

Si/SiGe 量子ドット中の電子スピン量子操作

Quantum control of an electron spin in a Si/SiGe quantum dot



○(PC) 川上 恵里加¹、Pasquale Scarlino¹、Thibaut Jullien¹、Dan Ward²、Don

Savage²、Max Lagally²、Viatcheslav Dobrovitski³、Mark Friesen²、Susan

Coppersmith²、Mark Eriksson²、Lieven Vandersypen¹ (1. デルフト工科大、2. ウィスコンシン大、3. Ames 研)

○(PC) Erika Kawakami¹ (1.Delft Univ., 2.Wisconsin Univ., 3.Ames Lab.)

E-mail: e.kawakami@tudelft.nl

シリコン中の電子スピンは、コヒーレント状態の保持時間の長さから、量子ビットとしての利用が期待され、精力的に研究が進められてきた。我々は、Si/SiGe 二次元電子層に形成された量子ドット中の単一電子スピンの、量子ビットとして高い性能を持つことを実験的に示した。

スピン操作はマイクロ波をゲート電極の一つに印加し、電子スピン共鳴を起こすことによって実現する。マイクロ波を印加すると、量子ドット近傍に配置された微小磁石によって作られた傾斜磁場の中で、電子の位置が周期的に変化する。すると、電子スピンは磁場の大きさの変調を感じることから、電子スピン共鳴が起こり、スピンの状態を変えることが出来る。スピン状態の読み出しは量子ドット電荷検出器を用いて単一ショットで行う。

Randomized Benchmarking を用いて測定した 1 量子ビットの任意の 1 量子ゲートの平均信頼度は 99%であった。これは、この量子ビットをプロセッサとして用いた場合、十分に信頼出来る量子操作を実現出来ることを意味する。Hahn エコー法、動的デカップリング法(CPMG128)を用いて測定したコヒーレント状態の保持時間の長さはそれぞれ、70 マイクロ秒、400 マイクロ秒であった。これは、この量子ビットをメモリーとして用いた場合の量子状態の保持時間を示している。

動的デカップリングをノイズフィルターとして用いることにより、量子ビットに影響を与えていないノイズスペクトルを 10kHz から 1MHz の範囲で抽出した。ノイズの原因についても議論する。

また、第二高調波によってもスピン操作を実現することが可能であることを実験的に示した。これは、量子ビットの共鳴周波数の半分の周波数でもスピン操作が可能であることを意味し、周波数が低いほどマイクロ波回路に求められる技術が低いことから、量子コンピューター実現のための有用な技術の一つと言える。