

2023 年度年次報告書

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム

2022 年度採択研究代表者

井上 史大

横浜国立大学 大学院工学研究院

准教授

3D チップレット型ヘテロ量子デバイスの創生

研究成果の概要

超伝導量子コンピュータ向けに開発されている超伝導 TSV はいくつか論文化されているが、すべて Al や Nb などの厚膜蒸着が使用されている。しかしそれらの手法はコスト、高集積化どちらにおいても現実的ではない。低コストで厚膜堆積可能かつ微細孔への埋め込みにはめっきが適していると捉え開発を進めた。TSV やハイブリッド面形成において、めっきプロセスではシード層が必要となる。現在までに Cu シードや Pt 基板上での In めっきの反応機構解明に取り組んできたが、Cu や Pt は超伝導性がなく量子コンピュータ応用では最適ではない。そこで Ru($T_c=0.49\text{K}$)をシード層とする In($T_c=3.2\text{K}$)めっきを中心に開発を進めた。

まずは基礎検討として InCl をベースとするめっき浴を用いて Ru 上の電解めっきを施したところ、やはり強いターミナルエフェクトの発現が確認された。そこでめっき浴の伝導率を調整し、電気化学法を用いてめっき浴の解析と調整を進めた。結果、伝導率を下げることで 4 インチウエハ上での全面に In 堆積を確認した。ここで開発した In めっき浴は半導体パッケージング工程向けに市販されている In めっき浴より優れた Ru 上でのめっき特性を示した。さらにこの浴を使用することによって、ハイブリッド接合パターンの埋め込みが可能であることを実証した。さらにはめっき In 膜の超伝導性を確認し、蒸着膜同様に熱処理(150 度)後は $T_c=3.2\text{K}$ であることを確認した。また次のステップである CMP の準備として In に最適な CMP スラリー条件の開発を開始した。まずは Cu 用の酸性、Ta 用酸性とアルカリ性のシリカベースの 3 種類を比較検討し、電気化学測定の結果 Ta 用の酸性ベーススラリーがもっとも研磨速度が安定すると確認した。次のステップとして TSV パターンへの埋め込み性を確認すべく、パターン形成を開始している。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Koki Onishi, Hayato Kitagawa, Shunsuke Teranishi, Akira Uedono, and Fumihiko Inoue, ACS Appl. Electron. Mater. 2024, 6, 4, 2449–2456