

半導体レーザーを用いた超解像ポンプ・プローブ分光顕微鏡

Sub-diffraction resolution pump-probe microscopy using laser diodes

電通大先進理工¹ 先端レーザー² ○川角 洸史¹, 宮崎 淳², 小林 孝嘉^{1,2}

Univ. Electro-Communications¹, Advanced Ultrafast Laser Research Center²

○Koshi Kawasumi¹, Jun Miyazaki², Takayoshi Kobayashi^{1,2}

E-mail: kawasumi@ils.uec.ac.jp

近年、光の回折限界を超える超解像イメージングが医学分野を中心に行われている。しかしながら、超解像は Ti:sapphire レーザーを初めとした複雑な光学系が必要となるため、装置の扱いやすさ、そして安定性が課題であった。我々は半導体レーザーを光源とした顕微鏡の開発を行い、比較的扱いやすい光学系での超解像イメージングを目指している。

我々の顕微鏡は、ポンプ光(発振波長 488nm)とプローブ光(660nm)という 2 種類の連続発振型半導体レーザーを光源としている。それぞれの光に ω_1, ω_2 という正弦波の強度変調を加えたのち適切にオーバーラップさせて対物レンズへ導入、試料に照射すると、試料内で実効的に非線型な相互作用により差周波成分である $\omega_1 - \omega_2$ が生成される。この成分をロックインアンプで検出することでイメージングを行っている。差周波成分における点像分布関数は、ポンプ光・プローブ光それぞれの点像分布関数の積によって表現されるため、ポンプ光のみを使用する従来型のレーザー走査型顕微鏡に比べて分解能を向上させることが出来る。

本研究では、更なる分解能向上を目指しレーザー光の形状を変更した。具体的には、円形だったレーザー光を中心部と円周部のみを残して光をブロックし、対物レンズへと導入した。このような形状の光は、対物レンズで絞ることによって中心ピークがよりシャープになるため、さらなる分解能向上が期待できるが、サイドローブが顕著に表れるという欠点も存在する。しかし本研究の顕微鏡はポンプ光・プローブ光の作用によりサイドローブの影響を打ち消すことができる。分解能評価のため実際に測定した金ナノ粒子のイメージと強度分布を図 1、図 2 に示す。測定は開口数 0.95 の対物レンズを用いて行った。分解能の指標となる強度分布の半値幅は、光をブロックしない場合には 211nm であったのに対し、上記の通りブロックした場合には 168nm となった。ポンプ光のみを用いた場合の半値幅の理論値は 239nm であることから、焦平面において約 42%の分解能向上を達成することが出来た。

また、変調周波数を変化させることで試料の光励起状態ダイナミクスの測定も行う事が出来るため、当日は寿命イメージングも含めた実験の詳細と現状を報告する予定である。

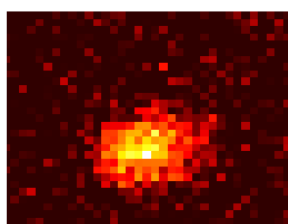


図 1 金ナノ粒子(直径 20nm)のイメージ

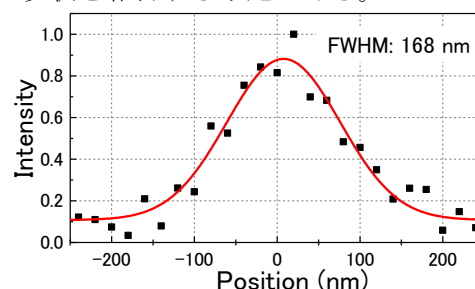


図 2 金ナノ粒子の強度分布