

ハーフメサ構造を用いた1.3μm分布帰還形 半導体量子ドットレーザの結合係数計算

Calculation in Coupling Coefficient of 1.3μm Quantum Dots Distributed Feed Back Laser with Half Etched Mesa Structure

五島 敬史郎^a, 鈴木貴斗^a, 津田紀生^a, 山田諄^a, 天野健^b
愛知工業大学 電気学科^a 産業技術総合研究所^b

Keishiro Goshima^{*a}, Takato Suzuki^a, Norio Tsuda^a, Jun Yamada^a, and Takeru Amano^b.

^a Electronics Engineering, Aichi Institute of Technology (AIT), Toyota, 470-392, Japan

^b National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, 305-8568, Japan

E-mail address: ke-goshima@aitech.ac.jp

背景：我々は、量子ドットを用いた半導体レーザの開発を行っている。量子ドットレーザの特徴は、**低消費電力** **動作温度領域の拡大** **高速変調応答**が期待されている。これら実現するため、**高密度&高均一量子ドットを用いた動的単一モードレーザ**（DFBレーザ）が必須である。そこで、量子ドットに適したDFBレーザ構造（ハーフメサ構造）を提案した¹⁾。

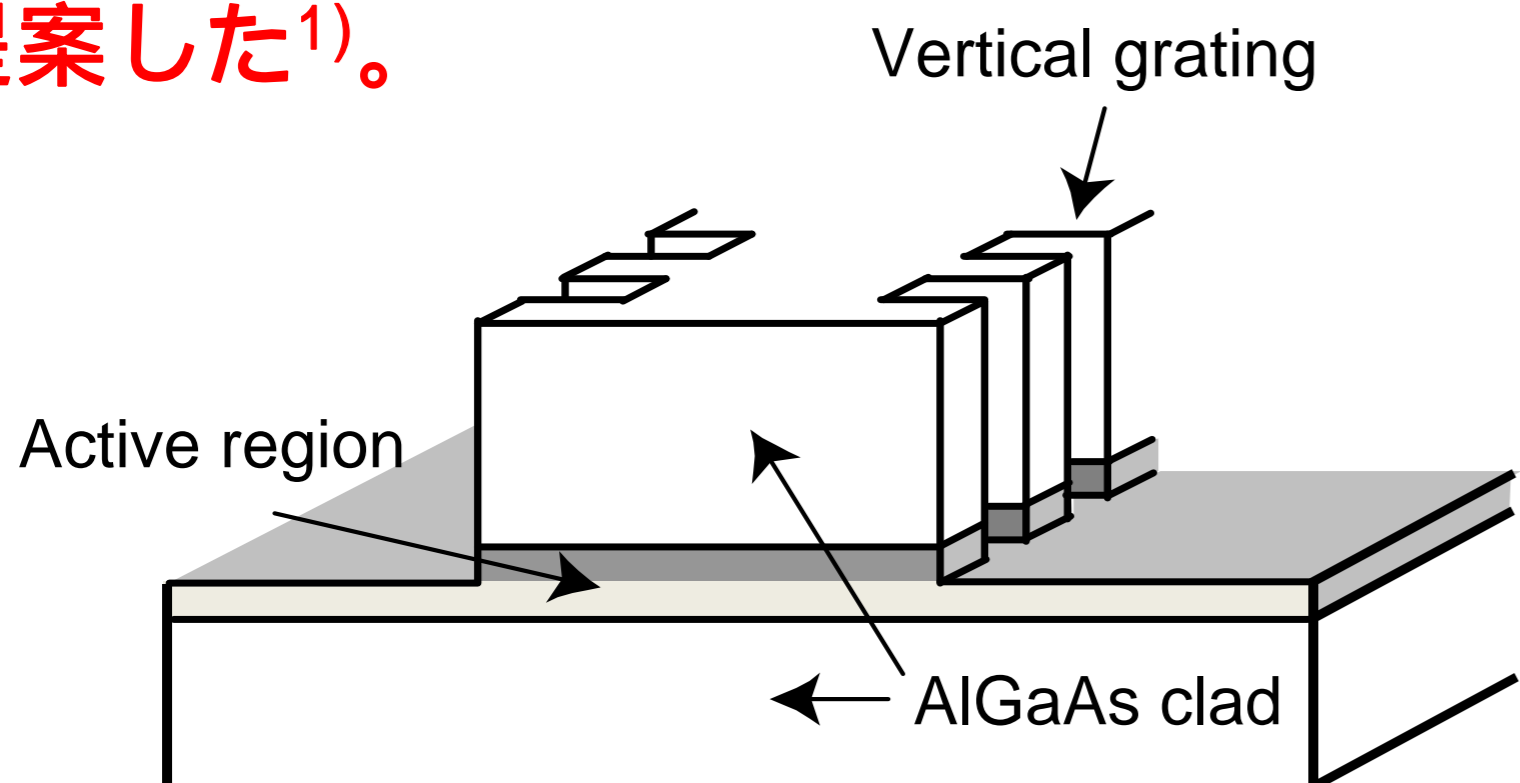


Figure1. Image of Half Etched Mesa structure

方法：**ハーフメサ構造における結合係数の理論計算**。ハーフメサ構造は方形導波路の解法を利用する²⁾。

波動方程式

$$H(x, y, z, t) = H(x, y)e^{j(\omega t - \beta z)} \quad (1)$$

電磁界分布 H の固有値を求める為にヘルムホルツ式を適用し展開。

$$\nabla \times (n^{-2} \nabla \times H) - k_0^2 H = 0 \quad (2)$$

固有値 $\lambda = -j$ において、 H の基本モードが成り立つを解析的に解く。

基本モードでの等価屈折率を算出

$$n_{eff} = \frac{\beta}{k_0} \quad (3)$$

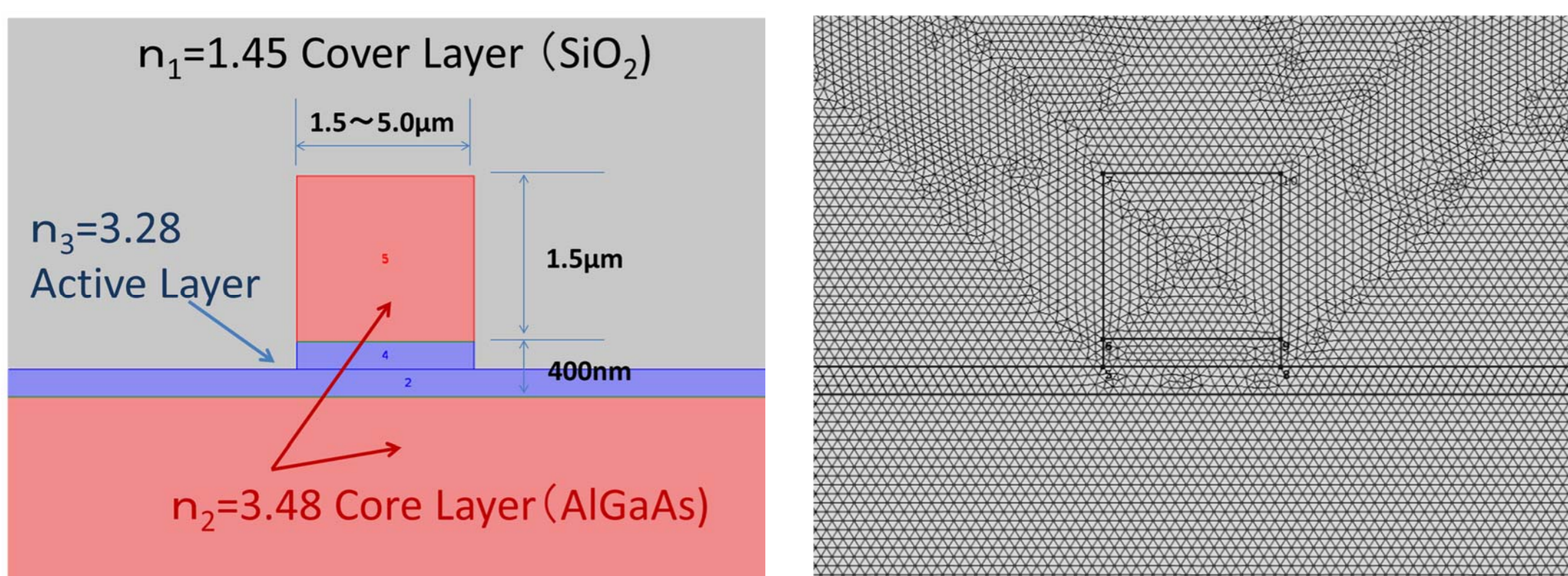


Figure2. (a) : 2D image of Boundary condition
(b): Mesh image (mesh size 0.04~0.1μm)

結果と考察：COMSOL・RFモジュールを用いてハーフメサ構造の光導波路電磁界分布計算を行った。

LP₀₀モードとLP₁₁モードの計算結果を図3に示す。この電磁界分布計算において基本モードであるLP₀₀モードが成立する等価屈折率を導く事に成功した。

Core Layerの幅の変化に対する等価屈折率からDFBレーザの結合係数を算出した³⁾。(図4)

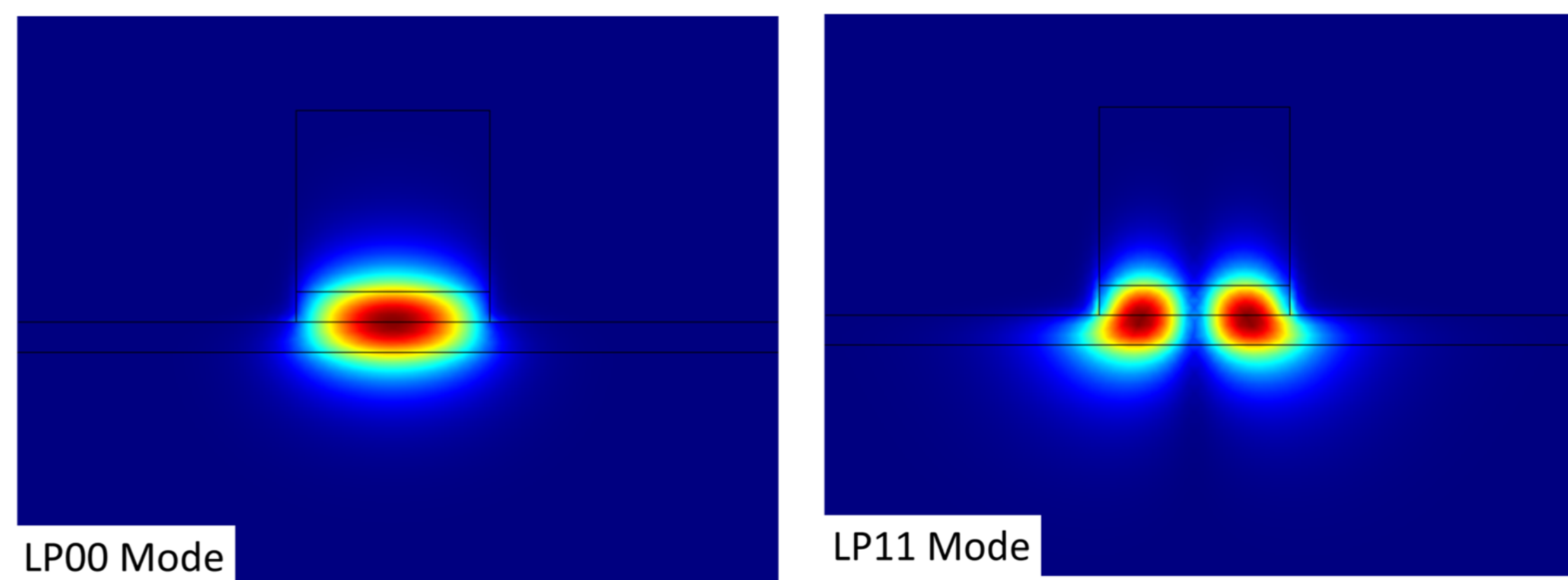


Figure3. (a) : Fundamental electromagnetic field in LP₀₀ Mode.
(b): High-order electromagnetic field in LP₁₁ Mode.

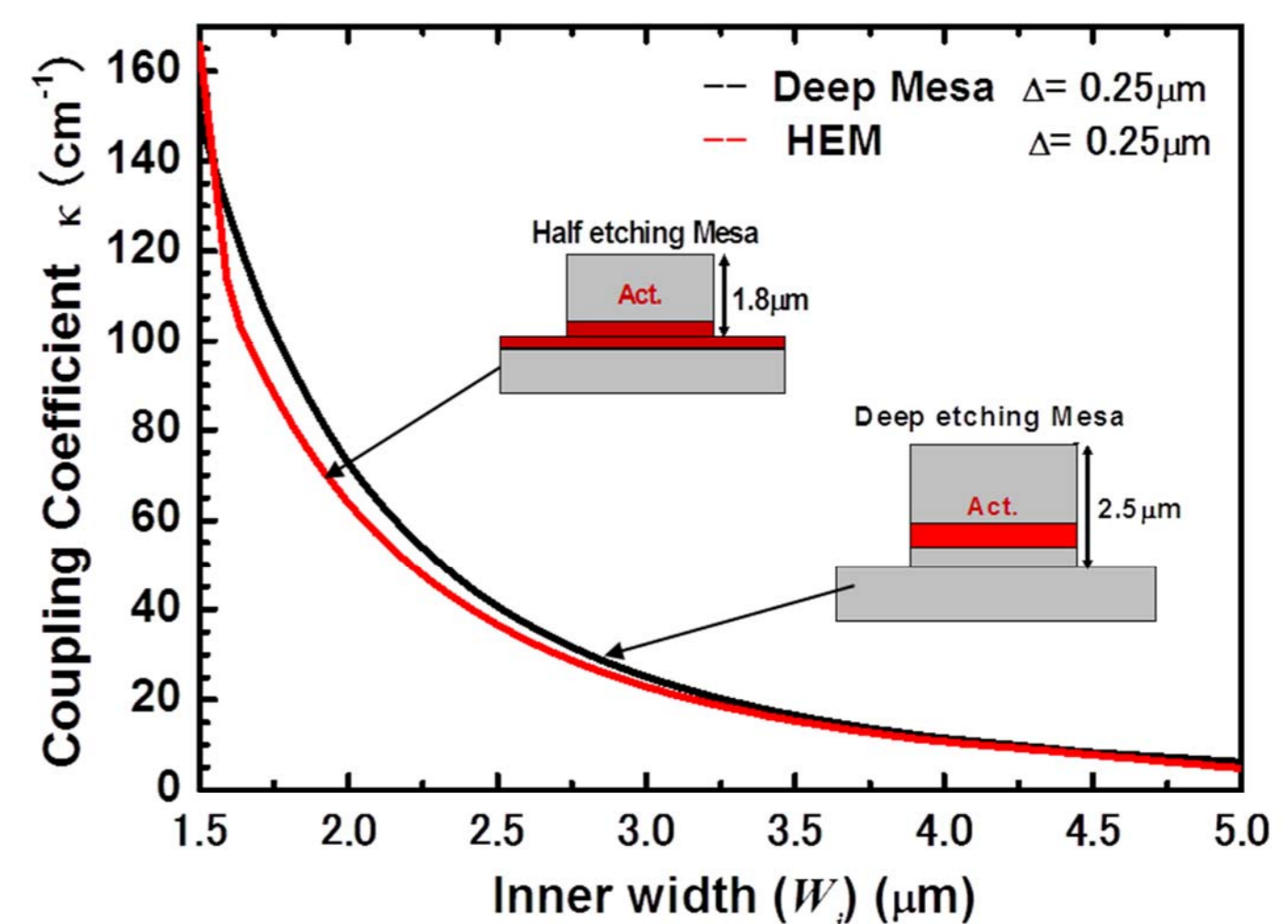


Figure4. Calculated Coupling Coefficient of the Half Etched Mesa structure

結論：**結合係数の理論計算値 = 36cm⁻¹、実際に製作したDFBレーザから得られた値 = 25cm⁻¹である⁴⁾。誤差は少なく非常に良い一致である。このことからCOMSOLを用いた計算の有効性が示された。**

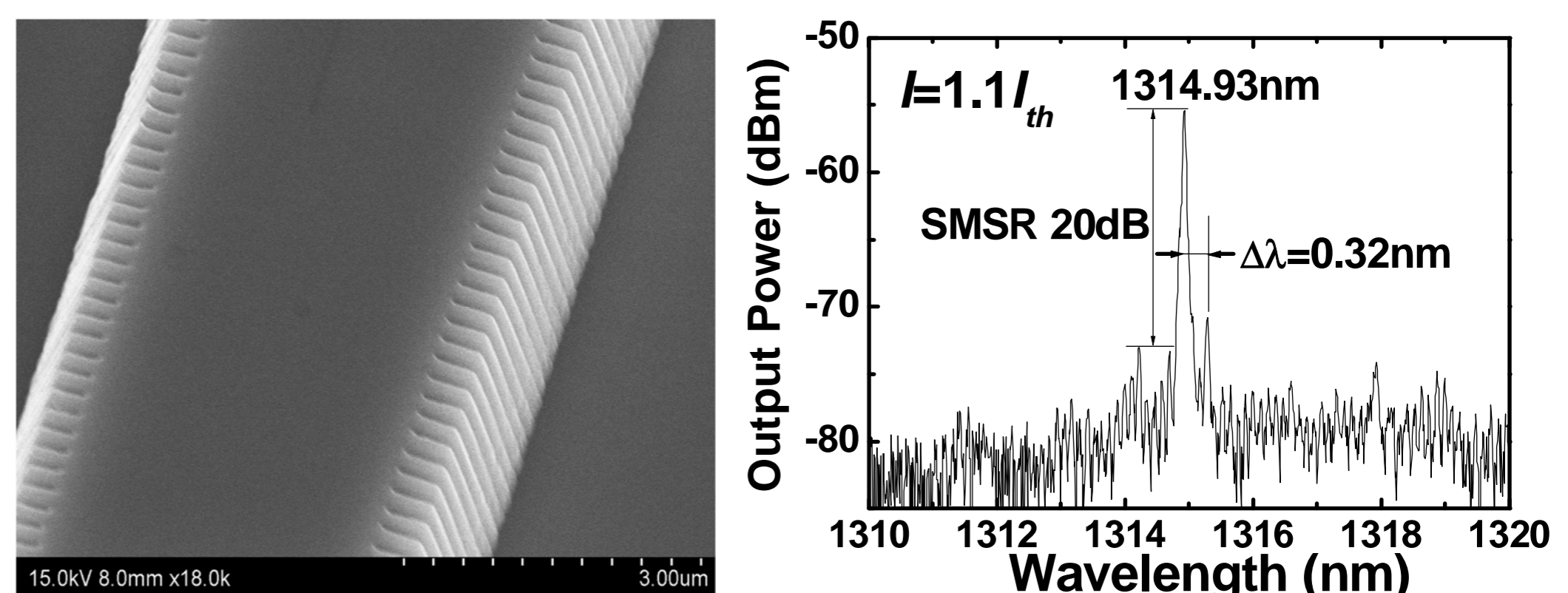


Figure5. (a)SEM Image of the actual Half Etched Mesa structure .
(b) Laser Emission Spectrum in this structure.

参考文献

1. T.Amano, K.Goshima, T.Sugaya, K.Komori, "1.3-μm Quantum Dot DFB Laser with Half-Etching mesa and high density QD", International Semiconductor Laser Conference, P-19 (2008)
2. Solved with COMSOL Multiphysics 4.0a, STEP-INDEX FIBER.
3. K.Goshima, N.Tsuda, J.Yamada, T. Sugaya, K. Komori and T. Amano, "1.3-um Quantum Dot DFB Laser with Half-Etching Mesa Structure", International Micro-processes and Nanotechnology Conference 31B-2-1 (2012)
4. K.Goshima N.Tsuda J.Yamada K.Komori T.Amano, "1.3-μm Quantum-Dot Distributed Feed Back Laser with Half-Etching Mesa Vertical Grating using Cl2 Dry Etching process, Japanese Journal of Applied Physics, 52 06GE03 (2013)