

PQR 레이저의 1Km 광섬유 전송 및 자유공간 특성

김 무성(金 武星), 곽 규섭(郭 圭燮), 김 준연(金 嶠淵), 김 무진(金 武鎭), 권 오대(權 五大)
포항공과대학교 전자전기공학과
전화 : (0562) 279-2873 / 팩스 : (0562) 279-8119

1Km Optical fiber transmission and free space characteristics of the PQR laser

M.S.Kim, K.S.Kwak, J.Y.Kim, M.J.Kim, O'Dae Kwon
Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Pohang University of Science and Tech.
E-mail : dream@light.postech.ac.kr, odkwon@postech.ac.kr

Abstract

We report fiber guiding experiments on the Photonic Quantum Ring(PQR) laser diode. In the 1Km transmission measurements, we find that the PQR performs much better than the VCSEL. This suggests that the PQR laser is very promising candidate for LAN-range optical data communications. On the other hand, we have also fabricated 8×8 PQR laser arrays and measured spatial decays for free space properties without using any guiding optics, which showed about 1m distance of spectral angle sensing.

I. 서론

최근 광통신용 광원 및 광교환기의 핵심 소자로서 VCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser)이 활발하게 연구되고 있다. 그러나, VCSEL은 편광제어가 힘들고, 온도 변화에 따른 파장의 변화가 심하기 때문에 고정적 어레이로 만들면 어레이의 중앙부분과 가장자리 부분에서 출력파장의 차이가 심하게 나타나는 문제

들로 인해 집적화에 어려움이 있다. 하지만 본 연구진이 개발한 PQR 레이저는 온도 변화에 따른 파장 변화 특성이 안정되어 있고[1,2], 매우 낮은 문턱전류 특성을 나타내므로 고정적 어레이를 개발하기에 적합하다.

본 논문에서는 처음으로 PQR 소자가 근거리 광통신용 광원으로 적합한가에 관한 광섬유 전송 실험 결과를 소개한다. 또 최근 제작된 8×8 PQR 레이저 어레이를 소개하고 자유공간에서 거리 변화에 대한 스펙트럼의 변화 특성 결과를 보고하고자 한다.

II. PQR 레이저 및 8×8 어레이 제작

PQR 레이저 어레이 제작에 사용된 에피는 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)로 성장되었고, 에피의 구조는 그림 1과 같다. n^+ GaAs 기판위에 n -GaAs 버퍼층이 있고, 그 위에 n -DBR 있다. 그리고, $1-\lambda$ cavity 내에 4개의 양자 우물 구조가 있고, 그 위에 PDBR과 음 접촉을 위해 p^+ 로 도핑된 GaAs층이 있는 구조이다.

PQR 레이저의 제작 과정은 다음과 같다. 먼저, PR을 mask로 노광(photo-lithography)작업을 통해 메사의 패턴을 형성하고, CAIBE를 이용하여 메사이외의 부분을 모두 식각한다. 그 이후에 식각된 표면이 자연 산화되는 것을 피하기 위해서 sulfur 공정을 수행하고, 소자간의 절연 상태를 유지하고 소자의 평탄화를 위해서 polyimide 공정을 거친다. 그리고나서, PDBR위에 p형 금속을 증착시키고, substrate 아래에 n형 금속을 증착시킨다.

최근에 본 연구실이 새롭게 제작한 CAIBE 장비를 이용해서 메사의 식각 공정을 수행하였는데, 그림 1(a)에서 보는 바와 같이 메사 옆면의 거친 정도가 매우 향상되었다. 그 결과 PQR

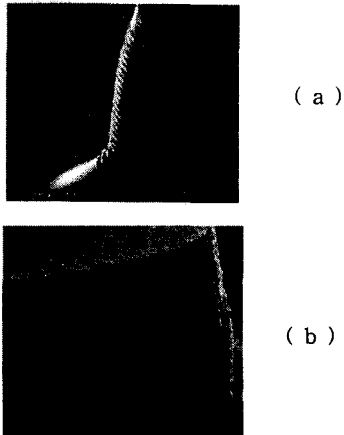


그림 1. 메사를 CAIBE 에칭한 후의 SEM사진
(a) 본 연구진이 제작한 CAIBE 장비로 에칭
(b) 국내의 다른 CAIBE 장비로 에칭

laser의 스펙트럼 선폭이 0.2nm 수준으로 향상되었다. 또한 자연 산화를 피하기 위해서 수행한 sulfur 공정은 소자의 수명을 연장시켜주고 소자의 저항을 줄여 주는 역할을 한다.

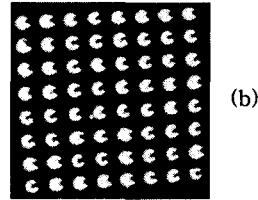


그림2. 8×8 PQR 레이저 어레이의 근접장 사진
(a)주입전류 0.1mA(단위소자당 1.56 μA)
(b)주입전류 1mA (단위 소자당 15.6 μA)

그림2은 본 연구진에서 제작한 8×8 PQR 레이저 어레이의 근접장 사진을 보여준다. 어레이에 사용된 단위 소자의 직경은 15 μm 이고, 소자간의 간격은 35 μm 이다. 근접장 사진을 촬영해서 알 수 있듯이, 빛이 보이기 시작하는 전류가 0.1mA이기 때문에 8×8 어레이에서 투명 조건 전류는 0.1mA 이고 단위 소자가 느끼는 투명 조건 전류는 1.56 μA 가 된다. 그리고, 빛이 갑자기 밝아지는 전류가 1mA이기 때문에 문턱전류는 1mA가 되고 단위 소자가 느끼는 문턱전류는 15.6 μA 가 된다.

Ⅲ. 광섬유 도파로내의 PQR 레이저 전송 특성

근래에 광통신용 광원소자로서 LED와 VCSEL이 많이 사용된다.

	장점	단점
LED	제작비용이 싸다	coupling 효율이 낮다
	수율이 높다	고속통신이 어려움
VCSEL		system 비용이 많이 든다.
	coupling 효율이 높다.	제작 비용이 비싸다.
	수명이 길다	
고속 통신에 적합	수율이 낮다.	
	system 비용이 싸다	

표1. LED와 VCSEL의 장점과 단점 비교

	파 장	bit rate	전송 거리
LED	1300 nm	622 Mbps	500 m
VCSEL	850 nm	1.25 Gbps	1 Km

표2. LED와 VCSEL의 전송 특성 비교

표1과 표2에서 알 수 있듯이 고속 데이터 통신에는 VCSEL이 적합한 것을 알 수 있다. 그러나, 광통신의 광원으로서 PQR 레이저가 VCSEL보다 더 좋은 장점들이 많다. 첫째, PQR 레이저가 VCSEL보다 훨씬 더 작은 문턱 전류 특성을 가지고 있다. 그래서, 시스템 비용이 훨씬 적게 든다. 둘째, 고집적 어레이로 만들었을 때 PQR 레이저가 VCSEL보다 더 안정적인 온도-파장 특성을 가진다. 셋째, PQR 레이저는 각도에 따라서 각각 다른 파장의 빛을 방출하므로, 장래에 이 특성을 WDM에 이용할 수도 있다. PQR 레이저의 전송 특성을 측정하기 위해 다음과 같은 실험을 수행하였다.

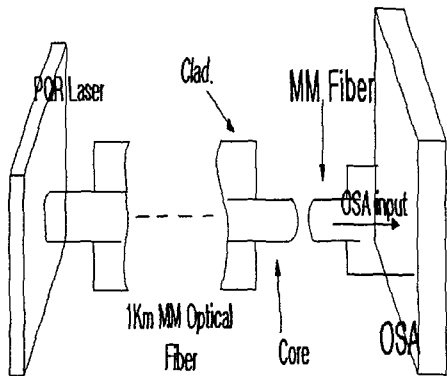


그림3. 전송특성을 측정하기 위한 실험의 개략도

20 μm 직경의 PQR 레이저 단일소자에서 방출된 빛을, 렌즈를 사용하지 않고, 직접 약 1Km 길이의 core 직경이 62.5 μm 인 multi mode 광섬유에 coupling 시키고, 광섬유의 출력단에서 방출되는 빛을 다시 렌즈없이, 직접 multi-mode 광섬유에 coupling 시킨다. 그 광섬유의 출력단을 0.1nm의 스펙트럼 분해능 (spectral resolution)을 가지는 Optical Spectrum Analyzer (OSA: HP 70951A)의 입력

단과 직접 연결(direct contact)하여 스펙트럼을 측정하였다. 이때 전류는 CW로 구동시켰다.

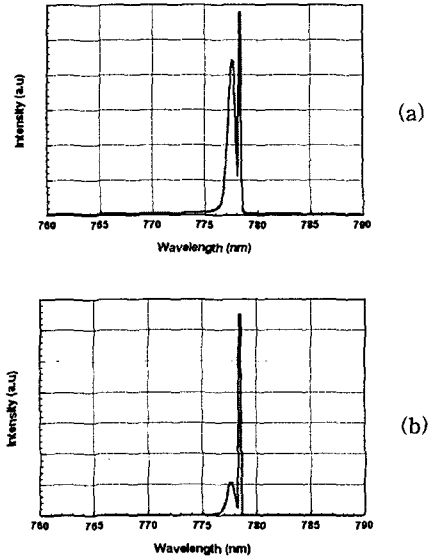


그림4. 1Km fiber를 거치지 않고 직접 OSA로 측정된 스펙트럼 데이터.

(a) I=10mA (b) I=11mA

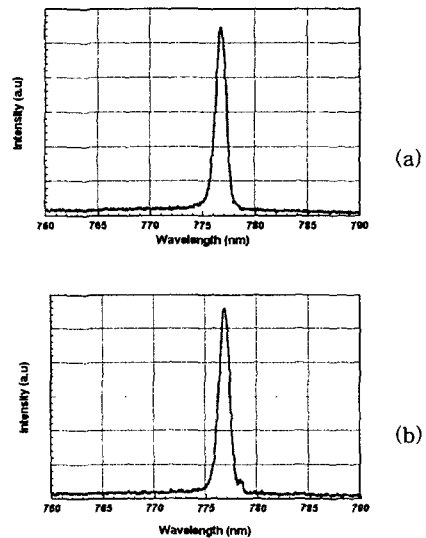


그림 5. 1Km fiber를 통과한 이후에 OSA로 측정된 스펙트럼 data

(a) I=10mA (b) I=11mA

먼저, 그림4에서 주입 전류가 10mA일 때에 VCSEL peak이 PQR peak의 오른쪽에 나타났다. 그리고, 주입전류가 11mA가 되자 VCSEL peak이 PQR peak보다 훨씬 더 커졌다. 그림5에서와 같이, 1Km 광섬유를 통과한 이후의 스펙트럼에서는 주입 전류가 10mA일 때 VCSEL peak이 거의 보이지 않다가 11mA에서는 VCSEL peak이 보인다. 실제 광섬유를 통과한 빛의 power는 광섬유를 통과하지 않은 빛의 약 1/4 정도이다. 이러한 power 손실은 PQR 레이저에서 방출된 빛이 1Km 광섬유에 couple될 때의 손실과 광섬유내에서의 감쇄에 의한 손실, 그리고 다시 1Km 광섬유에서 나온 빛이 OSA의 입력단에 couple될 때의 손실을 나타낸다. 그리고, 그림 5에서 알 수 있듯이, 1Km 길이의 광섬유를 통과한 후에도 파형의 왜곡이 거의 없고, 스펙트럼도 크게 broad 해지지 않는 매우 좋은 특성을 보이고있다.

IV. 거리 변화에 따른 스펙트럼의 변화 특성

8×8 PQR 레이저 어레이로부터 거리 변화에 대한 스펙트럼의 변화를 측정하였다. 그림6에서 보는 데이터는 휴대용 Optical Spectrum Analyzer(KMAC(주): PC 2000-ISA)로 측정되었다. 그림6에서 보는 것과 같이 약 80 cm 정도의 거리까지 측정할 수 있었다. 이때 PQR 레이저 어레이는 CW 모드로 구동되었으며, 주입 전류는 200mA로서 단위 소자당 주입전류는 3.125 mA이고, 발진 파장은 777 nm이다. 같은 직경(15 μm)의 메사 크기를 갖는 단

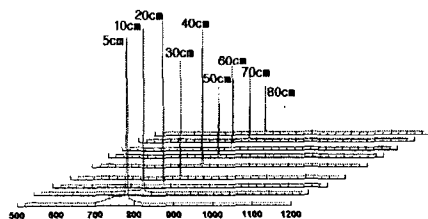


그림 6. 8×8 PQR 레이저 어레이의 거리에 따른 Spectrum 변화

위 소자의 경우 약 1 cm 정도의 거리 내에서만 스펙트럼을 검출할 수 있었는데 반해서, 어레이의 경우 8×8 정도의 집적화로 80 cm의 거리에서도 스펙트럼을 검출할 수 있었다.

레이저 어레이로부터 거리가 멀어질수록 광의 세기가 RLC 응답신호의 ripple처럼 미세한 증감을 반복하는 현상을 나타내는데, 이것은 8×8 어레이를 형성하고 있는 각각의 단위 소자에서 방출된 빛이 서로 간섭을 일으켜 거리에 따라 주기성을 가지는 것으로 보인다.

V. 결론

PQR 레이저에서 방출된 빛이 광섬유를 매질로 1Km를 전파한 후에도 파형의 찌그러짐이 거의 없었고 스펙트럼의 broadening도 거의 없는 매우 좋은 특성을 가짐을 확인 하였다.

본 연구진이 제작한 8×8 PQR 레이저 어레이로부터 스펙트럼의 검출 가능한 거리가 80 cm이상 됨을 확인하였고, 8×8 어레이를 형성하고 있는 각각의 단위 소자에서 방출된 빛이 서로 간섭을 일으켜 광의 세기가 거리에 따라 어느 정도의 주기성을 가지는 것을 확인 하였다.

참고문헌

- [1] J.C. Ahn, K.S. Kwak, B.H. Park, H.Y. Kang, J.Y. Kim and O'Dae Kwon, "Photonic quantum ring", Phys. Rev. Lett. Vol. 82. 1999, pp536-539
- [2] K.S. Kwak, J.C. Ahn, B.H.Park, J.Y. Kim, and O'Dae Kwon, "Size and temperature effect of a photonic quantum ring device", Inst. Phys. Conf. Ser., No. 162, 1999, pp73-78.