

補助事業番号 2024M-421
補助事業名 2024年度 自己修復可能な高融点金属とシリコン微小電子線源結晶の
創製と真空電子デバイス開発への応用 補助事業
補助事業者名 鈴鹿工業高等専門学校 電気電子工学科 西村高志

1 研究の概要

本研究では真空電子デバイスへ応用を想定した電子線源結晶の成長をその電子線照射特性の評価を行った。従来、電子線源は電解研磨法で製作されることが多く、そのため金属電子源を集積化するのは困難であった。そこで本研究では新たに材料凸融液の局所静電プロセス法を開発し、チタンや白金、タングステンなど材料を選ばずに電子線源結晶を成長できることを発見した。さらにこの電子線源結晶よりフィールドエミッションを測定することができた。

2 研究の目的と背景

近年、宇宙開発や廃炉作業などの進展に伴い放射線や熱に強い電子デバイスの開発が重要となっている。このような耐環境特性の高い電子デバイスの一つに真空電子デバイスがある。真空電子デバイスは真空中の電子の運動を利用するために熱や放射線に強い。一方で真空電子デバイスの開発に必要な微小電子線源の開発は現在遅れており、シリコン (Si) でしか集積化することができず耐久性に問題があった。

そこで本研究では微小電子線源を製作する新たな手法の開発を目指した。局所融液を静電応力で引き上げ成長することにより結晶成長の原理を利用した電子線源の製作手法を研究し、耐久性の高いチタンや白金、高融点金属の電子線源結晶の製作を目指した。さらにその自己修復特性と電子線放出特性の評価も行った。

3 研究内容

<https://researchmap.jp/t.nishimura/%E7%A0%94%E7%A9%B6%E3%83%96%E3%83%AD%E3%82%B0>

(1) レーザ局所加熱装置の開発

本研究では金属や半導体の局所融液を凸形状にし、そこへ高電圧を印加する所で強い静電応力で融液を引き上げ成長させる。そのためにもまずレーザ局所加熱ができ、さらに高電圧を印加できる装置の開発を行った。レーザ加熱出力はシーケンサによりコントロールするためのシステムを構築した。また、電子線源結晶の先端部を観察するため電界放射顕微鏡 (FEM) の開発も行った。



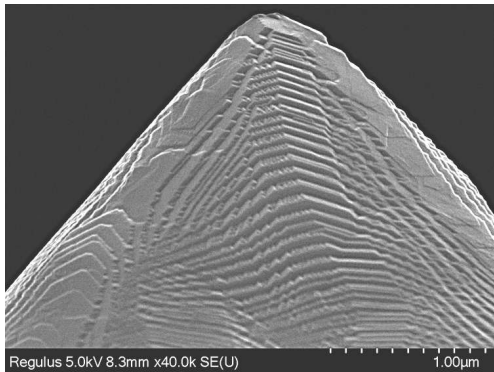
開発したレーザ加熱装置

(2) 局所静電プロセッシング法による電子線源結晶の成長と電子線照射特性の評価

レーザ加熱により局所領域で形成した凸融液へ高電圧を印加し、静電応力にて引き上げ成長させる方法を研究した。線材先端部を局所溶融し、適切に高電圧を印加すると融液が引き上げられ先端部がファセット面で囲まれた電子線源結晶が成長する現象を発見した。この現象を用いてチタン、白金、タングステンの電子線源結晶の製作に成功した。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究では材料凸融液の静電プロセッシング法を開発し、金属や半導体の電子線源結晶を形成できることを明らかにした。この手法により材料を選ばずに先端がファセット面で囲まれたナノスケールで鋭いプローブ結晶を製作することができた。この成果を応用することで、金属3Dプリンタの高精細化や医療用マイクロプローブの開発、プローブ顕微鏡の探針開発などへ応用が期待できる。



静電プロセッシング法で製作した電子線源結晶の電子顕微鏡像

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究室ではこれまで電解研磨法による金属プローブの開発によりタングステンのナノプローブ結晶の製作に成功し、走査型トンネル顕微鏡を用いた表面科学の研究を行ってきた。さらに局所融液の研究も進め、磁場を印加することでローレンツカの影響を強く受けることも発見してきた。本研究では以上の成果を基盤として、局所融液の静電場での応答を研究しナノプローブ結晶の製作に挑戦した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

学術論文

- 1) T. Nishimura, Electrostatic stress-driven pull-up growth of molten Titanium via laser irradiation, Jpn. J. Appl. Phys., 2025-04-28 Accepted.

- 2) T. Nishimura, Electromagnetic force-driven pull-up growth of surface-melted silicon by laser irradiation and resistive heating current, Jpn. J. Appl. Phys. 64, 035502, 2025年

7 補助事業に係る成果物

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 鈴鹿工業高等専門学校電気電子工学科
(スズカコウギョウコウトウセンモンガッコウ)

住 所： 〒510-0294
三重県鈴鹿市白子町

担 当 者： 准教授 西村高志 (ニシムラタカシ)

担 当 部 署： 電気電子工学科 (デンキデンシコウガクカ)

E - m a i l : takashi@elec.suzuka-ct.ac.jp

U R L : <https://www.suzuka-ct.ac.jp/>
<https://www.suzuka-ct.ac.jp/elec/school/index.html>