

Ge/Si コアシェルナノワイヤ中のシェルの結晶性とドーピング評価 Characterization of shell crystallinity and doping in Ge / Si core- shell nanowires

物材機構¹, 筑波大² ○余銘珂^{1,2}, 神永惇^{1,2}, W. Jevasuwan¹, 深田直樹¹

NIMS¹, Univ. of Tsukuba², Mingke Yu^{1,2}, Jun Kaminaga^{1,2}, W. Jevasuwan¹, Naoki Fukata¹

E-mail: YU.Mingke@nims.go.jp

【研究背景・目的】

現在、半導体トランジスタの微細化限界が指摘されており、微細化によるリーク電流や発熱の問題が深刻化している。その改善策の一つとしてチャンネル領域にナノワイヤ構造を用いた縦型構造トランジスタが提案されている。しかし、ナノワイヤ中へ不純物ドーピングを行うと、不純物散乱によりキャリアの移動度が低下してしまう。この問題を解決するため、我々のグループでは Ge と Si を用いた一次元のコア/シェルナノワイヤの研究を行っている[1]。Ge と Si によるヘテロ構造により量子井戸を形成した場合、不純物領域とキャリア領域を分離することができ [2]、高移動度チャンネルを形成できると期待できる。本研究では、Ge/Si コアシェルナノワイヤ形成のための Si シェル層の形成条件および Si シェルへの B ドーピングに関する実験を行った。

【実験】

コア/シェル Ge/Si NWs 成長には、高真空化学気相堆積 (CVD) 装置を用いて行った。CVD では、金のナノコロイドを成長触媒として VLS 成長機構を介し、一次元の Ge/Si NWs 成長を行った。コアの直径は金属触媒により制御でき、ワイヤの長さは成長時間により制御することが可能である。ナノワイヤのシェル層の厚さはシェル形成時間、B のドーピング量に依存するため、形成時間とジボランガスの流量の 2 つのパラメータにより制御した。ナノワイヤの構造観察に関しては SEM、TEM、EDX により行い、ラマン分光および XRD 測定により Si シェル層の結晶性および B 不純物の結合状態・電気的活性度の評価を行った。

【結果・考察】

図 1 の EDX 像に示されるようにコアに Ge、シェル部分に Si がはっきり観測され、Ge/Si コアシェルナノワイヤの成長を実証できた。図 2 のラマン分光測定の結果では、シェル形成時間の増大に伴って Fano 効果によるフォノンピークの非対称ブロードニングが大きくなっており、ドーピング効率の増大を分光学的に確認できた。また、コアシェルナノワイヤ成長後に 800°C でアニールを行った結果、シェルの結晶性が向上し、B の電気的活性度が増大した。以上の結果は、シェル形成中に B が気相ドーピングされていること、および B の完全な電気的活性化に成長後のアニールによるシェル層の結晶性向上が重要であることを示しているといえる。

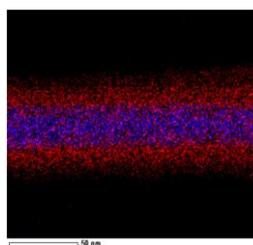


図 1. Ge/Si コア/シェル
ナノワイヤの EDX 像

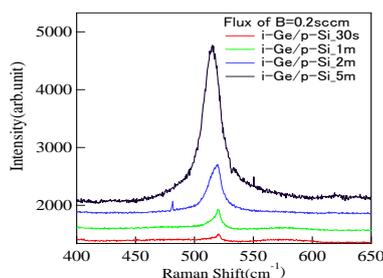


図 2. B ドープ Ge/Si のコア/シェルナノワイヤのシェル
領域のラマンスペクトル (シェル成長時間:30s,1m,2m,5m)

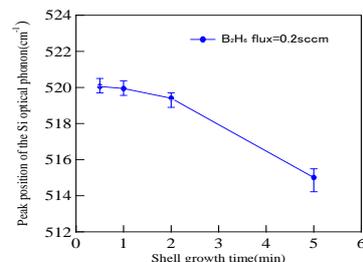


図 3. Si の光学フォノンピーク
の推移 (B₂H₆=0.2sccm)

参考文献 [1] N.Fukata et al., ASC NANO 6, 8887 (2012), [2] M. Amato et al., Nano, Lett, 11, 594 (2011).