Osaka University Knowledge Archive

Title	高輝度赤外レーザーと微小開口型カンチレバーを用いた赤外近接場顕微鏡
Author(s)	真崎, 竜弘
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45011
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【30】

氏　　名	真　崎　竜　弘（まさき　たつひろ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　18681　号
学位授与年月日	平成16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	**高輝度赤外レーザーと微小開口型カンチレバーを用いた赤外近接場顕微鏡**
論文審査委員	（主査） 教　授　河田　　聡 （副査） 教　授　増原　　宏　　教　授　菅原　康弘　　教　授　魚崎　勝司 助教授　森田　　浩　　助教授　井上　康志

論文内容の要旨

本論文は、赤外顕微分光法による分子イメージングの超解像化を目指して、中赤外領域の近接場光学顕微鏡法を提案、実証した論文である。序論、本論7章、及び総括から構成されており、試作した近接場赤外顕微分光システムの原理、分光特性についてまとめられている。

序論では、研究の背景、目的、及び本論文の概要を述べている。

第一章では、赤外顕微分光法、及び開口プローブと散乱型プローブを用いた近接場光学顕微鏡の原理を紹介している。また、原理上、赤外近接場顕微鏡による超解像分光分析には、開口プローブを用いた透過型の近接場光学顕微鏡の構成が最適であることを示している。

第二章では、現存する赤外光源及び赤外プローブの特性について述べ、赤外近接場光学顕微鏡に最適な光源、プローブを検討している。

第三章では、光パラメトリック発振器を光源として試作した赤外顕微分光装置の性能評価を行い、回折限界に近い空間分解能で赤外分光分析を行えることを確認している。

第四章では、赤外近接場顕微鏡の分光領域を拡張するために作製した微小開口型カンチレバーについて述べている。開口角の広い中空型のカンチレバー構造によって、従来の赤外プローブより2-3桁高い光学的スループットを得ている。

第五章では、光パラメトリック増幅器を光源として開発した赤外近接場光学顕微鏡の分光特性を評価し、サブミクロンの空間分解能で分子種の定性分析が可能であることを確認している。

第六章では、東京理科大学の赤外自由電子レーザーを光源として開発した赤外近接場光学顕微鏡の分光領域を評価している。波長 11μm の長波長領域でも超解像力をもつこと、及び近接場赤外吸収スペクトルを測定できることを確認している。

第七章では、赤外近接場顕微鏡を用いて、赤外自由電子レーザー照射によるオレイン酸コレステリルの分子構造変化を詳細に評価している。近接場顕微鏡の超解像性により、レーザー照射領域のみで分子構造変化が起こっていることを明らかにしている。

総括では、研究成果について考察し、本論文の結論及び、今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

昨今の材料開発技術の向上に伴い、分光情報と空間分布情報を同時に取得できる計測手法が望まれている。このような背景の中、近接場光学顕微鏡の持つ超解像性を利用して、蛍光やラマン分光等の分光分析法を高分解能化する研究が盛んに行われている。赤外分光法は代表的な分光分析法の一種であり、可視光領域の分光法では得られない分光情報を得ることができる。そのため、産学の両分野で広く用いられているが、近接場光学顕微鏡による高分解能化はほとんど試みられていない。これは、中赤外領域では光源が低輝度であること、またプローブの光学的スループットが激減することにより、近接場光が非常に微弱になることが原因である。赤外領域での近接場光学の発展、応用はこのような製作上の問題により妨げられていたが、本論文では上記の困難を克服し、超解像性をもつ赤外分光分析を実現している。以下に本論文の研究成果をまとめる。

広い波長範囲にわたって十分な輝度の近接場光を生成するために、本論文では高輝度赤外レーザーと微小開口型カンチレバーを用いることを提案している。波長可変な赤外パルスレーザーである光パラメトリック増幅器、及び赤外自由電子レーザーを用いることで、それぞれ波長 2.9～6.7μm、波長 5～16μm の範囲で高輝度の赤外光源を得ている。また、半導体プロセスを用いて微小開口型カンチレバープローブを自作し、従来の赤外プローブよりも２～３桁高い光学的スループットを得ることに成功している。この高輝度赤外レーザーと微小開口型カンチレバーを用いて赤外近接場顕微鏡を試作し、サブミクロンの空間分解能で定性的に赤外顕微分光分析を行えることを実証している。また、赤外近接場顕微鏡の分光能力、超解像性を用いることで、赤外レーザーアブレーションによって分子構造が変化する領域を識別することに成功している。超解像性をもつ近接場光学を導入することで、種々の分子種の空間分布や構造変化が起こる領域をより詳細に評価できるようになったことは大変意義深い。

以上のように、本論文は近接場光学を用いて、スペクトルによる分子構造解析が主体である赤外分光法に超解像性を付与し、吸収イメージングによる新たな物性評価法を提案、実証しているので、応用物理学特にナノ振動分光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。