

# DMD를 이용한 다파장 어븀-첨가 광섬유 레이저

## Multiwavelength Erbium-Doped Fiber Laser

### based on Digital Micromirror Device

유봉안, 신우진, 엄태중, 이영락, 노영철, 고도경, 이종민  
 광주과학기술원 고등광기술연구소 광정보통신연구실  
 bayu@gist.ac.kr

다파장 광원은 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 광통신 시스템, 광센서 시스템, 광부품 테스트 분야 등에서 사용되는 모듈로서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재까지 발표된 다파장 발생 방법으로는 단일 파장 레이저 어레이, 광대역 광원의 스펙트럼 분할, 다채널 필터를 삽입한 다파장 레이저 방식 등이 있다.<sup>(1)</sup> 한편, 최근 들어 MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) 기술 분야에서는 광스위칭과 광연결 및 파장 필터링 소자 등으로의 다양한 활용에 관한 연구가 이루어지고 있다. 그중 대표적인 예로는 DMD (Digital Micromirror Device)를 이용한 광섬유 증폭기 이득 평탄화 필터, 디지털 광감쇄기, 레이저 Q-스위치 등이 있다.<sup>(2)</sup>

본 연구에서는 DMD를 다채널 필터로 이용한 새로운 방식의 다파장 어븀-첨가 광섬유 (Erbium-Doped Fiber, EDF) 레이저를 제안하고 있다. 레이저 발진 파장들과 그 파장 간격은 DMD 내의 패턴을 제어함으로써 손쉽게 변화시킬 수 있다. 제안된 광섬유 레이저는 상온에서 0.8 nm 간격 (100 GHz @1550 nm)으로 8 채널까지 동시에 발진시킬 수 있다.

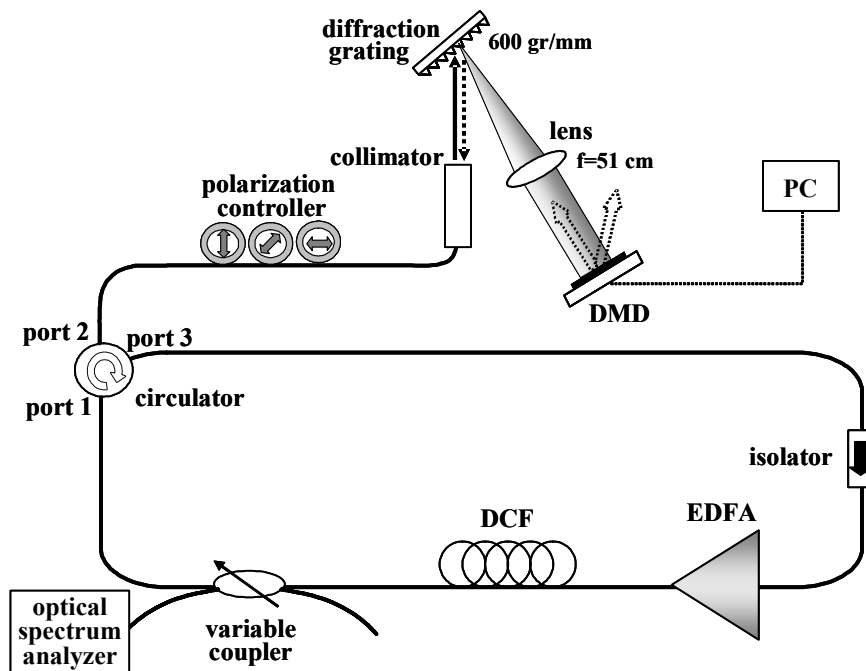


그림 1. 다파장 광섬유 레이저 실험 구성도

그림 1은 제안된 다파장 레이저의 실험 구성도를 보여주고 있다. 이 레이저에서는 EDF가 레이저 이득 매질로 사용되고 있다. 보통 EDF는 상온에서 수 nm 정도의 균일 확대 선폭 (homogeneous broadening linewidth)을 가지고 있어 이보다 작은 파장 간격에서는 여러 파장의 동시 발진이 어렵다. 이를 극복하기 위해서는 액화 질소를 이용한 극저온 냉각 방법, 주파수 쉬프팅 방법 등이 사용된다.<sup>(3)</sup> 여기에서는 공진기 내에 삽입한 분산 보상 광섬유 (Dispersion Compensating Fiber, DCF) 안에서 일어나는 FWM (four wave mixing) 현상을 이용하여 EDF의 균일 확대 현상을 줄이는 방법을 사용하였다. 그리고, 제안된 시스템에서는 발진 파장들을 결정하는 다채널 필터로서 회절 격자와 DMD를 결합한 구조를 이용하고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 광섬유 순환기 (optical circulator)의 2번 출력단을 통해 광섬유 공진기 외부로 나온 빔은 회절 격자에 의해 파장에 따라 DMD의 서로 다른 마이크로미러에 조사되고 각각의 마이크로미러의 반사 각도에 따라 그 파장 성분은 공진기 밖으로 소멸되거나 광섬유 공진기 내부로 다시 입사하게 된다. 즉, 이 필터에서는 마이크로미러들의 ON/OFF 상태를 제어함으로써 출력 파장들의 수와 위치, 세기를 자유롭게 조절할 수 있게 된다.

그림 2는 EDF의 펌핑 전류가 200 mA일 때, CW로 발진하는 레이저의 광 출력 스펙트럼을 보여주고 있다. 상온에서 0.8 nm의 파장 간격을 가지는 8 개의 파장이 동시에 SNR (signal-to-noise ratio) 30 dB 이상으로 발진하는 것을 볼 수 있다. 발진 파장들 간의 파워 분포는 EDF의 펌핑 전류 및 이득 스펙트럼 모양, 공진기 내부의 편광 상태에 따라 변화되는 데, 보통 불균일하게 나타난다. 이러한 파워 분포는 DMD 필터의 반사 스펙트럼을 적절히 변화시킴으로써 보다 균일하게 만들 수 있다. 또한, 그림 3에서 보는 바와 같이 DMD의 반사 패턴 간격을 변화시킴에 따라 발진 파장의 위치와 간격을 간단히 바꿀 수 있다.

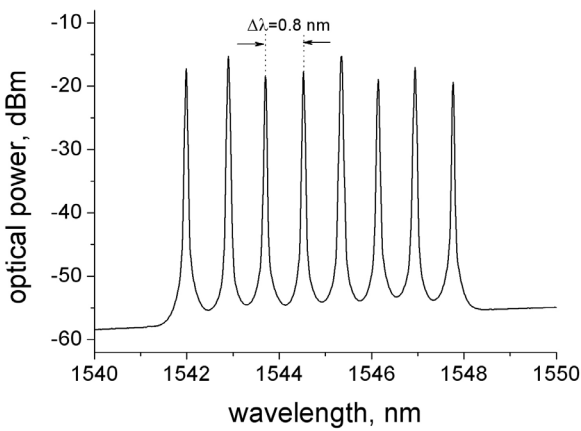


그림 2. 파장 간격이 0.8 nm인 8 채널 발진 레이저 출력 스펙트럼

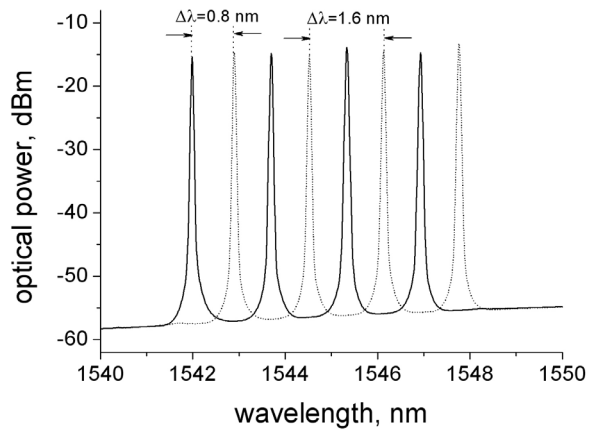


그림 3. 파장 간격이 1.6 nm인 4 채널 스위칭 (스위칭 간격: 0.8 nm)

참고문헌

1. B.-A. Yu *et al.*, "Multiwavelength-switchable SOA-fibre ring laser using sampled Hi-Bi fibre grating', *Electron. Lett.* **39**(8), 649-650 (2003).
2. N.A. RIZA *et al.*, "Broadband optical equalizer using fault-tolerant digital micromirrors", *Opt. Express* **11**(13), 1559-1565 (2003)
3. Y.-G. HAN *et al.*, "Wavelength-spacing tunable multiwavelength erbium-doped fiber laser based on four-wave mixing of dispersion-shifted fiber", *Opt. Lett.* **31**(6), 697-699 (2006).