

超音波半田を用いた電圧標準用素子の冷凍機実装の検討

ジョセフソン電圧標準の安定動作に向けて

- 極低温用素子を冷凍機実装する際に課題となる熱接触の改善策を検討中
- 超音波半田を用いたフラックスフリーな半田付けによりボイドを制御
- 意図的にボイド率を変化させて熱抵抗のボイド率依存性を測定

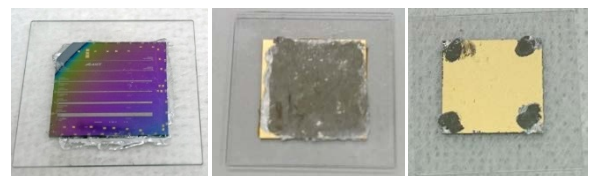
研究のねらい

機械式冷凍機を用いた超伝導素子の実装では、冷却ステージと素子間の良好な熱接触の確保が重要です。産総研のジョセフソン電圧標準システムでは、熱伝導率の高いサファイア基板に素子を半田付けしてから冷却ステージ上に実装する方法を用いています。しかし、半田付けする際に必要なフラックスの気泡により、半田層内にボイド（空洞）が生じてしまい、熱接触を劣化させることが懸念されています。本研究では、超音波半田付けによるフラックスフリーな手法を導入して熱接触の改善を試みました。また、意図的に半田層内のボイド率を変化させた場合の熱抵抗を測定し、その依存性を検討しています。

研究内容

右の写真は、超音波半田ごてを用いて作製した試料の例です。半田のぬれ性が向上し、従来必要だった金のバッファ層やフラックスを使用せずに、素子とサファイア基板の半田付けが可能になりました。

右下のグラフは、意図的にボイド率を変化させたときの熱抵抗の測定結果です。ボイド率が90%を超えると熱抵抗の急上昇が見られる一方で、80%以下の場合にはほぼ一定値になっており、事前に予想したモデル（熱伝導が面積に比例）とは異なる結果を示しました。その結果、ボイド率が小さい場合に期待された熱抵抗の改善は得られておらず、現在その原因や熱伝導メカニズムを解明するための実験に取り組んでいます。今後は、本研究をさらに進めることにより、ジョセフソン電圧標準システムの安定動作はもとより、極低温への冷却を必要とする他の量子デバイスの研究にも貢献することを目指します。



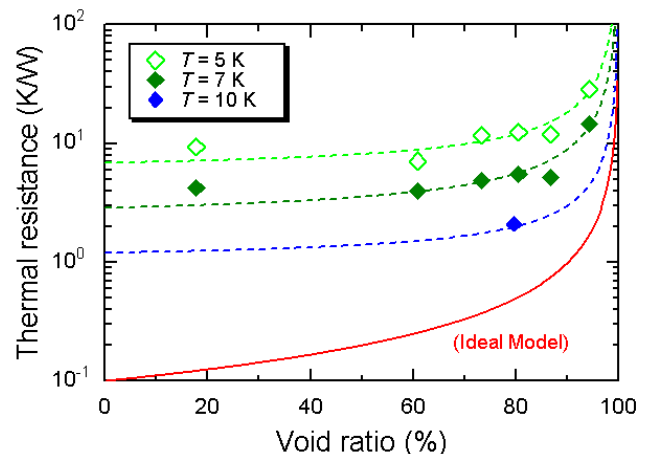
表面

裏面

裏面

(ボイド率: 18%) (ボイド率: 85%)

超音波半田ごてを用いて接着された試料



熱抵抗のボイド率依存性

連携可能な技術・知財

- ジョセフソン電圧標準素子の冷凍機システム開発
- 電圧発生器および電圧測定器の安定度評価（技術コンサルティング）
- 電圧発生器および電圧測定器のリニアリティ評価（技術コンサルティング）