

## 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 スピン緩和抑制コーティングの NMR 計測

NMR diagnosis and design for anti spin-relaxation coating

石川 潔  
Ishikawa, K.

偏極原子気体は、原子・分子との衝突や壁との衝突により、スピン偏極を失っていく。気体の偏極を長期保存するためには、壁におけるスピン緩和を抑制することが重要である。偏極希ガスの場合、アルカリ金属コーティングが有効である。

ガラス容器内面を金属 Cs や Rb でコートする際、不純物が混入すると伝導電子密度が変化する。薄膜の伝導電子は気体原子に対するポテンシャルを形成し、密度制御は原子を使った精密計測に重要である。一方、伝導電子により NMR 周波数はナイトシフトするので、金属中の不純物を NMR 検出できる。これまで、不純物として酸素とナトリウムを同定した。NMR はガラス容器を壊さずにコーティングを検査できる。この特徴を生かし、高性能なコーティングを開発する。

### III 半導体ナノ構造における超高速光応答と THz 波放射

Ultrafast Optical Response and THz radiation in Semiconductor Nanostructures

長谷川尊之  
Hasegawa, T.

半導体ナノ構造は、その構造要素によって電子状態の人為的制御を可能にするため、近年のナノサイエンス分野の発展に重要な役割を果たしてきた。本研究は、超高速分光法を駆使して、ナノ構造特有の超高速光物性の解明と、超高速光機能性（光スイッチおよびテラヘルツ電磁波放射）の発見を目的としている。実験では、エピタキシャル層構造、量子井戸、量子ドットを試料として、光励起状態（励起子または光キャリア）の時間発展を、フェムト秒ポンプ・プローブ計測、および、テラヘルツ電磁波計測により調べている。

最近では、光キャリアの非平衡輸送過程が光応答特性に及ぼす効果に着目しており、吸収飽和の高速回復現象や、縦光学フォノン周期よりも高速なパルス応答など、新規な超高速光応答を見出している。

### IV 偏光変調分光法をもちいた半導体微小共振器に関する研究

Spectroscopic Study on Semiconductor Microcavities  
by Polarization-Modulation Technique

長谷川尊之  
Hasegawa, T.

半導体微小共振器は、光活性物質である半導体を、2枚の平行な反射鏡の間に挿入したマイクロメートルサイズの構造体である。共振器内では、光と励起子（光励起電子-正孔ペア）の混成状態である共振器ポラリトンが形成され、これまでにない多様な光物性が発現する。近年では、応用の観点から、酸化亜鉛を挿入した微小共振器が注目を集めている。酸化亜鉛微小共振器では、酸化亜鉛の価電子帯バンド構造を反映して、複数の共振器ポラリトン状態が同時に形成されるという特徴がある。そのため、従来用いられてきた簡便な分光法では、その詳細を調べることができなかった。

我々は、酸化亜鉛微小共振器中に形成される共振器ポラリトン状態を精密に観測するために、共振器ポラリトンに対して高感度な偏光変調反射分光法を開発した。当分光法を酸化亜鉛微小共振器に適用し、従来の分光法では困難だった共振器ポラリトン状態の精密評価が可能であることを実証した。

## 発表論文 List of Publications

- I-1** K. Ishikawa, **Hyperpolarisation of Cs salts by optical pumping of Cs atoms in a random scattering medium at high magnetic field**, *Microporous and Mesoporous Materials*, in press (3 pages) (2013).
- I-2** 石川 潔, **高磁場光ポンピングによるアルカリ金属イオンの核スピン偏極**, 第51回NMR討論会 (2012年11月) L23.
- I-3** 石川 潔, **固体アルカリ塩の核スピン偏極 : スピン移行と角運動量の輸送**, 日本物理学会 2012年秋季大会 (2012年9月) 20aAJ-6.
- I-4** 石川 潔, **核スピン偏極した固体アルカリ塩のスピン拡散とイオン移動**, 第6回分子科学討論会 (2012年9月) 2C09.
- I-5** K. Ishikawa, **Hyperpolarisation of Cs salts by optical pumping of Cs atoms in a random scattering medium**, *The 11th International Conference on Magnetic Resonance in Porous Media (MRPM11)* Guildford, UK, O40 (2012).
- II-1** 石川 潔, **ガラス容器のアルカリ金属膜とNMRナイトシフト**, 日本物理学会 第68回年次大会 (2013年3月) 27pEE-12.
- II-2** K. Ishikawa and B. Patton, **Impurities in alkali-metal coating for hyperpolarised noble gases**, *The 11th International Conference on Magnetic Resonance in Porous Media (MRPM11)* Guildford, UK, P5-1 (2012).
- III-1** T. Hasegawa, Y. Takagi, H. Takeuchi, H. Yamada, M. Hata, and M. Nakayama, **Characteristics of ultrafast optical responses originating from non-equilibrium carrier transport in undoped GaAs/*n*-type GaAs epitaxial structures**, *Journal of Applied Physics* **113**, 203506 (6 pages) (2013).
- III-2** T. Hasegawa, N. Masumoto, T. Harada, T. Makino, and Y. Takagi, **Non-degenerated photoluminescence excitation correlation spectroscopy using an optical sampling technique**, *Review of Scientific Instruments* **83**, 103108 (5 pages) (2012).
- III-3** M. Nakayama, T. Yamashita, and T. Hasegawa, **Photoluminescence dynamics of excitons at the mini-Brillouin-zone edge in a GaAs/AlAs superlattice**, *Journal of Crystal Growth*, in press.
- III-4** T. Hasegawa, Y. Takagi, and M. Nakayama, **Modulation of excitonic quantum-beat properties due to wave-function coupling in a GaAs single quantum well embedded in a GaAs/AlAs superlattice**, *The 10th International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON)*, July 2-6, 2012, Groningen, Netherlands.

- III-5 長谷川 尊之、高木 芳弘、竹内 日出雄、山田 永、秦 雅彦、中山 正昭、アンドープ GaAs/n 型 GaAs エピタキシャル層構造におけるキャリア輸送過程に起因した超高速光応答 II、日本物理学会 2013 年 第 68 回年次大会 (2013 年 3 月) 26aXQ-8.
- III-6 長谷川 尊之、高木 芳弘、竹内 日出雄、山田 永、秦 雅彦、中山 正昭、アンドープ GaAs/n 型 GaAs エピタキシャル構造におけるキャリア輸送を利用した超高速光応答制御、第 23 回光物性研究会 (2012 年 12 月) IB-32.
- III-7 長谷川 尊之、高木 芳弘、竹内 日出雄、山田 永、秦 雅彦、中山 正昭、アンドープ GaAs/n 型 GaAs エピタキシャル層構造におけるキャリア輸送過程に起因した超高速光応答、日本物理学会 2012 年秋季大会 (2012 年 9 月) 18aFB-2.
- III-8 長谷川 尊之、高木 芳弘、竹内 日出雄、山田 永、秦 雅彦、中山 正昭、*i*-GaAs/n-GaAs エピタキシャル層構造における超高速光応答の観測、第 73 回応用物理学会学術講演会 2012 年・秋季 (2012 年 9 月) 12a-F1-1.
- IV-1 R. Kishimoto and T. Hasegawa, **Studies on optical properties of semiconductor microcavities by polarization modulation technique**, The 2nd Short-term International Student Exchange Program, Aug. 23-26, 2012, Dong-A University, Korea.

## 科学研究費補助金等

- 1 兵庫県立大学特別教育研究助成金 (平成 24 年度) 一般研究  
 研究課題 レーザー誘起スピン流によるリチウム塩の核スピン偏極  
 研究代表者 石川 潔
- 2 (公財) 関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団 (平成 24 年度) 若手奨励研究  
 研究課題 半導体エピタキシャル層構造を利用した光スイッチングデバイスの実現  
 研究代表者 長谷川 尊之
- 3 (公財) ひょうご科学技術協会 (平成 24 年度) 奨励研究  
 研究課題 偏光変調反射分光法を用いた酸化亜鉛微小共振器におけるポラリトン状態の解明  
 研究代表者 長谷川 尊之