

「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

H28 年度 実績報告書

河口 研一

富士通(株)

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 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、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、H28年度は以下の成果が得られた。

結晶成長技術においては、デバイス形成に必須の位置決めVLS(Vapor-Liquid-Solid)成長技術の立ち上げに成功し、InAs ナノワイヤアレイを実現した。さらに、その InAs ナノワイヤ上に、GaAsSb セグメントが軸方向形成できることを確認し、ナノワイヤ BWD 形成に必須となるヘテロナノワイヤ取得の見通しを得た(図 2)。

デバイス・プロセス技術については、ナノワイヤの側壁保護に重要なパッシベーション膜形成の初期検討を行った。原子層堆積(ALD)法により温度 100°Cで成膜を行うことで、ナノワイヤを損なうことなく全体を均一な膜厚の AlO 膜で被覆することに成功した。

デバイスモデリングについては、トンネル電子波の量子輸送理論に基づいた素過程を考慮した BWD の動的振る舞いを理論的に記述し、量子輸送パラメータで表現したアドミタンス関数の導出と等価回路の導出を行った。さらに、薄膜メサ BWD を対象に解析を進め、BWD の動作原理の本質的な量子輸送パラメータの抽出法の確立を進めた(図 3)。

アンテナ・回路設計については、自己補対型アンテナで最もシンプルなボウタイアンテナについて電磁界シミュレーションを行い、BWD との集積について、アドミタンスの整合性に関する課題を明確化した。また、市販の SBD と個別電子部品を用いた整合回路試作を通して、所望の周波数(2.4 GHz)で低反射ロス(-15 dB 以下)を満たす整合設計技術を獲得した(図 4)。これらの成果をもとに、次年度は、ナノワイヤダイオードの試作、および電波発電における課題抽出に向けた薄膜メサ BWD を用いた電力変換モジュール試作へと進むことを計画している。

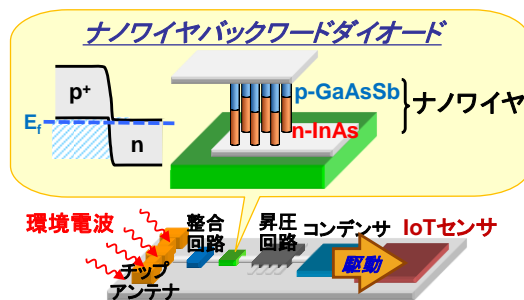


図1 目標とする環境電波発電技術の適用例

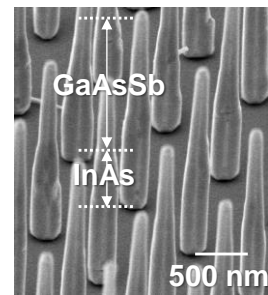


図2 GaAsSb/InAsヘテロナノワイヤ

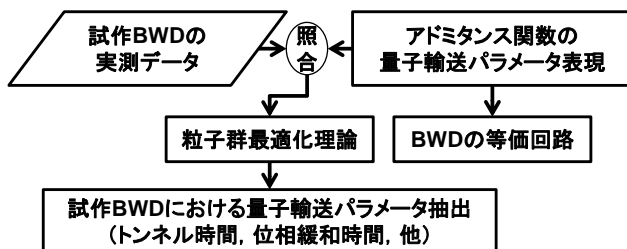


図3 BWDの解析フローチャート

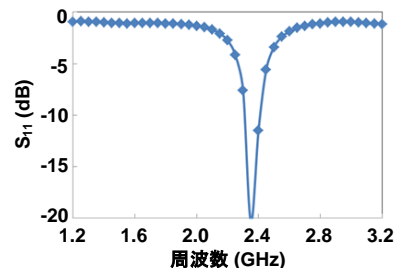


図4 整合回路設計