

ヘリウム表面上の電子を用いた量子ビット実現へ向けて： LC 共振回路を用いた読み出し

Towards realization of qubits using electrons on helium:

Read-out of qubit states using an LC circuit

理化学研究所¹, °川上恵里加¹

RIKEN¹, °Erika Kawakami¹

E-mail: erika.kawakami@riken.jp

液体ヘリウム表面上の電子は、その移動度の高さからわかるように非常に綺麗な二次元電子系である。電子は真空中に浮かんでいるため、周りからの揺動を受けづらく、高性能な量子ビットを実現出来ることが期待される。

電子のヘリウム液面に対して垂直な方向の量子化状態はリュードベリ状態と呼ばれ、基底状態は液面から 10 nm 程、第一励起状態は 30 nm 程離れた位置に存在する。リュードベリ状態は長距離相互作用があるため、量子ビットの集積性を担保しつつ、2 量子ビットゲートを実現出来ることが期待される¹⁾。また、電子のスピン状態の内在的コヒーレンス時間は 100 s 以上と見積もられている²⁾。ここで、リュードベリ状態とスピン状態の間に人工的な相互作用は微小磁石を電子近傍に置くことによって作り出し³⁾、大きい相互作用と長いコヒーレンス時間、どちらを重視する量子操作かによって、量子ビット状態をリュードベリ状態とスピン状態の間を行き来させることを理論的に提案する。この相互作用によって、スピン状態のコヒーレンス時間は 50 ms 程と短くなってしまうが、量子操作の信頼度には影響しないことが理論的に計算された。1 量子ビットゲートの信頼度は>99.9999%、2 量子ビットゲートの信頼度は~99%と見積もられた。

また、最近のヘリウム表面上の電子における LC 共振回路を用いた量子ビットの状態の読み出しに関する実験的成果も報告する。電子は液体ヘリウムに浸された電極の上部に捕獲される。電子と電極は容量性結合しているため、電極にインダクタンスを接続すると、LC 共振回路を形成出来る。リュードベリ状態の遷移により電子の位置が変化することを、LC 共振周波数の変化によって読み出す。

1) P. M. Platzman and M. I. Dykman, Science 284, 1967 (1999).

2) S. A. Lyon, Phys. Rev. A 74, 052338 (2006).

3) Y. Tokura et. al., PRL 96, 047202 (2006).