

2 重量子ドットにおける四重項パウリブロッケードの温度特性

Temperature dependences of quadruplet Pauli spin blockade in double quantum dots

日大工¹, 東北大理², 理研³ 近藤皆斗¹, 御代田宗佑¹, 泉田渉², 天羽真一³, ○羽田野剛司¹

Nihon Univ.¹, Tohoku Univ.², Riken³, Minato Kondo¹, Shusuke Miyota¹, Wataru Izumida²,

Shinichi Amaha³, ○Tsuyoshi Hatano¹

E-mail: hatano.tsuyoshi@nihon-u.ac.jp

近年、従来のコンピュータとは異なる原理で動作し、従来のコンピュータをはるかに凌駕する能力をもつ量子コンピュータの研究が加速度的に進んでいる。この量子コンピュータの計算単位である量子ビットを実現するための手法として様々な提案が行われているが、電子を1個単位で制御できる量子ドットもその候補の1つである。量子ドットにおいては、1量子ビットは電子スピンの大きさ(アップ及びダウン)によって定義される。そのため、量子ビットの読み出しのためには、量子ドット内の1電子のスピンを検出する必要がある。この電子スピンの検出には、2重量子ドットにおけるパウリの排他律を利用した電流抑制効果(パウリスピンブロッケード)が利用される[1]。このように量子力学的効果であるパウリスピンブロッケードは、これからの量子効果デバイスの応用に向けて重要な役割を果たすと考えられる。通常、このパウリスピンブロッケードは2電子の三重項を利用することにより実現する。最近、よりスピン量子数の大きい四重項状態に対してもパウリスピンブロッケードが生じることが実験的に明らかになっている[2]。しかし、パウリスピンブロッケードのような量子効果は熱の擾乱に弱い極低温でのみ動作する。従って、より高温でのパウリスピンブロッケードの動作を目指し、その温度依存性を明らかにすることは非常に重要である。今回、我々はこの四重項パウリスピンブロッケードの温度依存性の解明を目的として理論的な研究を行った。

我々は弱く結合した2重量子ドットの電流特性を、温度300mKにおいてゲート電圧及びソースドレイン電圧をパラメータとして計算を行った。その結果をFig.1(a)に示す。図中の α は、量子ドット内の電子間のクーロン相互作用によるクーロンブロッケードによって電流が抑制されている領域である。また、 β は3電子の四重項状態によるパウリスピンブロッケードによって電流が抑制される領域である。この2つの電流抑制領域は、二重項を介して電流が流れる領域 γ によって分離されている。次にFig.1(a)のゲート電圧を固定して(Fig.1(a)破線で掃引)、電流の温度依存性を計算した。その結果をFig.1(b)に示す。図から明らかなように、温度が上昇するにしたがって γ の領域が消滅し、四重項パウリスピンブロッケードによる電流抑制効果が生じる領域がソースドレイン電圧の小さい領域まで広がっている。これは擾乱に弱いはずの半導体中のスピンの量子的な効果が高温により増強されることを示している。従って、四重項パウリスピンブロッケードを用いることにより、より高温での電子スピン検出が可能となる。

[1] K. Ono, *et al.*, Science **297**, 1313 (2002). [2] S. Amaha, *et al.*, Physical Review B **89**, 085302 (2014).

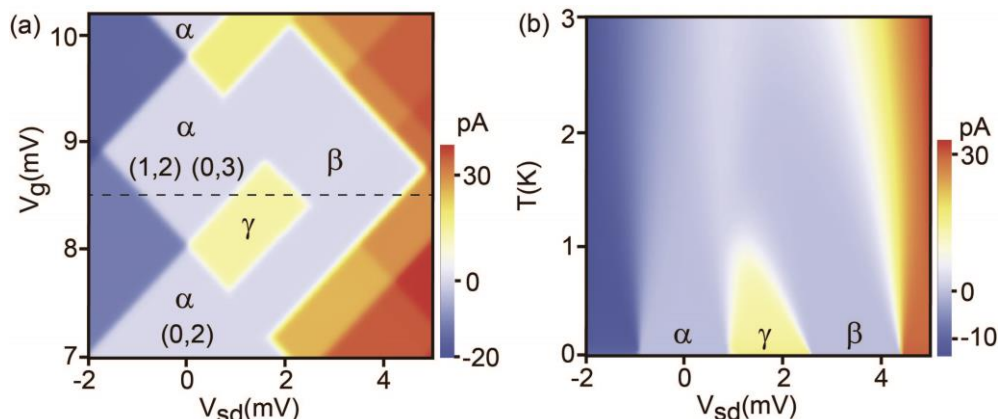


Fig.1 (a) Intensity plot of the current through double quantum dot in series, I_{sd} . (b) Temperature dependence of I_{sd} .