

Title	ニアフィールド光学顕微鏡と表面局在場イメージングに関する研究
Author(s)	井上, 康志
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39145
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	井上康志		
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 11894 号		
学位授与年月日	平成 7 年 3 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科応用物理学専攻		
学位論文名	ニアフィールド光学顕微鏡と表面局在場イメージングに関する研究		
論文審査委員	(主査)		
	教授 河田 聡	教授 増原 宏	教授 志水 隆一
	教授 樹下 行三	教授 中島 信一	教授 興地 斐男
	教授 一岡 芳樹	教授 豊田 順一	教授 岩崎 裕
	教授 後藤 誠一	教授 石井 博昭	
	教授 八木 厚志		

論文内容の要旨

本論文は、光の回折限界を超える分解能を達成し、試料表面に局在する場の画像を得ることを目的として、ニアフィールド光学顕微鏡およびニアフィールドイメージングに関する研究を行った結果についてまとめたものである。論文は、序論、本文 5 章、および総括から構成されている。

第 1 章では、ニアフィールド光学およびニアフィールド光学顕微鏡の原理について述べている。ニアフィールド光学顕微鏡は、試料の構造表面に局在したエバネッセント場をプローブにより散乱させ、検出することによって物質分布を計測するため、光波による回折限界を受けず、プローブ径程度の分解能を達成できることを示している。さらに、これまでに提案されている各種プローブについて、その機能を明確にしている。また、ニアフィールド光学顕微鏡の解析に対して、多重散乱問題として取り扱う必要があることを示している。

第 2 章では、モード整合法を用いて、周期構造を持つ試料に対する局在場の解析を行っている。解析の結果、試料近傍の表面場は、照明方向、照明光の偏光方向に大きく依存すること、エバネッセント場は表面近傍に局在すること、および電場分布は試料構造とは異なる分布を示すことを明らかにしている。

第 3 章では、金属プローブを用いたニアフィールド光学顕微鏡を提案している。本方法は、金属をプローブとして用いること、およびプローブ先端での散乱光を外部光学系により直接検出すること、を特徴としている。また、プローブを微小振動させ、散乱光を変調し、ロックイン検出することにより、迷光を除去できることを示している。さらに、システムを試作し、検証実験について記述している。

第 4 章では、提案した金属プローブを用いたニアフィールド光学顕微鏡に STM 機能を付加したシステムについて記述している。トンネル電流により、プローブと試料間の距離を一定に保てることを示し、光磁気ディスク基板を試料とした検証実験を通して、照明光の偏光方向や入射方向に対する依存性等を示している。試作システムの分解能は 20nm で、照明光の波長の $1/33$ に相当し、光波の回折限界を大きく超える分解能を達成している。さらに、生体試料への応用を試み、試料内部にある微小領域の屈折率分布を観察している。

第 5 章では、レーザー・トラッピング走査によるニアフィールド光学顕微鏡について述べている。本手法では、光の放射圧によりプローブを走査し、プローブからの散乱光を検出している。さらに、試作システムにより検証実験を行っている。内部に屈折率変化を有する試料を観察し、100nm の分解能を達成し、回折限界を超える分解能を達成している。また、微小蛍光ビーズの観察を行い、サブミクロン分光へ応用できることを示している。

総括では、以上の内容をまとめ、本研究による結果と知見を下に今後の研究の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

光学顕微鏡は多くの科学技術分野で利用されているものの、波長の回折限界により分解能が制限され、サブミクロン以下の光学的な観察が行えないことから、この回折限界を克服する超解像化技術の確立が望まれている。本論文は、この要求に応えるために、金属プローブおよびレーザー・トラップ走査によるニアフィールド光学顕微鏡に関する研究を行った結果をまとめたものである。その主な成果は以下の4点に集約できる。

- (1) 周期構造を有する試料に対する局在場の電磁論的解析を行い、試料表面に局在する電場は試料構造とは異なる分布を示すことを見い出している。また、局在場が照明方向や照明光の偏光方向に対する依存性を有することを見い出している。
- (2) 金属プローブを用いたニアフィールド光学顕微鏡を提案し、顕微システムを試作している。また、プローブの微小振動によるロックイン検出を行うことで、迷光成分を効果的に除去できることを見い出している。さらに、試作システムにより検証実験を行い、提案手法の有効性を確認している。
- (3) 金属プローブが走査型トンネル顕微鏡の探針として併用できることを見い出し、NSOM-STM同時観察システムを試作している。本手法によりニアフィールド像と幾何学的構造を分離して計測できること、および、試作システムが波長の回折限界を大きく超える分解能を有することを、試作システムを用いた実験により示している。また、内部に微細な屈折率分布を有する生体試料の観察に試作システムを適用し、本手法の実用性を確認している。
- (4) 光の放射圧により捕捉された微小球がニアフィールド光学顕微鏡のプローブとして用いることができることを見い出し、レーザー・トラッピング走査によるニアフィールド光学顕微鏡を提案している。また、顕微鏡システムを開発し、このシステムを用いて内部に屈折率変化を有する試料の観察および微小蛍光ビーズの観察を行い、回折限界を超える分解能を示す画像データを得ている。

以上のように、本論文は、波長の回折限界を超える分解能を達成することを目的として、金属プローブおよびレーザー・トラッピング走査によるニアフィールド光学顕微鏡に関する研究をまとめたものであり、応用物理学、特に光工学、計測工学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のあるものと認める。