

Title	透過型電子顕微鏡におけるコンピュータ予測制御型低 ドーズシステムの開発
Author(s)	林田, 美咲
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48432
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていない ため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利 用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文につい て 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	はやし 林 田 美 咲
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21114 号
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科物質・生命工学専攻
学位論文名	透過型電子顕微鏡におけるコンピュータ予測制御型低ドーズシステムの開発 Development of computer-assisted minimal dose system for transmission electron microscopy
論文審査委員	(主査) 教授 高井 義造 (副査) 教授 伊東 一良 教授 渡部 平司 教授 金谷 茂則 教授 福住 俊一 教授 宮田 幹二 教授 菊地 和也 教授 兼松 泰男

論文内容の要旨

本論文は、透過型電子顕微鏡 (TEM : Transmission electron microscope) において電子線損傷を受けやすい試料を観察するための最適な条件を決定し、それを元にコンピュータ予測制御型低ドーズシステム (以下、低ドーズシステムと呼ぶ) の設計、開発を行い、実際の観察に応用した結果をまとめたものである。

第 1 章では、本研究の背景について述べた。まず、試料が電子線により損傷を受ける現象について説明をした。次に、電子線損傷を受けやすい試料を観察する際に得られる像の像質について数式を用いて説明を行った。そして、コンピュータを用いた電子線損傷を減らすために開発されてきた手法やシステムについて説明を行った。次に、電子線損傷の低減を目指した近年の装置開発の現状と方向性について示し、本研究の位置付けと目的を記述した。

第 2 章では、分子間力が電子線照射に弱い銅フタロシアニンの結晶を試料に用いた試料損傷の定量評価について述べた。損傷の少ない状態で分解能のよい像を得るためには、加速電圧を低くし、電流密度を少なくすることが必要であるという結果が得られたことについて述べた。

第 3 章では、低ドーズシステムの設計と特性評価について述べた。まず、低ドーズシステムを構成する実験装置について説明をし、次にその設計方針について説明を行った。そして、最終像撮影以前の電子線照射量を最小限にするために提案した新たな TEM 操作方法について述べた。次に、本研究で新たに取付けた静電型のビームブランカーが、50 マイクロ秒で電子線の ON/OFF 制御が実現可能であることを述べた。最後に、提案したカメラのノイズの評価方法と実際に評価した結果について述べた。

第 4 章では、低ドーズシステムの開発について述べた。まず、3 章で提案した操作方法を実現するために必要な TEM の動作特性の評価を行った結果について述べた。そして、通常は電子線を連続的に照射しながら行う試料の移動、明るさの調整、電子線のセンタリング、焦点合わせ等の操作を数十ミリから数百ミリ秒の電子線照射で実現できることを示した。次に、加速電圧を変調させてスルーフォーカスシリーズを撮影する際に、電子線の集束作用で明るさが変化するという問題を解決するために行った特性評価と解決方法について述べた。次に、システムに組み込んだ画像処理方法

について述べた。最後に低ドーズシステムを統合的に制御するために作成したソフトウェアの詳細について述べた。

第5章では、低ドーズシステムを用いて、実際に TEM 観察を行った結果について述べた。最初に、一連の操作のデモンストレーションについて述べた。次に、電子線損傷を受けやすいと知られている銅フタロシアニン薄膜とゼオライトを試料として、実像での観察を行った結果について述べた。最後に本研究の今後の展望について述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、透過型電子顕微鏡 (TEM : Transmission electron microscope) において電子線損傷を受けやすい試料の高分解能観察を目指して、最適な照射条件の検討を行い、さらに、最終像撮影以前の電子線照射量を最小限にするためのコンピュータ予測制御型低ドーズシステム (以下、低ドーズシステムと呼ぶ) の設計、開発を行った結果をまとめたものである。

第1章では、本研究の背景について述べている。これまでに電子線損傷の低減を目的として開発されてきたコンピュータを用いた手法やシステムについて説明を行い、本研究の位置付けを明らかにしている。

第2章では、分子間力が電子線照射に弱い銅フタロシアニンの結晶を試料に用いた試料損傷の定量評価について述べている。損傷の少ない状態で分解能のよい像を得るためには、電子線照射領域を小さく、電流密度を少なく、さらに加速電圧を低くすることが有効であることを明らかにしている。

第3章では、低ドーズシステムを構成する実験装置と、その設計方針について説明を行っている。TEM の試料ステージの上部に新たに取り付けた静電型のビームブランカーは、従来から用いられている磁界型偏向コイルの 100 倍以上の速度で電子線の ON/OFF 制御を行えることを述べ、開発した静電型ビームブランカーが低ドーズシステムの重要な要素技術になることを示している。

第4章では、低ドーズシステムの開発について述べている。まず、3章で提案した操作方法を実現するために必要な TEM の動作特性の評価を行った結果について述べている。そして、通常は電子線を連続的に照射しながら行う試料の移動、明るさの調整、電子線のセンタリング、焦点合わせなどの最終像撮影以前の操作を、低ドーズシステムを用いることにより合計数百ミリ秒のパルス電子線照射のみで実現でき、最終像撮影以前に試料に与えてしまっていたドーズを従来の 1/20 以下に抑えられることを示し、電子線損傷低減に極めて有効に機能することを述べている。

第5章では、開発した低ドーズシステムを用いて、実際に TEM 観察を行った結果について述べている。電子線損傷を受けやすいと知られている銅フタロシアニンとゼオライトの高分解能像を、損傷を受ける前に撮影することに成功しており、本システムが電子線損傷を受けやすい試料の観察に有効に機能することを実証している。

最後に総括として、本論文のまとめと今後の課題、将来への展望について記述している。

以上のように、本論文は TEM において電子線損傷を受けやすい試料を観察するためのシステムの開発について記述したものであり、その成果は応用物理学、特に電子顕微鏡学の今後の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値があるものと認める。