

V141a SIS ミキサによるマイクロ波増幅効果とその原理実証

小嶋崇文 (国立天文台), 鶴澤佳徳 (情報通信研究機構), 単文磊 (国立天文台)

ミリ波サブミリ波帯において、ヘテロダイン受信機のマルチビーム化は重要な将来開発課題となっている。マルチビーム化における課題の一つは、中間周波数帯の初段に用いる冷却低雑音増幅器である。たとえば、現在主流となっている半導体増幅器の典型的な直流消費電力は1-10 mW 程度あり、大規模なアレイ化は困難である。また、量子雑音に迫る低雑音と広帯域特性の期待できる超伝導パラメトリック増幅器に関しても周波数特性が大きいことやその動作物理温度が1 K 以下であることなど、現状では実用上の課題が多い。

今回我々は低雑音かつ低消費電力、また、物理温度4 K で動作する新たなマイクロ波超伝導増幅器を考案し、原理確認実験を実施した。本方式では、従来用いられてきた超伝導体-絶縁体-超伝導体 (SIS) ミキサを用いる。SIS ミキサはミリ波からマイクロ波への周波数ダウンコンバージョン時にある条件下で正の変換利得が得られることがよく知られている。一方、今回我々は、マイクロ波からミリ波への周波数アップコンバージョン時にも低雑音かつ正利得特性が得られることを実験的に観測した。これは2つのSIS ミキサを縦続接続し、それらを同一の局部発振器で駆動させることでマイクロ波増幅効果が得られる可能性を暗示している。

実験では野辺山宇宙電波観測所のFORESTに使用されている100 GHz 帯SIS ミキサを用いた。2つのSIS ミキサ間のインピーダンス干渉を避けるため、それらの間のミリ波導波管回路内に5-6 dB 減衰器を挿入した。利得測定にはネットワークアナライザを用いた。周波数91.9 GHz の局部発振波を入力し、利得を測定した結果、3-6 GHz において、典型的に3 dB の利得を観測した。これは減衰器での信号損失を除くとおよそ9 dB の電力増幅度が得られたことに相当する。詳細は講演の際述べる。