

Li 原子超微細準位の CPT 共鳴に最適な緩衝ガス

兵庫県立大学 大学院 物質理学研究科
石川潔, 井上秋津

Optimum buffer gas for Li hyperfine CPT resonance

Graduate School of Material Science, University of Hyogo

Kiyoshi Ishikawa, Akitsu Inoue

ガラス容器中の蒸気相リチウム(${}^7\text{Li}$)原子基底状態の超微細準位 CPT (Coherent Population Trapping) を観測するのに、どんな緩衝ガスがよいかを調べた。CPT 共鳴周波数と線幅は、緩衝ガスの種類と密度、温度により変化する。ガス密度について、古くは質量分析により、ガラス材料のガス透過性(permeability)が調べられた。マイクロ波の周波数標準に使われたアルカリ蒸気セルでは、室温におけるガラスのガス透過量が少ないので、緩衝ガス密度の変化は周波数の確からしさに影響しない。一方、最近の小型容器では、容器の表面積が相対的に大きいのでガス密度変化を考慮する必要がある。蒸気相 Li 原子分光では、原子密度を上げるため高温にする。今回、Li 超微細準位 CPT 共鳴に適した緩衝ガスについて、高温になったガラスのガス透過性を中心に検討した。

実験では、基底状態 Li 原子の超微細分裂周波数 ν_{00} を測定した。真空の周波数 ν_{00}^{vac} は 803 504.1 kHz である。図 1 は、室温でヘリウム(He)ガス 22 kPa を封入したガラス容器で測定した Li 原子の周波数 ν_{00} である。実験中、温度(260–400 °C)と光パワー(0.01–2 mW/cm²)を変えたので、それぞれの実験日には広い範囲で周波数が分散している。数ヶ月にわたる期間では、周波数が ν_{00}^{vac} に向かい減少した。この減少は、容器製作後の初期変化やガスリークではなく、高温のガラスを He ガスが透過したことによる。他の希ガスを封入した容器では周波数変化は見られない。容器を加熱したときだけガスが透過したとすると、He ガス密度減少の時定数は 45 日だった。質量

分析によるホウケイ酸ガラスの He 透過性データを使い、我々のガラス容器形状と温度 320 °C で概算した時定数は 64 日であり、測定値と同程度である。高温では小さな希ガス(He)はガラスを透過し、1 日の測定でも周波数変化により緩衝ガス密度の減少が検知される。一方、大きな希ガス(Ar など)の密度減少は無視できるが、Li 原子とファンデルワールス分子を形成するので、CPT 共鳴線の密度・温度依存性が複雑である。核磁気モーメントのある希ガス(Kr, Xe)中では線幅が非常に広い。以上より、ガラス容器の Li 原子の緩衝ガスとしてネオンが最適である。

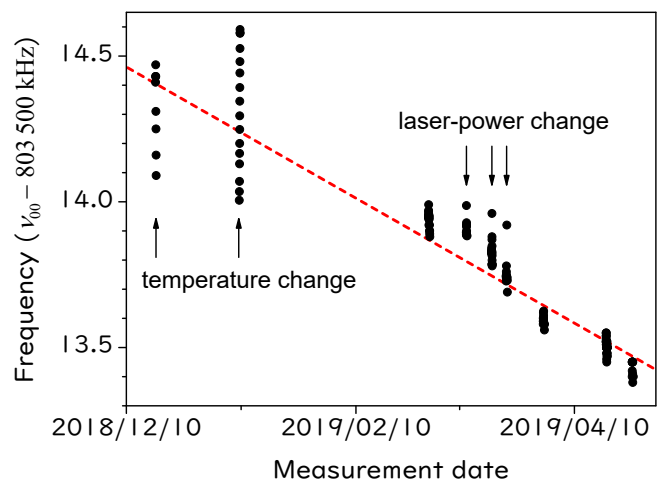


図 1. ガラス容器中の Li 原子の超微細分裂周波数の時間変化。横軸の 1 目盛は 1 ヶ月を表す。He 緩衝ガス密度が減少して周波数が低下した。