

HP : <http://ssp.phys.kyushu-u.ac.jp>

コアタイム : なし

研究キーワード : スピントロニクス・超伝導・ナノ構造・マルチフェロイク構造・磁気熱電効果



Member	
教 授	木村崇
助 教	山田和正
准助教	荒井毅
スタッフ	崔暁敏
学術研究員	胡少杰 Troy Dion
博士 3 年	鄭剛
博士 2 年	飯森陸 岩堀拓真 大日方初良 一兎博人
修士 2 年	榎本浩克 宮崎圭二 小安凱人 山崎太志郎 劉松儒
修士 1 年	入倉大輔 梶間廉 神本晋作 小谷悠太 田中智也 坪口椎那 周辰皓 劉書含
学部 4 年 (特別研究生)	太田正洋 大島 怜 宇野 一真 澤田祐衣

教員プロフィール



木村崇 教授

当研究室では、強磁性、強誘電性や超伝導など、固体中の電子が織りなす多彩な物性を用いて、新奇な物理現象を引き出し、それらを実験的に評価する研究を行っています。特に、各種の固体物質をナノスケールのサイズに微細加工することで、量子力学的性質を顕在化させ、それらの物性応用の可能性を探究することに興味を持っています。具体的には、スピントロニクス分野では、スピンの性質を用いた電気伝導スイッチや熱伝導スイッチ、また、スピンの流れに対応するスピン流の高効率な制御法やスピン流を使った新奇な磁気モーメントの制御法などを、超伝導物質を用いた研究では、強磁性体との融合によるスピン偏極超伝導電流の実現、強誘電体基板との複合による超伝導転移温度や準粒子特性の電気的制御など、更に強誘電体を用いた研究では、強磁性体との複合構造である界面マルチフェロイク構造を用いた新奇な磁気モーメントの電気的制御法やスピン流、および熱流の新奇な電気的制御法の開発などを行っています。このように、あらかじめ特性の分かっている物質に微細加工を施したり、他の性質を持つ物質を組み合わせることが研究の主ですが、これらを実現するべく、様々な実験技術を習得する必要があります。研究室には、電子線描画やその他一連の微細加工装置、また、様々なタイプの薄膜作成装置、そして、それらの構造を評価する電子顕微鏡や原子間力顕微鏡やX線回折装置などの物性評価装置や物性の改善を目指した各種のアニール装置もあります。そして、最も重要なのは、機能の確認である測定装置です。通常の電気伝導評価システムにおいて、温度や磁場を変化させる環境機能を付加して、新機能の実証を行います。実験系の研究室なので、手先の器用さが重要なのでは？と思われる方がいるかもしれませんが、その必要は全くありませんので、ご安心ください。

研究は料理と似ています。皆さんは、料理を作るシェフです。最新鋭の調理器具を揃えていても、料理を上手に作らないと、世に出すことができません。更に重要なのが、盛り付けです。折角、素晴らしい料理ができて、それをスムーズ、且つきれいに皿を盛り付けて、お客様に提供する必要があります。これは、研究では論文発表に対応しますが、最後、査読を通して、世に皆さんの研究が発表されれば、ようやく研究が一段落することになります。早い段階で論文を書ける力を育成したいと考えています。



山田和正 助教



アピールポイント

実験装置が豊富

とにかく実験設備が整っています。微細加工技術、薄膜作成技術については他大学に引けを取らないほどの充実具合です。よって、他施設に行かなくとも、研究室内で素子作製、測定、解析などの研究活動を行うことができます。研究内容によっては実験装置を1から組み立てることもあります。そうすることで実験装置の仕組みや原理について理解を深めることができます。

メンバーが多い

メンバーが多いので、研究内容も多種多様です。固体物性に関する様々な知見を得ることができます。実験装置の使い方については頼りとなる先輩方、先生方が丁寧に教えてくださいます。実験に関する知識は学部3年生までの基礎実験などについて全て完璧に理解していなくて大丈夫です。ただ、真空技術で学ぶロータリーポンプ(RP)、ターボ分子ポンプ(TMP)の使い方については復習しておくといいです。

柔軟なスケジュール

特にコアタイムなどは設けておらず、自分の好きな時間に研究活動や勉強をすることができます。教育実習や講義の予定に合わせたスケジュールを組むことが可能です。また、昼休憩や空いている時間で研究室メンバーや、他研究室メンバーとサッカーやキャッチボールをしたりもしています。



イベント

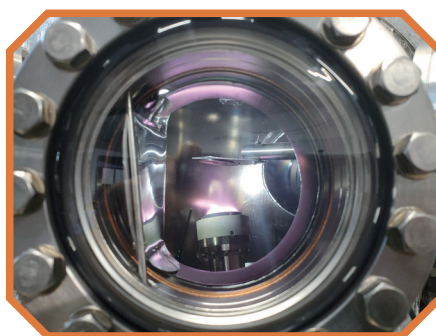
年間イベント

新入生歓迎会
物理学会／磁気学会／応用物理学会
国際学会（修士以降）
各種セミナー（その後飲み会）



実績

研究	日本学術振興会特別研究員採択 (DC1, DC2) 2022 年度日本物理学会参加 2022 年度日本磁気学会参加
表彰	2019 年度情報ストレージ研究会委員長賞
進学先 (学部卒)	九州大学大学院
進学先 (修士卒)	九州大学大学院
就職先 (修士卒)	京セラ／村田製作所／JR 西日本／東京エレクトロン
就職先 (博士卒)	慶應義塾大学助教／PD



Message

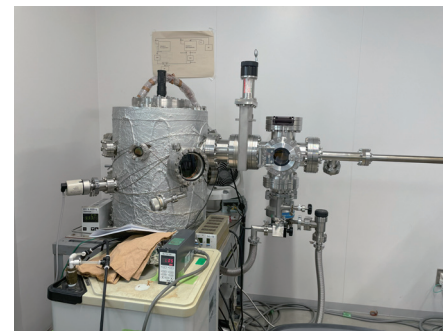
- ・やる気があれば結果は出る。
- ・電磁気学と量子力学はよく復習したほうが良い。
- ・そして遊ぶ時間が多いのも今のうち……。
- ・本研究室では、薄膜デバイスを自らで作製し、次世代のエレクトロニクスに関わる分野の研究を体験することができます。特に、磁性体薄膜の微細加工を得意としており、ナノスケールで顕在化する電子スピンの性質について、実験を通して深く学ぶことができます。本研究室に配属されましたら、研究環境を大いに利用していただき、将来、基礎・応用で役立つ知見を身に付けてください。



研究内容

■ 澤田祐衣 (B4)

この研究室では、電気の流れを表す”電流”と同じようにスピンの流れを表す”スピン流”を検出、解析することで、新たな現象を実験から発見することを目指しています。その中でも、私は超伝導体の界面にスピン流を流したらどのような性質が現れるのかを解析することを目指して研究しています。現在は YBCO の薄膜を基板の上に作成する段階です。薄膜を作成することで、超伝導体の界面の様子を測定できるようになると考えられます。薄膜表面の組成や抵抗値、性質を YBCO に近づける為に、温度や圧力など様々なパラメーターを変化させながら最適な条件を探しています。当研究室は実験装置も多く、高度な解析をすることができます。測定装置から得られたデータを解析して効率的に解析を進めています。超伝導体の界面の現象はまだ未知な部分が多いです。薄膜を作成し、当研究室が誇るスピン流検出技術を使って新たな知見を得て、未来の社会に役立つ技術を発見できるよう努めています。



■ 宇野一真 (B4)

斜め蒸着による CFA/Cu の磁気抵抗測定、スピン信号観察

私は、修士 1 年の先輩の下で色々な実験を行い、研究しています。現在は、強磁性体の CFA(CoFeAl) を用いて Cu のスピン蓄積信号を観測する実験を行っています。

簡単に方法を説明します。切り出した Si 基板にレジストという樹脂をコーティングして、描画装置でレジストに穴を開け、そこに金属の膜をつけます。その後、特定の薬品に浸けてレジストを剥がします。こうしてできた素子に磁場をかけながら電圧をかけ、抵抗を測定します。

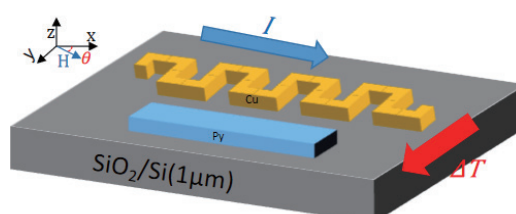
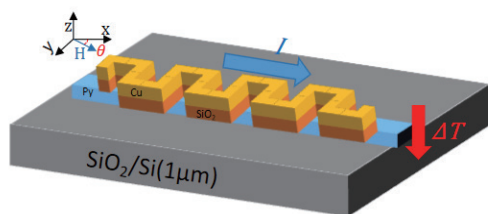
実験は装置の扱いを覚えたり、かなりの時間がかかったり大変ですが、先輩にも優しく教えていただき、腐らず行えています。気になる方はぜひ研究室をのぞいてみてください！

■ Zhou Chenhao(M2)

現在、私の研究テーマは「熱励起スピン流とエレクトロン励起スピン流の相違点を明らかにすること」です。温度勾配が存在する条件下で、半導体内部に Nernst 電圧が生じ、スピンホール効果と逆スピンホール効果によって、熱励起スピン流のシグナルの大きさを最終的には出力電圧を測定することで評価できます。

では、熱励起スピン流とエレクトロン励起スピン流の相違点は何でしょうか？

実際に、Fe_{0.21}Ni_{0.79} 成分を含むパーマロイ材料の場合、面内ネルンスト効果 (PNE) に起因する信号は室温から低温にかけて、熱励起スピン信号が反転することが観察されます。対照的に、Fe_{0.7}Ni_{0.3} 成分を含むパーマロイ材料では、PNE 信号に明確な反転は見られません。この二つの異なる結果は、材料の特性の相違に起因しているのか、それとも温度勾配による半導体のバンド構造の変化によるものなのか、という問いについて調べています。



■ 梶間廉 (M1)

この研究室では、電気の流れを表す”電流”と同じように、スピンの流れを表す”スピン流”を検出する技術を有しております。また、強磁性体に高周波電流を流すと強磁性共鳴 (FMR) という現象を観測することができます。これらに関して、現在私の研究テーマは高周波電流を強磁性体にかけたときに見られる強磁性共鳴 (FMR) という現象の線形性をさまざまな条件を変えることによって崩すというものです。つまり、強磁性共鳴の近似された理論式から外れた結果を得たいというものです。具体的な研究内容の例は、印加させる電力を変える power 依存性の測定や外部磁場向きを変化させる角度依存性の測定、高周波電流の周波数を変える周波数依存性の測定、サンプルの強磁性体の厚みや形状を変化させて測定に最適なサンプルの作成を目指しています。特にサンプルの構造決定は多角形を用いたり、細線を用いたりなど非常に自由度が高く難しい反面、自由な発想ができる楽しさを含んだ研究を行っています。

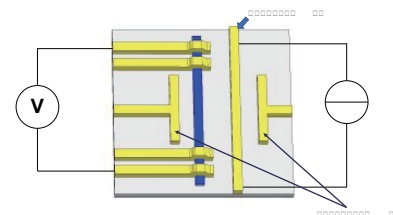
■ 神本晋作 (M1)

私は現在、「Ag/Bi 界面での Rashba-Edelstein 効果」について従来の実験方法とは少し異なった方法で研究しています。「Edelstein 効果」とは、物質の接合界面や表面における特殊なスピン軌道相互作用によって引き起こされるスピン - 電荷変換のことです。次に「Rashba 効果」とは、2 次元電子系でのスピン軌道相互作用のことで、特に Ag/Bi などにおける界面では空間反転対称性の破れによってバンド構造のスピン分裂が生じることを Rashba スピン軌道相互作用といいます。そして Rashba 界面を用いたスピン変換現象を「Inverse Rashba-Edelstein 効果」と呼びます。これについて、従来は動的な手法である強磁性共鳴 (FMR) によるスピンプンピング法でスピン注入をし、そのスピン - 電荷変換を評価していました。それを静的な手法である横型スピバルブ法を用いて評価しようと試みています。また Ag/Bi の成膜がきれいにできていなければ先で述べた効果は見るのが難しく、低温蒸着法を用いてきれいな膜が得られるよう試みています。(写真: 低温下で蒸着ができる装置)



■ 小谷悠太 (M1)

現在、私が特別研究のテーマとして取り組んでいることは「電界を用いたナノスケールでの熱流制御」です。下の図はその測定回路の一部です。黄色い線がプラチナ (Pt)、青い線がパーマロイ (Py, ニッケルと鉄の合金) です。それらをピエゾ素子 (電圧をかけることによって歪む素子) であり強誘電体である PMN-PT の上に描画します。それぞれの線の幅は 100[nm] ~ 300[nm] と非常に細いですが、弊研究室の電子線描画装置やスパッタリング装置、蒸着装置などの様々な機械を駆使して作成します。作成が終わったらいよいよ測定に入ります。磁場をかけたり、電場をかけたりしつつパーマロイの両端の電圧を測り、解析を行います。電場は図 1 のコンデンサとしての役割とある線に電圧をかけることで発生します。「百聞は一見に如かず」ということわざの通り、実際に研究室見学へお越しになり、様々な測定装置や素子作成装置をご覧ください。



■ 田中智也 (M1)

私達の研究室ではスピントロニクスに関する研究をしています。スピントロニクスとは電子が持っている「スピン」と電子工学である「エレクトロニクス」を融合させた造語です。エレクトロニクスでは電子の自由度の中の電荷を応用する技術ですが、スピントロニクスではもう一つの自由度であるスピンを利用しエレクトロニクスでは実現できないような機能の実装やより高性能で低発熱、省電力なデバイスの実現が期待されています。

この研究室でも様々なグループに分かれて研究していますが、私の所属しているグループでは今「高周波」を大きなテーマとして研究しています。スピンと高周波が大きく関連する現象に「強磁性共鳴」というものがあります。これがこのグループでは最も重要な現象です。特別研究の一つとしてこの強磁性共鳴の非線形領域での測定をしようとしています。

現在、身の回りにも様々な高周波が存在しており、特に Wi-Fi や Bluetooth では 2.4GHz 帯の周波数を利用しており高周波だといえますがその大半のエネルギーは無駄になっています。この今は無駄になっているエネルギーを回収し利用できないかと考え研究を進めています。

