

熱いリチウム蒸気のプッシュプル光ポンピングと超微細周波数シフト

兵庫県立大学 大学院 物質理学研究科
石川 潔, 小菌 寛

Hyperfine frequency shift and push-pull optical pumping of hot lithium vapor

Graduate School of Material Science, University of Hyogo

Kiyoshi Ishikawa, Kan Kozono

光ポンピングしたリチウム(Li)原子による固体 Li 塩の核スピン偏極をめざし、我々は、気体中を固体表面まで流れる拡散スピン流を調べている。前回、スピンエコー法により計測した緩衝ガス中の Li 原子の拡散運動について報告した。軽い Li 原子は熱的速度が大きく、緩衝ガスとの速度変化衝突の断面積も小さいので、拡散係数が大きい。一方、その原子衝突により角運動量のキャリアである電子スピンと核スピン間で角運動量を交換しながら、スピン偏極原子は拡散する。原子衝突による角運動量の授受は、高磁場における基底状態の副準位占有数分布の緩和、あるいは、低磁場における *S*-damping 衝突や hyperfine-shift 衝突などの断面積により評価できる。緩衝ガス中の Li 原子については、Rb 原子を介し間接的に光検知された古い報告があるのみで、温度勾配や Li 原子と Rb 原子のスピン交換衝突による周波数シフトが懸念される。今回、緩衝ガス中に Li 原子のみが存在する条件で、低磁場における基底状態の超微細分裂の周波数を測定した。

実験では、Li 金属と He ガス(室温で 8.3 kPa)を封入したホウケイ酸ガラス容器を 290 °C に加熱し、静磁場 2 μ T の方向に D_1 線(671 nm)に共鳴する、直交する直線偏光 ($E_1 \cos \omega_1 t$, $E_2 \sin \omega_2 t$) を照射した。その周波数差 $\delta\omega = \omega_1 - \omega_2$ が基底状態の超微細分裂周波数 803.5 MHz (^7Li) に一致すると、量子干渉効果により透過光が強くなる。透過率変化は入射光強度が約 1 mW/cm² で飽和した。入射光は $\mathbf{E}_-(\omega_A) \cos(\delta\omega t/2) - \mathbf{E}_+(\omega_A) \sin(\delta\omega t/2)$ と表すこともでき、交互に入射する σ_{\pm} 偏光(平均角周波数 ω_A)により原子がエネルギー準位 $|F, m_F = 0\rangle$ に集められることがわかる。したがって、プッシュプル光ポンピングでは、共鳴線($0 \leftrightarrow 0$)が最も大きくなる。図 1 に示す透過率変化は、周波数差 $\delta\omega$ を小さく変調しながら掃引して観測した。中央の共鳴線は磁場敏感でないが、両側の共鳴 ($\pm 1 \leftrightarrow \pm 1$) はゼーマンシフトし、磁場ゆらぎや不均一により広がる。今後、中央の共鳴周波数や線幅について、緩衝ガスの種類や圧力依存性を測定する。

図 1. 掃引周波数 $f = \delta\omega/2\pi$ が超微細分裂に一致すると、量子干渉効果により透過光が強くなる。Li 原子密度が低いので周波数変調して分散型信号を観測した。

