

液滴エピタキシー法による InAlAs/InP(111)A 上 InAs 量子ドット形成 における InAs 下地層の効果

Effect of InAs underlying layers on formation of InAs quantum dots
on InAlAs/InP(111)A by droplet epitaxy

物材機構¹ ◯間野 高明¹, ハヌル¹, 黒田 隆¹, 大竹 晃浩¹, 佐久間 芳樹¹,
野田 武司¹, 迫田 和彰¹

NIMS¹, ◯Takaaki Mano¹, Neul Ha¹, Takashi Kuroda¹, Akihiro Ohtake¹, Yoshiki Sakuma¹,

Takeshi Noda¹, Kazuaki Sakoda¹

E-mail: MANO.Takaaki@nims.go.jp

【はじめに】我々は、通信波長帯もつれ光子源の実現を目的に、液滴エピタキシー法による InP(111)A 基板上的の高対称性 InAs 量子ドット形成に関する研究を行っている[1,2]。液滴エピタキシー法では、液滴の結晶化後に、量子ドットの品質改善とキャップ層成長温度の高温化を目的にキャップしていない量子ドットをアニールする。その際、InAs 量子ドットから流れ出した InAs が二次元層（濡れ層）を形成することがこれまでの研究で分かっている[3]。今回我々は、量子ドット形成前に被覆率を制御した InAs 下地層を成長して、それが InAs 量子ドットのアニール後の形状に与える影響を調べたので報告する。

【実験方法】結晶成長には分子線エピタキシー法を用いた。460℃で InP(111)A 基板上に In_{0.52}Al_{0.48}As バッファー層を成長させた後、0~1ML の InAs 下地層を形成した。続いて、基板温度を 320℃まで低下させて、0.25ML 相当の In を照射することにより In 液滴を形成した。液滴形成後、基板温度を 250℃まで低下させて、砒素分子線 (3×10⁻⁵ Torr BEP) を照射して結晶化して、最後に、基板温度を 400℃まで昇温し、砒素雰囲気下で 5 分間熱処理した。作製した試料は大気中の AFM により観察を行った。

【結果と考察】250℃での結晶化直後の InAs 量子ドットの密度・サイズは InAs 下地層の有無で、大きく変化しないことが分かっている。下地層の無い試料では、成長中の RHEED 観察で、結晶化直後に明確に観察されたスポットパターンが、アニール後ほぼ消失した。AFM 測定では、非常に高さの低い不明瞭な量子ドットが観察された (Fig.1(a))。一方、InAs 下地層を挿入した試料では、アニールによりスポットパターンがより明瞭になる様子が観察された。AFM 測定の結果、Fig. 1(b, c)に示すように、0.5ML、1ML いずれの場合においても、明確な量子ドットが観察された。量子ドットの密度は 1~1.2×10⁸/cm² でほぼ同等であるが、平均直径は下地層の被覆率を増した方が大きくなっている (Φ 40 nm (0.5ML) → Φ 59 nm (1ML))。このことから InAs 下地層と流れ出した InAs が一定の被覆率となると、歪エネルギーが蓄積して、それ以上の量子ドットからの InAs の流れ出しを抑制する機構が働いていると考えられる。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 16H02203 の助成を受けた。

[1] N. Ha et al., APL 104, 143106 (2014). [2] X. Liu et al., PRB 90, 0813001(R) (2014). [3] N. Ha et al., 2014 秋応物, 19p-PB-1.

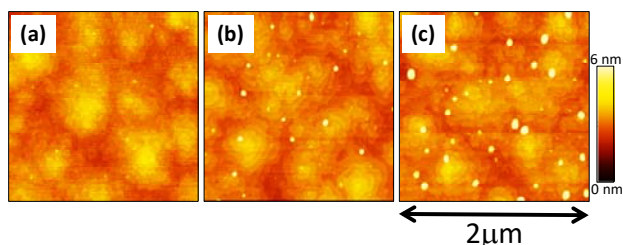


Fig. 1 AFM images of InAs QDs on (a) 0 ML-, (b) 0.5 ML-, and (c) 1 ML-InAs underlying layers.