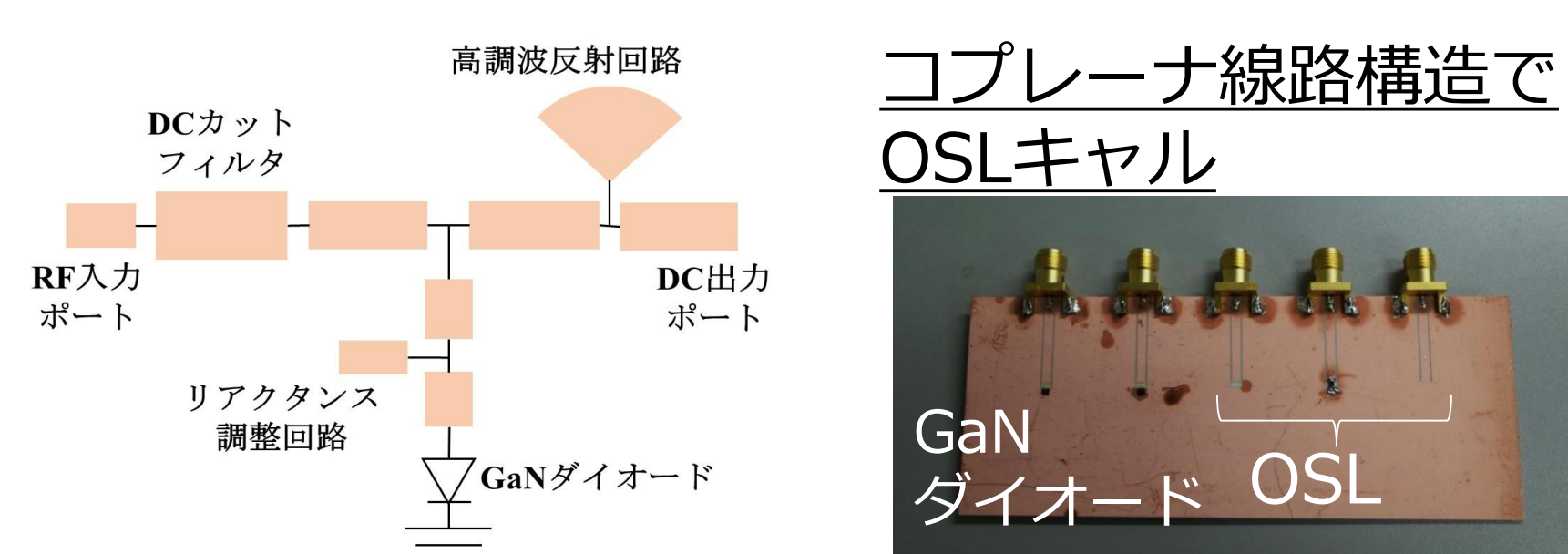


藪田直人<sup>1</sup>, パクヒョソン<sup>1</sup>, 渡部達也<sup>1</sup>, 小野田稜太<sup>1</sup>, 後藤優花<sup>1</sup>,  
中岡俊裕<sup>1</sup>, 正光義則<sup>2</sup>, 内海淳<sup>3</sup>, 川崎繁男<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 上智大学 <sup>2</sup> ISAS・探査イノベーションハブ/JAXA  
<sup>3</sup> 神奈川県立保健福祉大学

### 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からなる基板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で低コスト化と高性能な回路の試作を可能にする技術である。我々はSiの基板上に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



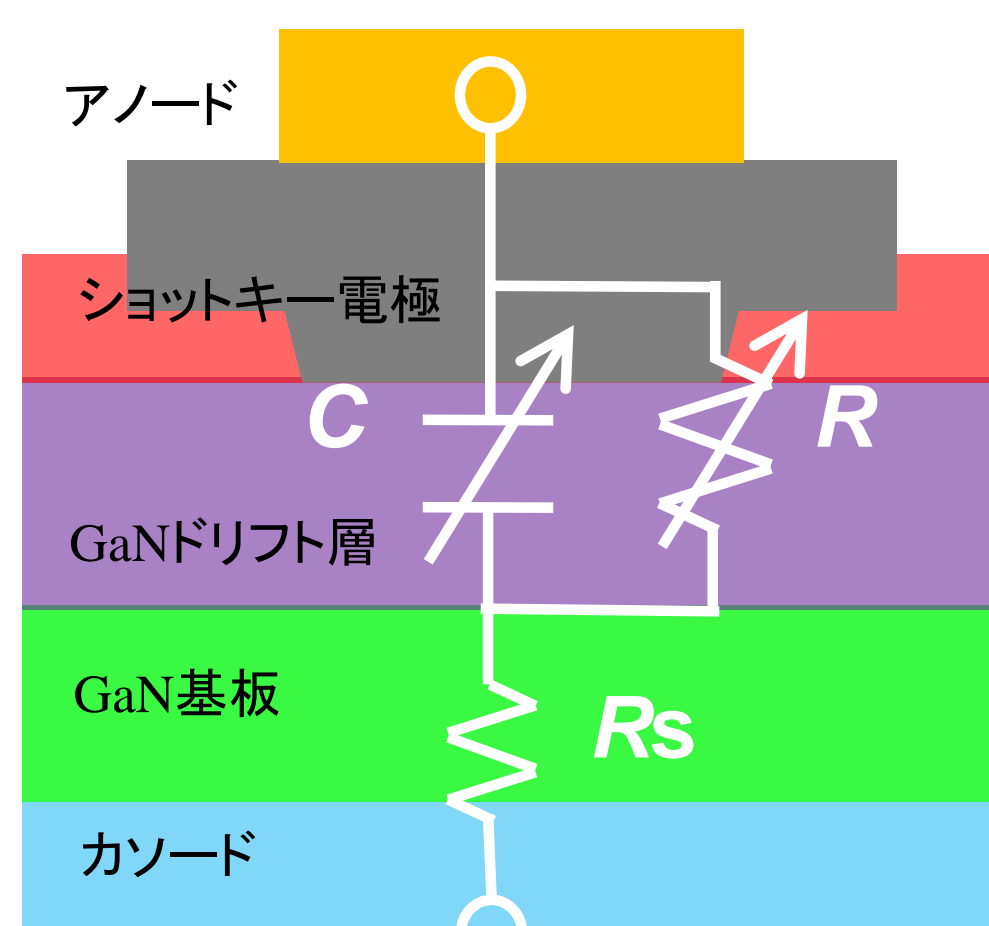
5.8 GHzのGaNダイオード計測

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

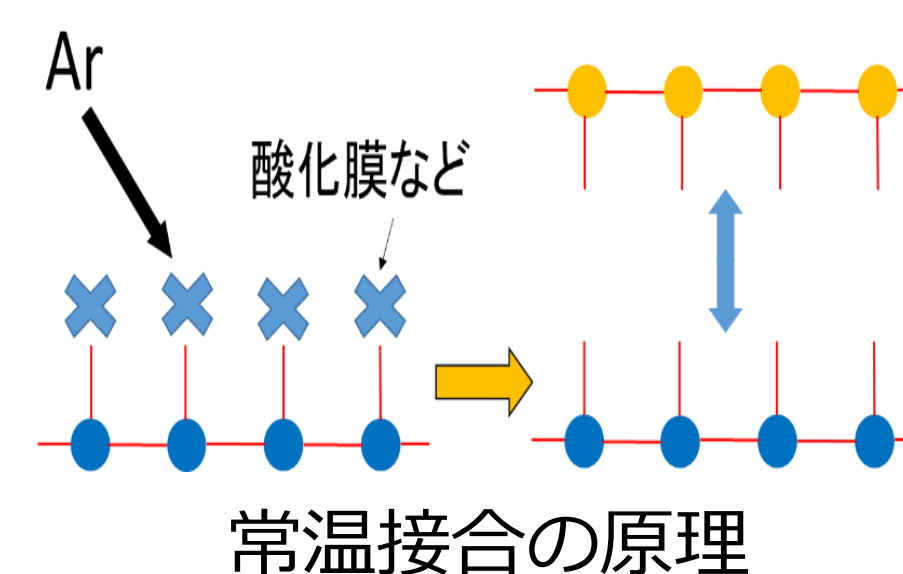
GaNを用いたショットキーバリアダイオード(SBD)は高耐圧でありW級の入力電力に対して用いられ、放射線耐性も高いため宇宙応用デバイスとしても期待される。このSBDにより5.8GHzの周波数帯でRFをDCに変換する整流回路を作製するためにダイオードの特性を計測してモデル化し、整合回路の設計を行った。また、SBDよりも応答が速く汎用性の高いGaN HEMTを用いた整流回路も試作している。



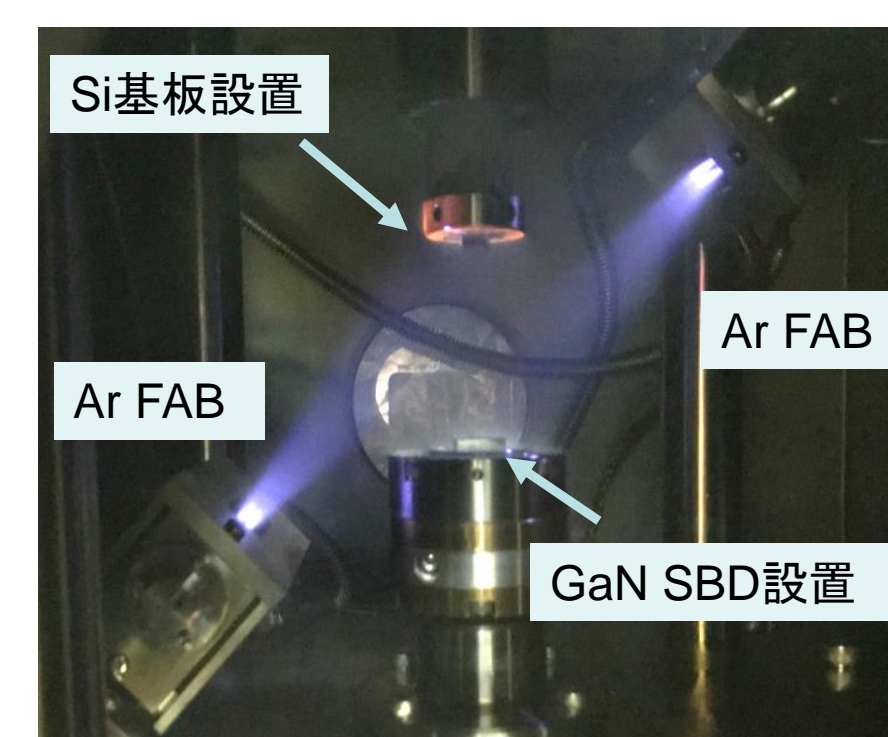
GaN SBDの構造

#### 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った。今後はさらなる接合強度を得ることとSBDだけでなくHEMTを接合することを目標として研究を推進している。



ダイシェアテストによる強度評価



常温接合装置内部

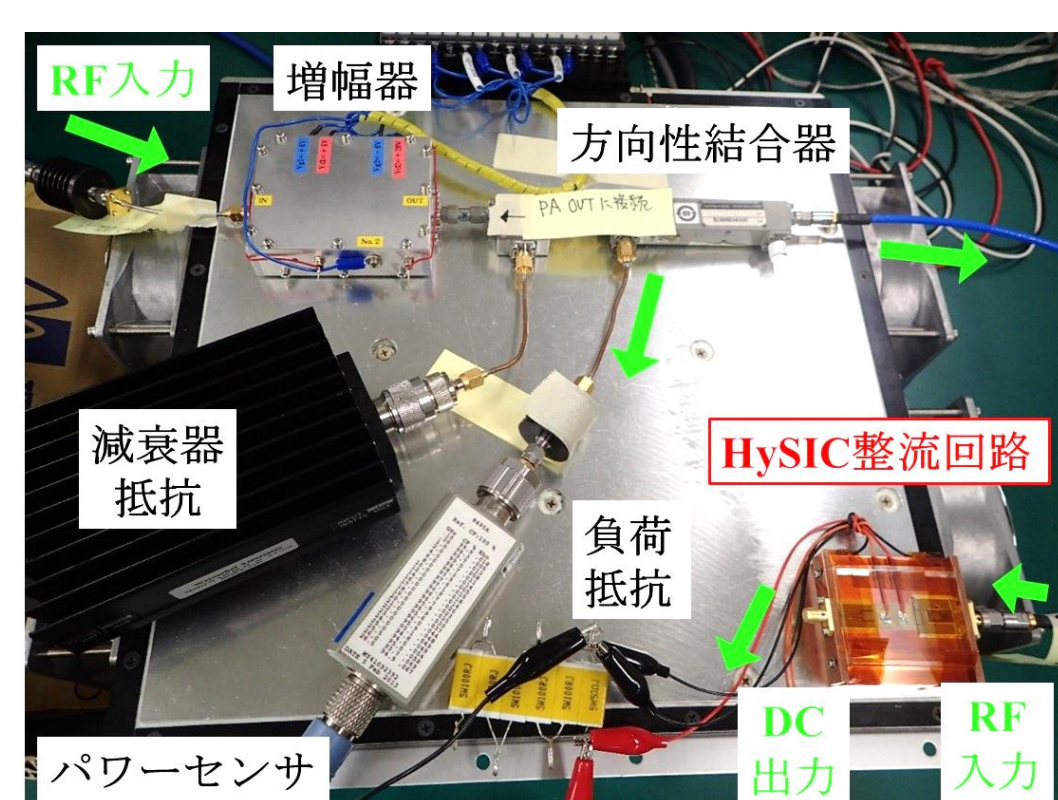


基板上に常温接合したGaN SBD

HySIC整流回路の変換効率

### HySIC整流回路の伝送試験

HySIC整流回路におけるRF-DC変換効率を測定した。



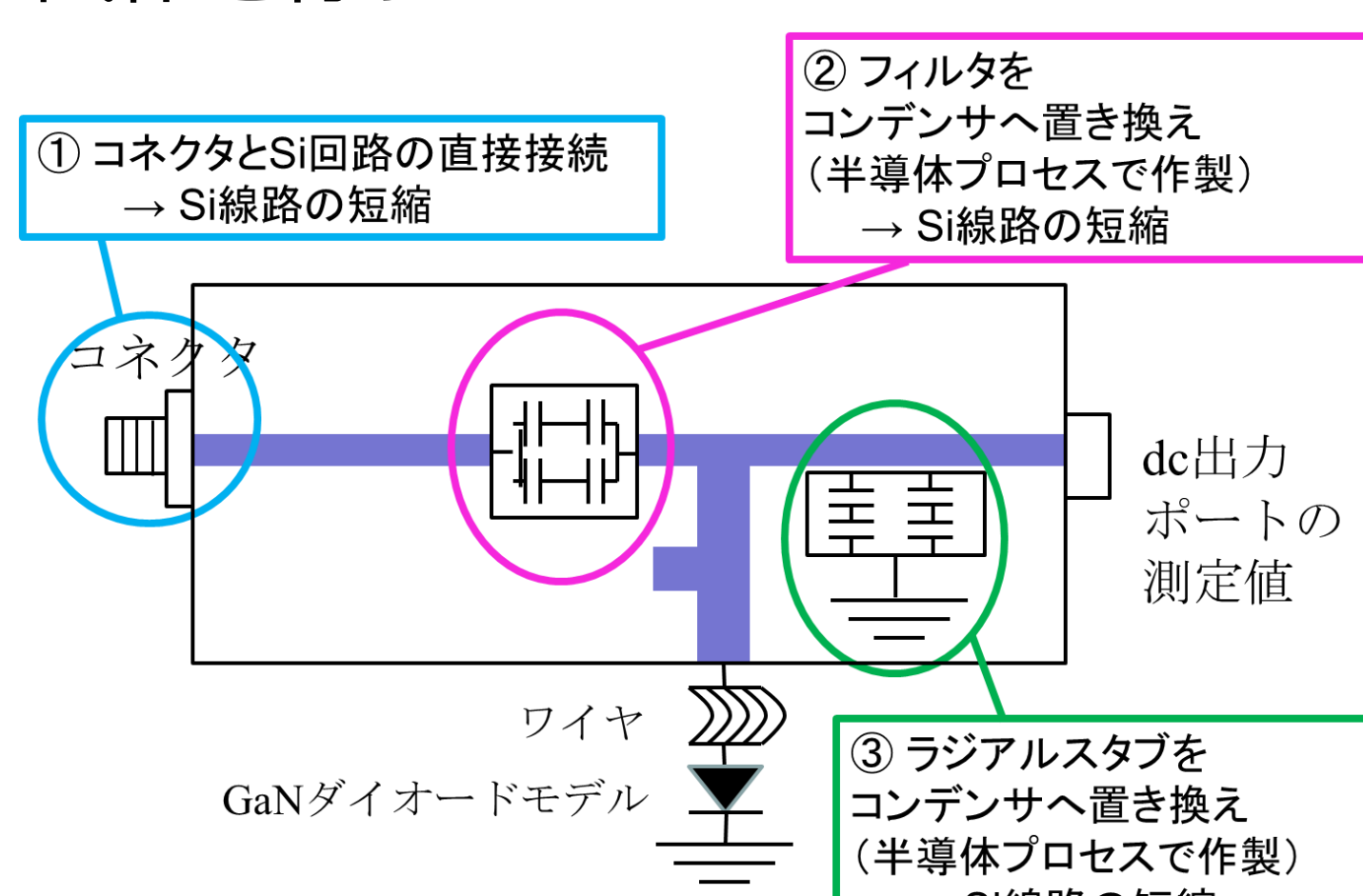
変換効率測定系

HySIC整流回路の変換効率

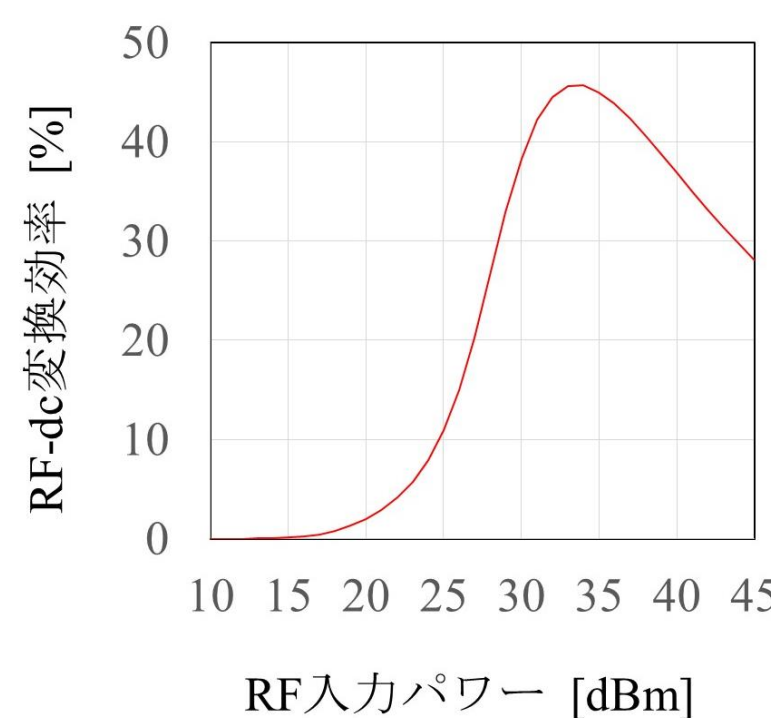
RF-DC変換効率最大21.7%達成

### 小型化のためのM-I-Mキャパシタの試作

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。



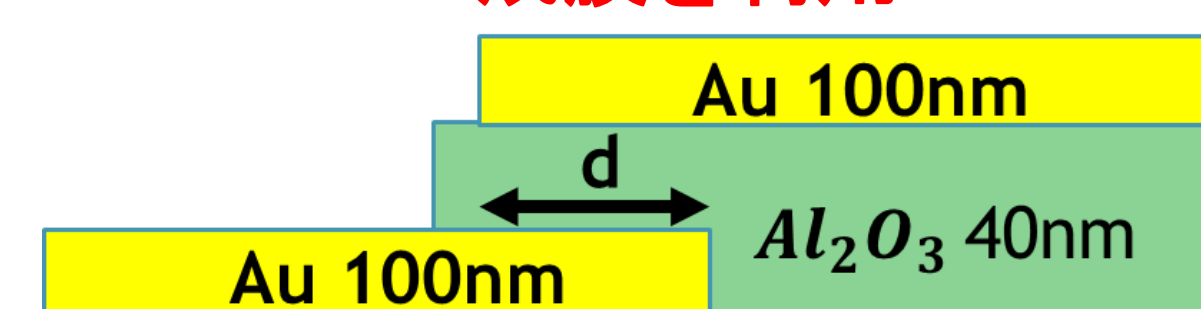
更なる高効率化を目指したHySIC整流回路の構造



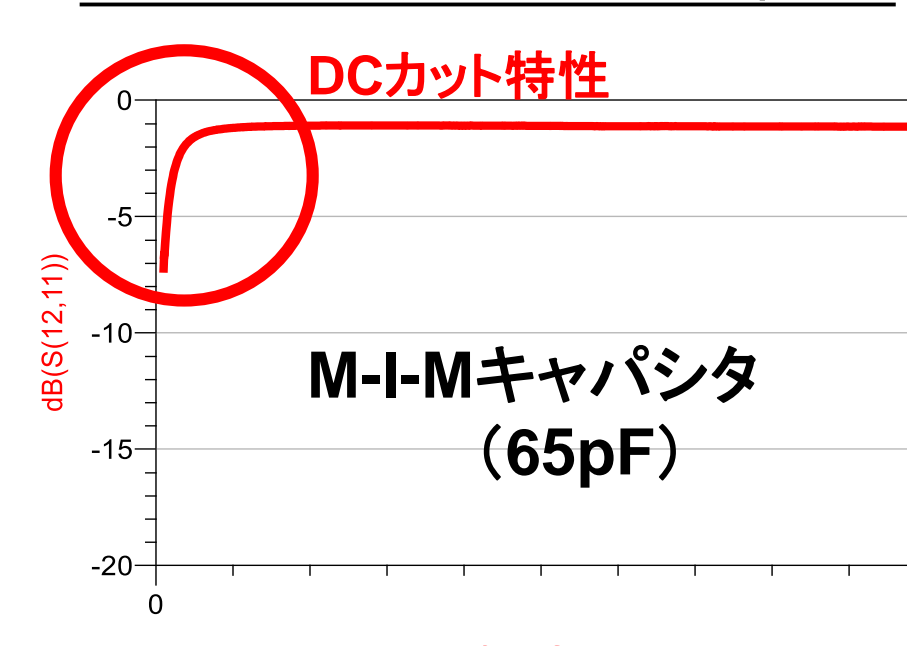
改良版HySIC整流回路のシミュレーション結果

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(M-I-M)の構造をした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、高い耐熱性・耐振動性を目指している。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。

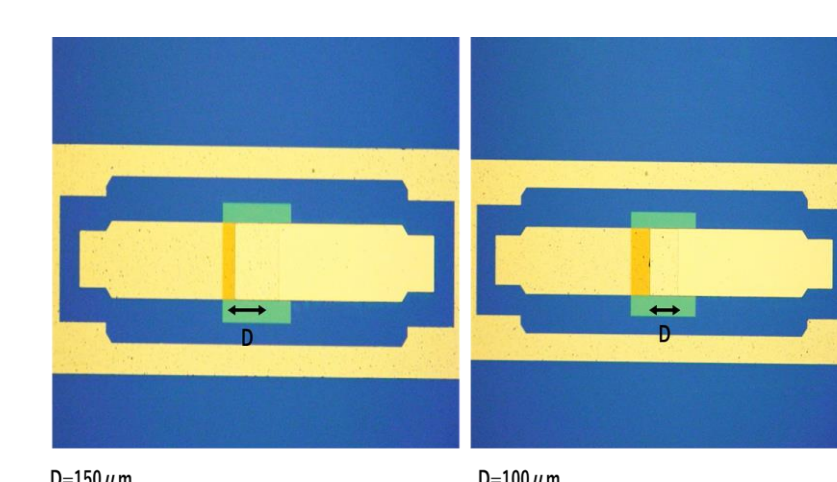
#### ALD成膜を利用



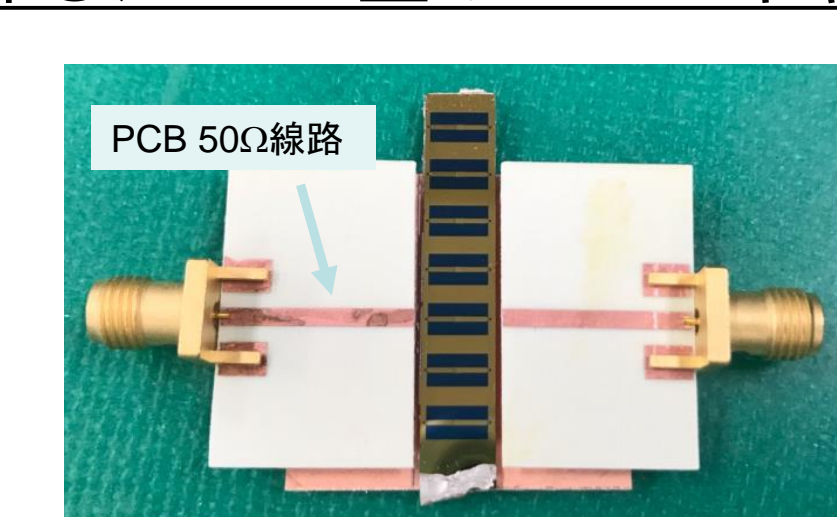
M-I-Mキャパシタの構造



5.8 GHzでの透過特性



製作したCPW上のM-I-Mキャパシタ



約25 dbmまで耐久 ! @5.8 GHz

RF特性測定用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 m<sup>3</sup> 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デバイスを製作している。



接合装置



原子層堆積装置

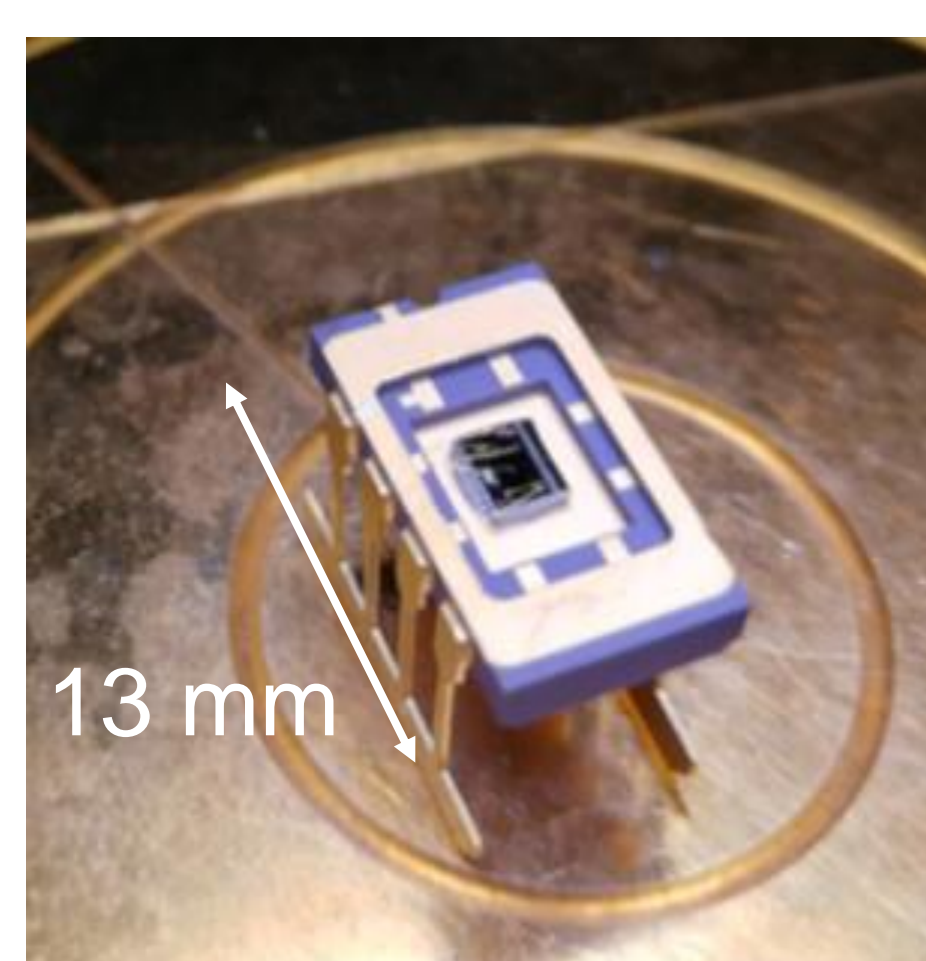


マスクレス露光装置

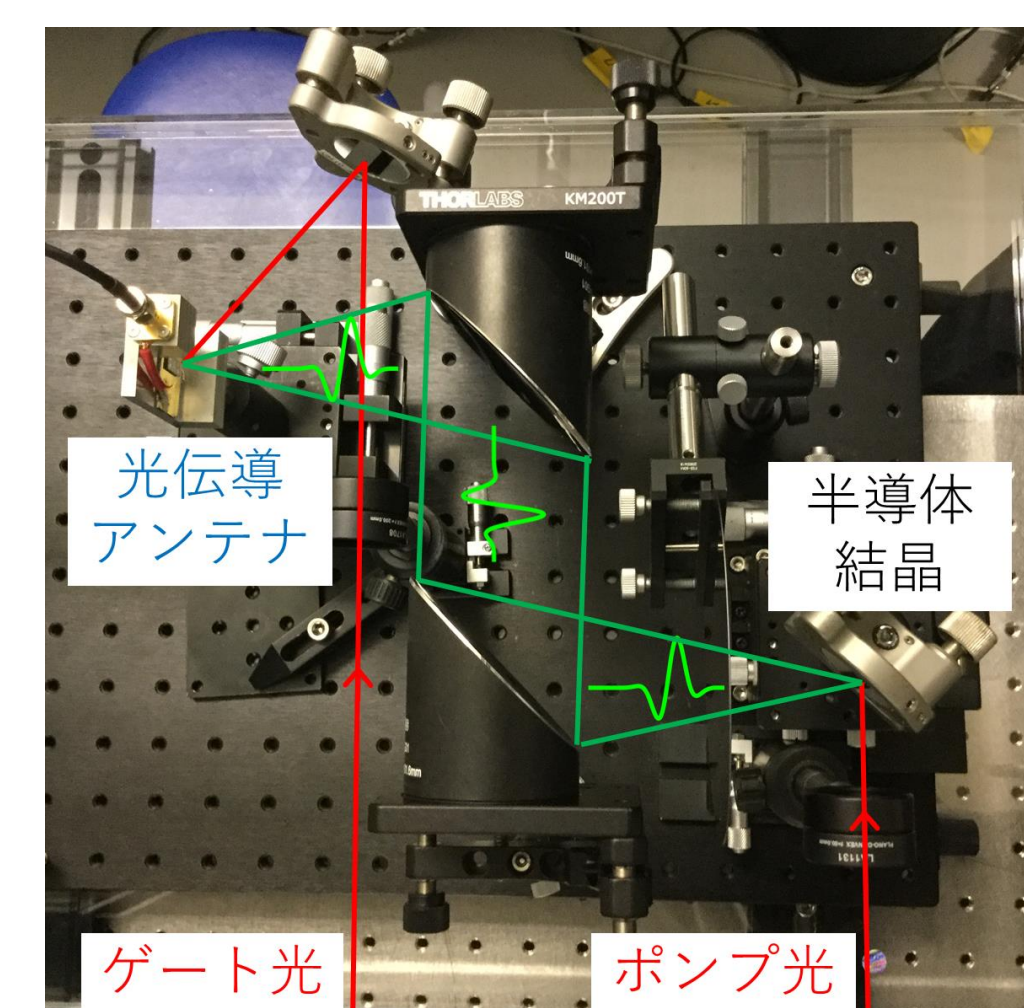
これらの装置を利用して宇宙ナノエレクトロニクス素子の製作している。

### 多様な宇宙応用デバイスの開発

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。



パッケージ上の放射線センサ素子



テラヘルツ時間分解測定光学系



EB蒸着&スパッタ装置



接合装置 (上智大学)