

「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

石橋 孝一郎

電気通信大学大学院情報理工学研究科
教授

Super Steep トランジスタと Meta Material アンテナによる nW 級環境 RF
発電技術の創出

§1. 研究実施体制

(1)「電気通信大学」グループ

- ① 研究代表者:石橋 孝一郎 (電気通信大学大学院情報理工学研究科 教授)
- ② 研究題目:nW 級環境 RF 発電技術及び電源技術と nW 通信理論の研究
 - ・高い入力インピーダンス電源回路の開発
 - ・トランジスタ整流回路の開発
 - ・RF 環境発電で得られる nW の電力でネットワークを形成できる nW ネットワーク方式の理論検討

(2)「金沢工業大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:井田 次郎 (金沢工業大学工学部電気系 教授)
- ② 研究題目:Super Steep トランジスタと Meta Material アンテナ による nW 級環境 RF 発電技術の研究
 - ・Super Steep トランジスタの DC 特性確認と RF 評価の開始
 - ・2.4GHz 2K Ω メタマテリアルアンテナの開発
 - ・高効率レクテナの開発

§ 2. 研究実施の概要

W 級環境 RF 発電技術を開発する研究のなかで、電気通信大学ではトランジスタ整流回路と昇圧回路の開発、極低電力 RF 通信技術、nW 級電力通信の理論検討を行った。

トランジスタ整流回路の開発では、GaAs pHEMT のバックアップデバイスを用いることにより、-25dBm で 30%以上、-30dBm で 20%以上の効率が得られることをシミュレーションで見出した。

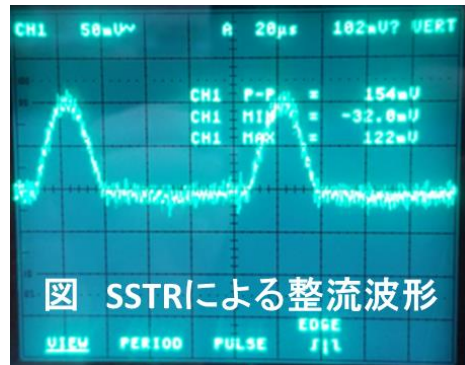
昇圧回路の開発では、スイッチングキャパシタ回路を用いて 100mV の入力電圧から 125mV の昇圧出力電圧を得られるシミュレーション結果が得られたが Radio Frequency Energy Harvesting (RFEH)では十分ではない。

極低電力 RF 通信技術では、SOTB テクノロジーを用いて、83nJ/bit の Transmitter を開発し、nW 通信技術の可能性を示した。

nW 級電力通信の理論検討においては、地上波デジタル放送波のエネルギーを集めて、バックスキヤッタ方式の通信方式が最も有望であるとの検討結果が得られた。

nW 級環境 RF 発電技術を目指す研究の中で、金沢工業大学グループは本技術のキーとなる Super Steep トランジスタと Meta Material の開発と、整流回路の開発を行っている。

Super Steep トランジスタ(SSFET)の開発では、これまで NMOS の DC 特性で Super Steep を確認してきたが、PMOS も同構造で試作を行い Super Steep の DC 特性を実現した。Super Steep Transistor の CMOS 応用までも示したことになる。また、AC 評価としてパルス入力による On/Off 動作の評価を開始し、5MHzまで On/Off 動作ができることを確認した。10KHzと低周波ながらも整流特性も確認した。



[1] Shun Momose, Jiro Ida, Takayuki Mori, Takahiro Yoshida, Jumpei Iwata, Takashi Horii, Takahiro Furuta, Kenji Itoh, Koichiro Ishibashi and Yasuo Arai, "Gate Controlled Diode Characteristics of Super Steep Subthreshold Slope PN-Body Tied SOI-FET for High Efficiency

RF Energy Harvesting", IEEE SOI-3D-Subthreshold Microelectronics Technology Unified Conference (IEEE S3S), 4.3, pp1-3, 2017.

[2] T. Mori, J. Ida, T. Yoshida, and Y. Arai, "P-channel Super Steep Subthreshold Slope PN-Body Tied SOI FET: Possibility of CMOS", IEEE Electron Devices Technology and Manufacturing Conference (EDTM), 8A-3, pp190-192, 2018.

メタマテリアルアンテナは 2.4GHz 帯のアンテナの開発を完了した。インピーダンス 2K Ω 、体積 7.9cc と目標を達成した。また、金属板上においても特性の変化がないことが確かめられ、どこでもおけるメタマテリアルアンテナの特長を確認した。

レクテナ回路の開発では、アンテナー 整合回路ー 整流回路の組み合わせ問題について検討し、平衡形アンテナー 整合回路ー 非平衡回路の一般的な組み合わせよりも、平衡形アンテナー 平衡

回路の直接接合レクテナのほうが RF エネルギーハーベスティングに必要なバンド幅を確保できることを見出した。SBD のバックアップデバイスを用いた直接接合レクテナでは、目標である -25dBm で 10% の整流効率を得ることができた。