

I 核スピン偏極の光生成・移行と緩和

Nuclear spin polarization by means of optical pumping of atomic vapor

石川 潔

Ishikawa, K.

核磁気共鳴は基礎から応用研究まで広く使われる計測法で、物質について多彩な情報を与える。一方、従来法は感度が低いのが欠点である。その短所を長所に変えるのが、レーザー核スピン偏極である。レーザー光を照射し、物質内の原子核のスピン向きをそろえると、物質が大きな磁気共鳴信号を発生する。非平衡状態の信号なので、注目する相互作用のみを観測することもできる。

我々は、光により気体・液体や固体の核スピンを偏極する汎用的な手法の開発をめざしている。光を吸収する物質だけでなく、吸収しない物質をスピン偏極するために、光によりスピン偏極が容易な原子を介し、光の角運動量を目的物質に移す。光誘起スピン偏極が物質に移る過程、物質内で緩和する過程を詳しく調べ、スピン偏極率を向上させる。

これまでに、気体のアルカリ金属原子と希ガスの混合系の核スピン偏極、偏極希ガス溶液でスピン緩和機構を調べてきた。最近、アルカリ金属原子と固体アルカリ塩の系が有望であることを見いだした。希薄な気体から注入した角運動量が、イオン結晶に蓄積し、長時間にわたり保持される。

II 光偏極原子による低磁場 NMR 計測

Low-field NMR with optically polarized atoms

石川 潔

Ishikawa, K.

スピン偏極原子の集団は、SQUIDのような従来の磁気検出器を超える、高感度な磁気センサになる。例えば、気体のアルカリ金属原子にレーザー光を照射すると、電子スピンや核スピンの向きがそろい、他の物質が発した磁場に鋭敏に反応する。そのような偏極原子集団は、特に、低磁場における磁気検出に性能を発揮する。

我々は、偏極原子を使い、従来測定が難しかった低磁場における磁気共鳴計測を試みている。これにより、磁気相互作用の外部磁場依存性などを広い範囲 ($1 \mu\text{T} \sim 10 \text{T}$) で高感度計測できるようになる。磁気センサを被測定物にいかに接近させるかが、高感度化の要点である。

III ナノ構造半導体における励起子ダイナミクスの 超高速分光

Ultrafast Spectroscopy of Exciton Dynamics in Semiconductor Nanostructures

長谷川尊之
Hasegawa, T.

ナノメートルスケールで人工的に結晶構造を制御した半導体ナノ構造では、天然物にはない新しい光物性が発現する。そのような半導体ナノ構造における励起子または光励起キャリアを対象とし、サブピコ秒の超短パルスレーザーを用いたコヒーレント励起条件での超高速ダイナミクス特性について調べている。実験では、変調反射分光法を用いたエネルギー構造の精密評価、および、時間分解ポンプ-プローブ分光を行い、エネルギースペクトルと時間領域ダイナミクスの両面から詳細な研究を行っている。さらに、超高速光機能性デバイス（光スイッチやテラヘルツ電磁波放射素子）の実現も視野に入れ、超短パルスレーザーを用いて、量子井戸構造や薄膜中の電子状態の時間発展を詳しく調べている。本研究で得られる知見は、極短時間領域での新規な光物性を実証するものであり、ナノ構造ベースの超高速光・電子デバイスの創生に関する物理学的指針を得ることが期待される。

IV 偏光変調反射分光法を用いた励起子微細構造の 精密分光

Spectroscopic Studies on Exciton Fine Structures
by Polarization-Modulation Technique

長谷川尊之
Hasegawa, T.

近年、光活性物質である半導体を分布ブラッグ反射鏡で挟み込んだ半導体マイクロキャビティが、物性と応用の両面から注目されている。キャビティ内では、光と励起子が強く相互作用し、キャビティポラリトンという新たな準粒子が形成されるが、そのエネルギー構造は、活性層半導体における励起子の性質を強く反映する。本研究では、酸化亜鉛半導体マイクロキャビティにおけるキャビティポラリトンのエネルギー構造を実験的に解明することを目標とし、独自に開発した偏光変調反射分光法を駆使して、酸化亜鉛特有の励起子微細構造を詳細に調べている。

発表論文 List of Publications

- I-1 石川 潔、アルカリ塩のレーザー核スピン偏極と相転移、日本物理学会第 66 回年次大会 (2011 年 3 月) 28aRB-11.
- I-2 K. Ishikawa, **Optically Polarized Alkali Salt: Novel Hyperpolarized Matter**, Seminar at UC Berkeley (September 2010).
- I-3 石川 潔、高偏極アルカリ塩の核スピンドイナミクス、日本物理学会 2010 年 秋季大会 (2010 年 9 月) 26aRF-6.
- II-1 S. Taue, Y. Sugihara, T. Kobayashi, S. Ichihara, K. Ishikawa, and N. Mizutani, **Development of a Highly Sensitive Optically Pumped Atomic Magnetometer for Biomagnetic Field Measurements: A Phantom Study**, IEEE Transactions on Magnetics, **46**, 3635-3638 (2010).
- III-1 T. Hasegawa, Y. Takagi, and M. Nakayama, **Electric field effects on excitonic quantum beats in a single quantum well embedded in a GaAs/AlAs superlattice**, Physical Review B, **83**, 205309-1–205309-6 (2011).
- III-2 T. Hasegawa, S. Okamoto, and M. Nakayama, **Upconversion of photoluminescence due to subband resonances in a GaAs/AlAs multiple quantum well structure**, Physica E, **42**, 2648-2651 (2010).
- III-3 M. Nakayama, T. Hirao, and T. Hasegawa, **Photoluminescence properties of exciton-exciton scattering in a GaAs/AlAs multiple quantum well**, Physica E, **42**, 2644-2647 (2010).
- III-4 長谷川尊之・高木芳弘・中山正昭、GaAs/AlGaAs 超格子におけるミニバンド状態での特異的な励起子量子ビート、日本物理学会第 66 回年次大会 (2011 年 3 月) 25pHD-6.
- III-5 岡崎勇樹・長谷川尊之・高木芳弘、分子性結晶におけるピコ秒光誘起電磁パルス、日本物理学会第 66 回年次大会 (2011 年 3 月) 26aTJ-8.
- III-6 長谷川尊之・増元真史・高木芳弘、非縮退発光励起相関法による励起状態の超高速分光 II、日本物理学会 2010 年 秋季大会 (2010 年 9 月) 25pPSB-29.
- III-7 宮本修治・堀川 賢・戸中大輔・北川靖久・望月孝晏・坂井信彦・小泉昭久・高木芳弘・長谷川尊之・嶋 達志・今崎一夫・李 大治・大熊晴夫、レーザーコンプトン散乱ガンマ線源のエネルギー可変性と偏極度、日本物理学会第 66 回年次大会 (2011 年 3 月) 25pGAB-10.
- III-8 長谷川尊之・増元真史・高木芳弘、非縮退発光励起相関法を用いた非線形発光ダイナミクスの時間分解分光、第 21 回光物性研究会 (2010 年 12 月) III A-92.
- III-9 岡崎勇樹・長谷川尊之・高木芳弘、ベンジル結晶を用いた光誘起電磁パルスの発生、第 21 回光物性研究会 (2010 年 12 月) III B-101.

III-10 岡崎勇樹・長谷川尊之・高木芳弘、ベンジル結晶における光誘起電磁パルスの発生、日本物理学会 2010 年 秋季大会 (2010 年 9 月) 25pPSB-56.

IV-1 長谷川尊之・高木芳弘、酸化亜鉛半導体マイクロキャビティにおけるエネルギー構造の精密分光、平成 22 年度兵庫県立大学研究発表会 (2010 年 12 月 22 日).

大学院物質理学研究科

博士前期課程

岡崎勇樹 : 芳香族炭化水素結晶の作成と光誘起スピン偏極および光誘起電磁パルスの研究

科学研究費補助金等

1 日本学術振興会 科学研究費補助金 (平成 21-23 年度) 基盤研究 (B)

課題番号 21340116

研究課題 スピン偏極の物理と応用計測のためのスピン偏極物質の探索と開発

研究代表者 石川 潔

2 日本学術振興会 科学研究費補助金 (平成 22-23 年度) 若手研究 (B)

課題番号 22740203

研究課題 半導体超格子におけるテラヘルツ領域コヒーレント現象に対する共鳴結合効果

研究代表者 長谷川尊之