

電流注入型 p ドープ量子ドットスピン発光ダイオードの作製

Fabrication of p-doped quantum-dot-based spin-polarized light-emitting diodes

北大院情報科学 ○江藤亘平, 樋浦諭志, 高山純一, 村山明宏

Faculty of Information Science and Technology, Hokkaido Univ.

○K. Eto, S. Hiura, J. Takayama, and A. Murayama

E-mail: eto02166910@eis.hokudai.ac.jp

次世代の省エネルギー情報処理基盤の開発に向けて、電子のスピン情報を光の円偏光情報に光電変換する光スピントロニクスに関する研究が行われている^[1]。特に、強い量子効果に起因する優れた光学特性とスピン保持特性を併せ持つ III-V 族半導体量子ドット(QD)は、スピン発光ダイオードの光学活性層として期待されている。スピン発光ダイオードの実現には、強磁性電極から半導体層への効率的な電子スピン注入、半導体バリア層でのスピン保存輸送、光学活性層での効率的な光電スピン変換が求められるが、室温動作に向けては光学活性層での熱的スピン緩和を抑制することも重要である。我々は最近、QD のキャップ層への p ドーピングにより、QD の室温スピン偏極率が增大することを明らかにした^[2]。そこで、本研究では p ドープ QD を光学活性層に用いたスピン発光ダイオードを作製し、電子スピンの電流注入による円偏光発光特性を調べた。

図 1(a)に試料構造の模式図を示す。3 層の p ドープ $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ QD を含む発光ダイオード構造を、p-GaAs(100)基板上に分子線エピタキシー法により成長した。次に、3 nm の MgO トンネルバリア、および強磁性 Fe と Au から成る電極層を超高真空電子ビーム蒸着法により成膜した。作製したスピン発光ダイオードに対して、電流を 0.2–5.0 mA の範囲で変化させ、試料からの円偏光電流注入発光(EL)スペクトルを測定した。印加磁場は+5.0 T、試料温度は 15 K とした。電流 0.3 mA の条件で取得した円偏光 EL スペクトルと円偏光度(CPD)スペクトルを図 1(b)に示す。ここで、QD 発光準位における電子スピン偏極率を反映する円偏光度は円偏光 EL 強度 $I_{\sigma\pm}$ を用いて、 $\text{CPD} = [(I_{\sigma+} - I_{\sigma-}) / (I_{\sigma+} + I_{\sigma-})]$ と定義する。外部磁場により生じるゼーマン効果の CPD への寄与を除いた結果、基底状態での平均 CPD は 5 %、励起状態での平均 CPD は 10 %であった。強磁性電極に用いた Fe のスピン偏極率が 40 %であることを考慮すると、励起準位で 25 %のスピン注入効率を達成し、強磁性電極で生成される電子スピン情報を光の円偏光情報に光電変換することができた。

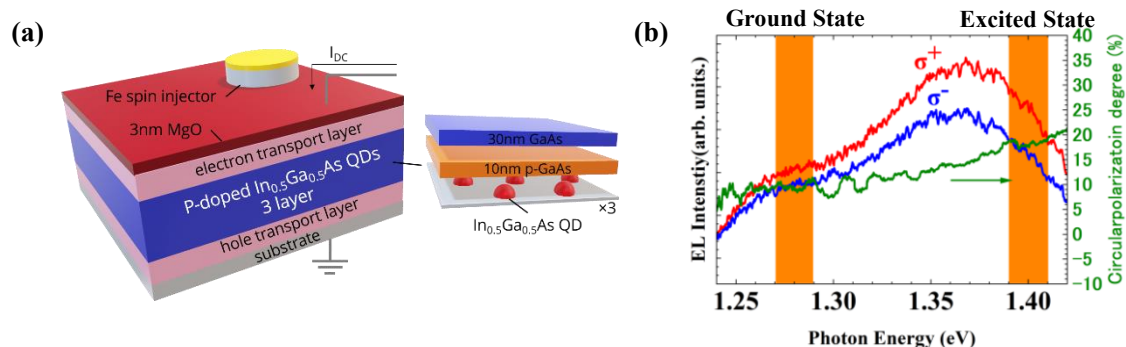


図 1 (a) 作製したスピン発光ダイオードの模式図. (b) 試料温度 15 K、直流電流 0.3 mA の条件で取得した円偏光 EL スペクトルと CPD スペクトル。

References:

- [1] F. Cadiz et al., Nano Lett. **18**, 2381 (2018).
- [2] S. Sato et al., Appl. Phys. Lett. **116**, 182401 (2020).