폴리머 결합 링 반사기와 반사형 반도체 광 증폭기가 하이브리드 집적된 광대역 파장 가변 레이저 (Hybrid-integrated Widely Tunable Laser with Polymer-Based Coupled-Ring Reflector and R-SOA)

이태형, 허용구, 이동현, 김수현, 박준오, 황웅린*, 정영철
광운대학교 전자통신공학과, *(주) LGS
taehyung@kw.ac.kr

향후 WDM 네트웍, 또는 광교환 시스템에서 필수적인 구성요소로 광대역 파장 가변 레이저 다이오드에 대한 관심이 점증하고 있다. 본 논문은 저가의 광대역 파장 가변 레이저를 구현하기 위한 시도로서, 회절격자(Grating) 구조가 포함되는 종래의 파장 선택 반사기를 대치할 수 있는 평판 도파로 형 반사기를 이용하여 광대역 파장 가변 레이저 다이오드를 구현하였다. 결합 링 공진기 반사기(CRR: Coupled-Ring Reflector) 구조를 파장 선택 소자로 사용함으로써, 분포 브래그 반사 격자의 제작 공정이 필요 없어지고, 또한 폴리머 공정으로 소자를 제작하기 때문에 저가의 대량 생산 가능한 광대역 파장 가변 레이저 다이오드를 제공할 수 있다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 파장가변 레이저의 개략도이다. 레이저는 결합 링 반사기와 R-SOA (Reflective Semiconductor Optical Amplifier)로 구성되고, 이 두 소자는 Epoxy Bonding으로 연결되는 Active Align 공정이나 링 공진기 PLC Platform에 R-SOA를 집적 시키는 Filp-Chip Bonding 공정으로 하이브리드 집적 될 수 있다[(1)].

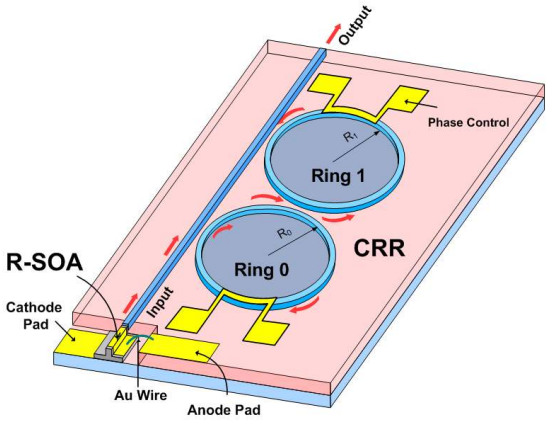

그림 1. 하이브리드 집적된 결합 링 반사기 레이저

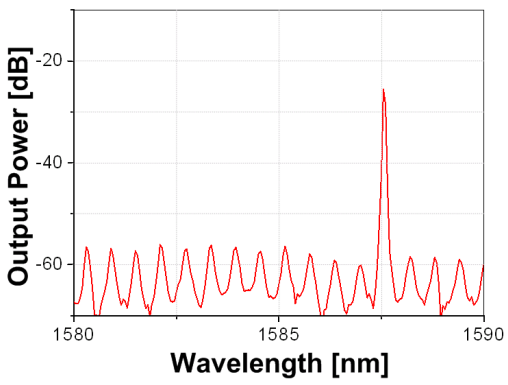

그림 2. 발진 스펙트럼

결합 링 반사기에서 나온 특정파장에서의 반사는 다시 R-SOA로 입사되어, R-SOA에서 발생되는 이득이 하나의 파장에만 집중되어 마치 DBR-LD(Distributed Bragg Reflector Laser Diode)와 같은 단

일모드 광원으로 동작시킬 수 있다. 여기서 제작된 결합 링 반사기는 특정파장에서의 최대 반사율을 가짐과 동시에 파장선택성이 비교적으로 좋은 경우를 택하였다. 따라서 버스와 링 도파로의 광 결합비율과 링과 링 사이의 광 결합 비율을 각각 0.5와 0.05로 정하였다[(2)].

그림 2는 R-SOA에 30mA의 전류를 인가했을 때의 스펙트럼이고, 이때 외부 온도는 24℃의 상온 상태였다. 1576.6nm에서 단일 모드로 발진하고 있음을 관측하였으며 이때의 부 모드 억제율(SMSR: Side Mode Suppression Ratio)은 32dB로 나타났다. 그림에서 보다시피 1576.6nm에서 발진하는 파장 주위로 0.6nm 간격으로 발생하는 주기적인 모드를 확인 할 수 있다. 이는 본 레이저에서 사용된 R-SOA의 양 단면은 각각 무 반사(Anti-Reflection) 코팅과 고 반사(High-reflection) 코팅이 되어있지만, 결합 링 반사기의 단면은 무 반사 코팅되지 않았기 때문에 R-SOA와 결합 링 반사기의 단면 사이에서 발생된 작은 크기의 공진 모드라 볼 수 있다. 결국 R-SOA와 반사기의 단면 사이의 수많은 모드들 중에 하나가 선택되었음을 확인할 수 있었고, 이때 본 레이저의 3-dB 선폭은 대략 0.05nm로 나타났다.

광대역 파장가변을 하기위해 먼저 하이브리드 레이저가 안정적으로 발진할 수 있도록 R-SOA와 결합 링 반사기에 TEC(Thermoelectric Cooling) Module을 장착하였다. 이때 초기 상태에서 레이저의 표면온도는 20.5℃로 고정하였다. R-SOA로 주입되는 전류의 양을 일정하게 유지하면서, 결합 링 반사기의 위상조절 영역에 전류를 인가함으로써 하이브리드 레이저의 광대역 파장가변 특성을 측정하여 그림 3에 나타내었다. 결합 링 반사기의 위상조절영역에 전류를 가하지 않을 경우 본 레이저는 1587nm에서 발진하게 되고, 점차 링1에 인가하는 전류량이 증가할수록 발진 파장이 낮은 쪽으로 점차 이동함을 알 수 있다. 하지만 링에 인가된 전류가 37mA에 도달하게 되면, 다시 발진파장은 처음의 1587nm 대역으로 이동하게 된다. 이는 Vernier effect에 의한 결합 링 반사기의 파장이동 특성과 같으며, 결국 제안한 레이저의 최대 파장가변 범위는 약 35nm가 됨을 확인하였다. 또한 광대역 파장가변을 하는 동안 발진파장은 동일한 출력을 나타내며, 일정한 SMSR을 유지하였다.

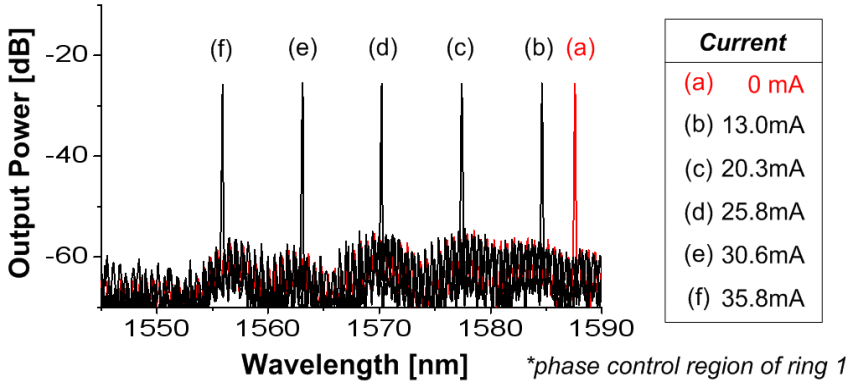

그림 3. 결합 링 반사기가 하이브리드 집적된 레이저의 광 대역 파장가변 특성

[감사의 글] 이 논문은 한국과학재단 특정기초연구비(R01-2006-000-10751-0) 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] Nobutatsu Koshoubu, et al, "Advanced Flip Chip Bonding Techniques Using Transferred Microsolder Bumps", IEEE Transactions on Components and Packaging Technology, Vol. 23, No. 2, pp. 399-404, Jun. 2000.

[2] Y. Chung, D.-G. Kim, N. Dagli, "Reflection Properties of Coupled-Ring Reflectors", Journal of Lightwave Technology, Vol. 24, No. 4, pp. 1865- 1874, Apr. 2006.