

Title	ジョセフソン点接合電磁波検出器に関する実験的研究
Author(s)	喜多, 定
Citation	大阪大学, 1983, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/33609
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	喜 多 定
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 6 1 7 3 号
学位授与の日付	昭 和 58 年 9 月 17 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	ジョセフソン点接合電磁波検出器に関する実験的研究
論文審査委員	(主査) 教 授 藤 澤 和 男 (副査) 教 授 難 波 進 教 授 末 田 正 教 授 浜 川 圭 弘 教 授 山 本 錠 彦

論 文 内 容 の 要 旨

電波天文学やプラズマ計測の分野で、ミリ波・サブミリ波の高感度検出の必要性が一段と高まり、これに応えるものとしてジョセフソン点接合を用いたハーモニックミキサが注目されている。しかしながら、ジョセフソン点接合ハーモニックミキシングの理論はまだ確立されておらず、系統的な実験もこれまで殆んど行なわれていない。そこで本研究では、ジョセフソン点接合ハーモニックミキシングの動作を実験的に明らかにすることを目的とした。

まず、動作特性を調べるために、高感度でしかも安定したジョセフソン点接合が必要不可欠である。それには“burn-in”プロセスを用いた調節型点接合が適しており、その作製方法を示した。この方法によりミリ波帯まで応答可能な点接合が効率よく作製できるようになった。

次に、70 GHz の信号波に対して、1次(基本波ミキシング)から8次までのハーモニックミキシングの実験を行ない、通倍次数が奇数の場合には通常の有限バイアス動作が存在し、偶数の場合には有限バイアス動作の他にゼロバイアス動作も存在することを明らかにした。また、変換効率(η)と通倍次数(N)との大まかな関係は、 $N \geq 2$ に対して有限バイアス動作の場合 $\eta \sim N^{-1.6}$ 、ゼロバイアス動作の場合 $\eta \sim N^{-1.4}$ であることを実験データから結論づけた。

特に、2次ハーモニックミキシングには次のような特長を持つことを明らかにした。まず、2次ハーモニックミキシングの変換効率は基本波ミキシングのそれと同程度であるかそれを越える場合がしばしば存在し、変換利得の得られる場合がある。その最良の値としては1.5 dBであった。このようにハーモニックミキシングで利得の得られたのは、本研究がはじめてである。次に、2次ハーモニックミキシングの雑音温度は、ゼロバイアス動作の方が有限バイアス動作よりも低雑音であり、その差はバイアス電

流のショット雑音に基づくものと推論した。ゼロバイアス動作で 121 K のミキサ雑音温度が得られ、ハーモニックミキシングとしてはこれまで最も低い値である。

最後に、点接合の実用性を考慮したカプセル形、ウェーハ形およびガラス封止形の素子を試作し、電磁波検出器としての性能を明らかにした。なかでも、ガラス封止点接合素子は、312 GHz の信号波に対して検波感度を持ち、10 回以上の熱サイクルに耐え、機械的振動にも耐え得ることが明らかとなり、実用性の高い素子が実現できた。

論文の審査結果の要旨

本論文はミリ波・サブミリ波の超高感度検出を目指すジョセフソン点接合電磁波検出器に関する実験的研究をまとめたものである。ジョセフソン点接合はその形状から、rf 特性が極めて優れているが、熱的および機械的に丈夫な素子が得難かった。本研究ではまずその製作技術に取組み、実用的なガラス管封止ニオブ点接合の製作に成功している。次に、サブミリ波・遠赤外波の検出に、ジョセフソン・ハーモニックミキサが極めて有用であることを提唱し、従来殆んど未解明であったその特性を 70 GHz 帯における一連の実験により解明することに成功した。その主な研究成果は以下に記すような点である。

- (1) 通倍次数が偶数の場合には、通常の有限バイアス動作の他に特有のゼロバイアス動作が存在可能である。このゼロバイアス動作はバイアス電流によるショット雑音を伴わず低雑音である。
- (2) 2 次ハーモニックミキサは基本波ミキサと同程度に高い変換効率を有しており、70 GHz 帯で変換利得も得られた例がある。
- (3) 変換効率 η の通倍次数 N に対する依存性は、有限バイアス動作に対し、荒い近似で $\eta \sim N^{-1.6}$ 、ゼロバイアス動作に対し $\eta \sim N^{-1.4}$ であり、共に半導体ミキサに比べて N の増加に対するその低下割合がゆるやかである。
- (4) ジョセフソンミキサの雑音温度測定技術を確立し、その雑音特性の測定を行った。そして最良データとして、70 GHz 帯の 2 次ハーモニックミキサのゼロバイアス動作で、ミキサ雑音温度 121 K を得たが、この値はハーモニックミキサとしては世界的にもトップデータである。

以上のように、本研究によりジョセフソン・ハーモニックミキサの諸特性が始めて明らかにされ、また実用的な固定型のニオブ点接合素子が開発されたことは大きな成果であり、電波天文その他への応用に明るい見通しを与えるものである。よって本論文は学位論文として価値あるものと認める。