

Title	超伝導素子実装用部品の製作技術に関する研究
Author(s)	大平, 文和
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/1791">http://hdl.handle.net/11094/1791</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名・(本籍)	おお 大	ひら 平	ふみ 文	かず 和
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8 4 8 3	号	
学位授与の日付	平成元年	3月	2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	超伝導素子実装用部品の製作技術に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 井川 直哉			
	教授 山田 朝治	教授 森 勇蔵	教授 西原 浩	

## 論文内容の要旨

本論文は、ジョセフソン素子を用いた高速計算機（以下ジョセフソン計算機という）実現のための、超伝導素子の高密度実装技術及び高精度実装部品の製作技術の確立を目的とする研究をまとめたもので6章よりなっている。

第1章では、ジョセフソン計算機の概要、実装部品の加工技術等の研究の背景につき概観し、本研究の位置付けと意義を述べている。

第2章では、超伝導素子の実装構成法を検討し、三次元立体構成により高密度化が可能であることを示している。また、各電気的接続部につきソルダ、水銀球、塑性接触等を用いた最適接続形態を設計している。

第3章では、素子搭載基板接続用マイクロコネクタの設計、製作技術について研究している。まず、(100)面シリコン基板の異方性エッチング技術により、三次元形状部品の高精度 ( $\pm 3 \mu\text{m}$ ) 加工を実現し、ソケットキャビティを形成している。次に、接続媒体となる水銀の微量定量注入法を考案し、所定量 (直径  $210 \mu\text{m}$ ) の高精度 ( $\pm 10 \mu\text{m}$ ) 自動注入を可能にしている。ピン加工法としては、穴形成メタルマスクを電極とした放電加工法により、直径  $90 \mu\text{m}$  の微細径のピンの高精度、一括形成を可能にしている。また、シリコン基板の放電加工によるピン固定用基板の製作法、およびソルダによる一括ボンディング法を確立し、位置精度  $\pm 5 \mu\text{m}$ 、ボンディング強度  $30 \sim 40 \text{ gf}$  / ピンを達成している。その結果、従来にない、高密度でかつ極低温域で使用可能なマイクロコネクタを実現している。

第4章では、ソルダによる基板間の配線接続技術を検討している。まず、ソルダパッド間の高精度位置合わせ法により、接続部ピッチ  $100 \mu\text{m}$  で配線間の接続を可能にしている。また、配線基板上にボンデ

ィングしたボールと外部ケーブルとの塑性接触型接続構成を検討し、ピッチ400 $\mu\text{m}$ の高密度接続を実現している。

第5章では、各部品製作技術を統合して三次元実装モデルを製作し、従来にない高密度実装構成体を実現し、本実装体につき、極低温域での機械・電気的特性評価を行っている。また温度変化に起因する部品の変形を拘束する支持法により、極低温域で確実な接続を実現している。そしてこれら部品のヒートサイクル下での評価の結果、各部品の欠損、破壊等はないことを確認する一方、本実装体の各接続部の直流抵抗値を測定評価し、いずれも充分実用に供し得ることを示している。以上の結果、ここで開発した技術により、超伝導素子の特徴を生かす三次元高密度実装システムを実現し得る見通しを得ている。

第6章では、本研究の主な結果を総括している。

### 論文の審査結果の要旨

超高速計算機の実現のためには、優れた高速性を持つ素子の開発とともに、その特性に見合う高密度な素子配置並びに配線接続技術、関連する微細部品技術などを含む、いわゆる実装技術が極めて重要な課題となる。

本論文は、ジョセフソン計算機を想定し、液体ヘリウム温度で用いられる実装構造体の構成法、構成部品の設計及びその製作法の詳細な検討を行って、従来にない小型・高密度実装構造体を試作し、その信頼性評価を行い、十分な性能を実現した研究をまとめたもので、とくに次の諸点が注目される。

- (1) 将来予想される計算機の仕様を考慮しつつ実装形態を提案し、それに対応して考案したマイクロソケット、マイクロピン及びそれらの関連部品の設計並びに製作技術を完成している。
- (2) 詳細な検討によって、微細ソルダ接続技術、塑性接続技術などを開発し、部品技術と組合せて、100 $\mu\text{m}$ オーダのピッチを持つ高密度実装体実現のために極めて重要でかつ汎用性に富む高度技術を実現している。
- (3) これらの実装体については、常温と極低温間の熱サイクル下で個別に特性評価を行うとともに、高速論理動作実験にも供され、システムレベルでも十分な実用の見通しを得ている。

以上のように本論文は極低温で用いられる電子素子高密度実装技術に関し、工学的並びに工業的に有用な多くの新しい知見を得ており、マイクロ機素設計学や微細加工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。