



「テラヘルツ波計測技術と半導体量子構造の物理」

(平成 13~17 年度 特別推進研究「半導体量子構造の平衡・非平衡電子ダイナミクスの解明と量子制御」)

所属・氏名：東京大学大学院総合文化研究科・教授・小宮山 進

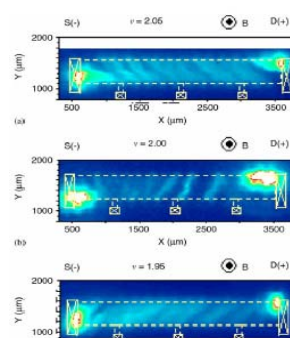
1. 研究期間中の研究成果

・背景（事象の初歩的な説明）

将来の新たな電子素子開発にとって、半導体の量子現象を解明し、かつ制御法を開拓することが基本的に重要である。そのために、半導体量子素子中の電子系の非平衡状態を調べる事、およびスピンを含めた量子系の位相制御の方法を開拓する事が重要である。

・研究内容及び成果の概要

量子ドット検出器を搭載する走査型テラヘルツ顕微鏡を開発し、量子ホール系の非平衡電子のダイナミクスをフォトンカウンティング計測により明らかにした。さらに、量子ホール電子系端状態の（電子）スピンを用いて動的核スピン偏極を生成し、局所的な核スピンの位相制御を行った。



量子ホール電子系からのサイクロトロン発光、超高感度テラヘルツ顕微鏡（波長 130 μ m、分解能 50 μ m）による。

2. 研究期間終了後の効果・効用

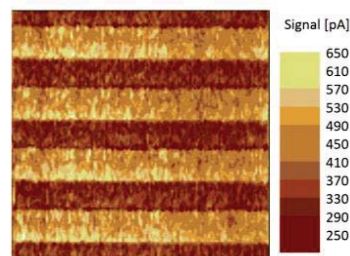
・研究期間終了後の取組及び現状

第一に、テラヘルツ顕微鏡の性能を、新たな検出器開拓と近接場技術の導入によって格段に向上させ（分解能：50 μ m→60nm）、量子物性研究の枠を超えて、物質一般の研究に役立つ一般的な計測法（パッシブテラヘルツ近接場顕微鏡）に発展させた。この顕微鏡によって、常温の金属表面とイオン性を有する誘電体の表面近傍（表面からの距離100nm以下）に、プランク輻射の100倍以上の強度に達するテラヘルツエバネセント波が存在する事を見出す等、物質表面の一般的な性質について、今まで得られなかった新しい知見を得た。

第二に、量子現象の解明もさらに進めた。つまり、テラヘルツフォトンカウンティング計測の発展によって量子ホール電子系の研究をさらに進めるとともに、量子ホール系のスピン分極した端状態によって生成する核スピン偏極の局所的な空間プロファイルをナノメートルスケールで明らかにするとともに、核スピンの生成・拡散・緩和のダイナミクスを明らかにした。さらに、従来不明だった端状態近傍における電子スピンの固有状態を初めて明らかにした。

・波及効果

パッシブテラヘルツ近接場顕微鏡の開発によって、従来検出が不可能だった物質表面固有の普遍的なテラヘルツエバネセント波が観測可能になったことで、今後さまざまな物質に応用が広がり、物質表面の物理化学的性質の解明に広い分野で役立つことが期待される。



GaAs 基板上的の幅 3 ミクロンの Au 薄膜におけるテラヘルツエバネセント波。分解能を約 1000 倍向上したパッシブテラヘルツ近接場顕微鏡（波長 15 μ m、分解能 60nm）による。