Step & Graded Index 플라스틱 광섬유의 N.A. 측정 연구

Numerical aperture measurement of Step & Graded Index Plastic Optical Fiber

이병학, 김동관, 김대규, 박승한
연세대학교 물리학과
lebaiii@yonsei.ac.kr

인터넷의 발달과 더불어 정보양이 급속하게 증가함에 그에 상응하는 다양한 통신망 구축이 필요하게 되었다. 그 중 플라스틱 광섬유는 근거리 통신망에서 비용이 저렴하고 연결 및 사용이 용이하다는 이점을 가지고 있어 최근에 개발 및 연구 활동이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 이유로 플라스틱 광섬유의 큰 N.A.의 이점은 근거리 통신망에서 절대적이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 FFP(Far Field Pattern)방법으로 다중모드 플라스틱 광섬유의 N.A.를 측정하고 분석하였으나, 단일 모드 광섬유의 경우 core의 직경(수um)이 작아 far field에서 회절 효과로 인하여 beam intensity 분포를 Gaussian approximation으로 잡을 수 있고, beam의 waist 즉, MFD(Mode Field Diameter)를 출력세기 최대 값의 $1/e^2$로 감소되는 부분을 잡아 N.A.를 측정할 수 있다. 그러나 다중모드의 경우 광섬유의 core 직경이 커서 인접한 모드들 간에 간섭으로 intensity의 불규칙한 분포-speckle pattern이 발생하고, 다중모드의 MFD 기준 설정에 있어 단일모드와는 다른 방법으로 접근할 수밖에 없었다. 본 연구에서는 정확한 N.A.를 측정하기 위하여「모드들 간의 간섭문제를 해결하고 "EQD(Equilibrium Mode Distribution)의 조건과 신뢰 높은 MFD 설정」에 대하여 연구를 수행 하였다.

우선 충분한 모드들을 생성하기 위하여 자체적으로 제작한 scrambler를 사용하였고, MFD를 설정하기 위하여서 기하학적인 관점에서 접근하였다. 다시 말해서 core와 cladding의 동심원을 이루고 있는 정도인 편심률의 허용오차 5%(한국표준협회)를 screen에 투영된 모드 분포의 경계선으로 설정하였다.

다중모드 플라스틱 광섬유에는 SI(Step Index), GI(Graded Index) 두 종류 광섬유로 나눌 수 있는데 각 특성에 따라 적합한 측정 시스템을 구성하였다. SI 플라스틱 광섬유의 경우는 직접 scrambler에 0번부터 2회단위로 14회 감아가면서 그때의 beam 폭의 변화에 다른 각각의 N.A.를 측정하였고 GI 플라스틱

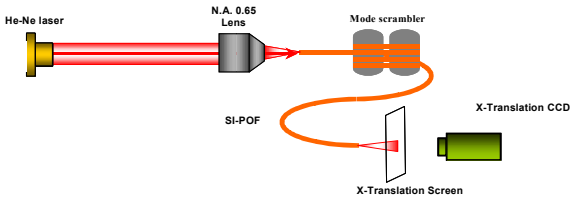

그림 1 SI-POF N.A. 측정 시스템

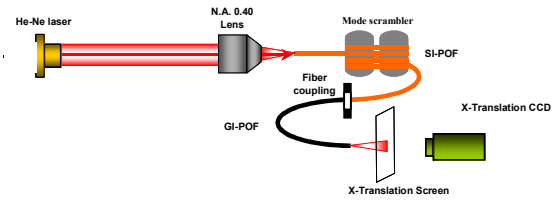

그림 2 GI-POF N.A. 측정 시스템

광섬유의 경우는 scrambler에 직접 감으로써 광출력이 약해지고 noise의 수준이 상대적으로 높아지기 때문에 정확한 모드 분포의 경계선을 잡기 힘들다. 따라서 SI 플라스틱을 scrambler에 감은 후 모드들을 충분히 생성하고 피측정 광섬유인 GI 플라스틱광섬유를 coupling하되 중심축에서 수평으로 10um씩 움직여 가면서 N.A.를 측정하였다.

SI 광섬유는 scrambler에 10번 이상 감았을 때 EQD에 도달하였음을 확인하였고 아래 그림 3은 감은 횟수에 따른 N.A. 값을 나타 낸 것이다. N.A. 값은 0.509로 측정 되었으며 감는 수에 따라 △N.A.=0.016 정도의

차이가 있음을 알 수 있었다.

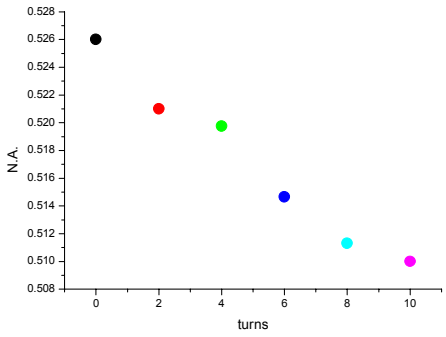

그림 3 SI-POF의 N.A. (감은 횟수별)

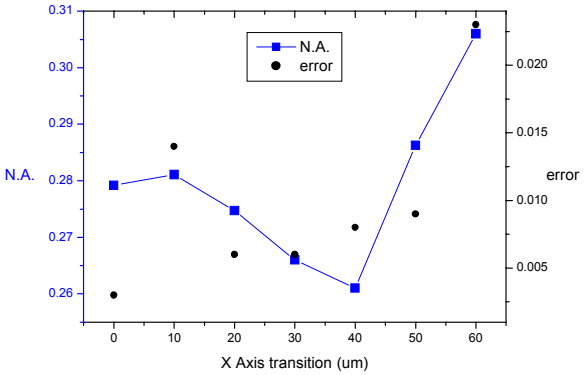

그림 4 GI-POF의 N.A. (fiber coupling)

GI 플라스틱 광섬유의 경우, 그림 4에서 보는 바와 같이 coupling이 잘되는 위치에서 $10\mu m$이내에 측정한 N.A.값은 0.28정도로 다소 변화가 작았지만 이후 점점 감소하다가 $50\mu m$정도에서 N.A. 측정값이 큰 폭으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 피측정 광섬유의 반경($50\mu m$)지점정도 이상으로 miss matching 될 때 광원에서의 가장자리에 해당하는 빛이 피측정 광섬유내부로 광축에 대하여 큰 입사각을 가지고 들어가서(higher order mode) 이 빛이 광섬유 밖으로 복사(radiation mode)되지 않고 GI 특성상 굴절률이 포물선 형태로 분포 되어있으므로 내부로 진행하여 광섬유 끝단에서 높은 각을 가지고 방사되기 때문에 빛의 intensity 분포의 외부 경계면을 넓게 이룬 것이라 볼 수 있다. 따라서 GI 플라스틱 광섬유의 경우 fiber coupling이 좋은 지점에서 약20um 이내에서 측정한 N.A.값이 신뢰 높은 측정값이라고 볼 수 있다.

결국, 다중모드 광섬유의 N.A.를 측정하는데 있어 screen 상에 안정한 beam의 intensity분포를 얻기 위하여 모드들 간의 간섭으로 인한 modal noise를 최소화하고 충분한 모드들을 생성하기 위하여 scrambler를 사용하였으며, zero성 order 경계선을 명확하게 선정할 수 없으므로 기하학적인 관점에서 intensity의 최고 5%에 해당하는 지점을 MFD로 설정하여 다중모드 광섬유의 N.A.측정 기준을 제시 할 수 있었다.

참고문헌

1. George C. Papen and G. Matthew Murphy, “Modal Noise in Multimode Fibers under RestrictedLaunch Conditions,” *J. Lightwave technol*, vol.17, may, 1999.
2. D. Daino, G. De Marchis and S. Piazzolla, “Speckle and modal noise in optical fibers theory and experiment,” *Optica Acta*, vol. 27, no. 8, pp.1151-1159, 1980.
3. ITU-T Study Group 15, “Revised version of recommendation G.651-Characteristics of 50 / 125um multimode graded index optical fiber cable,” ITU-T, Feb. 1998
4. 한국표준 협회, “KS C 6922-다중 모드 광섬유 구조 파라미터 시험방법,” 1995.
5. 한국표준 협회, “KS C 6951-전 플라스틱 멀티 모드 광섬유의 구조 파라미터 시험방법,” 1993.3.