

Image Processing을 이용한 자동 광 정렬 장치 개발

엄철(강원대 대학원 기계 메카트로닉스공학부), 김병희(강원대 기계 메카트로닉스공학부)
김성근(호서대학교 기계공학과), 최영석(인덕대학 메카트로닉스학과)

The development of automatic optical aligner with using the image processing

C. Uhm(Graduate Course of Div. of Machine & Mechatronics, KNU),
B. H. Kim(Div. of Machine & Mechatronics, KNU), S. G. Kim(Div. of Machine, HNU),
Y. S. Choi(Div. of Mechatronics, INU)

ABSTRACT

In this paper, we developed the automatic optical fiber aligner by image processing and automatic loading system. Optical fiber is indispensable for optical communication systems that transmit large volumes of data at high speed, but super-precision technology in sub-micron units is required for optical axis adjustment, we have developed 6-axis micro stage system for I/O optical fiber arrays, the initial automatic aligning system/software for a input optical array by the image processing technique, fast I/O-synchronous aligning strategy, the automatic loading/unloading system and the automatic UV bonding mechanism. In order to adjust the alignment it used on PC based motion controller, a 10 μ m repeat-detailed drawing of automatic loading system is developed by a primary line up for high detailed drawing. Also, at this researches used the image processing system and algorithm instead of the existing a primary hand-line up. and fiber input array and waveguide chip formed in line by automatic. Therefore, the developed and manufactured optical aligning system in this research fulfills the great role of support industry for major electronics manufacturers, telecommunications companies, universities, government agencies and other research institutions

Key Words : optical fiber aligner(광섬유정렬장치), fiber arrays(광정렬), image processing(이미지 프로세싱), automatic loading system(자동로딩장치)

1. 서론

현재 우리나라 광반도체 시장은 태동기에서 급속 성장기로 진입하는 시기로 2001년 약 81억불의 시장이 형성되어 있는 것으로 예측된다. 또한 향후 5-6년간 연평균 30%의 고성장이 예상되고 있다. 이에 국내 광관련 업체나 연구소에서는 광소자에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다.

광소자는 유무선 광통신 기간망의 중요한 매개체 역할을 하며 실리카 또는 폴리머 베이스에 광반도체 웨이퍼(PLC: Planar Lightwave Circuit)를 반도체 공정으로 가공한 후, 날개 사이즈로 슬라이싱하여 분리하고, 분리된 각 광반도체의 광섬유 연결 측면을 소요각도인 약 8°로 폴리싱 하여 만든다. 그 후 광섬유 정렬장치를 이용하여 광반도체의 광통로(직경 6 μ m)에 입광섬유 및 수

광섬유(직경 8 μ m)를 50nm정밀도로 광효율이 최적 이 되도록 최적 자동 정렬한 후, UV특수 본딩(수축율 \approx 0)으로 접착하여 연결한 후 케이스를 결합하여 완성시킨다.

본 연구에서는 기존의 광정렬장치가 초기 수동 정렬인 것을 이미지 프로세싱 장치와 소프트웨어를 이용하여 자동화하였으며 웨이브가이드 홀더에 광도파로 칩을 안착시키는데 발생하는 오차를 줄이기 위해 자동 로딩 장치를 부가적으로 개발, 장착시킴으로써 정렬 시간을 획기적으로 단축 시켰다. 또한 광섬유 정렬장치에 사용되는 소프트웨어를 GUI 프로그램으로 자체 개발하였으며 광정렬하기 위한 모터 구동 알고리즘을 독자적으로 개발, 수입제품과의 차별화를 추구하였다.

기존의 광정렬 장치는 외장형 모션컨트롤러 방식을 이용하여 PC와의 통신으로 모터를 제어하였

다. 하지만 현 개발 장치에서는 이런 방식을 탈피, PC내장형 컨트롤러를 사용하여 직접적인 전송방식으로 모터를 구동할 수 있게 하였으며, IR 카메라 또한 자동으로 이동토록 하여 시간 절감을 가져오게 하였다.

2. 시스템의 구축

2.1 6축 모션 컨트롤러 개발

기존 대부분의 광정렬 장치에서 모터 제어를 위한 컨트롤러는 외장형 컨트롤러로, 컴퓨터로 GP-IB 나 RS232통신에서 제어하는 방식을 이용하여 모터를 구동시켰었다. 따라서 입광 모터 스테이지와 수광 모터 스테이지를 제어하기 위해 2개의 6축 모션 컨트롤러가 필요하였으며 이는 PC와 두 개의 모션 컨트롤러를 연결함으로써 외관적으로도 복잡한 시스템을 띄고 있었다. 본 연구에서는 이런 방식에서 탈피, 모션 컨트롤러와 입출력 카드를 PC 슬롯에 직접 장착시킴으로써 직접적인 연결 방식과 그에 따른 자체 소프트웨어 프로그램을 개발, 좀더 효율적이고 편리한 기능을 수행하도록 하였다. PC슬롯에 장착된 입출력 카드는 16개의 입출력 제어가 가능하며 마이크로 스텝 모터 드라이버의 분주비를 간단하게 소프트웨어 상으로도 제어가 가능하도록 하였다. 그 결과로 모터가 원점 복귀나 긴 거리를 이동시에는 빠른 속도로 이동할 수 있게 하였으며 광 정렬을 위해 미세한 움직임이 요구될 때는 다시 분주비를 재조정하여 정밀하게 이동할 수 있게 하였다. 또한 마이크로 스텝 모터 드라이버의 hold off기능을 소프트웨어 상에서 간단하게 제어, 모터의 수동 이동 및 자동 이동을 간단하게 바꾸어 가며 처리할 수 있게 하였다.

Fig. 1은 본 연구에서 개발된 모터 컨트롤러 센터의 구성도를 보여주고 있다. 모터 컨트롤러 센터는 크게 두 부분으로 나누어지며 하나는 현 개발장치에서 모션 컨트롤러를 PC에 장착시킴으로써 기존 2개의 모션 컨트롤러에 있던 모터 드라이버를 하나로 통합하였으며, 내부에는 모터에서 모션 컨트롤러로의 센서 입력을 받기 위한 제어 회로와 직류 전원 공급장치로 구성되어 있다.

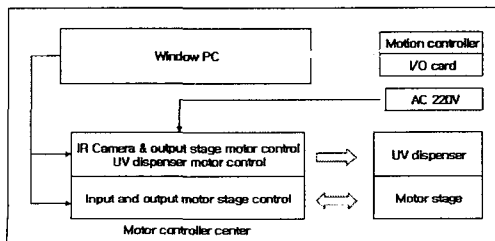


Fig 1 Block diagram of motor controller center

다른 모터 컨트롤러 센터는 시스템의 양산시 시간절감을 목적으로 만들었으며 기존의 시스템이 IR 카메라 측정 후 수광 모터 스테이지를 IR 카메라 위치로 이동시 수동으로 이동시킴으로써 발생하는 위치오차를 최대한으로 줄이기 위해 자동구동으로 제작하였으며, 광 정렬후 광섬유와 광 도파로의 본당시 사용되는 UV조사기도 함께 자동 구동으로 제작하여 최초 광 정렬시 미리 위치를 정해놓으면 다음 공정시부터는 재조정 없이 그 위치로 이동 할 수 있게 하였다.

2.2 자동 로딩 장치 개발

기존의 광섬유 정렬장치의 전체 공정은 약 30분의 시간이 소요되며 이중 20분 가량은 초기 세팅작업에서의 수동작업, 즉 사람의 눈으로 직접 모니터의 초점을 맞추므로써 이루어지고 있다. 따라서 시스템의 양산을 위해서는 전체공정의 시간을 최대한으로 줄이는 것이 필수적이며 이에 기존의 수동작업은 자동으로 대체되어야만 한다. 본 연구는 이에 수동작업을 자동으로 대체시키기 위한 이미지 프로세싱 작업과 더불어 자동 로딩 장치의 개발이 절실히 요구되었으며, 이 두 부분을 접목시킴으로써 20분 가량 소요되는 초기 수동 작업을 단축시킬 수가 있었다.

자동 로딩 장치는 웨이브가이드 홀더에 직접 사람의 손으로 반도체 칩을 올리는 방식으로 정밀도가 현저하게 떨어지는 것을 보완, 올려질 칩을 미리 준비된 거치대에 올려놓고 직각좌표 로봇과 흡입 장치를 이용하여 흡입, 이동시키는 방식을 사용하였다. Fig. 2는 흡입 장치를 장착한 자동 로딩 장치의 모습이다.

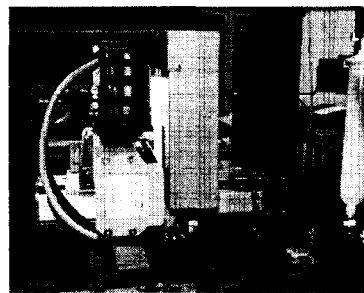


Fig 2. Automatic loading system

직각좌표 로봇은 x,y,z축으로 이동 가능한 3축 직각좌표 로봇을 채택하였으며 직각좌표 로봇 앞부분에는 흡입 장치가 부착되어 있어 칩을 흡입하는 역할을 하도록 하였다. 흡입장치의 선정은 반도체 칩의 폭이 3mm정도로 좁기 때문에 가장 작은 직경 2mm의 진공패드 2개를 사용하였다.

리프트력의 계산식은 다음과 같다.

$$W = \frac{P}{760} \times S \times T \times (1.033) \quad (1)$$

P는 시스템에 이용된 진공펌프의 진공압력 (mmHg)이며 S는 흡입장치의 패드 면적(cm²), T는 안전율이며 수평 패드를 사용하므로 1/2을 대입하였다. 식에서 얻어진 리프트력 W(kgf)는 웨이브가이드 칩을 흡입하는데 필요한 값을 만족하였다.

최초 칩이 올려질 거치대 부분은 정밀 가공하여 칩이 고정되도록 하였으며 거치대 부분과 웨이브가이드 홀더에도 슬레노이드를 이용한 흡입장치를 부착, 최초 거치대에 칩을 올려놓으면 흡입장치가 작동하여 칩을 고정시키고, 직각좌표 로봇의 흡입장치가 작동되어 칩을 흡입하게 되면 자동으로 거치대의 흡입장치가 정지하게 되어있다. 그 후 직각좌표 로봇이 웨이브가이드 홀더로 이동하여 칩을 올려놓게 되면 웨이브가이드 홀더의 흡입장치가 작동하게 되고, 직각좌표 로봇의 흡입장치는 작동하지 않게 되어 안전하게 칩이 고정되게 되어 있다.

흡입 장치의 제어는 직각좌표 로봇의 컨트롤러를 이용하여 제어하였다.

2.3 이미지 프로세싱 개발

IR카메라와 직접 제작한 PC캡처보드를 이용하여 이미지프로세싱 작업으로 기존의 수동 작업을 자동으로 탈바꿈시켜 줌으로써 최대한의 시간으로 단축시켜주었다. 또한 기존의 시스템이 사람의 손으로 하는 작업인 대신 이제는 거의 대부분의 작업관리가 PC로 처리되므로 작업의 편리성과 효율성 또한 높일 수가 있었다.

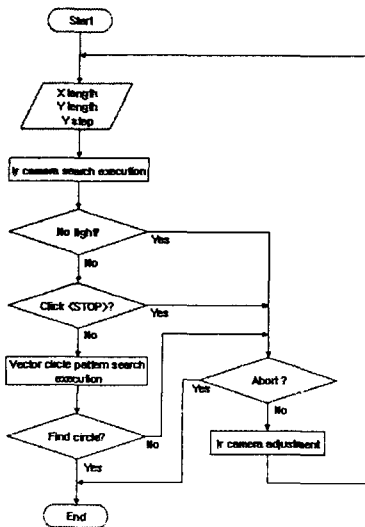


Fig 3. Algorithm of image processing

Fig. 3은 이미지 프로세싱을 위한 알고리즘의 순서도를 나타내고 있다. 기존의 시스템이 사람의 눈으로 직접 모니터를 확인하면서 수동 정렬하였던 것을 간편하게 PC 화면상에서 모니터링하며, 모터가 작동하여 정확한 위치를 찾게되면 자동적으로 모터가 정지하게끔 프로그래밍 되어 있다.

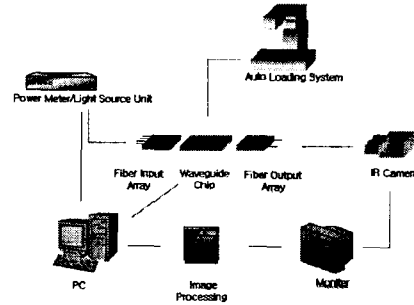


Fig 4. Schematics of the Image Processing

PC 캡처보드는 Fusion 878 칩을 이용하여 자체 개발하였으며 3채널의 입력 단자와 캡처기능을 할 수 있게 하였다. Fig. 4에서와 같이 IR카메라를 통하여 모니터링된 화면은 PC캡처보드(이미지 프로세싱 장치)를 통해 PC로 들어오게 된다. 초당 10프레임으로 광 이미지를 볼수 있으며 미리 세팅해놓은 RGB (255,255,255)모드로 광량의 초점을 찾게된다. 그 후 모터를 구동시키면서 적외선 카메라의 초점이 맞추어지면 자동으로 모터의 구동이 정지하도록 되어 있다. PC캡처보드에는 3개의 입력채널로 IR카메라의 광 이미지뿐만 아니라 CCD카메라의 측면과 윗면의 정렬 위치도 함께 비교하여 볼 수 있게 하였다.

4. 실험 평가 및 최종 결과물

Fig 5.에서는 본 연구에서 사용된 웨이브가이드 칩을 보여주고 있다. 본 평가 실험에서는 타사 장비에 사용되는 웨이브가이드 칩과 동일한 샘플 칩을 사용하였으며, 자체적으로 개발한 자동 로딩 장치와 이미지 프로세싱 프로그램을 이용하여 기존의 타사 장비가 단계적 수동 방식인데 비해 자동 방식으로 전환하여 실험을 수행하였다.

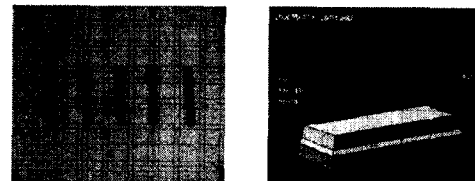
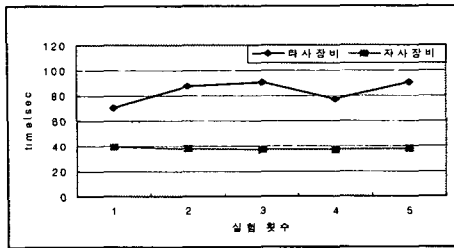
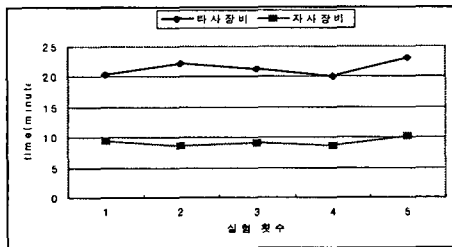


Fig 5. Shapes of the waveguide chip



(a) Primary alignment time



(b) Total alignment time

Fig. 6 Comparison of alignment time

Fig. 6은 타사 수입 장비와 자사 장비와의 정렬하는데 소요되는 시간을 비교한 그래프이다. 기존의 수입 장비가 초기 수동 정렬하는데 걸리는 시간이 대략 70~80초 걸리는 반면 본 연구에서 개발한 광 정렬 장치는 초기 이미지 프로세싱 프로그램과 자동 로딩 장치를 이용하여 약 35~40초 걸리는 것으로 나타났다.

최종 정렬에 소요되는 시간 또한 수입 장비가 20~25분 걸리는 시간을 이미지 프로세싱 프로그램과 자동 로딩장치를 이용하여 최적 절감하였으며, IR 카메라와 수광 모터 스테이지의 수동 이동시 발생하는 오차를 줄이기 위해 선택한 모터 구동으로 많은 오차가 감소해 시간을 절감시킬 수가 있었다. 이는 기존 타사 수입장비의 소요시간과 비교하여 약 50% 이상의 절감 효과를 가져 왔다고 할 수 있다.

또한 Fig. 6의 그래프에서와 같이 수동 정렬 시 사용하는 사람의 개인적 자질에 따라 정렬하는데 소요되는 시간의 변동이 커지게 됨을 예측할 수 있다. 그에 반해 본 연구에 의해 개발된 광 정렬장치는 PC를 기반으로 하여 모든 작업을 자동으로 하였으며, 그에 따라 광 정렬하는데 소요되는 시간을 일정하게 유지 할 수 있게 하였다.

Fig. 7은 타사 수입 장비와 자사 장비와의 광량을 비교한 그래프이다.

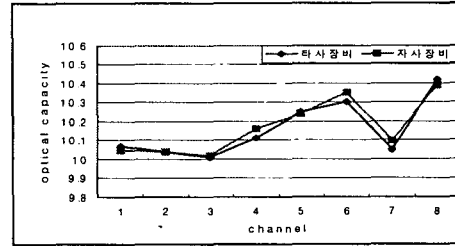


Fig. 7 Comparison of optical capacity

본 연구에서 개발된 광 정렬 장비가 자동으로 공정을 수행하면서 얻은 광량이 기존의 수입 타사 장비와 비교하여 별 차이가 없음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 광 정렬장치가 초기 수동 정렬인 것을 이미지 프로세싱 장치와 소프트웨어를 이용하여 자동화하였으며 웨이브가이드 홀더에 광도파로 칩을 안착시키는데 발생하는 오차를 줄이기 위해 자동 로딩 장치를 부가적으로 개발, 장착시킴으로써 정렬시간을 획기적으로 단축 시켰다. 또한 광섬유 정렬장치에 사용되는 소프트웨어를 GUI 프로그램으로 자체 개발하였으며 광 정렬하기 위한 모터 구동 알고리즘을 독창적으로 개발, 수입제품과의 차별화를 추구하였다. 이에 국내 광 분야에 많은 영향을 줄 것으로 보이며 정밀 기계 메커니즘 가공 및 조립 기술에도 많은 영향을 끼칠 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 정보통신부 지원 이미지 프로세싱을 이용한 자동 광 정렬 장치 개발 사업의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. "Rebens, W. Trimmer and J. Walker "Microactuators for aligning optical fiber" Sensors and Actuators, Vol 20, pp. 65-73,1989
2. Z.Tang, R.Zhang, F.G. Shi "effects of angular misalignments on fiber-optic alignment automation" Optics Communicaitons Vol 196, pp 173-180, 2001
3. David Henderson, Sid Ragona, "Nanometer precision robot for active photonics alignment using INCHWORM Motors", Proceedings of SPIE Vol 4290,pp 136-144, 2001