

バランスド SIS ミキサを用いた 150 GHz 帯ジョセフソンアレイ発振器の特性評価

Evaluation of a 150 GHz Josephson Array Oscillator Using Balanced SIS Mixers

国立天文台¹, 情通機構², 総研大³, 産総研⁴ ○村山洋佑¹, 川上 彰², 鶴澤佳徳^{1,3}, Shan Wenlei^{1,3}, 牧瀬圭正^{1,3,4}, 増井 翔¹, 小嶋崇文^{1,3}, 宮地晃平¹, 江崎翔平¹
NAOJ¹, NICT², SOKENDAI³, AIST⁴ ○Y. Murayama¹, A. Kawakami², Y. Uzawa^{1,3}, W. Shan¹, K. Makise^{1,3,4}, S. Masui¹, T. Kojima^{1,3}, A. Miyachi¹, S. Ezaki¹

E-mail: yosuke.murayama@nao.ac.jp

我々は SIS ミキサを用いた低雑音・低消費電力のマイクロ波増幅器(SIS ミキサ増幅器)の開発を行っている。SIS ミキサ増幅器は、大規模超伝導量子コンピュータの読み出し増幅器や電波天文学の多画素ヘテロダイン受信機などへの応用が期待される。本増幅器は二つの SIS ミキサと一つの局部発振器(LO)で構成されるが、それらを一チップ上に収めるための前段試験として、各要素の特性評価を進めている。LO 源の候補として設計・試作した 150 GHz 帯ジョセフソンアレイ発振器は、同一チップ上に配置した SIS 検出器での測定により、良好な発振出力を持つことが確認された。今回、同発振器の発振出力、線幅、雑音特性など性能評価のため、国立天文台で開発した 150 GHz 帯バランスド SIS ミキサの LO 源として同発振器を用いた特性評価を行ったので報告する。

本測定では、導波管回路を介してジョセフソンアレイ発振器からのミリ波 LO 信号を SIS ミキサブロックへと導入する。LO 信号はホーンから導入される RF 信号とハイブリッドカップラにより結合され、SIS ミキサにて IF 信号として周波数変換されて出力される。Fig. 1 に発振器のバイアスオン/オフ時の SIS ミキサ I-V 特性を示す。LO 照射に伴う明瞭なフォトンアシストトンネルが観測でき、SIS ミキサを励起させるのに十分な LO パワーが供給されていることを確認した。LO 雑音を見積もるため、LO 周波数 146.7 GHz でホーンより 298 K および 77 K の熱放射を導入して IF 出力を得た(Fig. 1, 赤線および青線)。このとき、バランスドミキサを構成する二つの SIS ミキサに対し、同極性および逆極性にバイアスをかけた場合、それぞれで得られる IF 出力から LO 雑音温度を計算すると 4.2 ± 1.9 K となった。LO 雑音と併せて導出できる LO 雑音抑圧度 $LNR > 25$ dB より、LO の超過雑音を与える受信機雑音 (数 10 K) への影響は非常に小さいことがわかった。

Fig. 2 は信号発生器から 9 逡倍してホーンより導入した 139 GHz の RF 信号と混合させて得られた IF 信号のスペクトルである。RF 信号は線幅が非常に細いため、このスペクトルの形は LO 信号の線幅とスペクトルアナライザの分解能帯域幅(RBW)により決まる。その半値幅は 500 kHz と得られた。当日は、測定系や雑音導出方法、I-V 特性より見積もられたジョセフソンアレイ発振器の発振出力など詳細を報告する。

【謝辞】本研究は JST ムーンショット型研究開発事業(JPMJMS2067)の支援を受けて実施された。本研究は JSPS 科研費 JP22H04955 の助成を受けている。

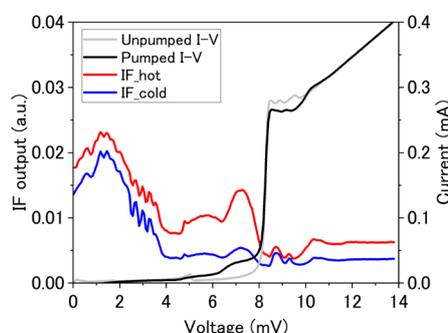


Fig. 1 Balanced SIS mixer I-V curve and IF outputs pumped by the 150-GHz oscillator

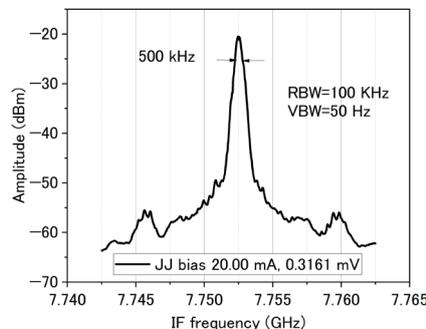


Fig. 2 LO spectrum converted in IF frequencies ($f_{RF} = 139$ GHz)