

フォトニクス集積システム研究センター (宮本智之研究室)

E-mail: tmiyamot@pi.titech.ac.jp

<http://vcsel-www.pi.titech.ac.jp>

(研究分野)

本研究室では、レーザなどの半導体光デバイスの高性能・高機能化と、その実現に必要なナノ・量子構造や微細化技術の開拓、および、新応用創出などフォトニクスシステムに関する研究を進めています。

(研究テーマ)

1) 半導体材料・ナノ構造の光デバイス応用

半導体光デバイスの高性能化に必要な、半導体材料とナノ構造について研究を行っている。様々な発光波長の実現や、ナノ構造による材料レベルの高性能化に向けて、GaAs基板上の高結晶歪GaNAs量子井戸構造や、結晶歪をもとに3次元ナノ構造形成する自己形成InAs量子ドット構造(図1)、また、これら構造へのNやSbの微量添加を研究している。Si基板上光デバイスに向けた、GaNP系材料の検討も進めている(図2)。

2) 光デバイスのキャリアダイナミクス制御

半導体レーザや半導体光増幅器などの光アクティブデバイスの高性能化に向けて、活性層内部のキャリア散乱やトンネリング特性、キャリア蓄積などの制御を研究している。電子の波動関数制御(図3)によるキャリア散乱特性の高速化に基づく、レーザの直接変調高速化の可能性を検討している。また、高速信号対応の半導体光増幅器として、活性領域近傍のキャリア蓄積とキャリア注入速度制御を行う手法を検討している。

3) 新応用のための面発光レーザの高性能化

光インターフェクションや光センシング用光源として、小型・低消費電力で容易な製作性を持つ面発光レーザ(VCSEL)が有望である(図4)。VCSELの微小化と高性能化のために、ヘテロ界面の混晶化技術を用いたキャリア閉じ込め構造(図5)や、選択酸化構造の微細制御技術などを開拓している。また、光システムの応用範囲の拡大に伴い、様々な環境で利用するデバイスが必要になる。そこで、従来のVCSELの課題であった動作温度範囲の制限を解決するため、量子井戸活性層を最適化することで、温度差269°Cの動作を達成した(図6)。一方、VCSELのエネルギー関連応用への展開に向けて、VCSELの特徴を生かした大規模高出力2次元アレー光源や、エネルギー応用に重要な高効率化を進めている。

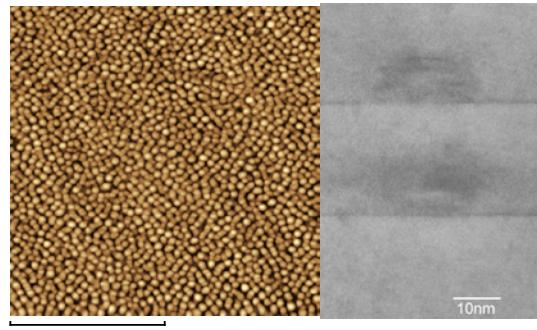


図1 GaIn(N)As系自己形成ドットのAFM像(左)と断面TEM像(右)
Fig. 1 AFM and TEM images of GaIn(N)As dots.

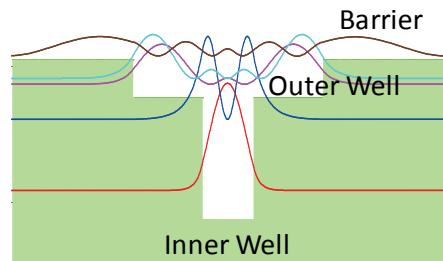


図3 キャリア散乱制御用の波動関数制御構造をもつ
レーザ用活性層量子井戸

Fig. 3 Schematic structure of Well-in-well active layer (WWell) for wave function control.

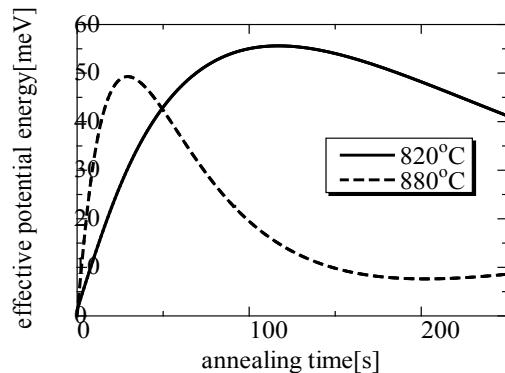


図5 混晶化技術によるキャリア閉じ込めのための
バンドギャップ制御

Fig. 5 Bandgap control for the carrier confinement by intermixing technology.

Photonics Integration System Research Center

(Tomoyuki Miyamoto Group)

(Research Field)

The research purpose of this group is to develop semiconductors, nanostructures, and fabrication processes for high performance and functional photonic devices and to develop novel applications toward next generation.

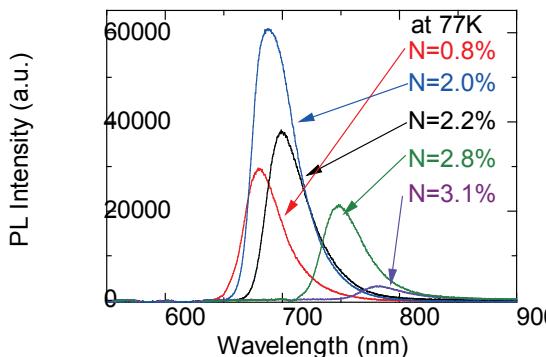


図2 GaP基板上 GaNAsP量子井戸の発光
Fig. 2 Photoluminescence from GaNAsP QW

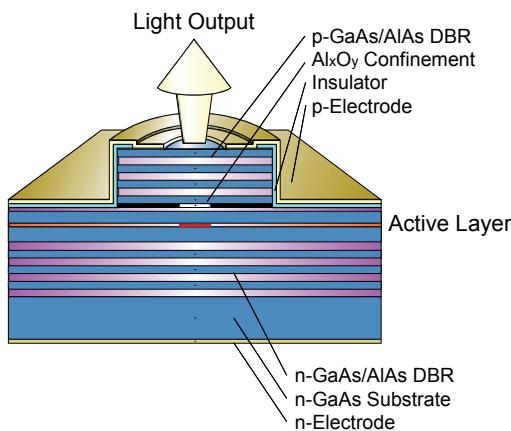


図4 面発光レーザの断面構造の概念図
Fig. 4 Schematic structure of a VCSEL

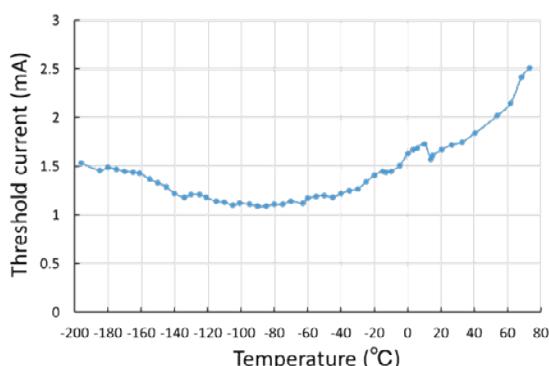


図6 269°Cの広い温度差で動作するVCSEL
Fig. 6 Wide temperature operation of VCSEL

(Current Topics)

1) Photonic device applications of semiconductors and nanostructures

Semiconductors and nanostructures have been investigated for high performance photonic devices. The highly strained GaInAs quantum wells and InAs quantum dots with dilute N and Sb have been developed for extending the emission wavelength range (Fig. 1). The GaNP based materials on a Si substrate is also investigated for the Si-based photonic devices (Fig. 2).

2) Carrier dynamics control of the photonic devices

Carrier dynamics control of scattering, tunneling, and accumulation has been investigated for high performance active photonic devices. The wave function control for high speed carrier injection is effective for improvement of the direct modulation bandwidth of semiconductor lasers (Fig. 3). A semiconductor optical amplifier with the carrier accumulation region and the control of carrier injection time has been also investigated for high speed operation.

3) High performance VCSELs for novel applications

Since the micro-size, low power consumption and easy fabrication capability, a vertical cavity surface emitting laser (VCSEL) is attractive for the optical interconnection and optical sensing applications (Fig. 4). A quantum-structure-intermixing technology for the carrier confinement (Fig. 5) and the control of the selective oxidation pattern are developed as micro-fabrication processes for improvement of the VCSEL performances. For various applications of VCSELs, wide temperature operation becomes important. We developed a VCSEL which operates with the wide temperature difference of 269°C (Fig. 6) by optimizing the quantum well structure of the active region. On the other hand, energy application will be also important for the VCSELs. High output power large scale 2-dimensional VCSEL array and improvement of the wall-plug efficiency have been investigated for the various high efficiency energy applications.