

광섬유 자이로스코프용 광원 제작

정인식^{*} · 안세경^{*} · 배정철^{**} · 최영규^{***} · 홍창희^{*}

^{*}한국해양대학교 전자/정보통신공학부 · ^{**}(주)사라콤

^{***}신라대학교 첨단기술공학부

The Fabrication of Light Source for Fiber Optic Gyroscope

In-Sik Jung^{*} · Se-Kyung An^{*} · Jung-Chul Bae^{**} · Young-Kyu Choi^{***} · Chang-Hee Hong^{*}

^{*}Division of Radio and Information Communication Engineering, Korea Maritime University

^{**}Saracom Co. Ltd. · ^{***}Division of Advanced Technology and Engineering, Silla University

E-mail : -jis@hanmail.net

요 약

Superluminescent diodes(SLDs)는 광섬유 자이로스코프, OTDR, 중단거리 광통신시스템과 같은 광 측정 시스템으로의 응용에 있어서 최적의 광원이다. SLD의 넓은 스펙트럼 특성은 Rayleigh 후방산란 잡음, 편광잡음, 광섬유 자이로스코프에서의 비선형 Kerr 효과에 의한 bias offset을 감소시킨다. 본 논문에서 레이징을 억제하기 위해서 윈도우 영역을 갖고 측방향으로 경사진 SCH(Separate Confinement Heterostructure)-SLD를 제안하였다. 제작된 소자의 출력은 펄스 구동 200mA, 25°C에서 11mW였다. 그리고, 120mA에서 수평 및 수직 방사각은 $31^\circ \times 38^\circ$ 였다.

ABSTRACT

Superluminescent diodes(SLDs) are the optimum light sources for application in optical measurement systems such as fiber gyroscopes, optical time domain reflectometers, and to short and medium distance optical communication systems. The broadband characteristics of SLDs reduce Rayleigh backscattering noise, polarization noise, and the bias offset due to the nonlinear Kerr effect in fiber gyro systems. In this paper, in order to suppress lasing oscillation, we introduced a laterally tilted SCH(Separate Confinement Heterostructure)-SLD with a window region. An output power of 11mW has been achieved at 200mA injection current at 25°C. At 120mA, parallel and perpendicular to the junction were $31^\circ \times 38^\circ$.

키워드

Superluminescent diode, fiber optic gyroscope, LPE, tilted-type

1. 서 론

본 논문에서는 광섬유 자이로스코프의 광원으로로서 적합한 $1.55\mu\text{m}$ 파장의 InGaAsP/InP 고궤도 다이오드(Superluminescent diode : SLD)를 제작하여 그 특성을 측정하였다. 고궤도 다이오드는 넓은 선폰의 특징을 가지며 이로 인해 Rayleigh 후방산란 잡음, 편광잡음, 비선형 Kerr effect로 인한 잡음을 무시할 수 있어서 고감도 광섬유 자이로스코프의 광원으로 적합하며[1], spectrum splicing 기법에 의한 multi-wavelength light source로도[2] 적합하다.

본 연구에서 제안한 소자는 캐리어 및 광을 효율적으로 가두어 광 출력을 높이기 위해 PBH

(Planer Buried Heterostructure) - SCH(Separate Confinement Heterostructure)구조를 도입하였다. 광섬유 자이로스코프의 광원으로 활용하기 위한 광원의 제작에 있어 핵심이 되는 것은 반사도를 줄이는 것인데 이를 위해 window 영역을 가지는 구조를[3] 설계하였으며, 활성층과 윈도우 영역이 만나는 경계면을 경사형으로 설계하여[4] 반사도를 줄일 수 있도록 하였다. 이렇게 제작된 광원에 대한 I-V특성과 전류 대 광출력 특성, 온도에 대한 동작특성 및 FFP(Far Field Pattern)을 측정하였다. 출력은 펄스 구동 200mA, 25°C에서 11mW였다. 그리고, 120mA에서 수평 및 수직 방사각은

31°×38°였다.

II. 광섬유 자이로스코프용 광원의 설계 및 제작

그림 1은 본 논문에서 제안한 광섬유 자이로스코프 광원에 대한 구조도이다. 높은 출력을 얻기 위해 활성층이 굴절율이 낮은 재료로 둘러싸여 캐리어와 광가둠이 좋은 PBH의 형태와 광가둠 계수가 큰 SC구조를 도입하였다. 한편, 발진을 억제하여 안정된 광원으로 동작하기 위해 후면에 윈도우 영역을 두었고, 여기에 추가하여 활성층의 도파로와 윈도우 영역의 경계면에 대해 측방향으로 7°의 각을 주어 더욱더 반사도를 줄일 수 있도록 설계하였다. 그리고, 활성층의 출사면 쪽으로 폭이 줄어드는 tapered 형태를 가짐으로써 파이버와의 결합효율을 높일 수 있도록 설계하였다.

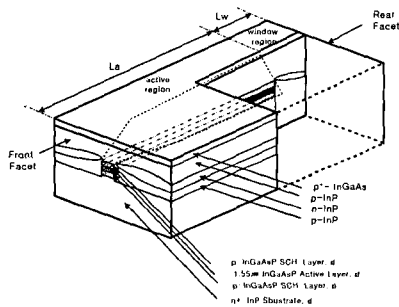


그림 1. 제작하고자 하는 광원의 구조

소자의 제작은 MOCVD를 이용하여 InP 기판에 격자정합을 이룬 1.24 μm 의 발진파장을 가지는 SCH층을 1000Å 성장시키고, 두께 100Å의 InGaAsP 장벽층과 40Å의 InGaAs 우물층을 7층 성장시켜 발진파장이 1.55 μm 인 다중양자우물층을 성장시켰다. 그리고 설계한 구조의 마스크 패턴을 형성하여 SiN_x stripe를 형성시킨 에피 웨이퍼를 제작하였다. 제작된 에피 웨이퍼에 mesa를 형성하기 위해 wet etching과 meltback을 하였다. LPE를 이용하여 630°C의 성장 용액을 기준으로 1.55 μm InGaAsP 용액의 80% 포화용액으로 630°C에서 약 10초간 meltback을 행함으로써 mesa를 형성하였다. 이는 wet etching시 발생하는 웨이퍼의 손상과 고온에 노출되어 발생하는 열손상을 제거하는 이점도 가지고 있다[5]. Meltback을 한 후 계속하여 전류차단층과 윈도우 영역을 성장시켰다. 성장시 cooling rate는 1°C/min이었다. 재성장을 통해 제작된 웨이퍼에 남아있는 SiN_x를 제거한 후 3차 성장을 통해 p-InP층과 p⁺-InGaAs층을 성장시켰다.

p측 전극으로는 Ti(3000Å)/Pt(200Å)/Au(4000Å)을 n측 전극으로는 Cr(500Å)/Au(5000Å)을

E-Beam 증착기를 사용하여 증착하였으며 400°C에서 약 30초간 열처리를 하였다. 그림 2는 3차 재성장된 소자의 front facet에 대한 SEM 단면 사진이다. SEM 단면사진을 보면 활성층의 두께는 약 0.2 μm 이다. 본 연구에서 제작한 소자는 고효율 동작을 위해 일반적으로 잘 알려진 strongly index-guide 구조 중에 하나인 평면 매립형 구조를 사용하였다.

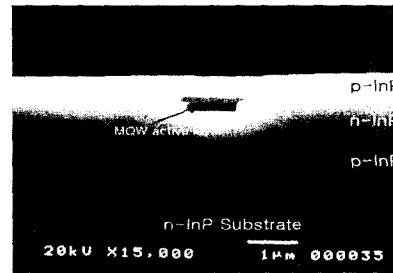


그림 2. 3차 재성장예 의해 성장된 SEM 단면사진

III. 광섬유 자이로스코프용 광원의 전기·광학적 특성

본 연구에서 제작된 광원이 광섬유 자이로스코프용 광원으로 적합한지를 확인하기 위해 특성 측정을 행하였다.

펄스로 구동하여 소자의 I-V 특성을 측정하고, 전류 대 광출력 특성, 온도에 대한 동작특성 및 FFP를 측정하였다.

1. 전기적 특성

그림 3은 제작된 소자의 I-V 특성곡선이다. 임계전압은 0.85V이고, 접합특성이 양호함을 알 수 있다.

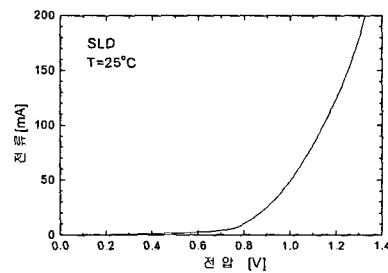


그림 3. I-V 특성곡선

2. 전류 대 광출력 특성

전류 대 광출력을 측정하는 데 있어서 활성층에서 발생하는 Joule열의 영향을 줄이기 위해 1%의 duty cycle을 갖는 전류펄스로 구동시켰다.

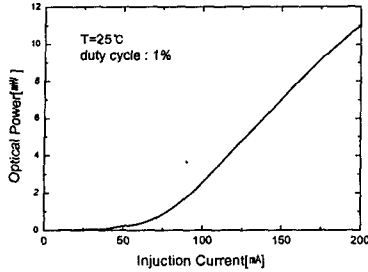


그림 4. 전류 대 광출력 특성곡선

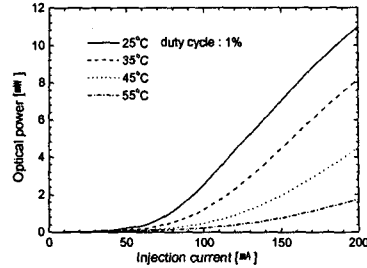


그림 6. 온도에 따른 전류 대 광출력 특성

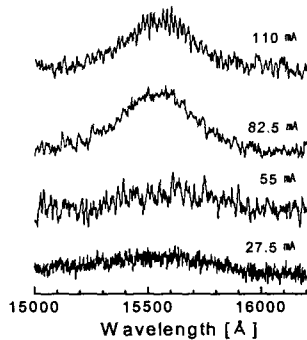


그림 5. 25°C에서 전류에 따른 광출력 및 주입전류에 따른 스펙트럼

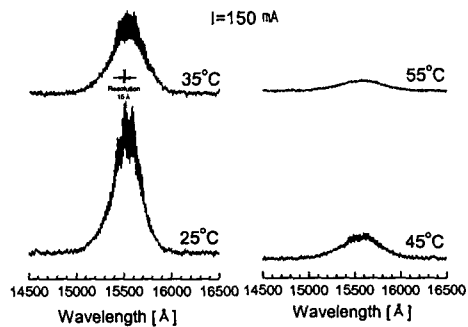


그림 7. 온도에 따른 스펙트럼 특성

그림 4은 제작된 소자의 전류 대 광출력 특성 곡선이다. 곡선의 기울기를 통해 LD와 LED의 중간특성 즉 SLD의 특성을 가짐을 알 수 있다.

그림 5는 25°C에서 주입전류에 따른 스펙트럼 특성을 보여준다.

3. 온도에 따른 동작 특성

그림 6은 제작된 광원의 온도에 따른 전류 대 광출력 특성을 보여준다. 온도의 증가에 따라 출력이 현저히 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 주입전류가 150mA일 때 온도에 따른 스펙트럼 특성을 보여준다. 25°C에서의 반치폭은 33nm로 넓은 밴드 폭 특성을 나타내었다. 온도에 따른 파장은 25°C와 55°C에서 각각 15512Å, 15592Å로 온도에 대한 파장 변화율은 2.67 Å/°C였다.

4. Far Field Pattern

그림 8과 9는 각각 수평, 수직방향으로 측정된 far field pattern이다. 그림 1에서와 같이 활성층의 폭이 점점 줄어드는 tapered 형태를 도입함으로써 31°×38°의 원형에 가까운 빔 패턴을 얻었다. 이는 광섬유 커플링에 있어서 광섬유의 형태와 같은 원형을 이루어 높은 커플링 효율을 얻을 수 있다.

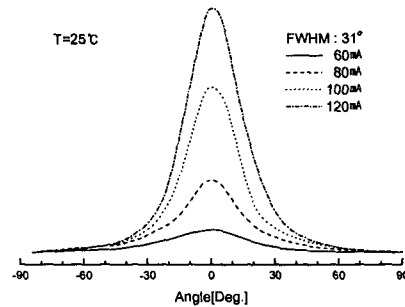


그림 8. 수평방향의 FFP

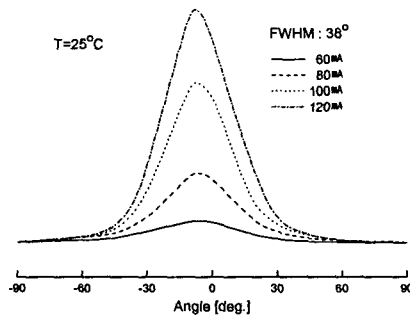


그림 9. 수직방향의 FFP

V. 결 론

본 연구에서는 광섬유 자이로스코프용 광원인 고휘도 다이오드를 제작하고 그 특성을 측정하였다. 이 광원의 제작에 있어 반사도를 줄이는 것이 핵심인데, 이를 위해 윈도우 영역 후면에 경사를 주어 반사도를 줄이는 구조를 제안하였고, 광섬유와의 결합효율을 높이기 위해 tapered 구조를 제안하였다. 제작된 고휘도 다이오드의 출력은 펄스 구동 200mA, 25°C에서 11mW였다. 이 때의 반치폭은 33nm로 넓은 밴드 폭 특성을 나타내었다. FFP의 측정결과 방사각이 31°×38°로 거의 원형에 가까웠다. 이는 광섬유와의 커플링에 유리하다. 이러한 결과를 통해 본 연구에서 제작된 광원이 광섬유 자이로스코프의 광원으로 적절함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] W. K. Burns, C. L. Chen, and P. P. Moeller, "Fiber-optic gyroscopes with broad band sources," IEEE/OSA J. Lightwave Technol. vol. LT-1, p. 98, 1983.
- [2] Takeshi YAMATOYA, Shota MORI, Fumio KOYAMA and kenichi IGA, "High Power GaInAsP/InP Strained Quantum Well Superluminescent Diode with Tapered Active Region," Jpn. j. Appl. Phy. Vol. 38, no. 9A, pp.5121-5211, 1999
- [3] TIEN-PEI LEE, CHARLES A. BURRUS, JR., AND B. I. MILLER, IEEE J. Quantum Elwctron. QE-9, pp. 820-828, 1973
- [4] G. A. Alphones, et al., Technical digest of Optical Fiber Conference on integrated Optics and Optical Fiber Communication, 21, 1987
- [5] 황상구, 오수환, 김정호, 김운섭, 김동욱, 홍창희, "Meltback을 이용한 mesa shape의 형성과 평면 매립형 반도체 레이저의 제작," 한국 광학회지, vol. 10, no. 6, pp. 518-522, 1999