

GaAs 2次元電子系に形成した量子ポイントコンタクトにおける サブバンド間共鳴励起現象の観測

Observation of inter-subband excitation in a quantum point contact formed in a GaAs two-dimensional electron gas

東大生研¹, 東大ナノ量子機構² [○]黒山和幸¹, 権晋寛², 荒川泰彦², 平川一彦^{1,2}

[○]IIS, Univ. of Tokyo¹, INQIE, Univ. of Tokyo², Kazuyuki Kuroyama¹, Jinkwan Kwoen²,

Yasuhiko Arakawa², Kazuhiko Hirakawa^{1,2}

E-mail: kuroyama@iis.u-tokyo.ac.jp

近年、テラヘルツ(THz)電磁波によって誘起される、量子ナノ構造における電子輸送現象が活発に研究されている。GaAs 2次元電子系などで形成される量子ポイントコンタクト(QPC)も、その対象の一つであり、QPC 内のサブバンド間遷移を用いて THz 検出を行おうという取り組みがあったが、無磁場下では、電子系の局所ヒーティングから現れる信号との切り分けが困難であった[1,2]。

以上の背景のもとで、我々は、QPC の電気伝導を磁場中で分光することによって、QPC のサブバンド間遷移に伴う信号を初めて同定した。2次元電子系を有する GaAs 半導体量子井戸ウェーハにスプリットリング共振器(SRR)と呼ばれるアンテナ構造を作製し(Fig. 1)、さらに、その微小ギャップ近傍に QPC を形成した。但し、本実験では、本来 SRR の持つ共振器としての振る舞いには着目せず、ギャップでの電場増強を得るためだけに SRR を用いている。QPC は Fig. 1 中で水平方向に伸びるサイドゲートと SRR との間に形成される。試料は THz 光学窓付きの 3He 冷凍機で約 360 mK の極低温環境下で測定した。ゲート電圧を量子化伝導度プラトートの遷移領域に調整し、THz 光源の周波数を掃引することで、QPC における電気伝導度の周波数スペクトルを測定した。この分光測定を異なる磁場で行うと、磁場の増大に伴って高周波側に移動する信号が複数観測された(Fig. 2)。低周波領域に得られている信号は、2次元電子のサイクロトロン共鳴を観測している[3]。一方で、サイクロトロン共鳴よりも 500 GHz 程度高周波側にも信号が観測されているが、これは電気測定により求めた QPC のサブバンド間エネルギーに合致している。さらに、QPC における磁気閉じ込め効果によって、サブバンド間エネルギーが磁場に伴って増大する振る舞いが確認できる。これらの結果から、観測された信号は QPC のサブバンド間遷移によるものと考えられる。

参考文献: [1] Q. Hu, APL 62, 837 (1993). [2] J. W. Song et al., APL 92, 223115 (2008). [3] G. Paravicini-Bagliani et al., Nat. Phys. 15 186 (2019).

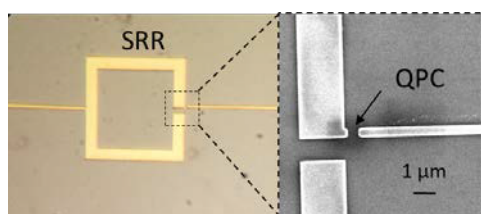


Fig. 1. Picture of our QPC-SRR sample.

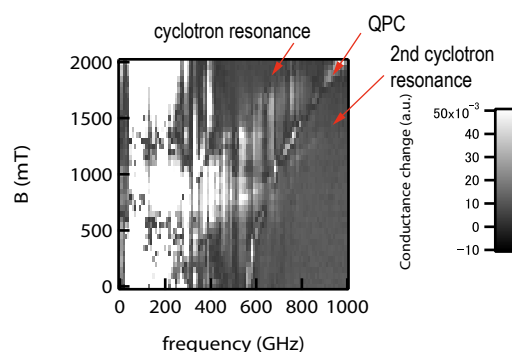


Fig. 2. THz-induced conductance change at the QPC, plotted with respect to the THz frequency and the B-field.