

200 GHz 帯直列接合型 SIS 素子の平面型伝送路によるインピーダンス整合回路の設計

The research of impedance matching circuit composed of planar transmission lines for superconducting SIS mixer based on series junction array in the 200 GHz band

名古屋大¹, 国立天文台², 大阪府立大³ ○山口 倫史¹, 中島 拓¹, 藤森 隆彰¹, 水野 亮¹,
宮地 晃平², 藤井 泰範², 江崎 翔平², 小嶋 崇文², Shan Wenlei², 上月 雄人³

Nagoya Univ.¹, NAOJ.², Osaka Prefecture Univ.³, Tomofumi Yamaguchi¹, Tac Nakajima¹, Ryuji Fujimori¹, Akira Mizuno¹,
Akihira Miyachi², Yasunori Fujii², Shohei Ezaki², Takafumi Kojima², Wenlei Shan², Yuto Kouzuki³

E-mail: t-yamaguchi@isee.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

我々は、オゾンなどの地球大気中の微量分子の多輝線同時観測に向けて、観測周波数 175-260 GHz をカバーする超伝導 SIS ミキサを用いた新たな大気ラジオメータのフロントエンドシステムの開発を行っている[1]。本研究では、175-215 GHz と 215-260 GHz を観測帯域とする 2 種類の SIS 素子の設計・開発を進めている。

SIS 素子の設計は、先行研究で開発実績のある 100 GHz 帯直列接合型 SIS 素子を基にした[2]。この設計では、feed point と SIS 接合間を結ぶインピーダンス整合回路は 2 種の平面型伝送線路 microstrip line (MSL) と coplanar waveguide (CPW) を交互に直列接続する事で構成され (Figure 1(a))、線路間には構造の不連続が複数存在する (Figure 1(b))。MSL と CPW の変換は不連続箇所寄生成分が生じる事が良く知られており、その対策が求められる。例えば先行研究では、線路端の幾何学的構造に依存して、CPW の実効的な電気長が伸長する事が報告されている[3]。そこで本研究では、寄生成分が MSL と CPW の不連続箇所主として CPW の電気長の伸長により生じると仮定し、CPW の物理長を短縮する事で補正が可能であるか調査した。

2. 実験方法

インピーダンス整合回路の設計では feed Point に入力される信号を SIS 接合まで低損失に伝える事が重要である。本研究では、まず高い周波数側の観測帯域 (215-260 GHz) で feed point から SIS 接合への信号の伝達率が 90% 以上になることを設計目標とし、電気回路シミュレータ (Keysight 社製 Genesys) によって電氣的な設計を行った。次に、Genesys では計算出来ない CPW と MSL の不連続面における電気長の伸長の影響を調べる為、有限要素法電磁界シミュレータ (ANSYS 社製 HFSS) でのモデル解析を行い、信号伝達率の周波数特性の変化を調べた (Figure 2)。その結果 HFSS による解析では Genesys を用いて得られた結果に比べ周波数特性が 30 GHz 程度低周波側へシフトする事が分かった。そこで、以下に示す 2 タイプの素子を製作し、各々の雑音温度の周波数特性を実測した。

• **Type1**: HFSS による電磁界解析に基づき設計した素子 (CPW 端部で電気長の伸長が起きていると仮定し HFSS によって計算された伸長分の物理長を短縮し補正を行った)

• **Type2**: Genesys による電気回路設計を基にした素子 (Type1 と比較し、周波数特性の定量的なシフト量の実測を目的とする)

3. 実験結果

製作した 2 タイプの SIS 素子の実測結果は、Type 1 の素子では測定した 219-249 GHz において比較的フラットな雑音温度特性が得られた一方、Type 2 の素子では 230 GHz より高い周波数で急激に雑音温度が上昇することが認められた。この結果は HFSS による解析結果と整合が取れており、不連続箇所の寄生成分は CPW の電気長の伸長でほぼ説明でき、かつ補正できる事を示唆している。ポスターでは、HFSS による信号伝達率の周波数特性のシミュレーション結果と、実際に測定された素子の周波数特性の比較の詳細を示す。

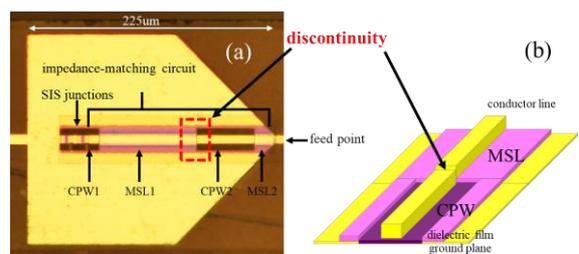


Figure 1. Overview of the SIS device and boundary area

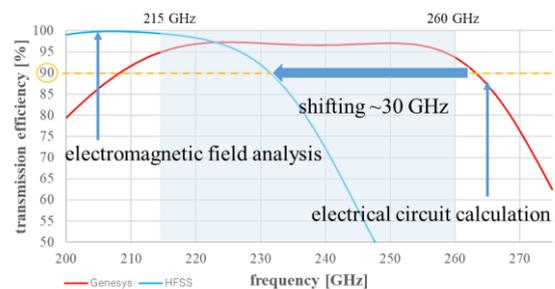


Figure 2. Frequency band shifting

参考文献

- [1] 原谷他, 2017年電子情報通信学会総合大会, C-2-46
- [2] H. Inoue, Ph.D. thesis, The University of Tokyo, 2012
- [3] K. Beilenhoff et al. IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., 41, 1534, 1993