

氏名(本籍地)	横田 統徳
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第 7248 号
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理解物質科学研究科
学位論文題目	

時間分解 STM 技術の開発と応用

主査	筑波大学教授	工学博士	重川秀実
副査	筑波大学教授	博士(工学)	末益 崇
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	柳原 英人
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	長谷 宗明

論 文 の 要 旨

本研究では、本研究室独自に開発されたフェムト秒時間分解 STM による時間分解スペクトルの物理的解釈を実験・理論両面から進めることで同計測技術の基礎を確立することを試みた。

まず、表面準位のない n-GaAs に対して時間分解 STM 測定的光強度依存性を行うことでこれまでの研究で構築された物理モデルの検証を行った。測定では二つの緩和成分が現れるが、速い成分は高い光強度でのみ観測され、指数関数でフィッティングして得られた時定数は n-GaAs の少数キャリアの再結合寿命に対応する値を示した。一方、遅い成分は全ての光強度で観察され、光強度の増加に伴い時定数が減少することが確認された。速い成分は強い光を照射した際、光吸収飽和が強く起こりバルクの再結合過程が現れたためである。遅い成分は表面キャリアが熱励起でエネルギー障壁であるバンドベンディングを越えバルクに拡散し減少する過程で、表面キャリアの増加とともに障壁は下がり減衰が速くなると考えられる。さらに、実験では消光比が完全では無く光を遮断した場合にも漏れ光が存在するため、その影響も調べる必要がある。このモデルをもとに、数値計算を行い(1)光強度が高いときバルクの再結合過程が現れる、(2)表面キャリアの減衰時間は光強度の増加とともに速まる、(3)消光パルスの効果によって表面キャリアの減衰時間は近似的に指数関数となる、という3点が確認された。

続いて、時間分解 STM の応用として、GaAs の表面に Co ナノ粒子を蒸着した試料を対象として測定を行った。Co/GaAs では、ギャップ内に準位が形成され、光励起により蓄積されたホールが捕獲されて探針からの電子と再結合すると考えられる。実際、キャリアの時定数は Co 上 で一桁以上速くなることが確認された。同様の実験を Fe/GaAs、Mn/GaAs でも行い、単一原子レベルでの解析が可能であることを示すとともに、これら原子種による捕獲レートの関係が、理論的な予測とよく対応する事が確認された。

審 査 の 要 旨

〔批評〕

当該研究室において、空間的には原子レベルの分解能を持つが時間的にはサブミリ秒程度の分解能しか持たない STM と、時間的にはフェムト秒領域の分解能を持つが空間的には、通常、光スポットの領域で平均されてしまう光学的ポンププローブ法を組み合わせることで、両領域で極限的な分解能を持つ新しい顕微鏡が開発された。しかし、そのデータの解析には不確かな点も多かった。本研究では、モデル計算を行い実験データと比較検討を行うことで、これら問題を解消し、得られる結果を統一的に理解・評価する事を可能にした。続いて、それら結果を基に本手法をナノ粒子の解析に適用し、モデルを実証するとともに、単一原子レベルでのデータ取得・解析を行い、今後のナノ科学の展開における本手法の役割を示す事に成功した。

〔最終試験結果〕

平成 27 年 2 月 19 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。