

【基盤研究(S)】

大区分D



研究課題名 走査トンネル顕微鏡で拓く微小極限の光科学

理化学研究所・開拓研究本部・主任研究員 **きむ ゆうす**
金 有洙

研究課題番号：18H05257 研究者番号：50373296

キーワード：近接場光、走査トンネル顕微鏡、単一分子、エネルギー移動・変換

【研究の背景・目的】

光と物質の相互作用は、物質が示す色、発光、光電変換、光化学反応など様々な“機能”の起源であり、また多くの計測技術の根幹をなすものである。

ナノスケールの金属微細構造に光を照射すると、光の回折限界(数 100 nm)を遥かに超えた数 nm の微小領域に光を集める事ができる。我々はこれまでに、走査トンネル顕微鏡 (STM) の金属探針と金属基板の間に局在する極小の光(近接場光)を用いて、単一分子レベルの分光計測や光化学反応の研究を展開してきている。しかしながら、これまで用いられている近接場光の周波数(エネルギー)や偏極状態などは極めて限定的であった。すなわち、可視~近赤外など限られた周波数領域で線形応答の範囲において電場成分のみが調べられてきた。

本研究では、STM に照射する光のエネルギーや偏光などの性質や非線形光学効果を利用して近接場光のポテンシャルを最大限に引き出し、近接場光と物質との相互作用を解明することによって、近接場光化学や単一分子分光計測を大きく発展させることを目的とする。実験結果に基づき、近接場光と物質の相互作用に関する理論解析も並行して行い、光科学のフロンティアを広げる新しい研究領域の学術基盤を確立する。本研究は、エネルギー変換デバイスや光合成、量子情報処理など幅広い分野へ貢献が期待できる学術的基礎研究である。

【研究の方法】

近接場光科学のさらなる発展には、基礎科学的な観点から近接場光そのものを更に深く理解し物質との相互作用を解明する必要がある。しかしながら、近接場光自身を精密に調べるには、数 nm という近接場光の大きさよりも十分に小さい原子スケール(~0.1 nm)の空間分解能をもつ顕微鏡を用いる必要

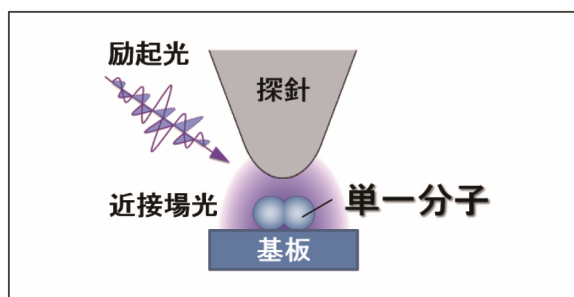


図1 近接場光の生成と単一分子との相互作用

があり、実験技術的な困難さから未解明の問題が多く残されている。

そこで本研究では、原子分解能をもつ顕微鏡である STM をベースとして、照射する光を様々に変えることで、STM 探針直下に誘起される近接場光の周波数や偏極状態を制御する。また、原子レベルで規定された系において、単一分子の量子状態をプローブとして高精度計測・理論解析を行う事で近接場光と物質の相互作用を解明する。特に、未探索の周波数領域や非線形光学効果、磁場成分に焦点を当てることで、近接場光の新しい性質を広く開拓する。

【期待される成果と意義】

近接場光と物質の相互作用は、すでに近接場光学顕微鏡や近接場光化学反応、増強ラマン散乱分光などに応用され盛んに研究されているが、本研究により近接場光と物質の相互作用の詳細が解明されることで、それぞれの素過程を司る原理の確立が期待される。それだけではなく、近接場光の未探索の性質を用いる事で、新しい物質機能や計測手法の開発にも繋がると思われる。本研究は、微小極限における光科学という新たな学問領域を開拓する意義をもつと共に、次世代デバイス開発へ寄与することによる社会への貢献が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- E. Kazuma, J. Jung, H. Ueba, M. Trenary, Y. Kim, “Real-space and real-time observation of a plasmon-induced chemical reaction of a single molecule” *Science* 360 (2018) 521.
- H. Imada, K. Miwa, M. Imai-Imada, S. Kawahara, K. Kimura and Y. Kim, “Single molecule investigation of energy dynamics in a coupled plasmon-exciton system” *Phys. Rev. Lett.* 119 (2017) 013901.
- H. Imada, K. Miwa, M. Imai-Imada, S. Kawahara, K. Kimura and Y. Kim, “Real-space investigation of energy transfer in heterogeneous molecular dimer” *Nature* 538 (2016) 364.

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度—34 年度
150,600 千円

【ホームページ等】

<http://www.riken.go.jp/Kimlab/index.html>
ykim@riken.jp