

논문 2005-42SD-7-3

파장변환과 스위칭이 가능한 다파장 어븀 첨가 광섬유 링 레이저

(Tunable and switchable multi-wavelength
erbium-doped fiber ring laser)

장 현 수*, 이 경 식**

(Hyun Soo Jang and Kyung Shik Lee)

요 약

여러 개의 광섬유격자를 가변하여 파장변환과 스위칭이 가능한 다파장 EDF 링레이저를 제안하였다. 광섬유격자에 인가되는 압력을 변화시킴으로써 EDF 링레이저의 출력파장과 파장간격을 연속적으로 변환시킬 수 있었으며, 편광조절기를 조절하여 EDF 링레이저의 출력파장을 두 파장, 세 파장 또는 네 파장으로 스위칭 할 수 있었다.

Abstract

We propose an erbium-doped fiber ring laser whose multi-wavelength oscillation is tunable and switchable by tuning fiber bragg gratings. By applying axial pressure on the fiber bragg grating, the wavelength spacing of the proposed laser can be tuned continuously. And by adjusting a polarization controller(PC), the proposed laser can be switched among dual-, triple- and four-wavelength lasing operations.

Keywords : Erbium-doped fiber 링레이저, 광섬유격자, 다파장레이저, 파장가변, 스위칭

I. 서 론

다파장 레이저는 WDM 통신시스템, 광센서, 광신호 처리 등 여러 응용분야에 다양하게 사용되고 있다. 어븀 첨가광섬유(erbium-doped fiber, EDF)는 상온에서 넓은 homogeneous gain broadening 특성 때문에 강한 모드 competition과 불안정한 발진을 일으키므로 다파장 EDF 레이저의 구현에 많은 어려움이 따른다. 이를 극복하기 위해 다양한 방법들이 제안되고 있다. 넓은

homogeneous gain broadening 특성을 감소시키기 위해서 EDF를 liquid nitrogen에 담그거나^[1,2,3], erbium-doped twin-core fiber^[4], multiple quantum-well waveguide^[5] 또는 elliptical core EDF^[6]를 이용하는 방법 등 상온에서 다파장 EDF 레이저의 구현을 위한 방법들이 제안되어 왔다. 광섬유 격자는 광섬유형태로 되어 있어 연결이 쉽고 저가라는 장점을 가지고 있어서 광섬유 레이저의 파장선택소자로 많이 이용되고 있다. Cascaded 광섬유격자 공진기^[7], 복굴절이 큰 광섬유에 제작된 광섬유격자^[8], 샘플격자^[3,9], 편광유지 광섬유에 제작된 장주기 광섬유격자^[10] 등 많은 형태의 광섬유격자들이 다파장 EDF 레이저의 파장선택소자로 제안되

* 학생회원, ** 정회원, 성균관대학교 정보통신공학부
(School of Information and Communication
Engineering, Sungkyunkwan University)
접수일자 2005년5월9일, 수정완료일: 2005년6월27일

고 있다. 뿐만 아니라 다파장 EDF 레이저의 발진파장을 가변시키거나 스위칭하기 위한 방법들도 제안되고 있다. 그 예로, 샘플격자를 인장 또는 수축시킴으로써 파장간격을 변화시키는 방법^[11], 편광유지 광섬유를 이용하여 파장간격을 변화시키는 방법^[12], 복굴절이 큰 광섬유에 광섬유격자를 제작하여 파장스위칭하는 방법^[8] 등을 들 수 있다. 그러나 위에 기술된 다파장 EDF 레이저 구현을 위한 방법들은 특수 광섬유를 사용하여 고가이거나 레이저의 구조가 복잡하다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존의 방법과는 달리 좁은 파장간격을 가지면서 파장변환과 스위칭이 가능한 다파장 EDF 링레이저를 제안하였다. 제안하는 링레이저는 파장선택 소자로서 광섬유격자를 사용하였으며, 발진파장간의 간격이 좁으면서 안정적으로 발진시키기 위해서 광섬유격자에 수직으로 압력을 인가하였다. 또한 광섬유격자에 인가되는 압력과 편광조절기를 조절하여 발진파장을 튜닝 및 스위칭 할 수 있는지도 살펴보았다.

II. 동작 원리 및 시스템 구성

광섬유격자를 이용한 다파장 EDF 링레이저에는 복굴절이 큰 광섬유에 광섬유격자를 제작하는 방법과 샘플격자를 이용하는 방법 등 여러 방법들이 있다. 그러나 이러한 방법들은 발진파장간의 간격이 넓고 발진파장을 튜닝 할 수 없거나 특수 광섬유를 사용해야 한다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 해결하기 위해서 일반광섬유에 광섬유격자를 제작하고 광섬유격자에 수직으로 압력을 인가시킬 경우 발생하는 복굴절을 이용하여 파장간격이 좁고 발진파장 변환과 스위칭이 가능한 다파장 EDF 링레이저를 제안하였다. 제안하는 다파장 EDF 링레이저는 우선 n 개의 광섬유격자를 이용해서 n 개의 파장으로 발진시키며, 광섬유격자에 수직으로 압력을 인가하여 상온에서 좁은 파장간격을 유지하면서 최대 $2n$ 개의 파장으로 발진시킬 수 있다. 또한, 광섬유격자에 인가되는 압력을 조절하여 발진파장을 튜닝 할 수 있으며, 편광조절기를 이용하여 발진파장을 스위칭 할 수 있다.

광섬유격자에 수직으로 압력을 인가시킬 경우 복굴절이 발생하는 원리를 살펴보면 다음과 같다. 광섬유격자에 압력을 가하지 않았을 경우에는 광섬유격자의 반

사 파장(Bragg wavelength)은 $\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda$ 와 같으며, 이 때, n_{eff} 는 유효굴절률이고, Λ 는 격자의 주기이다. 반면, 광섬유에 압력이 가해질 경우, 광섬유의 유효굴절률은 광탄성효과(Photoelastic effect)로 인하여 압력이 가해지는 방향과 그에 수직인 방향으로 비대칭적으로 변화하여 그로 인해서 복굴절이 발생하게 된다. 이 때 압력이 가해지는 방향을 y 축이라 가정하고 y 축에 수직인 방향을 x 축이라 가정하면 광섬유 내부에는 복굴절이 발생하여 x 축 방향과 y 축 방향의 굴절률 변화량 Δn_x 및 Δn_y 는 아래와 같이 된다^[13].

$$\Delta n_{x,y} = -\frac{n_0^3}{2E} \left\{ \begin{array}{l} (P_{11} - 2\nu P_{12})\sigma_{x,y} \\ + [(1-\nu)P_{12} - \nu P_{11}]\sigma_{y,x} \end{array} \right\} \quad (1)$$

여기서, n_0 는 압력이 인가되지 않았을 때의 초기 광섬유의 굴절률이며, E 는 Young's modulus(7.6×10^{10} N/m²), ν 는 Poisson ratio(0.17), P_{11} 과 P_{12} 는 광탄성 계수를 나타내며, σ_x 와 σ_y 는 x 축과 y 축에 대한 각각의 응력광학계수(stress-optical coefficient)를 나타낸다.

광섬유격자에 압력을 인가시키면 식(1)과 같은 굴절률 변화량 때문에 광섬유격자의 중심파장은 두 개의 축 방향에 해당하는 두 개의 피크로 분리된다. 이 때 분리되는 중심파장의 간격은 $\Delta\lambda = 2(\Delta n_x - \Delta n_y)\Lambda$ 와 같으며, 인가되는 압력을 증가시킬수록 중심파장의 간격도 커진다^[13].

위에서 기술한 것과 같이 광섬유 격자에 수직으로 압력을 인가시킬 경우 발생하는 복굴절로 인해서 광섬유는 두 개의 서로 수직인 편광상태(즉, 압력이 인가되는 방향과 그에 수직인 방향의 편광상태)를 가지게 된다. 이러한 광섬유내의 편광특성변화로 인해서 EDF의 homogeneous gain broadening 특성은 감소되고 inhomogeneous gain broadening 특성은 향상되어 다파장 EDF 링레이저는 안정적인 다파장 발진을 할 수 있게 된다^[8]. 또한, 압력을 인가한 상태에서 광섬유격자에 입사되는 빔의 편광상태를 조절하여 압력이 인가되는 방향 또는 그에 수직인 방향으로 일치시키면 각각의 편광상태와 결합하는 파장을 독립적으로 스위칭 할 수 있다.

본 연구에서 제안하는 다파장 EDF 링레이저의 구성

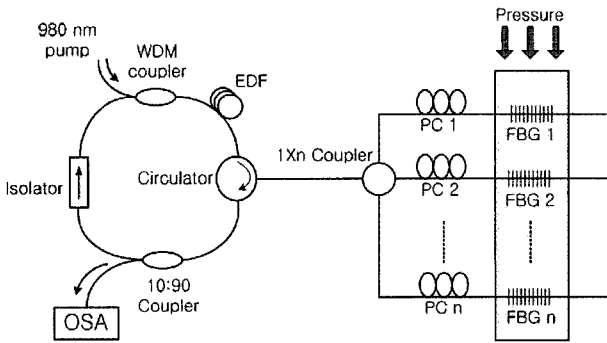


그림 1. 다파장 EDF 링레이저의 구성도
Fig. 1. Schematic of the multi-wavelength EDF ring laser.

도는 그림 1과 같다. 다파장 EDF 링레이저는 펌핑광원으로 980nm에서 발진하는 LD와 WDM 커플러, 10m길이의 EDF, 서큘레이터, 1×n 커플러, 편광조절기(PC), 아이솔레이터, 그리고 파장 선택을 위한 광섬유격자와 광섬유격자에 압력을 인가하는 장치로 구성되어 있다. EDF로 입사되는 빔은 WDM 커플러를 통해서 980nm에서 발진하는 LD에 의해 펌핑된 EDF를 진행하면서 증폭을 하게 된다. 증폭된 빔은 서큘레이터를 통해서 파장선택소자인 광섬유격자 부분으로 입사되며, 광섬유격자의 중심파장에서 반사된 빔은 다시 서큘레이터를 통해 10:90 커플러로 입사된다. 10:90 커플러의 10%출력단자로 발진된 빔이 출력되고, 나머지 90%출력단자의 빔은 아이솔레이터를 지나서 WDM 커플러로 다시 입사되어 공진기를 회전하면서 발진하게 된다. 그림 1에서, 1×n 커플러는 광섬유격자 n개를 병렬로 연결하기 위해서 사용하였으며, 편광조절기는 공진기내의 편광상태를 조절하기 위해서 사용하였다. 여기서, EDF 링레이저의 출력스펙트럼을 실시간으로 관측하기 위해서 광스펙트럼 분석기(ANDO, AQ6317B)를 이용하였다.

III. 레이저의 발진파장 변환과 파장 스위칭 실험

다파장 EDF 링레이저를 구현하기에 앞서 한 개의 광섬유격자에 압력을 인가하여 두 파장 EDF 링레이저를 구현하였으며, 구현된 EDF 링레이저의 발진 파장을 변환시키고 스위칭 해보았다. 광섬유격자는 광감도를 높이기 위해서 수소 처리한 광섬유에 KrF 엑시머 레이저(248nm)를 이용하여 5Hz, 120mJ의 파워로 10분 동안 UV에 노출하여 제작하였다. 위상마스크를 이용하여 제

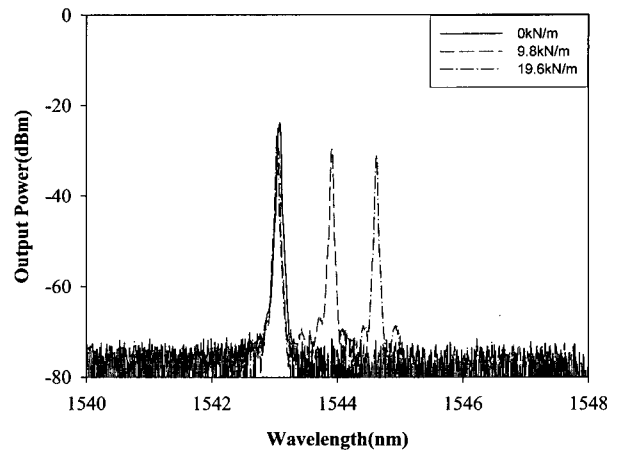


그림 2. 인가되는 응력변화에 따라 분리되는 EDF 링레이저의 출력스펙트럼
(— 0kN/m, --- 9.8kN/m, ... 19.6kN/m)
Fig. 2. Output spectra of the EDF ring laser with different stress.
(— 0kN/m, --- 9.8kN/m, ... 19.6kN/m)

작한 광섬유격자의 중심반사파장은 1543.08nm 이었다. 제작된 광섬유격자를 파장선택소자로 이용하였고, 펌핑 LD의 전류는 40mA, 온도는 25°C로 조정하였으며, 광스펙트럼 분석기를 이용하여 분해능 0.02nm로 측정하였다. 또한 광섬유격자에 인가되는 압력을 측정하기 위해서 Load cell과 Indicator를 이용하였으며, 논문에는 측정된 압력을 단위길이 당 인가되는 압력 즉, 인가응력으로 환산하여 표기하였다. 그림 2에 제작된 광섬유격자를 EDF 링레이저에 연결하여 광섬유격자에 압력을 인가하기 전과 인가한 후의 레이저의 출력스펙트럼을 나타내었다. 실선은 압력을 인가하기 전의 한 파장(1543.08nm) EDF 링레이저의 출력스펙트럼이고, 점선은 9.8kN/m과 19.6kN/m의 응력을 인가하였을 때 분리되는 두 파장 EDF 링레이저의 출력스펙트럼이다. 압력을 인가하였을 때 분리되는 두 파장 EDF 링레이저의 발진파장은 인가응력이 9.8kN/m일 때 1543.06nm와 1543.91nm로 파장간격이 0.85nm이며, 인가응력이 19.6kN/m일 때 1543.04nm와 1544.62nm로 파장간격이 1.58nm이다.

그림 3은 그림 2의 실험에 사용된 광섬유격자(중심파장:1543.08nm)에 인가되는 응력을 달리함에 따라 변화하는 두 발진파장간의 간격을 나타낸 것으로 실선은 실험치이며 점선은 실험치를 fitting한 것이다. 인가되는 응력에 따른 두 발진파장간의 간격의 변화율이 약

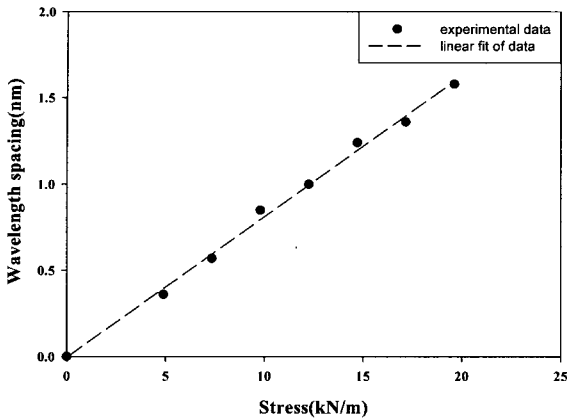
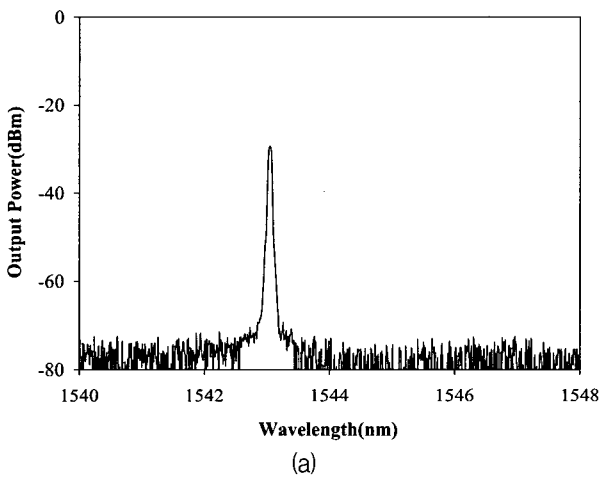
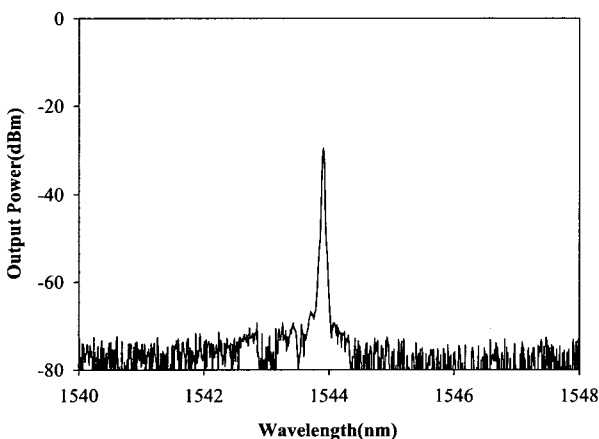


그림 3. EDF 링 레이저의 인가되는 응력변화에 따른 파장간격의 변화

Fig. 3. Dependence of lasing wavelength spacing on stress.



(a)



(b)

그림 4. 압력을 인가한 상태에서 편광조절기를 조절하여 스위칭한 EDF 링레이저의 출력스펙트럼

Fig. 4. Output spectra of dual-wavelength laser operation with different polarization states of the PC.

0.081nm/(kN/m) 로서 변화하는 두 발진파장간의 간격은 인가되는 응력에 대해 선형적으로 증가하는 것을 그림 3으로부터 알 수 있다. 발진파장은 19.6kN/m의 인가 응력에서 최대 1.58nm의 간격으로 분리되었으며, 이는 WDM의 파장간격보다 넓게 분리되는 것으로 인가되는 응력을 조절하면 파장간의 간격을 조절할 수 있으므로 DWDM 또는 WDM 통신용 광원으로 응용이 가능할 것으로 생각된다. 또한, 분리되는 두 발진파장이 상온에서 안정되게 발진됨을 실험을 통해 알 수 있었다.

다음으로 편광에 따른 파장 스위칭 실험을 하였다. 이 때 인가되는 응력은 9.8kN/m로 일정하게 유지하였다. 앞에 기술한 것과 같이 광섬유에 수직으로 압력을 인가하면 광섬유 내에 복굴절이 발생된다. 이러한 상태에서 광섬유격자에 입사되는 빔의 편광상태를 조절하여 압력이 인가되는 방향 또는 그에 수직인 방향으로 일치시키면 각각의 편광상태와 결합하는 파장을 독립적으로 스위칭 할 수 있다. 그림 4에 두 파장 EDF 링레이저의 발진파장을 스위칭한 출력스펙트럼을 나타내었다. 그림 4(a)의 스위칭된 발진파장은 1543.06nm이며, 그림 4(b)의 스위칭된 발진파장은 1543.91nm이다. 이 때, 스위칭된 발진파장의 파장간격은 0.85nm로 그림 2에 나타난 9.8kN/m의 응력을 인가하여 분리된 두 발진파장의 파장간격과 일치하는 것을 알 수 있었다.

IV. 다파장 EDF 링레이저의 파장변환과 스위칭 실험

광섬유격자에 압력을 인가하여 두 파장을 발진시키는 원리를 이용한 다파장 EDF 링레이저의 출력스펙트럼을 그림 5에 개략적으로 나타내었다. 실선은 광섬유격자 n개를 이용하여 n개의 파장으로 발진되는 것을 나타낸 것이고, 점선은 광섬유격자에 압력을 인가할 때 각각의 광섬유격자 중심파장의 분리되는 것을 나타낸 것이다. λ_{1s} 는 광섬유격자 1 (FBG 1)의 분리되는 두 파장 중 단파장을 의미하며, λ_{2l} 은 광섬유격자 2 (FBG 2)의 분리되는 두 파장 중 장파장을 의미한다. FBG 1과 FBG 2의 중심파장간격($\lambda_2 - \lambda_1$)을 압력에 따라 달라지는 파장간격($\Delta\lambda$)에 맞게 떨어뜨려서 제작하면 λ_{1s} 와 λ_{2l} 사이에 있는 모든 파장으로 튜닝 할 수 있으며, 이를 n개의 광섬유격자로 확장하면 λ_{1s} 와 λ_{nl}

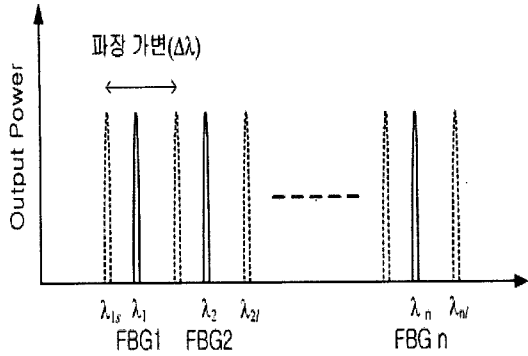


그림 5. 다파장 EDF 링레이저의 파장변환에 대한 출력 스펙트럼
 Fig. 5. Schematic output spectrum about wavelength tuning of the multi-wavelength EDF ring laser.

사이에 있는 모든 파장으로 변환이 가능하다. 본 논문에서는 n 개의 서로 다른 λ_B 를 갖는 광섬유격자를 병렬로 연결하여 최대 $2n$ 개의 파장에서 발진시킬 수 있는 다파장 EDF 링레이저의 개념을 실험을 통해서 직접 확인하기 위해서 n 개의 광섬유격자 대신 2개의 광섬유격자를 병렬로 연결하여 파장변환과 스위칭에 대한 기본 실험을 수행하였다.

광섬유격자는 앞에서 기술한 동일한 방법으로 제작하였으며, 이때의 중심파장은 각각 1544.98nm (FBG1)와 1560.22nm (FBG2) 이었다. 제작된 두 개의 광섬유격자를 1×2 커플러를 이용하여 EDF 링레이저에 연결하여 두 파장을 발진시켰다. 그림 6(a)에 두 파장 EDF 링레이저의 출력스펙트럼을 나타내었으며, 그림 6(b)에 두 파장 EDF 링레이저의 상온에서의 안정성 실험을 위해 10회를 1분 간격으로 측정한 출력스펙트럼을 나타내었다. 두 파장 EDF 링레이저의 발진 파장의 파워 변화는 두 파장 모두 1.6dB이하로 상온에서 비교적 안정적으로 발진되는 것을 알 수 있었다.

다음으로 두 광섬유격자에 동시에 7.35kN/m의 응력을 인가하여 레이저의 발진 파장을 네 파장으로 튜닝하였으며, 발진되는 파장을 스위칭하기 위하여 각각의 광섬유격자 앞에 연결한 편광조절기를 이용하여 광섬유격자에 입사되는 빔의 편광상태를 조절하였다. 스위칭되는 다파장 EDF 링레이저의 출력스펙트럼 중 몇 가지의 예를 그림 7에 나타내었다. 그림 7(a)에는 발진 파장이 각각 1544.87nm와 1560.18nm이며, 그들의 두 개의 발진파장을 나타내었다. 또한, 그림 7(b)는 각각 서로 다른 세 파장에서 발진되는 것을 나타낸 그림이다. 그림 7(b)의 발진되는 세 파장은 FBG 1에서 분리된 파장

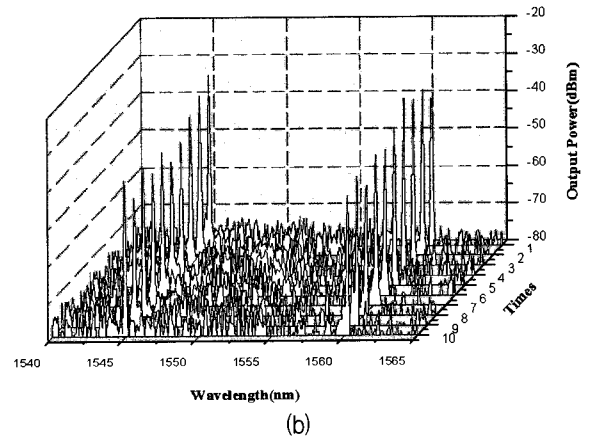
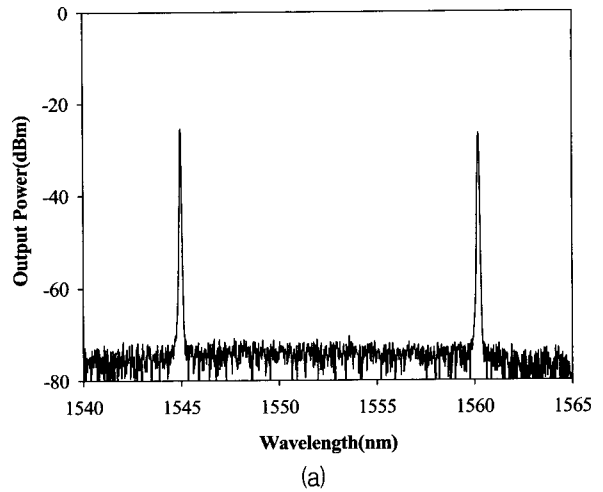


그림 6. (a)광섬유격자 두개를 이용한 두파장 EDF 링레이저의 출력스펙트럼 (b)1분 간격으로 10회 반복하여 측정한 두파장 EDF 링레이저의 출력스펙트럼

Fig. 6. (a)Output spectrum of the dual-wavelength EDF ring laser with two FBGs. (b) Output repeated scanning spectra of the dual-wavelength EDF ring laser with two FBGs.

중 첫 번째 파장에 해당하는 파장과 FBG 2에서 분리된 두 발진파장으로 각각 1544.85nm, 1560.16nm 및 1560.72nm이며, 이들의 SMSR은 각각 38dB, 38dB 및 33dB이다. 이 때, FBG 2에서 분리된 두 발진파장의 SMSR(side mode suppression ratio)은 44dB와 42dB인 파장간격은 0.56nm이다. 마지막으로 그림 7(c)에 네 파장이 발진되는 것을 나타내었다. 발진되는 4개의 파장은 1544.87nm, 1545.42nm, 1560.16nm 및 1560.72nm이며, SMSR은 38dB, 40dB, 38dB 및 33dB이다. 이 때 FBG 1과 FBG 2의 분리된 두 발진파장의 파장간격은 각각 0.55nm와 0.56nm이다.

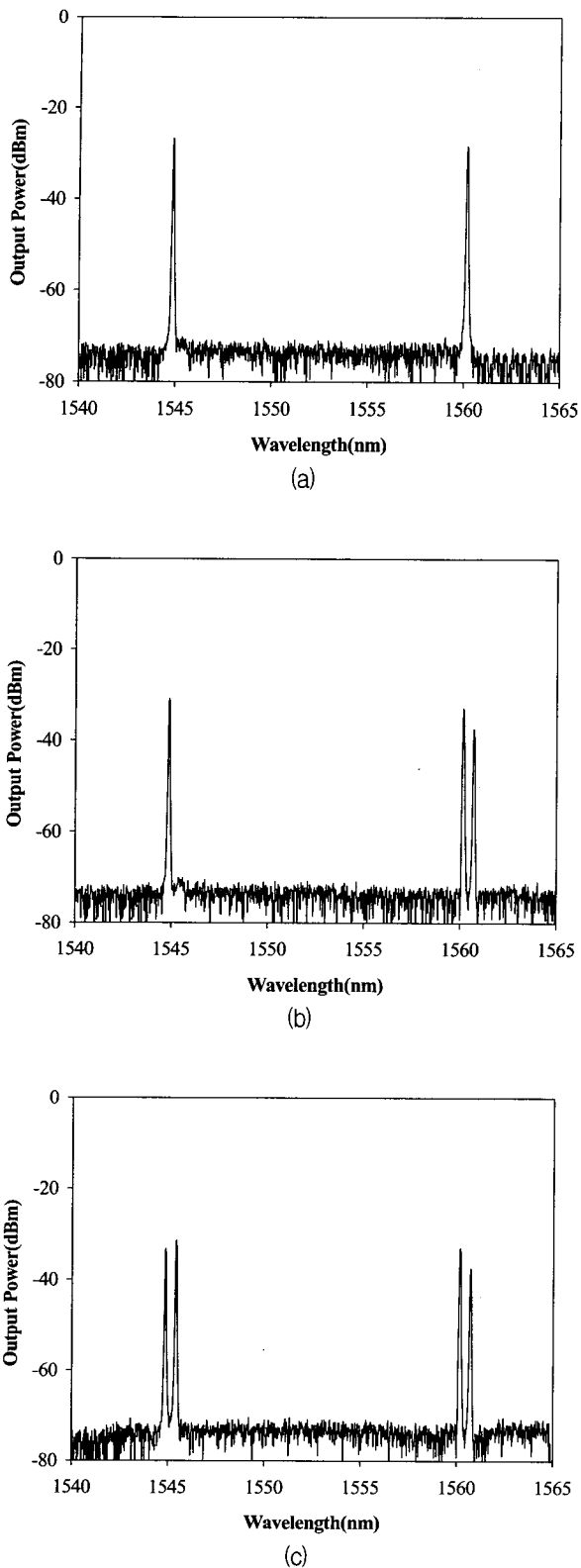


그림 7. 압력을 인가한 상태에서 편광조절기를 조절하여 스위칭한 다파장 EDF 링레이저의 출력스펙트럼

Fig. 7. Output spectra of multi-wavelength EDF ring laser with different polarization states of the PC.

V. 결 론

n개의 광섬유격자를 병렬로 연결하여 최대 2n개의 파장에서 발진하며, 발진파장변환 및 스위칭이 가능한 다파장 EDF 링레이저를 제안하였다. 기본실험으로 n개의 광섬유격자 대신 2개의 광섬유격자를 병렬로 연결하여 최대 4개의 발진파장을 얻을 수 있었다. 또한, 광섬유격자에 인가되는 압력을 변화시켜가면서 발진파장간격을 조절할 수 있었으며, 편광조절기를 조절하여 발진파장을 두 파장, 세 파장 또는 네 파장으로 스위칭할 수 있었다. 이러한 실험결과는 광섬유격자 n개를 이용하여 최대 2n개의 파장을 발진시킬 수 있다는 것을 뒷받침해준다. 제안하는 다파장 EDF 링레이저는 파장간격이 좁고 파장선택성이 우수하며, 구조가 간단하고 저가로 구현할 수 있다는 장점 때문에 WDM 또는 DWDM용 광원으로 응용이 가능할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] S. Yamashita and K. Hotate, "Multiwavelength erbium-doped fibre laser using intracavity and cooled by liquid nitrogen," *Electron. Lett.*, Vol. 32, no. 14, pp. 1298-1299, 1996.
- [2] Jong Chow, Grahan Town, Ben Eggleton, Morten Ibsen, Kate Sugden, Ian Bennion, "Multiwavelength Generation in an Erbium-Doped Fiber Laser Using In-Fiber Comb Filters," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 8, no. 1, pp. 60-62, 1996.
- [3] Daoping Wei, Tangjun Li, Yuncheng Zhao, Shuisheng Jian, "Multiwavelength erbium-doped fiber ring lasers with overlap-written fiber Bragg gratings," *Opt. Lett.*, Vol. 25, no. 16, pp. 1150-1152, 2000.
- [4] O. Graydon, W. H. Loh, R. I. Laming, L. Dong, "Triple-Frequency Operation of an Er-Doped Twincore Fiber Loop Laser," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 8, no. 1, pp. 63-65, 1996.
- [5] Junqiang Sun, Junlin Qiu, Dexiu Huang, "Multiwavelength erbium-doped fiber lasers exploiting polarization hole burning," *Opt. Commun.*, Vol. 182, pp. 193-197, 2000.
- [6] Gautam Das, J. W. Y. Lit, "L-Band Multiwavelength Fiber Laser Using an Elliptical Fiber," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 14, no. 5, pp. 606-608, 2002.

- [7] Qinghe Mao, John W. Y. Lit, "Switchable Multiwavelength Erbium-Doped Fiber Laser With Cascaded Fiber Grating Cavities," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 14, no. 5, pp. 612-614, 2002.
- [8] Zhao Chun-Liu, Yang Xiufeng, Lu Chao, Ng Jun Hong, Guo Xin, Partha Roy Chaudhuri, Dong Xinyong, "Switchable multi-wavelength erbium-doped fiber lasers by using cascaded fiber Bragg gratings written in high birefringence fiber," *Opt. Commun.*, Vol. 230, pp. 313-317, 2004.
- [9] Donghui Zhao, Kam Tai, Y. Liu, L. Zhang, I. Bennion, "Wavelength-Switched Optical Pulse Generation in a Fiber Ring Laser with a Fabry-Perot Semiconductor Modulator and a Sampled Fiber Bragg Grating," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 13, no. 3, pp. 191-193, 2001.
- [10] Yong Wook Lee, ByoungHo Lee, "Wavelength-Switchable Erbium-Doped Fiber Ring Laser Using Spectral Polarization-Dependent Loss Element," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 15, no. 6, pp. 795-797, 2003.
- [11] Jianliang Yang, Swee Chuan, Tjin, Nam Quoc Ngo, "Multiwavelength Tunable Fiber Ring Laser Based on Sampled Chirp Fiber Bragg Grating," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 16, no. 4, pp. 1026-1028, 2004.
- [12] Raymond M. Sova, Chang-Seok Kim, Jin U. Kang, "Tunable Dual-Wavelength All-PM Fiber Ring Laser," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 14, no. 3, pp. 287-289, 2002.
- [13] R.Gafsi, M.A.Ei-Sherif, "Analysis of induced birefringence effects on fiber bragg gratings," *Opt. Fiber Technol.*, Vol. 6, pp. 299-323, 2000.

저 자 소 개



장 현 수(정회원)

2001년 공주대학교 정보통신
공학부 학사 졸업.

2003년 성균관대학교 대학원
전기전자 및 컴퓨터
공학과 석사 졸업.

2003년~현재 성균관대학교
대학원 전자전기공학과
박사과정.

<주관심분야 : 광통신, 광전자, 광센서, 특수광섬유>



이 경 식(정회원)

1979년 성균관대 전자공학과
학사 졸업.

1978년 12월~1980년 8월
한국통신기술연구소
(현 전자통신연구소) 근무.

1982년 University of Colorado
(Boulder)대 석사 졸업.

1985년 8월 University of Colorado대 박사학위
취득(Electrical Engineering dept.).

1985년 9월~1986년 8월 University of
Colorado대 연구원.

1986년 9월~1988년 7월 미국립표준연구소
(NIST) 근무.

1988년 7월~1990년 2월 미 TACAN Corp. 근무.

1998년 9월~1999년 8월 University of
Rochester, Institute of Optics,
방문교수,

1990년 3월~현재 성균관대 정보통신공학부
교수.

<주관심분야 : 광통신소자 및 시스템, 광섬유소
자, 광섬유센서, PMD 보상, photonic devices 등>