

# リチウム原子超微細準位の CPT 共鳴による磁場計測 II

兵庫県立大学 大学院 物質理学研究科

石川 潔, 井上秋津

## Atomic magnetometry using hyperfine CPT resonance of Li vapor II

*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(Li)原子を光ポンピングし、我々は、固体 Li 塩の核スピン偏極をめざしている。核スピン偏極のために、温度 300~400 °C にて Li 原子密度を高める ( $\sim 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ )。高温なので Li 塩も一部分子蒸気になる。光と原子から分子と固体へ角運動量が移るようすを、光ポンピングしながら、その場で観測する 1 つの方法は、Li 蒸気を磁力計とした磁気計測である。今回、 $^7\text{Li}$  原子 ( $I = 3/2$ ) の基底状態 Coherent Population Trapping (CPT) により外部から加えた参照磁場を計測し、Li 原子磁力計の性能を評価した。高温では Li 塩の蒸気が発生したり緩衝ガスがガラスを浸透するので、Li 原子の衝突相手の密度が変化する。磁場には感度がないが密度変化に感度がある準位  $|F, m_F = 0\rangle$  に加え、磁場にも感度がある準位  $|F, m_F = \pm 1\rangle$  を共鳴に取り入れる。ここでは、縦磁場(光軸 || 磁場)計測について述べる。

実験では、He または Ne ガスと Li 金属を封入したガラス容器の温度を一定に保ち、磁気シールド内の静磁場と平行に、 $D_1$  線に共鳴する 2 つの直線偏光を照射した。2 つの光の周波数差が  $\nu_{00}$  や  $\nu_{\pm 1 \pm 1}$  に等しいとき CPT 共鳴 ( $\Delta F = 1, \Delta m_F = 0$ ) が生じる。共鳴  $\nu_{\pm 1 \pm 1} = \nu_{00} \pm 2\nu_Z$  はゼーマン分裂周波数  $\nu_Z$  を介し磁場測定に使えるが、0-0 共鳴周波数  $\nu_{00}$  が温度や衝突相手の密度に依存するので長時間安定性に欠ける。そこで、光の周波数を変調し、変調周波数を周波数差  $|\nu_{\pm 1 \pm 1} - \nu_{00}| = 2\nu_Z$  に一致させた。このとき、同時に 3 つの共鳴が生じるので、発振器周波数を  $\nu_{00}$  に固定しつつ、磁場の時間変化を測定できる。図 1 は、縦方向の静磁場 (210 nT) と振動磁場 (振幅 1 nT, 周波数 50 Hz) を加えたときの信号のフーリエ変換である。温度を上げると信号が大きくなり、相対的に雑音レベルが下がる。温度 360 °C のとき等価磁場雑音は  $15 \text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}$  だった。これは、磁気シールドや導線を介し侵入した真の磁場雑音ではなく、原子磁力計の等価雑音である。最適条件は別にあるだろうが、さらに高温で原子密度を上げて Li 原子同士のスピン交換相互作用により共鳴線が拡がり、信号は格段に大きくなる。Rb 原子の SERF 磁力計 (約 4 桁高感度) と比較しながら、現在の磁場感度について議論する。

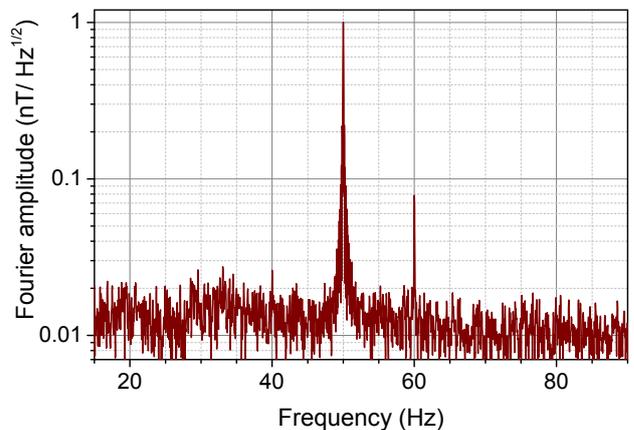


図 1. 振幅 1 nT, 周波数 50 Hz の振動磁場を加えたときの信号のフーリエ変換。温度 360 °C で雑音レベルは  $15 \text{ pT}/\sqrt{\text{Hz}}$  だった。