物性基礎論 固体電子物性研究室 Solid State Physics Lab.

HP： https://ssp.phys.kyushu-u.ac.jp/index.html

研究キーワード：スピン・スピントロニクス・超伝導・ナノ構造・微細加工

Member

教授	木村 崇
特プロ助教	Troy Dion
訪問研究員	Amany Harby
スタッフ	石間 美香
博士３年	鄭 剛　岩堀 拓真　飯森 陸　一兜 博人
博士１年	山崎 太志郎　田 暾華
修士２年	田中 智也　入倉 大輔　梶間 廉 神本 晋作　小谷 悠太　坪口 椎那
修士１年	大島 怜　澤田 祐衣　古川 佳弥 山口 竣介　古殿 大育　中本 万智
学部4年 (特別研究生)	砂川 恵児　安倍 海翔　中村 啓人

教員プロフィール

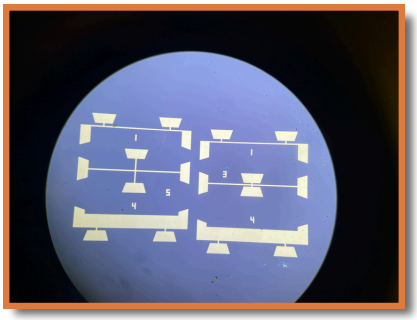
木村崇 教授

物理学科に着任してから10年以上が経過し、私は現在、物理学科に在籍する最も古い教員の一人となりました。研究室も発足から10年以上が経過し、多くの学生が卒業していきました。私自身、もうすぐ50歳を迎え、人生の折り返し地点を強く意識するようになりましたが、研究においては常に新たな課題や発見が現れ、やるべきことはまだまだ多く残されていると感じています。

当研究室では、強磁性体、反強磁性体、超伝導体、半導体、強誘電体などの機能性物質をナノ構造で組み合わせ、電子が生み出す多彩な物性に基づく新奇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。これらの研究は次世代エレクトロニクスへの応用が大いに期待されており、その可能性が示されれば、政府から開発資金が提供され、研究開発が加速します。さらに応用の可能性が広がれば、工学部にも同様の研究室が設立されるでしょう。そのため、理学部の物性実験研究室として、これらの研究を先駆的に進める意義は非常に大きいと考えています。

物性実験研究室の最大の魅力は、個人が主体的に研究を進められることです。物質の合成、薄膜化、微細化、デバイス化、結晶や形状の評価、そして期待される現象や機能の測定まで、自らの意志で一貫して取り組むことができます。当研究室では、そのための研究インフラを整えています。特に重視しているのは、市販の装置をただ使うのではなく、自分たちで部品を組み合わせ、装置の原理を深く理解したうえで最大限の性能を引き出すことです。これにより、独創的な実験を行い、世界と競争することが可能になります。また、装置の原理を熟知する経験は、将来どのような分野で活躍する際にも非常に役立つと考えています。

研究は料理に似ています。皆さんはシェフとして、研究という料理を作るのです。いくら最新鋭の調理器具を揃えていても、それを使いこなして素晴らしい料理を作らなければ、世に出すことはできません。さらに重要なのが「盛り付け」です。どんなに素晴らしい料理を作っても、美しく、かつ適切に盛り付け、お客様に提供しなければ、その価値を正しく伝えることはできません。研究においては、この「盛り付け」が論文執筆と発表に相当します。査読を経て論文が正式に発表されることで、初めて研究が一段落するのです。当研究室では、早い段階で論文を書く力を身につけることを目標に、皆さんを指導していきたいと考えています。



アピールポイント

実験装置が豊富

とにかく実験の装置の数と種類が多いです。微細加工や薄膜作成の装置は他大学に引けを取らない充実具合です。他施設に行かなくとも自分の研究室内で、実験の構想、装置の組み立て、素子の作成、測定、解析までを完結させることができます。研究の過程で壁にぶつかった際に原因を探ったり、別の方法を試したりすることも容易にできるので、研究にスピード感を感じられるのがとても良いところだと感じています。

先輩が頼りになる

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。実験では装置の組み立てや改修をする過程で、装置の仕組みや原理に関する知識も身に付きます。そのためエラーが発生したときの対処法や勘所が鋭く、とても頼もしいです。また、過去に卒業された先輩方の実験結果やデータなどにも容易にアクセスできるようになっているので、先輩方の叡智をフルに活用することができます。

柔軟なスケジュール

スケージュール調整が簡単です。講義や教育実習、就活など予定に合わせて研究時間を調整することができます。また、昼休憩や空いている時間で研究室のメンバーや、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

年間スケジュール

4月	新入生歓迎会
3・9月	物理学会/追い出しコンパ
5月	磁気学会
3月	応用物理学会/国際学会

定例イベント

毎週木曜日	ゼミ
毎週水曜日	論文紹介

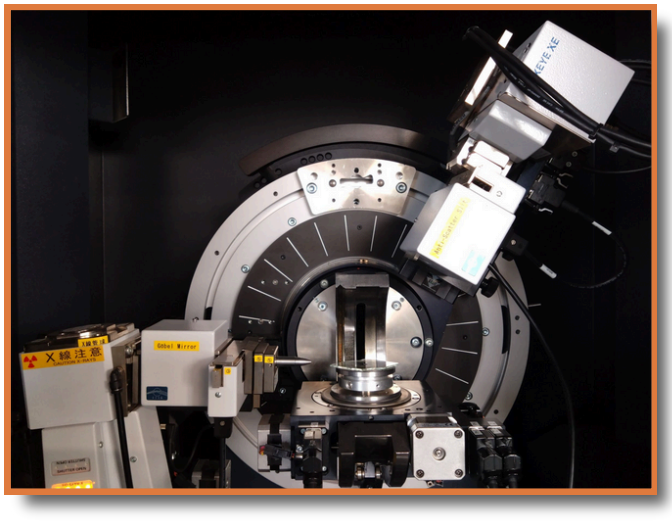
Message

・小学校のとき理科の実験でワクワクしていた人なら、この研究室ぴったり！
・顕微鏡を覗いたり、白衣と手袋をつけて薬品を扱ったり、液体窒素で冷やしたり、ピンセットで作業をしたり、みんなの"THE実験"がつまった研究室！
・超伝導転移は何回みてもオシャレ
・新しい現象が見つかるのは、宝くじが当たるみたいな感じ！！（1等当てるより簡単！）
・手を動かせば動かすほど結果がでる！データは命！データの量でねじ伏せろ！！（と私の先輩は言っていました。）
・装置に愛情が湧いてくる！いつもありがとう！
・ナノメートルの世界と友達！もちろんマイクロメートルも！
・研究室が気になった人は、右のQRコードから

実績

研究	日本学術振興会特別研究員採択 (DC1, DC2) 2024 年度日本物理学会参加 2023 年度応用物理学会参加 2023 年度日本磁気学会参加
表彰	令和６年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞研究部門
発表論文 (2023年 ~2024年)	Tomoyasu Taniyama, Yoshihiro Gohda, Kohei Hamaya and Takashi Kimura: "Artificial multiferroic heterostructures—electric field effects and their perspectives." Sci. Technol. Adv. Mater.25, 2412970(2024). Riku Iimori, Shaojie Hu, Akihiro Mitsuda, Takashi Kimura: "Substantial enhancement of perpendicular magnetic anisotropy in van der Waals ferromagnetic Fe3GaTe2 film due to pressure application." Commun. Mater.5, 235(2024). Sora Obinata, Troy Dion, Riku Iimori, Takashi Kimura: "Thickness dependence on dynamical spin injection driven by thermal effects in CoFeB/Pt bilayer." Sci. Rep.14, 24573(2024). Xiaomin Cui, Shaojie Hu, Yohei Hidaka, Satoshi Yakata, and Takashi Kimura: "Magnetic vortex polarity reversal induced gyrotropic motion spectrum splitting in a ferromagnetic disk." J. Phys. D: Appl. Phys.57, 395002(2024). Satoru Egawa, Kai Sakurai, Yoko Takeo, Kyota Yoshinaga, Masashi Takei, Shigeki Owada, Gota Yamaguchi, Shunya Yokomae, Hidekazu Mimura, Yutaka Yamagata, Makina Yabashi, Mari Shimura, and Takashi Kimura: "Observation of mammalian living cells with femtosecond single pulse illumination generated by a soft X-ray free electron laser." Optica11, 736(2024). Fupeng Gao, Shaojie Hu, Dawei Wang, Takashi Kimura: "Optimization of thermo-spin voltage in vertical nanostructures by geometrical means." J. Phys. D: Appl. Phys.57, 305001(2024). Troy Dion, Kilian D Stenning, Alex Vanstone, Holly H Holder, Rawnak Sultana, Ghanem Alatteili, Victoria Martinez, Mojtaba Taghipour Kaffash, Takashi Kimura, Rupert F Oulton, Will R Branford, Hidekazu Kurebayashi, Ezio Iacocca, M Benjamin Jungfleisch, and Jack C Gartside: "Ultrastrong magnon-magnon coupling and chiral spin-texture control in a dipolar 3D multilayered artificial spin-vortex ice." Nat Commun 15, 4077(2024). Shuhan Liu, Shaojie Hu, Xiaomin Cui, and Takashi Kimura: "Efficient Thermo-Spin Conversion in van der Waals Ferromagnet FeGaTe." Adv. Mater. 36, 2309776(2024). R. Kato, T. Yoshida, R. Iimori, Tai Zizhou, M. Shiga, Y. Inagaki, T. Kimura, and T. Kawae: "Resistivity Measurements in Palladium-Hydride Film Prepared by Low-Temperature Hydrogen Absorption Method." J. Phys. Soc. Jpn. 93, 024703(2024). T.Chen, Y.Jinnno, I.Atsuta, A.Tsuchiya, S.Obinata, R.Iimori, T.Kimura, Y.Ayukawa: "Synergistic Effect of Nano Strontium Titanate Coating and Ultraviolet C Photofunctionalization on Osteogenic Performance and Soft Tissue Sealing of poly(ether-ether-ketone)." ACS Biomater. Sci. Eng.10, 825-837(2024).
進路 (特研生・ 修士課程)	他大学院、就職
就職先 (博士課程)	大阪大学特任研究員

今年、木村先生が文部科学大臣表彰を受賞されました！

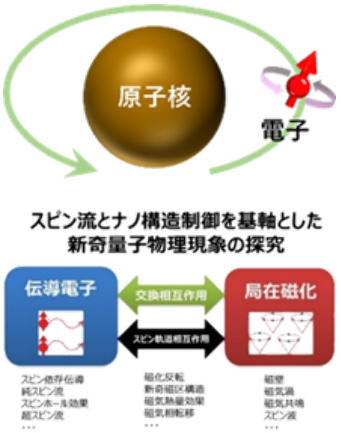


研究内容

当研究室では、強磁性体、超伝導体、半導体、強誘電体などにおける、固体中の電子が織りなす多彩な物性や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、量子力学的な性質を顕在化させ、それらの物性応用の可能性を探求することに興味を持っています。

◆注目する物理現象

○スピン(spin)と軌道(orbit)



電子の運動については古典的によく惑星の自転と公転に例えられ、スピンと軌道の二つの角運動量をもちます。この二つのうち、スピンの性質の活用を目指す分野をスピントロニクスといいます。これは、スピンとエレクトニクスを掛け合わせた造語です。同様に、軌道の性質の活用を目指す分野は、オービトロニクスと呼ばれています。オービトロニクスは、近年立ち上がった分野でまだまだ歴史が浅いです。どちらの分野も近年のナノテクロジーの進歩により、急速に進展してきています。従って、これらの分野において未解明な現象や未開拓な研究領域などが数多く残されており、基礎物理学的に大変興味深い研究分野です。当研究室でも、スピントロニクスに関する研究に長年力を入れてきました。更に、近年のエネルギー・環境政策に則った省エネルギー・エレクトロニクスとしても大きな応用の可能性を備えているため、産業界からも大いに注目されています。

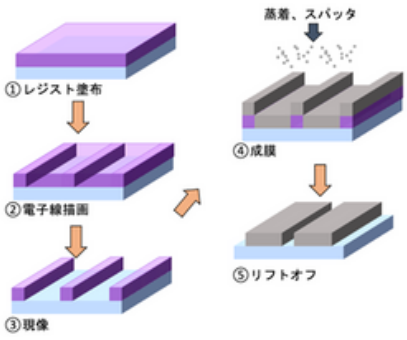
○超伝導(superconductivity)

超伝導とはある温度以下で電気抵抗が0の状態のことです。超伝導状態では、マイスナー効果により、電流や磁場はごく表面にしか存在しません。そこで、測定する超伝導素子サイズを小さくすることで、表面の効果を見やすくすることができます。また、結晶構造によって超伝導が発現したり、しなかったりする場合もあります。薄い膜(数nm～数百nm程度)で観察することによって、結晶構造による依存性を見やすくすることもできます。

実は、物質によっては、よく知られたオームの法則（V=IR）が成り立たず、右辺におまけの項がつくことがあります。基本的にはその効果は非常に小さいため、実験的に観測することは困難なのですが、超伝導状態ではその効果が比較的大きく見えると言われており、近年盛んに研究されています。

◆試料作製の紹介

○ナノスケールサイズの細線を作成する方法(電子線リソグラフィー)



本研究室のもう一つのキーワードである、微細加工についてもう少し具体的にご紹介したいと思います。微細加工とは、本研究室では主にナノスケールのサイズに加工することを指すことが多いです。このサイズ感だと人の手で作成することは不可能です。そこで、我々は電子線と薬品の力を借りて作成しています。以下は、その手順です。この方法を使用することで、狙ったサイズの素子を作成することが可能となっています。

①特殊な薬品（紫）を基板（水色）に塗ります。
②塗った薬品に電子のビームを当てるとそこの部分だけ性質が変わります。
③性質が変わっていない部分は、ある液体につけるとなくなります。
④基板全体にAlやCuなどを薄くつけます。
⑤さらに別のある液体につけると、残っていた紫の部分が上にあった物質ごと基板（水色）から剥がれます。

この一連の技術によりAlやCuなど物質を細線に加工することができます。

○薄膜の作成方法(マグネットスパッタリング法、抵抗加熱蒸着法)

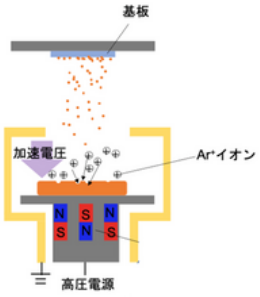
上の手順④にある成膜という工程は頻繁に使用する装置の一つです。当研究室にも大小様々な種類の成膜装置が設置されています。成膜では主に数nm～数百nmの厚さの物質の膜を基板の上につけます。以下に当研究室で使用される抵抗加熱蒸着法とマグネトロンスパッタリング法の2つの手法を紹介します。成膜材料や装置が無ければ、自分で作成、組み立てを行うことも多々あります。

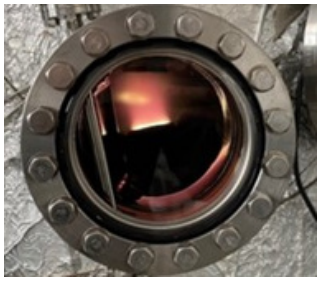
◎抵抗加熱蒸着法

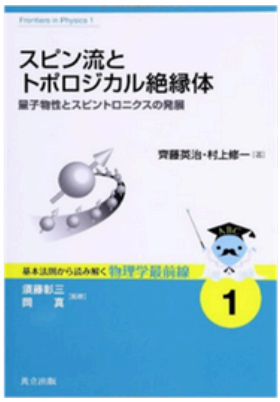
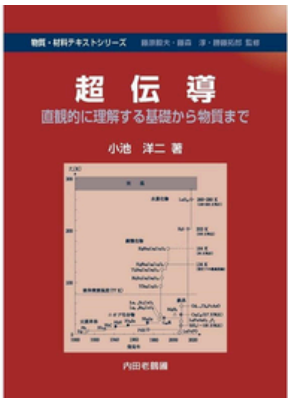
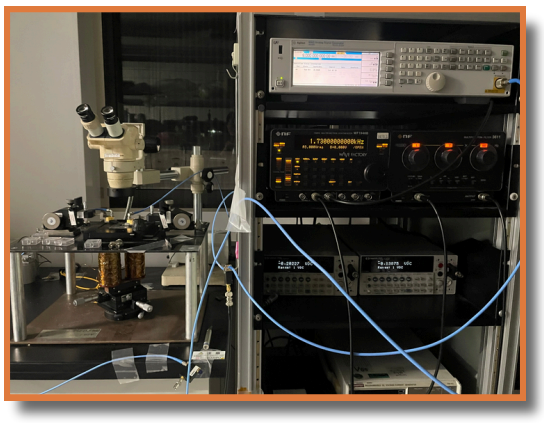
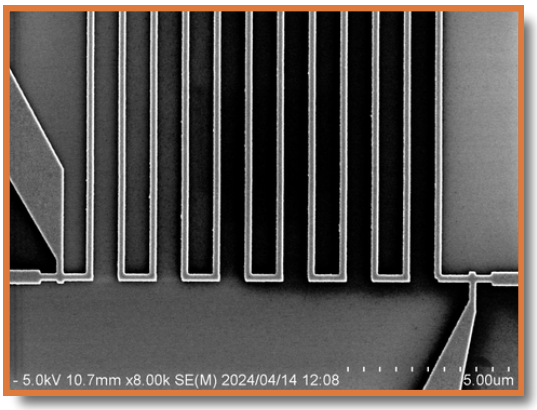
超高真空下で薄膜にしたい成膜材料をのせた抵抗板に電流を印加し、ジュール熱によって蒸発させることで成膜します。蒸発した物質を基板に当てることで成膜します。当てる時間を変化させることで、膜の厚さを変えることができます。成膜材料によってはこれまでの学生実験では印加しなかった大電流を流すこともあります。

◎マグネットスパッタリング法

真空装置内において、イオン化した不活性ガス(Ar)をターゲットに衝突させることで原子、分子を叩き出し、その飛び出た材料を堆積させることで薄膜を形成する技術です。加速されたArイオンがターゲットに衝突し、たたき出されたターゲット材料が基板上に付着することにより薄膜を形成します。この方法でも、基板に当てる時間を変化させることで、膜の厚さを変えることができます。





◆参考書の例

研究テーマや扱う物質によって必要となる詳細な専門知識は異なりますが、以下によく参考にする本を紹介しています。授業とは異なり、自分に合った教科書や参考文献を見つけることも研究の楽しさの一つです。