

ガラス容器中の熱い Li 蒸気の光ポンピング

兵庫県立大学 大学院 物質理学研究科
石川 潔, 濱田 凜沙

Optical pumping of lithium atoms in a glass hot-vapor cell

Graduate School of Material Science, University of Hyogo

Kiyoshi Ishikawa, Nagisa Hamada

リチウム(Li)原子やイオンは、さまざまな物質に侵入し、物質中でその移動度が大きい。我々が Li 塩の核スピン偏極を目的としている理由が、ここにある。しかし、同じ理由により熱い Li 蒸気の分光実験が難しくなる。磁気共鳴を併用したレーザー計測をする場合、容器は非磁性で透明なガラス材料で作りたい。一方、他のアルカリ金属に比べ、Li 金属の蒸気圧は低い。例えば、室温の Cs 蒸気と同じ原子数密度を得るためには、容器を 330 °C に加熱する必要がある。高温のガラス材料は Li 原子に侵入され、ガラスが着色すれば分光実験に向かないし、もろくなれば容器の体をなさない。したがって、ガラス容器中の熱い Li 蒸気の分光例は少なく、よい噂も聞かない。今回は、過去の論文や経験談を追体験することにより問題点を洗い出し、ガラス容器中で十分な密度の熱い Li 蒸気を発生させることを目的とした。

Li 原子 D 線(671 nm)では、超微細分裂(${}^6\text{Li}$: 228 MHz, ${}^7\text{Li}$: 803 MHz)がドップラー幅(3 GHz @ 290 °C)より小さく、適当な緩衝ガス圧で吸収線幅を広げると、超微細ポンピングを避けることができる。また、 ${}^6\text{Li}$ 原子(存在比 7.5%)と ${}^7\text{Li}$ 原子(92.5%)の同位体シフト(10 GHz)によりドップラー幅内で ${}^6\text{Li } D_2$ 線と ${}^7\text{Li } D_1$ 線が重なる。半世紀前でも同位体 Li ランプを光源とした Rb や Hg 原子と同様の光ポンピングが原理上可能であり、推測の域を出ないが、これを目ざすと高温になるランプにガラスは使えないという結論になる。光源がレーザーになった頃には、冷却原子が注目され、ガラス容器は忘れ去られたと思われる。我々は、原子による物質の核スピン偏極を目的としているので、使えない理由がないのなら、ガラス容器を復活させるのも良いだろう。

実験では、静磁場 0.2 mT の方向に照射した励起光でポンピングしたのち、基底状態のゼーマン分裂に共鳴する振動磁場パルスを加え、図 1 に示すようなスピンエコー信号を観測した。静磁場に直交する検出光の透過率がスピンの歳差運動で変調されている。このように、ホウケイ酸ガラス容器を使い、分光できる程度の Li 原子密度が得られた。

図 1. (a) ${}^7\text{Li}$ 原子と (b) ${}^6\text{Li}$ 原子の自由誘導緩和とスピンエコー信号。温度 290 °C, 繰返し 143 Hz で (a) 1024 回, (b) 4096 回平均した。レーザーはそれぞれ D_1 線に共鳴させた。

