

2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

| | |
|--------|--------------------------------|
| 研究担当者 | 川上恵里加 |
| 研究機関名 | 理化学研究所 |
| 所属部署名 | 開拓研究本部・量子コンピュータ研究センター |
| 役職名 | 理研白眉研究チームリーダー |
| 研究課題名 | ヘリウム表面上の電子を用いた量子ビットの実現 |
| 研究実施期間 | 2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日 |

研究成果の概要

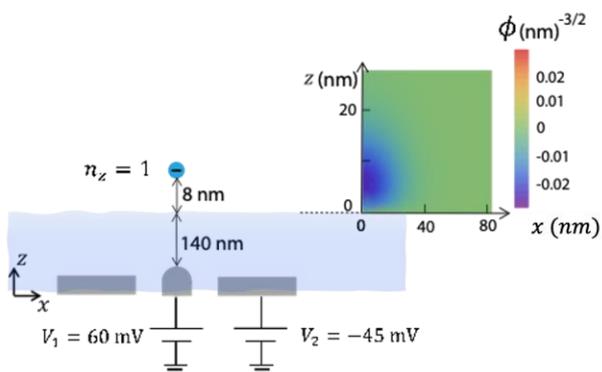
1. ヘリウム表面上の電子を用いた量子コンピュータの実現に向けた理論的提案

ヘリウム表面上に浮揚する電子のリュードベリ状態とスピン状態のハイブリッド量子ビットを理論的に提案し、論文にまとめた[Erika Kawakami, Jiabao Chen, Monica Benito, and Denis Konstantinov, arXiv:2303.03688.]. 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を作り出し、それを介してリュードベリ状態とスピン状態間で量子ビットの状態を移すことが出来ることを可能にする。こうすることによって、スピン状態の長いコヒーレンス時間とリュードベリ状態の長距離相互作用のどちらも必要に応じて利用することが出来る。

電子は液体ヘリウムに浸された円柱電極の上部に捕獲される(図1)。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す。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いが、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。

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。

(a) Rydberg-ground state
 $n = 1$



(b) Rydberg-1st excited state
 $n = 2$

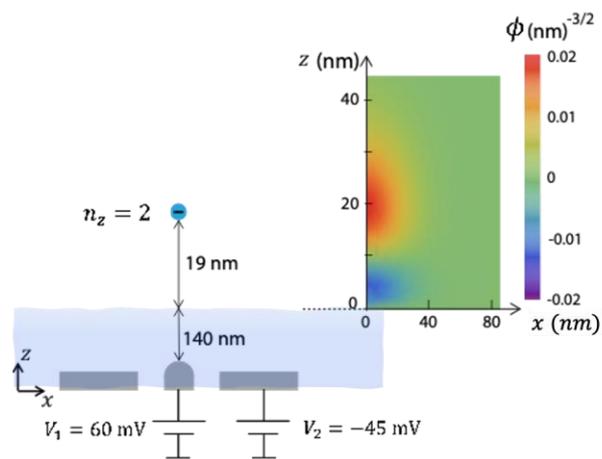


図 1 (a) リュドベリ基底状態の波動関数の広がり。電子の平均位置はヘリウム液面から 8 nm の位置。
(b) リュドベリ第一励起状態の波動関数の広がり。電子の平均位置はヘリウム液面から 19 nm の位置。