

論文審査の結果の要旨

電子ビームは、微細な物質構造や物理化学現象を探るプローブであり、また、金属溶接や 3D プリンタなど、金属加工の熱源への応用もなされており、材料開発、医療、生命科学、製薬、セキュリティ、半導体産業など広範な産業分野の基盤技術である。本研究は、究極的に高い輝度をもつ電子ビームを放つ単原子電子源と呼ばれるナノ材料を扱う。これまでの単原子電子源の研究では、国内外のグループでそれぞれ異なる方法で作られてきたが、どれも物性評価を主眼とする基礎研究に限られ、実際の電子光学装置に実装できない、または、不純物混入リスクが高く十分な電流安定性を達成できない作製法によるかであり、どの方法も応用研究への発展を躊躇させる問題があった。本研究は、簡易な通電加熱のみの操作で異物原子の混入リスクもない、新たな作製法を提案し、その有用性を実証した。また、低い歩留まりや構造形成の停滞など、実用上不可避な問題に対しても系統的な実験を通じ、もともになる材料に求められる要件を明らかにし、今後の開発の指針を提示した。

本論文は、8 章から構成される。第 1 章は諸言である。電子ビームの高輝度化競争の歴史を踏まえ、現在の問題点を概観し、本研究の目的と手法の方針を述べる。第 2 章は単原子電子源の作製で生じる原子の拡散移動と結晶構造形成の理論を解説する。第 3 章は実験装置と方法を述べ、試料準備や評価法における厳密さと限界を解説する。また、新たな作製法である表面拡散法が説明される。第 4 章は表面拡散法の有用性が示される。第 5 章は単原子電子源のもともになるタングステン (W) 針の針先の先鋭度に注目し、W 針の先鋭度に対する単原子電子源の原子構造の依存を明らかにした。さらに、過去の実験と理論の研究を引用し、その依存性のメカニズムを説明した。第 6 章は酸化物を原料として、単原子電子源作製の試みをまとめる。コンセプトは一目に値するが、異物の酸素が混入し特性が劣化する従来の研究結果を追認する。第 7 章では、表面拡散法に必要な貴金属供給源を、第 4 章の薄膜の形態から直接溶接された固体に変えた。その結果、同じように作製できることを明らかにした。この成功は、表面拡散法の有用性をさらに高められることを意味する。第 8 章は総括で、今後の可能性と方針が述べられる。

以上のように、本博士論文は、学位論文としての条件を備えていると評価できる。また、本人がディプロマポリシーに示された能力を十分に身につけていることも確認した。従って、学位を授与することを妥当なものと判断する。