

「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

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 情報理工学研究科、教授)

② 研究項目

(B-2, 石川亮) 非メタマテリアルの高インピーダンスアンテナを用いて、レクテナの方式を検討する。MOS モデルを用いて、高効率整流に必要なトランジスタの特性を明らかにする。

(C-1, 石橋孝一郎) SOTB の単体デバイスをBグループに提供するとともに、昇圧回路の基礎検討を行ない、シミュレーション等によりチャージポンプ/DCDC 方式等最適な昇圧回路の方式を検討していく。

(C-2, 石橋功至) nW ネットワークの基礎検討として、先行研究の調査を行う。

(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 研究項目

(A-1, 井田次郎) Lapis の SOI を用いて SSTR の PMOS Tr 構造を検討するとともに、SSTR 試作品のパルス特性評価を行う。Super Steep トランジスタのパルス特性評価から、本研究の目標が達成されるための Super Steep トランジスタの課題を抽出する。

(A-2, 牧野滋) H28 年度に準備段階としての電磁界シミュレーション等を用いた構造検討を行う。また、研究期間全体に必要な計測機器の選定、購入を進めていく。

(B-1, 伊東健治) 非メタマテリアルの高インピーダンスアンテナを用いて、レクテナの方式を検討する。MOS モデルを用いて、高効率整流に必要なトランジスタの特性を明らかにする。

§ 2. 研究実施の概要

本研究はnW級環境RF発電技術を目指しており、A,B,C の3つの研究群から構成されている。

A の研究群は目的を達するために必要な新原理、新材料、新構造を研究する。RF エネルギーを高効率で整流するためのデバイスである(A-1) Super Steep トランジスタ(SSFET)とどこにでも自由における(A-2)メタマテリアルを用いた 10CC 以下のアンテナの実現を目指している。

B の研究群は A の研究群で得られる SSFET や、バックアップデバイスである SBD,SOI,SOTB,p HEMT 等のデバイスを用い、SSFET の高周波モデリングや高インピーダンス系計測解析技術を開発しながら、高効率の整流回路を実現する。具体的には(B-1) 高インピーダンス SSFET 整流回路及び(B-2)トランジスタ整流回路により、-30dBm 以下の nW 級入力電力で 80%異常の高効率整流を行うことを目指している。

C の研究群は RF 発電技術の応用を考え、(C-1)整流回路で得られた 0.1V ほどの低電圧を 0.5V 以上の実用電圧に変換する方式や、得られた nW 級の電力でネットワークを構成する方式の理論検討を目指している。

H28 年度の主要成果として、(A-1)で SSFET の動作メカニズムの究明を行い、Super Steep SS が発生するには、Body 層(チャンネル部)と Body Tied領域の N 層をフローティングにすることが必修であることを実測により初めて明確にし、SSFET の設計指針が得られた。(代表的な原著論文 1) (A-2)ではメタマテリアルを用いた 2.4GHz 用のアンテナを10CC 以下にできる見込みが得られた。(B-1)では、コックウオルトン整流回路において、整流回路の効率を増加させるには適切な飽和電流値のダイオードを用いる必要があるという知見により、SSFET 特性の目標性能の指針が得られた。また、クロスカレント回路が有望な整流回路であるとの知見も得られた。(B-2)では、アクティブソースプル評価手法を用いて、低入力電力においても有効なトランジスタ整流回路の設計指針を得た。(C-1)では、クロスカレント回路を SOTB(Silicon on Thin Buried Oxide)トランジスタで製作し、本方式が整流昇圧回路として有望であることを実測とシミュレーションで示した。

また、A,B,C のグループの知見を合わせることにより、RF エネルギーハーベスティングを達成するための SSFET の課題を明確化した。

代表的な原著論文

(4-1)①-1)Takahiro Yoshida, Jiro Ida, Syouta Inoue, Syougo Uchikura, Atsushi Hashimoto, Keisuke Hayashi, Taichi Iwasaki, Masanori Kamako, Takashi Horii, "Role of Floating Body Effect on Super Steep Subthreshold Slope PN-Body Tied SOI FET", IEEE Electron Devices Technology and Manufacturing Conference (IEEE EDTM) 4B-6 pp1-2, 2017