

InGaAs 表面再構成分布と量子ドット規則化生成の数理解析

Mathematical Analysis of InGaAs Surface Reconstruction Distribution and Regularity of QD Formation

○小西 智也¹、Gavin R. Bell²、塚本 史郎¹ (1. 阿南高専、2. ウォーリック大)

○Tomoya Konishi¹, Gavin R. Bell², Shiro Tsukamoto¹ (1. NIT, Anan College, 2. Univ. Warwick)

E-mail: konishi@anan-nct.ac.jp

量子ドットは次世代太陽電池やレーザーへの応用が期待されるが、デバイスの高性能化には量子ドットの規則化・高密度化の手段を確立することが必要不可欠である。SK モードで InAs 量子ドットが核生成する要因として、基板表面における組成やひずみのゆらぎが考えられる。そのようなゆらぎの可視化形態の 1 つとして、基板成長面における表面再構成の島状連続領域 (テリトリー) に着目している。本研究では、基板成長とともに表面再構成テリトリー (SRT) の規則性がどのように形成されるのかを明らかにし、量子ドット規則性最適化に向けた表面エンジニアリングの可能性について検討を行った[1]。

GaAs(001)基板上に InAs を MBE 成長 (基板温度: 430°C、成長速度: 2.5×10^{-4} ML s^{-1}) させながら連続取得した各 STMBE 画像[2] (Fig. 1a) において、As ダイマー列間隔から表面再構成を判定し、MC シミュレーションにより $(n \times 3)$ SRT を割り当てた (Fig. 2b)。 $(n \times 3)$ SRT の大きさは QD の生成密度 $(0.96\text{--}1.7) \times 10^{12}$ cm^{-2} に合わせて最適化した。このとき、SRT の規則性を数値化するために再近接距離解析に基づく Hopkins-Skellam index (HSI)を用いた (Fig. 2c)。個体の規則性が最も高い場合、HSI は 0.14 であるが、完全にランダムに分布している場合は 1 となる。InAs 被覆率が 0.75 ML のときに $(n \times 3)$ SRT の個体密度が最大化、HSI は 0.28~0.38 と最小化し、規則化の傾向を示した。これはキャプチャーゾーン理論に基づき $(n \times 3)$ SRT が重ならないように割り当てられた結果である。その後核生成に向けてゆるやかに $(n \times 3)$ SRT の個体密度が減少し、HSI が増加したことから、 $(n \times 3)$ 上に新たに生成した $(n \times 4)$ によって $(n \times 3)$ SRT の規則性が乱されたことを示唆している。

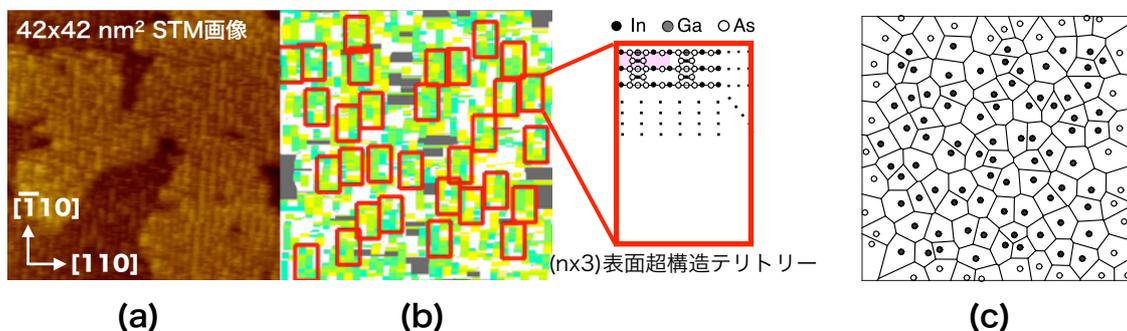


Fig. 1: InAs 被覆率 1.25 ML における InGaAs 表面再構成構造の(a) STMBE 画像と(b) SRT 割り当て結果。
(c)は HSI が 0.4 の場合の点分布モデル

[1] T. Konishi, G. R. Bell, S. Tsukamoto, *J. Appl. Phys.* **117**, 144305 (2015).

[2] S. Tsukamoto, T. Honma, G. R. Bell, A. Ishii, Y. Arakawa, *Small* **2**, 386 (2006).