

Fe 電極を用いた量子ドット発光ダイオードの EL 特性

Electroluminescence in quantum-dot-based light-emitting-diodes with Fe electrodes

北大院情報科学 ○佐々木 裕也, 楊 曉傑, 高山 純一, 木場 隆之,

Agus Subagyo, 池内 昭郎, 末岡 和久, 村山 明宏

Graduate School of IST, Hokkaido Univ. ○Yuya Sasaki, Xiaojie Yang, Junichi Takayama, Takayuki Kiba,

Agus Subagyo, Akira Ikeuchi, Kazuhisa Sueoka, Akihiro Murayama

E-mail: yuya.sasaki@ist.hokudai.ac.jp

半導体自己組織化量子ドットは強い量子閉じ込め効果と優れた光学特性を持ち、発振波長が温度に依存しないレーザー素子や単一光子発生などの実現が可能であり広く研究されている。これに加えて、量子ドット中ではキャリアに対する強い閉じ込め効果によりその運動量が制限されるため、量子井戸と比較して顕著に長いスピン寿命を示す。これらの観点から、今回我々は、Fe をスピン偏極電子源とする電極構造を持つ、InGaAs 自己組織化量子ドットを活性層に用いた発光ダイオード (LED) を作製し、その電流注入発光 (EL) 特性と磁場中での EL の円偏光特性を調べた。

p 型 GaAs(100) の基板に $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 自己組織化量子ドットを用いた活性層と、Si と Be をそれぞれドーピングした $\text{GaAs}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ バリア層を分子線エピタキシーにより成長させた。n 型ドーピング AlGaAs バリア層表面に膜厚 10 nm の Fe と 4 nm の Au からなる電極層を超高真空蒸着法により成膜した。この Fe/Au 電極層には、電子線描画により一辺 $50\ \mu\text{m}$ の窓構造を光学測定用に設けてある。作製した LED の電流-電圧特性は典型的なショットキーダイオード特性を示す。この LED に対して、温度 4 K~室温で顕微 EL 分光を行った。また、EL の円偏光特性を磁場 0~5 T で測定した。

温度 200 K での EL スペクトルの注入電流量依存性を図 1 に示す。高い電流密度において、量子ドットの励起状態からの発光スペクトルが観測されている。図 2 に示すスペクトル解析により、基底状態に加えて第 1 および第 2 励起状態からの発光を観測できていることがわかる。図中の光学遷移エネルギーは、実際の量子ドット形状と平均サイズにもとづいた三次元量子閉じ込め効果の計算により求めている。また、量子ドット層に垂直方向に印加した磁場に依存して EL の円偏光特性が観測され、磁場 5 T 中において最大 5% 程度の円偏光度が得られた。これらの結果により、Fe 電極から量子ドットへの電子スピン注入と、量子ドットにおけるスピン緩和やフィリング効果の影響などを議論する。

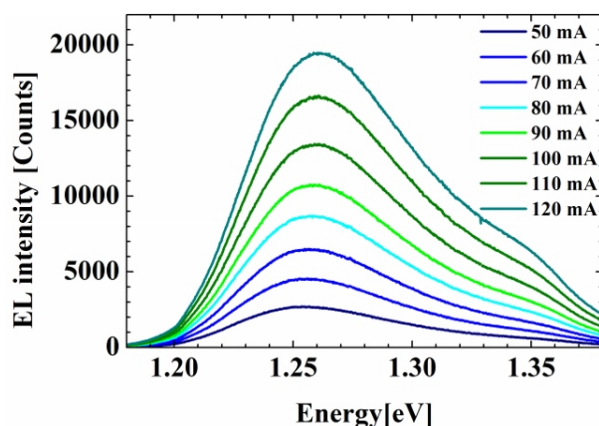


図 1: 測定温度 200 K における InGaAs 自己組織化量子ドットの顕微 EL スペクトルの注入電流量依存性。

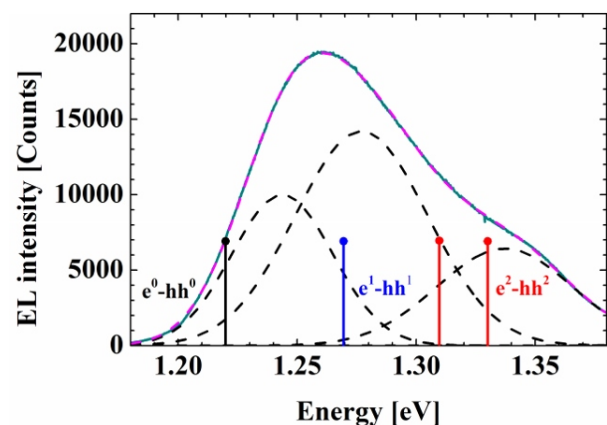


図 2: 電流注入量 120 mA での InGaAs 自己組織化量子ドットの顕微 EL スペクトル解析結果。光学遷移エネルギーの計算値も示している。