

Li 塩の核スピン偏極に向けた Li 原子の光ポンピング

兵庫県立大学 大学院 物質理学研究科
石川 潔

Optical pumping of Li atoms for nuclear polarization of Li salts

Graduate School of Material Science, University of Hyogo

Kiyoshi Ishikawa

容器中でアルカリ金属原子を光ポンピングすると、金属蒸気に接する固体や液体のアルカリ塩を核スピン偏極できる。塩のスピン偏極率を上げるため、表面におけるスピン注入と、表面から塩内部へのスピン拡散を速めることが重要だ[1]。これまで Cs 原子を光ポンピングしていたが、次の候補として Li 原子が有望である。結晶中の Li イオンは移動度が大きく、核スピン緩和が遅い。したがって、偏極 Li 原子により、結晶全体にわたり Li イオンが核スピン偏極される。電場を加えれば、核スピン偏極を輸送できるかもしれない。そこで、容器内の熱い Li 蒸気を光ポンピングし、偏極原子を Li 塩と接触させることを想定し、外部磁場や緩衝ガス圧力などを変えながら、気体 Li 原子による拡散核スピン流を計算した。



Li 原子の D 線 (671 nm) は、微細分裂 (約 10 GHz) と超微細分裂 (約 10 MHz) が小さく、 ${}^6\text{Li}$ (7.5%) と ${}^7\text{Li}$ (92.5%) の同位体シフトは約 10 GHz である。ドップラー幅が広く、吸収線が混んでいるので、通常は低磁場で、例えば σ_+ 偏光で光ポンピングする。しかし、スピン注入に重要な表面近傍では偏光が乱れるので、他の方法で準位選択する必要がある。ここではゼーマン分裂に注目した。図 1 に示すように、磁場 1 T で吸収線は十分に分裂するが、離調 5 GHz 付近では異なる偏光により反対符号のスピン流が誘起され、偏光が乱れるとスピン流が相殺される。一方、離調 50 GHz の σ_+ 偏光による負のピークは孤立している。したがって、偏光が乱れてもスピン流を誘起できる。この遷移は強磁場極限で禁制 ($\Delta m_J = 2$) になるが、磁場 1 T では、誘起される核スピン流は十分に大きい。ただし、Li 蒸気密度は低く、金属は容易にガラスを侵襲する。実験では、これらを克服する必要がある。

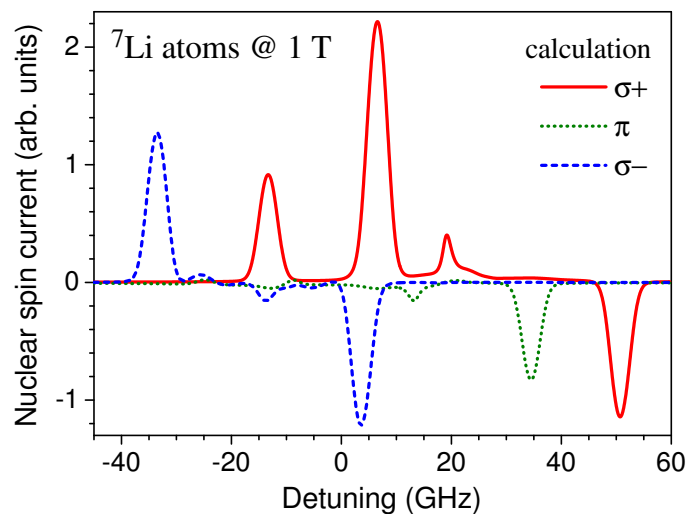


図 1. 各偏光により誘起される、円筒容器側面に向かって流れる気体 ${}^7\text{Li}$ 原子による拡散核スピン流

[1] スピン偏極は移るよ、どこまでも：原子気体の光ポンピングによる金属塩の核スピン偏極、石川潔、日本物理学会誌 **70**, 530–534 (2015).