

I 放射光・レーザー等高輝度ビームを用いた光物性研究

Photophysics using brilliant beam including synchrotron and laser sources

田中義人
Tanaka, Y.

放射光X線光源の時間特性と高い強度を利用して、物質の高速光応答の研究を進めている。特に、無機単結晶を対象とした光誘起高速構造ダイナミクスとそれに対応する光物性を明らかにすることを目標として、時間分解X線回折法、光電子分光法、近赤外分光法を駆使している。対象は代表的な半導体単結晶であるシリコン、ヒ化ガリウムその他、磁性体や構造相転移物質である。昨年度は、SACLAの硬X線自由電子レーザーを用いて、大強度パルスX線照射による半導体のバンドギャップ付近の光学特性および、磁性変化を調べてきた。半導体については高強度X線パルス照射でバンドギャップ付近の複雑なスペクトル形状変化が得られたことを受け、当該年度では、対照実験として、伝導帯の底近くに近赤外光にて励起した際の時間分解近赤外スペクトルを取得し、X線励起時の特異なスペクトル変化を議論した。また、磁性体については、SACLAにてX線励起時の可視光域でのファラデー回転特性を観測した結果、磁気モーメントが超高速で乱れ、復元する様子が観測された。

II 超短パルス自由電子レーザー発生に向けた装置開発

Development of ultrashort pulse free electron laser

田中義人
Tanaka, Y.

放射光施設ニュースバルにて自由電子レーザーによる超短パルス光発生にむけた装置開発を進めている。本研究では、モードロックレーザーパルスをシード光として用いる方法を採用しているため、フェムト秒パルスレーザーを、ニュースバルの電子バンチに時間同期させて入射させる必要がある。当該年度では、ニュースバルの実験ホールに設置されたフェムト秒チタンサファイアレーザーパルスが蓄積リング内のシングルバンチに時間同期するように、同期系回路を開発し、その遅延時間制御系を構築した。さらに、フェムト秒チタンサファイアレーザーを蓄積リングの直線部の軌道と一致するように導入し、アンジュレーター下流にて、フェムト秒レーザーとアンジュレーター光を一つのフォトダイオードで観測し、ほぼ同時刻で到達していること、および、その遅延時間制御ができることを確認した。また、次年度に向けて、分光器付きストリークカメラの整備を行った。

III 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。

IV 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。

発表論文 List of Publications

- I-1** A. Verna, G. Stefani, F. Offi, T. Gejo, Y. Tanaka, K. Tanaka, T. Nishie, K. Nagaya, A. Niozu, R. Yamamura, T. Suenaga, O. Takahashi, H. Fujise, T. Togashi, M. Yabashi, M. Oura: **Photoemission from the gas phase using soft x-ray fs pulses: an investigation of the space-charge effects**, *New J. Phys.*, **22**, 123029 (2020).
- I-2** T. Hasegawa, Y. Okushima, Y. Tanaka: **Characteristics of terahertz wave emissions under the coexistence of different sub-picosecond transient phenomena in GaAs nanostructured films**, *Applied Physics Express* **14**, 041005 (2021).
- I-3** 田中義人, 片山哲夫, 久保稔: 特集号「時間軸でみる高輝度放射光/X線自由電子レーザー利用研究」企画説明, *放射光* Vol. 33, No. 4, pp.241-242 (2020)
- I-4** 田中義人: 時間分解測定法とその放射光 X線・XFEL 利用実験への適用 ～本企画のイントロダクション～, *放射光* Vol. 33, No. 4, pp.243-247 (2020)
- I-5** 近藤啓介, 鈴木基寛, 安田伸広, 福山祥光, 久保田雄也, 富樫格, 岡部純幸, 田中義人: **XFEL 励起による GaAs 半導体の近赤外過渡吸収分光**, 第 34 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (オンライン 2021 年 1 月)
- II-1** T. Tanaka, Y. Kida, R. Kinjo, T. Togashi, H. Tomizawa, S. Hashimoto, S. Miyamoto, S. Okabe, Y. Tanaka: **Development of an undulator with a variable magnetic field profile**, *J. Synchrotron Rad.* **28**, 404-409 (2021).
- II-2** Y. Tanaka, S. Okabe, K. Kondo, Y. Kida, R. Kinjo, T. Togashi, H. Tomizawa, S. Hashimoto, S. Miyamoto, T. Tanaka: **Laser-SR synchronization for laser seeding to generate monocyte FEL radiation at NewSUBARU**, *Conference on Laser and Synchrotron Radiation Combination Experiment (LSC2020)*, Digital Conference, April 23-24 (2020)
- III-1** 石川 潔, 井上秋津: **リチウム原子超微細準位の CPT 共鳴による磁場計測 II**, 日本物理学会 2020 年 秋季大会 (オンライン 2020 年 9 月)
- III-2** 石川 潔, 井上秋津: **Li 原子超微細準位の CPT 共鳴に最適な緩衝ガス**, 日本物理学会 2021 年 年次大会 (オンライン 2021 年 3 月)

大学院物質理学研究科

博士前期課程

- 近藤啓介 : パルス X 線照射時の半導体の高速バンドダイナミクスの研究
泉 瞭 : 円偏光 X 線レーザー照射に対する磁性体の高速光学応答
井上秋津 : Li 原子の超微細準位と磁気副準位のコヒーレンス
岡部純幸 : モノサイクル自由電子レーザー光発生のためのレーザー
シーディング法の開発

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 (令和 1-3 年度) 基盤研究 (B)
課題番号 19H04397
研究課題 X線励起による半導体単結晶のバンドダイナミクスの研究
研究代表者 田中義人
- 2 日本学術振興会 科学研究費補助金 (平成 30-令和 4 年度) 基盤研究 (A)
課題番号 18H03691
研究課題 スリッページ制御による自由電子レーザーの短パルス化
研究代表者 田中隆次
研究分担者 田中義人
- 3 日本学術振興会 科学研究費補助金 (令和 1-令和 4 年度) 基盤研究 (A)
課題番号 19H00661
研究課題 共鳴 X 線回折による拡張磁気多極子秩序の研究
研究代表者 田中良和
研究分担者 田中義人