

アルカリ塩のNMR計測による 偏極気体原子のスピン流の反転と緩衝ガス効果

兵庫県立大学 大学院 物質理学研究科 石川 潔

Buffer-gas induced inversion of spin current transported by atomic vapor and NMR detection with an alkali-salt

Graduate School of Material Science, University of Hyogo Kiyoshi Ishikawa

ガラス容器中のアルカリ金属原子を光ポンピングし、偏極原子の拡散流を発生させる。すると、角運動量が壁に向かって運ばれ、固体表面に達する。このスピンの流れを固体に注入し、固体の核スピン偏極や、容器の壁の改質をめざしてきた。固体の核スピン偏極が熱平衡状態より向上することは、NMR計測で検知できる。これまでに、気体の電子スピン流や核スピン流と、固体のNMR信号の比較により、界面を通して角運動量が注入される機構、つまり、表面におけるスピン相互作用を調べた。視点を変えれば、固体NMR計測により、表面近傍における気体のスピン流を知ることができる。我々の方法は、光学的には難しい、表面近傍の原子のスピン状態を検知する数少ない手法である。

実験では、円筒容器の側壁内面にCsH塩の微結晶を堆積させ、CsイオンをNMR計測した。静磁場は0.56 T、温度は90 °Cなので微結晶が発する熱平衡状態の信号は小さく、検知した信号のほとんどはスピン注入による。レーザー周波数をCs D_2 線付近で掃引すると、NMR信号の大きさや符号が変化する。正の信号とは、固体の核スピン偏極が熱平衡状態と同じ向きのことであり、静磁場と平行にスピン偏極した気体原子が、壁に向かって正のスピン流を流していることを示す。負の信号は、静磁場とは反平行のスピン偏極を原子が運ぶことによる。ところが、緩衝ガスのない容器で同じ測定をすると、レーザー周波数は同じなのに、符号が反転する。

この現象は、固体のNMR信号により検知するのが気体の「核」スピン流と仮定すると説明できる。光ポンピングで緩衝ガスの有無に影響されるのは、我々の条件では、励起原子が基底状態に戻る過程である。真空中では自然放出過程が支配的なのに対し、緩衝ガスが存在すると励起原子と衝突し電子スピン状態を乱雑にする。どちらの過程でも核スピン状態の乱れは小さいが、超微細相互作用に由来する状態混合により、核スピン偏極の向きが反対になる。実はよく知られたこの現象を、固体NMR計測で観測できることを報告する。