Atom Probe Tomography による不純物ドープシリコンナノ結晶の構造評価

Atom Probe Tomography Analysis of Impurity Doped Silicon Nanocrystals

神大院工¹, ニューサウスウェールズ大学², シドニー大学³ 〇杉本 泰¹, 野元 恵太²,

Simon P. Ringer³, Gavin Conibeer^{2,}藤井 稔¹

Kobe Univ.¹, Univ. of New South Wales², Univ. of Sydney³, °Hiroshi Sugimoto¹, Keita Nomoto,²

Simon P. Ringer³, Gavin Conibeer², Minoru Fujii¹

E-mail: sugimoto@eedept.kobe-u.ac.jp

半導体ナノ構造への不純物ドーピングは、高性能半導体デバイスの実現に向けて必要不可欠な 技術である。半導体の基盤材料であるシリコンナノ構造への不純物ドーピングによる電気的・光 学的特性の制御に関する研究が活発に行われているが、数ナノメートルのシリコン(Si)結晶で は自己浄化作用の影響が顕著になり、ドーピング効果の実験的研究は限定的である。我々のグル ープでは、直径1-14nmで制御されたSiナノ結晶へのn型(リン:P)、p型(ホウ素:B)不 純物ドーピングに関する研究を行っている[1-3]。これまでに、n型ドーピングによる自由電子キ ャリアの観測やn型、p型同時ドーピングによるコロイド安定性の付与及び発光エネルギー制御 範囲の拡大に成功している。

本研究では、3 次元アトムプローブ法により、不純物ドープ Si ナノ結晶中の P 及び B の原子ス ケールでの分布を明らかにする[4]。Si, SiO₂, B₂O₃, P₂O₅の同時スパッタリング及び熱アニールによ り Si ナノ結晶を borophosphosilicate glass (BPSG) 薄膜中に成長させる。図1に作製した試料の 3 次元原子マッピング像を示す。直径数ナノメートルの Si ナノ結晶が形成されており、個々のナノ 結晶像より、P, B が同時に内部にドーピングされていることが確認できる。図2の BPSG-Si ナ ノ結晶界面における濃度プロファイルより、ナノ結晶表面付近において最も不純物濃度が高くな っていることがわかる。これは P, B が表面付近に偏析しており、高濃度不純物層を形成している ことを示している。講演では、B もしくは P を片方のみドープした試料との比較、詳細な構造物 性・光学特性評価結果から Si ナノ結晶への不純物ドーピングの効果について詳細に議論する。





Figure 1. 3-dimensional reconstruction of Si NCs in borophosphosilicate glass (BPSG). Representative doped Si NC is also shown.

Figure 2. Proxigram analysis of B and P in Si NC (diameter: 6.1 nm) embedded in BPSG.

[1] J. Phys. Chem. C, 117, 11850 (2013). [2] APL, 101, 041112 (2012) [3] Nano Letters, 16, 2615 (2016).
[4] J. Phys. Chem. C, 120, 17845 (2016).