

# 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<sup>a</sup>, 鈴木貴斗<sup>a</sup>, 津田紀生<sup>a</sup>, 山田諄<sup>a</sup>, 天野健<sup>b</sup>  
愛知工業大学 電気学科<sup>a</sup> 産業技術総合研究所<sup>b</sup>

Keishiro Goshima<sup>\*a</sup>, Takato Suzuki<sup>a</sup>, Norio Tsuda<sup>a</sup>, Jun Yamada<sup>a</sup>, and Takeru Amano<sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Electronics Engineering, Aichi Institute of Technology (AIT), Toyota, 470-392, Japan

<sup>b</sup> 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<sup>1)</sup>。

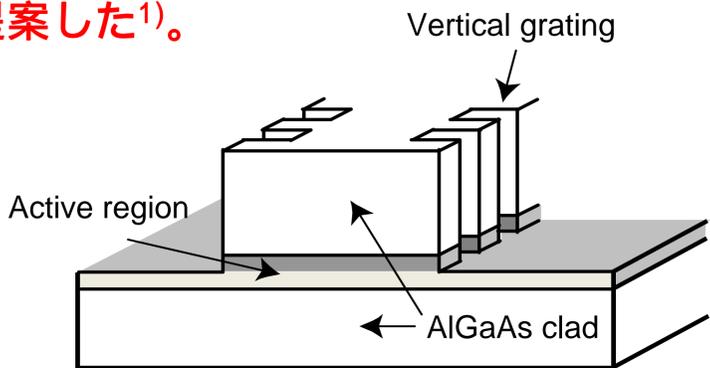


Figure1. Image of Half Etched Mesa structure

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<sup>2)</sup>。

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

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

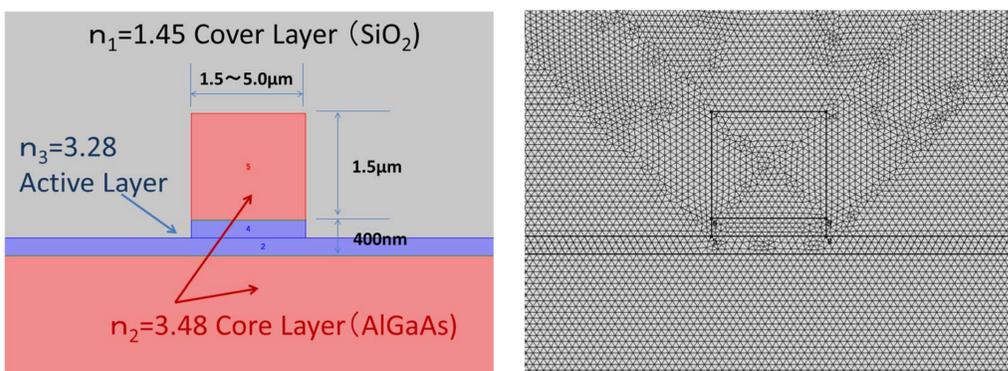


Figure2. (a) : 2D image of Boundary condition  
(b): Mesh image (mesh size 0.04~0.1μm)

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。

LP<sub>00</sub>モードとLP<sub>11</sub>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LP<sub>00</sub>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<sup>3)</sup>。(図4)

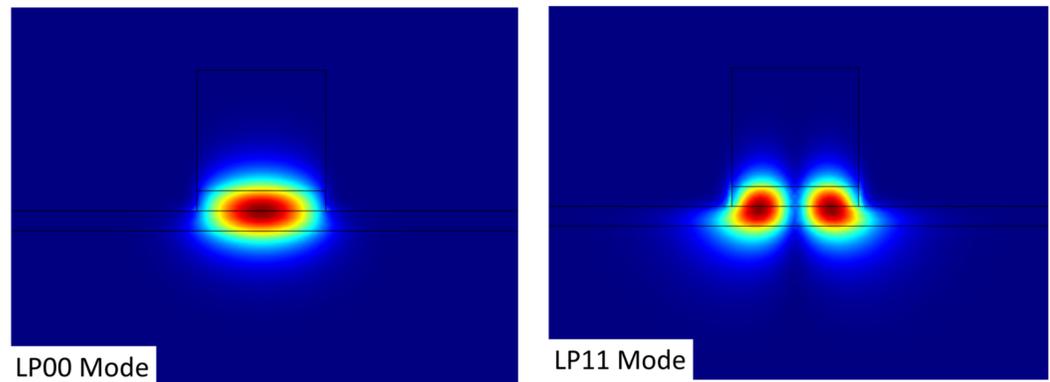


Figure3. (a) : Fundamental electromagnetic field in LP<sub>00</sub> Mode.  
(b): High-order electromagnetic field in LP<sub>11</sub> Mode.

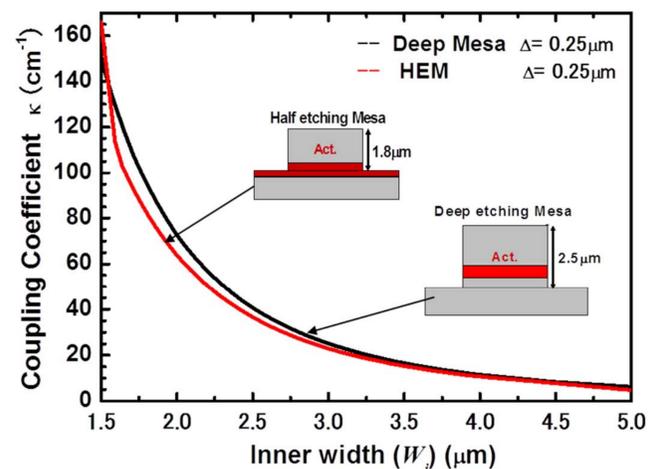


Figure4. Calculated Coupling Coefficient of the Half Etched Mesa structure

結論：**結合係数の理論計算値 = 36cm<sup>-1</sup>、実際に製作したDFBレーザから得られた値 = 25cm<sup>-1</sup>である<sup>4)</sup>。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。**

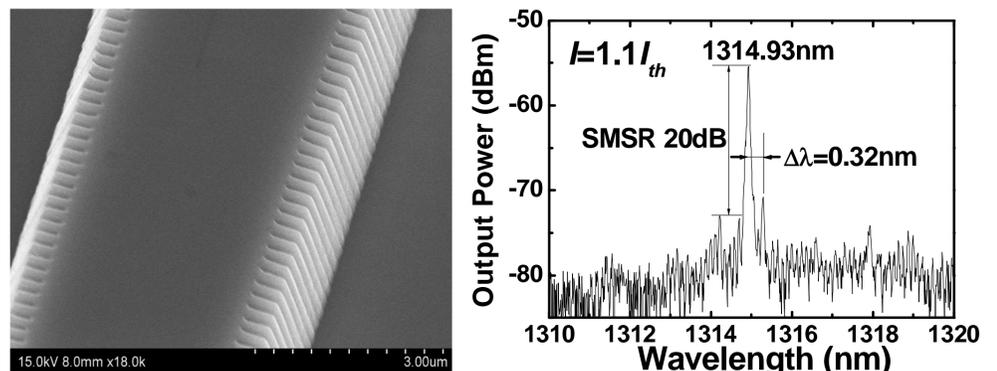


Figure5. (a)SEM Image of the actual Half Etched Mesa structure .  
(b) Laser Emission Spectrum in this structure.

### 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)