

古瀬結貴¹, パクヒョンソ¹, 藪田直人¹, 渡部達也¹, 小野田稜太¹
中岡俊裕¹, 内海淳², 岸川諒子³, 正光義則⁴, 川崎繁男⁴

¹ 上智大学 ² 三菱重工工作機械株式会社
³ 総合研究大学院大学 ⁴ JAXA/ISAS

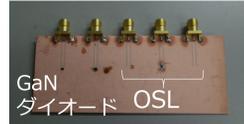
概要

宇宙機内のワイヤハーネスを無線化してマイクロ波電力伝送(MPT)を行うためには安価でかつ高性能な整流回路が不可欠であり、それを実現するために我々はHySIC技術を提案する。HySICとは混成半導体集積回路(Hybrid Semiconductor Integrated Circuit)を意味し、Siからなる基盤上に異種半導体を融合させて一つの回路に集約させることを可能にする技術である。我々はSiの基盤上にSi整合回路とGaNを用いたSBDを実装することで整流回路を作製し、RF-DCの変換回路を試作した。



整合回路の構造

コプレーナ線路構造で
OSLキヤル



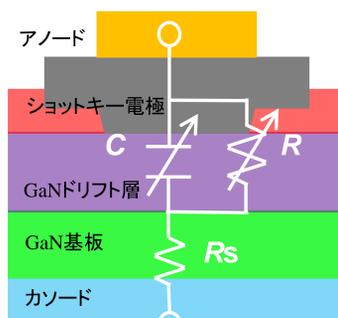
5.8 GHzのGaN
ダイオード計測

DCカットフィルタや高調波反射用の
ラジアルスタブを設計

HySIC整流回路を実現するための技術

GaN SBDを用いた 整合回路の設計

GaNを用いたショットキーバリアダイオード(SBD)は他のSBDに比べ高耐圧でありW級の入力電力に対して用いられ、放射線に対しても強いため宇宙応用デバイスとしても期待される。このSBDを用いて5.8GHzの周波数帯でRFをDCに変換する整流回路を作製するためにダイオードの特性を計測してモデル化し、その結果をもとに整合回路の設計を行った。



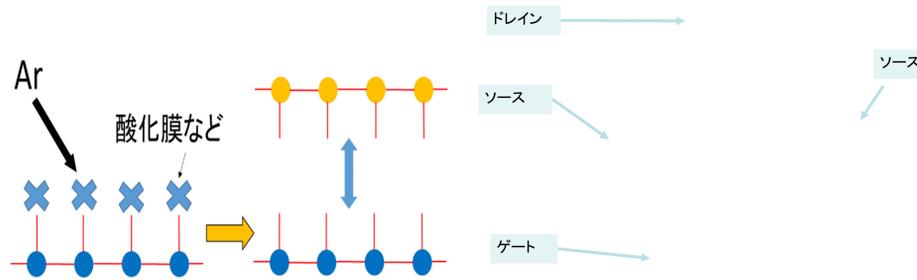
GaN SBDの構造

常温接合を用いたHySIC整流回路

宇宙システムにおいて動作の信頼性は重要で、打ち上げ時の振動耐性が必要不可欠である。回路の実装には接着剤などが用いられるが熱に弱く、経年劣化により剥がれ落ちる可能性がある。そこで新しい実装方法として常温接合技術が期待される。常温接合は分子間力による接合であるため、歪みや応力の発生がなく、母材並みの強度を得られる。この技術を用いてGaN SBDを実装し、接合強度を評価しRF-DCの変換効率測定を行なった。



常温接合装置内部

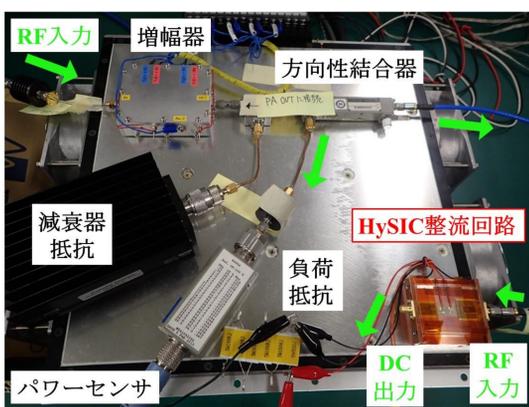


常温接合の原理

基板上に常温接合したGaN SBD

HySIC整流回路の伝送試験

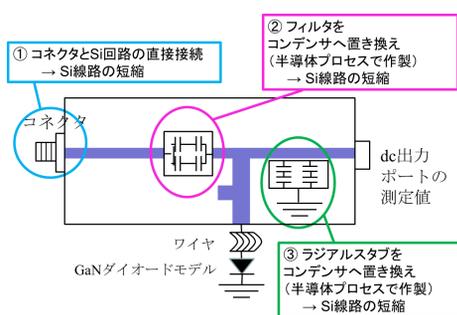
HySIC整流回路におけるRF-DC変換効率測定を行った。



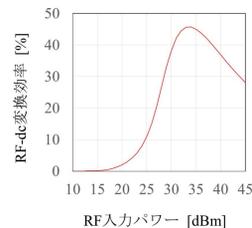
変換効率測定系

今後の課題とその解決に向けた取り組み

今後の目標としてはSi伝送線路の短縮による小型化と更なる高効率化を目指してHySIC整流回路の試作を行う。



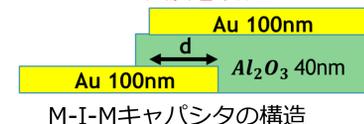
更なる高効率化を目指したHySIC整流回路の構造



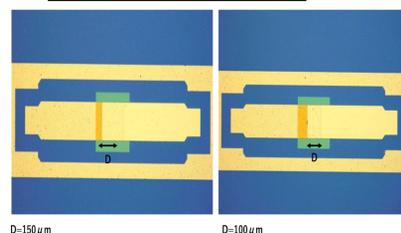
改良版HySIC整流回路のシミュレーション結果

HySIC整流回路においてSi伝送線路の短縮のためには微細でかつ高周波帯でも機能するキャパシタが必要になる。そのために、原子層堆積装置の高品質な薄膜形成を利用し、基板に垂直な方向に金属-絶縁体-金属のM-I-M構造のあるM-I-Mキャパシタを作ることによって実現する。これをHySIC整流回路に実装することで更なる小型化と高効率化を目指す。更に、これによって非常に微小なキャパシタやテラヘルツ帯での動作が期待できるダイオードを実現が期待できる。

ALD成膜を利用



M-I-Mキャパシタの構造



実際に作製したコプレーナ線路上のM-I-Mキャパシタ

宇宙ナノエレクトロニクスクリーンルーム

川崎研究室の宇宙ナノエレクトロニクスクリーンルームは世界最高のISOクラスレベル1(1 m³ 当たり0.1µm の微粒子数が10個以下)の清浄度を誇る最新のスーパークリーンルームである。このようなスーパークリーンルーム環境と超微細加工技術装置を駆使しHySICデバイスの製作を行っている。



スーパークリーンルーム全貌



ISOクラス1を実現する高性能ファンユニット



原子層堆積装置

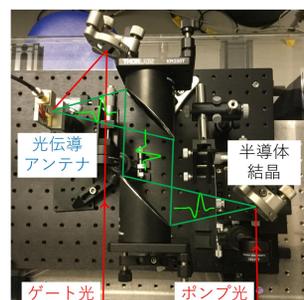


マスクレス露光装置

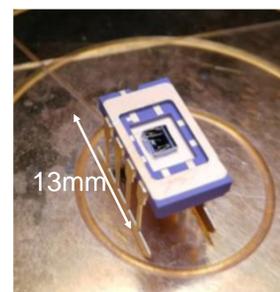
これらの装置を利用して宇宙ナノエレクトロニクス素子の製作している。

多様な宇宙向けデバイスの開発

テラヘルツアンテナ素子の研究及びGe-(Sb)-TeとAgを用いた新奇な放射線センサの開発をナノエレクトロニクスCRにて進めている。将来的には上記技術をテラヘルツ帯へ展開しセンサネットワークシステムを構成することを目指している。



テラヘルツ時間分解測定光学系



パッケージ上の放射線センサ素子