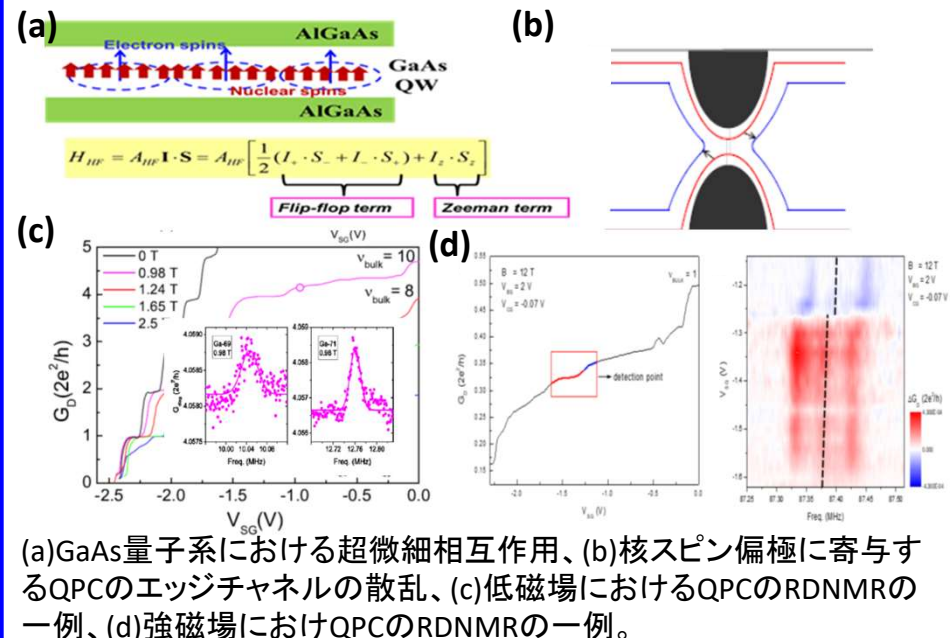


研究プロジェクト名: 半導体量子構造における核スピン制御と高感度NMRの研究

概要: 高感度抵抗検出NMR(RDNMR)を利用して低次元系における電子スピン相関、さらには電子スピン・核スピン相互作用を明らかにすることを目的として、主に量子ポイントコンタクト(QPC)などの量子構造における核スピン偏極、操作の研究を行う。得られた研究成果をベースにして量子ナノ構造における核スピンを用いたスピントロニクス研究を推進する。

コアメンバー: 平山(東北大CSIS)、橋本(東北大理)、佐々木(新潟大)、青野(茨城大)、Hawrylak(カナダオタワ大)、Muralidharan(インドIITボンベイ)、Fauzi(インドネシアIIS)

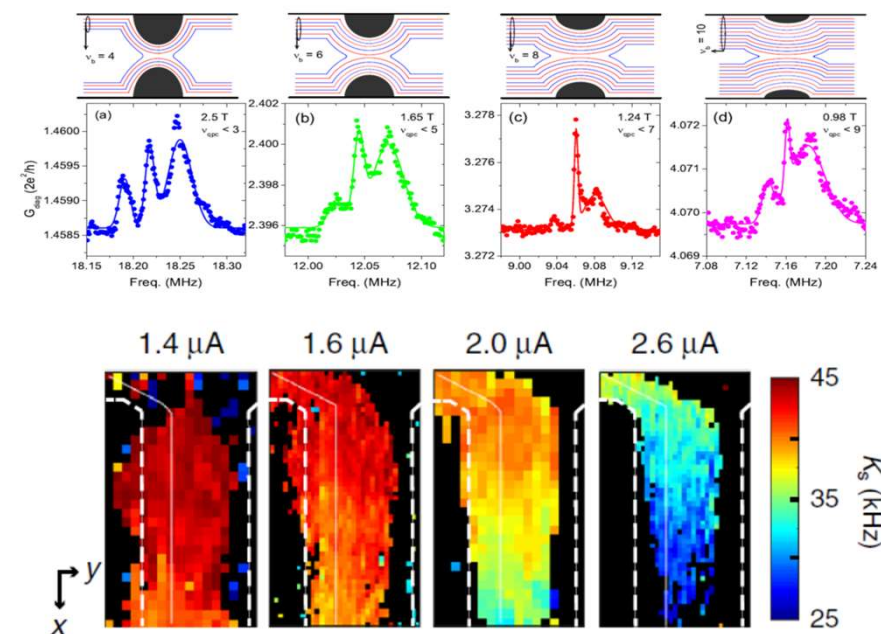
期待される研究成果: 量子構造における電子スピン相関、さらには電子スピン系と核スピン系の相互作用を、QPCに代表されるナノ構造を用いてミクロスコピックに計測することで、新しい電子スピン制御、核スピン制御への道が拓かれることが期待される。さらに、抵抗検出NMR計測を通して、半導体量子構造のスピン相関が明確になることが期待される。



研究プロジェクト名: 半導体量子構造における核スピン制御と高感度NMRの研究

概要: 高感度NMRを利用して低次元系における電子スピン相関、さらには電子スピン・核スピン相互作用を明らかにすることを目的として、量子構造における核スピン偏極、操作、抵抗検出NMRの研究を行う。さらに、新しい核スピン操作方法の様々な分野への応用を開拓する。

研究成果(実施状況): 量子ポイントコンタクトで低磁場まで抵抗検出NMRを実現することで、抵抗検出NMRを低磁場領域での電子相関測定へ応用することへの道を拓いた。さらに、走査ゲート顕微鏡と組み合わせた抵抗検出NMRを実現することで、量子ホール状態のNMRイメージング、特に電子スピン偏極度の二次元マッピングに成功した。なお、本研究から派生したパルス列を工夫したMRIは医療応用でも注目されており、新潟大のグループは日本医療研究開発機構AMEDのプロジェクトをスタートした。

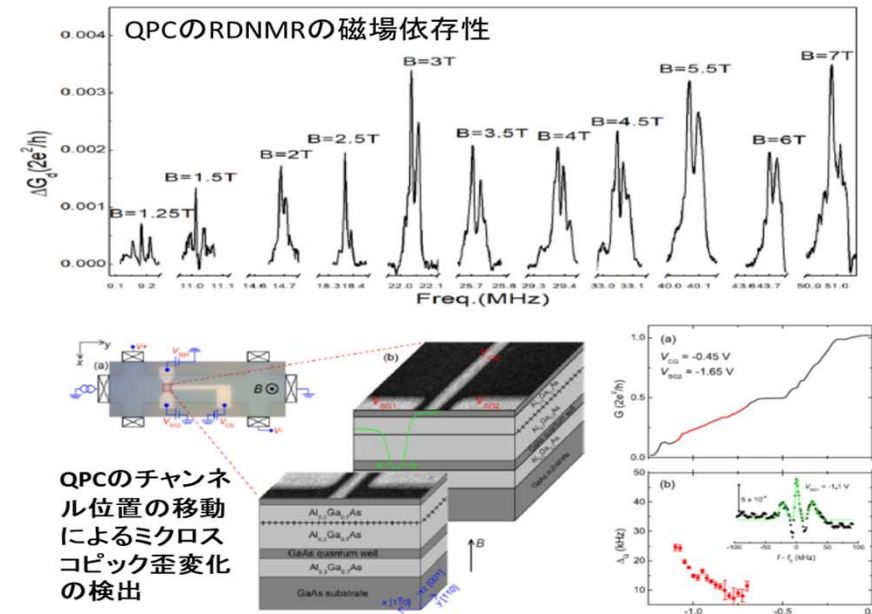


主要発表論文等: [1] M. H. Fauzi, A. Noorhidayati, M. F. Sahdan, K. Sato, K. Nagase, and Y. Hirayama, "Dynamic nuclear polarization at high Landau levels in a quantum point contact", Phys. Rev. B97 (RC), 201412 (2018). [2] K. Hashimoto, T. Tomimatsu, K. Sato, and Y. Hirayama, "Scanning nuclear resonance imaging of a hyperfine-coupled quantum Hall system", Nature Communications 9, 2215 (2018).

研究プロジェクト名: 半導体量子構造における核スピン制御と高感度NMRの研究

概要: 高感度NMRを利用して低次元系における電子スピン相関、さらには電子スピン・核スピン相互作用を明らかにすることを目的として、量子ポイントコンタクト(QPC)など量子構造における核スピン偏極、操作の研究を行う。抵抗検出NMR(RDNMR)と組み合わせることで核スピンを用いたスピントロニクス研究を推進する。

研究成果(実施状況): 高品質GaAs-QPCを用いてRDNMRを低磁場まで実現するとともに、磁場依存性を明確にした。また、QPC内の一次元チャンネル位置の移動により電子が感じる歪が大きく変化することをRDNMRの四重極分離から直接測定した。InSb二次元系でのRDNMRに関してもポンプ・プローブ測定を実現し、充填率による T_1 時間の変化から傾斜磁場中の二次元系の電子スピン特性を明らかにした。

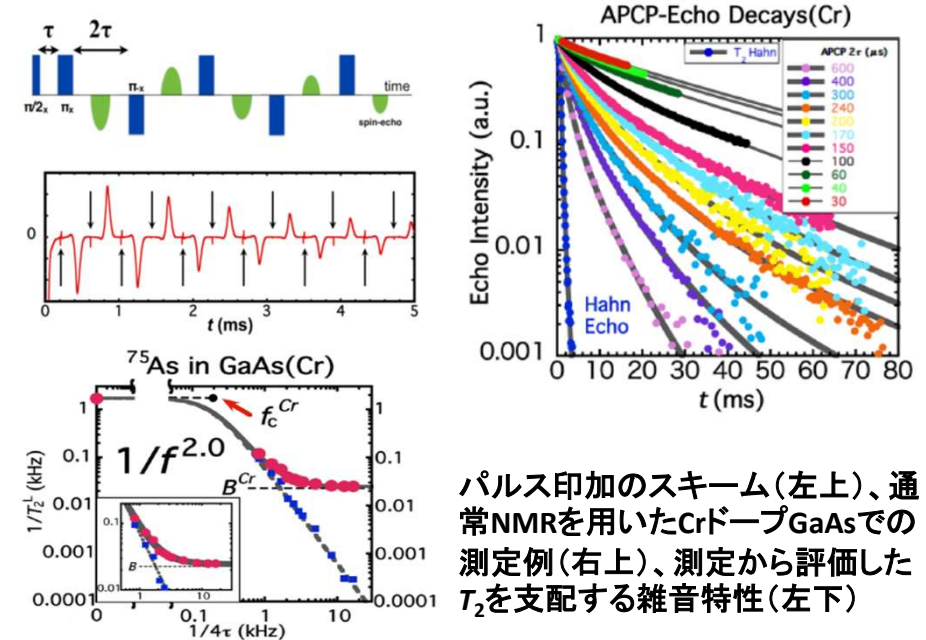


主要発表論文等: [1] M. H. Fauzi *et al.*, Phys. Rev. B100 (RC), 241301(R) (2019).
[2] A. Noorhidayati *et al.*, Phys. Rev. B101, 035425 (2020).

研究プロジェクト名: 半導体量子構造における核スピン制御と高感度NMRの研究

概要: 高感度NMRを利用して低次元系における電子スピン相関、さらには電子スピン・核スピン相互作用を明らかにすることを目的として、量子ポイントコンタクト(QPC)など量子構造における核スピン偏極、操作の研究を行う。抵抗検出NMR(RDNMR)と組み合わせることで核スピンを用いたスピントロニクス研究を推進する。

研究成果(実施状況): 高品質GaAs-QPCを用いてRDNMRを低磁場まで実現するとともに、高磁場、特に分数量子ホール効果領域でのRDNMRを行った。実験結果は高磁場におけるスピン自由度をRDNMRから明らかにできる可能性を示している。また、以前理論的に示した π パルス連続印加によるエコー信号の減衰の抑制を、通常のNMRを用いて実験的に示した。得られた減衰特性のパルス印加間隔依存性から、GaAsのAs核スピンのコヒーレンスを支配する雑音を明らかにした。

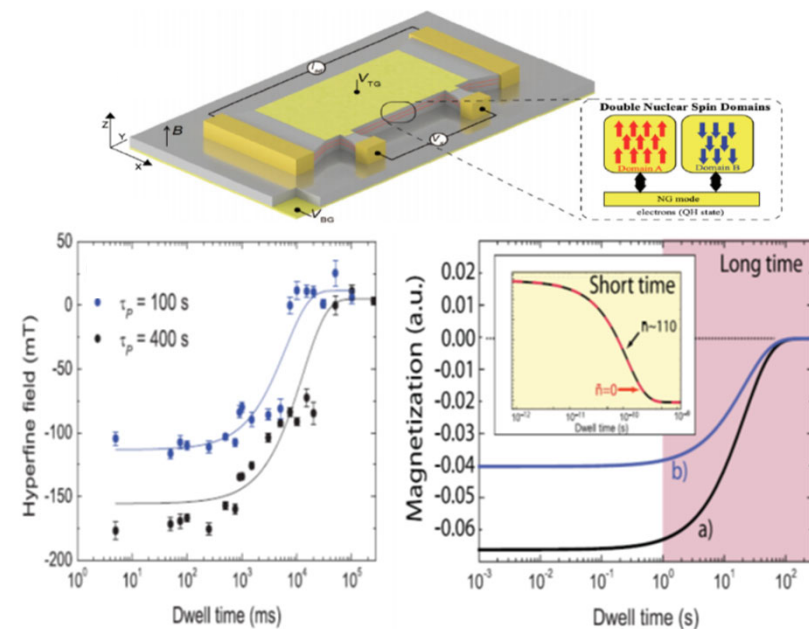


主要発表論文等: [1] S. Sasaki *et al.*, Scientific Reports, 10, 10674 (2020).
[2] Y. Hirayama, The 4th International Symposium for The Core Research Cluster for Spintronics (invited) (Feb. 2021).

研究プロジェクト名: 半導体量子構造における核スピン制御と高感度NMRの研究

概要: 高感度な抵抗検出NMR(RDNMR)を利用して低次元系における電子スピン相関、さらには電子スピン・核スピン相互作用を明らかにすることを目的として、主に二次元系、一次元系などの量子構造における核スピン偏極、操作の研究を行う。得られた研究成果をベースにして量子ナノ構造における核スピンを用いたスピントロニクス研究を推進する。

研究成果(実施状況): GaAs二次元系において、南部・ゴールドストーンモードを有する電子スピン集団と核スピン集団のユニークな相互作用をRDNMRで調べ、右図に示したように集団的な緩和と個々の緩和が全く異なる時間スケールで生じ、5ms以下で生じる集団的な緩和では核スピン集団からの超放射現象が生じている可能性を示唆した。さらに、InSb二次元系で実現される量子ホール強磁性状態において、ドメイン壁に存在するSkyrmionがWigner結晶化する可能性をRDNMR測定から示した。



主要発表論文等: [1] M. H. Fauzi *et al.*, Phys. Rev. B (Letter), B104, L121402 (2021).
[2] K. Yang *et al.*, Nat. Comm. 12:6006 (2021).