

Title	ニア・フィールド光学顕微鏡の像形成に関する研究
Author(s)	古川, 祐光
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3129034
DOI	10.11501/3129034
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	古川祐光
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 13135 号
学位授与年月日	平成9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の像形成に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 河田 聡 教授 石井 博昭 教授 増原 宏 教授 豊田 順一 教授 樹下 行三 教授 萩行 正憲 教授 興地 斐男 教授 岩崎 裕 教授 中島 信一 教授 一岡 芳樹 教授 八木 厚志 教授 後藤 誠一 教授 志水 隆一 教授 川上 則雄 教授 伊東 一良

論文内容の要旨

本論文は、高い分解能をもった光学像を得るためのニア・フィールド光学顕微鏡について、検出される像を電磁論の立場から評価した研究についてまとめたものであり、序論、本論4章、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によって得られる像は、ニア・フィールドにおけるフォトンを介した相互作用を経て形成されるものであり、それによって特徴づけられているという本論文全般にわたる概念を述べている。

第1章では、像形成の電磁理論を、スカラー理論に基づいて示し、ニア・フィールド光学顕微鏡で超解像性が得られる原理を述べている。さらに、ニア・フィールド光学像を評価するためには、プローブの光多重散乱を取り入れた、より正確な電磁場理論における検証が必要であることを述べ、これに適した数値解法を検討している。

第2章では、現在最も良く用いられている金属コートされた微小開口を用いたニア・フィールド光学顕微鏡の像形成過程を電磁場の数値解法により解析している。プローブが無い場合に試料表面上に形成される電磁場分布とニア・フィールド光学像とを比較し、プローブによる光多重散乱効果がニア・フィールド光学像に影響を与えていることを示している。プローブの光多重散乱を考慮した結果、試料の表面形状が回転対称であるモデルに対して、試料の構造をよく表す光学像が得られることを明らかにしている。また、プローブの開口径と試料構造の比による像の特性について解析している。

第3章では、ニア・フィールド光学顕微鏡の検出光量の問題を解決するために、スリット開口をプローブとして用いたニア・フィールド光学顕微鏡を検討している。光量の問題は、特に赤外線領域で深刻になるが、実験によってスリット・プローブの有効性を確かめ、分解能が計算値とほぼ一致することを示している。

第4章では、金属チップを利用したプローブを用いることによって、信号対雑音比の高いニア・フィールド光学像を得る手法について検討している。検出効率を高める手法として、スリット・プローブで試料との相互作用領域を増加する方法以外に、プローブ先端での電場強度を高める方法を提案している。金属チップを用いたニア・フィールド光学顕微鏡において、電磁気学の手法を用いた数値解析を行い、金属チップの先端では電場強度の増強効果があることを確かめている。このことから、金属プローブを用いたニア・フィールド光学顕微鏡では、試料の吸収分布・屈折率分布の測定が、電場の増強効果によって高感度におこなっていると述べられている。また、この増強電場を微小光源として機能させることによって、光微細加工・高密度光記録への応用が提案されている。

総括では、本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

論文審査の結果の要旨

光学顕微鏡は、生物学、医学などの分野で有用であり、特にニア・フィールド光学顕微鏡は、分解能の高い観察が行えるものと期待されている。しかしながら、この顕微鏡における像の形成過程には光多重散乱の寄与するところが大きく、像の解釈を困難にしている。本論文は、ニア・フィールド顕微測定法を確立するために、測定される像の形成過程に関する研究の成果をまとめたものである。その主な成果を要約すると次のとおりである。

- (1) ニア・フィールド光学顕微鏡をモデル化するにあたり有効な電磁場解析法について検討し、3次元ベクトル電磁場問題の解析を行っている。
- (2) 金属コートされた微小開口を用いたニア・フィールド光学顕微鏡の像形成過程を電磁場の数値解法により解析している。プローブが無い場合に試料表面上に形成される電磁場分布とニア・フィールド光学像とを比較し、プローブがニア・フィールド光学像に与える効果を示している。プローブの効果を検討した結果、試料の構造をよく表す光学像が得られることを明らかにしている。
- (3) ニア・フィールド光学顕微鏡の検出光率を改善するために、スリットをプローブとする方法と、金属チップをプローブとする方法について提案し、それぞれについて有効性を数値計算を用いて確認している。
- (4) 金属チップをプローブとするニア・フィールド光学顕微鏡において、金属チップの先端では電場強度の増強効果があることを計算によって確かめている。この電場の増強効果によって高感度なニア・フィールド光学顕微鏡が実現されるだけでなく、光微細加工・高密度光記録への応用が可能になると提案している。

以上のように、本論文は、ニア・フィールド光学顕微鏡の像形成理論に関して有用な知見を与えており、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あるものと認める。