

비대칭적인 산화막 구경을 가지는 표면광 레이저에서의 편광 비등방성

Polarization Anisotropy in Asymmetric Oxide-aperture VCSELs

하경호, 이용희
한국과학기술원 물리학과
s_khha@cais.kaist.ac.kr

본 논문에서는 비대칭적인 Al 산화막(Al_xO_y) 구경을 이용하여 간단하고도 새로운 편광제어 방법을 제시하고 실제로 구현해 보았다. 이러한 편광제어 방법^(1,3)은 광파가 좁은 유전체 슬릿을 통과할 때 서로 수직인 편광 방향에 대하여 산란 손실이 정확히 같지 않을 것이라는 예상에 기초하고 있다⁽⁴⁾. 실험에 사용된 수직공진형 표면광 레이저는 MOCVD에 의해서 성장되었으며, 상층 반사경과 활성층 사이에는 산화막 구경을 만들기 위하여 568 Å 두께의 AlAs 층이 들어있다.

처음에 양성자 주입법으로 만들어진 출력구경의 크기는 각각 7, 10, 15, 20 μm 이다. CAIBE로 식각하여 각각의 레이저 소자를 만든 다음, 425°C에서 습식산화 방식을 통하여 다양한 크기의 비 대칭적인 산화막 구경이 부가적으로 만들어진다. 이렇게 제작된 표면광 레이저의 도식적인 모습이 그림 1에서 보여진다. 출력구경의 한쪽 면은 양성자 주입으로 정의되어 있고, 수직 방향의 다른 면은 습식 산화법에 의하여 정의되어 있다. 이때 산화막 슬릿은 양성자 주입에 의하여 정의된 일정한 출력구경에 대하여, 1- μm 간격으로 제작되었다.

슬릿 간격이 양성자 주입으로 정의된 구경보다 작아질수록 일차원적인 비대칭 산화막 구경의 효과는 점차 두드러지게 나타난다. Gaussian 모드 분포를 가정하여 far-field 모양은 측정 한 후, 광 세기가 $1/e^2$ 로 감소하는 위치를 mode의 크기로 결정하였다. 슬릿의 크기가 4.2, 3.4, 2.4, 1.4 μm 일 때, TM 편광의 경우, 슬릿에 수직인 방향으로 각각 2.4, 1.8, 1.4 and 1.7 μm 의 크기를 갖는다. 반면에 TE 편광은 각각 2.4, 2.4, 2.0, 1.8 μm 이다. 주목할 점은 TE mode가 TM mode보다 약간 크다는 점이고, 이는 예상하지 못했던 바이다. 슬릿 크기가 2~4 μm 근처일 때, 슬릿의 크기가 감소함에 따라 Al 산화막과 기본 모드와의 중첩이 급격히 증가한다는 사실은 흥미 있는 일이다. 따라서 산화막과 적게 중첩되는 TM 모드가 TE 모드보다 적은 산란 손실을 느끼게 될 것이며, 이것은 본 실험에서 편광이 제어되는 또 하나의 이유라고 생각된다.

더욱이, 산화막 슬릿의 크기가 작아질수록 편광의 방향은 웨이퍼에서의 결정 방향보다는 슬릿에 수직인 방향으로 수렴해 나아감을 볼 수 있다. 이러한 효과는 그림 2에 잘 나타나 있다. 그림의 경우, 슬릿의 크기는 1.4 μm 이고, 양성자 주입에 의하여 정의된 구경은 7 μm 이다. 비교를 위하여, 두 개의 결정 방향에 대하여 TM과 TE 편광을 함께 보여주고 있다. 이차원 벡터 beam propagation method에서도 역시, 편광에 따라 산란 손실이 차이가 있음을 확인하였으며, 슬릿의 크기에 따른 변화도 실험의 결과와 잘 일치하고 있다.

참고문헌

1. M. Takahashi, P. Vaccaro, K. Fujita, T. Watanabe, F. Mukaiyara, and K. Iga, "An InGaAs-GaAs vertical-cavity surface-emitting laser grown on GaAs(311)A substrate having Low-threshold and stable polarization", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 8, 737-739 (1996).
2. K. D. Choquette, and R. E. Leibenguth, "Control of vertical-cavity laser polarization with anisotropic transverse cavity geometries", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 6, 40-42 (1994).

3. Y. G. Ju, H. K. Shin, I. Kim. and Y. H. Lee, "Strong polarization selectivity in 780-nm vertical-cavity surface-emitting lasers grown on misoriented substrates", *Appl. Phys. Lett.*, 71, 741-743 (1997).
4. King, R. W. P., and Wu, T. T.: 'The scattering and diffraction of waves', *Harvard University Press*, 114 (1959).

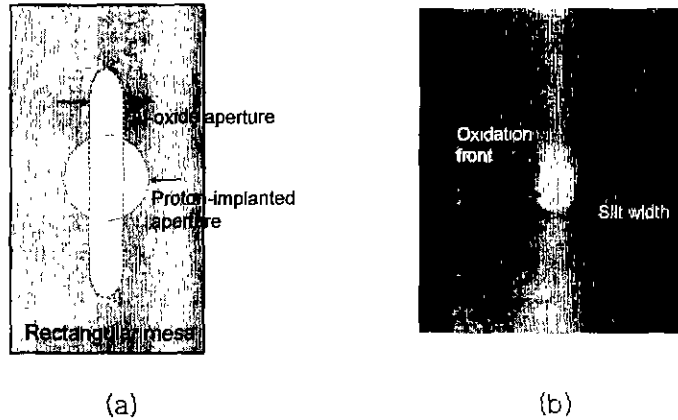


그림 1. (a) 비대칭적인 산화막 구경을 가지는 표면광 레이저의 도식적 그림 (b) 제작된 표면광 레이저의 실제 표면의 모습

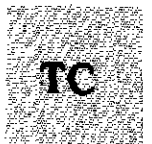
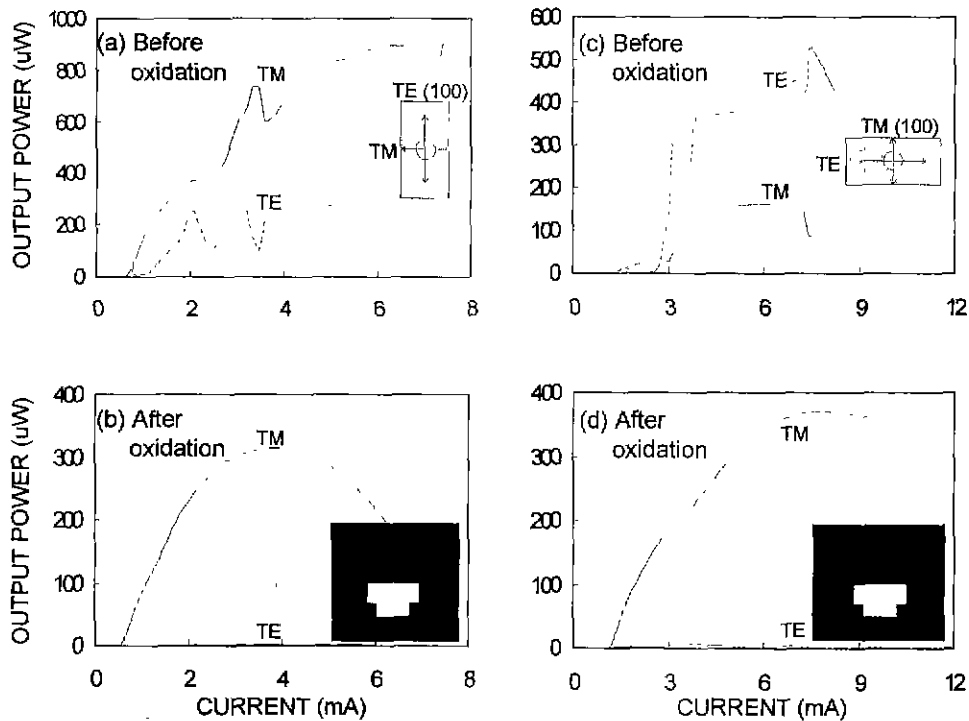


그림 2. 주입전류에 대한 출력광 세기. 그림 (a)-(b)와 (c)-(d)에서의 레이저는 웨이퍼의 (010) 방향에 대하여 각각 평행, 수직이다. 삽입된 그림은 발진 전류의 1.2배되는 구동전류에 대한 near-field 모양.