HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Growth of III-V Semiconductor Nanowires and Their Photovoltaic Application [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	吉村, 正利
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第11299号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/55754
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Masatoshi_Yoshimura_review.pdf (審査の要旨)

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　吉村 正利

審査担当者　主　査　教　授　福井 孝志
副　査　教　授　橋詰 保
副　査　教　授　本久 順一
副　査　准教授　原 真二郎
副　査　准教授　葛西 誠也

学位論文題名

Growth of III-V Semiconductor Nanowires and Their Photovoltaic Application
（III-V 族化合物半導体ナノワイヤの成長と太陽電池応用）

国内外でエネルギー資源問題や地球環境問題が顕在化しつつある現在、これら両方の問題に同時に対応できる自然エネルギーによる発電方法が注目されており、その中でも設置場所や規模を問わず、発電時に廃棄物、排水、騒音、振動が発生しない太陽光発電には多大な期待が寄せられている。しかし、既存の発電方法の 2 倍以上ある発電コストを改善しなければ普及は難しく、それには発電部分である太陽電池の高効率化と低コスト化が必要であるが、現在主流のシリコン (Si) 系太陽電池は発電効率、生産コストの両方で限界を迎えている。

Si に置き換わる次世代太陽電池を実現する半導体材料として期待されているのが、砒化ガリウム (GaAs) や燐化インジウム (InP) などの化合物半導体である。現在、太陽光を効果的に吸収できる多接合型化合物半導体太陽電池において 44 パーセント の変換効率を達成している。複数の異なるバンドギャップを有する材料を積層する多接合型太陽電池は理論的に 60 パーセント 以上の変換効率が期待できるが、積層する各セルの材料間における格子定数差に起因する結晶性劣化により、4 接合以上で 50 パーセント を超える高効率太陽電池の実現が困難である。それを打開する革新的な新技術の一つとして注目されているのが半導体ナノワイヤのアレイ構造である。ナノメートルオーダーの直径を有する一次元細線構造である半導体ナノワイヤは、積層する材料間の接合面を微小領域に制限するため、面内 2 軸方向における格子歪みの影響を少なくする効果が発現するので、先の問題を解決する手段として非常に有力である。また、半導体ナノワイヤのアレイ構造は反射率を数パーセント 程度まで抑えることができる上、隙間に入射した光を吸収する光トラッピング効果が期待でき、低コスト化にも有利である。

本研究では、有機金属気相選択成長 (SA-MOVPE) 法によって形成した砒化インジウムガリウム (InGaAs) ナノワイヤの成長を行い、さらにナノワイヤアレイを用いた太陽電池構造作製技術の確立、アレイ構造に起因する諸効果の確認、及びナノワイヤアレイの特長を活かした新規デバイス構造の提案が行われるなど、ナノワイヤアレイの実用的な太陽電池応用に向けた基礎技術の確立が計られている。

第 1 章は、本研究の背景と目的について説明している。第 2 章では、これまで報告された半導体ナノワイヤ成長とその太陽電池応用を体系的に述べるとともに、本研究の位置づけを説明している。第 3 章は、有機金属気相選択成長法の基本的な成長特性を述べ、またナノワイヤアレイ太陽電池作

製プロセス、特性評価手法について記述している。第 4 章では、InGaAs ナノワイヤの構造特性や結晶組成の成長温度依存性に関して議論している。GaAs 基板上に成長した InGaAs ナノワイヤは長軸方向の組成分布が一定であり、格子不整合度が 2.1 パーセント あるナノワイヤ/基板界面に格子欠陥が存在しないことが明らかになっている。第 5 章は、ナノワイヤアレイの太陽電池応用に向けたデバイスプロセスと太陽電池動作の実証結果について述べている。作製した素子で変換効率 4.2 パーセント を達成し、ナノワイヤアレイ構造における反射率低減効果および光トラッピング効果の発現を実証している。第 6 章では、InP ナノワイヤアレイ太陽電池の AlInP パッシベーションによる高効率化について述べている。コアシェル型 InP ナノワイヤアレイ太陽電池に AlInP パッシベーション膜を積層することで表面再結合を抑制し、変換効率を 6.4 パーセント まで高めることに成功している。第 7 章では、成長プロセスを簡略化した ITO/p-InP ヘテロ接合構造のナノワイヤアレイ太陽電池が提案されている。P 型 InP ナノワイヤに ITO をスパッタすることで良好な整流特性を得られることが明らかにされ、AM1.5G 下において変換効率 7.4 パーセント が達成されている。さらに、この構造は短波長側の内部量子効率が非常に高く現行最高効率の InP 膜型太陽電池を超えていることが示されている。第 8 章では、以上のことをまとめて結論を出し、将来の展望を述べられている。

これを要するに、著者は、半導体ナノワイヤ太陽電池に関する新知見を得たものであり、半導体ナノテクノロジー分野の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。