

「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」
平成 28 年度採択研究代表者

H29 年度
実績報告書

河口 研一

富士通(株)
ネットワークプロダクト事業本部ワイヤレスシステム事業部

ナノワイヤ半導体を用いた環境電波発電デバイスの研究開発

§ 1. 研究実施体制

(1)「富士通」グループ

- ① 研究代表者: 河口 研一 (富士通(株)ネットワークプロダクト事業本部ワイヤレスシステム事業部)
- ② 研究項目
 - ・ナノワイヤ結晶成長技術
 - ・ナノワイヤデバイス・プロセス技術
 - ・回路設計

(2)「首都大」グループ

- ① 主たる共同研究者: 須原 理彦 (首都大学東京理工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・バックワードダイオードの特性解析
 - ・アンテナ設計およびバックワードダイオードとの整合検討

§ 2. 研究実施の概要

我々は、微小な半導体ナノワイヤを用いた高感度なバックワードダイオード(BWD)を開発し、それに適したアンテナ・整合回路を融合することで環境電波発電の原理実証を目指している(図 1)。研究開発は、4 つの要素技術(結晶成長技術、デバイス・プロセス技術、デバイスモデリング、アンテナ・回路設計)を富士通と首都大が連携して進めており、H29 年度は以下の成果が得られた。

結晶成長技術においては、p-GaAsSb/n-InAs ヘテロナノワイヤの p-GaAsSb セグメント形成技術を進展させ、トンネル接合をもつ p-GaAsSb/n-InAs ヘテロナノワイヤ形成に成功した(図 2)。このナノワイヤに対して、デバイス・プロセス技術を進展させ、ダイオードの試作を行った。結果として、DC 評価において、世界初のナノワイヤバックワードダイオード特性の発現に成功した(図 3) [1]。

デバイスモデリングについては、メサ型 BWD の実測データを活用して、BWD の性質を精度良く再現する等価回路モデルの作成に成功した(図 4)。メサ型 BWD が従来型のショットキーバリアダイオードよりもマイクロ波帯で優れた感度を有すること、BWD においてダイオードサイズの微小化がさらなる高感度化に有効であることを示した。ナノワイヤ化によるサイズ微小化の意義を明確化することに成功するとともに、ナノワイヤデバイス解析の準備が整った。

アンテナ・回路設計については、BWD を用いた電波発電デバイス検討として、メサ型 BWD とボウタイアンテナを接続したレクテナの形成を試み、照射電波に対する RF-DC 変換の確認に成功した。また、高効率なレクテナを実現する上で求められる、広帯域特性とインピーダンス整合の両立に向けて、設計自由度が高いログスパイラルアンテナの採用に向けた設計に着手した。

今後は、ナノワイヤ BWD の RF 動作実証、メサ型デバイスによる BWD レクテナ性能向上を進め、プロジェクト最終目標であるナノワイヤ BWD による環境電波発電実証を目指す。

[1] Kenichi Kawaguchi, Tsuyoshi Takahashi, Naoya Okamoto, Masaru Sato, "Demonstration of GaAsSb/InAs nanowire backward diodes grown using position-controlled vapor-liquid-solid method", Applied Physics Express 11, 025001 (2018).

[2] Kenichi Kawaguchi, Tsuyoshi Takahashi, Naoya Okamoto, Masaru Sato, "Position-Controlled VLS Growth of Nanowires on Mask-Patterned GaAs Substrates for Axial GaAsSb/InAs Heterostructures", PSSA, 201700429, 2018.

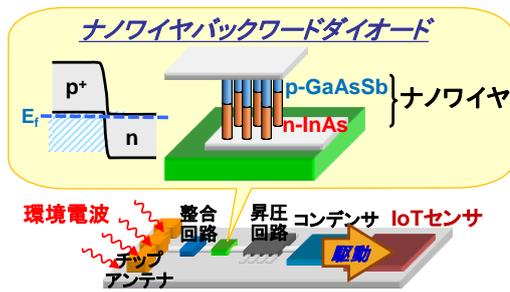


図1 目標とする環境電波発電技術の適用例

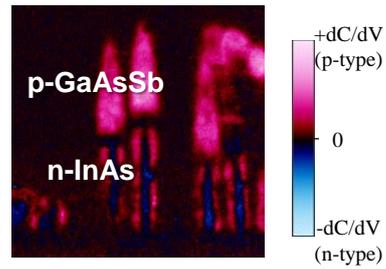


図2 p-GaAsSb/n-InAsナノワイヤ

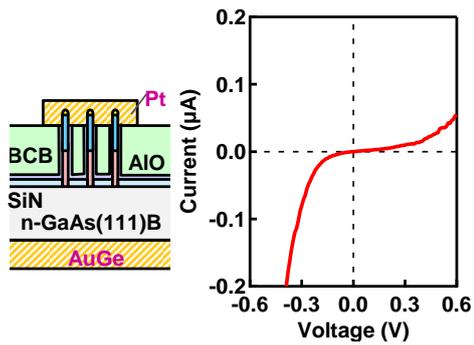


図3 試作ナノワイヤBWDの電流-電圧特性

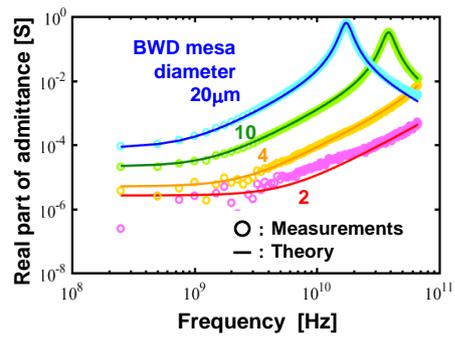


図4 メサBWD実測と理論