

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。レーザー誘起核スピン偏極は、その短所を長所に変える。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、光によりスピン偏極が容易な原子を介し、光のスピン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、偏極希ガス溶液中でスピン緩和機構を調べてきた。加えて、アルカリ金属原子と固体アルカリ塩の系が有望である。

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。ガラス容器を壊さずにコーティングを検査できる NMR 計測に加え、金属蒸気密度を光吸収で測定する。これらの特徴を生かし、高性能なコーティングを開発する。

III 半導体ナノ・マイクロ構造における超高速光応答

Ultrafast optical response in semiconductor nano-micro structures

長谷川尊之
Hasegawa, T.

半導体ナノ・マイクロ構造は、その構造要素によって、電子状態を幅広く制御できるため、光電子デバイ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、半導体ナノ・マイクロ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発生源）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、光励起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光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.

半導体微小光共振器は、2枚の平行な反射鏡の間に半導体を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、新奇な光物性が発現する。近年では、応用の観点から、酸化亜鉛（ZnO）を挿入した微小光共振器が注目を集めている。ZnO 微小光共振器では、ZnO の価電子帯バンド構造を反映して、4種類の共振器ポラリトン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、ZnO 微小光共振器の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。当分光法を駆使することで、4つの共振器ポラリトン分散を、これまで実現されていない、全領域において求めることができた。

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*, **178**, 123-125 (2013).
- III-1** T. Hasegawa, H. Takeuchi, H. Yamada, M. Hata, and M. Nakayama, **Effects of nonequilibrium carrier transport on optical responses in undoped GaAs/n-type GaAs epitaxial structures**, The 18th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures (EDISON), July 22-26, 2013, Matsue, Japan.
- III-2** 長谷川 尊之, (依頼講演) 半導体エピタキシャル構造における非平衡キャリア輸送を利用した超高速光応答特性の制御, フォトニック材料学セミナー (神戸大学 2013 年 5 月).
- III-3** 長谷川 尊之, 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光励起キャリアの輸送機構**, 日本物理学会 第 6 9 回年次大会 (東海大学 2014 年 3 月) 27pCK-8.
- III-4** 長谷川 尊之, 竹内 日出雄, 山田 永, 秦 雅彦, 中山 正昭, **i-GaAs/n-GaAs エピタキシャル構造における光励起キャリアの非平衡輸送と超高速光応答**, 日本物理学会 2013 年秋季大会 (徳島大学 2013 年 9 月) 27pDB-8.
- IV-1** T. Hasegawa, R. Kishimoto, Y. Takagi, T. Kawase, D. Kim, and M. Nakayama, **High-sensitivity polarization modulation reflectance spectroscopy of cavity polaritons in a ZnO microcavity**, *Applied Physics Express* **7**, pp. 032003-1-032003-4 (2014).
- IV-2** R. Kishimoto and T. Hasegawa, **Polarization modulation reflectance measurements of cavity polaritons in semiconductor microcavities**, The 3rd Short-term Student Exchange Program, Aug. 21-24, 2013, University of Hyogo, Japan.
- IV-3** 岸本 良, 川瀬 稔貴, 金 大貴, 中山 正昭, 長谷川 尊之, **偏光変調反射分光法による酸化亜鉛微小共振器中のポラリトン状態の観測**, 日本物理学会 第 6 9 回年次大会 (東海大学 2014 年 3 月) 27aCD-12.
- IV-4** 長谷川 尊之, 岸本 良, 川瀬 稔貴, 金 大貴, 中山 正昭, **ZnO 微小光共振器における共振器ポラリトン状態の高感度観測**, 第 6 1 回応用物理学会 春季学術講演会 (青山学院大学 2014 年 3 月) 17a-E15-1.
- IV-5** 岸本 良, 川瀬 稔貴, 金 大貴, 中山 正昭, 長谷川 尊之, **酸化亜鉛微小共振器における共振器ポラリトン状態の偏光変調反射分光**, 第 2 4 回光物性研究会 (大阪市立大学 2013 年 12 月) IB-38.

IV-6 岸本 良, 川瀬 稔貴, 金 大貴, 中山 正昭, 長谷川 尊之, 偏光変調反射分光法を用いた共振器ポラリトン状態の精密分光, 日本物理学会 2013 年 秋季大会 (徳島大学 2013 年 9 月) 26pPSA-27.

大学院物質理学研究科

博士前期課程

岸本 良 : 偏光変調分光法を用いた半導体微小共振器の光学特性に関する研究

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 25-27 年度) 挑戦的萌芽研究
課題番号 25610115
研究課題 レーザー偏極原子を使った精密計測のためのスピン緩和抑制
コーティングの開発
研究代表者 石川 潔
- 2 (公財) カシオ科学振興財団, 第 31 回研究助成 (平成 25-26 年度)
研究課題 超高速光電子デバイス応用に向けた半導体エピタキシャル構造の非平衡
キャリア輸送に関する研究
研究代表者 長谷川 尊之
- 3 (公財) 兵庫県立大学科学技術後援財団 教育研究助成 (平成 25 年度)
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の電子状態の解明
研究代表者 長谷川 尊之
- 4 (公) 兵庫県立大学特別研究助成金 (平成 25 年度) 若手研究者の研究支援用
研究課題 半導体層構造における光キャリアの非平衡輸送に起因した超高速光応答
研究代表者 長谷川 尊之