

이중 기관용융접합된 장파장 수직 공진 표면광 레이저

Double-Fused 1.5 μm Vertical Cavity Surface Emitting Lasers

송대성, 김창규, 이용희
한국과학기술원 물리학과
christiands@hosanna.net

장파장 수직 공진 표면광 레이저는 편리성, 경제성 및 확장성 때문에 많은 주목을 받아 왔다. 이것은 2차원 행렬로 기관에 제작되어 기관 상에서 테스트가 가능하고 기관 표면으로 광 출력이 되는 장점이 있어 모듈 제작 비용을 낮출 수 있다. 또한 출력광의 모양을 원형으로 하면 광섬유 연결 효율이 좋아서 광 연결에 필요한 광학 부품을 최소화할 수 있다. 특히 1.3-1.55 μm 수직 공진 표면광 레이저는 광섬유에서의 분산과 손실이 가장 낮아서 광통신용 광원으로 많은 연구가 진행되고 있다.

최근 장파장 수직 공진 표면광 레이저의 제작에 다양한 시도가 있었는데 이들 중 기관용융접합 방법으로 제작된 것이 가장 좋은 성능을 보이고 있다⁽¹⁾. 그림 1 은 본 실험실에서 기관용융접합 방법을 이용해 제작된 장파장 수직 공진 표면광 레이저의 구조이다. 주기적으로 분포시켜 이득을 증가시킨 InGaAs 양자 우물 17개를 이득 매질로 사용하고 그 양면에 산화막 반사경($\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{O}_y$)과 GaAs/AlAs 반사경을 각각 기관용융접합하여 공진기를 얻었다. 산화막 반사경은 p-형 출력광의 자유 운반자 흡수(Free carrier absorption)를 최소화하기 위해 사용하였다.

제작된 소자들을 상온 전류 펄스 펌핑하여 레이저 동작시켰다. 그림2는 산화막 구경이 5.6 μm 인 것에 대한 측정 결과이다. 2 μs 의 주기로 최대 펄스 폭을 1.4 μs 까지 전류 펌핑하여 1566.5 nm 근방에서 레이저 동작하였다. 이것은 준연속 전류 동작으로 생각할 수 있다. 산화막 구경의 크기 변화에 따라 문턱 전류의 변화를 그림 3(a)에 나타내었다. 산화막 구경의 넓이가 2배 커지면 문턱 전류는 1.9배의 비율로 선형적 증가하고 있다.

소자의 온도 변화에 따라 문턱 전류와 발진 파장의 변화를 측정하였다. 주기 10 μs 에서 duty rate 5%로 전류 펄스 펌핑하였다. 발진 파장의 변화는 0.1nm/K이다. 문턱 전류는 온도가 낮아 짐에 따라 줄어드는 경향을 보이고 있다. 이것은 레이저의 공진 모드가 상온에서 최대 이득 파장보다 장파장 쪽에 있는데 온도가 감소하면 공진모드는 0.9Å/K의 속도로, 이득 최대 파장은 0.54 nm/K의 비율로 청색 편이하여 서로 멀어지게 된다. 그러나 온도가 감소함에 따라 빠른 속도로 이득 최대 값이 증가하게 되고 이 속도가 최대 이득 파장의 청색 편이 속도를 앞지르게 되기 때문에 공진 모드에서의 이득 값은 오히려 증가하게 되기 때문이다.

이 소자들이 상온에서 연속 동작하지 않는 이유는 p-형 반사경과 능동 매질의 접합 면에서 높은 전압 강하가 일어나기 때문이다.(4.2~2.8V) 따라서 레이저를 구동시키기 위해 높은 전압을 가하게 되고 이로 인해 열이 발생하여 소자 성능을 저하시키게 된다. 그리고 접합 면에서 전류 확산이 증폭되어 문턱 전류를 증가시키게 된다. 그러므로 앞으로 기관용융접합 시 발생하는 p-p 접합 면에서의 전압강하 문제를 해결하면 높은 온도 특성을 가진 장파장 수직 공진 표면광 레이저를 제작 할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. A. Karim, K. A. Black, P. Abraham, D.Lofgreen, Y. J. Chiu, J. Piprek, and J. E. Bowers, " Superlattice Barrier 1528-nm Vertical-Cavity Laser with 85°C Continuous-Wave Operation," IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 12, pp. 1438-1440, (2000).

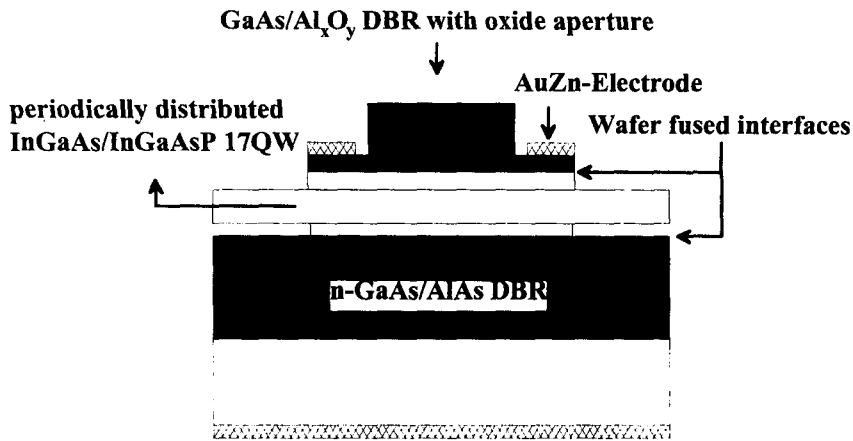


그림 1. 제작된 이중 기판용융접합 된 장파장 수직 공진 표면광 레이저의 구조

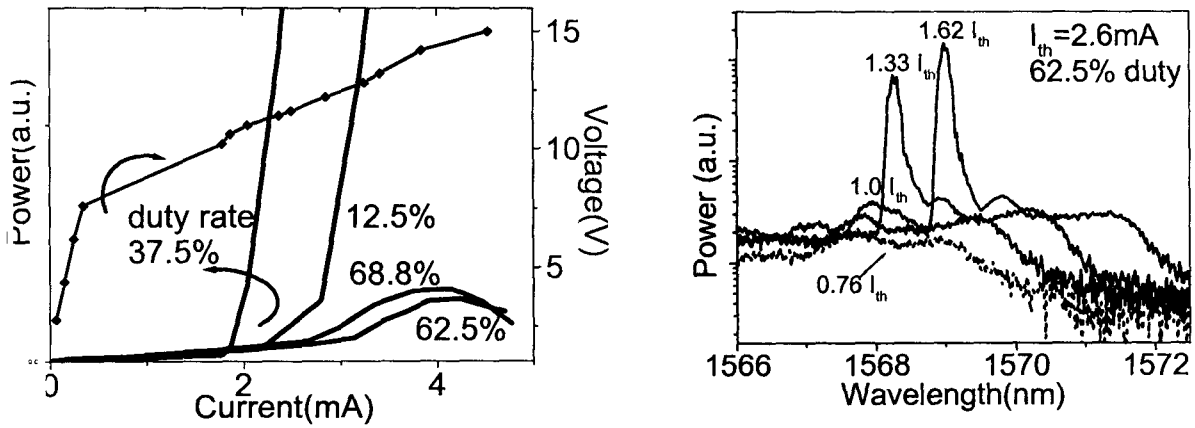


그림 2. 산화막 구멍이 $5.6 \mu m$ 인 수직 공진 표면광 레이저의 상온 펄스 동작 특성.(주기 $2 \mu s$)

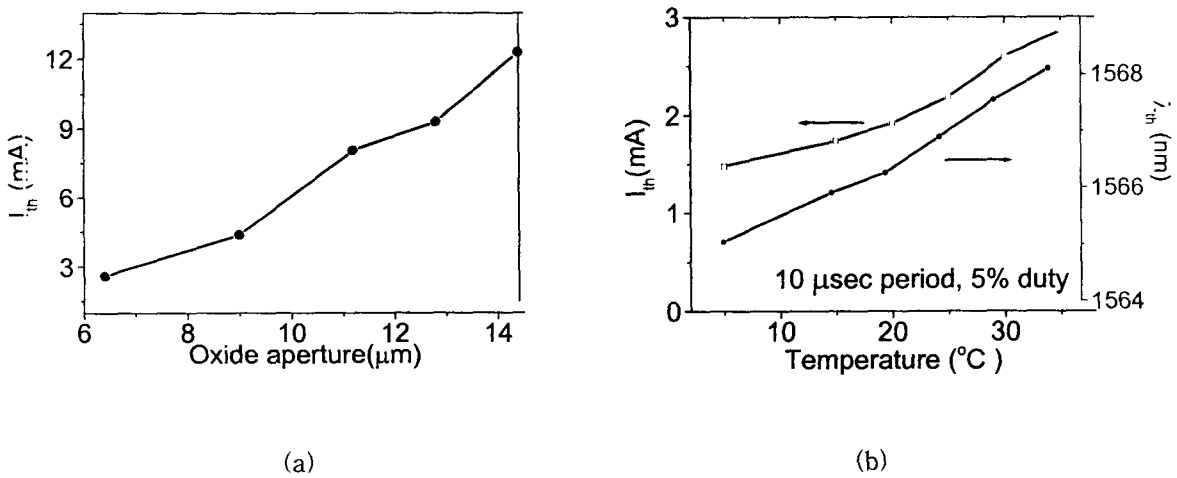


그림 3. (a) 산화막 구멍의 변화와 문턱 전류(주기는 $2 \mu s$, 펄스 폭은 $250 ns$) (b) 산화막 구멍이 $5.6 \mu m$ 인 수직 공진 표면광 레이저의 온도 변화에 따른 문턱전류와 발진 파장