

3.5.9 超伝導エレクトロニクスグループ

中期計画期間全体

目 標

情報通信分野における新たな周波数資源の開発、情報通信システムの超高速、大容量、極低消費電力化を図ることを目的として、化合物（10K 動作）や酸化物（77K 動作）超伝導積層薄膜作製基盤技術、超伝導体における量子効果を用いた新機能超伝導電子デバイスや回路技術に関する基礎研究を行い、技術的に未開拓電磁波領域であるサブミリ波、テラヘルツ帯での高効率発生、高感度検出技術、超高速・大容量情報通信のための超高速（クロック周波数：100GHz 以上）、低消費電力（半導体の千分の一）デジタル回路技術などを実現する。

目標を達成するための内容と方法

現在の超伝導デバイス・回路の主流であるニオブ（Nb）より高周波、高速、かつ高い温度で動作するニオブ化合物（NbN、NbCN など）、新しい超伝導 MgB₂ 及び酸化物高温超伝導材料を用いて、超伝導ジョセフソン接合、テラヘルツ帯 SIS ミキサ、ジョセフソン発振器、超伝導単一磁束量子（SFQ）素子とその集積回路の研究開発を行う。

特 徴

半導体デバイスより 1 桁ないし 2 桁以上の高速動作と低消費電力のデジタル回路素子とテラヘルツ帯高周波アナログデバイスの実現ができ、地球環境、宇宙電波などの微弱電・磁場計測分野に究極な高感度検出器と情報通信分野に超高速、極低消費電力の ATM スイッチ回路や次世代ソフトウェア無線用 AD コンバーターを提供する。

今年度の計画及び報告

今年度の計画

- (1) 超伝導積層薄膜作製及びデバイス化技術の研究
 - ① as-grown MgB₂ 薄膜の配向性制御と高品質化、all-MgB₂ トンネル接合の作製、特性評価
 - ② テラヘルツ帯電磁波デバイス用薄膜材料、超伝導接合及びデバイス加工法の開発
- (2) テラヘルツ帯電磁波発生・検出技術の研究
 - ① ALMA 応用を目指した 900 GHz 帯導波管型 NbN SIS ミキサの性能向上及びスケールモデル実験
 - ② テラヘルツ帯超伝導発振器、受信機及びその集積化技術の開発
- (3) 超伝導単一磁束量子素子及び集積化回路技術の研究
 - ① 大規模（1 万接合）SFQ 回路設計手法の確立及びデバイス、回路作製・評価
 - ② 光/SFQ インターフェース回路技術の検討

今年度の成果

- (1) 超伝導積層薄膜作製及びデバイス化技術の研究
 - ① 窒化アルミトンネルバリアを用いた all-MgB₂ トンネル接合の作製に世界で初めて成功した（図 1）。
 - ② 共蒸着法により MgB₂ 薄膜の品質向上を試み、超伝導転移温度を 36K に達成した。
 - ③ 厚さ 25nm 以上の厚い SiO₂ 薄膜の作製に成功した。
- (2) テラヘルツ帯電磁波発生・検出技術の研究
 - ① MgO 基板を用いた導波管型 SIS ミキサの RF 入力特性の解析を行い、基板厚さと基板幅の依存性を明らかにした。
 - ② ジョセフソンアレイ発振器を試作、1THz での発振に成功し、1.06THz で 8 nW の発振出力を確認した（図 2）。
- (3) 超伝導単一磁束量子素子及び集積化回路技術の研究
 - ① 大規模 SFQ 回路（1 万個接合）を駆動するのに必要とされる大電流バイアス回路を解析し、二つの設計手法を提案した。
 - ② 大規模及び高速（10GHz 以上）ビットエラーレート評価技術を確認し、10⁻⁸ の極めて低いビットエラーレートを達成した（図 3）。
 - ③ 光/SFQ インターフェース回路計測システムを設計・構築し、研究を開始した。

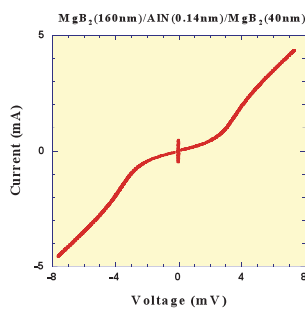


図 1 MgB₂/AIN/NbN トンネル接合の電流 (I) - 電圧 (V) 特性

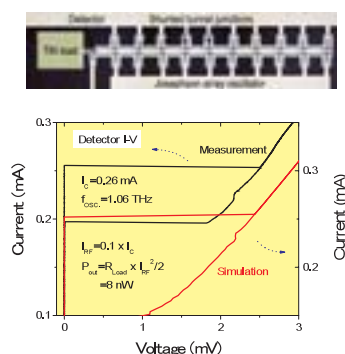


図 2 THz 帯ジョセフソンアレイ発振器（上）と動作特性（下）

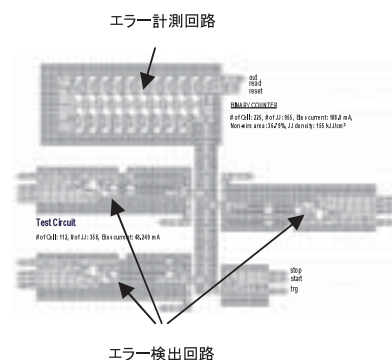


図 3 大規模 SFQ 回路ビットエラーレートの評価回路