

## 채널 50 GHz 간격의 다중 파장으로 동작하는 어븀첨가 광섬유 링 레이저

### Multiwavelength erbium-doped fiber ring laser with 50 GHz channel spacing

이성현, 유한영\*, 김용평, 서호성\*

경희대학교 전자정보대학, \*한국표준과학연구원 길이/시간그룹

sunghunlee@kriss.re.kr

#### I. 서론

1960년대 초 Snitzer 박사에 의해 최초의 광섬유 레이저가 보고된 이후로 최근까지 비약적인 발전을 이루었다. 현재 광섬유레이저는 극초단 펄스 발생이 용이하고, 단일모드 발진 및 고출력을 얻을 수 있어 광주파수 metrology, DWDM 광통신, 절단 및 용접의 산업체 응용과 OCT와 같은 생체의학과 우주광학의 응용에 이르기까지 널리 사용되고 있다.

광섬유 레이저는 이득매질에 따라 다양한 파장대의 스펙트럼을 구현할 수 있는데, 가장 많이 사용되는 이득매질로는 1500 nm 대역의 어븀첨가 광섬유(erbium-doped fiber; EDF)를 들 수가 있다. EDF를 증폭매질로 하는 광섬유레이저는 이득매질이 균질선폭 및 비균질 선폭 퍼짐의 특성을 가지고 있어 광섬유레이저 공진기 내에 선폭이 충분히 좁은 대역의 에탈론 필터나 FBG 필터를 사용하여 비균질 선폭퍼짐을 억제함으로써 레이저 출력이 단일 종모드 발진을 이룰 수 있다. 반대로 다중파장의 광섬유 레이저를 구현하기 위해서는 균질선폭퍼짐을 억제해야 하는데, 레이저에서 다중 파장을 얻기 위해서 기존에 사용했던 방법은 EDF를 액체질소를 사용하여 냉각시켜 균질선폭퍼짐을 억제하는 방법 이었다.

하지만 이 방법은 레이저 제작이 너무 번거롭다는 단점을 가지고 있어, 최근에는 음향 광주파수 변환기(Acousto-Optics frequency shifter; AOFs)을 이용하여 보다 쉽게 상온에서 다중파장으로 동작하는 레이저를 구현하였다.<sup>(1-2)</sup>

본 논문에서는 다중파장으로 동작하는 광섬유레이저 구현에 있어, 국제통신연합(ITU-T) ITU-grid 주파수 간격<sup>(3)</sup>에 일치하는 제작한 에탈론 필터(etalon filter)와 단일모드발진을 억제하기 위해 AOM을 이용하여 다중파장으로 발진하는 어븀 첨가 광섬유 링 레이저를 구현하였다.

#### II. 실험 및 결과

그림 1은 제작한 다중 파장으로 동작하는 광섬유 링 레이저의 구성도이다. 레이저는 크게 증폭을 위한 EDF 증폭부와 에탈론 필터와 AOM을 포함한 파장 선택부와 출력부(90/10)로 크게 나눌 수 있다. 에탈론 필터를 통과한 광은 150 MHz 광 주파수 변조기를 사용하여 주파수를 변조시켰다. 에탈론 필터는 국제통신연합 통신색터(ITU-T)에서 DWDM 응용을 위해 권고한 50 GHz 주파수 간격에도 일치되며 석

영계 고체형 에탈론 필터를 정밀 길이조절로 가공하고 광섬유타입으로 패키징하여 제작하였다. 광섬유 공진기를 round trip한 후 되먹임 된 광은 AOM의 주파수변조를 통해 밀도반전을 통한 정상상태의 유지를 막아 단일모드 발진을 억제하고, 공진기내의 레이징 build up 시간 내에 에탈론 필터의 각 공진 모드들은 AOM의 주파수 이동을 통해 다중파장의 발진을 이루게 된다. 이것은 어븀 첨가 광섬유의 고유 특성중의 하나인 이득의 균일한 선 피침을 막을 수 있다. 편광 조절기(polarization controller; PC)는 레이저의 편광을 조절하고 출력 스펙트럼의 세기 및 평탄도를 조절 할 수 있었다.

그림 2는 편광조절기와 펌프 LD의 출력을 최적화 시켰을 때 얻은 다중파장 레이저의 평탄화 된 출력 스펙트럼이다. 다중파장 레이저의 출력은 에탈론 필터의 자유분광너비에 일치하는 0.4 nm(50 GHz)간격으로 1543 nm부터 1560 nm까지 3 dB 레벨에서 37개 이상의 다중파장으로 평탄한 출력 스펙트럼 얻을 수 있었다. 제작한 레이저의 출력특성은 에탈론 필터의 피네스(Finesse)와 AOM의 변조주파수 및 EDF의 이득 조절에 따라 크게 바뀌므로, 넓은 대역, 평탄화된 출력 및 높은 출력으로 최적화된 다중파장출력을 얻기 위해 현재 실험은 계속되고 있다.

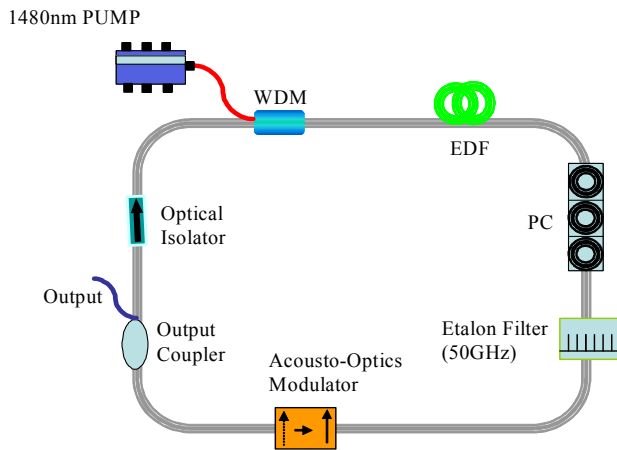


그림 1. 다중파장 광섬유 링 레이저구성도

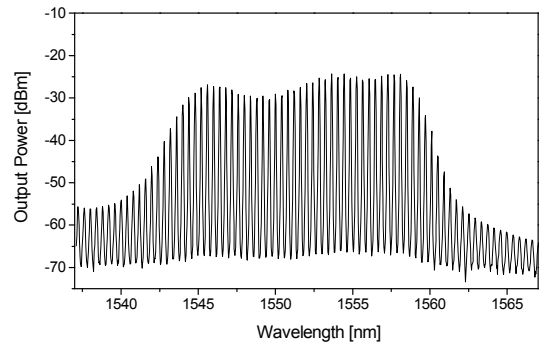


그림 2. 레이저 출력스펙트럼

다중파장 레이저는 다양한 응용성을 갖고 있고, 그 대표적인 응용 예로써 파장분할 다중화(DWDM) 방식에서 송신기의 백업용 응용광원이나 단일모드 광섬유의 색 분산 측정에 사용 할 수 있는 연구 결과가 보고되고 있다.

참고문헌

1. S. Yamashita and K. Hotate, "Multiwavelength erbium-doped fiber laser using intracavity etalon and cooled by liquid nitrogen, " Electron. Lett., vol.32, pp. 1298-1299, (1996).
2. A. Bellemare and M. Rochette, "Room temperature multifrequency erbium-doped fiber lasers anchored on the ITU frequency grid", Lightwave Technology, pp.825 - 831, (2000).
3. H.Y..Ryu, W. K. Lee, H. S. Moon, S. K. Kim, H. S. Suh, D. Lee "Stable single frequency fiber ring laser for 25 GHz ITU-T grids utilizing saturable absorber filter", IEEE Photon. Technol., Lett. vol. 17, pp. 1824-1826, (2005).