

SIS 接合におけるミリ波帯周波数アップコンバージョン利得の観測

Observation of Frequency Up-conversion Gain in SIS Junctions at Millimeter

Wavelengths

国立天文台¹, 電通大² °鶴澤 佳徳¹, (D)上月 雄人², 小嶋 崇文¹, 単 文磊¹

NAOJ¹, UEC², °Yoshinori Uzawa¹, Yuto Kozuki², Takafumi Kojima¹, Wen-Lei Shan¹

E-mail: y.uzawa@nao.ac.jp

超伝導体-絶縁体-超伝導体 (SIS) 接合は、ミリ波・サブミリ波帯の信号を低雑音でマイクロ波帯の信号にダウンコンバージョンする準粒子ミキサとして電波天文や地球環境観測分野などで広く利用されてきた。特にダウンコンバージョン時に利得を有することが理論的、実験的に確認されている[1, 2]。我々は、この SIS ミキサの周波数コンバージョン利得に着目し、高周波増幅器への応用を検討している[3]。すなわち、マイクロ波からミリ波への SIS アップコンバータと、逆過程の SIS ダウンコンバータのそれぞれが利得を有して接続されることで、低雑音・低消費電力の高周波増幅器になり得る。今回、SIS アップコンバータ単体の特性評価システムを構築し、利得を観測したので報告する。

評価システムを図 1 に示す。測定対象の Nb/AlOx/Nb アップコンバータをクライオスタットの 4-K ステージに配置する。クライオスタット外部からマイクロ波帯雑音源 (過剰雑音比 ENR の代表値 21 dB) の信号を、4 K に冷却した 20-dB 減衰器を通して入力する。W 帯の局部発振波によって周波数アップコンバートした信号をクライオスタット外部に取り出し、W 帯低雑音増幅器で増幅後、ショットキーダイオードミキサを用いて信号を観測する。システム全体の利得 (G_{sys}) は、図 1 の $G_{\text{cryo}} \times G_{\text{room}}$ となり、これをマイクロ波帯雑音源の On、Off により求める。独立に G_{room} は測定可能であり、

G_{sys} から G_{room} を除した G_{cryo} (含 減衰器損失、導波管損失等) から SIS アップコンバータ単体の利得を評価する。

図 2 に G_{cryo} の測定結果例を示す。図の 8 GHz 付近がアップコンバージョン信号の 0 GHz であり、その両サイドバンド (LSB と USB) の 1-2 GHz 帯を加算した平均値は -19.4 dB となった。これは減衰器単体の -20 dB を超えており、SIS アップコンバータには少なくとも導波管損失以上の利得があることを示唆している。

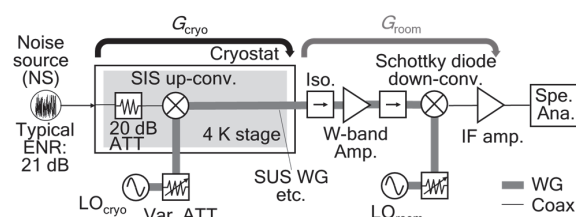


Fig. 1. A schematic diagram of an SIS up-converter gain measurement set-up.

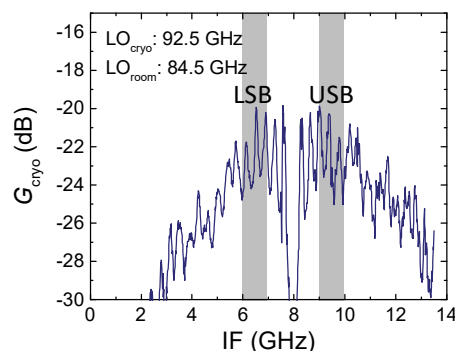


Fig. 2. A measured conversion gain of the cryostat part as a function of IF.

- [1] J.R. Tucker, IEEE J. Quantum Electron., vol. 15, no. 11, pp. 1234-1258 (1979).
- [2] T.-M. Shen, P. L. Richard, R. E. Harris, and F. L. Lloyd, Appl. Phys. Lett., vol. 36, no. 9, pp. 777-779 (1980).
- [3] T. Kojima, Y. Uzawa, and W. Shan, AIP Advances, vol. 8, no. 2, Art. no. 025206 (2018).