

## 川上浮揚電子量子情報理研白眉研究チーム

理研白眉研究チームリーダー 川上 恵里加 (Ph.D.)



### (0) 研究分野

分科会: 物理、工学

キーワード: 量子ビット、量子コンピューター、ヘリウム表面上の電子、リュードベリ状態、マイクロ波

### (1) 研究背景と研究目標

ヘリウム表面上の電子は、ヘリウム表面の真空中に、2次元電子系が存在するため、非常に綺麗な物理系である。周りに不純物などが存在しないため、その量子状態は長いコヒーレンス時間を保持すると理論的に予想されており、量子ビットを実現するのに理想的な物理系である可能性がある。当研究室は、ヘリウム表面上の電子を用いてスケーラブルな量子コンピューターを実現することを目指している。

また、量子ビットの数が増えて行く際には、低温で動作するマイクロ波機器など新しい技術が必要になってくると予想され、そういった技術の開発にも取り組んでいる。

### (2) 2021年度成果と今後の研究計画

#### (A) ヘリウム表面上の電子のリュードベリ状態の検出

- 2021年度初めに、ヘリウム上の電子のリュードベリ状態をimage-charge detectionと呼ばれる方法で検出すること(2019年にOISTで成功させた方法 [E. Kawakami, A. Elarabi, D. Konstantinov, PRL, 123, 086801 (2019).])を再現することに成功した。
- LC共振回路を作成し、低温で十分なキャパシタンス感度を持つことを測定した。
- 上記作成したLC共振回路をヘリウム上の電子の実験セットアップに組み込み、多数の電子のリュードベリ状態をLC共振回路で読み出すことに成功した。

**今後の計画** 作成したLC共振回路の感度は単一電子のリュードベリ状態を読み出すにも十分なものである。今はまだ、多数の電子の実験であるが、これから単一電子の実験へ移行していくために、単一電子をトラップするためのデバイスを作成し、LC共振回路をこれに組み込む。

#### (B) 低温で動作するマイクロ波発振器の開発

- 低温マイクロ波発振器の最初のプロトタイプが33mKで動作することを測定した。
- マイクロ波の周波数をチューニング出来ることが出来るように、回路を改良し、室温で動作することを確認した。
- 2つの回路を同期させる技術を確立した。この技術は、量子ビットの読み出し精度の向上に寄与できる可能性がある。

**今後の計画** 周波数をチューニング出来るマイクロ波発振器が低温でも動作することを確認する。量子ビットデバイスと組み合わせて、上手く動作することを実証する。

(3) 研究室メンバー

(2021年度)

	名前
理研白眉チームリーダー	川上恵里加
技師	Ivan Grytsenko
特別研究員	Asher Jennings
テクニカルスタッフ I	伊藤裕美
アシスタント	瀧優子
研究パートタイマー	Rajesh Mohan

(4) 発表論文等

1. E. Kawakami, A. Elarabi, D. Konstantinov, “Relaxation of the Excited Rydberg States of Surface Electrons on Liquid Helium.” Physical Review Letters, 126, 106802 (2021).
2. A. Elarabi, E. Kawakami, D. Konstantinov, “Cryogenic amplification of image-charge detection for readout of quantum states of electrons on liquid helium. ” Journal of Low Temperature Physics volume 202, 456 (2021).
3. Erika Kawakami, “Dispersive read-out of the Rydberg states of electrons on helium”, DAQS2022, Online, February 21-23 (2022).
4. Erika Kawakami, “Towards realizing spin qubits using electrons on helium”, QFS2021, Online, August 10-19 (2021).
5. Erika Kawakami, “Radio-Frequency Measurements of the Rydberg States: towards realizing qubits using electrons on helium”, Online, Quantum matter at ultra-low temperatures, July 20-21 (2022).

**Laboratory Homepages**

<https://sites.google.com/view/febqi/>

[https://www.riken.jp/research/labs/hakubi/k\\_floatelectron\\_based\\_qtm\\_inf/index.html](https://www.riken.jp/research/labs/hakubi/k_floatelectron_based_qtm_inf/index.html)