

## 사각격자 광결정 수직공진 표면광 레이저

이금희, 백종화, 황인각, 이규한\*, 윤우종\*, 신현의\*\*, 서정훈\*\*, 김희대\*\*, 이용희  
 한국과학기술원 물리학과, \*AP tech.(주), \*\*OPTICIS(주)  
 keumhee@kaist.ac.kr

방사각이 작고 안정된 단일 기본 모드로 동작하는 레이저는 신뢰성 있는 고속 데이터 전송에 잇점을 가지고 있다. 근거리 통신의 경우에도 다중 모드 VCSELs은 높은 변조 주파수에서 다양한 문제를 겪는다<sup>(1)</sup>. 그러므로 횡 모드를 조절하는 것은 중요한 문제로 남게 된다. 또한 단일 기본 모드 동작과 더불어 편광의 조절과 안정화는 대부분의 VCSELs 응용분야, 특히 10-Gbit/s 고속 변조나 자유공간 통신과 같은 편광에 민감한 시스템에서 중요한 문제이다. 앞서, 광 결정 수직 공진 표면광 레이저가 횡 모드 조절에 효과적이라는 사실이 보여 진 바 있다<sup>(2)</sup> 또, 삼각격자 광 결정 수직 공진 표면광 레이저에서 원형 공기구멍을 타원형으로 바꿈으로써 편광 조절이 가능하다는 사실이 보고된 바 있다<sup>(3)</sup>. 그러나, 삼각형 격자 구조 외에 다른 격자 구조를 가지는 광 결정 수직 공진 표면광 레이저에 대한 연구가 보고된 바가 없다. 본 연구에서는 사각형 격자 구조의 공기구멍을 갖는 광 결정 수직 공진 표면광 레이저에 대한 단일 기본 모드 동작 특성을 조사하였고, 삼각형 격자에 비해 낮은 대칭성(4-fold)을 가지고 있어 편광의 분리에 장점을 가질 것으로 기대되는 사각형 격자 구조에 작은 공기구멍을 비대칭적으로 배치함으로써 편광선택을 조절하였다. 그림 1 은 본 연구에서 제작된 두 가지 형태의 광결정 구조의 PC-VCSELs 을 보여준다.

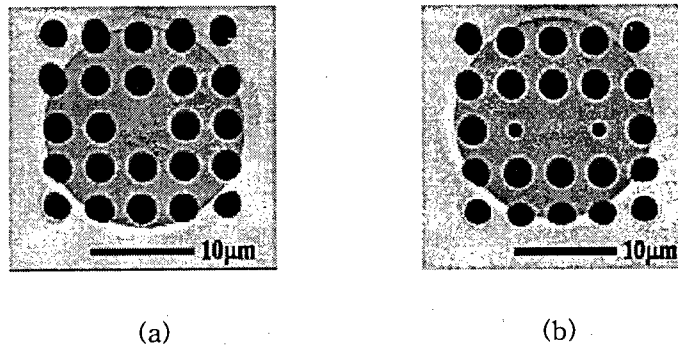


그림.1. 주사전자현미경 사진 (a) 사각격자 PC-VCSEL (b) 작은 공기구멍이 있는 사각격자 PC-VCSEL

먼저 전류제한 구경이 다른 두 종류의 VCSEL(16 $\mu$ m, 12 $\mu$ m)에서 각각 높은 단일 기본 모드 출력을 얻기 위해 주기가 다른 몇 가지 사각격자 구조를 도입하였다. 전류제한 구경이 16 $\mu$ m인 경우 5 $\mu$ m, 4.5 $\mu$ m, 4 $\mu$ m의 격자 간격이 선택되었고, 전류제한 구경이 12 $\mu$ m인 경우 4 $\mu$ m, 3.5 $\mu$ m, 3 $\mu$ m의 격자 간격이 선택되었다. 각각의 경우 구멍 직경은 격자간격의 70%로 격자간격 대 구멍 직경이 일정하도록 하였다. 그림 1(a) 와 같이 작은 공기구멍이 없는 경우 제작된 시편들은 전류제한 구경이 16 $\mu$ m, 격자간격이 5 $\mu$ m인 1개 시편을 제외하고 모든 시편이 전 동작전류 구간에서 단일 기본 모드로 동작하였다. 그림 2 는 두 가지 전류제한 구경의 시편에 대한 전류 대 광출력 그래프를 보여준다. 그림 2(a)에서 보는 바와 같이 전류 제한 구경이 16 $\mu$ m, 격자 주기 5 $\mu$ m인 시편에서 1mW 정도의 단일 기본 모드 광출력을 얻었다. 두가지 시편에 대해 주기가 작아짐에 따라 문턱 전류가 높아지고 광출력이 줄어드는 것을 볼 수 있는데 이것은 PC-VCSEL이 발진하기 위해서는 격자 주기가 감소함에 따라 증가하는 PC-VCSEL의 모드 손실과 균형을 이룰 만큼 큰 모드 이득이 필요하기 때문으로 해석된다. 또한 격자 간격이 커서 모드크

기가 큰 경우가 높은 광출력을 얻는데 유리하나 큰 격자 간격은 고차 모드를 발생시키기 쉬우므로 전류 제한 구경을 고려하여 격자간격을 선택해야 한다. 16 $\mu\text{m}$  전류제한 구경의 PC-VCSEL의 경우 5 $\mu\text{m}$  정도의 격자 간격이 높은 단일 모드 광출력을 얻을 수 있는 격자 주기의 상한 값으로 보인다. 12 $\mu\text{m}$  전류제한 구경의 PC-VCSEL의 경우 4 $\mu\text{m}$  주기의 시편에서 0.7mW 정도의 단일 기본 모드 출력을 얻었다.

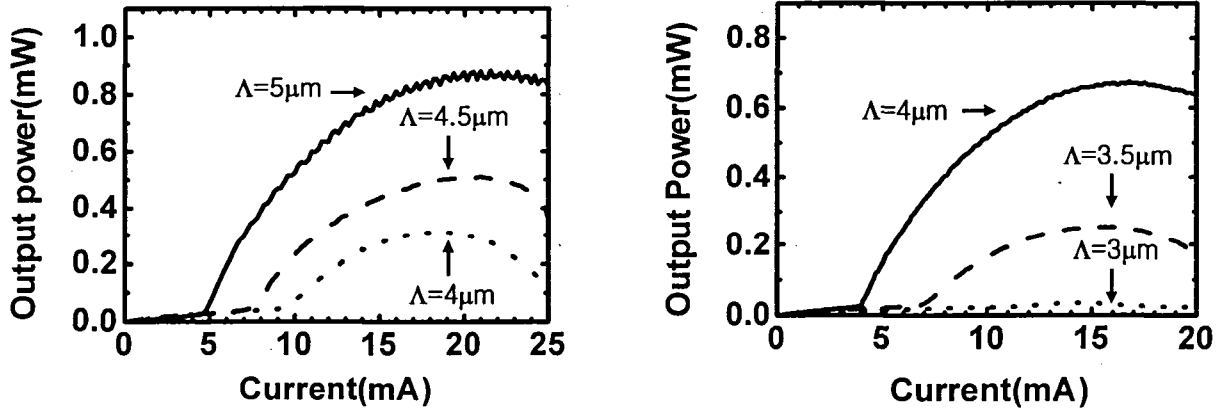


그림.2. L-I 특성 (a) 전류 제한 구경 16 $\mu\text{m}$ 인 PC-VCSEL (b) 전류 제한 구경 12 $\mu\text{m}$ 인 PC-VCSEL

편광특성을 조절하기 위해 그림 1(b) 와 같은 비대칭적으로 작은 공기구멍을 도입한 경우 같은 격자 주기에 대해 공기구멍이 없는 시편보다 중심영역이 상대적으로 넓어짐으로써 주기가 큰 경우에는 고차 모드 발진 특성을 보였다. 전류 제한 영역이 16 $\mu\text{m}$ 인 경우는 격자 주기 4 $\mu\text{m}$ , 전류 제한 영역이 12 $\mu\text{m}$ 인 경우 격자 주기 3.5 $\mu\text{m}$ , 3 $\mu\text{m}$ 인 경우 단일 기본 모드 동작을 하였고 이런 경우 그림 3에서와 같이 작은 공기구멍이 놓인 방향의 편광을 선호하는 특성을 보였다.

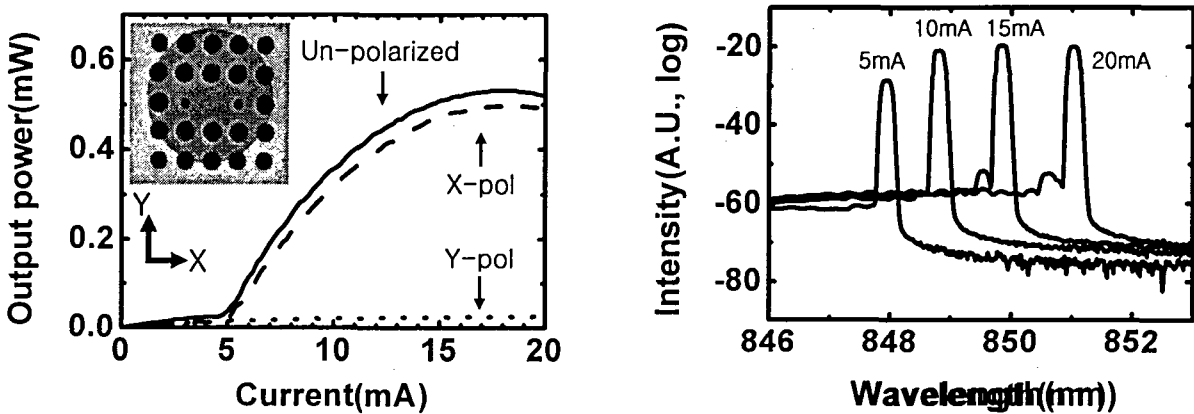


그림.3. 비대칭 격자 구조 PC-VCSEL(전류 주입 구경 16 $\mu\text{m}$ , 주기4 $\mu\text{m}$ )(a) 편광 특성 (b) 스펙트럼

참고문헌

1. L.-G.-Zei, S.Ebers, J.-R Kropp, and K. Petermann, J. Lightwave Technol., 19, 884(2001).
2. Dae-Sung Song, Se-Heon Kim, Hong-Gyu Park, Chang-Kyu Kim, and Yong-Hee Lee, Appl. Phys. Lett., 80, 3901-3903(2002).
3. Dae-Sung Song, Yong-Jae Lee, Han-Woo Choi, and Yong-Hee Lee, Appl. Phys. Lett., 82, 3182-3184(2003)