



Title	ニアフィールド光学顕微鏡におけるプローブ位置制御と像構成
Author(s)	波多野, 洋
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40603">https://hdl.handle.net/11094/40603</a>
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。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	波 多 野 洋
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 8 9 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平成10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	ニアフィールド光学顕微鏡におけるプローブ位置制御と像構成
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 河 田 聡
	(副査)
	教 授 増 原 宏    教 授 志 水 隆 一    教 授 中 島 信 一
	教 授 樹 下 行 三    教 授 伊 東 一 良    教 授 八 木 厚 志
	教 授 石 井 博 昭    教 授 後 藤 誠 一    教 授 萩 行 正 憲
	教 授 岩 崎 裕    教 授 豊 田 順 一    教 授 川 上 則 雄
	教 授 一 岡 芳 樹

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、プローブの位置を任意に制御することのできるニアフィールド光学顕微鏡 (NSOM) の試作、およびプローブの走査高度および走査方法による像特性の検討を行った結果をまとめたものであり、序論、本論5章、および総括から構成されている。

序論では、ニアフィールド光学顕微鏡像はプローブと試料との間のフォトンを経る相互作用によって形成されること、またその結果ニアフィールド光学顕微鏡像にはプローブの影響が強く現れること、<sup>\*</sup>を述べている。

第1章では、まずニアフィールド光学顕微鏡の結像原理を回折理論を用いて述べている。次にニアフィールド光学顕微鏡における最も重要な構成要素であるプローブについて、必要な機能を述べたのち、開口の有無によりその分類を行っている。さらに、プローブの形状や材質についての検討を加えている。

第2章では、ニアフィールド光学顕微鏡において装置上重要となるプローブ-試料間の距離制御方法として、トンネル電流、原子間力、シアフォース、および光強度を用いたフィードバック方式に分類し比較・検討を行っている。

第3章では、プローブ-試料間距離を任意に設定して測定できるニアフィールド光学顕微鏡の試作を行い、距離を変えた複数枚のニアフィールド光学顕微鏡像の測定に初めて成功している。1～500nmの距離で測定した13枚の像およびそれらの空間周波数解析結果から、1) プローブ-試料間距離が離れるにしたがい、得られる像の高空間周波数成分が減少すること、2) 距離が10nm以下では試料の表面波の影響を受けた像が得られること、3) 距離がプローブ先端径と同程度である場合 (50nm) には像は試料形状を反映すること、および4) 200nm以上離れるとコントラストがなくなること、を初めて明らかにしている。距離の異なる複数枚のニアフィールド光学顕微鏡像が互いに異なる空間周波数情報を持つことから、これらを用いた試料の光学情報抽出の可能性についても検討している。

第4章では、一定距離走査法と一定高度走査法の両方式でのニアフィールド光学顕微鏡像を同時に測定できる装置の試作を行っている。まず一定距離走査法と一定高度走査法の利点・欠点を述べ、試作装置について述べている。

第5章では、金属プローブを用いて非導電性試料の観測を行うための装置の開発を行っている。距離制御の方法としてシアフォース方式を用い、金属プローブを初めてシアフォース方式で制御している。本装置は微小な金属による局所効果の解析に有効であることを述べている。

総括では、本研究で得られた成果を総括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

近年、ニアフィールド光学顕微鏡は、波長で決まる分解能を超える光学顕微鏡として注目されており、物理学、マイクロ化学、生物物理学などの学術分野および、マイクロファブリケーションやメモリなどの工業分野に利用され始めている。ニアフィールド光学顕微鏡によって得られる像は、プローブを試料の近接場において走査するためにプローブの影響を強く受ける。本論文は、ニアフィールド光学顕微鏡におけるプローブの位置制御と像形成に関する研究をまとめたものであり、その主な成果を要約すると次のとおりである。

- (1) プローブと試料間の距離を任意に変えて測定できるニアフィールド光学顕微鏡を新たに開発し、距離を変えた複数枚のニアフィールド光学像の測定に初めて成功している。その結果、試料表面の電磁場分布から構成される像への空間周波数の伝達関数が、プローブと試料間の距離に依存して変化することを明らかにしている。また、プローブ位置を制御することによって伝達関数を推定できること、すなわち試料表面の電場分布の検出が可能であることを示している。
- (2) 形状を持つ試料に対するプローブの走査方法として、一定距離および一定高度の両走査による同時測定法を開発し、走査方法によって像が異なることを初めて実験的に示している。
- (3) シアフォースを用いて金属プローブの位置を制御する手法を確立し、金属プローブを用いての非導電性試料の観測を実現している。本手法が微小な金属による局所効果の解析などに有効であることを示している。

以上のように、本論文は、ニアフィールド光学顕微鏡において装置上重要となるプローブについて新しい提案を行い、異なる走査方式と異なる距離によって得られる像の違いを初めて示した。これらの実験結果は、ニアフィールド光学顕微鏡の像構成のモデル化に新たな知見を与えており、応用物理学、特に光学及び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あるものと認める。