

【基盤研究(S)】

理工系 (工学 I)



研究課題名 スピンドイナミックス可視化技術の開拓と 新奇機能素子開発への展開

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授

しげかわ ひでみ
重川 秀実

研究分野：工学

キーワード：走査プローブ顕微鏡、イメージング、ナノ物性

【研究の背景・目的】

例えば、半導体素子はそのサイズが数十 nm で制限される領域に達し、特性を制御するために導入されたドーパントの空間分布や界面の揺らぎが、得られる機能に直接影響を及ぼす段階に至っている。現在、電荷に加えスピンを利用した新しい特性を持つ機能材料・素子の開発が盛んであるが、局所的な秩序や構造の揺らぎは電荷同様スピンの生成や消滅、相互作用（量子相間）などにも大きな影響を与え、これら過程の理解と制御が重要な課題となる。しかし、最近の著しい進展にもかかわらず解析はマクロな特性が基礎とされてきた。

本プロジェクトでは、機能材料・素子中のスピン（流）のダイナミックスをナノスケールで計測し実空間で可視化する為の新しい基盤技術の確立を目指す。スピンまで含め様々な状態間の遷移や相間などの局所特性を明らかにする技術を開発することで、例えば、現在、急速に進展中のスピントロニクスにおける重要課題である、スピンドイナミックス機構の詳細、微細構造と特性ゆらぎの関係など、量子マニピュレーションを基盤として展開する新たな機能材料・素子開発のための指針を得ることも可能になるものと期待される。

【研究の方法】

走査トンネル顕微鏡とその関連技術に光学的な手法を融合させることで、キャリアダイナミックス（電荷）を実空間・ナノスケールで可視化する技術を開発してきた。素子中に注入された少数キャリアの様子や、異なる寿命を持つ材料からなる微細構造中のキャリアダイナミックスの空間的なマッピングが可能になっている。これに励起光や探針を制御する機構を組み込むことで、磁性の選択性を導入し、スピンのダイナミックスの計測・解析技術を取り入れる。

また、多探針を用いた計測の基礎技術も開発を行い、マルチトンネル分光も可能な段階になりつつある。本手法を併せ用いることで、局所的なスピンの注入とその解析が可能となる。

本プロジェクトでは、こうして、これまで開発してきた新しい技術を更に推し進め、ナノスケールでスピンのダイナミックスを計測・可視化することが可能な基盤技術の構築を目指す。

【期待される成果と意義】

ナノスケールの構造揺らぎと局所量子ダイナミックスを評価する技術の確立は、半導体素子開発という限られた応用面において大切なだけでなく、有機・無機を問わず、将来、幅広い量子構造を対象とした科学および材料開発の基礎となり得る。ナノスケールでのスピンドイナミックスを評価する技術は、例えば、磁性クラスターからのスピン注入や散乱機構の解析など、新奇機能実現において直面する重要課題の一つであるにもかかわらず未だ十分に準備されていないのが現状である。

本プロジェクトは、これら要請に応えるもので、局所領域の科学に対する理解を深め新たな学問領域を構築する意義を持つとともに、ナノスケールの量子ダイナミックス制御により次世代の素子開発を目指す社会へのインパクトは大きいと考える。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

1. “Ultrafast photoinduced carrier dynamics in GaNAs probed using femtosecond time-resolved STM.” Y. Terada, M. Aoyama, H. Kondo, A. Taninaka, O. Takeuchi, and H. Shigeoka, *Nanotechnology* 18, 044028 (2007).
2. “Microscopic basis for the mechanism of carrier dynamics in an operating p-n junction examined by using light-modulated STM.” S. Yoshida, Y. Kanitani, R. Oshima, Y. Okada, O. Takeuchi, and H. Shigeoka, *Phys. Rev. Lett.* 98, 026802 (2007). (Focus に掲載).
3. 特許：ポンププローブ測定装置及びそれを用いた走査プローブ顕微鏡装置，特願 2006-322622.

【研究期間と研究経費】

平成 22 年度 - 26 年度
167,800 千円

【ホームページ等】

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