



東邦大学

平成28年度（秋）

東邦大学理学部物理学科

修士・卒業論文予稿集

論文発表会

平成28年8月22日（月）

発表会場

理学部Ⅱ号館5階 物理セミナー室

修士・卒業論文発表会プログラム

日時：平成 28 年 8 月 22 日 (月) 9:30 開始*

場所：理学部 II 号館 5 階 物理セミナー室

修士論文発表 (講演 20 分、質疑 5 分)

- | | |
|------------------------------------|-------------|
| | 9:30 開始* |
| 1. 光励起三重項型動的核偏極を用いた超偏極溶液 NMR | 金子 智昭 (量エレ) |
| 2. プロペラ型モジュレータを用いた炭素ビームの線質と生物効果の評価 | 三上 修 (量エレ) |

卒業論文発表 (講演 9 分、質疑 3 分)

- | | |
|--|--------------|
| | 10:25 開始* |
| 1. 共鳴イオン化分光法による Ti の $3d^24s4p\ ^3D_1, ^3D_2$ 準位の励起寿命の測定 | 坂本 洋輔 (量エレ) |
| 2. エピタキシャル Fe/Ag/Cr(001) 三層膜の磁気粘性と界面付近の結晶性の関係 | 小野寺 蓮 (磁気物性) |
| 3. α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の電荷秩序とゼロギャップ状態 | 久保田 裕介(物性物理) |
| 4. 大気圧イオン化法を用いたリフレクトロン型 MS の応用 | 山添 公輔 (原子過程) |

※ 状況により時間変更の場合があります

修士論文要旨

1. 光励起三重項型動的核偏極を用いた超偏極溶液 NMR

金子 智昭 (量子エレクトロニクス)

医療に使用されている MRI (Magnetic Resonance Imaging) は、核磁気共鳴 (NMR: Nuclear Magnetic Resonance) の原理に基づき、非破壊・非侵襲で生体内部を撮影することができる装置である。しかし、検出感度と生体内部の様々な物質からのバックグラウンド信号の問題から、単純な断層の静止画しか撮影することができなかった。この問題を改善すれば、MRI による動画撮影が可能になり、がん診断・代謝イメージング・pH イメージングなど、その適用範囲を拡大することができる。

本研究では、レーザとマイクロ波照射によって核スピンの偏極率を向上させることできる「光励起三重項電子スピンを用いた動的核偏極」(通称、Triplet-DNP) によって上記の問題に取り組んだ。Triplet-DNP とは、試料に偏極源分子をドーブし、レーザ照射によって高い電子スピン偏極状態をもつ励起状態を作り出し、マイクロ波照射でその高偏極状態を核スピンの移行する手法である。これを用いて、外部で Triplet-DNP を適用しスピン偏極率 (= 信号感度) を増大させた試薬を生体に注入し、その試薬の寿命までの間に動画撮影を行う。本研究の目的は、このスキームの原理検証として、Triplet-DNP によって高偏極化された溶液試料のスピン-格子緩和時間による経過時間の変化を観測することである。

Triplet-DNP による ^1H スピン偏極実験は、0.67 T、300 K の下で行った。電子スピン、 ^1H スピンの共鳴周波数はそれぞれ 17.61 GHz、27.91 MHz である。まず、重水素化ペンタセンをドーブした安息香酸 5 mg の粉末試料に対し、Triplet-DNP のパラメータ最適化を行った。次に、重水素化ペンタセン濃度の最適化を行った。最後に、その試料へ沸騰させた溶解液 (重水に炭酸ナトリウムを偏極試料の 10 倍等量溶かしたもの) を勢いよく注ぎこみ、偏極した安息香酸の溶液信号の取得に成功した。これにより、7.3 秒間偏極信号の動画撮影を行えることを実証した。

また、動画撮影時間を延ばすために、Triplet-DNP で生成した ^1H スピンの高偏極状態を ^{13}C へ移行するための装置を試作した。この偏極移行は、交差分極法 (CP: Cross Polarization) によって実現される。試料へ ^1H 及び ^{13}C スピンに共鳴するラジオ波の 2 重照射が可能な共振器を製作し性能評価を行った。製作した共振器は CP を行うのに十分な照射効率を得ることができていることを確認した。

2. プロペラ型モジュレータを用いた炭素ビームの線質と生物効果の評価

三上 修 (量子エレクトロニクス)

高エネルギー炭素ビームを用いた炭素線がん治療では近年 3D スキャニング照射法が盛んに研究されている。この照射法は腫瘍をビーム軸方向から見て深い領域から浅い領域へと照射していく。このとき、浅い領域の照射点は低 LET ビームを受けており、その後に照射される高 LET ビームとの時間構造によって、腫瘍細胞に対する効果が変わる可能性がある。その検証をするため、異なるエネルギーの炭素イオンビームをインターバルを挟んで照射した際の細胞生存率を確認し、予測モデルの計算結果と比較した。厚さ 9cm アルミ板からなる 2 枚羽根のプロペラ型モジュレータを用い、これにがん治療用の 290MeV/n 炭素ビームを通して、2 種類のエネルギービームを用意した。通過後のビームの線量・線質について、組織等価比例計数管での実測を通して HSG 細胞に照射することでそのレスポンスを評価した。実験値と計算値を比較したところ、このモデルは High \rightarrow Low の順で照射した場合の方がよく効くことを定性的に説明できるが、定量的に説明するにはまだ課題が残る結果となった。

卒業論文要旨

1. 共鳴イオン化分光法による Ti の $3d^24s4p\ ^3D_1$, 3D_2 準位の励起寿命の測定

坂本 洋輔 (量エレ)

以前までの研究によって測定された Ti の励起寿命だが、レーザーのパルス幅がそれと同程度であるため、得られた寿命はパルス幅が影響している可能性があった。第一励起レーザー光、第二励起レーザー光を強度を変えつつ照射し、得られる Ti イオン数を測定することで励起の飽和状態となる条件を調べた。その結果、第二励起レーザーが $20\ \mu\text{J}$ の時、第二励起レーザーが $20\ \mu\text{J}$ 以上であれば、飽和が起きることを確認した。また、今回の実験では同時に、得られたピークと、ピークの裾の広がりイオン数を比較し、レーザーのパルス幅の影響を調べ、寿命に影響を与えていないことを確認した。調べた条件で励起寿命を測定し、Ti の $3d^24s4p\ ^3D_1$ 準位の励起寿命 $\tau = 18.0 \pm 0.8\text{ns}$ を得た。さらに、Ti の $3d^24s4p\ ^3D_2$ 準位についても同様に測定し、第一励起レーザーが $20\ \mu\text{J}$ 以上、第二励起レーザーが $30\ \mu\text{J}$ 以上の時飽和状態になることを確認し、励起寿命 $\tau = 17.0 \pm 2.2\text{ns}$ を得た。

2. エピタキシャル Fe/Ag/Cr(001)三層膜の磁気粘性と界面付近の結晶性の関係

小野寺 蓮 (磁気物性)

当研究室の先行研究では成長温度(T_s) 100°C で作製した Fe/Ag/Cr(001)三層膜において磁気粘性(S)が Ag 膜厚に対して振動することが報告されている。これは、Ag 中に量子井戸が形成され、Ag がスピン分極し、Ag/Cr 界面でのフラストレーションが起きたためと考えられる。本研究では、Fe/Ag/Cr(001)三層膜の T_s を 50°C に変えて作製し、磁化測定を行った。その結果、膜厚のより薄いところまで S の振動が観測された。これは、 T_s が低いと Ag の結晶性が良くなり、量子井戸が形成されやすくなったことを示唆する。

3. α -(BEDT-TTF) $_2\text{I}_3$ の電荷秩序とゼロギャップ状態

久保田 裕介 (物性物理)

α -(BEDT-TTF) $_2\text{I}_3$ は、BEDT-TTF 分子と I_3 分子の二層構造をしていて、常圧下 135K 付近で電荷秩序を起し伝導体から絶縁体へと変化する。さらにここへ圧力を加えていくことで絶縁体相が抑制され、ゼロギャップ状態へと移り変わる。本研究では絶縁体からゼロギャップ状態にどのようにして移るのか、明らかにするため転移前後のゼーベック効果についてより詳しく調べた。圧力の印加に伴い転移温度が抑制され $1.0\text{-}1.3\text{GPa}$ では絶縁体転移に伴ってみえていた係数の急激な低下が消え、なだらかな低下と低温側での上昇を観測した。

4. 大気圧イオン化法を用いたリフレクトロン型 MS の応用

山添 公輔 (原子過程)

本研究室では未知の気相試料を測定する質量分析装置の開発が行われている。一般に、気相試料では測定することのできない難揮発性の物質などを測定するためには、液体試料を用いて測定できる大気圧化学イオン化法を用いる。本研究では、大気圧化学イオン化法を生物の代謝物の測定へと応用することを目的とする。大気圧化学イオン化法ではイオン化が大気圧下で行われるため、リフレクトロン型 MS のような超高真空を必要とする質量分析部との接続が難しい。現時点では、質量分析部で測定可能な圧力まで下げることを目指して改良を重ねている。