

28a-B8-10

シリコンナノワイヤ中の P 原子の熱酸化過程での偏析挙動

Segregation behavior of phosphorus atoms in silicon nanowires during thermal oxidation

物材機構¹, 筑波大院工² ○神永 惇^{1,2}, 滝口 亮², 鈴木 慶太郎^{1,2}, 菱田 俊一¹, 関口 隆史^{1,2},

村上 浩一², 深田 直樹^{1,2}

NIMS¹, Univ.of Tsukuba² ○ J. Kaminaga^{1,2}, K. Suzuki¹, S. Hishita¹, T. Sekiguchi^{1,2}, K. Murakami², N. Fukata^{1,2}

Email: s1220357@u.tsukuba.ac.jp

【はじめに】Si ナノワイヤ(SiNWs)は、次世代の半導体デバイスで重要な役割を果たすと期待されており、不純物ドーピングや高移動度実現のための界面欠陥制御等が重要な課題になっている。これまで我々は、レーザーアブレーション法を用いて SiNWs へのリン(P)ドーピングについて、VLS 成長機構を介した成長時ドーピングにより研究を行ってきた。また、SiNWs 中の P と B について高温での熱酸化過程での偏析挙動について報告してきた。しかし、広い温度域での熱酸化に関し、不純物原子の詳細な偏析挙動について明らかにする必要がある。そこで本研究では、異なる熱酸化条件により酸化膜形成過程において SiNWs 中の P ドナー原子の挙動を低温での電子スピン共鳴(ESR)測定により調べた。

【実験】SiNWs はレーザーアブレーション法を用いて成長し、SiO₂ 基板上に堆積させた。ターゲットには、Si_{100-x}(Ni₂P)_x として X=5mol%の不純物を含有させたものを用いた。酸化条件として通常の酸素 O₂ ガスを用いたドライ酸化を 500℃~900℃で行い、(i)等時熱酸化処理による温度依存性と (ii) 等温熱酸化による時間依存性について調べた。SiNWs 中の P ドナーの濃度評価には、低温 4.2K での ESR 法を用いた。さらにオゾンを用いた酸化を 500℃と 600℃で行い、低温における酸化効果についても調べた。

【結果】P ドープ SiNWs の ESR 測定から結晶 Si 中の P ドナー伝導電子シグナル由来の g=1.998 のシグナルが観測される。熱酸化温度の上昇にともない伝導電子シグナル強度は減少するが、シグナルの線幅は増大することがわかった (図 1)。シグナル強度の減少は、酸化膜形成にともない SiNWs コアーの体積が減少したことにより P ドナーの数が減ったことに対応している。一方、伝導電子シグナルの線幅は Si 中の P ドナー濃度に関係し、900℃以上での線幅の増大は P ドナー濃度が増大したことを示している。以上の結果から、SiNWs 中の一部の P ドナー原子は熱酸化過程で、酸化膜側から結晶 Si へと偏析することが確かめられた。一方、B 原子の偏析挙動を調べた結果では、B は酸化膜側へ偏析しやすいことから、P と B では熱酸化時の偏析挙動がバルク Si の場合と同様に逆になる。また、オゾンを用いた熱酸化では早い段階で酸化の自己停止が起こり、シグナル強度の変化はみられなかった。(図 2)

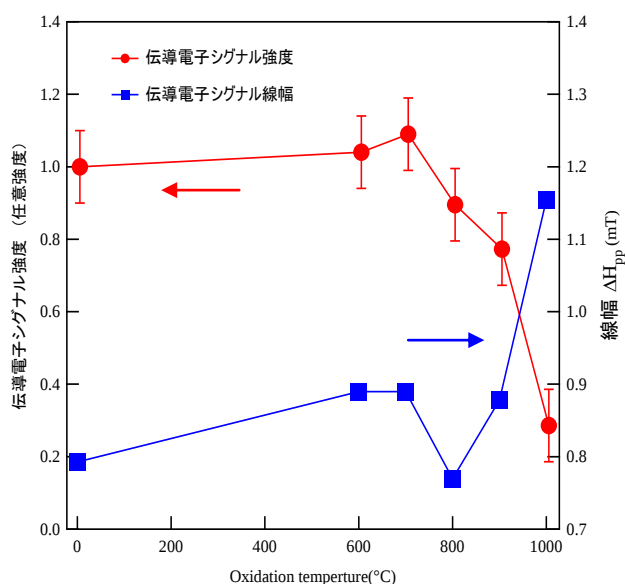


図 1. 等時熱酸化処理による伝導電子シグナル強度と線幅の温度依存性

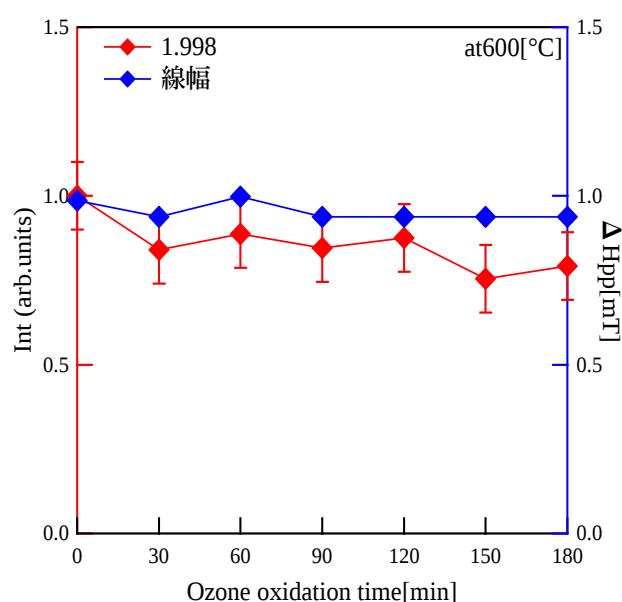


図 2. 600℃オゾン酸化による伝導電子シグナル強度と線幅の時間依存性