

核スピン偏極オルト H_2 分子ビームの生成とスピン制御

Production of a hyperpolarized ortho- H_2 beam and its spin polarization control

物材機構 倉橋 光紀、後藤敦

NIMS Mitsunori Kurahashi, Atsushi Goto

E-mail: kurahashi.mitsunori@nims.go.jp

水素分子には核スピンが互いに平行のオルト体、反平行のパラ体が存在し、オルト H_2 (o- H_2) はプロトンに由来する核磁気モーメントを持つ。その大きさはボーア磁子の約 $1/660$ と小さいが、六極磁子による不均一磁界により核スピン偏極 o- H_2 ビームを生成することができる。本ビームの報告された応用例は表面散乱実験[1]のみであるが、水素液化で重要なオルト・パラ変換など核スピン依存 H_2 -表面相互作用の研究、表面磁性計測、超偏極表面 NMR 実験への利用も期待される。一方、o- H_2 の磁気モーメントは分子回転角運動量の磁気量子数にも依存する[2]。発表者は三重項酸素分子の単一回転状態を磁気モーメントの差異を利用して選別し、分子配向制御した O_2 /表面反応計測に応用してきた[3]。 H_2 回転状態選別ビームは未だ報告がないが、これを実現できれば、分子回転軸方向を制御した実験を H_2 /表面系に対しても行えると予想される。発表者は、前回の物理学会で六極磁子による H_2 分子の収束ビーム生成を報告したが、今回、六極磁子型スピン検出器とスピン反転器を偏極 o- H_2 ビームに接続し、核スピン偏極計測・反転、飛行時間測定に成功し、回転状態選別の見通しを得た。

核スピン偏極 H_2 ビームは超音速分子線と偏極用六極磁子により生成させ、スピン反転器(SF)、分析用六極磁子により核スピン偏極・飛行時間分析を行った。ノーマル水素をノズルから射出・超音速ビームとし、負の磁気モーメントを持つ o- H_2 分子の成分を偏極用六極磁子により収束させる方法で核スピン偏極ビームを生成した。 H_2 の速度は Ar ガス希釈により調整し、パラ水素の成分は center stop により除去した。本ビームを分析用六極磁子に入射させると再収束されて検出器アパーチャーを通過する。一方、スピン反転により磁気モーメントの符号を反転させると、 H_2 は分析用六極磁子により発散力を受け defocus されるため、アパーチャー通過成分は減少する。図は、核スピン偏極ビームが実際に生成でき、またスピン反転制御が行える様子を示している。スピン反転の時間遅延から得られる飛行時間スペクトルを基に、状態選別された H_2 分子の磁気モーメントと回転状態について議論する。

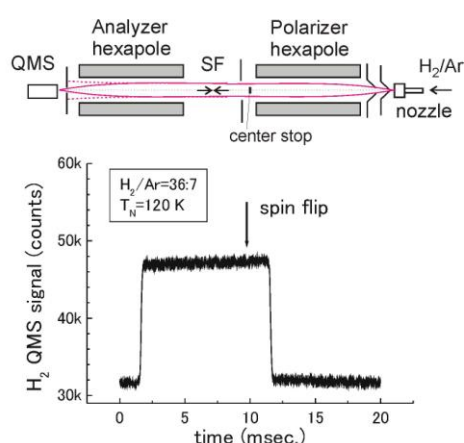


図 核スピン偏極 H_2 ビームのスピン反転

[1] O. Godsi et al, Nature Comm., 8, 15357 (2017).

[2] N. Ramsey, Phys. Rev. 85, 60 (1953).

[3] M. Kurahshi, Prog. Surf. Sci., 91, 29 (2016).