

# 気体原子の光ポンピングによるアルカリ塩の核スピン偏極

兵庫県立大<sup>A</sup>, Princeton University

石川潔<sup>A</sup>, B. Patton, Y. -Y. Jau, and W. Happer

Nuclear spin polarization of alkali-metal salt by optically pumping atomic vapor

University of Hyogo<sup>A</sup>, Princeton University

K. Ishikawa<sup>A</sup>, B. Patton, Y. -Y. Jau, and W. Happer

We report the nuclear spin polarization of solid alkali-salt by optically-pumping atomic vapor. Here, CsH salt was used as a model solid. The enhancement of NMR signals was measured at N<sub>2</sub> pressure over a range of 10 to 700 Torr. Spin polarization was successfully transferred to solid nuclei at the lower pressures. We will discuss the mechanism of spin transfer from atomic vapor to solid.

光ポンピングにより、電子スピンのみならず、あらゆる物質において核スピンを偏極することは、古くからの挑戦である。その中で、アルカリ金属原子気体の光ポンピングと、それを利用した希ガス原子の核スピン偏極は、応用面から見ても成功を収めてきた。凝縮系の核スピン偏極に関しては、これまで、有機分子結晶の交換交差と固態効果を利用したレーザースピン偏極、イオン結晶の常磁性不純物を光ポンピングした動的核スピン偏極、光を使用せず極低温・強磁場でラジカル分子などを利用した動的核スピン偏極などが実現されている。しかし、個々の系に特化した手法や装置に頼らざるを得ず、汎用性にかける。ここでは、アルカリ金属原子の光ポンピングを利用した固体中の核スピンを偏極する新たな

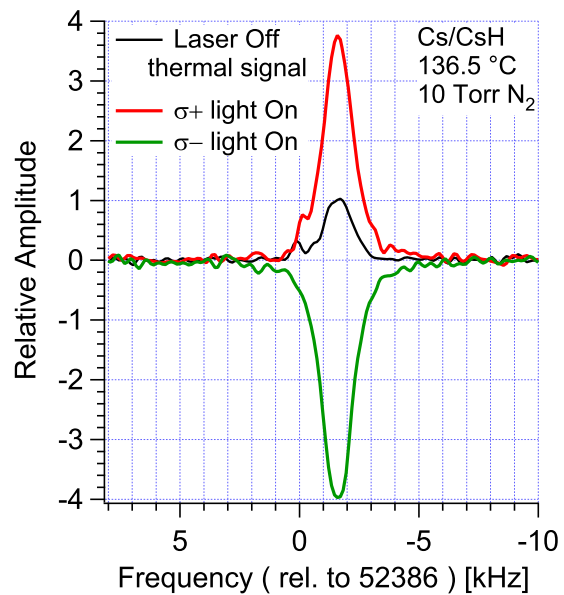


Figure 1: Signal enhancement of <sup>133</sup>Cs nuclei in CsH salt by optically pumping Cs vapor. Polarity of enhanced signals was reversed with circular polarization changed. Spin polarization was transferred from polarized vapor to nuclear spin in salt. At buffer-gas pressure of 10 Torr, the enhanced signals were nearly four times larger than thermal signal.

optical pumping, spin polarization, alkali-metal salt, surface interaction

いしかわ きよし、ぱとん ぶらいあん、じゃう やんゆう、はーぱー ういりあむ

手法を提案し、水素化セシウムの核スピン偏極の実験結果について報告する。

実験では、Cs 原子の水素化物を使って Cs イオンの NMR 信号を観測した。磁場は 9.4 T、共鳴周波数は 52.39 MHz、レーザー波長は Cs  $D_1$  線 (894 nm)、温度は 130 ~ 170 °C である。図 1 は、緩衝ガス圧力 10 Torr で光ポンピングしたときの信号増大のようすを示す。熱平衡状態の共鳴信号に比べ、 $\sigma_+$  偏光でポンピングすると信号の大きさが 3.7 倍になる。レーザー光を  $\sigma_-$  偏光にすると、信号の極性が変わり約 4 倍である。実験手法として従来のレーザー動的核偏極と異なる点は、試料温度が比較的高温であること、マイクロ波などを照射しないことである。FID 信号観測のため RF 単パルスを使用するだけであるのは、希ガス原子のスピン交換光ポンピングと似ている。単純で汎用な手法ほど、今後、重要になると思われる。

本研究が立ち上がった元来の目的は、生体のイオンチャンネルへの応用である。そのためには、さらに偏極率を上げるとともに、多くのイオンでスピン偏極する必要がある。そもそも、気体のアルカリ金属原子から固体の核スピンに偏極がなぜ移行するのか。現時点で候補となる機構は、以下のものであろう。

1. 化学交換で単に原子が置き換わっているだけ。
2. 気相からアルカリ金属原子が吸着して、核スピン間の磁気相互作用で移る。
3. 電子スピン偏極した原子が固体表面に衝突して、スピン交換相互作用で移る。
4. 偏極電子スピンの伝導帯に注入され、固体の核スピンが偏極する。
5. 固体の色中心の電子スピンを経由し、核スピンが偏極する。

図 2 は、信号増大の緩衝ガス圧力依存性である。緩衝ガス圧が低いほど固体の核スピン偏極率が向上する傾向にある。気体原子の核スピンは、高磁場では電子との結合が弱いので、光学遷移では偏極しない。緩衝ガスとの衝突により初めて核スピン偏極する。実験結果は、気体原子の核スピン偏極は重要でないことを支持し、上記 1. 2. を排除する。

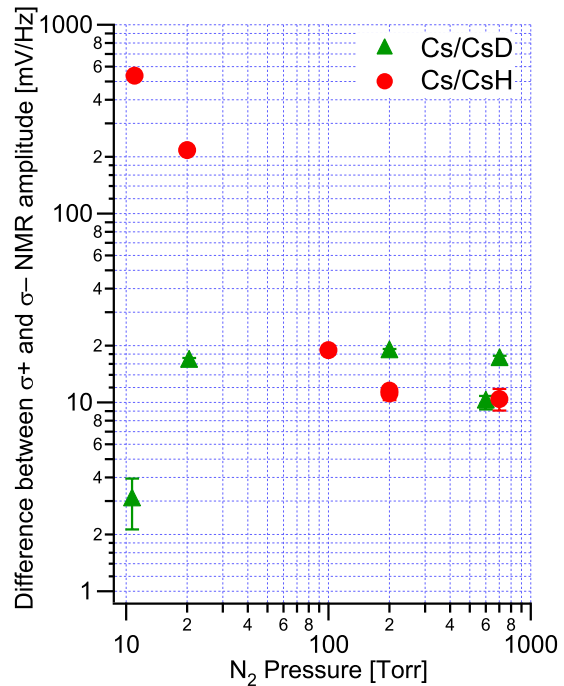


Figure 2: Pressure dependence of signal enhancement. The larger signals were observed at the lower pressures.