

【基盤研究(S)】

総合・新領域系（複合新領域）



研究課題名 化合物半導体ナノワイヤによる光デバイス応用

北海道大学・大学院情報科学研究科・教授

ふくい たかし
福井 孝志

研究分野：複合領域

キーワード：化合物半導体、ナノワイヤ、光デバイス、太陽電池

【研究の背景・目的】

現在の半導体エレクトロニクスの中核を担う大規模集積回路（LSI）技術のさらなる進展には、高集積化や処理速度の限界だけでなく発熱低減など様々な課題を解決する必要がある。そこで、原理的・革新的なブレークスルーを目指した様々なアプローチが盛んに行われている。一方、ナノテクノロジーの視点から、分子・原子レベルの集合体から出発するボトムアップ方式が注目され、多様な材料系でナノスケールレベルでの構造制御の研究が進められている。

本研究課題である「半導体ナノワイヤ」は、数十ナノメートルの直径を有する革新的な自立型1次元系材料であり、1次元細線縦型トランジスタ、レーザなど、1次元固有の、新材料及び新機能デバイスへの新たな展開が期待される。

典型的な作製方法は、半導体上にランダムに形成された触媒金属を核として成長させる方法である。特に、2000年以降に急速に研究報告が増え、現在、結晶作製、物性、デバイス応用と多方面に研究が進んでいる。主な研究機関は、ハーバード大学、カルテク、ルンド大学、フィリップス、デルフト大学などである。

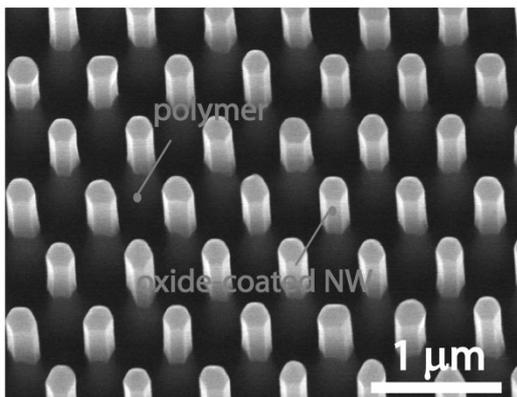


図1 半導体ナノワイヤの電子顕微鏡像

本研究では、研究代表者が独自に確立した有機金属気相選択成長法を用いた、位置と形状が揃った半導体ナノワイヤの形成技術を活かし、応用面に重点を置いて、固体照明として脚光を浴びている発光ダイオード(LED)、さらに高効率発電素子としての可能性を持つナノワイヤ太陽電池の研究を進めることで、新しい半導体ナノワイヤエレクトロニクスの創成を目指す。

【研究の方法】

現本研究では、電子ビームリソグラフィを利用して基板上に作製した非晶質マスクパターン開口部からのエピタキシャル成長を利用する有機金属気相選択成長法(SA-MOVPE)を用いる。本方法により位置とサイズが揃ったナノワイヤが、広い面積で得られるとともに、p-n 接合及び異種材料を接合したヘテロ構造が、縦方向及び横方向に自在に形成が可能になる。

発光ダイオードについては、GaAs/AlGaAs コアシェル構造の近赤外と InGaP 系構造による可視領域の発光素子をそれぞれシリコン基板上に作製する。また室温でのレーザ発振もねらう。太陽電池は、太陽光スペクトルにマッチングの良い InP 及び GaAs それぞれで p-n 接合を横方向に形成したコアシェル構造とし、より効率的に太陽光から光電変換をおこなう。

【期待される成果と意義】

この基盤技術を基にプロトタイプのパノワイヤデバイスへの応用を探ることで、とりわけ産業基盤と直結したシリコン基板を用いて固体照明用の高輝度ナノワイヤ発光ダイオードの作製への道が開ける。さらには原料使用料を大幅に低減し、あるいは超高効率を目指したナノワイヤ太陽電池への応用を図ることで今最も社会が求めている、グリーンナノテクノロジーによる独創的な発電デバイス開発へとつなげる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

1. K. Tomioka, J. Motohisa, S. Hara, K. Hiruma and T. Fukui, "GaAs/AlGaAs core multishell nanowire-based light-emitting diodes on Si", NANO LETTERS, vol. 10, pp.1639-1644,(2010)
2. H. Goto, K. Nosaki, K. Tomioka, S. Hara, K. Hiruma, J. Motohisa and T. Fukui, "Growth of Core-Shell InP Nanowires for Photovoltaic Application by Selective-Area Metal-Organic Vapor-Phase Epitaxy", APPLIED PHYSICS EXPRESS, vol. 2, pp.035004, 1-3 (2009)

【研究期間と研究経費】

平成23年度－27年度
163,200千円

【ホームページ等】

<http://www.rciqe.hokudai.ac.jp/>