

SIS ミキサ増幅器励起用 100 GHz 帯ジョセフソンアレイ発振器

100 GHz Josephson array oscillator for SIS-mixer-based amplifier

情通機構¹, 国立天文台², 総研大³, 産総研⁴ ○川上 彰¹, 鶴澤佳徳^{2,3}, 牧瀬圭正^{2,3,4}

NICT¹, NAOJ², SOKENDAI³, AIST⁴ ○A. Kawakami¹, Y. Uzawa^{2,3}, and K. Makise^{2,3,4}

E-mail: kawakami@nict.go.jp

超伝導 SIS ミキサを用いたマイクロ波増幅器は、超伝導量子ビットにおける情報の読出し、サブミリ波帯ヘテロダイン受信機用 IF 増幅器など、小型で低雑音・低消費電力の増幅器として期待されている。同増幅器は二つの SIS ミキサを使用し、初段の SIS ミキサでマイクロ波帯の入力信号をミリ波信号へアップコンバージョンし、次段の SIS ミキサで、このミリ波信号をマイクロ波帯信号にダウンコンバージョンする。適切な条件下における SIS ミキサは周波数変換利得を有することから、この過程によりマイクロ波信号の増幅が期待できる。この時、両ミキサには、同一周波数のミリ波局部発振源が必要であり、そこで我々は、小型・低消費電力ミリ波発振器として、ジョセフソンアレイ発振器の検討を開始した。

ジョセフソン発振器は、交流ジョセフソン効果に基づく発振器である。しかし通常、ジョセフソン接合(JJ) 1 個当たりの発振出力は数十 nW と微弱であり、複数の JJ を位相同期させ、出力合成する必要がある。この位相同期の一手法として我々は、マイクロストリップ線路(MSL)共振器内に JJ を複数個配置し、共振器内定在波に各接合を同期させる、共振器一体型ジョセフソンアレイ発振器を提案している。しかし MSL 共振器内の半波長毎に JJ を配置する同構造では、JJ 数及び MSL 内波長に比例して発振器寸法が増大してしまう。発振器の小型化は、SIS ミキサ増幅器との集積化実現において重要な課題である。そこで今回、発振器を構成する MSL 共振器を半波長毎で分割し、個々の共振器を集中定数電極で接続、発振周波数の同期を行う、新たな共振器一体型発振器構造を考案、その特性評価を実施した。

今回、発振周波数及び出力を各々 100 GHz、1 μ W に設定、これを実現する JJ 数を 31 個とした。図 1 に試作した 100 GHz 帯共振器一体型ジョセフソンアレイ発振器を示す。発振器は、線路幅 36 μ m、特性インピーダンス(Z_0)約 5 Ω の MSL による半波長共振器の中央に 1 個の JJ を配置し、これを 31 個、集中定数電極で接続することで構成されている。また各々の JJ は、バイアスラインより並列に DC バイアスされる。本構造により発振器面積を従来構造の 1/5 以下に縮小することに成功した。発振器からの出力は、線路幅 4 μ m ($Z_0 \sim 35 \Omega$) の MSL を介して図中右方向に伝達し、途中、高周波電流計測用 JJ を通過、銅製のマイクロストリップ線路による整合負荷で消費される。この整合負荷と測定した高周波電流値から、発振出力を導出することができる。

図 2 に(a)発振器の I-V 特性、及び(b)発振時の検出器の I-V 特性を示す。発振器 I-V 特性から、約 210 μ V 及び約 410 - 440 μ V 付近に、発振器 MSL 共振器との結合による明確な電流ステップを確認できる。これら各電流ステップに電流バイアスすることで、発振出力が観測された。図 2(b)で示す検出器 I-V 特性は、今回、最大の発振出力を観測した時のシャピロステップを示している。観測された発振周波数及び出力は、各々 108 GHz、0.4 μ W であった。この時の発振器バイアス電圧 444 μ V は想定 of 2 倍の電圧値であり、発振器 JJ のパラメトリック動作によると考えている。詳細は当日報告する。

【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。

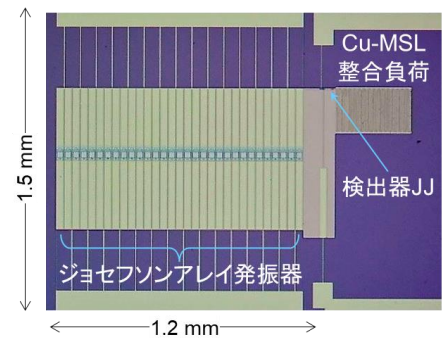
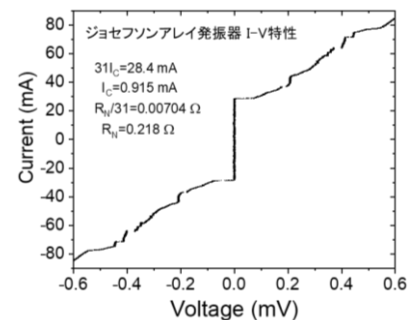
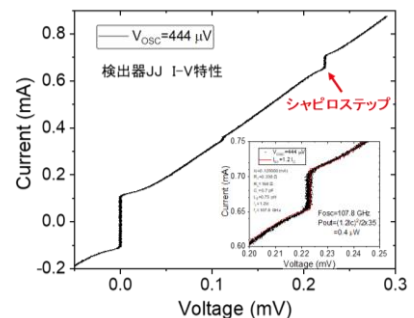


図 1 100 GHz 帯ジョセフソンアレイ発振器



(a) 発振器の I-V 特性



(b) 検出器で観測されたシャピロステップ

図2 発振器および検出器の電流-電圧特性