

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
研究員

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. 研究成果の概要

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。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、2018 年度は以下の成果が得られた。

結晶成長においては、位置決め成長マスクやナノワイヤ成長初期層の改善を行い、均一性の高いヘテロナノワイヤを安定に形成する技術を進展させた。デバイス・プロセスにおいては、マイクロ波帯で動作が可能なナノワイヤ BWD のプロセス開発を結晶開発と並行して進めた。結果として、従来のショットキーバリアダイオードの感度を上回る 700 kV/W の高感度ナノワイヤ BWD の形成に成功した(図 1)。

デバイスモデリングにおいては、試作ナノワイヤ BWD の高周波特性に対して解析を行い、ナノワイヤ BWD の動作を良好に記述する等価回路モデルの構築と初めての等価回路パラメータの抽出に成功した。試作ナノワイヤ BWD の性能律速要因の同定や、ナノワイヤ特有のデバイス物理現象を議論する準備が整った。

アンテナ・回路設計においては、スパイラルアンテナの形状自由度を用いることでアンテナと BWD を直接接続でインピーダンス整合させる設計手法を確立した。メサ型 BWD を複数組み合わせさせた整流回路(チャージポンプ BWD 回路)によって、サブ mW の高周波入力から 1 V 以上の DC 電圧生成を可能にした。さらに、このチャージポンプ BWD 回路をスパイラルアンテナに搭載した電波発電素子(レクテナ)を形成し、マイクロ波帯の照射電波をもとに市販の昇圧 DC/DC コンバータおよびそれに接続された IoT 機器(BLE ビーコンモジュール)の駆動に成功した。これら技術の進展により、次年度に最終目標である環境電波発電の実証を達成する見通しを得た。

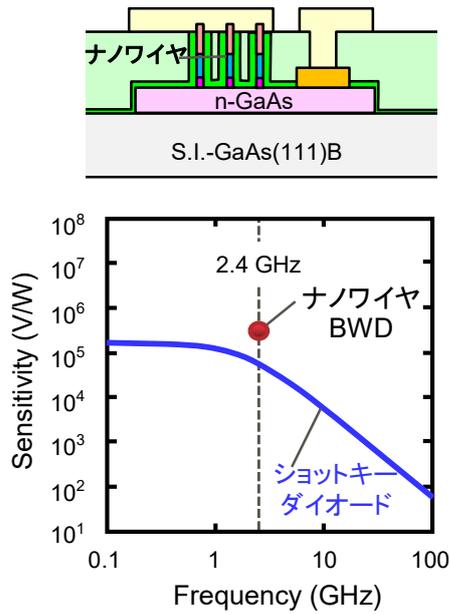


図1 試作ナノワイヤBWDの構造と感度

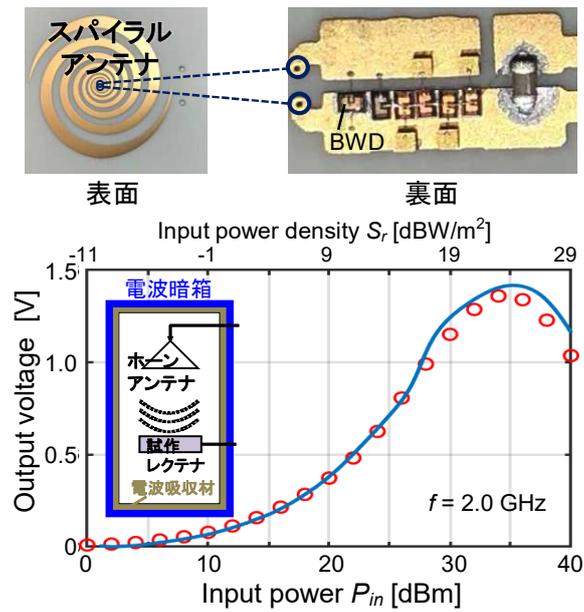


図2 チャージポンプBWD回路を搭載したレクテナの外観と特性

【代表的な原著論文】

K. Kawaguchi, T. Takahashi, N. Okamoto, M. Sato, M. Suhara, "Type-II p-GaAsSb/n-InAs Nanowires under Conditions for Tunnel Junction Formation", Proc. of 2018 IEEE 18th Int. Conf. Nanotech. (IEEE-NANO), pp.1-4, 2019

§ 2. 研究実施体制

(1)「富士通」グループ

① 研究代表者:河川 研一 (富士通株式会社 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 (公立大学法人首都大学東京 システムデザイン研究科、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