

レーザー冷却イオンを用いた極低温中性原子気体の局所物性研究

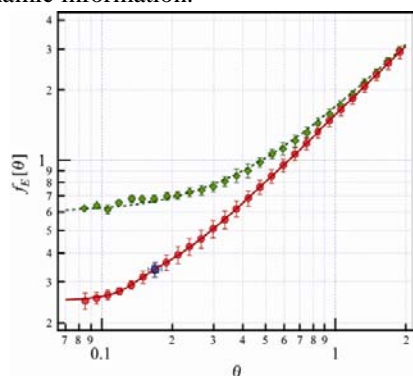
Realization of a local probe of ultracold neutral atomic gases using a laser-cooled ion

Objectives

極低温原子気体はその高い制御性から凝縮系物理研究に新たな知見を与える系として注目されている。しかし原子気体は調和ポテンシャルによって捕獲されているために密度分布が不均一になるという宿命的な問題を抱えており、これが現象の理解を困難にしてきた。電場で制御するイオンは中性原子とは独立に操作可能であり、原子-イオン間相互作用により局所的な原子の状態をイオンを通して検出することが可能である。本研究ではイオンと中性原子の混合系の実現し、その系を用いて超流動の崩壊の詳細なメカニズムの理解を目指す。

Ultracold atomic gases with highly controllable material parameters have provided new systems for tackling several longstanding problems in condensed-matter physics. However, an inhomogeneous density profile in a harmonic potential, which is inherent in a cold atom system, makes understanding the thermodynamic behavior of the system difficult, due to the coexistence of different physical phases in an atomic cloud. Laser-cooled ions can be used as a high spatial resolution probe of ultracold atomic gas systems through atom-ion interactions. We aim to realize a combined system of neutral atoms and an ion, and clarify the mechanism of the breakdown of superfluidity from the local thermodynamic information.

Fig. 1



Achievements

- ユニタリー極限と呼ばれる、原子間相互作用エネルギー最大の極限においてフェルミ粒子が示す特異な性質を利用することで局所的な熱力学の測定に成功した。また、ユニタリー極限で成り立つ普遍的熱力学の存在を実証し、熱力学関数を初めて実験的に決定した。
- カルシウムイオンのレーザー冷却に必要な波長である 397nm の光を発生することに成功した。半導体レーザーを用いて 794nm を発生し、共振器を用いて光強度を増強することで第二高調波を発生させている。

- We have been able to verify the universal thermodynamics of a unitary Fermi gas and experimentally determined the universal thermodynamic functions. In this study, we utilized the specific features of the unitary Fermi gas to obtain the local thermodynamic information.
- For the experiment of an atom-ion mixture, we have obtained the second harmonic generation (SHG) of 794 nm light from a laser diode. The cavity has been built to obtain SHG with a reasonable efficiency.

Fig. 2

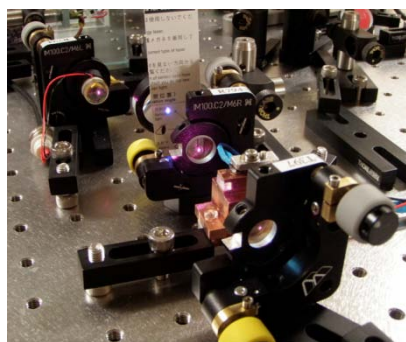


Fig. 1: Determined universal functions of internal energy for an ideal (green dots) and a unitary Fermi gas (red dots). The dashed green line is a theoretical curve, and the solid red line shows the fitting result.

Fig. 2: Cavity-enhanced second harmonic generation of 397 nm.

References

- 1) M. Horikoshi, S. Nakajima, M. Ueda, and T. Mukaiyama, "Measurement of universal thermodynamic functions for a unitary Fermi gas," *Science*, **327**, 442 (2010).
- 2) Y. Inada, M. Horikoshi, S. Nakajima, M. Kuwata-Gonokami, M. Ueda and T. Mukaiyama, "Critical Temperature and Condensate Fraction of a Fermion Pair Condensate," *Phys. Rev. Lett.* **101**, 180406 (2008).