투과시키거나 반사시킬 때 사용하는 광학 수동소자이고 WDM의 원리는 Fig. 1과 같다. 광필터의 제조는 Glass coating, 초음파 세척, 부착 및 연마, 절단, 검사 공정으로 나뉘어진다. 광필터에 대한 스펙트럼 검사 공정은 현재 Fig. 2와 같은 순서로 수행되고, 광학분석기기(OSA: optical spectrum analyzer)를 이용하여 기준광원과 광필터를 통과한 광의 특성값을 비교하여 Table 1과 같이. 통과대역(wavelength in pass band), 반사대역(wavelength in reflection band), 투과삽입손실(transmission insertion loss), 중심파장(central wavelength), 차단(isolation in reflection band), 리플(ripple in pass band) 등의 스펙트럼 특성⁴을 측정하고 평가한다. 이러한 스펙트럼 검사시스템은 기준광원을 투사하는 능동콜리메이터(active collimator)와 광필터, 그리고 광필터(optical filter)를 통과한 광원이 입사되는 수동콜리메이터(passive collimator)와

같이 세 개의 광학부품으로 구성된다. 각 콜리메이터는 광을 전달하는 광파이버를 통해 기준광원 장치(light source)와 광학분석기기(OSA)로 연결된다.

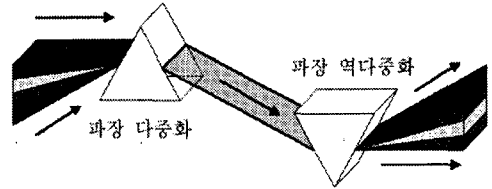


Fig. 1 The WDM principle

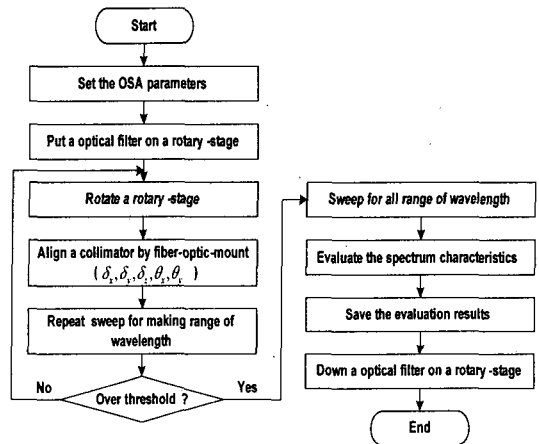


Fig. 2 The inspection process of optical filters

Table 1 Optical filter spectrums

Items	Unit	Example
Wavelength in Pass Band	nm	1480~1500
Max. Insertion Loss in Pass Band	dB	< 0.3
Ripple in Pass Band	dB	< 0.2
Wavelength in Reflection Band	nm	1260~1360, 1539~1560
Isolation in Reflection Band	dB	> 30
Center Wavelength	nm	1490
Operation Wavelength	nm	1290~1620
Pass Bandwidth	nm	> 32
Stop Bandwidth	nm	< 52
Angle of Incident	degree	4~11.5

Table 2 Optical filter dimensions

Items	Range
Refractive index	1.5~1.7
Filter thickness (tolerance)	0.5~1 (± 0.03) mm
Filter slope (tolerance)	0.12 (± 0.05) degree
Filter size	1.4 x 1.4 mm

그러나 정확하고 일관된 광학 스펙트럼 검사를 위해서는 이 세 개의 광학부품 정렬(alignment)이 매우 중요하다.^{5,6} Table 2는 현재 생산되고 있는 광필터의 치수 규격이다. 이와 같이 광필터의 양면의 경사도와 경사방향이 다르기 때문에 광필터의 스펙트럼 검사를 위해서는 반드시 광로정렬이 선행되어야 한다. 왜냐하면 광필터의 한쪽 단면은 광부품의 패키징을 수행할 경우, 광필터에 입사된 광이 수직으로 반사되어 광원으로 되돌아오지 않도록 하기 위해 일정량의 경사도를 주어 연마된다. 이것은 광필터로부터 반사된 광이 입사된 방향으로 되돌아가 광원에 영향을 주지 않게 하거나, 반사광을 다시 활용하기 위한 것이다.

본 연구의 스펙트럼 검사에서는 수직으로 코팅면에 입사된 광은 광필터를 투과할 때 광필터의 경사도 때문에 굴절되어 입사방향과 일치하지 않게 되며, 또한 그 굴절 방향은 광필터 단면의 절단 방향에 대한 경사방향이 불규칙하므로 일정하지 않다. 따라서, 통과대역폭 내에서의 최대 투과삽입손실, 반사대역폭 내에서의 차단 특성 등과 같은 입사광과 투과광과의 상대적인 광량 즉 투과율을 분석하는 문제에서 있어서는 수동폴리메이터를 투과광의 광로에 정확하게 정렬시켜야만 한다. 왜냐하면 폴리메이터의 기하광학적 특성으로 입사광의 위치 및 각도 오차(translation and angular error)에 따라 삽입손실 차이가 크게 나기 때문이다. 그러므로 오차범위 이내에 정확하게 정렬되어야 투과된 광이 손실 없이 수동폴리메이터에 입사되어 상대적인 스펙트럼 특성을 측정할 수 있다.^{7,9}

3. 정밀 메커니즘 설계 및 정렬 제어

3.1 정밀 메커니즘 설계

기존 수동 광로정렬 메커니즘은 Fig. 3 과 같이 5 개의 조정축을 가지는 Fiber optic mount 와 1 개의

회전축을 가지는 광필터스테이지를 이용하여 5 자유도의 정렬오차를 보정하여 검사를 수행하였다. 그러나 여기서의 조정축들은 서로 종속되어(coupled) 있어서 다수의 조정축을 동시에 조작하면서 수작업으로 정렬하여야 하므로 많은 시간과 숙련도가 필요하다.

본 연구에서 제안하는 새로운 광로정렬 시스템은 Fig. 4 와 같이 기준광원이 통과하는 능동폴리메이터, 광필터 그리고 수동폴리메이터를 측정 오차 범위 내로 광로에 정렬시키는 메커니즘으로 구성되어 있다. 능동폴리메이터는 하부 스테이지(down-stage)에 장착하여 고정시키고, 수동폴리메이터는 2 개의 모터 구동축을 가지는 상부 스테이지(up-stage)에 장착시키고, 광필터는 모터에 의해 회전되는 광필터스테이지(rotary-stage)에 올려지도록 한다. 광필터 검사시스템의 광로정렬은 X, Y, Z 축 병진오차($\delta_x, \delta_y, \delta_z$), 그리고 Yaw, Pitch 오차(θ_y, θ_x)로 표현되는 5 자유도를 가진다. X, Y 축의 병진오차는 능동수동 폴리메이터가 장착되어 있는 하상부 스테이지상의 5 자유도 조정이 가능한 Fiber optic mount 를 이용하여 초기에 수동으로 정렬하고, Z 축 병진오차와 Yaw, Pitch 오차는 각각

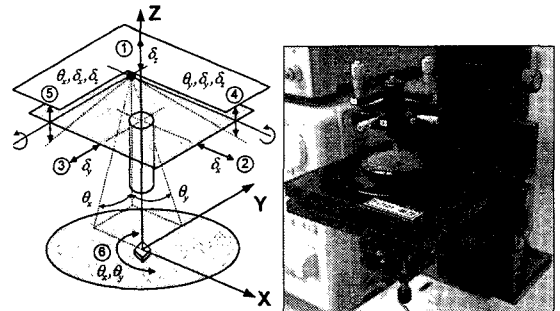


Fig. 3 A previous manual alignment mechanism

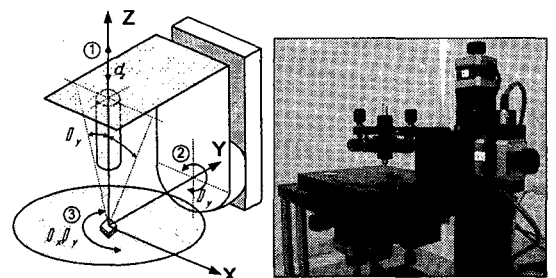


Fig. 4 A new optical alignment mechanism

3 개의 모터 구동축으로 정렬 제어한다.

본 연구에서의 자동 광로정렬 메커니즘은 자동으로 광로정렬을 빠르고 정확하게 수행하기 위하여 Fig. 4 와 같이 모터 구동축을 3 개로 줄이고 각 축이 서로 독립적으로 구동하여 각 정렬오차를 보정하도록 설계하였다. 즉, 수동콜리메이터를 광로에 정렬시키기 위해 Z 축 병진오차와 Yaw 오차를 보정하는 Z 이송축과 Y 틸트축을 모터 구동축으로 사용하였고, 광필터를 회전시켜 Pitch 오차 없이 ($\theta_x=0$) 광이 투과되도록 하는 Z 회전 모터 구동축을 적용하였다.

이와 같이 조정축을 줄이고 광로정렬 정도 및 측정정밀도를 높이기 위해서는 기준광로와 모터구동축의 초기 정렬 정도가 아주 중요하다. 광필터 스테이지의 회전지그 위에 올려지는 광필터는 회전시에도 코팅면에 기준광원이 수직으로 입사되도록 초기 정렬되어 있어야만 한다. 그러면 광필터의 회전시 투과광의 광로 오차는 광필터 투사면의 경사도 및 두께 편차의 영향으로 투사면에서만 굴절이 일어나 Yaw, Pitch 오차와 Z 축 병진오차만 나타나게 된다. 그러나 입사광이 광필터에 수직하지 않게 입사된다면 입사시와 투사시 모두 굴절이 일어나 투과광의 광로에는 X, Y 축 병진오차가 포함되게 된다.

능동콜리메이터로부터 나오는 광이 최소의 손실로 모두 수동콜리메이터로 입사되도록 하기 위해서는 광필터 없이 구동축의 기준원점 상태에서 X, Y 축 병진오차나 Yaw, Pitch 오차가 거의 없도록 초기 정렬되어 있어야 한다. 이것은 상/하부 스테이지의 Fiber optic mount 를 수동 조절하여 정렬시킨다. 광필터 검사는 이 상태에서의 스펙트럼을 기준광원에 대한 기준값으로 하고 광필터를 투과한 광의 특성값과의 차이를 비교 평가하는 것이다. 즉, 상부 스테이지의 Z 이송축은 오직 Z 축 병진오차만 보정되도록 수동콜리메이터를 Z 축과 일치하도록 초기 정렬되어야 한다. 이 축의 기준원점은 Y 틸트축의 회전중심축과 광필터 스테이지의 회전지그면에 일치되도록 설정하여 광필터의 두께에 대한 보정만이 이루어 질 수 있도록 한다. 또한 상부 스테이지 Y 틸트축의 회전중심축은 모든 기준원점 상태에서 Y 축과 일치되도록 초기 정렬되어야 한다. 이것은 자동 정렬시 광필터 투사면의 경사도에 따른 Yaw 오차만을 분리하여 보정할 수 있게 해준다.

위와 같이 초기 정렬된 광로정렬 메커니즘은

광필터 스테이지의 회전지그 위에 평행하게 올려진 광필터를 Z 회전축으로 회전시켜 투과광이 Pitch 오차 없이 Yaw 오차만 있도록 정렬시키고, 광필터 두께에 의해 야기되는 Z 축 병진오차는 상부스테이지의 Z 이송축으로 정렬시키고, 광필터의 경사도에 따른 Yaw 오차는 상부스테이지의 Y 틸트축으로 정렬시킨다. 이를 통해 본 연구에서 제안하는 새로운 광로정렬 메커니즘은 3 개의 구동축만으로도 능동·수동 콜리메이터와 광필터의 모든 광로를 오차범위 내에서 정밀하고 신속하게 정렬시킬 수 있다.

3.2 자동 정렬제어

콜리메이터는 중심파장이 1310 nm 또는 1550 nm, 삽입손실은 0.2 dB이하, 동작거리는 5 mm로 최대 20 mm이하이다. 그리고 입사되는 광은 유효지름이 0.5 mm이하, 발산도(beam divergence)는 0.25 도 이하, 입사각도(acceptance angle)는 0.15 도 이하이어야 한다. 이러한 콜리메이터와 입사광과의 기하광학적 특성은 실험을 통해 확인한 결과 위치 정렬오차의 분해능은 약 $\pm 10 \mu\text{m}$, 각도 정렬오차의 분해능은 0.01 도이었다. 이 결과는 OSA 의 측정 분해능 오차 범위 내에서의 정렬오차 분해능 정도를 평가한 것이다.

Table 2 와 같이 주어진 광필터 치수규격으로부터 발생하는 광로정렬 오차를 분석하면 굴절률이 최대 1.7 일 때 경사도가 0.12 도에 편차가 ± 0.05 도이므로 Yaw 오차는 $0.084(\pm 0.035)$ 도가 된다. 그러므로 광필터 치수의 경사도 오차로 야기되는 Yaw 오차는 반드시 보정되어야만 한다. 그리고 광필터 경사도에 따른 두께 편차는 약 $\pm 2 \mu\text{m}$ 으로 필터 두께의 편차 $\pm 30 \mu\text{m}$ 보다는 작은 값이므로 무시하고, 굴절되어 Yaw 오차 0.2 도를 가지는 광은 두께 편차 $\pm 30 \mu\text{m}$ 에 의해 야기되어 수평방향 위치오차는 약 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 이다. 그러므로 경사도와 두께 편차에 의한 위치오차는 위치 정렬오차 분해능이 $\pm 10 \mu\text{m}$ 이므로 무시할 수 있다.

위와 같은 결과로부터 광필터와 콜리메이터의 광로정렬은 광필터 두께에 대한 Z 이송축으로는 위치정렬, 경사도에 대해서는 Y 틸트축과 Z 회전축으로 각도정렬을 수행하면 원하는 정도를 얻을 수 있다.

광필터의 회전위치를 Z 회전축으로 조정하고 수동콜리메이터의 각도를 Y 틸트축으로 조정하면

서 각각의 위치에 따른 투과삽입손실의 분포는 Fig. 5 와 같이 얻을 수 있다. 최적의 광로정렬위치는 손실이 가장 작은 극대점이 된다. 그리고 이 위치를 가능한 최소의 스텝으로 빠르게 찾아가는 것이 목적이다. 자동 정렬제어는 Fig. 4 의 광로정렬 메커니즘을 이용하여 아래와 같은 순서로 수행된다. 우선, 필터두께에 대한 Z 축 병진오차를 보정하기 위해 Z 이송축을 구동하고, 극대점(hill point)를 빠르게 찾기 위하여 초기 Y 틸트축 위치를 설정한다. Z 회전축은 광로의 Pitch 오차를 보정하는 것으로 광필터를 회전시켜 광로의 굴절방향이 ZX 평면에 놓이게 즉, 광필터의 경사면이 ZX 평면에 수직하게 정렬시킨다. 이때 측정되는 삽입손실의 크기와 변화량을 판단하여 Z 회전축의 제어 스텝 크기와 방향을 판단한다. 주어진 초기 Yaw 오차에 대한 Z 회전축의 극대점 위치가 한계값 이상이면 원하는 정렬이 수행되어진 것으로 보고 스펙트럼 검사를 수

행한다. Z 회전축의 정렬 후에는 Y 틸트축을 구동하여 Yaw 오차를 보정하는 정렬을 수행한다. 이때에도 삽입손실의 크기와 변화량을 판단하여 Y 틸트축의 제어 스텝 크기와 방향을 결정한다. 그리고 이때 검색된 극대점 위치는 최적의 광로정렬 위치가 될 것이다. 일반적으로 삽입손실량 분포는 Fig. 5 와 같이 각 최대 정렬위치에서 대칭인 구조를 보이므로 대부분 1 회의 Z 회전축 정렬과 Y 틸트축 정렬로 최적의 정렬위치를 찾을 수 있다

4. 스펙트럼 검사시스템 구축 및 성능 평가

4.1 하드웨어 구성

Fig. 6 은 본 연구에서 개발한 WDM 용 광필터 스펙트럼 검사시스템의 전체 하드웨어 구성도이다. Broadband light source 는 Agilent 사의 83437A, OSA 는 ANDO 사의 AQ6317, Optical fiber collimator 는 Accelink 사의 FCO-S-FC/PC 를 사용하여 광학계를 구성하였으며, 기구부는 5 상의 정밀 스텝핑모터를 사용하여 Table 3 과 같은 특성을 가지도록 설계 제작하였다. 또한 제어부는 GPIB 인터페이스와 Digital In/Out 보드가 내장된 PC 를 이용하여 각각 광학계와 기구부를 제어한다. 광학계는 피드백 입력수단으로서의 센서 역할을 수행하며, 기구부는 출력수단으로서의 구동기 역할을 수행한다. GPIB 인터페이스를 통하여 OSA 를 실시간으로 리모트 컨트롤함으로써 PC 상에서 OSA 의 모든 기능을

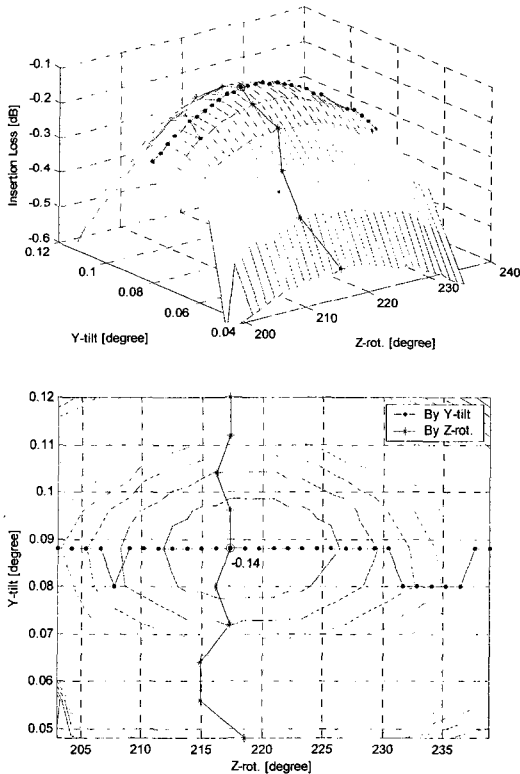


Fig. 5 Transmission insertion loss profiles resulting from angular misalignments

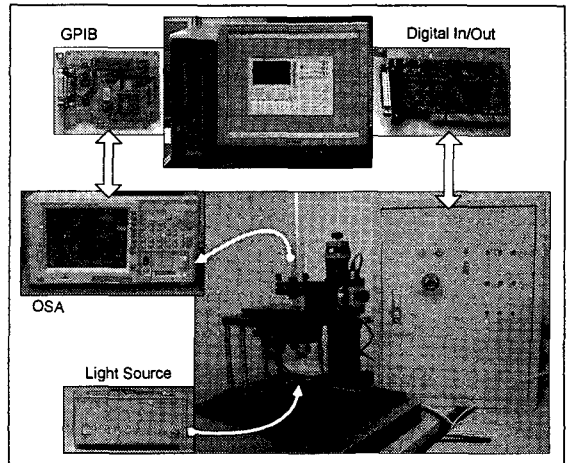


Fig. 6 The developed spectrum inspection system

Table 3 Design specifications for a developed mechanism

Axis	Range	Resolution
Z-trans	25 mm	2.5 μm
Y-tilt	± 10 degree	0.008 degree
Z-rot.	360 degree	0.12 degree

제어하고 감시할 수 있다. 또한 측정된 광량을 읽어 최적의 정렬위치를 판단하거나, OSA 에서 분석한 스펙트럼 측정 결과를 바탕으로 광필터의 성능을 평가한다. 배전반 내의 터미널보드를 통해 스텝핑모터 드라이브, 기준원점 센서 및 조작반 등이 Digital In/Out 보드와 연결된다. 그리고 Digital In/Out 보드의 입출력 신호로 수동콜리메이터와 광필터스테이지의 모터들을 구동시켜 광로정렬 제어를 수행한다.

4.2 소프트웨어 구성

검사시스템은 Fig. 7 과 같은 화면구성을 가지며 수동 광로정렬, 자동 광로정렬, OSA 원격제어, 스펙트럼 검사, 평가항목 설정, 원점 초기화, 데이터베이스 등의 모듈로 구성되어 있다.

수동 광로정렬 모듈에서는 OSA 에서 측정된 광량값을 눈으로 보면서 마우스 및 키보드 등을 이용하여 최적 광로정렬 위치로 각 구동축을 제어한다. 항상 현재의 구동축 위치를 알 수 있도록 화면상에 표시하였고, 좌표값 입력에 의한 연속이동, 키버튼에 의한 조그이동, 마우스에 의한 스텝 및 슬라이더 이동 등의 기능이 주어진다.

자동 광로정렬 모듈에서는 자동 광로정렬 알고리즘에 의해 GPIB 인터페이스를 통해 측정된 광량을 바탕으로 3 개의 구동축을 제어하여 설정된 조건하에서 자동으로 최적의 광로정렬 위치를 찾는다. 최적의 정렬위치에서 광필터를 투과하여 수동콜리메이터에 입사되는 광은 삽입손실이 최소가 되며, 이때에 비로소 최적의 스펙트럼 평가를 수행할 수 있다.

OSA 원격제어 모듈에서는 OSA 에 대한 GPIB 인터페이스와 PC 화면상에서의 사용자 인터페이스를 구축하여 OSA 의 모든 기능을 실시간으로 원격 제어 및 감시할 수 있도록 하였다. 자동 광로정렬을 실행할 때에는 연속적으로 정렬위치 변화에 따른 광량의 변화를 측정하며, 정렬 후 스펙트럼 검

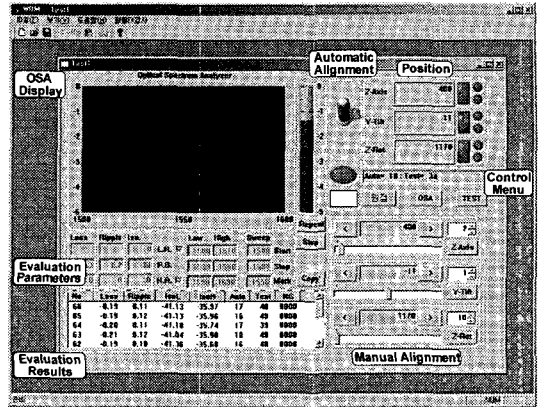


Fig. 7 An implemented inspection system software

사시에는 각 광필터의 평가항목 특성에 따른 OSA 설정값을 원격 조정하여 모든 설정 대역폭에 대한 스펙트럼 측정을 수행한다. 그리고 측정된 스펙트럼 값은 OSA 표시창에 파장에 따른 광량 변화 그래프로 보이게 하였다.

스펙트럼 검사 모듈에서는 OSA 원격제어로 측정된 스펙트럼 값을 분석하여 각 광필터의 평가항목에 대한 특성값 및 성능을 평가한다. 스펙트럼 측정값과 평가결과는 Fig. 7 과 같이 화면상에 표시되며 별도의 파일로 내용을 저장하여 데이터베이스를 구축한다.

평가항목 설정 모듈에서는 각 광필터에 대한 스펙트럼 특성 중 Table 1 의 내용과 같은 평가항목들을 지정하고, 각 항목의 평가기준 및 평가방법을 설정한다. 또한 광량을 측정하기 위한 OSA 의 설정변수 값을 결정한다. 그리고 모든 설정 내용은 파일로 저장하여 각 광필터 종류별로 관리할 수 있도록 하였고, 검사시스템의 화면상에 평가항목 및 평가기준 등이 표시되도록 하였다.

원점 초기화 모듈에서는 처음 시스템 동작시 원점 센서를 판단하여 각 구동축의 기준 원점을 찾아 좌표를 초기화하는 기능을 수행한다. 자동 광로정렬을 실행하기 전에 반드시 각 축의 원점이 초기화되어 있어야 한다.

데이터베이스 모듈에서는 시스템 하드웨어 및 소프트웨어의 초기 설정값과 모든 검사 진행내용 및 결과 등이 파일로 저장되어 광필터에 대한 품질관리뿐만 아니라 검사공정 자체도 전산화할 수 있도록 하였다. 개발 시스템의 데이터베이스에는 시스템변수 설정정보, 광필터의 종류에 따른 평가

항목 정보, 평가항목에 따른 OSA 설정변수 및 자동 광로정렬 제어변수 정보, 자동 광로정렬 결과 정보, 스펙트럼 측정정보, 스펙트럼 평가결과 정보 등이 체계적으로 저장되도록 하였다. 향후 이러한 데이터베이스 정보는 통계적인 품질관리를 수행할 수 있는 기초를 제공한다.

4.3 검사시스템 성능 평가

자동 광로정렬 후 스펙트럼 검사를 수행하고 그 평가결과를 저장한 파일 내용을 Table 4 에 나타내었다. 평가항목 설정 모듈에서 지정한 평가항목에 대한 측정값과 평가기준 및 방법에 의해 판단한 불량유무 등이 매 검사 종료 후에 순차적으로 저장된다. 내용에는 검사회수(No), 불량표시(NG), 통과대역폭 내에서의 최대 투과삽입손실(Loss), 통과대역폭 내에서의 최대 리플(Ripple), 반사 저대역폭 내에서의 최저 차단(Iso.L), 반사 고대역폭 내에서의 최저 차단(Iso.H), 자동 광로정렬 시간(Align), OSA 상에서의 스펙트럼 검사시간(OSA) 등이 나타난다. 이 표의 12 회 실험결과로부터 광로정렬 시간은 표준편차 2.7 초, 평균 11.2 초의 결과를 얻을 수 있었으며, 각 검사항목에 대한 불량유무를 정량적으로 판단할 수 있었다.

위의 실험결과로부터 개발된 자동 검사시스템과 기존의 수동 검사시스템과의 검사 시간에 대한 성능을 비교하여 Table 5 에 나타내었다. 광로정렬 시간은 수동 검사시스템은 작업자의 숙련도에 따라 최소 30 초에서 최대 60 초까지 필요하지만 개발된 자동 광로정렬 시스템에서는 최대 16 초 이내에서 원하는 정도의 광로정렬 결과를 얻을 수 있었다. 즉, 광로정렬 시간은 50% 이상 단축할 수 있었다. 또한 자료저장시간이 기존 수동방식에서는 디스켓에 매번 저장하여 작업 PC 로 복사하여야 하므로 30 초 이상의 많은 시간이 소요되었지만 개발된 자동 검사시스템에서는 실시간으로 바로 하드디스크에 저장되므로 별도의 자료저장 시간이 소요되지 않는다. 그러므로 순수하게 전체적인 검사시간만을 비교하여도 본 개발 시스템에서는 이전의 100~130 초 소요되던 검사시간을 57 초 이하로 50%이상 검사시간을 단축할 수 있다. 그리고 처음부터 자동 검사시스템은 DB 전산화가 되도록 측정데이터 및 평가결과 데이터를 구축하므로 별도 수작업으로 자료를 기록하고 통계관리를 하는 번거로운 작업시간이 필요하지 않는다. 이러한 시스

Table 4 Evaluation results of the inspection system

No	NG	Loss	Ripple	Iso.L	Iso.H	Align/OSA
ABC00021	0000	-0.20	0.20	-41.00	-35.79	16 40
ABC00022	0000	-0.17	0.18	-41.71	-35.03	8 41
ABC00023	0000	-0.29	0.11	-42.66	-34.36	15 41
ABC00024	0000	-0.26	0.13	-41.33	-35.74	13 39
ABC00025	0000	-0.27	0.12	-41.35	-35.86	9 40
ABC00026	0000	-0.18	0.11	-42.73	-34.34	12 40
ABC00027	0000	-0.20	0.11	-41.39	-35.68	8 40
ABC00028	0000	-0.21	0.12	-41.04	-35.90	10 40
ABC00029	0000	-0.15	0.11	-37.89	-39.41	13 40
ABC00030	0000	-0.22	0.11	-41.74	-35.17	11 43
ABC00031	0000	-0.30	0.12	-41.16	-36.08	11 40
ABC00032	0000	-0.20	0.10	-42.65	-34.42	8 40

Table 5 Inspection time comparisons

Process	Manual time	Automatic time
Optical alignment	30 ~ 60sec	16sec under
OSA inspection	40sec over	40sec under
Data saving	30sec over	1sec under
Total inspection time	100 ~ 130sec	57sec under
Time of DB construction	Needed much time and efforts	Automatic. No needed much time

템에서는 검사공정이 정량적으로 전산화되므로 사용자에게 광필터에 대한 표준화된 품질관리기준을 제공하며 더 나아가 품질의 신뢰성과 향상을 가져올 수 있다.

5. 결론

WDM 용 광필터의 스펙트럼 특성을 자동으로 검사하기 위하여 본 연구에서는 스펙트럼 검사시스템의 하드웨어와 소프트웨어를 설계 제작하여 그 성능을 검증하였다.

3 개의 독립된 구동축을 가지는 정밀 광로정렬 메커니즘을 설계 제작하였고, 이 메커니즘에 적합한 자동 광로정렬 알고리즘을 개발하여 기존 수동 정렬시보다 50%의 시간을 단축하면서 고속/고정밀 자동 광로정렬을 실현하였다. 또한, 자동 스펙트럼 검사시스템을 구축하여 광필터에 대한 스펙트럼 검사를 자동화함으로써 기존 수동 검사 때보다 50%이상의 검사시간을 단축하였고, 검사공정 전체에 대한 모든 정보를 정량적인 데이터베이스

로 구축하여 검사공정의 전산화를 실현하였다.

개발된 WDM 용 광필터의 스펙트럼 검사시스템은 사용자에게 표준화된 품질관리기준을 제공할 뿐만 아니라 광학 관련 IT/ST 부품의 특성을 측정하고 평가하는데도 적용이 가능하리라 판단된다.

참고문헌

1. "A network based on BcN, ubiquitous convergence," KETI, 2005.3.
2. "Technology and market analysis on optical communication parts," KETI, 2001.6.
3. "Optical communication parts used in WDM/DWDM," KETI, 2002.5.
4. Sakamoto, T., "Ray trace algorithm for GRIN media," Applied Optics, Vol. 26, No. 15, pp. 2943-2946, 1987.
5. Choi, D. S., "Development and characterization of active aligning system of optical fiber and film filter for micro optical communication module," J. of KSPE, Vol. 21, No. 9, pp.111-118, 2004.
6. Tang, Z., Zhang, R., Mondal, S. K., Shi, F. G., "Optimization of fiber-optic coupling and alignment tolerance for coupling between a laser diode and a wedged single-mode fiber," Optic Communications, Vol. 199, pp. 95-101, 2001.
7. Uhm, C., Kim, B. H., Choi, Y. S., "Development of automatic optical fiber alignment system an optical aligning algorithm," J. of KSPE, Vol. 12, No. 4, pp.194-201, 2004.
8. Tang, Z., Zhang, R., Shi, F. G., "Effects of angular misalignment on fiber-optic alignment automation," Optic Communications, Vol. 196, pp. 173-180, 2001.
9. Tseng, C. Y., Wang, J. P., "Automation of multi-degree-of-freedom fiber-optic alignment using a modified simplex method," International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2005.(In press, corrected proof)