

# 산화막 구경 표면발광 레이저 어레이의 MBE 성장과 제작

## MBE Growth and Fabrication of Oxide-Confined VCSEL Array

김진숙, 장기수, 김종민, 배성주, 이용탁

광주과학기술원 정보통신공학과

e-mail : [vtlee@kiist.ac.kr](mailto:vtlee@kiist.ac.kr)

VCSEL은 우수한 소자 특성과 표면 발광 구조가 갖는 여러 가지 장점들로 인하여 병렬 광연결과 근거리 광섬유 통신에서 이상적인 광원으로 인정받고 있다. 특히 산화막 구경을 갖는 VCSEL은 이득영역 근처에서 횡방향으로 광학적, 전기적 제한을 가함으로써 낮은 문턱전류와 높은 전력변환 효율을 갖기 때문에 현재까지 많은 연구가 진행되어 왔다<sup>(1)</sup>. 본 논문에서는 in-situ 광 반사법을 이용한 VCSEL의 MBE 성장과 1mm×10mm 산화막 구경 VCSEL 어레이의 제작공정, 그리고 발진특성에 대하여 논하고자 한다.

본 실험에서는 VG SEMICON사의 V80H-10K MBE 시스템을 사용하여 InGaAs/GaAs/AlGaAs VCSEL 구조를 성장하였다. In-situ 광 반사법을 이용하여 DBR 반사경과 공진기의 두께를 조절함으로써 평균적으로 0.5% 이내의 공진기 모드 재현성을 갖는 VCSEL을 성장할 수 있었다. 성장한 VCSEL은 25.5쌍의 GaAs/AlAs 및 DBR, 25쌍의 GaAs/Al<sub>0.75</sub>GaAs 및 DBR, Al<sub>0.98</sub>GaAs 산화층, 두개의 In<sub>0.2</sub>GaAs/GaAs 양자우물, 그리고 Al<sub>0.42</sub>GaAs 클래딩 층으로 이루어져 있다. Al<sub>0.98</sub>GaAs 산화층은 조성의 재현성과 고온공정에서 구조적인 안전성을 위하여 AlAs/GaAs 디지털 합금방법으로 성장하였다<sup>(2)</sup>. 그림 1은 성장된 VCSEL 에피의 반사율 스펙트럼과 및 DBR을 에칭한 후 측정된 PL 스펙트럼을 보여준다. 공진기 모드 파장은 983nm이고 PL peak 파장은 979nm이다.

산화막 구경을 갖는 VCSEL 제작을 위해 먼저 PR mask를 이용하여 및 DBR을 지름이 40μm인 원형 메사 형태로 습식식각 하였다. 식각용액으로는 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O(1:1:15) 용액을 이용하였다. 메사 식각 후 산화공정은 습식산화 가열로에서 이루어졌다. 운반가스로 N<sub>2</sub> 가스를 이용하였고, 이는 90℃로 가열되어있는 H<sub>2</sub>O bubbler를 거쳐서 수증기를 가열로 안으로 공급한다. 5μm 직경을 갖는 산화막 구경을 제작하기 위해 가열로 온도는 420℃로 하였고 운반가스의 유량은 2l/min로 하여 23분간 산화시켰다. 산화 후 polyimide를 이용하여 식각된 부분을 평탄화 하였고 전자빔 증착기를 이용하여 p-금속층으로 Ti/Pt/Au를, n-금속층으로 Ni/Au/Ge/Ni/Au를 각각 증착시켰다. p,n-금속층을 증착한 후에 400℃에서 30초간 급속열처리방법으로 합금화 하였다.

그림 2는 제작된 1mm×10mm VCSEL 어레이에 대해 상온에서 CW 동작 시 측정된 I-L 특성곡선과 발진 스펙트럼을 보여준다. 문턱전류는 250±50μA이고 0.8mA의 구동전류에서 발진파장은 983.2±0.5nm이다. 그림 3은 문턱전류, 최대 광출력, 그리고 발진파장의 온도 의존성을 보여준다. 제작된 VCSEL의 특성온도는 65K 이고 온도변화에 따른 발진 파장의 변화율은 0.73A/℃이다.

요약하면, 본 연구에서는 in-situ 광 반사법을 이용하여 평균 0.5%이내의 공진기 모드 재현성을 갖는 VCSEL 에피를 성장할 수 있었다. 또한 250μA의 낮은 문턱전류와 0.05%의 발진파장 균일도를 갖는 1mm×10mm 산화막 구경 VCSEL 어레이를 제작하였다. 이를 바탕으로 향후에는 고집적, 고속의 VCSEL 어레이

에 대한 연구가 진행될 예정이다.

\*감사의 글

본 연구는 과학기술부의 테라급 나노소자 개발사업에 의해 지원되었습니다.

\*참고문헌

1. K. Iga, "Surface Emitting Laser-Its Birth and Generation of New Optoelectronics Field", IEEE J. Selected Topics in Quant. Electron., **6**(6), 1201-1215, 2000.
2. G. W. Pickrell, J. H. Epple, K. L. Chang, K. C. Hsieh, and K. Y. Cheng, "Improvement of wet-oxidized  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  through the use of AlAs/GaAs digital alloys", Appl. Phys. Lett., **76**(18), 2544-2546, 2000.

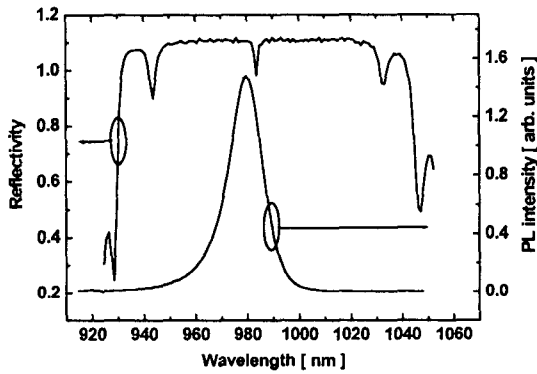


그림 1. 성장된 VCSEL 에피의 반사율 스펙트럼과 윗 DBR 에칭 후 측정된 PL 스펙트럼.

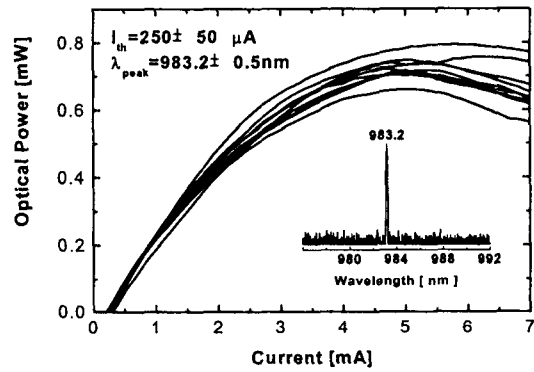
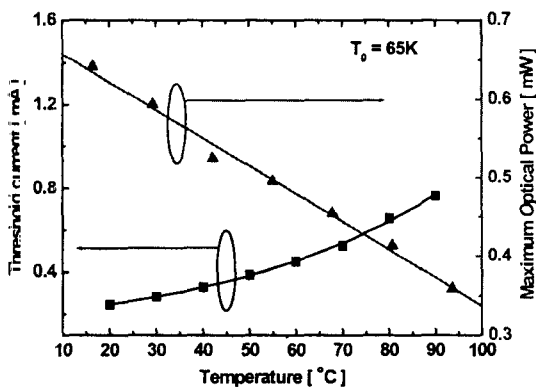
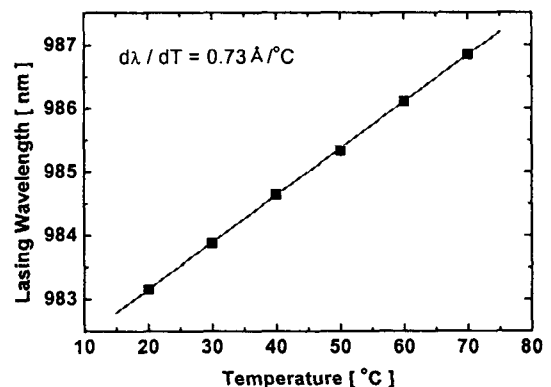


그림 2. 5 $\mu\text{m}$ 직경의 산화막구경을 갖는 10 $\times$ 10 VCSEL 어레이의 I-L특성곡선과 스펙트럼.



(a)



(b)

그림 3. 문턱전류, 최대 광 출력(a), 그리고 발진파장(b)의 온도 의존성