

싱글 모드 파이버 레이저의 발진 특성에 관한 연구

홍정환, 강 옥*, 정영환, 이동훈, 김희제, 조정수
부산대학교 전기공학과, 한국전기연구소*

A study on the oscillation characteristics of single mode fiber laser

J. H. Hong*, U. Kang, Y. H. Jung, D. H. Lee, H. J. Kim, J. S. Cho.
Dept. of Electrical Eng., Pusan national Univ., KERI*

Abstract - In this paper, we would like to study the oscillation characteristics of single mode fiber laser which is composed of a Fabry-Perot resonator, a pump source of 808nm Laser Diode, a Er^{3+} -doped single mode fiber with 0.5um diameter.

급의 LD(Laser Diode)를 이용함으로써 더욱 효율 좋은 출력이 나오는 싱글 모드 파이버 레이저의 발진 특성에 관한 실험을 하고자 한다[10-11].

2. 본 론

1. 서 론

1970년 대 최초로 LD(Laser Diode)가 상온에서 발진을 성공하고 광파이버 자체의 흡수 손실현상 및 분산현상을 최대한으로 줄일 수 있는 석영 광파이버가 개발된 이래로 광파이버 도파로를 이용한 여러 가지 연구들이 세계 각국에서 활발하게 진행되고 있는 가운데 그 중에서도 광통신과 파이버 레이저에 관한 연구가 눈부신 발전을 거듭하고 있다[1-2].

특히, Nonlinear Fiber Optics 분야 중에서도 회도류(Nd^{3+} 또는 Er^{3+}) 원소가 도우핑 된 광파이버로부터 발진이 가능한 선평이 아주 좁은 광펄스를 얻을 수 있는 파이버 레이저와 장거리 광통신선로에서 입력 광펄스의 분산현상을 최대한으로 줄일 수 있는 Soliton Wave에 관한 연구는 상당한 발전을 보고 있는 실정이다.

또한 파이버 레이저는 광통신용 광원의 원천으로서 중요한 위치를 차지하고 있고 더 나아가 파이버 자체의 유용적인 특성과 레이저의 신뢰성, 속응성 및 직진성 등과 같은 이유로 인해 각종 첨단산업분야의 위치계측기 및 원·근거리 계측 센서로서도 아주 유용하게 이용되고 있는 추세에 있다[3-4].

파이버의 종류로는 크게 싱글 모드, 멀티 모드, 그리고 그레드 인덱스형으로 나눌 수 있고 또한 파이버 자체의 특성인 분산현상을 줄이기 위한 방편으로 등장한 파이버 예를 들면 DSF(Dispersion Shifted Fiber)와 DFF(Dispersion Flatted Fiber)등으로 나눌 수도 있다. 본 연구에서는 광통신용으로서 아주 우수한 파이버의 직경이 작은 싱글 모드 파이버를 채택하여 실험을 수행하고자 한다[5].

또한 파이버의 제조 과정에서 나타나는 특징인 OH기에 의한 흡수 손실 문제를 고려해 볼 때 가장 손실이 적은 파장 대역인 1.55um에서 발진을 시키기 위하여 회도류 원소중에서도 Er^{3+} 를 도우핑 시킨 석영 광파이버를 채택하여 파이버 레이저의 발진 실험을 수행하고자 한다.

파이버 레이저를 발진시키기 위한 공진기 구조로는 링 구조와 Fabry-Perot 구조 등 몇가지가 있으나 본 실험에서는 후자를 선택하여 파이버 레이저의 발진 실험을 하고자 한다[7-9].

그리고 파이버 레이저를 발진시키기 위한 펌핑용 소스로서는 여러 가지를 고려해 볼 수 있으나 Erbium의 루미네스스를 측정해 보았을 때 가장 광의 흡수가 많이 일어나 양자 효율이 최대가 되는 800nm ~ 900nm의 파장 대역 중에서도 808nm의 발진 파장을 가지고 있는 1W

2.1 레이저 시스템 구성

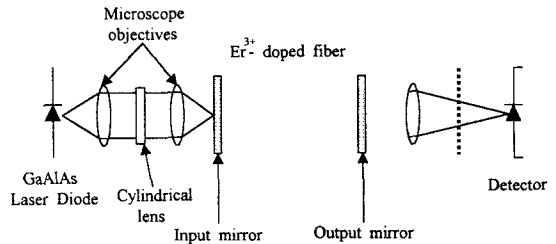


그림 1. 레이저 다이오드로 펌핑시킨 싱글 모드 파이버 레이저의 개략도

Er^{3+} 를 도우핑 시킨 싱글 모드 파이버 레이저를 발진시키기 위한 레이저 시스템 구성으로서 그림과 같이 Fabry-Perot 공진기 구조를 채택하였다. 석영 광파이버의 길이는 약 2m 정도이고 펌핑 파장으로는 808nm의 LD를 채택하였다.

2.1.1 펌핑용 SOURCE LD

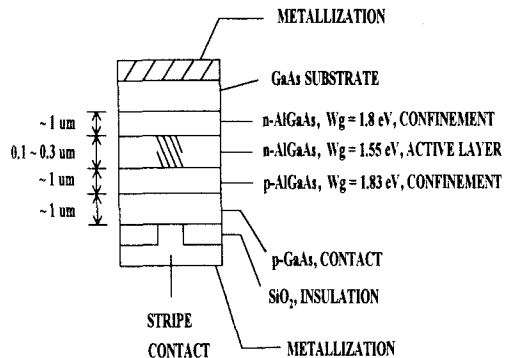
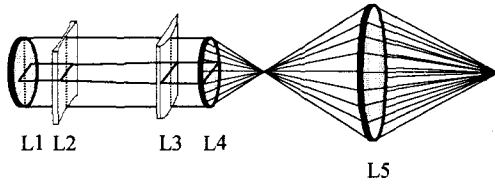


그림 2. 펌핑용 소스인 AlGaAs 레이저 다이오드의 내부 구조

그림 2는 펌핑용 소스인 AlGaAs 레이저 다이오드

의 내부 구조를 나타낸 것이다. LD의 출력 파장인 808 nm은 활성영역인 밴드 갭 에너지 1.55 eV에 의하여 결정이 된다.

2.1.2 Pump Optics

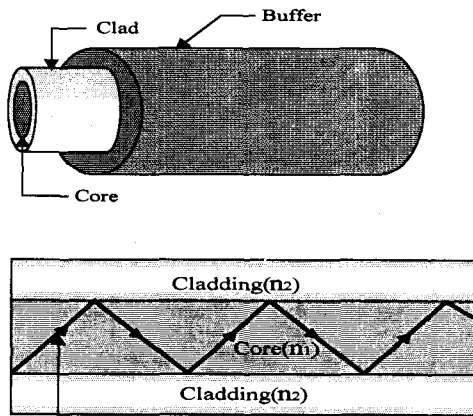


- L₁ : parallel lens,
- L₂ : concave cylindrical lens
- L₃ : convex cylindrical lens
- L₄ : convex lens
- L₅ : convex lens

그림 3. Pump Optics 개략도

그림 3은 LD의 특징중의 하나인 비등방성인 성질을 비구면 유리렌즈를 통하여 석영 광파이버에 넣기 위하여 등방성으로 만들기 위한 그림을 나타내고 있다.

2.1.3 Optical Glass Fiber



- n_1 = Core Refractive Index
- n_2 = Cladding Refractive Index
- $n_1 > n_2$

그림 4. 석영 광파이버의 외부 구조와 광의 도파 원리

그림 4는 석영 광파이버의 외부 구조와 광파이버 내부에서 광의 도파되는 원리를 나타내고 있는 그림이다. 광파이버의 외부를 살펴보면 내부에 광의 도파로에 해당하는 굴절율이 상당히 큰 코어 부분과 굴절율이 코어보다는 조금 작아 코어 내에서 광의 전반사가 가능하게 하는 클래드 부분 그리고 마지막으로 클래드층을 보호하기 위한 외피층으로 나누어져 있다. 광이 내부에서 전반사가 되는 원리는 snell의 법칙에 입각하여 전반사가 일어나게 되는 각도 (임계각) 이상의 각으로 광이 입사되었을 때 가능하게 되는데 이 때 그 각을 acceptance angle라고 한다. 그리고 광을 입사시키기 위해서는 NA

가 중요한데 이 NA와 acceptance angle과의 관계를 살펴보면 다음과 같다.

$$NA = n_1 \sin \theta$$

$$= n_1 \sqrt{2\Delta}$$

$$\Delta = (n_1 - n_2)/2$$

- 단, n_1 : Core Refractive Index
- n_2 : Clad Refractive Index
- θ : acceptance angle

3. 향후의 계획

808nm 파장의 LD로 펌핑시켰을 때 Er^{3+} 가 도우핑된 싱글 모드 파이버 레이저의 발진 파장이 1.55 μ m인가에 대하여 조사할 계획이며, 펌핑 소스를 여러 가지로 변형시킨 뒤 예를 들면 파장이 980nm인 LD, 혹은 파장이 1.064 μ m인 Nd:YAG 레이저 등 일때 Er^{3+} 가 도우핑된 싱글 모드 파이버 레이저의 발진 파장에 대하여 조사하고자 한다.

참고 문헌

- [1] Joseph. C. "FiberOpticsCommunication", Prentice - Hall, Palais 4th, pp.35-49, 87-89, 1998
- [2] Govind P. Agrawa, "Nonlinear Fiber Optics", Academic Press, 2th, pp.1-5, 545-549, 1995
- [3] N.Kashima, "Passive Optical Components for Optical Fiber Transmission", Norwood, Mass, Artech House, 1995
- [4] Rod C. Alferness "Guided-Wave Devices for Optical Communication", IEEE J. Quantum Electron 17, no. 6, pp. 946-959, 1981
- [5] B. V. Dutt, J. H. Racette, S. J. Anderson, F. W. Scholl, "AlGaInP/GaAs Red Edge-Emitting Diode for Polymer Optical Fiber Application", Appl. Phys. Lett. 15, no. 21, 2091-2092, 1988,
- [6] Tetsuo Horimatsu and Masaru Sasaki "OEIC Technology and Its Application to Subscriber Loops", IEEE J. Light Wave Technol. 7, no. 11, pp. 1612 - 1622, 1989
- [7] W. S. C. Chang, M. W. Muller, F. J. Rosenbaum, "Integrated Optics, In Laser Application", Monte Ross, ed. New York, Academic Press, pp. 269-289, 1974
- [8] Yataki, M. S. Payne, D. N. Varnham, M. P. "All-Fiber Polarising Beamsplitter", Electron. Lett. no. 21, pp. 249-251, 1985
- [9] "Erbium - Doped Optical Fiber Amplifiers for New Generations of Optical Communication Systems", Optics Photonics News 2, no. 1, Jap. pp.6-11, 1991
- [10] Donald M. Fye "Low Current 1.3 μ m Edge-E mitting LED for Single Mode Fiber Subscriber Loop Application", J.Lightwave Technol, LT4, no. 10, Oct. 1546-1551, 1986,
- [11] H. Kressel, M. Ettenberg, J. P. Wittke, I. Ladany "Laser Diodes and LEDs for Fiber Optical Communications", In semiconductor Devices for Optical Communication, H. Kressel, ed. New York, Springer-Verlag, pp. 9-12, 1980