

発光検知による基底状態 Li 原子の CPT 暗共鳴の観測

兵庫県立大学 大学院 理学研究科
石川潔, 井上真里

Emission detection of dark resonances in coherent population trapping of
ground-state Li atoms

Graduate School of Science, University of Hyogo
Kiyoshi Ishikawa and Mari Inoue

ガラス容器中の基底状態 ${}^7\text{Li}$ 原子の超微細分裂周波数を測定する際、 D_1 線ドップラー幅(約 3 GHz)が超微細分裂(0.8 GHz)より大きいので、 μ 波共鳴ではなく、CPT (coherent population trapping)による暗共鳴を観測する。共鳴周波数と線幅の温度依存性は、原子間相互作用について多くの情報を与えるので、広い温度範囲で測るのが重要だ。我々は、温度 250–400 °Cで蒸気 Li 原子の暗共鳴を観測してきた。飽和蒸気密度が低いので、透過光強度の線形吸収による減少量が小さく、暗共鳴による透過光強度の増加量(信号)はさらに小さい。平均透過光強度(雑音源)に対する比(コントラスト)は、我々の装置では 1 ppm が限界である。今回、発光検知により暗共鳴のコントラストを改善し、これまでより低温で希薄な Li 蒸気の暗共鳴を観測した。一般に、発光が得られるとき、吸収(透過光)検知より発光検知の方が高感度に信号を観測できる。本発表は、その一例である。

消光ガスのない容器中の Li 原子は、励起光を吸収すると発光し、暗共鳴により発光が弱くなる。平均発光量に対する発光減少量の比(発光検知のコントラスト)は吸収法より大きい。図 1 は、温度 220 °Cにおける発光検知の CPT 信号である。色素レーザーの間欠的な強度雑音は見られず、光電子増倍管出力のショット雑音が支配的である。平均時間に応じて信号雑音比(SNR)を改善できる。

吸収法で CPT を観測するためには、十分な原子数と、強度や周波数の安定なレーザーが必要である。我々は、希薄 Li 原子を色素レーザーで観測するので、発光検知により SNR を向上させる必要があった。しかし、安定なレーザーを使う場合でも、発光検知の CPT 信号は吸収法より SNR が高い。電気的なショット雑音の原因は、発光、迷光、黒体輻射の光子数雑音と、光検出器の量子効率(0.15)である。さらに低温では、黒体輻射は無視でき、光検出器を蒸気セルに近づけられる。今後、集光効率の向上と迷光の除去が可能になり、発光検知 CPT により温度範囲を広げられる。

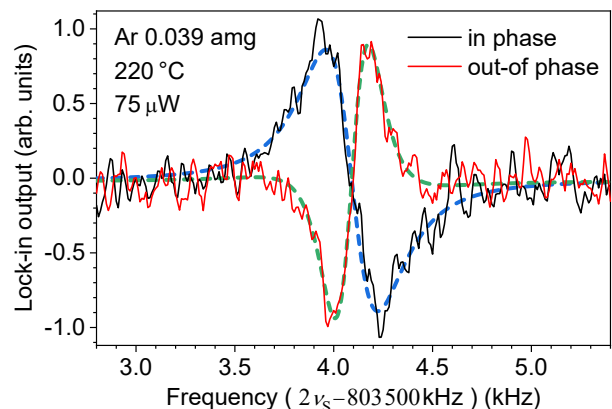


図 1. 基底状態 Li 原子の超微細準位 CPT スペクトル(Ar ガス密度 0.039 amg, 温度 220 °C). 光周波数の異なる直交した直線偏光(75 μW)を静磁場方向に照射し、光電子増倍管で発光検知し、 $1/f$ 雑音を避けるため光周波数差を 130 Hz で変調しながらロックイン検波した(黒実線 in phase, 赤実線 out-of phase signals, 点線 fitting curves).