

편광 유지형 광섬유의 검사 모니터링 시스템 개발

김재열*, 임종환⁺

(논문접수일 2007. 6. 25, 심사완료일 2007. 8. 9)

Development of Monitoring System for Inspection of Polarization Optical Fiber

Jae-Yoel Kim*, Jong-Han Lim⁺

Abstract

Optical communication according to request of technology of communications and optical fiber to be full filed faster communication and pass over transmission capacity limit per unit area, per unit hour appeared, and this optical fiber acts the biggest role to influence performance of optical communication network. Optical fiber(PMF Polarization Maintaining Fiber) is used, and is used by electric field measurement, self-discipline measurement, sensor(Sensor) Department by high definition measure such as thermometry and storehouse component that use because make broad sense status and polarized light information in passageway and union with storehouse integrated circuit etc. that use broad sense interference developing could transmit in state that keep transmitting broad sense plane of polarization is polarized light existence. Also, research is developed by optical fiber for Coherent communication recently.

Key Words : PMF Polarization Maintaining Fiber(편광유지 광섬유), Single Polarization Fiber(단일편광 광섬유), Circularly Polarization Maintaining Fiber(복굴절 광섬유), Interference(간섭)

1. 서론

광섬유를 전송로로 이용하는 광통신은 전송선의 전송량이 클 뿐만 아니라 전자기파의 영향으로 잡음이 발생하지 않고, 외부로의 누설이 용이하지 않아 정보 유출을 막을 수 있는 장점을 지니고 있다.

더 빠른 통신을 실현시키고 단위 면적당, 단위 시간당의

전송용량한계를 넘으려는 통신기술의 요구에 따라 광통신과 광섬유가 등장을 했고, 이 광섬유는 광통신 네트워크의 성능을 높이는데 가장 큰 역할을 한다. 이러한 상황에 맞추어 더 좁고 정교한 선폭을 가지는 기술들이 개발 되는 가운데 광섬유의 분산을 보정하는 기술이 개발되었다.

앞으로 고속 광통신망에서 일반 단일모드 광섬유 대신 편광유지 광섬유로 대체할 전망이며, 따라서 광섬유 소자도 편

* 조선대학교 메카트로닉스공학과 (jykim@chosun.ac.kr)

주소: 539-710 광주시 동구 서석동 375

+ 경원대학교 공과대학 기계자동차공학과

광유지 형 광섬유를 이용해야 하며 세계적으로 이미 편광 문제를 극복하기 위한 편광 커플러를 개발하였거나 개발 중에 있다.

광통신 소자를 구현하는 방법으로 소자의 형태에 따라 크게 벌크형, 집적광학형과 광섬유형으로 분류 할 수 있다.

광섬유형 소자는 원하는 광학적 기능이 광섬유 상에서 이루어지기 때문에 소자 제조 공정이 비교적 단순하고 다른 두 가지 형태의 소자보다 기계적 신뢰성이 높고 삽입손실이 매우 작다.

2. 편광유지형 광섬유의 개요

본 논문은 편광유지 광섬유 정렬 장치를 이용하여 보다 상세하게 편광유지 광섬유에 빛을 조사하여 투과된 이미지를 분석하여 간단하게 광섬유의 편광 축을 정렬할 수 있는 편광유지 광섬유 정렬 장치 모니터링 시스템 개발이다.

편광유지 광섬유(PMF Polarization Maintaining Fiber)는 전송하는 광의 편파면을 유지한 상태로 전송할 수 있어, 광의 간섭(Interference)현상을 이용하는 전송로 및 광 직접 회로와의 결합 등에 이용되며, 광의 위상 및 편광을 정보로 하여 이용하는 전계측정, 자계측정, 온도측정 등 고정밀도 계측에 의한 센서(Sensor)부 및 광 부품으로 사용되고 있다. 또한 최근에는 코히런트(Coherent)통신용 광섬유로서 연구 개발되고 있다.

편광유지 광섬유는 복굴절 광섬유와 단일편광 광섬유(Single Polarization Fiber)의 2가지로 나눌 수 있으며 또 복굴절 광섬유는 단일직선 편파형 단일 원파형(Circularly Polarization Maintaining Fiber)으로 나누어진다. 편광유지 광섬유는 지금까지 여러 형태의 것이 발표되고 있으며, 어느 것이나 광섬유 단면의 X방향과 Y방향의 구조를 다르게 하

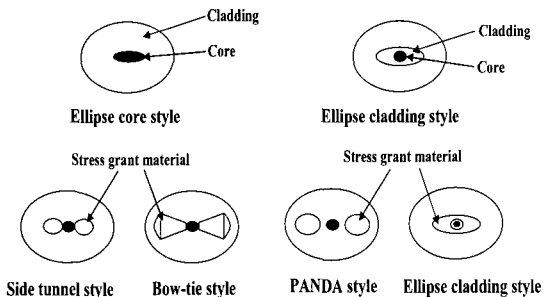


Fig. 1 Optical fiber is polarized light sign of the cock of various kind

여, 이 파의 전파속도가 서로 다르게 되어 있다. 편광유지 광섬유로는 판다(PANDA Polarization Maintaining and Absorption Reducing Fiber)형 광섬유가 대표적이며, 통상 광이 통하는 코어(Core)의 굵기는 3[μ m]에서 10[μ m]정도이고 클래딩의 외경은 표준 광섬유와 같이 125[μ m]가 많다. 판다 광섬유는 편파면을 보존할 목적으로 2개의 응력부여재가 코어의 양측에 배치되어 제조 시 스트레스에 의해 X방향과 Y방향의 굴절률에 차를 두어 편파면을 유지하고 있다. 편광유지 광섬유는 편광유지형 광 접퍼코드, 광 커플러, 광 편광기, 광 편광분리기와 같은 광소자나 광 부품에 많이 이용되는데, 그 제작과정에서는 편광유지 광섬유의 편광축을 정렬하는 과정이 필수적이다.

3. 편광유지형 광섬유 정렬장치의 구성

3.1 시스템 구성 및 설계

편광유지 광섬유의 편광축을 요구되는 방향으로 정렬하기 위한 편광유지 광섬유 정렬장치에 있어서, 베이스 양측에서 서로 마주보게 설치되어 편광유지 광섬유가 베이스의 상부를 가로지르게 위치되도록 그 편광유지 광섬유를 파지하고, 파지된 광섬유와 일체로 회전하게 되게 베이스의 상부에 설치된 클램핑 장치와, 클램핑 장치를 회전시키기 위한 회전수단, 이송대, 일방으로 빛을 조사하도록 이송대에 장착된 램프, 램프와 마주보는 위치에서 램프로부터 조사된 빛에 의해 형성된 이미지를 촬영하도록 이송대에 장착된 카메라가 구비된 촬영장치, 촬영장치에 의해 촬영된 이미지를 분석하여 편광유지 광섬유의 편광축의 틀어진 정도를 측정하여 출력하는 컴퓨터를 포함한다.

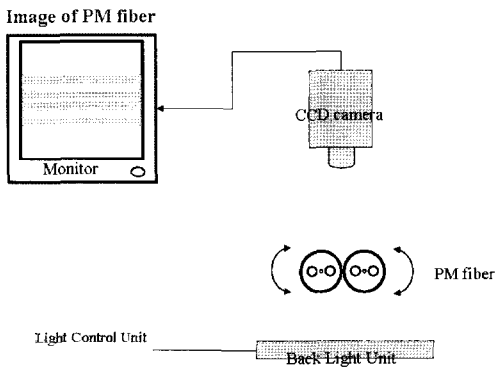
또한 본 편광유지형 광섬유의 검사 모니터링 시스템 개발 장치는, 회전장치의 회전을 구동시키기 위한 구동장치가 더 구비되고, 컴퓨터는 측정된 편광유지 광섬유의 편광축의 틀어진 정도에 따라 구동장치의 작동을 제어하는 것이다.

또한 본 시스템 개발은 촬영장치의 램프는 수개가 중형으로 배열되게 설치되어 있다.

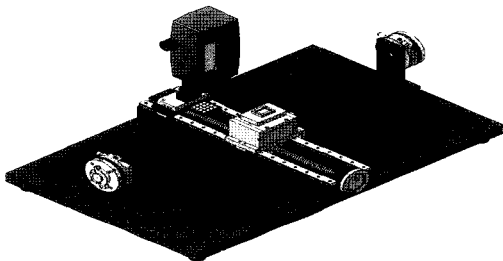
3.2 클램핑 및 회전 시스템

Fig. 3은 클램핑 장치로서 전체 시스템 중 베이스의 양측에서 서로 마주보게 설치된 브라켓에 지지되어 편광유지 광섬유가 베이스의 상부를 가로지르게 위치하도록 그 편광유지 광섬유를 고정하고 회전 장치에 의해 고정된 광섬유와 일체로 회전될 수 있도록 설계하였다.

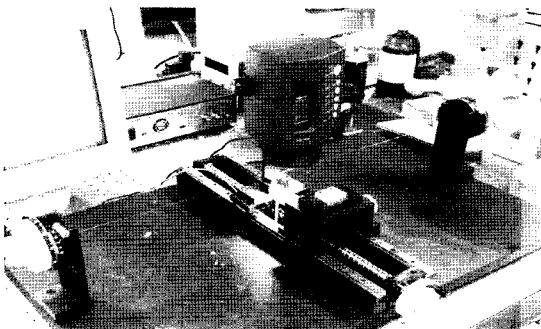
클램핑 장치의 전체적인 구성은 하우징, 클램핑원반, 클램



(a) Structure of system



(b) 3D-Modeling



(c) Real Photograph

Fig. 2 Examination monitoring system of polarized light preservation style optical fiber

퍼 및 마그네트를 포함하여 구성된다.

여기서 하우징은 클램핑 원반이 회전가능하게 지지되기 위한 것으로 베이스의 브래킷에 고정된다.

클램핑 원반은 중앙에 축 방향으로 돌출된 부위가 형성되고, 돌출된 중앙에 편광유지 광섬유가 삽입되어 통과되기 위한 통과구멍이 관통 형성되며, 통과구멍에 삽입된 편광유지 광섬유가 노출되게 돌출 부위의 일측이 절취된 절취부가 생

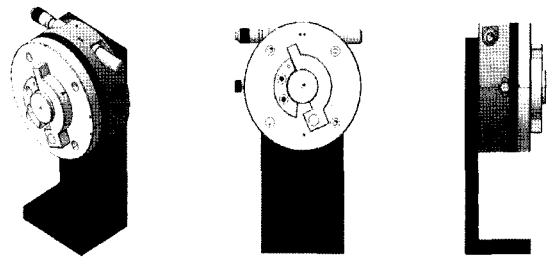


Fig. 3 Clamp of optical fiber array device and turning means is polarized light existence

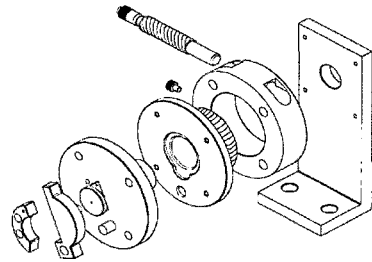


Fig. 4 Drawing of clamping means and turning means

성되고, 하우징에 회전가능하게 지지가 된다.

클램퍼는 통과구멍에 삽입된 편광유지 광섬유를 절취부를 통해 고정하기 위한 것으로, 절취부에 삽입 및 이탈되는 방향으로 회전가능하게 클램핑 원반에 회전지지 된다.

회전 장치는 촬영된 편광유지 광섬유의 이미지의 분석에 따라 클램프장치에 의해 고정된 편광유지 광섬유의 편광축을 정렬하기 위하여 클램프장치를 일방 또는 양방으로 회전시키기 위한 것이다.

회전 장치에 의해 클램핑 장치가 회전되면 그 클램핑 장치에 의해 고정된 광섬유는 그 클램핑 장치와 일체로 회전된다.

Fig. 4의 도면을 참조하면 회전장치는 클램핑 원반과 일체로 회전되도록 클램핑 원반과 연결되어 하우징에 회전 지지된 워HEEL과 워HEEL에 맞물리게 하우징에 지지된 워기어가 포함되어 구성된다.

도면에는 워기어를 회전시키기 위하여 중앙에 워부가 형성되고 일측 말단에 손으로 잡을 수 있는 노브가 구비되어 사용자가 촬영 장치에 의해 분석된 데이터에 따라 손으로 워기어를 회전시킬 수 있도록 한 실시예가 되어있지만 본 시스템은 컴퓨터에 의해 제어되면서 회전 장치를 회전 구동시키기 위한 구동장치가 더 구비되어 측정된 편광유지 광섬유의 편광축의 틀어진 정도에 따라 컴퓨터에 의해 구동장치의 작동이 자동제어 되도록 구성되어질 것이다.

3.3 검사 시스템

본 논문의 광섬유 검사 방법은 클램핑 장치에 의해 파지되어 본 시스템 베이스의 상부에 위치된 편광유지 광섬유의 특정 부분의 이미지를 촬영하는 것이다.

Fig. 5는 본 시스템의 (a) 촬영장치인 CCD 카메라와 LED 램프, (b) 이송장치인 볼스크류를 나타낸 것이다.

본 논문의 검사시스템은 베이스의 가이드를 따라 이동장치에 의해 베이스의 폭 방향으로 이송되도록 가이드 및 이송장치에 연결된 이송대와 상방으로 빛을 조사하도록 이송대에 장착된 램프와 램프와 마주보는 위치에서 상기 (a)의 촬영장치인 CCD 카메라와 LED 램프로부터 조사된 빛에 의해 형성된 이미지를 촬영하도록 이송대에 장착된 카메라가 포함되어 구성된다. LED 램프와 CCD 카메라사이에는 클램핑 장치에 의해 지지된 편광유지 광섬유가 위치되며 LED 램프로부터 조사된 빛이 그 광섬유를 투과되면서 광섬유의 이미지가 CCD 카메라에 촬영된다. 반면에, 본 시스템 LED 램프에 의해 형성된 빛은 고른 조도를 갖도록 분포되는 것이 바람직하다. 따라서 본 광섬유 검사 시스템에서는 촬영장치의 램프가 LED램프 수개가 중횡으로 배열되게 설치함으로써 고른 조도를 갖도록 빛을 조사하도록 한 것을 특징으로

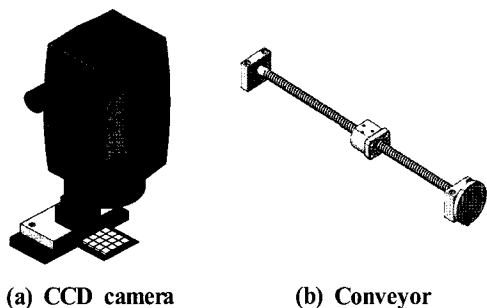


Fig. 5 Photographing tool and emitting light lamp image / Ball screw

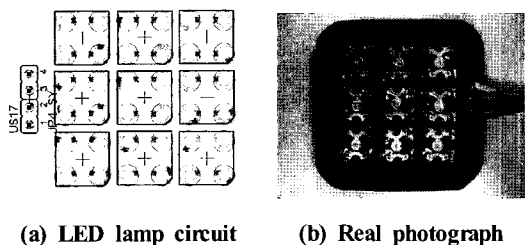


Fig. 6 LED lamp circuit & Real photograph

한다.

(b) 이송장치는 베이스의 중앙에 폭 방향으로 길게 설치된 가이드를 따라 회전가능하게 설치되어 촬영장치의 이송대와 연결된 스크류 막대를 회전시키기 위한 핸들을 포함하여 구성된다.

4. 편광유지형 광섬유 검사 및 모니터링

본 논문에서 컴퓨터는 촬영 장치에 의해 촬영된 이미지를 분석하여 편광유지 광섬유의 편광축의 틀어진 정도를 측정하여 출력하고, 그 데이터를 이용하여 회전 장치를 구동시키는 구동장치의 작동을 제어한다.

Fig. 7은 검사모니터링 프로그램의 구동을 나타내고 있으며 (a) CCD 카메라를 이용한 편광 유지형 광섬유를 검사 및 모니터링 과정과 (b) 편광유지형 광섬유의 실시간 PM 응력부여부를 확인하기 위한 실행파일과 Block Diagram을 설계를 표시 하고 있다.

본 논문의 컴퓨터 프로그램을 정렬장치를 이용하여 편광유지를 나타내는 형태 중 판다형의 편광 유지형 광섬유를 검사 및 모니터링을 실시하였다.

Fig. 8의 이미지는 편광유지 광섬유의 가장 대표적인 광섬유종인 판다형 광섬유를 연속적으로 정렬 및 모니터링을 하여 보았다.

Fig. 9의 이미지는 판다형 광섬유의 단면을 잘라 이미지화 하였다.

PM fiber의 축 정렬과 함께 정렬을 해야 함으로 Fiber Jig를 이용하여 Fiber 간의 틈을 제거하고 PM 정렬기를 이용하여 응력적용부분의 축을 임의로 정렬을 한다. 이때 코어와 응력적용부분의 굴절률 차를 이용하여 CCD 카메라로 확인

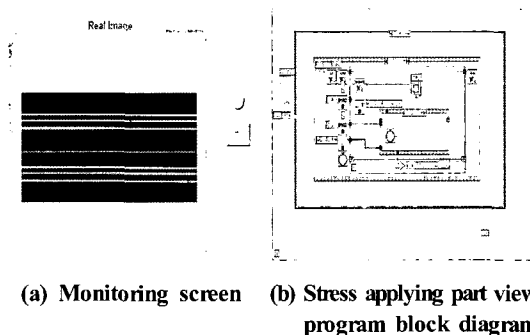


Fig. 7 Polarized light preservation optical fiber examination beginning process

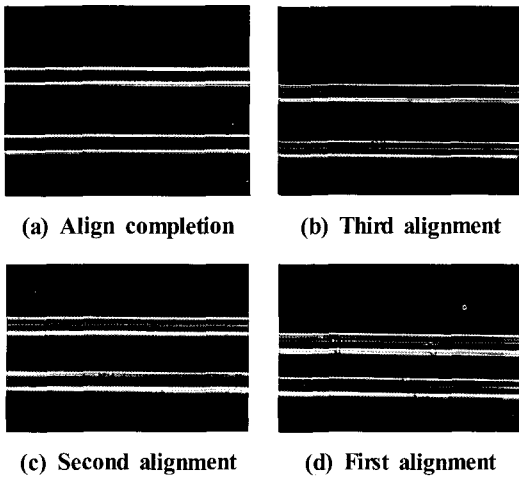


Fig. 8 PANDA modification optical fiber array monitoring

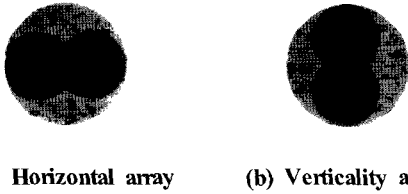


Fig. 9 PANDA modification optical fiber section shape using microscope

을 할 수 있다. 이를 위해 후광장치를 이용하여 PM fiber에 각기 다른 파장을 갖는 빛을 조사하여 PM fiber를 투과하여 나오는 빛을 CCD에 부착되어 있는 렌즈를 통해 들어온 빛을 CCD 카메라로 잡아 PM fiber의 정렬상태를 모니터로 실시간 확인하였다. 장착된 PM fiber를 광축을 중심으로 회전시키면서 원하는 상태로 광축을 정렬한다. 편광유지 광섬유의 정렬이 완료되면 CCD 카메라를 위쪽으로 빼고 PM fiber의 용착을 위해 토치를 이용하여 산소 26.3sccm과 LPG 26.4sccm으로 약 1400℃로 5분 정도 가열을 하여 코어부분을 결합 시킨다. 이후 Quartz block을 수직이동 시켜 미리 형성된 U-groove에 PM fiber를 삽입하고 에폭시를 투여한 다음 UV 조사기로 에폭시를 경화시켜 편광유지 광섬유를 고정하였다.

Fig. 10은 홈에 편광유지 광섬유가 삽입 고정된 Quartz block의 단면도이다. 광섬유가 삽입 고정된 Quartz block을 광축 방향에 수직하게 절단하면 편광유지 광섬유의 정렬

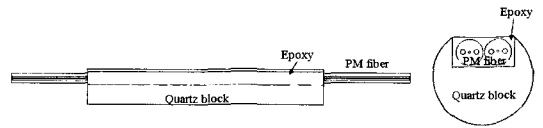


Fig. 10 PM fiber fixed in the groove formed to Quartz block

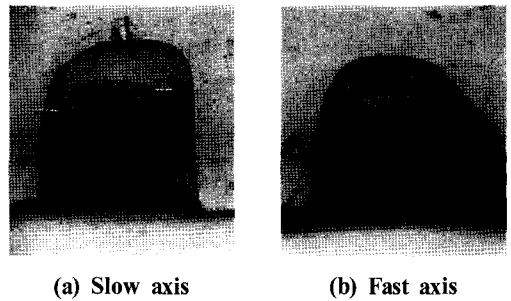


Fig. 11 Align state of optical fiber polarized light existence threaded to u-groove of Quartz block

된 상태를 알 수 있다.

Fig. 11는 Fast Axis와 Slow Axis로 정렬된 편광유지 광섬유가 장착된 Quartz block의 단면 상태이다.

5. 결론

본 논문에서는 편광유지 광섬유의 정렬검사 위한 검사모니터링 시스템을 개발하였다.

- (1) 모니터링 시스템 장치는 편광유지 광섬유에 빛을 투과시켰을 때 발생하는 이미지 데이터를 분석하는 편광축의 틀어진 정도를 측정한다.
- (2) 측정된 데이터에 따라 편광유지 광섬유를 회전시킴으로써 편광유지 광섬유의 편광축을 간단하게 정렬할 수 있는 장점을 갖는다.
- (3) 차후 연구과제는 본 시스템을 이용하여 판다(PANDA)형 광섬유 및 여러 다른 종류의 편광유지 광섬유의 정렬 및 모니터링을 실시하여 본 시스템의 활용 범위를 방안에 보아야 할 것이다.

참고문헌

- (1) Palum, M., Pearson, C., Nagel, J. and Petty, M. C.

- 2003, "Surface Plasmon Resonance sensing of using polyelectrolyte thin films," *Sensors and Actuators*, B 91, pp. 291~297.
- (2) Boozer, C., Yu, Q., Chen, S., Lee, C. Y., Homola, J., Yee, S. S. and Jiang, S., 2003, "Surface functionalization for self-referencing surface plasmon resonance (SPR) biosensors by multi-step self-assembly," *Sensors and Actuators*, B 90, pp. 22~30.
- (3) Nelson, S. G., Johnston, K. S. and Yee, S. S., 1996, "High sensitivity surface plasmon resonance sensor based on phase detection," *Sensors and Actuators*, B 35-36, pp. 187~191.
- (4) Kominato, T., Ohmori, Y., Okazaki, H. and Yasu, M., 1990, "Very Low-Loss GeO₂-doped Silica Waveguide Fabricated by Flame Hydrolysis Deposition Method," *Electron. Lett.*, 26, pp. 327~328.
- (5) Limberger, H. G., Fonjallaz, P. Y. and Salathe, R. P., 1993, "Spectral Characterization of Photoinduced High Efficient Bragg Gratings in Standard Telecommunication Fibers," *Electron. Lett.* 29(1), pp. 47~49.
- (6) Lambelet, P., Fonjallaz, P. Y., Limberger, H. G., Salathe, R. P., Zimmer, C. and Gilgen, H. H., 1993, "Bragg Grating Characterization by Optical Low-Coherence Reflectometry," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 5(5), pp. 565~567.