

# 치과용 Er:YAG 레이저 전송 Hollow Fiber의 빔전달 특성 Transmission Characteristics of Hollow Fiber for the Beam Delivery of Dental Er:YAG Laser

신동연, 김덕래, 안대운, 우병걸, 김영식  
단국대학교 의학레이저연구센터  
grinsdy@naver.com

최근 의료용 레이저는 기존의 의료용 장비에 비해 여러 가지 장점을 가지고 있어 우리나라를 비롯하여 선진국에서 많은 연구 개발이 이루어져 왔으며, 이를 바탕으로 임상 및 의료 기술도 매우 활발하게 진행되고 있다. 대부분의 산업용으로 쓰이는 레이저와 마찬가지로 의료분야에서도 레이저는 조직을 자르고 응고시키는 것을 포함하여 진단 및 치료용으로 유망하다. 특히, Ar, Nd:YAG 및 CO<sub>2</sub>와 같은 고출력 레이저는 상업적으로 사용되어 왔고 동시에 구부러짐이 가능한 레이저빔 전송 시스템은 의료용으로의 응용을 실현시켰다.<sup>[1,2]</sup> 본 연구는 치과용 Er:YAG 레이저와 hollow fiber의 빔전달 특성을 파악하는데 목적을 두고 있다.

Er:YAG 레이저를 치아까지 효율적으로 전달할 수 있는 방법으로는 fluoride glass fiber, sapphire fiber 및 hollow fiber 등이 있다. 실리카로 형성된 투명한 광섬유는 근적외선 영역인 Ar, Nd:YAG 레이저 광을 전송할 수 있지만, 중적외선 영역인 Er:YAG, CO 및 CO<sub>2</sub> 레이저 광에는 사용할 수 없다. 코아가 고체인 적외선 광섬유는 다음과 같은 단점을 가지고 있다. 적외선 광섬유는 실리카 광섬유보다 쉽게 부서진다. fluoride glass fiber는 흡습성을 가지고 있어 표면 결정체에 수분이 생긴다. silver halide fiber는 감광성을 가지고 있어 가시광이나 자외선에 노출되면 colloidal silver로 변질이 되어 쉽게 부식된다. 그러나 코아가 공기인 hollow fiber는 코아가 고체인 광섬유보다 손상 한계값이 높으며, 광섬유 단면에서의 프레넬 반사 손실이 없고, 간단한 구조로 되어 있다. 이러한 장점 때문에 hollow fiber는 적외선 파장 영역의 고출력 레이저 전달시스템 개발에서 크게 주목 받고 있다.<sup>[3,4,5]</sup>

그림 1은 렌즈의 초점거리에 따른 hollow fiber의 최적 결합 효율을 측정하기 위한 실험 장치도이다. 파장이 632.8 nm인 He-Ne 레이저에서 출사한 빔은 렌즈를 투과한 후 길이가 150 cm인 hollow fiber에 입사된다. Hollow fiber의 내경은 700  $\mu\text{m}$ 이고 외경은 850  $\mu\text{m}$ 이며, 내부는 유전체 코팅과 은 코팅이 되어있다. 광섬유의 유전체 코팅은 적외선 영역에서 높은 전달 효율을 갖도록 설계가 되어있다. Hollow fiber의 양 끝은 SMA 타입의 커넥터가 연결되어 있지 않은 상태에서 실험을 진행하였다. Er:YAG 레이저에 대한 hollow fiber의 전달 효율 측정시에는 He-Ne 레이저 대신 Er:YAG 레이저를 위치시킨 후 에너지메타로 출력 에너지를 측정하였다.

실험에서는 He-Ne 레이저를 초점거리가 다른 여러 개의 렌즈를 사용하여 hollow fiber와 결합시킨 후 전달된 광량을 측정한 결과 초점거리 50 mm인 렌즈를 사용하였을 때 76.25 %의 최대 전달 효율을 나타내었다. He-Ne 레이저에 의한 실험적 근거를 바탕으로 실제 치과용으로 적용할 Er:YAG 레이저의 파장에 대하여 최적 조건을 갖춘 렌즈의 적절한 초점거리를 40 mm로 선정하였다. Er:YAG 레이저에 대한 hollow fiber의 전달 효율은 최대 96.73 %, 최소 77.58 %로 나타났다. Hollow fiber의 구부림 각도 및 반경에 대해 출력에너지의 변동률은 각각  $\pm 2.73$  %,  $\pm 1.8$  %으로 작게 나타났다. 그러나 hollow fiber에 입사하는 레이저의 출력이 증가할수록 전달 효율이 감소하는 현상이 나타나고 있다. 이러한 현상이 나타나는 원인을 규명하기 위하여 실험을 진행 중에 있다.

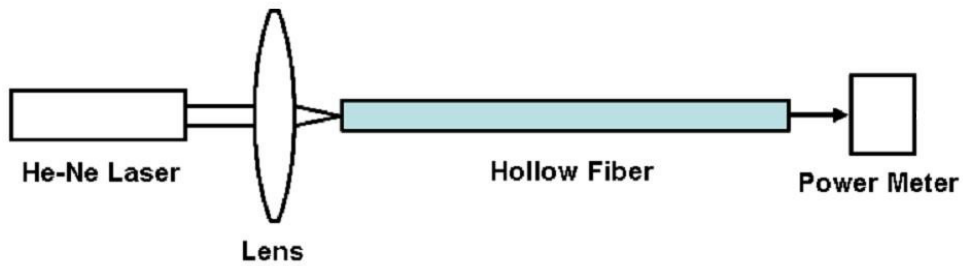


그림 1. Hollow fiber의 결합 효율 측정 장치도

## 참고문헌

- [1] Akihito Hongo, Tadashi Koike, Takashi Suzuki, "Infrared hollow fibers for medical applications", HITACHI CABLE REVIEW **23**, 2004.
- [2] Yuji Matsuura, "Hollow fibers for medical applications", Proc. IEEE, F1B-T7-3, 2004.
- [3] James A. Harrington, "A Review of IR Transmitting, Hollow Waveguides", Fiber and Integrated Optics **19**, pp. 211-217, 2000.
- [4] Richy K. Nubling, James A. Harrington, "Hollow-waveguide delivery systems for high-power, industrial CO<sub>2</sub> lasers", Appl. Optics **34**(3), pp. 372-380, 1996.
- [5] Yuji Kato, Mitsunobu Miyagi, "Numerical Analysis of Mode Structures and Attenuations in Dielectric-Coated Circular Hollow Waveguides for the Infrared", IEEE Trans. Microwave Theory Tech. **42**(12), pp. 2336-2342, 1994.