

半導体における動的核偏極技術の開発

物質・材料研究機構ナノ計測センター¹, 科学技術振興機構さきがけ²

○後藤 敦^{1,2}、清水 禎¹、端健二郎¹、大木 忍¹、瀧澤智恵子¹

Development of dynamic nuclear polarization techniques in semiconductors

National Institute for Materials Science¹, PRESTO-Japan Science and Technology Agency²

Atsushi Goto^{1,2}, Tadashi Shimizu¹, Kenjiro Hashi¹, Shinobu Ohki¹ and Chieko Takizawa¹

We have studied polarization transfer dynamics in optically oriented nuclear spins in the semi-insulating semiconductor InP:Fe in order to examine local environments at hyperpolarized nuclei. Couplings in optically oriented nuclear spins have been revealed by the cross relaxation rates under the optical pumping condition.

[研究の背景と目的] 固体中の偏極核スピン（超偏極）は NMR や偏極中性子散乱などの先端計測・分析や原子核実験において高感度な観測プローブになるものと期待されています。また、近年では、半導体ナノ構造内の電子スピン物性（半導体スピントロニクス）の研究の進展に伴い、半導体における超偏極に注目が集まりつつあります。このような状況を背景に、私達は半導体における偏極核スピンの生成と制御のための技術開発を進めています[1]。具体的には、化合物半導体における光ポンピング法を偏極源とし、さらに NMR の手法を援用することで、目的の場所に目的の核スピンの偏極を生成する手法の開発を目指しています。

ところで、固体中の超偏極では、よく知られた気体中の超偏極とは異なった固有の興味深い現象が観測されます。これらは、固体における複雑な相互作用に起因するものと考えられています。私達は、固体の超偏極状態における相互作用の知見を得ることを目的に、化合物半導体、リン化インジウム InP において、光ポンピング条件下で核スピン間の偏極移動のダイナミクスを調べました。その結果から、偏極核スピン系における相互作用の詳細が明らかとなりました[2]。

キーワード：光ポンピング、動的核偏極、化合物半導体

ごとうあつし、しみずただし、はしけんじろう、おおきしのぶ、たきざわちえこ

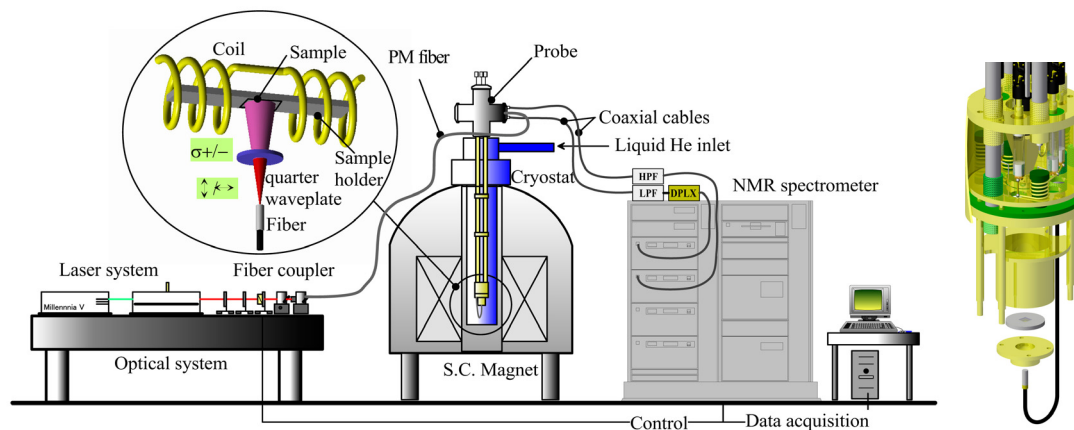


Fig. 1 System configuration (left) and the probe end (right)

[実験結果] 測定は、私達が開発したシステム（図1）を用いて行いました[1]。試料を(100)面が磁場に垂直になるように設置し、円偏光を表面に垂直（磁場に平行）に照射した状態で、 ^{31}P - ^{115}In の交差緩和時間 T_{IS} を測定し、その結果から交差分極スペクトル密度を解析しました[2]。その結果、InPの超偏極状態では、通常の大極子相互作用の他、電子スピンを介した kHz オーダーの間接相互作用(J_{IS})が存在することが明らかとなりました。また、この結果から間接相互作用の異方性についての知見も得られました。

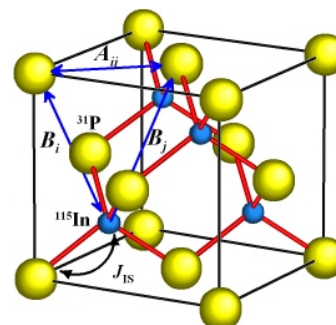


Fig. 2 Internuclear couplings in InP. A_{ij} and B_{ij} : homo- and hetero-nuclear dipolar couplings. J_{IS} : heteronuclear indirect couplings between neighboring sites.

[謝辞] 本研究実施にあたり、清水は物材機構（NIMS）国際ナノアーキテクトニクス研究拠点（文部科学省「世界トップレベル国際研究拠点形成促進プログラム」）の援助に感謝いたします。端は科学研究費補助金（日本学術振興会）の援助に感謝いたします。大木はNIMS ナノテクノロジー拠点プロジェクト（文部科学省「先端研究施設共用イノベーション創出事業」）の援助に感謝いたします。後藤はNIMS強磁場共用ステーションのサポートに感謝いたします。なお、本研究で用いたシステムの一部は平成14年度NEDO産業技術研究助成事業の援助を得て整備いたしました。

[1] A. Goto et al., Review of Scientific Instruments **77**, 093904 (2006).

[2] A. Goto, et al., Physical Review B **77**, 115203 (2008).