

※課題番号 : F-12-IT-0016  
 ※支援課題名 (日本語) : 量子ドットによる時間分解トンネル分光測定  
 ※Program Title (in English) : Time resolved tunnel spectroscopy using a quantum dot  
 ※利用者名 (日本語) : 鷲尾 和久、橋坂 昌幸、藤澤 利正  
 ※Username (in English) : Kazuhisa Washio, Masayuki Hashisaka, Toshimasa Fujisawa  
 ※所属名 (日本語) : 東京工業大学大学院理工学研究科物性物理学専攻  
 ※Affiliation (in English) : Tokyo Institute of Technology, Department of Physics

※概要 (Summary) :

半導体界面の2次元電子系にナノスケールの微細加工を施して人工量子系を作製し、そこでの電子ダイナミクスを高速エレクトロニクスによって調べる。人工量子系における電子の高周波応答を観測・制御することで、将来の量子情報技術の実現に資する、固体量子系の高速制御技術の確立を目指す。

固体素子中の電子ダイナミクスを評価する上で、電子のエネルギースペクトルの変化を高速で測定する手法は非常に有用である。今回、半導体中を流れる電流に対し、量子ドットを用いて GHz 帯域での時間分解トンネル分光を行う手法を開発した。電流を構成する電子エネルギーの時間変化を観測することで、電子系のエネルギー緩和やデコヒーレンスのメカニズム解明に貢献することができると考えている。

※実験 (Experimental) :

電子線リソグラフィ装置を用いて半導体2次元電子系基板に微細構造を作製し、人工量子系を形成した。作製した試料は走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて観測した。図1に試料の SEM 写真、及び実験の概念図を示す。希釈冷凍機温度 (100 mK 以下) において試料に垂直磁場を印加し、量子ホール状態を実現した。試料に高速電気パルス  $V_{inj}$  を印加し、電荷密度波 (エッジマグネトプラズモン: EMP) を発生させた。この EMP は試料端の1次元伝導チャネルに沿って伝搬し、量子ドット (QD) に到達する。この QD 内の離散化したエネルギー準位を高速で制御しつつ、その準位を透過する電流を測定した。EMP が QD に到達するタイミングが QD のエネルギーを正しく設定した瞬間に一致している場合にのみ、QD のトンネル電流  $I_{QD}$  が観測される。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

この手法による時間分解トンネル分光の時間、及びエネルギー分解能を検証した。得られた時間分解能は約 1 ns、エネルギー分解能は約 30  $\mu$ V であった。この結果は、この量子ドット分光器によって、電子の GHz 帯域

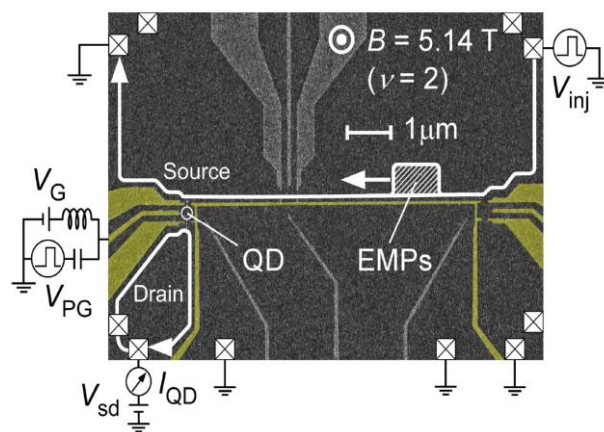


図1 試料の SEM 写真、及び測定セットアップ

のダイナミクスを高いエネルギー分解能で測定できることを示している。時間分解能はゲート電極と半導体中の電子の静電結合が制限しており、エネルギー分解能は試料中の電子温度が制限していると考えられる。

※その他・特記事項 (Others) :

試料形状の最適化、及びさらなる低温環境を実現することで、より高性能な時間分解トンネル分光が実現できると期待できる。