

자동 광 정렬시스템 및 최적 광 정렬알고리즘의 개발

엄철#, 김병희*, 최영석**

Development of Automatic Optical Fiber Alignment System and Optimal Aligning Algorithm

Chul Uhm#, Byeong Hee Kim* and Young Suk Choi**

ABSTRACT

Optical fibers are indispensable for optical communication systems that transmit large volumes of data at high speed. But the aligning technology under the sub-micron accuracy is required for the precise axis adjustment and connection. For the purpose of precise alignment of the optical arrays, in this research, we have developed the 12-axis(with 8 automated axis and 4 manual axis) automatic optical fiber alignment system including the image processing-based searching system, the automatic loading system using the robot and the suction tool and the automatic UV bonding system. In order to obtain the sub-micron alignment accuracy, two 4-axis PC-based motion controllers and the two 50nm resolution 6-axis micro-stage actuated by micro stepping motors are adopted.

The fiber aligning procedure consists of two steps. Firstly, the optical wave guide and an input optical array are aligned by the 6-axis input micro-stage with the IR camera. The image processing technique is introduced to reduce primary manual aligning time and result in achieving the 50% decrease of aligning time. Secondly, the IR camera is replaced by the output micro-stage and a wave guide and two optical arrays are aligned simultaneously before the laser power intensity delivered to the optical powermeter reached the threshold value. When the aligning procedure is finished, the wave guide and arrays are UV bonded. The automatic loading/unloading system is also introduced and the entire wave guide handing time is reduced significantly compared to the former commercial aligning system.

Key Words : wave guides(웨이브가이드), optical fiber alignment system (광정렬장치), image processing (이미지프로세싱), automatic loading system (자동로딩장치), motion controller (모션컨트롤러)

1. 서론

최근 들어 급속하게 발달하고 있는 초정밀 가공기술은 현재 전자, 기계, 광, 생물 산업 등 넓은 분야에서 이용되고 있다. 특히 우리나라 광 반도체 산업의 경우 2001년 약 81억불의 시장이 형성

되어 있는 것으로 예측되며, 향후 5~6년간 연평균 30%의 고성장이 예상되고 있다.¹ 광통신이라 함은 광범위한 의미로 말 그대로 빛을 매개 수단으로 이용한 모든 통신을 일컫는 말로 현재 미국을 비롯하여 여타 국가들이 초고속 정보통신망 구축을 목적으로 중계망 등 기간 통신망의 광 통신화를

접수일: 2003년 3월 4일; 게재승인일: 2004년 1월 9일
교신저자: 강원대학교 기계메카트로닉스공학부
Email: uhm321@engcc.kangwon.ac.kr, Tel: (033) 255-8910
* 강원대학교 기계메카트로닉스공학부
** 인덕대학 메카트로닉스공학과

급속히 추진 중에 있다. 유무선 광통신 기간망의 중요한 매개체인 광소자는 실리카 또는 폴리머 베이스에 광 반도체 웨이퍼를 반도체 공정으로 가공한 후, 날개 사이즈로 슬라이싱하여 분리하고, 분리된 각 광 반도체의 광섬유 연결 측면을 소요각도인 약 8°로 폴리싱하여 제작한다. 광통신 기술이란 이러한 광소자를 제작, 초고속 광 송수신 기술을 실현하는데 필수적인 기반기술중의 하나이며, 광 반도체 생산을 위해서는 초정밀 광장비가 반드시 필요하다. 하지만 현재로는 국산화 장비가 전무한 상태로, 제조업체 및 연구소의 개발용으로 외국에서 전량 수입하고 있는 실정이다. 광 반도체 생산의 주 장비인 광 정렬 장치는 광소자의 핵심 매개체인 광섬유와 광도파로간의 얼라이먼트를 맞추는 장비로 광 제조기술에 중요한 매개체 역할을 한다. 광 정렬 장치는 6축의 자유도를 가지고 있으며, 측면 축(x축과 y축)과, 세로 축(z축), 그리고 롤(roll), 피치(pitch), 요(yaw)로 되어 있다. 자동 광정렬 장치의 핵심은 이 6축의 정렬오차를 최소로 줄이는데 있으며, x, y, z축의 정렬은 현재까지 많은 연구가 되어 쉽게 자동정렬 할 수 있으나, 각도의 자동 얼라이먼트는 여전히 해결해야 할 문제로 남아있다.² Henderson³과 Rebens⁴ 등은 나노미터로 구동되는 모터를 이용하여 광 정렬하는 알고리즘을 소개하였다.

본 연구에서는 2D, 3D 얼라이먼트와 롤링 얼라이먼트의 알고리즘을 새로 개발하여 광 정렬하는데 발생하는 오차를 최소로 줄였으며, 그에 따른 이론적 배경을 제시하였다. 또한 기존 광 정렬 장치의 초기 수동정렬 기능을 이미지 프로세싱(image processing) 기술과 추종 알고리즘을 이용하여 자동화하였고, 웨이브 가이드 홀더에 광 반도체 칩을 안착시키는데 발생하는 오차와 시간 절감을 위해 흡입장치가 부착된 자동로딩장치를 개발, 시간의 단축과 오차의 감소 효과를 유도하였다.⁵

또한 본 연구에 의해 개발된 장비를 이용하여 자체 모의 실험을 수행하고, 기존장비와 비교 실험하여 개발장비의 신뢰성을 입증하였다.

2. 광 정렬의 이론적 배경

자동 광섬유 정렬은 효율적인 광섬유 요소의 제조 기술 중 가장 중요한 부분을 차지하고 있으며, 그 중에서도 각도의 얼라이먼트는 광섬유 결

합에서 정렬방식을 평가하거나 확인하는데 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 x, y, z축의 자동 정렬에 비해 각도의 자동 정렬은 비효율적인 얼라이먼트에 의해 아직까지 제대로 사용되지 않거나, 제한적으로만 사용되어지고 있다.

본 연구에서는 단일 광섬유(SMF)와 레이저 다이오드의 최초 각도의 미스 얼라이먼트에 대한 중요성을 세부적으로 분석하여 나타내었다. 또한 최초로 레이저-단일 광섬유의 결합을 위한 전체적인 광섬유 정렬 오차와 효율적인 결합에 대하여 설명하였으며, 피치, 요 및 롤링의 각도 미스얼라이먼트의 존재에 대하여 설명하였다.

일반적인 레이저-단일 광섬유의 결합형태는 Fig. 1과 같다. 단일 광섬유의 파장은 대칭성을 가지고 있으며, 빔 웨이스트(beam waist) ω_0 은 가우시안 분포로 나타난다. 또한 레이저 다이오드의 파장은 빛으로 분산되므로 원형의 형태로 나타나며, 각각 수평 방향과 수직 방향으로 서로 다른 빔 웨이스트 ω_{ox} 와 ω_{oy} 인 가우시안 분포로 표현된다. 웨이스트 공간 상에서의 빔은 그 웨이스트 크기인 ω_0 (ω_{ox} 와 ω_{oy} 또는 ω_{0y})와 웨이스트로부터의 중요 관점인 z평면에서의 거리 z로 표현되며, 만약 여기서 ω_0 와 z를 알고 있다면 반지름 R과 웨이스트 ω 는 식 (1)과 (2)로 알 수 있다.

$$R = z[1 + (K\omega_0^2 / 2Z)^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\omega = \omega_0[1 + 2Z / K\omega_0^2]^{1/2} \quad (2)$$

여기서 K는 파동수를 의미하며, $K = 2\pi/\lambda$ 이다. λ 는 자유공간에서의 파장을 뜻한다.

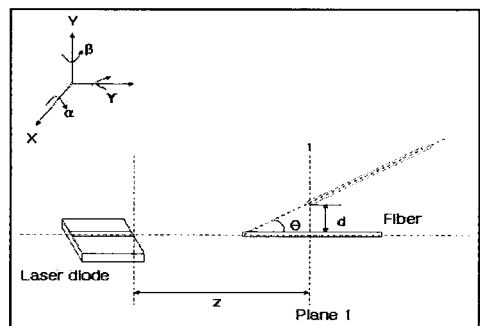


Fig. 1 Schematic butt coupling in the presence of misalignment

시스템의 효율적인 결합 형태는 광섬유와 레이저간의 끝단의 두 파장이 평면상에서 완전하게 겹쳐지는 것을 의미한다. Fig. 1에 표시된 평면1은 아래 식에 의해 전체적인 결합효율을 얻을 수 있다.

$$\eta = \eta_x \eta_y \quad (3)$$

여기서

$$\eta_x = \eta_z^{(x)} \eta_d^{(x)} \eta_\theta^{(x)} \eta_{d,\theta}^{(x)} \quad (4)$$

$$\eta_y = \eta_z^{(y)} \eta_d^{(y)} \eta_\theta^{(y)} \eta_{d,\theta}^{(y)} \quad (5)$$

$$\eta_z^{(x)} = \frac{2}{\omega_f \omega_x} \left((1/\omega_f^2 + 1/\omega_x^2)^2 + K^2/4(1/R_x - 1/R_f)^2 \right)^{-1/2} \quad (6)$$

$$\eta_\theta^{(x)} = \exp\{-K^2 \theta^2 / 2 \times [\frac{1/\omega_x^2 + 1/\omega_f^2}{(1/\omega_x^2 + 1/\omega_f^2)^2 + K^2/4(1/R_x - 1/R_f)^2}]\} \quad (7)$$

$$\eta_{d,\theta}^{(x)} = \exp\{-K^2 \theta d_x \times [\frac{1/\omega_x^2 + 1/\omega_f^2}{(1/\omega_x^2 + 1/\omega_f^2)^2 + K^2/4(1/R_x - 1/R_f)^2}]\} \quad (8)$$

$$\eta_d^{(x)} = \exp\{-2d_x^2 \times [\frac{1/\omega_x^2 \omega_y^2 (1/\omega_x^2 + 1/\omega_f^2) + K^2/4(1/\omega_x^2 R_f^2 + 1/\omega_f^2 R_x^2)}{(1/\omega_x^2 + 1/\omega_f^2)^2 + K^2/4(1/R_x - 1/R_f)^2}]\} \quad (9)$$

마찬가지로 η_y 의 표현은 (7)~(9)식의 x대신 y를 대입시킴으로써 얻을 수 있다. 여기서 ω_x, ω_y 와 ω_f 는 빔의 각도이며, R_x, R_y 그리고 R_f 는 평면 1에서의 레이저와 섬유 빔의 곡률 각도를 말한다. η_x 와 η_y 는 각각 η 의 x와 y방향으로의 결합효율을 나타내며, $\eta_z^{(x)}$ 는 어떤 미스얼라이먼트도 포함하지 않는 x축으로부터의 결합효율을 의미한다.

$\eta_{d,\theta}^{(x)}$ 는 옵셋과 피치의 결합효과를 나타내는

것으로 각각 $\eta_d^{(x)}$ 와 $\eta_\theta^{(x)}$ 는 옵셋 d_x 와 피치 $\theta(x$ 축 방향의 기울기)의 결합 영향에 의해 발생된 미스얼라이먼트를 포함한 결합효율을 나타낸다. 그와 마찬가지로 $\eta_{d,\theta}^{(y)}$ 는 옵셋과 요의 결합효과를 뜻하는 것이며, 각각 $\eta_d^{(y)}$ 와 $\eta_\theta^{(y)}$ 는 옵셋 d_y 와 요 $\phi(y$ 축 방향의 기울기)로부터 얻어진 결합효율을 나타낸다.

두 빔의 웨이스트 사이의 거리가 영이 되었을 때 결합효율이 최대가 되는 것을 식(3) ~ (9)로 알 수 있다. 이 경우에 롤링(z축으로의 회전)의 각도 미스얼라이먼트는 광 코어의 대칭 축 구조로 인하여 결합효율에는 많은 영향을 주지 못한다.⁶

하지만 이것 또한 단일 광섬유와 레이저 다이오드간의 조건하에서만 가능한 것이며, 만약 단일 광섬유와 다축 웨이브가이드 칩 사이의 조건하에서는 롤링 얼라이먼트도 중요한 역할을 하게 된다.

3. 시스템 구축 및 제작

3.1 시스템 구축

기존의 광정렬장치는 초기 입광섬유의 정렬방식과 광도파로 로딩기술이 수동방식으로 되어 있어 광 정렬작업 시 많은 시간이 소요되며, 정밀도 또한 저하되는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이미지프로세싱 기술과 자동로딩장치를 개발하여 시간의 절감을 유도하였으며, 기존의 수동정렬 방식을 자동 방식으로 변환하였다. 또한 대부분의 작업 환경을 PC상에서 이루어지게 함으로써 작업의 효율성과 편리성을 추구하였다.

Fig. 2는 본 연구에 의해 개발된 시스템의 개략도이다.

흡입장치를 부착한 자동로딩장치를 개발하여 광 반도체 칩을 10 μ m의 반복정밀도로 웨이브 가이드 홀더에 올려놓은 후, 기존의 수동 정렬방식을 탈피, 광 측정기의 광량 값을 GPIB 통신을 통해 PC로 전달시키며, 그와 동시에 PC에 내장된 모션 컨트롤러와 입출력카드를 이용하여 입광부와 수광부 모터스테이지를 구동 시킨다. 이렇게 모터를 구동시키면서 최적의 광량을 찾는 공정을 반복 수행한다. 본 개발 시스템에서는 최적 광 정렬을 위해 이 공정에 자체적으로 개발한 모터 구동 알고리즘과 이미지프로세싱 기술을 이용하여 최적의 광량비를 찾는다.

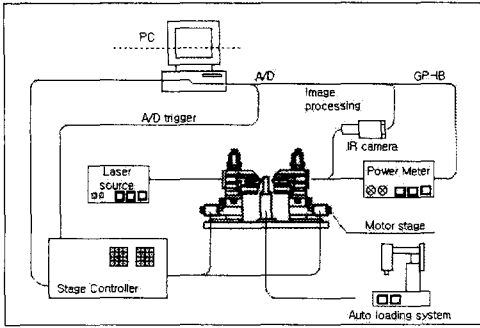


Fig. 2 Schematic of the developed optical aligner

3.2 모터 제어 시스템 개발

기존의 광정렬장치가 모터를 구동시키기 위해 외부 컨트롤러를 사용했던 것을 본 연구에서는 모션 컨트롤러와 입출력카드를 PC에 내장시킴으로써 하나의 모션 컨트롤러로 통합하였다.

Fig. 3은 개발된 모터 제어 시스템의 구성도이다. 본 시스템은 두 개의 모터 제어 시스템으로 이루어져 있으며, 첫 번째는 8축의 모터 드라이버와 모터의 센서 입력을 받기 위한 제어회로로 구성되어 있다. 이것은 수광부와 입광부 모터스테이지를 구동시키는 역할을 한다. 또 하나의 모터 제어 시스템은 개발 시스템의 양산시 광 정렬 시간을 단축시키기 위해 제작되었으며, 기존의 시스템이 IR 카메라 측정 후 수광 모터스테이지를 IR 카메라 위치로 수동 이동 시킴으로써 발생하는 위치 오차를 최대한으로 줄이기 위해 자동구동으로 제작하였다. 또한 광 정렬 후 광섬유와 광도파로의 본딩 시 사용되는 UV 조사기(UV dispenser)도 함께 자동 구동으로 제작하여 최초 광 정렬 시 미리 위치를 정해놓으면 다음 공정부터는 재조정 없이 그 위치로 이동할 수 있게 하였다.

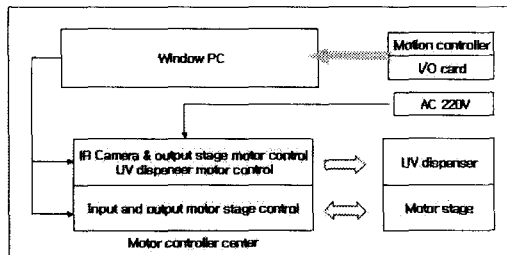


Fig. 3 Block diagram of control system

광 정렬을 하기 위해서는 미세이송량인 50nm로 모터를 구동시켜야 하는데 이럴 경우 모터의 스텝각을 작게 하여야 한다. 하지만 모터의 스텝각을 작게 할 경우 스텝각이 클 때 보다 현저하게 모터의 속도가 떨어지는 단점이 있다. 아래의 식은 모터의 속도를 나타내는 식이다.

$$V = \frac{A}{360^\circ} \times f \times 60 \text{ sec} \quad (10)$$

여기서 V 는 모터의 속도(rpm)를 말하며, A 는 모터의 분해능, 그리고 f 는 모터의 펄스 속도를 나타낸다. 따라서 모터의 속도를 높이기 위해서는 식 (10)과 같이 모터에 펄스 속도를 높여주어야 한다. 하지만 그럴 경우 f 를 너무 높게 해 놓으면 모터가 어느 한계점을 넘어서서 펄스 속도가 너무 높아 정현파 상의 모터 발생 토크의 최대치에 도달하지 않은 각도에서 여자가 절환되어, 모터의 탈조를 유발시키게 된다.⁷⁻⁸ 따라서 이를 방지하기 위해 본 연구에서는 입출력카드를 사용하여 모터의 분해능을 조절할 수 있게 하였으며 사용된 입출력카드는 16개의 릴레이 구동기로 입출력 제어를 할 수 있게 되어 있다. 이를 이용하여 모터의 분주비를 소프트웨어상에서 제어하여 모터의 속도와 정밀도를 조절할 수 있게 하였으며 모터 드라이브의 전류차단 기능 또한 소프트웨어 상에서 제어하여 모터의 수동 및 자동 이동을 간단하게 제어할 수 있게 하였다.

3.3 자동로딩장치 개발

자동로딩장치는 웨이브가이드 홀더에 직접 사람의 손으로 반도체 칩을 올리는 방식으로 정밀도가 현저하게 떨어지는 것을 보완, 올려질 칩을 미리 준비된 거치대에 올려놓고 직각좌표 로봇과 흡입장치를 이용하여 흡입, 이동시키는 방식을 사용하였다. 본 연구에 의해 개발된 직각좌표로봇은 x, y, z 의 세 축이며, 전체 시스템의 앞부분에 위치시키기 위하여 공간을 최대한 적게 활용할 수 있는 폭 60mm와 80mm의 LM 가이드를 선정하였다. Table 1은 본 연구에 사용된 직각좌표로봇의 사양이다. 또한 직각좌표로봇 앞에 부착된 흡입장치는 기존의 시스템에서 웨이브가이드 홀더의 반도체 칩을 안정적으로 고정시키기 위해 사용되었던 진공 펌프를 이용하였으며 솔레노이드 밸브를 이용, 반도체 칩을 흡입하는 기능만이 아닌 직각좌표

로봇 앞에 부착된 흡입 장치에 진공을 유발시켜 칩 이동을 원활하게 하였다. 흡입장치의 선정은 반도체 칩의 폭이 3mm정도로 좁기 때문에 가장 작은 직경 2mm의 진공패드 2개를 사용하였으며, 흡입력의 계산식은 다음과 같다.

$$W = \frac{P}{760} \times S \times T \times (1.033) \quad (11)$$

P 는 시스템에 이용된 진공펌프의 진공압력 (mmHg)으로 250mmHg이며, S 는 흡입장치의 패드 면적(cm^2), T 는 안전율이며 수평 패드를 사용하므로 1/2를 대입하였다. 흡입하고자 하는 반도체의 무게가 10gf이하이므로 식(11)에서 얻어진 흡입력 W (kgf)는 반도체 칩을 흡입하는데 충분한 값을 만족한다. 최초 칩이 올려질 거치대 부분은 정밀 가공하여 칩이 고정되도록 하였으며 흡입 장치의 제어는 직각좌표 로봇의 컨트롤러를 이용하여 제어하였다. 이로써 사람의 손으로 올려질 때 마다 틀러지는 정밀도를 정밀로봇과 흡입장치를 이용하여 10 μ m의 반복정밀도로 시간의 절감을 가져올 수 있었다.

Table 1 Specification of robot

Specification	unit	DRM60	DRM80
width	mm	60	80
structure		parallel	parallel
stroke	mm	100 ~ 400	200 ~ 800
velocity	mm/s	500	500
loads	kgf	10	15
motor	W	100	100
repeatability	mm	0.01	0.02
stroke	mm	200	200
weight	kgf	2.8	3.9

3.4 이미지 프로세싱 개발

기존의 시스템은 광 반도체의 초기 정렬 시 측면과 윗면의 CCD 카메라를 통하여 광섬유와 광도파로를 정렬 시킨 후 다시 IR카메라를 통하여 사람의 눈으로 직접 모니터에 나타나는 광원의 초점을 확인하면서 수동으로 모터 스테이지를 구동시키는 방식을 이용하였다. 따라서 광 반도체 정렬의 전체 공정 중 대부분의 많은 시간이 이 수동

방식에 의해 지연되었으며 정밀도 또한 저하되는 문제점이 있었다.

본 연구에 의해 개발된 이미지프로세싱 기술 개발은 직접 모니터 화면을 확인하면서 모터스테이지를 수동 구동하지 않고 간단하게 PC화면상으로 모니터링 할 수 있다.

Fig. 4는 이미지프로세싱을 위한 순서도를 나타내고 있다.

먼저 프로그램 상에서 스캔 거리(scan length)와 스텝 사이즈(step size)를 정해 주면 모터가 스캔 거리만큼 x축과 y축, 또는 z축으로 이동하면서 적외선 카메라에 보이는 광원비를 자동으로 찾게 된다. 찾는 광원이 프로그램상으로 설정해 놓은 RGB모드의 초기값(255,255,255)을 만족하게 될 경우 모터는 자동으로 정지하게 되며, 만약 원하는 광원을 얻지 못할 경우는 적외선 카메라의 위치를 수정하면서 위의 방법을 계속 반복 수행하게 된다. 스텝사이즈란 모터가 그 수치만큼 이동한 후 광측정기로부터 받아드리는 신호의 간격을 말한다.

이미지프로세싱은 IR카메라와 직접 제작한 PC 캡처보드를 이용하였으며 거의 대부분의 작업 관리가 PC로 처리되므로 작업의 편리성과 효율성 또한 높일 수가 있었다. PC 캡처보드는 Fusion 878 칩을 이용하여 자체 개발하였으며, 3채널의 입력 단자와 캡처 기능을 할 수 있다.

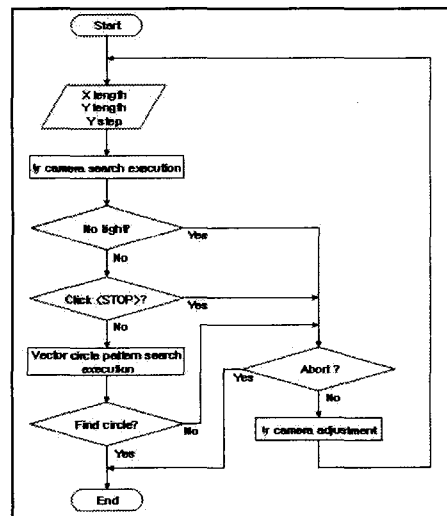


Fig. 4 Algorithm of image processing

3.5 모터구동 알고리즘 개발

광 정렬 장치의 공정순서는 2D 힐클라임(hill climb) → 2D 프로파일(profile) → 3D 얼라이먼트(alignment) → 3D 프로파일(profile) → 롤링 얼라이먼트(rolling alignment)의 순서로 진행되며, 이 공정들을 통하여 입광부와 수광부 모터 스테이지의 6 자유도를 정확하게 일치시킨다.

2D공정의 경우 x축과 y축만을 이용하여 광 정렬을 하며, 3D공정의 경우 2D 공정에 z축을 포함시켜 좀 더 세부적인 광 정렬을 수행한다. 2D 프로파일과 3D 프로파일 공정은 전 공정과 동일한 방식이며 좀 더 좁은 범위 내에서 미세하게 모터를 구동시켜 최적 얼라이먼트를 찾아낸다.

마지막 최종 광정렬 공정으로 롤링 얼라이먼트가 있다. 이것은 광섬유와 광도파로가 1x 다중 채널일 경우 이용되며 지금까지 x축과 y축, 그리고 z축으로 얼라이먼트 한 상태에서 수광부 모터 스테이지를 롤링시킴으로써 양 끝 단의 광섬유 얼라이먼트를 맞춘다.

2D 힐클라임과 2D프로파일은 프로그램에서 x축과 y축의 스캔 거리와 스텝사이즈를 각각 정해 주면 주어진 거리만큼 왕복 이동하면서 스텝 사이즈의 간격마다 광 측정기의 광량을 받아드리게 된다. 예를 들어 x축과 y축의 스캔 거리에 100 μ m를 넣고, 스텝 사이즈에 5 μ m를 넣게 되면 모터는 먼저 x축으로 50 μ m이동하게 되며, 다시 뒤로 -100 μ m만큼 이동하게 된다. 모터가 앞으로 이동할지 뒤부터 이동할지는 프로그램 상에서 정해줄 수 있다. 이동하는 동안에는 5 μ m의 간격으로 광 측정기의 광량 값을 측정하여 받아드리게 되며, 그 후 모터가 최종 위치까지 왕복 이동 수행을 마치게 되면, 100 μ m의 이동거리 중 광 측정기의 광량 값이 가장 높은 곳으로 피크 값을 찾아 다시 그 자리로 이동하게 된다. 그 후 y축도 동일한 방식으로 이동하게 된다. 이런 방식으로 반복 이동하여 입광부와 수광부 광섬유간의 얼라이먼트를 맞추게 된다.

3D 얼라이먼트와 3D 프로파일도 위의 2D 공정과 비슷하나 단지 2D에 z축을 포함하여 수행하게 되며 z축을 이용하여 입광부 광섬유와 수광부 광섬유를 좀 더 근접하게 광정렬 시킴으로써 광 측정기의 광량 값을 더 높일 수가 있다.

마지막 공정으로 롤링 얼라이먼트를 수행한다. 이 공정은 먼저 0.3° 롤링한 상태에서 2D 공정처럼 x축과 y축으로 모터 스테이지가 구동하게 된다.

그 후 두 채널의 기울기를 비교하고 다시 0.3° 롤링 한 상태에서 현재의 광량을 비교하여 가장 높은 피크 값으로 재 이동하게 된다. 이를 반복 수행함으로써 최적 광 얼라이먼트를 맞출 수 있게 된다.

4. 실험평가

본 평가 실험에서는 일반적인 광정렬장비에 사용되는 광 반도체 칩과 동일한 샘플 칩을 사용하였으며, 개발된 자동로딩장치와 이미지프로세싱 기술을 이용하여 자동 공정 방식으로 실험 수행하였다.

4.1 자체 실험 평가

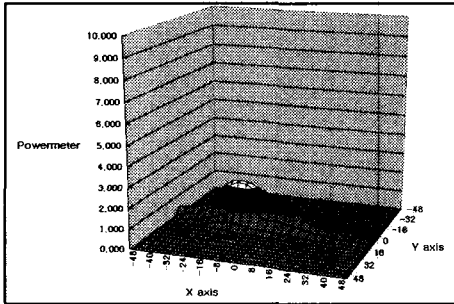
기존의 수동 방식을 흡입장치가 부착된 자동 로딩장치를 이용함으로써 기존의 약 4 ~ 5분 정도의 시간을 감소시켰으며, 이미지프로세싱 기술로 사람의 손으로 모터 스테이지를 구동시키는 것보다 시간 면에서 약 4 ~ 5분의 시간을 절감시킬 수 있었다. 또한 이미지프로세싱 기술로 인한 정밀도 향상으로 2D 맹목적 탐색(blind search)공정을 생략할 수 있었으며, 이로써 전체 공정의 작업 시간을 더 단축시킬 수가 있었다.

Fig. 5의 그래프는 2D 프로파일의 공정을 나타낸 것으로 z축이 주어지지 않은 상태에서 x축과 y축 값을 지정하여 광정렬을 수행하였다. Fig. 5(a)는 입광부 광섬유의 광량을, Fig. 5(b)는 수광부 광섬유의 광량을 나타낸 것으로, Fig. 5(a)에서 알 수 있듯이 y축으로 이동 시에는 수직이동으로 인하여 광량의 변화가 거의 없으나 광도파로와 광섬유간의 수평 이동을 하는 x축에서는 옆 채널에서의 영향을 받아 광량의 분포가 골고루 퍼져있는 것을 볼 수 있다.

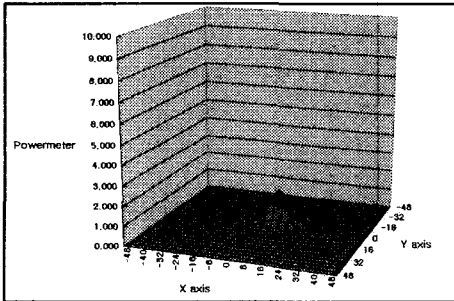
Fig. 5(b)에서 x축과 y축은 입광부 광섬유를 통과한 광원이 다시 광도파로를 통과하여 나타나므로 별 차이가 없는 것을 알 수 있다.

입광부와 수광부의 x축과 y축의 얼라이먼트를 맞춘 후에는 Fig. 6의 3D 프로파일 공정을 수행하였다. x축과 y축의 조건은 두 축 동일하게 12 μ m의 스캔거리와 0.5 μ m의 거리로 지정해 주었으며, z축은 초기 10 μ m의 거리로 지정해 놓고 실험하였다. 3D 프로파일 공정 후에는 2D 프로파일에서의 광량 값이 최고 5 μ W이었던 것을 최고 60 μ W까지 얻을

수 있었으며, 그 후 다시 y축은 고정된 상태에서 x축은 0.1 μ m, z축의 거리는 5 μ m로 제한하고 재수행함으로써 80 ~ 90 μ W의 높은 광량 값을 얻을 수 있었다. 최초 광 측정기의 광량이 200 μ W이었던 것을 보면 어느 정도 계측 손실을 감안하고는 좋은 광량 값을 얻었다고 볼 수 있다.

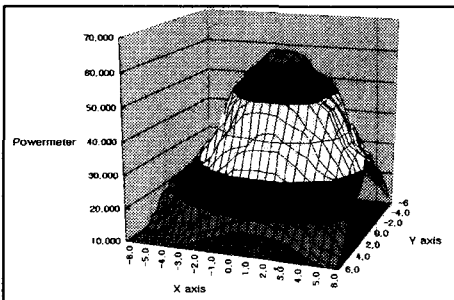


(a) Input

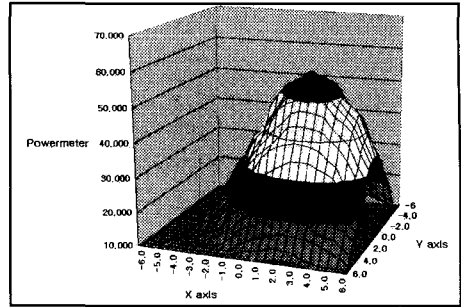


(b) Output

Fig. 5 2D profile search test



(a) Input



(b) Output

Fig. 6 3D profile search test

4.2 기존 수입 장비와의 실험 비교

본 실험에서는 이미지프로세싱 기술과 자동로딩장치를 이용한 자체 개발 시스템과 기존의 DC 서보 모터로 구동되는 광 정렬 수입 수동 장비를 비교 실험하였다.

Fig. 7은 자체 개발한 광 정렬 장치와 기존의 수입장비의 광량을 비교한 그래프이다. 실험결과 본 연구에서 개발된 광 정렬장비가 자동으로 공정을 수행하면서 얻은 광량이 기존의 수입 장비와 비교하여 별차이가 없음을 알 수 있다. Fig. 8은 기존 수입장비와 자체 개발 장비와의 정렬 소요 시간을 비교한 그래프이다. 기존의 수입 장비가 초기 수동 정렬하는데 걸리는 시간이 대략 70 ~ 80초 걸리는 반면 본 연구 개발 장비는 초기 이미지 프로세싱 기술과 자동로딩장치를 이용하여 약 35 ~ 40초 걸리는 것으로 나타났다. 최종 정렬에 소요되는 시간 또한 수입 장비가 20 ~ 25분 걸리는 시간을 이미지프로세싱과 자동 로딩장치를 이용하여 최적 절감하였으며, IR카메라와 수광 모터스테이지의 수동 이동 시 발생하는 오차를 줄이기 위해 선택한 모터 구동으로 더 많은 시간을 절감시킬 수 있었다.

또한 Fig. 8의 그래프에서와 같이 수동 정렬 시 사용하는 사람의 개인적 자질에 따라 정렬하는데 소요되는 시간의 변동이 커지게 되는 것을 알 수 있다. 그에 반해 본 연구에 의해 개발된 광 정렬 장치는 PC를 기반으로 하여 모든 작업을 자동으로 하였으며, 그에 따라 광 정렬하는데 소요되는 시간을 일정하게 유지 할 수 있게 하였다.

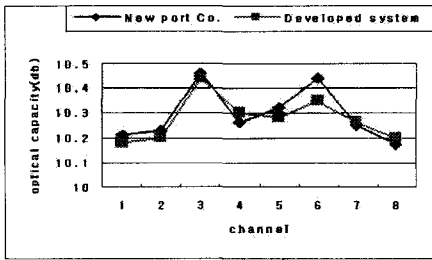
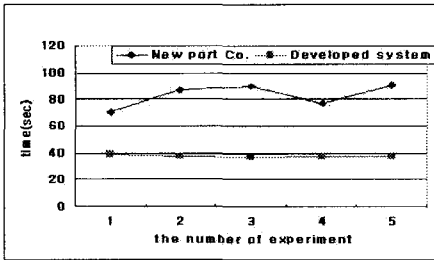
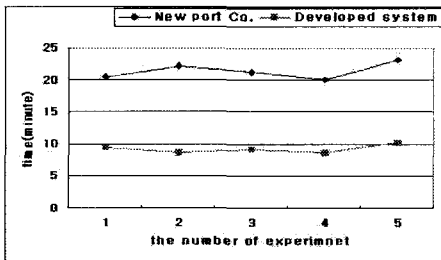


Fig. 7 Comparison of optical capacity



(a) Primary alignment time



(b) Total alignment time

Fig. 8 Comparison of alignment time

5. 결론

본 연구를 통해 기존 고가의 수동장비 대비, 저가의 자동 광 정렬 장비를 개발할 수 있었으며, 현재 하나의 광 반도체를 정렬하는데 소요되는 시간은 약 10 분 내외로 기존 수입 장비와 비교하여 약 50%의 시간이 절감되고 있다.

흡입장치가 부착된 자동로딩장치를 자체 개발하여 반도체 칩을 자동이동 시킴으로써 기존의 수동으로 칩을 올려놓을 때보다 반복 정밀도를 현저

하게 높일 수 있었고, 이로 인해 많은 시간을 절감시킬 수가 있었다. 또한 이미지프로세싱 기술을 도입하여 자동 정렬을 시도하였으며 이로 인하여 많은 시간의 절약과 정밀도가 향상되어 최적의 광정렬을 수행 할 수 있었다. 그 외에도 대부분의 작업 환경을 PC 에서 제어할 수 있게 하였으며, 모터 구동 알고리즘을 독창적으로 개발, 수입제품과의 차별화를 추구하였다. 앞으로 진행될 연구분야는 양산용 광 정렬 장치를 제작하는 것으로 이는 국내 광 분야에 많은 영향을 줄 것으로 보이며, 정밀 기계 메커니즘 가공 및 조립기술에도 많은 영향을 끼칠 것으로 보인다.

참고문헌

1. Lee. S. H., "Information Superhighway and Optical Communication Technology," J. of Seoul National University of Technology, Vol. 41, pp. 319-336, 1995.
2. Tang, Z., Zhang, R., Modal, 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," Optics Communications, Vol. 199, pp. 95-101, 2001.
3. Henderson, David, Ragona, Sid, "Nanometer precision robot for active photonics alignment using INCHWORM Motors," Proceedings of SPIE, Vol. 4290, pp. 136-144, 2001.
4. Rebens, W. Trimmer and J. Walker., "Microactuators for aligning optical fiber," Sensors and Actuators, Vol. 20, pp. 65-73, 1989.
5. Uhm. C, Kim. B. H, Kim. S. G, Choi. Y. S., "The Development of Automatic Optical Aligner by image processing," 2002 Fall Conference of the KSPE, pp. 536 - 539, 2002.
6. Tang, Z., Zhang, R., Shi, F.G., "Effects of angular misalignments on fiber-optic alignment automation," Optics Communications, Vol. 196, pp. 173-180, 2001.
7. Yae. B. D., "An Implementation of Step Motor Controller for Micro-Stepping," J. of the Institute of Industrial Technology, Vol.27, pp. 111-115, 1999.
8. Lee. K. E., Jang. W. S., Park. J. B., "Development of High Performance Microstepping Driver," J. of KIPE, Vol. 2, No. 3, pp. 37-43, 1997.