

面発光レーザー用

多重量子井戸活性層の評価

Multiquantum Structure for Surface Emitting Lasers

植之原 裕行      小山 二三夫      坂口 孝浩      伊賀 健一  
 Hiroyuki UENOHARA      Fuzio KOYAMA      Takahiro SAKAGUCHI      Kenichi IGA  
 東京工業大学      長津田キャンパス  
 Tokyo Institute of Technology, Nagatsuta Campus

1. はじめに

量子井戸レーザーは、量子効果による利得の増大により低閾値を示す。従って、高反射率特性を示す半導体多層膜反射鏡<sup>1)</sup>、理論的に漏れ電流の減少に効果があることが解析された多重量子障壁(MQB)<sup>2)</sup>に加えて、量子井戸構造を活性層に適用することは、面発光レーザーの閾値低減に効果があると考えられる。今回、多重量子井戸(MQW)面発光レーザーの閾値電流密度を理論的に解析し、またその実現の初期段階としてウェハの成長、ストライプレーザーによる閾値評価を行ったので報告する。

2. 多重量子井戸面発光レーザーの閾値電流密度の解析

バンド内緩和を考慮した密度行列解析<sup>3)</sup>を用いて、井戸幅100ÅのMQW面発光レーザーの閾値電流密度を計算した結果を図1に示す。反射率が97%の場合、最低閾値電流密度はバルク構造で18kA/cm<sup>2</sup>であるのに対して、MQW構造では11kA/cm<sup>2</sup>となる。すなわち量子効果による利得の増大により、閾値電流密度が約60%に低減することがわかる。なお最低閾値電流密度を得るには井戸数を100程度にする必要がある。

3. MQWウェハの成長・評価

常圧縦形の水冷リアクタを持つMOCVD装置を用いて井戸幅約100ÅのMQWウェハの成長を行った。ウェハの構造を図2に示す。井戸幅100Å、周期200Åであることは、それぞれフォトルミネッセンス、X線回折装置<sup>4)</sup>により測定された。MQWウェハをストライプレーザーに加工して室温パルス動作の下で測定したところ、井戸数100のものに対しても発振が得られた。閾値電流密度の井戸数依存性を図3に示す。実線は理論値であり、有効に発光に寄与している注入キャリアの割合kをパラメータとして計算している。また黒丸は実験値である。実験値は、無効電流がないと仮定して計算した理論値(k=1)より5倍程度高い。原因としてはキャリアの閉じ込めが不十分、ドーピング量が最適化されていないことなどが考えられる。今後、閾値の低減の条件の把握、面発光レーザー化を行っていく予定である。

謝辞 日頃御指導賜る本学末松安晴教授に感謝する。なお本研究は文部省特別推進研究の援助を得て行われた。

参考文献

- 1) 坂口、小山、植之原、伊賀 昭和62年春 応物 30a-2H-3
- 2) K. Iga, H. Uenohara and F. Koyama, *Electron. Lett.*, 22, 19, pp.1008-1010 (1986).
- 3) M. Asada, A. Kameyama and Y. Suematsu, *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-20, 7, pp.745-753 (1984).
- 4) 恩田、植之原、小山、伊賀 昭和62年秋 応物

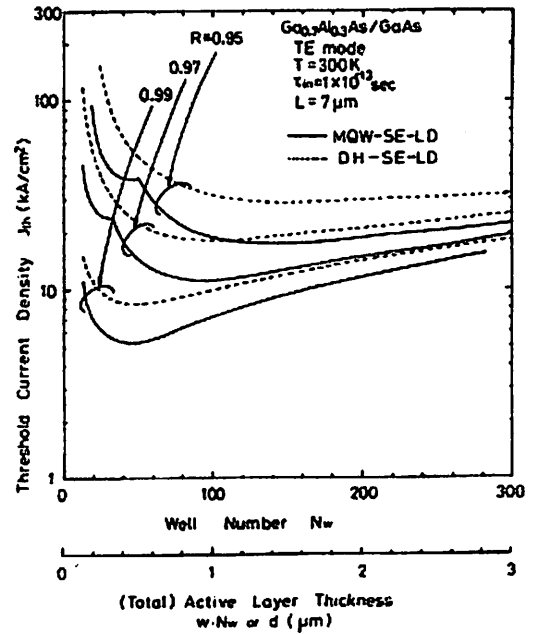


図1 MQW面発光レーザーの閾値電流密度の理論値

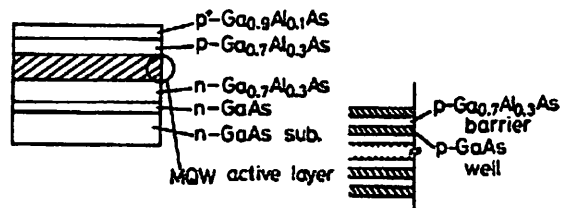


図2 MQWウェハの構造

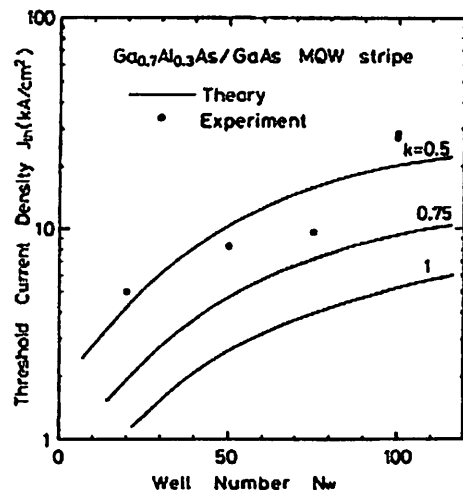


図3 MQWストライプレーザーの閾値電流密度

## National Convention Record of IEICE, No.279, Nov. 1987

(English Translation of the original version(in Japanese))

Title: Multiquantum Structure for Surface Emitting Lasers

Authors: Hiroyuki Uenohara, Fumio Koyama, Takahiro Sakaguchi, and Kenichi Iga

### 1. Introduction

Enhancement of optical gain with quantum effect can cause low threshold current operation in quantum well lasers. Therefore, introduction of quantum wells into the active region in vertical-cavity surface emitting lasers (VCSELs) could be effective for achieving low threshold. In this report, simulation results of threshold current density of a multiple quantum well (MQW) VCSEL and experimental evaluation of threshold with stripe lasers will be presented.

### 2. Analysis of threshold current density of the MQW VCSEL

Threshold current density of the MQW VCSEL was calculated by using density-matrix theory, considering intraband relaxation. Fig.1 shows the simulation results. In case of mirror reflectivity of 97%, it is 11kA/cm<sup>2</sup> for MQW, and 18kA/cm<sup>2</sup> for bulk structure. The number of QW of about 100 periods is needed for achieving the minimum threshold current density.

### 3. Crystal growth of MQW wafer and its characterization

MQW wafers with thickness of 100Å were grown by atmospheric pressure, metal organic chemical vapor deposition (MOCVD). Its cross section is illustrated in Fig.2. Well thickness of 100Å and period of 200Å were estimated with photoluminescence and X-ray diffraction, respectively. Lasing operation was obtained in stripe lasers with the number of QWs of 100 for pulsed current at room temperature. Fig.3 shows the dependence of threshold current density on the number of QW. Solid line and dots represent analytical and experimental results, respectively. Experimental ones were about five times larger than simulation ones because carrier confinement was low and/or doping concentration was not optimized. After improving low threshold operation, MQW VCSELs will be fabricated.