

# 단일모드 광콜리메이터 의 결합 효율 분석

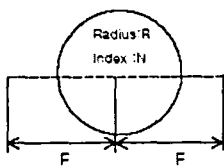
## Analysis of coupling efficiency of single mode fiber collimators

최희정, 황보창권, 김종섭\*, 장광호+  
 인하대학교, 한국광기술원\*, 에이지 광학+  
 hjchoe\_8@hotmail.com

광통신용 렌즈는 광통신 시스템에 있어서 송신단과 수신단에 사용되는 핵심 부품으로 집광/발산의 결상기능을 지니며, 광회로 부품과 광섬유의 효율을 극대화시켜 저손실로 접속하는 기능으로 현재는 구 렌즈(ball lens)와 GRIN 렌즈 등이 사용되어지고 있다. 본 연구에서는 광통신용 콜리메이터로 현재 많이 사용되고 있는 GRIN 렌즈 및 구 렌즈의 근축 분석(paraxial analysis) 과 광학 시뮬레이션 소프트웨어인 ASAP 을 이용하여 단일 모드 광섬유 콜리메이터의 효율을 비교 및 분석하여 비구면 콜리메이터 렌즈의 설계에 이용하고자 한다.

단일 모드 광섬유의 결합에 있어서 beam의 분포는 Gaussian beam일 때 최대 효율이 된다.<sup>(1)</sup> Gaussian beam의 진행은 spot size 인 w와 radius curvature 인 R 로 나타낼 수 있으며 이 둘을 결합하여 complex curvature parameter 인 q 값을 정의 한다. 진행하는 Gaussian beam의 q 값은 ABCD law 의해 임의의 근축 광학 시스템의 matrix를 이용하여 구할 수 있다.<sup>(2)</sup> 근축 분석을 통하여 quarter-pitch GRIN 렌즈 광학 시스템의 matrix와 구 렌즈의 matrix를 구하면 다음(1),(2)<sup>(4)</sup> 와 같다. 두 렌즈의 matrix는 초점거리 F로 표현했을 때, 동일한 형태가 되므로 같은 초점거리를 가진다면 이로부터 ABCD law의해 Gaussian beam의 q값을 구하면 같은 값을 가지므로 두 렌즈를 통과한 Gaussian beam의 (w, r)은 같은 값을 가진다. 그러므로 Gaussian beam 의 (w, r), 렌즈와 렌즈 사이 거리(Z<sub>0</sub>), 렌즈와 렌즈 사이 측면 거리(X<sub>0</sub>), 렌즈와 렌즈 사이 빗겨진 각도(θ)의 함수인 결합효율 식 (3)<sup>(3)</sup> 은 두 렌즈의 경우 동일한 형태를 가지게 된다. 초점거리가 F=1.928mm 로 같은 구 렌즈와 GRIN 렌즈의 결합 효율을 ASAP을 이용하여 구해보면 그래프(4)와 같다.

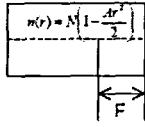
Ball lens



$$F = \frac{RN}{2(N-1)} \tag{1}$$

$$M = \begin{pmatrix} 0 & -NR/2(1-N) \\ 2(1-N)/NR & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & F \\ -1/F & 0 \end{pmatrix}$$

Grin lens



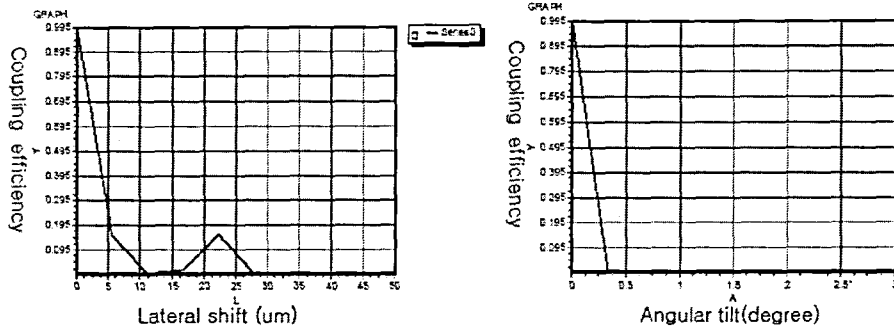
$$F = \frac{1}{N\sqrt{A}} \tag{2}$$

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 1/(N\sqrt{A}) \\ -N\sqrt{A} & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & F \\ -1/F & 0 \end{pmatrix}$$

$$L_{TOT}(X_0, Z_0, \theta) = -10 \log \left[ \frac{4D}{B} \exp \left( -\frac{AC}{B} \right) \right] \tag{3}$$

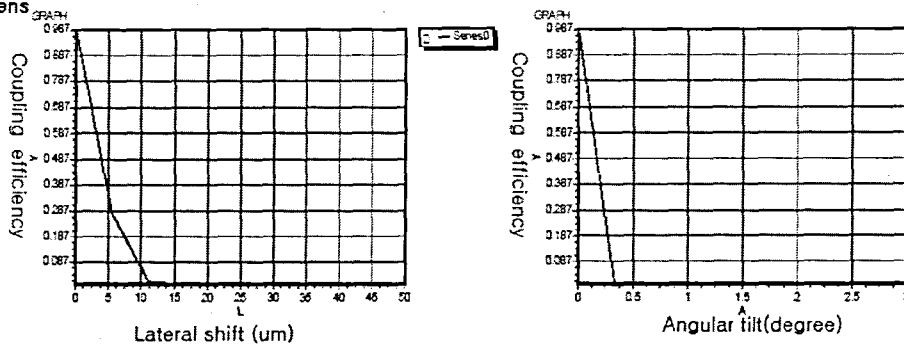
$$A = \frac{(kw_t)^2}{2}, B = G^2 + (D+1)^2, C = (D+1)F^2 + 2DFC \sin \theta + D(G^2 + D+1) \sin^2 \theta, D = \left( \frac{w_r}{w_t} \right)^2, F = \frac{2X_0}{kw_t^2}$$

GRIN lens



(4)

Ball lens



식(3)의 결과는 근축광선의 결과이므로 수차가 반영되지 않았다. 그럼에도 시뮬레이션의 결과를 비교해보면 매우 유사한 형태를 보이며, 최대 효율이 구 렌즈 0.987, GRIN 렌즈는 0.995 곧 0.8% 차이이므로 거의 비슷한 값을 가진다. 그러므로 근축 분석(paraxial analysis)을 적용한 식(3)의해 광콜리메이터의 결합효율은 렌즈의 형태에 무관하며 초점거리가 같다면 거의 같은 값을 가지게 된다.  
참고문헌

1. 김영권, 이종남, 최광돈, "Fiber optical communication" (광문각, 1995)
2. BAHAA E, A. SALEH, "fundamentals of photonics"(New York, John Willy.1991)
3. S. Yuan, N. A. Riza "general formular for coupling-loss characterization of single-mode fiber collimators by use of gradient-index rod lenses", Appl. Opt, Vol 38, 3214~3222 (1999)
4. J. C.Palais "Fiber coupling using graded-index rod lenses", Appl. Opt, Vol 19, 2011~2018 (1980)

F  
B