

シリコン単電子源におけるピコ秒電子ダイナミクス

Picosecond electron dynamics in a silicon single-electron source

○山端 元音¹, S. Ryu², N. Johnson¹, H. -S. Sim², 藤原 聡¹, 片岡 真哉³(NTT 物性基礎研¹, KAIST², NPL³)○G. Yamahata¹, S. Ryu², N. Johnson¹, H. -S. Sim², A. Fujiwara¹, M. Kataoka³(NTT Basic Research Labs.¹, KAIST², NPL³)

E-mail: gento.yamahata.eu@hco.ntt.co.jp

単電子源から放出される電子波束の利用により、電子を用いた量子光学実験[1]や、飛行量子ビット[2]、電磁界センシング[3]など様々な応用が期待されており、電子波束の量子的なダイナミクスの理解は応用へ向けて重要である。これまで、放出波束に関する様々な実験が行われてきたが[4]、単電子源内の電子ダイナミクスは観測されていない。これは、ダイナミクスが超高速（10 ピコ秒以下）で、測定バンド幅（100 ピコ秒以上[5]）が足りないことが主要因である。今回、シリコン単電子源内の共鳴準位を利用した新しい検出方法で 10 ピコ秒以下の超高速電子ダイナミクスを観測したので報告する[6]。

素子はシリコン細線上のナノトランジスタであり(Fig. 1)、2 つの下層ゲートへの電圧印加でシリコン細線中に入口と出口のポテンシャル障壁を持った量子ドットを形成する。更に入口側ゲートに高速信号を印加することで、高精度に単電子を高速転送できる[7]。高速信号による量子ドットの急速な横方向への動きにより、電子は非断熱的に励起され[8]、基底・励起準位の重ね合わせ状態となる。更に、位相のコヒーレントな時間発展により電子は量子ドット内を空間的に高速振動する。この高速振動を検出するため、出口側障壁内にトラップ準位のある素子で共鳴トンネリングに起因する電流を測定する手法を考案した。トラップ準位をゲート電圧で変化させると、共鳴トンネル時に電子波束が出口側障壁に近いかな否かが変化し、空間振動をゲート電圧に依存した電流振動に変換できる。Fig. 2a は観測した振動電流の微分プロットである。量子ダイナミクスをモデル化すると共に、素子パラメータを実験から抽出することで、電流振動のシミュレーションを行った結果が Fig. 2b であり、実験結果と良く一致している。この結果は単電子源内での高速ダイナミクス検出に成功したことを示しており、高速ダイナミクス検出の新しい手法を提案すると共に、放出電子波束制御に繋がる重要な知見と言える。

【参考文献】 [1] E. Bocquillon *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **108**, 196803 (2012). [2] B. Bertrand *et al.* *Nat. Nanotech.* **11**, 672 (2016). [3] N. Johnson *et al.* *Appl. Phys. Lett.* **110**, 102105 (2017). [4] C. Bäuerle *et al.* *Rep. Prog. Phys.* **81**, 056503 (2018). [5] T. Hayashi *et al.* *Phys. Rev. Lett.* **91**, 226804 (2003). [6] G. Yamahata *et al.* arXiv:1903.07802 (2019). [7] G. Yamahata *et al.* *Appl. Phys. Lett.* **109**, 013101 (2016). [8] M. Kataoka *et al.* *Phys. Rev. Lett.* **106**, 126801 (2011).

