選択 MOCVD 法 GaAs ナノワイヤの軸・径方向成長ダイナミクス

Time evolution of axial/radial growths of GaAs nanowires by selective MOCVD

東大ナノ量子機構¹,東大生研² [°]舘林 潤¹,西岡 政雄², 荒川 泰彦^{1,2} NanoQUINE¹ and IIS², the Univ. of Tokyo [°]J. Tatebayashi¹, M. Nishioka,² and Y. Arakawa^{1,2} E-mail: tatebaya@iis.u-tokyo.ac.jp

量子ドットを用いた高効率中間準位型太陽電池[1]実現に向け、高密度な積層量子ドットを作製 する方法として近年ナノワイヤ量子ドット成長技術が注目を集めている。我々はこれまでに、既 存の化合物系太陽電池技術と整合性がある GaAs 基板上で In(Ga)As 量子ドットをナノワイヤ中に 埋め込む技術を確立し[2]、200 層まで発光強度を損なわず量子ドット構造を積層させることに成 功するだけでなく、個々の量子ドットのエネルギー準位を制御する技術を確立した[3,4]。しかし ながら個々の電子状態が完全に制御された高密度ナノワイヤ積層量子ドットを有する新規デバイ ス実現には個々の量子ドットのエネルギー準位だけでなくその位置や間隔も制御することが重要 である。今回、本ナノワイヤ積層量子ドット構造の基盤材料である GaAs ナノワイヤの形状(高 さ・直径)の成長時間依存性を実験的に調べるとともに、それらの振る舞いを選択成長に於ける 気層拡散モデルを元に数値的にシミュレートし実験値との比較を行ったのでこれを報告する。

本研究では GaAs(111)B 基板上に円状酸化膜パターン (膜厚 10nm・直径 44.8±1.3nm・間隔 s=250nm、パターン密度 1.6×10^{9} /cm²) を形成した後 MOCVD 選択成長法 (成長圧力:76 Torr) を 用いて成長時間の異なる GaAs ナノワイヤを作製し、走査電子顕微鏡 (SEM) により平均形状 (高 さ・直径)の評価を行った (図(a))。TMGa のモル流量は 2.2×10^{6} mol/min、V/III 比は 200 である。 選択成長法によるナノワイヤの垂直方向の成長速度は気層からの直接寄与(C_{1})及びマスク領域か らの気層拡散(C_{3})に加え、ナノワイヤ側壁からの原料種の脱離・表面マイグレーション(C_{2})によっ て決まる[5,6]。側壁近傍での原料種の表面拡散長 L_{d} を定義し、側壁から脱離した原料種のうち表 面マイグレーションによってナノワイヤ頂上に到達する分が垂直方向の成長に寄与し、垂直方向 に寄与しない分のうち一部 (付着係数 ξ_{a} と定義) が系方向の成長に寄与し残りはナノワイヤの成 長に寄与せず気層等に脱離する、というモデルを想定する[7]。ナノワイヤの軸・径方向の成長速 度 (dh(t)/dt、da(t)/dt) は h(t)及び a(t)の関数として記述することが可能である (図(d)中式)。図(c) に GaAs ナノワイヤの高さ・直径の成長時間依存性、図(d)に軸・径方向の成長速度のナノワイヤ 高さ依存性を示す。拡散長 L_{d} 及び付着係数 ξ_{a} をパラメータとして実験結果のフィッティングを行 うことにより実験値と本モデルが良い一致をしているのがわかる。当日は成長条件 (成長時間等) を変えたときのパラメータの変化等詳細について議論を行う予定である。

<謝辞>本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業及び最先端研究開発支援プログラムにより遂行された。 {参考文献} [1] T. Nozawa and Y. Arakawa, Appl. Phys. Lett. 98, 171108 (2011). [2] J. Tatebayashi *et al.*, Appl. Phys. Lett. 100, 263101 (2012). [3] J. Tatebayashi *et al.*, J. Cryst. Growth *in press.* [4] 舘林*他*、2012 春応物 12a-J-7. [5] K. Ikejiri *et al.*, Nanotechnology 19, 265604 (2008). [6] J. Shapiro *et al.*, Appl. Phys. Lett. 97, 243102 (2010). [7] M. C. Plante *et al.*, J. Appl. Phys. 105, 114304 (2009).



図 MOCVD 選択成長法によるパターン基板上 GaAs ナノワイヤの(a)SEM 像と(b) 気層拡散モデル。GaAs ナノワ イヤの(c)形状(高さ及び直径)の成長時間依存性及び(d)垂直・水平方向の成長速度のナノワイヤ高さ依存性