

Optical pumping of atomic vapor studied by optically-enhanced
NMR signal of alkali-salts

Graduate School of Material Science, University of Hyogo Kiyoshi Ishikawa

ガラス容器に固体のアルカリ塩を入れ、気体のアルカリ金属原子を光ポンピングすると、固体のNMR信号が増大することを、これまで、広い磁場範囲(0.56 ~ 9.4 T)で確認してきた。光ポンピングによりスピン偏極した原子が、角運動量を固体表面まで運び、その一部を固体に渡す(スピン偏極移行)ので、固体に角運動量が蓄積する。最近の低磁場(0.56 T)の実験は、気体Cs原子の核スピン偏極が主要な角運動量源であることを示した。もし、核スピン間の磁気双極子相互作用が表面におけるスピン偏極移行の主因であるなら、おそらく内部でも同様の機構が支配的であり、スピン拡散長は短い。つまり、固体の核スピン偏極は、内部深くまで侵入していない。その場合、塩の表面積を広くし、偏極Cs原子に曝されるCsイオンの割合を増やすのが、^{さら}順当な手段である。

実験では、円筒ガラス容器に石英ガラスウールを入れ、CsH塩をウール表面に反応生成した。静磁場は0.56 Tに固定し、温度を調整すると、95 °C付近でNMR信号が極大になった。CsH塩を円筒の側壁内面に堆積させた前回までに比べ表面積が広がったため、気体Cs原子の光ポンピングにより、積算せずとも観測できるほど十分に固体のNMR信号が増大した。Cs原子の D_2 線は ± 30 GHzの範囲でゼーマン分裂し、複雑な吸収スペクトルを呈する。レーザー周波数を掃引しNMR信号を記録すると、そのNMR増大スペクトルは単純な周波数依存性を示すものの、予想していた気体の核スピン流のスペクトルと、そのままでは一致しない。

ガラスウールは、そもそも、スピン偏極移行レートを表面積で稼ぐため使った。思いがけず、塩近傍の原子をスピン偏極できることもわかった。壁によるスピン緩和のため、表面近傍ではスピン偏極率が低く、光の吸収が強い。側壁は面の法線と光の伝播方向が直交するので、励起光は吸収の強い領域を通過し弱まり、ますます、光ポンピングレートが小さくなる。一方、ウール表面の向きは乱雑なので、側壁の欠点を補い、表面近傍でスピン流を発生させられた。