

# シリコン酸化膜中欠陥準位を用いた マイクロ波増幅器

## 欠陥準位を含む誘電体の持つ非線形誘電率を利用したマイクロ波増幅

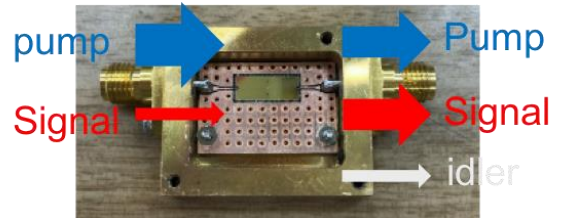
- 欠陥（二準位系）を利用し誘電体（酸化シリコン）に非線形性を誘起
- 非線形性を利用したパラメトリック増幅を実現
- 磁気共鳴、レーダーの検出感度向上や量子情報処理に貢献

### 研究のねらい

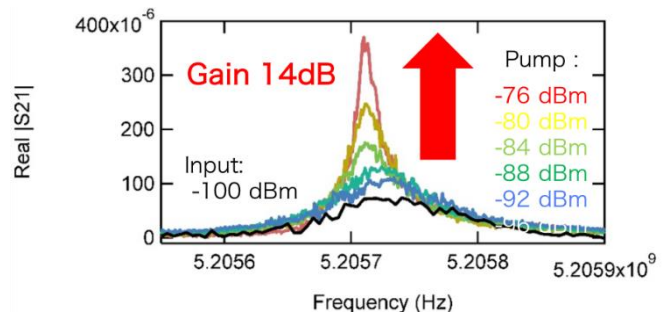
周波数が数GHzから数十GHz程度の電波であるマイクロ波は、携帯電話に代表される通信や、MRIなどに代表される医療、電子スピン共鳴・核磁気共鳴による化学分野、レーダーなど多くの分野において利用される重要な電波です。我々のグループは、絶縁体、誘電体として幅広く利用されている酸化シリコンに欠陥を導入することで、酸化シリコンの持つ誘電率に非線形性を誘起できることを世界で初めて実証しました。さらにこの非線形性を利用することでマイクロ波の増幅に成功しました。この成果はマイクロ波を利用する様々な技術（量子情報処理、核磁気共鳴、レーダー）と親和性が高く、通信・医療・化学分析などへの応用が期待されます。

### 研究内容

厚さ1  $\mu\text{m}$ 程度の熱酸化膜を有するシリコン基板上にニオブによって超伝導マイクロ波共振器を作製し、酸化膜中の欠陥準位集団と共振器中のマイクロ波を強く相互作用させた結果、酸化シリコンの誘電率にマイクロ波の強度に対する非線形性を誘起させることに成功しました。この非線形性はマイクロ波による欠陥準位（二準位系）の飽和現象として説明できます。さらにこの非線形性を利用することで、信号光をポンプ光によって増幅させるパラメトリック増幅に成功し14 dB程度のゲインを得ることに成功しました。



作製した増幅器と  
パラメトリック増幅の概念図



パラメトリック増幅の実験結果

### 連携可能な技術・知財

- ・ マイクロ波の増幅技術
- ・ 電子スピン共鳴、核磁気共鳴等の高感度化
- ・ 特願2019-105439 「酸化膜中不純物準位を用いたパラメトリック増幅器」
- ・ 本研究の一部は、科研費若手(A)「国際単位系改訂に向けた電気素量の絶対測定と高速超精密電流測定への展開」により行われたものです。