

電気電子情報工学科

キーワード

電子光学、収差補正器、微分代数、電子顕微鏡、電子線トモグラフィー、超高压電子顕微鏡



教授 / 博士 (工学)

西 竜 治

Ryuji Nishi

学歴

大阪大学工学部電子工学科、大阪大学大学院工学研究科電子工学専攻博士前期課程

経歴

大阪大学助手、学内講師、准教授 超高压電子顕微鏡センター
応用物理学会 ナノ荷電粒子ビーム産学連携委員会委員長
日本顕微鏡学会電子光学設計技術研究部会幹事

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

電子光学 (収差理論含む)、電子顕微鏡装置、電子線トモグラフィー (CT)

メールアドレス

rnishi@fukui-ut.ac.jp

主な研究と特徴

「対称線電流 (SYLC) 収差補正光学系の開発」

電子光学とは電子顕微鏡などの電磁レンズ系の特性を研究する学問分野である。1931年に電子顕微鏡が発明されてからの長い歴史があり、10数年前に電磁レンズの性能を飛躍的に向上させる磁界型多極子を組み合わせによる収差補正技術が実用化された。一方で、非常に複雑で高価な装置となることからSEMのような小型の装置への適用には新たな技術開発が望まれている。球面・色収差、その他の収差を抑えられる低コストな収差補正器を研究している。

現在実用化されている収差補正器は磁性体である磁極をもつ磁界多極子で構成されている。より簡便な構成として対称線電流(Symmetric Line Currents: SYLC)を提案している。これは光軸に対称に配置した直線電流により多極子に相当する磁界を発生し、収差補正器を構成できることをシミュレーションにて検証した。これにより従来型が多極子収差補正器の欠点を補うことができる。すなわち、磁極を使わない構造のため、本質的に磁性材料の不均一性やヒステリシスの影響がなく、製作コストや制御性を改善することができる。

収差補正器の解析には新たに微分代数法を使った収差解析手法を開発している。微分代数演算では効率的に収差係数を求めることができる数学的な手法である。これを収差補正器のモデル解析への応用を進めている。

「超高压電子顕微鏡トモグラフィーの自動化」

超高压電子顕微鏡トモグラフィーは材料科学、半導体分野、生物系試料に対して3次元(3D)観察を行う重要な技術である。特に、超高压電子顕微鏡を用いると厚さ1 μmを超える試料の3次元構造を観察することができる。トモグラフィーでは、試料を小さな角度ずつ回転させながら画像を大量に撮影する。手動撮影では時間のかかる作業である。そこでこれを自動化することで限られた観察時間の中で有用な情報を取得できる。デジタルCMOSカメラから取得した撮影画像から、位置情報やフォーカス情報を超高压電子顕微鏡のレンズ系、偏向系、試料微動系にフィードバックすることにより自動化を実現した。フォーカス合わせには画像鮮鋭度変化を表す関数を経験式から求め最大点を推定するアルゴリズムを用いて高速なオートフォーカスを実現した。3D観察需要の多い生物系の試料に対して±60度の範囲で撮影ステップ2度おきで30分以内でのトモグラフィーシリーズ撮影を可能とする実用的なソフトウェアを実装した。

これらを実現するためのハードウェアとして、デジタルCMOSカメラの画質を活かす蛍光板の材質と厚さの最適選択や解像度・感度の向上のためカメラ光学系の選定を行った。さらに、取得画像を効率よく処理するためのネットワーク画像共有や電子顕微鏡のネットワークを介した制御などの技術開発を行った。

今後の展望

収差補正器の応用先として半導体検査用CD-SEMへの応用を考えている。さらに、微分代数法による収差解析シミュレーション手法を高速化し、5次以上の高次収差の補正や色収差の解析および収差補正器の構成やパラメータの最適化を進める。それによりCD-SEMに適する極低エネルギー(100V~1kV)領域での高分解能電子光学系の開発を目指している。また、微分代数法による収差解析シミュレーションを発展させることにより、直線光軸系のみならず曲線光軸系への適用をめざし、それによりプリズム光学系すなわちエネルギー分光器の収差解析への応用を考えている。

超高压電子顕微鏡トモグラフィーの自動化については、現在のところ電子染色された生物切片試料にしか対応できていない。しかし、観察対象となる試料はロッド状の試料形状や半導体などのように結晶性を持つことがあり、電子顕微鏡像のコントラストが大きく異なるこれらの試料に適用可能な処理アルゴリズムを開発することを目指している。

所属学会

公益社団法人	日本顕微鏡学会会員	(平成3年~現在)
公益社団法人	応用物理学会	(平成4年~現在)
一般社団法人	情報処理学会	(平成12年~現在)

主要論文・著書

Shahedul Hoque, Hiroyuki Ito and Ryuji Nishi, Spherical aberration correction with an in-lens N-fold symmetric line currents model, Ultramicroscopy, 187, (2018)135-143

R. Nishi and A. Takaoka, Stigmatic condition for electrostatic core-lens by using diagram of axis intercept, Optik, 123, 16 (2012) 1492-1496,

R. Nishi, S. Hoque, H. Ito, and A. Takaoka, Investigation of electromagnetic-SYLC for chromatic aberration correction, CPO-10, (2018) p.14

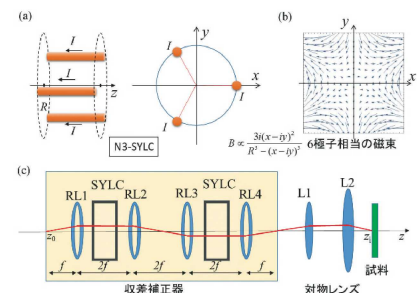


図1. 3-SYLC球面収差補正光学系。3本の平行線電流で6極子相当の磁界を発生させる。

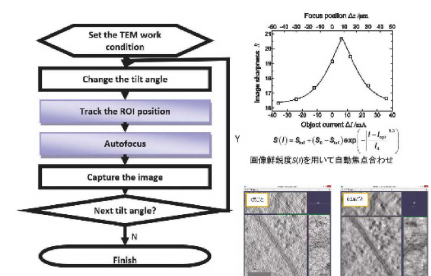


図2. 超高压電顕トモグラフィー。自動撮影シーケンスと画像鮮鋭度の推計手法、再構成した断面像(右下)。