

## GaAs における過渡 oblique Hanle 信号に対する核磁気共鳴の影響

蝦名優也, 秋保貴史, 山本真史, 植村哲也  
(北海道大学)

Influence of nuclear magnetic resonance on transient oblique Hanle signals in GaAs

Y. Ebina, T. Akiho, M. Yamamoto, and T. Uemura,  
(Hokkaido Univ.)

## はじめに

近年, 強磁性体電極から半導体に注入された電子スピンの核スピンの効率的に偏極される動的核スピン偏極(DNP), 及び, 核磁気共鳴(NMR)による核スピン制御が量子情報デバイスへの応用の観点から注目されている. 最近, 我々は, DNP に要する時間スケールよりも早い時間スケールで外部磁場を掃引する過渡 oblique Hanle 効果測定により, GaAs における核スピンの外部磁場の変化に対する過渡応答特性や DNP による核磁場の生成時間を明らかにした[1]. 本研究の目的は, DNP により生成された核スピン偏極に対する NMR の過渡 oblique Hanle 信号に及ぼす影響を明らかにすることである.

## 実験方法

半絶縁性 GaAs (001)基板上に undoped-GaAs バッファ層 (250 nm),  $n^-$ -GaAs (700 nm,  $\text{Si} = 3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ),  $n^+$ -GaAs (30 nm,  $\text{Si} = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ), Fe (10 nm)を MBE 法により成長した. その後, Ar イオンミリング, EB リソグラフィー等を用いて横型スピン輸送デバイスに加工した (Fig. 1). 過渡 oblique Hanle 効果測定は 4.2 K で非局所配置において行った. 外部磁場 ( $\mathbf{B}_{\text{ob}}$ )は  $\mathbf{B}_{\text{ob}} = B_{\text{ob}}\mathbf{u}$  ( $\mathbf{u}$  は  $(\sin 13^\circ, 0, \cos 13^\circ)$ の単位ベクトル)の条件で印加した. 初期状態として核磁場を生成するため,  $B_{\text{ob}} = +40 \text{ mT}$ ,  $I = -10 \mu\text{A}$  印加のもとで 150 秒待機した後非局所電圧 ( $V_{\text{NL}}$ )の  $B_{\text{ob}}$  依存性を測定した.  $B_{\text{ob}}$  は +40 mT から -40 mT  $\sim 0.38 \text{ mT/s}$  の速さで掃引し, RF 磁場は Fig. 1 における y 軸方向に印加した.

## 結果と考察

Fig. 2 に, RF 磁場がない場合と 175kHz の RF 磁場を照射した場合それぞれの oblique Hanle 測定結果を示す. RF 磁場がない場合, 生成された核磁場に由来する二つのサイドピークが観測された. 一方, RF 磁場のもとでは, 両サイドピークの大きさは減少し, 負側のピークは完全に消失した. この原因を明らかにするため, 非局所信号 ( $V_{\text{NL}}/I$ ) が極小となる磁場の値 (Fig. 2 の緑色矢印) の RF 周波数依存性を評価したところ,  $^{71}\text{Ga}$  に対する磁気回転比から見積もられる共鳴磁場に相当するところで非局所信号が低下することがわかった. また同様に, 変化量は小さいものの,  $^{69}\text{Ga}$  (Fig. 2 の橙色矢印) や  $^{75}\text{As}$  (Fig. 2 の黒色矢印) の NMR に起因した非局所信号の変化も観測された. これらのことから, RF 磁場印加に伴う過渡 oblique Hanle 信号の変化は, NMR による核磁場の消失が原因であることがわかった. 従来の定常状態での oblique Hanle 信号測定では NMR による信号変化は共鳴磁場のところだけで生じるのに対し, 過渡信号に対しては共鳴磁場以外のところでも見られ, NMR の検出が容易であることが示された. このことは, 核スピンの外部磁場の変化に対する過渡応答特性を評価できることに加え, 本手法の特徴の一つである.

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 25286039 の助成を受けて行われた.

## 参考文献

- 1) T. Akiho *et al.*, PRB **87**, 235205 (2013)

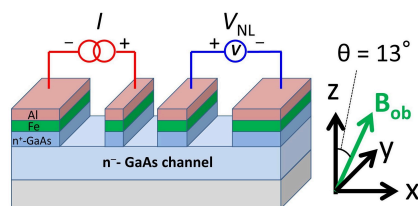


Fig. 1 : Schematic diagram of device structure.

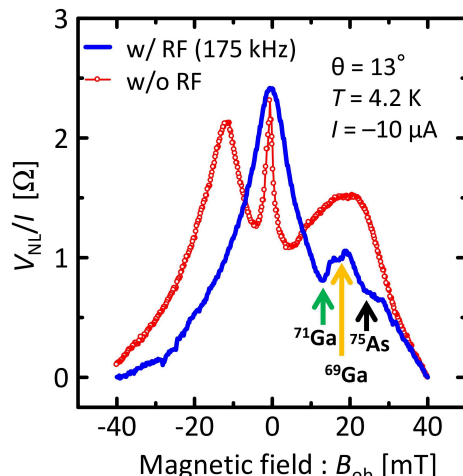


Fig. 2 :  $B_{\text{ob}}$  dependence of  $V_{\text{NL}}/I$  with and w/o RF magnetic field, where  $V_{\text{NL}}$  is the nonlocal voltage, and  $I$  is the injection current.