

液滴エピタキシー法による InAs/InP(111)A 量子ドットの 自己形成における高温結晶化過程の導入

High-temperature crystallization in droplet epitaxial growth of

InAs quantum dot on InP(111)A

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

NIMS¹, °Takaaki Mano¹, Neul Ha¹, Takashi Kuroda¹, Takeshi Noda¹,

Yoshiki Sakuma¹, Kazuaki Sakoda¹

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

液滴エピタキシー法は、格子整合・不整合を問わず量子ドットを作製できる自己形成手法であり、現在も活発な研究がおこなわれている。同手法では、液滴の結晶化の際の二次元成長を抑制するために、300℃以下の低温過程を用いることが一般的である[1,2]。しかし低温過程は、結晶性の低下、不純物の吸着、成長時間の長時間化などの問題を引き起こす可能性があり、これを高温化することが望まれている。近年、(111)A 面上の GaAs 量子ドット形成において、表面上での III 族元素の短い表面拡散長[3]及び砒素原子の吸着しにくさにより二次元成長が抑制され、300℃以上の高温結晶化でも量子ドット形成が可能であることが報告された[4,5]。今回我々は、通信波長帯量子もつれ光子源への応用が期待される、Ga よりも表面拡散しやすい In を用いた InAlAs/InP(111)A 上の InAs 量子ドット作製において[2]、高温結晶化の適用を試みたので報告する。

結晶成長は分子線エピタキシー装置を用いて行った。InP(111)A 基板上に格子整合 InAlAs バッファ層を成長させた後、基板温度 350℃で 0.5ML の In 照射により In 液滴を形成した。続いて同じ 350℃で砒素分子線 (2×10^{-5} Torr BEP) を照射して結晶化し、さらに 400℃で 5 分間アニールした[1]。PL 評価は、400℃で InAlAs キャップ層を成長した試料を用いて行った。

Fig.1 (a)は、液滴を結晶化した後にアニールした試料の表面の AFM 像である。液滴は中心部分に穴などが無い量子ドット形状に結晶化しており、基板温度 350℃でも二次元成長が十分抑制されていることが示唆された。一方、一桁以上低い砒素圧により結晶化した際には、リング状の構造が観察されており、高めの砒素圧による結晶化が必要であることも明らかとなっている。キャップ層を成長した試料の低温における PL 特性を Fig.1 (b)に示す。

原子層単位で高さの異なる量子ドット集団に起因するマルチピーク構造を持つ明確な発光が 1.3 ミクロン付近に観察された。

以上のように、InAs 量子ドット形成に高温結晶化を適用し、350℃以上の温度で量子ドットを形成できることを明らかにした。

【謝辞】この研究の一部は、科研費 (16H02203) の支援により行われた。

【参考文献】 [1] K. Watanabe et al., JJAP39, L79 (2000), [2] N. Ha et al., APL 104, 143106 (2014), [3] A. Ohtake et al., Cryst. Growth & Design 15, 485 (2015), [4] M. Jo et al., Cryst. Growth & Design 12, 1411 (2012), [5] F. B. Basset, Nano Lett. 18, 505 (2018).

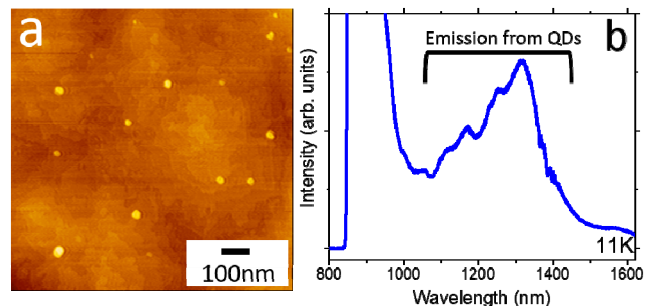


Fig. 1 (a) AFM image of the surface after crystallization and annealing. (b) Low-temperature PL spectrum of the capped sample.