

窒素 δ ドープ GaAs(001)層上の InAs 量子ドット自己形成Self-formation of InAs quantum dots on nitrogen δ -doped GaAs(001)神戸大研究基盤セ¹, 神戸大工² ○海津 利行^{1,2}, 田口 航平², 喜多 隆²CSREA, Kobe Univ.¹, Faculty of Eng., Kobe Univ.², ○Toshiyuki Kaizu^{1,2}, Kohei Taguchi²,
and Takashi Kita²

E-mail: kaizu@crystal.kobe-u.ac.jp

はじめに 量子ドット(QDs)のサイズや密度、結晶性などの構造的パラメータは、QD デバイスの特性に大きな影響を及ぼすことから、その制御が重要である。分子線エピタキシ(MBE)による自己形成では、QDs の成長条件によってサイズ・密度を変化させるが、別のアプローチとして、バッファ層の改質による QDs の構造変調が提案され、GaAsSb/GaAs 上などで高密度 InAs QDs の形成が報告されている[1]。本研究では、表面改質手法として GaAs 表面への窒素(N) δ ドープに着目した。これまで GaAs(2 $\times$ 4) α 再構成表面への N- δ ドープが報告されているが[2]、本研究では c(4 $\times$ 4)再構成表面へ適用し、その上へ InAs QD 成長を行った結果、N 面密度に依存した QD 構造ならびに発光特性の変化を観測した。

実験 MBE で GaAs(001)基板上に GaAs バッファ層を成長した後、基板温度を 480°C に下げて、高周波(RF)プラズマソースを用いて発生させた N 原子種を照射した。表面再構成構造が N 安定化面の(3 $\times$ 3)へ遷移することを利用して N- δ ドープを行い、N 面密度を $8 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ から $3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ に変化させた。N- δ ドープ中は As₂ 分子を 1×10^{-5} Torr で照射し、ドープ終了後 RF パワーをオフにして、2.0 分子層(ML)の InAs を成長した。PL 測定用試料は GaAs キャップ層で埋め込んだ。

結果と考察 図 1 に、GaAs 上ならびに N- δ ドープ GaAs 上の InAs QDs の原子間力顕微鏡(AFM)像を示す。N 面密度が高くなるにつれて、QD 高さは次第に減少する一方で、ベースサイズが増大し、低アスペクト比の形状へ変化している。それに加えて、N 面密度 $8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 以上では、ベースサイズ約 20 nm 以下、高さ 2nm 以下の小さい QDs が形成され始め、N 面密度とともにその密度が増加し、N 面密度 $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ では、QDs の全密度が GaAs 上に比べて約 3 倍高くなっている。これらの結果から、N- δ ドープによって GaAs の表面エネルギーが増大していることが示唆される。さらに N- δ ドープ GaAs 上では、InAs QDs のフォトルミネッセンス(PL)特性にも変化が生じている。図 2 に、GaAs 上ならびに N- δ ドープ GaAs 上の InAs QDs の PL スペクトルを示す。試料温度は 17 K、励起波長は 532 nm である。N 面密度 $8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 未満では、GaAs 上の QDs に比べて PL ピークがブルーシフトしているのに対して、N 面密度 $8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 以上ではレッドシフトしている。その結果、N 面密度 $8 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ から $3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ において、約 200 meV のピークシフトを観測した。

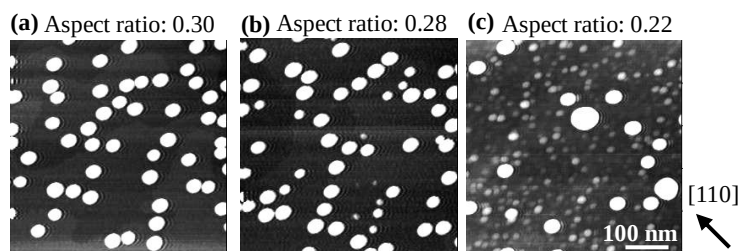
[1] K. Yamaguchi and T. Kanto, J. Cryst. Growth, **275** (2005), e2269.[2] T. Kita and O. Wada, Phys. Rev. B **74** (2006), 035213.

図1 GaAs上(a)、N- δ ドープGaAs上(N面密度 $8 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ (b)、 $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ (c))のInAs QDsのAFM像

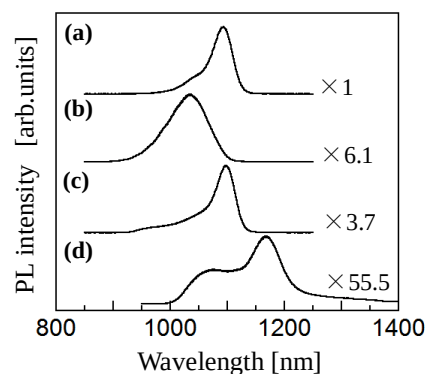


図2 GaAs上(a)、N- δ ドープGaAs上 (N面密度 $8 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ (b)、 $8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ (c)、 $3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ (d))のInAs QDsのPLスペクトル