



Title	電子線ホログラフィーのメゾスコピック領域への応用に関する研究
Author(s)	小粥, 啓子
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38781
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	お 小 粥 啓 子
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 3 5 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 6 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科応用物理学専攻
学 位 論 文 名	電子線ホログラフィーのメゾスコピック領域への応用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 志水 隆一 教 授 樹下 行三 教 授 増原 宏 教 授 河田 聡 教 授 一岡 芳樹 教 授 中島 信一 教 授 興地 斐男 教 授 後藤 誠一 教 授 豊田 順一 教 授 岩崎 裕 教 授 石井 博昭

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は電子線ホログラフィー顕微鏡を試作し、“電子線ホログラフィーでなければならない新しい物性計測”の一例として GaAs/AlGaAs 量子細線の非接触局所電場測定を実現する手法を追求したものである。これは 5 章より構成されるが、得られた結果の主なものは以下の通りである。

第 1 章では、電子線ホログラフィーについて、高分解能透過型電子顕微鏡において微小電磁場測定を行うための方法として概説している。

第 2 章では、電子線ホログラム（試料：Au 微粒子）から計算機を用いたフーリエ変換法による像再生を行い、デフォーカスによる収差について補正を試み、像の位相分布において本手法の有効性を確認している。

第 3 章では、電子線ホログラム（試料：MgO 微結晶）に参照格子を重ね、生じたモアレじまを取り込み、位相シフト法による像再生ができることを確認している。

第 4 章では、線径 0.5 [μm] の Al フィラメントを持つマルチバイプリズムを、電子線露光及びリフトオフ法を用いて作成し、バイプリズムとして動作することを確認している。また、X-バイプリズムを作成し、電子線ホログラフィックリソグラフィーを行って、100 [nm] オーダーの周期のライン及びドットパターン作製が可能であることを確認している。本手法によりナノリソグラフィーを行うための投影光学系を提案している。

第 5 章では、電子線バイプリズムを試料とし、微小電場測定の検証実験を行っている。電場による干渉じまのシフト量を二重露光法により測定し、入射電子の電場による偏向角を求め、定量測定できることを確認している。また、GaAs/AlGaAs 量子細線の代わりに、酸化物超伝導体 (Y123) 近傍の微小電場測定を行っている。He 冷却ホルダー (15 [K] まで冷却可能) に Y123 を取り付け冷却しながら、転移前後における電場の変化を TV カメラを用いて動的観察した結果、試料温度 86 [K] 付近で試料中の電場が減少 → 増加 → 減少と変化する過程を観察することに成功している。

最後に総括として、本論文のまとめと今後の課題について述べ、あわせて電子線ホログラフィー顕微鏡の将来の展望についてもふれている。

論文審査の結果の要旨

ホログラフィーは、コヒーレントな光学系において光路上に置かれた媒質により変調を受けた波（物体波）と変調を受けない波（参照波）とを重ね合わせて、得られた干渉じま（ホログラム）から物体波の波面を再生する結像技術である。電子波を利用した電子線ホログラフィーは、電子顕微鏡の分解能で微小電磁場を定量的に観測できる物性計測法として注目されている。

本論文は、電子線ホログラフィーを用いて真空中の微小電場を非接触な方法で測定することにより、試料における伝導状態を解析することを目的に行った研究の結果をまとめたものである。ミクロな電子散乱によって系の伝導状態が支配されるメゾスコピック系への応用を目的としているが、酸化物超伝導体（Y123）を試料として測定を行い、有用性を確かめている。その成果を要約すると次の通りである。

- (1) フーリエ変換法による像再生プログラムを開発し、これを用いた収差補正を行い、デフォーカスによる収差補正に対して本手法が有効であることを確認している。
- (2) 位相シフト法による像再生及び準実時間微小電磁場測定法のための像再生プログラムを開発して、像再生が可能であることを確認している。さらに本手法を実現するための液晶ディスプレイを用いた構成を提案している。
- (3) 同時に複数の箇所の電場測定を行うためのマルチバイプリズムを考案している。即ち、半導体微細加工技術によって線径 $0.5\ [\mu\text{m}]$ の Al フィラメントにより構成されるマルチバイプリズムを作製し、設計通りに動作することを確認している。また、電子線ホログラフィックリソグラフィーによりメゾスコピック系、即ち量子細線及び量子箱を作製するための X-バイプリズムを作製し、これを用いて $100\ [\text{nm}]$ オーダーの周期のパターンが作製できることを確認している。
- (4) 熱電界放出型透過型電子顕微鏡 JEM-100C-FEG を改造し、He 冷却試料ホルダーを取り付け、酸化物超伝導体 Y123 を試料として局所電場測定を行っている。試料を冷却しながら電場の動的観察を行い、転移温度 $86\ [\text{K}]$ 付近での電磁場の急激な変化を観測することに成功している。さらに本手法を用いることにより、メゾスコピック系における電子散乱効果の観測が可能となることを示唆している。

以上のように、本論文は電子線ホログラフィーの工学応用についての成果をまとめたものであり、応用物理学、特に半導体微細加工・デバイス評価などの分野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あるものと認める。