HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on Selectively Grown GaAs-based Nanowire Array Solar Cells [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	中井, 栄治
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11756号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58856
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Eiji_Nakai_review.pdf, 審査の要旨



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　中井栄治

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

学位論文題名

Study on Selectively Grown GaAs-based Nanowire Array Solar Cells
（有機金属気相選択成長法を用いた GaAs ナノワイヤアレイ太陽電池に関する研究）

本研究は、従来の太陽電池が持つ様々な課題を打開するための革新的な構造として半導体ナノワイヤアレイ構造の太陽電池の作製とその評価について述べている。半導体ナノワイヤは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、その微小な接合界面ゆえに、接合面内での格子歪みを緩和する効果が発現する。そのため、膜成長では実現できない格子不整合系材料を用いたヘテロ接合の形成が可能となり、多接合型太陽電池の新たな材料選択が期待される。また、ナノワイヤ構造内に発電機能を付加したうえで基板から剥離することで、膜型構造と比較しても大幅な使用原料の低減が可能である。これまで多くのナノワイヤ太陽電池の報告があるが、特に GaAs ナノワイヤを用いた太陽電池の報告では、不均一なナノワイヤアレイを用いた太陽電池やナノワイヤ一本のみを抽出したデバイスなど実用性に欠けた報告例が多い。また、多接合型応用に向けたバンドギャップエンジニアリングが可能な GaAs 系三元混晶材料を用いた太陽電池は、その作製の困難さから、いまだ報告がない。

本研究では、有機金属気相選択成長法を用いて均一性の高い GaAs ナノワイヤアレイを形成し、ナノワイヤアレイ構造を保持したまま太陽電池に応用する作成手法を確立している。また、多接合型でも多く使用される三元混晶材料である InGaAs のナノワイヤアレイ太陽電池を作製している。

第 1 章では、太陽光発電が直面する背景、課題について説明すると共に、本論文が扱う半導体ナノワイヤ構造が太陽電池応用において非常に重要な優位性を示すことを記述している。第 2 章では、半導体ナノワイヤの研究が辿る歴史と、一次元細線構造の特徴について述べている。次に、太陽電池の基礎と、ここ数年で活発化する半導体ナノワイヤ太陽電池の報告についてまとめ、そこから見えてきた太陽電池応用における利点を示している。第 3 章では、MOVPE 法の基本的な成長プロセスや成長炉について述べ、本研究でナノワイヤを形成するために用いた選択成長法の基本的な成長特性を説明している。第 4 章では、高密度に集積した GaAs ナノワイヤアレイの成長結果を示し、成長後のナノワイヤアレイ構造の光学的特徴を 2 次元光学シミュレーション結果と実際の光学測定から議論している。その後、コアシェル構造を有する GaAs ナノワイヤアレイに対し、デバイス作製プロセスを施し、太陽電池測定を行っている。均一に成長したコアシェル型ナノワイヤアレイを透明絶縁性樹脂 BCB でコーティングする。第 5 章では、高効率太陽電池作製に必要不可欠な三元混晶系材料を用いてデバイスの作製を行っている。AlInP パッシベーション層を有する InGaAs ナノワイヤアレイを GaAs(111)B 基板上に成長させ、前章のデバイス作製プロセスを用いて太陽電池

を形成している。EBIC 測定によりナノワイヤ自体が軸方向に pn 接合を有し、発電に寄与する様子を確認している。さらに、デバイスの直列抵抗成分を低減するためのコンタクト層導入を検討した結果、薄膜構造の約 10 パーセント程度の空間占有率でありながら、7.14 パーセントの変換効率を得ることに成功している。第 6 章では、低コスト化に向けて、同グループで報告している文献をもとに透明絶縁性樹脂を用いた半導体ナノワイヤアレイの剥離法と、剥離したナノワイヤアレイの光学特性について記述している。また、剥離後の基板を用いたナノワイヤの再成長についても述べている。

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。