

超伝導デバイス用3次元実装技術における 超伝導バンプアレイの電気的評価



SATテクノロジー・ショーケース2021

■ はじめに

我々は次世代のX線検出器として高エネルギー分解能を有する超伝導トンネル接合(STJ)に注目し、研究を行っているが、アレイ化によって実効的な検出面積を拡大させることが求められている。そこで、我々は、フリップチップ接続(FCB)を用いた3次元実装構造を提案している[1]。

本研究では、FCBにおいてSTJ素子の熱による特性劣化を防ぎながら超伝導接続が可能なPb-In合金バンプを用いた熱圧着FCB法[2]により、14400個からなる超伝導バンプアレイの極低温環境(4.2K)における電気評価を行った。

■ 活動内容

1. 超伝導バンプアレイの作製

図1にFCBを行うためのバンプアレイチップ(図中のChip)と配線基板(図中のSubstrate)の断面構造を示す。両デバイスとも熱酸化したSi基板/超伝導配線層Nb(200 nm)/Ti(10 nm)/Au(30 nm)の共通構造を持つ。バンプアレイチップではPb-10wt%Inバンプ(10 μm ϕ \times 6 μm h)を形成した。

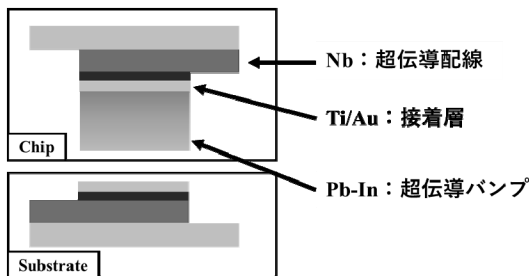


Fig1. Cross-sectional view of the sample

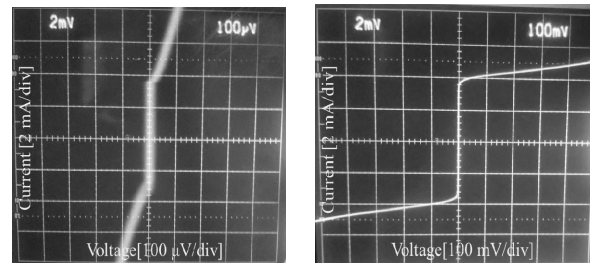
2. フリップチップ接続の条件

熱圧着条件としては、120°C以上で生じるSTJの特性劣化を防ぐために100°Cにした。また、時間と荷重はPb-Inバンプの表面と他方のAu電極パッドが相互拡散することとバンプの直径が隣接電極と短絡しない2倍以下となることを考慮し、7 mN/bump、20 minとした。

3. 単一バンプとバンプアレイのI-V特性

上記の条件でFCBしたサンプルの4.2 K下の極低温下

におけるI-V特性を測定した。図2(a)に単一バンプ、図2(b)に14400個のバンプアレイのI-V特性を示す。同図より、単一バンプおよび14400個のバンプアレイの臨界電流値はそれぞれ3.6 mAであった。また、常伝導抵抗値はそれぞれ約20 m Ω 、約300 Ω であり、良い比例関係性を示した。以上からPb-10wt%In合金バンプとAu電極パッドの低温(100°C)の熱圧着による合金化反応を用いたフリップチップ接合が均一性の良い超伝導接合特性を有し、かつ、信頼性が高いことが分かった。これらのことから、本技術はSTJ検出器の3次元実装構造実現にきわめて有効であることが示された。



(a) Single bump I-V (b) Array bump I-V

Fig2. I-V characteristic of single and array bump

■ 参考文献

- [1] T. Ishizuka et al., 74th The Japan Society of Applied Physics, 17 p-C10-20 (2013).
- [2] M. Aoyagi et al., 13th The Japan Institute of Electronics Packaging, 18B-12(2002)
- [3] Y. Hayashi et al., 80th The Japan Society of Applied Physics, 19 p-C207-9 (2019).

■ 関連情報等(特許関係、施設)

本研究(の一部)は(国研)産業技術総合研究所ナノプロセス施設において実施されました。

代表発表者
所属

三友 歩(みとも あゆむ)
埼玉大学大学院
国立研究開発法人産業技術総合研究所
デバイス技術研究部門
3D集積システムグループ
〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1
中央第1本部・情報棟
TEL: 029-861-3497
mitomo.ayumu@aist.go.jp

問合せ先

■キーワード: (1)超伝導
(2)フリップチップ接続
(3)バンプ

■共同研究者: 仲川 博(産総研)
青柳 昌宏(産総研)
菊地 克弥(産総研)
成瀬 雅人(埼玉大)
明連 広昭(埼玉大)
田井野 徹(埼玉大)