

MERIT インターンシップ（国内）報告書

工学系研究科 マテリアル工学専攻
博士課程 1 年 / MERIT-WINGS 10 期生
曹 旻鑒

インターンシップ概要

- ・ 受入れ先：株式会社メルビル
- ・ 実施期間：2022 年 11 月 7 日～2022 年 11 月 25 日, 2022 年 12 月 5 日～2022 年 12 月 16 日
- ・ 研究課題：ペルチェ素子搭載型 FIB 試料ステージを用いた試料損傷低減手法の開発

研究背景

集束イオンビーム法 (focused ion beam, FIB) は、細く絞ったガリウムイオンビームを試料に照射することで、透過型電子顕微鏡 (transmission electron microscope, TEM) 用観察試料を高いスループットで作製可能な手法であり、近年盛んに用いられている。しかし、ガリウムイオン照射時の試料原子のノックオンと試料温度の高温化により、空孔の形成と拡散による転位ループやボイドなどの二次欠陥の形成、ガリウムと試料原子のミキシングといった試料損傷が長らく問題とされている [N. I. Kato, J. Microsc., 53 (2004)]. 一方で近年、高精度な駆動機構を持つ微小電気機械システム (micro-electro mechanical system, MEMS) デバイスを用いることで、精密に制御された機械試験を行うことが可能な TEM その場機械試験システムの開発と応用が進められている [T. Sato, et al., Nat. Commun., 13 (2022)]. しかし、MEMS デバイス上に試料を貼付して FIB 加工するため、高いスループットで TEM 観察用試料の作製を行うには、MEMS デバイスに対応した FIB 試料ステージの開発が必要とされている。

電子顕微鏡関連装置の開発を主業務としている株式会社メルビルは、 -90°C まで安定的に冷却することが可能なペルチェ素子搭載型 FIB 試料ステージの開発・製品化を行った。本製品を用いて試料ステージの冷却中に FIB 試料作製を行うことで、二次欠陥の形成とミキシングを抑制できる可能性が期待される。加えて株式会社メルビルが独自に培った精密機械加工と設計技術を用いることで、MEMS デバイスに対応したペルチェ素子搭載型 FIB 試料ステージの開発が可能である。そこで本インターンシップでは、私が博士課程で行っている MEMS デバイスを利用した TEM その場機械試験法の研究に関連して、以下 2 点を研究課題として設定した。

- ① ペルチェ素子搭載型 FIB 試料ステージを用いた金単結晶試料損傷低減手法の検討
- ② MEMS デバイス用ペルチェ素子搭載型 FIB 試料ステージの考案・設計

活動内容

研究課題①では、金単結晶試料を対象とした FIB 冷却加工による試料損傷への影響を評価するため、ペルチェ素子搭載型 FIB 試料ステージを用いて、室温と-90°Cの条件で薄膜化した FIB 試料を作製した。各試料の薄膜部分を対象に TEM 観察を行ったところ、室温で薄膜化した試料には転位によるコントラストが多くみられる一方、-90°Cで薄膜化した試料には析出物によるコントラストが多くみられた。これは導入されるガリウムの拡散が抑えられることで、局所的にガリウムが濃化して金との合金を析出したためだと考えられる。

研究課題②では、Autodesk 社製の Fusion360 を用いて MEMS デバイス用ペルチェ素子搭載型 FIB 試料ステージの考案・設計を行った。考案・設計過程では、冷却効率を上昇させるために試料ステージとペルチェ素子との接触面積を最大化すること、FIB 内でのその場機械試験に対応させるために試料ステージに導線の配置箇所を設けること、スループットを向上させるために試料ステージを外部から傾斜させる機構を設けることを考慮した。その結果、FIB 内で冷却・機械試験・外部からの試料傾斜制御が可能な試料ステージの設計に成功した。本試料ステージは後日実際に機械加工して頂き、今後の研究に応用する予定である。

所感

本インターンシップにおいては、設定した研究課題に取り組むことで科学的知見が得られたことに加えて、装置開発現場での仕事体験やヒアリングを通して、これまでの研究活動では体験できなかったような装置開発という立場からものづくりの醍醐味を味わうことができた。また、経営者との距離も近かったことから、ビジネスという立場からものづくりを俯瞰する視点も身に着けることができ、産学連携の重要性を強く感じた。そして本インターンシップを通して得られた最も大きな知見は、異分野の産業界などでの活動が専門分野の理解を深めることに大きく役立つことである。今後は積極的に異分野でもヒアリングし、俯瞰的視点を養っていきたい。

謝辞

本インターンシップに際して、温かく受入れてくださった株式会社メルビルの皆様に心からお礼申し上げます。皆様が携わる業務や知見を共有して頂き、産業界への理解を深めることができました。特に、お忙しい中時間を割いて会社運営や機械設計に関して指導くださった宮崎裕也様、装置の操作や実験方法に関して指導くださった権堂貴志様にはこの場を借りて深くお礼申し上げます。また、本インターンシップの機会を与えて頂いた指導教員の柴田直哉先生、副指導教員の柳田剛先生、MERIT プログラムを運営されている先生方ならびに事務局の皆様に感謝申し上げます。