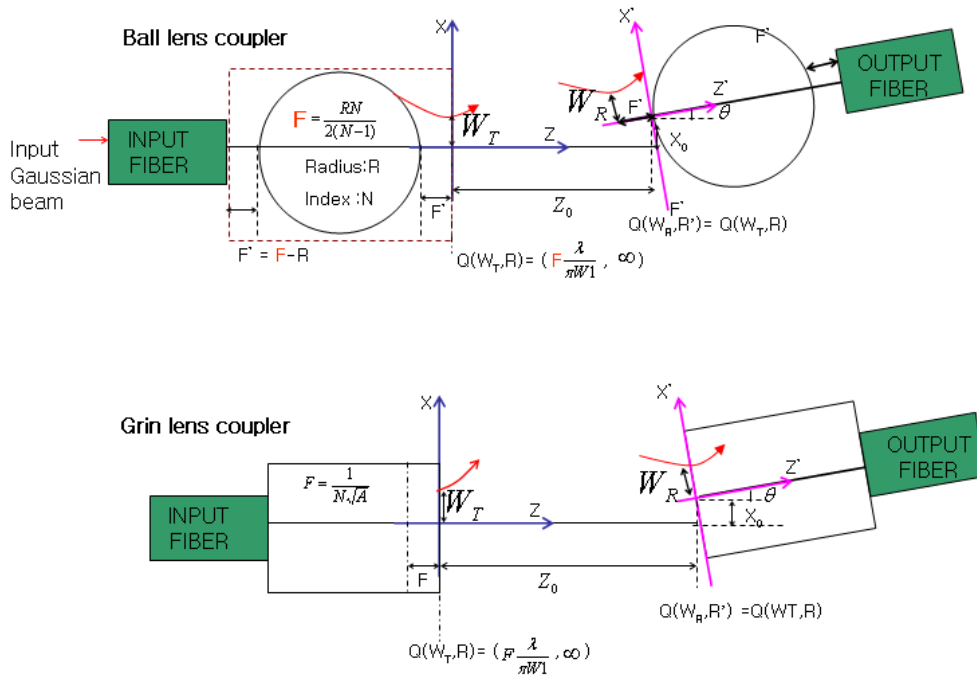


단일모드 구 렌즈와 그린 렌즈 광콜리메이터의 성능 분석

Analysis of the performance of single mode ball and GRIN lens collimators

최희정, 황보창권, 강석봉, 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 CODE-V를 이용하여 단일 모드 광섬유 콜리메이터의 효율을 비교 및 분석하고자 아래 그림과 같은 좌표계를 설정하였다.



단일 모드 광섬유의 결합에 있어서 beam의 분포는 Gaussian beam일 때 최대 효율이 된다.⁽¹⁾ Gaussian beam의 진행은 spot size 인 w와 radius curvature 인 R로 나타낼 수 있으며 이 둘을 결합하여 complex curvature parameter 인 q 값을 정의 한다. 진행하는 Gaussian beam의 q 값은 ABCD law의 해 임의의 근축 광학 시스템의 matrix를 이용하여 구할 수 있다.⁽²⁾ 곧, 근축 분석을 통하여 quarter-pitch GRIN 렌즈 광학 시스템의 matrix⁽⁴⁾와 구 렌즈의 matrix로부터 진행한 Gaussian beam의 (w, r)을 구할 수 있다. 구 렌즈의 초점거리가 f일 때, 이 결과들을 사용하여 Grin 렌즈와 구 렌즈의 결합효율(dB)을 구하면 각

각 다음과 같다.

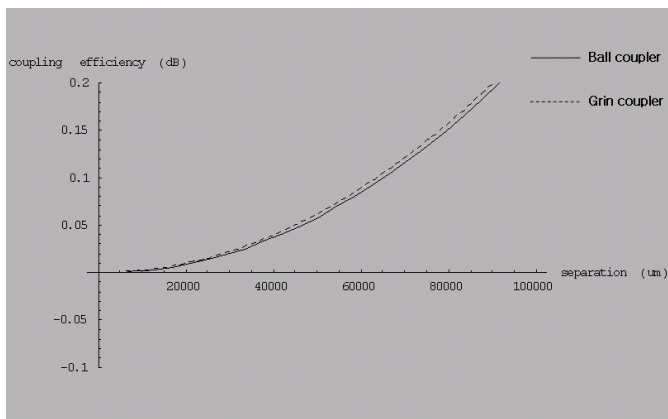
Coupling efficiency (Grin lens)=

$$-10 \text{Log} \left[\frac{4 e \frac{2 n^2 \pi^2 (n^2 \pi^2 w r^2 w t^2 (w r^2 + w t^2) \theta^2 + (w t^2 X^2 + w r^2 (X-Z \theta)^2) \lambda^2)}{\lambda^2 (n^2 \pi^2 (w r^2 + w t^2)^2 + Z^2 \lambda^2)} w r^2 (n^2 \pi^2 w t^4 + Z^2 \lambda^2)}{w t^2 (n^2 \pi^2 (w r^2 + w t^2)^2 + Z^2 \lambda^2) \left(1 + \frac{Z^2 \lambda^2}{n^2 \pi^2 w t^4} \right)} \right]$$

Coupling efficiency (Ball lens)=

$$-10 \text{Log} \left[\frac{4 e \frac{2 n^2 \pi^2 (n^2 \pi^2 w r^2 w t^2 (w r^2 + w t^2) \theta^2 + (w t^2 (X-f \theta)^2 + w r^2 (X-Z \theta)^2) \lambda^2)}{\lambda^2 (n^2 \pi^2 (w r^2 + w t^2)^2 + (f-Z)^2 \lambda^2)} w r^2 (n^2 \pi^2 w t^4 + Z^2 \lambda^2)}{w t^2 (n^2 \pi^2 (w r^2 + w t^2)^2 + (f-Z)^2 \lambda^2) \left(1 + \frac{Z^2 \lambda^2}{n^2 \pi^2 w t^4} \right)} \right]$$

위 식을 이용하여 두 콜리메이터 렌즈의 거리에 따른 결합효율을 비교하면 아래 그래프에서와 같이 구 렌즈의 결합효율이 우수함을 알 수 있다.



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)