

【基盤研究(S)】

理工系 (総合理工)



研究課題名 フェムト秒時間分解 STM による光誘起ダイナミックスの
ナノスケール分光

筑波大学・数理物質系・教授 しげかわ ひでみ
重川 秀実

研究課題番号: 15H05734 研究者番号: 20134489

研究分野: 総合理工

キーワード: 走査プローブ顕微鏡、トンネル分光、超短パルスレーザー、超高速分光、ナノ物性

【研究の背景・目的】

ナノスケールの科学技術を更に展開し、新たな機能を開拓・創成していくには、局所的な原子や分子構造、また電子状態を確認しながら、その場の電荷移動や遷移、伝導等を含む光誘起キャリアの局所量子ダイナミックスを評価することが重要な鍵となる。しかし、ナノスケールの量子ダイナミックスを定量的に解析した結果を基盤とする議論、科学としての展開はまだ端緒についたばかりである。

我々は、原子レベルの空間分解能を持つ走査トンネル顕微鏡 (STM) と量子光学の技術を融合することにより、STM (原子レベル) の空間分解能で局所構造や電子状態を確認しながら、フェムト秒の時間分解能で、スピンまで含めた光誘起キャリアダイナミックスを計測することが可能な新しい顕微鏡技術の開発に世界に先駆け成功した (文献参照)。

本研究では、同顕微鏡技術を更に推し進め、時間・空間領域で平均化されてしまう情報を得る手法では明らかにできなかった相転移や量子輸送の局所ダイナミックスの素過程を顕わにし、物理現象のより深い理解を得ると共に、新たな物性 (機能) の創出の為の基盤技術として確立することを目指す。併せて新たな科学領域の開拓を試みる。

【研究の方法】

図1はこれまで開発してきた時間分解STMの模式図、及び同手法を用いて得られた、(1)Mn原子/GaAs構造における、単一Mn原子によるギャップ内準位でのホール捕獲レートの測定結果と、(2)GaAs中の局所スピン歳差運動を実空間でSTM観察した、他には無い初めての結果の例である。しかし、励起系等

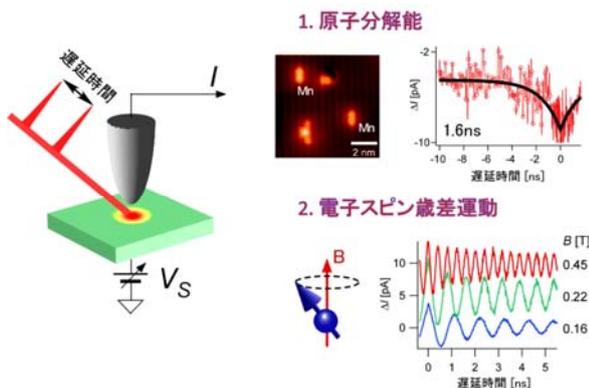


図1 時間分解STMの模式図と測定結果の例

の制約から、対象は特定の試料に限られていた。本研究では、まず、こうした測定を多様な系に適用可能とする為の開発を行う。例えば、高出力・波長可変レーザーを導入するが、ダイナミックスの時間領域に応じた新しい変調方式を開発し、併せて整備するSTMに組合せる事で、多様な量子過程を対象として時間分解測定を行うシステムを構築する。開発の進行に合わせて試料を準備して実験を行い成果は逐次、論文、講演、メディア等を通じて発表する。

【期待される成果と意義】

本研究により、フェムト秒時間分解STM技術を発展させ、様々な系に対し適用することが可能になる。そして、これまでの時間・空間領域で平均化されてしまう情報を得る手法では隠されてしまい明らかにする事ができなかった局所量子ダイナミックスの素過程を顕わにする事を可能にする。ナノスケールの量子ダイナミックスの理解と制御は、新たな学問領域を構築する意義を持つと共に次世代素子開発への貢献が期待され、社会へのインパクトは大きい。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Y. Terada, S. Yoshida, O. Takeuchi, and H. Shigekawa: Real space imaging of transient carrier dynamics by nanoscale optical pump-probe microscopy. Nature Photonics, 4, 12, 869-874 (2010).
- S. Yoshida, M. Yokota, O. Takeuchi, H. Oigawa, and H. Shigekawa: Single-atomic-level probe of transient carrier dynamics by laser-combined STM, APEX 6, 032401 (2013).
- S. Yoshida, Y. Aizawa, Z. Wang, R. Oshima, Y. Mera, E. Matsuyama, H. Oigawa, O. Takeuchi, and H. Shigekawa: Probing ultrafast spin dynamics with optical pump-probe scanning tunneling microscopy, Nature Nanotechnology 9, 588-593 (2014).

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 154,600千円

【ホームページ等】

<http://dora.bk.tsukuba.ac.jp/>
hidemi@ims.tsukuba.ac.jp