

CODE-V와 이론식 결과를 이용한 싱글 모드 광섬유 커플링 효율에 관한 고찰

김아론\* , 김호성  
 중앙대학교 전자전기 공학부

Single-Mode Fiber to Fiber Coupling efficiency compare CODE-V result with theory result

aron kim\* , hosung kim

Electrical and Electronic Engineering College of Engineering Chung-Ang University

**Abstract** - This paper reports on the single mode fiber coupling efficiency. There is difference between simulation by CODE-V and theoretical result. we observed CEO which is taken by experiment in lab and found out that CEO taken by CODE-V was closer to real experiment result then theoretical result.

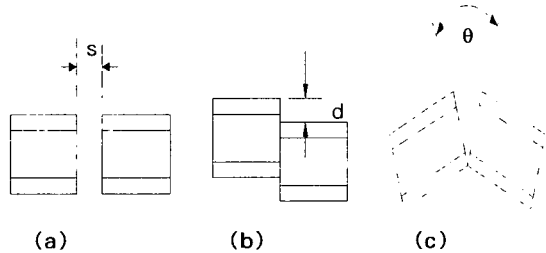
1. 서 론

데이터 통신의 증가는 광통신의 발달을 가져왔고 이로 인하여 많은 광통신장비의 개발이 이루어졌다. 반도체 기술의 향상 또한 광통신 장비와 산업 광시스템의 발달에 원동력이 되었다. 광섬유 커플링 효율에 대한 측정값은 광통신 장비뿐만 아니라 MOEMS, 산업광학 장비 설계시 기본적으로 필요한 데이터라 할 수 있겠다. 이에 본 논문은 광섬유 커플링 효율을 측정하였는데 우선 광학 시뮬레이션 툴인 CODE-V를 사용하여 얻은 결과 값과 Nemota and Makimoto의 이론 식을 통하여 결과 값을 얻었다. 그리고 실제 실험실에서 측정한 CEO 값과의 비교하였는데 CODE-V에 의하여 얻은 결과 값이 더 실제에 가깝다는 것을 알았다.

2. 본 론

2.1 파이버 커플링의 이론

커플링 효율은 두 개의 파이버간의 연결을 기본으로 하여 파이버 사이에 불렌즈, 그레디드 인덱스 렌즈 또는 마이크로 미러를 삽입하거나 그 외 광장비와 파이버간의 접합효율을 계산하는데 사용할 수 있다. 여기서 주목할 점은 이러한 광섬유의 효율을 시뮬레이션 하는데 있어 그 결과 값의 타당성을 의심해야 하며 그 값이 실제 값과 어느 정도의 오차를 가지고 있는지 확인하여야 광장비 설계시 시뮬레이션 결과 값을 기반으로 실제 장비제작에 임할 수 있으며 위에서 말한 다양한 응용을 할 수 있는 것이다. 두 개의 파이버를 연결할 때 발생할 수 있는 기본적으로 발생하는 기계적인 광축 어긋남은 다음과 같이 3가지로 나눌 수 있다.



(a)Longitudinal (end separation), (b)Lateral (axial) (c)Angular

2.1.1 이론식에 따른 커플링 효율

$$L_{SM,F} = -10 \log \left[ \frac{16 n_1^2 n_3^2}{(n_1 + n_3)^4} \frac{4\sigma}{q} \exp\left(-\frac{\rho u}{q}\right) \right] \quad (1)$$

$$\rho = (k W_1)^2$$

$$q = G^2 + (\sigma + 1)^2$$

$$u = (\sigma + 1) F^2 + 2\sigma F G \sin\theta + \sigma(G^2 + \sigma + 1) \sin^2\theta$$

$$F = \frac{d}{k W_1^2} \quad G = \frac{s}{k W_1^2} \quad \sigma = (W_2 / W_1)^2$$

$$k = 2\pi n_3 / \lambda$$

위의 식들은 "Optical Fiber Communications" Gerd Keiser, third edition에서 참조하였다. 파장은 1550 nm로 고정하였고 Fiber는 Newport F-SS-C(cable) (Corning의 SMF-28과 동일한 것으로 사료됨)을 사용하였으며 MFD는 10.5 um로 하였는데 Newport의 2000년 catalog에는 core의 굴절율에 대한 데이터가 수록되어 있지 않아 94-95년도 catalog에 있는 값, 1.4514를 사용하였다. 위 식의 이상한 점은 cladding에 대한 데이터나 NA에 대한 데이터가 사용되지 않는다는 것이다

2.2 CODE-V에 의한 시뮬레이션

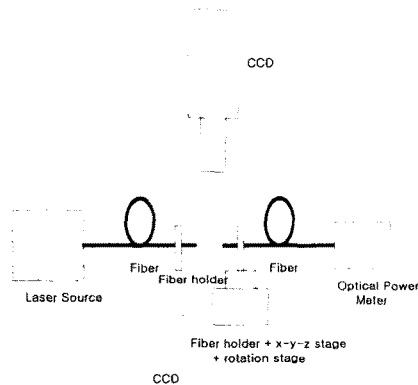
OPTICAL RESEARCH ASSOCIATES사의 광학시스템 시뮬레이션 툴인 Code-V가 제공하는 CEF(Coupling Efficiency)를 이용하여 모의실험을 하였다. 파장과 MFD, core의 굴절율은 위의 값을 사용하였으며 cladding의 굴절율은 Newport사의 94-95년도 catalog에

나와 있는 1.4469를 사용하였다. NA는 Newport사의 2000년 catalog에는 0.11로 나와 있으나 이론식  $\theta = \lambda / \pi \omega = 0.094$  ( $\omega$ 는  $1/e^2$ 을 기준으로 한 반지름)와 일치하지 않는다. 일반적으로 truncation error를 줄이기 위해 single-mode fiber에 대한 NA는  $\omega$ 보다 1%를 기준으로 한 값을 사용하는데 이 때의 NA는  $\omega$ 를 기준으로 한 NA를 0.66으로 나눈 값, 즉  $0.094/0.66=0.142$ 를 사용한다. 그런데 본 모의실험에서는 Code-V manual에 제시되어 있는 값, 0.144(MFD를 10.4um로 가정)를 사용하였다. 그리고 0.66을 사용하였다는 데이터는 모의실험 program에 포함되게 된다.

위와 같은 방법으로 발광fiber에서 나오는 빛을 정의하고 이것으로부터 수광fiber까지의 거리에 대한 적당한 초기 값을 입력한 후 이 값을 기준으로 하여 거리를 변화시키면서 CEF를 수행하였다.

### 2.2 실험

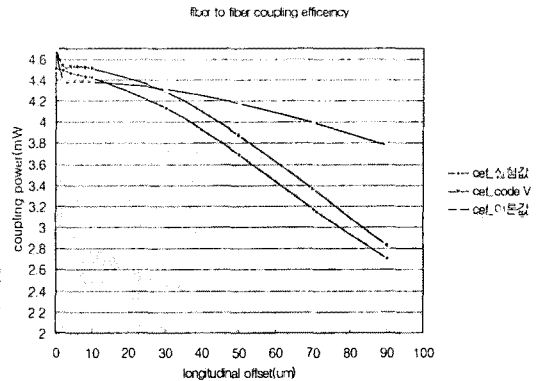
Fiber to fiber coupling의 효율을 구하기 위해서 다음 그림과 같이 구성하여 실험을 하였다.



발광부와 수광부의 fiber를 fiber홀더에 고정을 시키고 이것을 x-y-z stage 올려놓는다. 수광부 fiber의 stage는 회전이 가능한 rotation stage에 올려놓아 각도를 조정할 수 있게 한다. 수광부 fiber 반대쪽 끝에서는 optical power meter를 사용하여 광 파워를 측정한다. CCD를 사용해서 fiber를 광축정렬 한다, x-y축은 광축정렬 된 상태에서, 즉 그림 1에서 lateral offset과 angular offset은 고정시키고 y축, 즉 longitudinal offset을 변화시키면서 광 파워를 측정한다. 초기에 발광부와 수광부 fiber가 붙어 있는 상태, 즉 longitudinal offset(s), lateral offset(d), angular offset( $\theta$ )가 모두 0인 상태에서의 최대 광파워는 4.7mW로 측정됐다. longitudinal offset(s)을 수 um 씩 변화시키면서 광파워를 측정하였다.

### 3. 결 론

이론식, Code-V, 실제실험 결과에 대한 그래프는 다음에 나타내었다.



위 그림에서 알 수 있듯이 측정된 coupling power는 이론식에 의한 값보다 오히려 code-V에 의한 시뮬레이션 값에 더 근접한다는 것을 알 수 있다. 위의 그래프에서 보면 Code-V의 결과가 실험결과와 거의 비슷한 경향을 보이며 입력 광파워에 대해 Code-V의 결과가 실험결과보다 3.8%정도였다. 오히려 이론식에 의한 값은 상당한 오차가 있는 것으로 나왔다.

실험 결과 Code-V의 결과에서의 약간의 차이는 fiber의 절단면이 광섬유 축에 대해 정확한 수직이 아니거나 완전 평면이 아니기 때문에 발생한다고 사료된다.