

2022年度 物性実験グループ卒業研究発表会

2023年2月20日(月) H701号室+オンライン 9時30分—16時30分

※ 発表10分(第1鈴:7分、第2鈴:10分)+質疑5分

※ タイムキーパーは座長をする先生の研究室の学生

9:30 はじめに [工藤一貴]

新見グループ [座長:塩貝純一]

9:35 松本史弥「Bi/Ni 薄膜超伝導体を用いたスピン輸送素子作製の試み」

9:50 山口優陽「グラフェン/Nb ヘテロ接合における逆スピホール効果」

豊田グループ [座長:塩貝純一]

10:05 吉松佑華「マルチターン飛行時間型質量分析計を用いた土壌起源ガスの連続測定」

10:20 中村勇貴「太陽光を利用した多光子イオン化の検証」

10:35–10:50 休憩

工藤グループ [座長:大塚洋一]

10:50 浦矢郁人「三元系 Pt ニクタイトにおける電子数制御による物質開発」

11:05 岡宏大 「鉄系ニクタイトにおける As-As 化学結合に着目した超伝導物質開発」

11:20 眞崎世間「Pt 配位多面体の自由度に着目した超伝導物質開発」

木村グループ [座長:酒井英明]

11:35 西原快人「時間分解マルチプローブ分光用立体駐車場型可変光学ディレイステージの開発」

11:50 藤井聡志「THz 波を用いた超高速電流観測装置の開発」

12:05 伊飼貴一「CeCoSi の隠れた秩序相の光学スペクトル」

12:20–14:00 昼食

松野グループ [座長:宮坂茂樹]

14:00 石田一成「ペロブスカイト型 $M\text{Cr}^{4+}\text{O}_3$ ($M = \text{Ca}, \text{Sr}$) 薄膜の構造・電気伝導特性」

14:15 田島悠輔「NiAs 型 CrSe 薄膜における磁気伝導特性」

14:30 森祐輔 「スピンホール磁気抵抗効果を用いた磁性絶縁体イットリウム鉄ガーネットの薄膜評価」

花咲グループ [座長:鳴海康雄]

14:45 西真輝 「強磁性と極性を有する Ce 系合金の開拓に向けた単結晶育成と物性測定」

15:00 見里朝彦「 $\text{Mg}_{1-x+y}\text{Li}_x\text{Ti}_{2-y}\text{O}_4$ の構造の乱れによる効果の研究」

15:15 前田涼太「磁性半導体 $\text{TbTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ の電気抵抗特性の研究」

15:30–15:45 休憩

萩原グループ [座長:渡辺純二]

15:45 新正朋暉「バルク超伝導磁石の着磁特性」

16:00 井上祥 「ハニカム格子反強磁性体 $(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ の強磁場磁性」

16:15 山下慧 「長周期らせん磁気構造を持つ NiBr_2 の強磁場磁性」

16:30 終了(予定)

新見グループ

松本 史弥「Bi/Ni 薄膜超伝導体を用いたスピン輸送素子作製の試み」

Bi と Ni を 2 層構造に積層させた Bi/Ni 薄膜は約 4 K で超伝導を示す。さらに、超伝導状態でも Ni 層の強磁性が保たれていることや、スピン偏極した超伝導状態が報告されていることから、トポロジカル超伝導体の候補として注目されている。物質のスピンに関連する物性の評価には、微小素子におけるスピン輸送測定が有効である。しかし、Bi/Ni 薄膜に対する微細加工の困難さから、これまで超伝導状態におけるスピン輸送特性の評価は成功していなかった。本研究では、微細加工技術を用いて Bi/Ni 薄膜のスピン輸送素子を作製し、その物性評価を試みたので、その結果を報告する。

山口 優陽「グラフェン/Nb ヘテロ接合における逆スピホール効果」

グラフェン(Gr)は数 μm と長いスピン拡散長を持つことから、スピントロニクスデバイスとしての応用が期待されている。近年、Gr と原子層薄膜を組み合わせた系で特異なスピン輸送特性が報告されているが、Gr と超伝導体薄膜を重ね合わせた系での超伝導状態特有のスピン輸送測定は実現していない。そこで本研究では、Gr/超伝導ヘテロ接合におけるスピン輸送測定の実現に向け、Gr と強磁性体 $\text{Py}(\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19})$ のスピンバルブ素子を作製し、Gr のスピン拡散長を算出した。さらに、スピンバルブに Nb を組み込んだ素子を作製し、Gr/Nb 界面の超伝導転移を確かめるため、電荷不均衡状態を系統的に調べた。

豊田グループ

吉松 佑華「マルチターン飛行時間型質量分析計を用いた土壌起源ガスの連続測定」

土壌中の細菌が生成する土壌ガスの分析方法として、クローズドチャンバー法が広く採用されてきた。この方法では手動でサンプリングを行い、試料をラボに持ち帰って分析する必要があり、高頻度かつ定量的な測定が困難である。そこで当研究室では、マルチターン飛行時間型質量分析計を用いて上記の問題を解決する手法を確立してきた。本研究では、土壌中の深さによるガスの発生状態の違いを捉えることを目的として、土壌中のガスを複数点において連続測定する手法の確立を目指した。

中村 勇貴「太陽光を利用した多光子イオン化の検証」

質量分析におけるイオン化法の一つとして、レーザー光による光イオン化法があり、イオン化ポテンシャル相当の光エネルギーによる一光子イオン化と、複数光子のエネルギーの足し合わせによる多光子イオン化法がある。本研究では、レーザー光の代わりに太陽光を利用した多光子励起でのイオン化を目指し、その可能性の検討を行った。また、本実験では、電子エネルギー準位と準位間の遷移確率が既知であり、かつ励起に必要な光エネルギーが太陽光の波長範囲にあるナトリウム原子をターゲットにした。発表では光照射下による占有数分布の計算結果と二光子励起過程の観測について報告する。

工藤グループ

浦矢 郁人「三元系 Pt ニクタイトにおける電子数制御による物質開発」

三元系 Pt ニクタイトは、カイラル d 波超伝導やカイラル p 波超伝導などの非従来型超伝導を探索する舞台として注目されている。本研究では、それらを研究する舞台となる新たな化合物を探索した。三元系遷移金属ニクタイトは多形を示すことがある。その構造不安定性に着目して物質開発を行った結果、電子数の制御による新たな結晶構造の生成と超伝導の観測に成功した。粉末 X 線回折と磁化測定の結果を報告する。

岡 宏大「鉄系ニクタイトにおける As-As 化学結合に着目した超伝導物質開発」

鉄系超伝導体は FeAs 層とスペーサー層が積層した層状構造を持つ。鉄系 122 型では、FeAs 層間の As 間に化学結合形成の不安定性がある。鉄系 112 型は、構造の自由度が高い As のネットワークをスペーサー層として持つ。本研究では、これらに着目して鉄系超伝導体の超伝導転移温度 T_c を上昇させるための物質開発を行い、電気抵抗率を測定して T_c のオンセットを調べた。粉末 X 線回折、化学組成分析、電気抵抗測定の結果を報告する。

眞崎 世間「Pt 配位多面体の自由度に着目した超伝導物質開発」

Pt は化合物中で様々な配位多面体を形成する。例えば、PtAs₂ では八面体、SrPt₂As₂ では四面体が形成されている。一方、*p* ブロック元素は、価電子の数に依存して様々なネットワークを形成する。例えば、As は二次元的なネットワーク、Se は 1 次元的なネットワークを作る。本研究では、それら 2 つの自由度に着目して物質開発を行い、超伝導を観測した。合成方法、および、粉末・単結晶 X 線回折と磁化測定の結果を報告する。

木村グループ

西原 快人「時間分解マルチプローブ分光用立体駐車場型可変光学ディレイステージの開発」

0.3-1.5 keV のエネルギーを持つ電子を用いた共鳴電子エネルギー損失分光や電子線回折により、遷移金属の 2*p* 内殻や希土類の 3*d* 内殻からの集団励起(プラズモンやマグノン)や構造変化を元素選択的に観測できる。私は更にピコ秒スケールの時間分解ポンプ・プローブ法を合わせて用いることで、それらの時間発展の観測を可能にすることを目指している。しかし、このエネルギー帯のプローブ電子線の速度はポンプ光に比べて非常に遅く、試料への到達時間を合わせるのが困難である。そこで本研究では、このエネルギーでの時間分解測定を可能にするため、立体駐車場型可変ディレイステージの開発を行った。

藤井 聡志「THz 波を用いた超高速電流観測装置の開発」

近年、薄膜試料への光照射によるスピン流の発生および逆スピンホール効果によるスピン流電流変換などが注目されている。しかしながら、発生した電流の寿命は 1 ps と短いために観測が困難である。そこで我々はこのピコ秒の電流変化に対応した電磁波放射($E = dj/dt$)として THz 波が発生することに着目し、この THz 電場を用いた超高速電流観測装置の開発を目指している。薄膜試料は超高真空下で作成され、大気中に出すと破壊されてしまうため、作成した薄膜試料を超高真空チャンバー中でそのまま測定可能な THz 波観測装置の試作および評価を行った。

伊飼 貴一「CeCoSi の隠れた秩序相の光学スペクトル」

希土類化合物 CeCoSi は、反強磁性転移 ($T_N \sim 9$ K) だけではなく、約 13 K (= T_0) に隠れた相転移が観測され、圧力によって高温へシフトするなど、興味深い変化を示す。その起源は、Ce 4*f* 電子の SDW 秩序、軌道秩序、または奇パリティの多極子自由度などが候補として挙げられているが、未解明である。そこで本実験では、この隠れた相転移における電子状態変化を詳細に調べるため、テラヘルツ領域の反射率スペクトルを T_0 前後で温度変化を詳細に測定した。その結果、 T_0 付近の温度から、電子状態に僅かな変調が現れることがわかった。

松野グループ

石田 一成「ペロブスカイト型 $M\text{Cr}^{4+}\text{O}_3$ ($M = \text{Ca}, \text{Sr}$) 薄膜の構造・電気伝導特性」

GdFeO₃ 型歪みを持つペロブスカイト酸化物 CaCrO₃ は Cr⁴⁺ の持つ軌道自由度を反映して 90 K 以下で C 型反強磁性金属となる。このスピン・軌道秩序状態を用いることでスピン-軌道相互作用に依らずにスピン流を生成する可能性が理論で提唱されている。本研究では CaCrO₃ と格子歪みの無い SrCrO₃ の二種類の焼結体ターゲットを作製し、パルスレーザー堆積法により SrCrO₃ の薄膜合成を行った。X 線回折により結晶構造を評価し成膜条件を最適化した結果、酸素欠損した SrCrO_{3-δ} のエピタキシャル薄膜が得られ、先行研究と概ね一致する電気抵抗率が得られた。これらの詳細と今後の展望について報告する。

田島 悠輔「NiAs 型 CrSe 薄膜における磁気伝導特性」

NiAs 型 CrSe は、Cr スピンが ab 面の三角格子上に非共面的に並び、c 軸方向に反強磁性的に結合されたスピン構造を有している。薄膜化によって、この特徴的なスピン構造を活用した新奇輸送現象の観測が期待されるが、本物質薄膜の金属伝導の報告は化学気相成長法による一報にとどまっており、高品質化が望まれる。本研究では、パルスレーザー堆積法により基板温度 250°C から 850°C で CrSe 薄膜を作製し、電気抵抗測定を行った。その結果、基板温度が 650°C と 750°C の試料で金属伝導が得られた。発表では磁気抵抗効果とホール効果測定の結果を併せて考察することで、CrSe 薄膜の磁気構造を議論する。

森 祐輔「スピンホール磁気抵抗効果を用いた磁性絶縁体イットリウム鉄ガーネットの薄膜評価」

強磁性絶縁体ではマグノンがスピン角運動量の流れであるスピン流を運ぶため、マグノンを利用した次世代電子デバイスの開発が注目されている。マグノンの長距離伝搬が鍵となるため、薄膜磁気特性とマグノン輸送の相関解明が必須である。本研究では、この前段階としてスピン流生成源である非磁性体 Pt と磁性絶縁体イットリウム鉄ガーネット (YIG) で構成される二層膜に着目し、スピン流と磁化の相互作用に起因するスピンホール磁気抵抗効果 (SMR) の観測を目指した。スパッタ法を用いて YIG 薄膜を作製し、アニール温度の制御により結晶化を行った。SMR を中心とした YIG 薄膜の特性について議論する。

花咲グループ

西 真輝「強磁性と極性を有する Ce 系合金の開拓に向けた単結晶育成と物性測定」

強磁性と極性を併せ持つ金属は、巨大な非相反伝導が期待されるため、近年注目を集めている。六方晶 CeAuGe は、c 軸方向に極性をもつ構造であり、低温で強磁性転移を示すため、この候補であるが、これまでは多結晶の合成報告に限られていた。本研究では、CeAuGe 単結晶の育成を目指し、様々な出発原料を用いたフラックス法による合成を行った。この結果、極性のない類似構造を持つ CeAu_{0.65}Ge_{1.35} の単結晶合成に成功した。また、出発原料の仕込み比に依存して、構造や化学組成が異なる複数種類の単結晶が育成される事がわかったため、それぞれの物質の構造や物性について詳細を報告する。

見里 朝彦「 $\text{Mg}_{1-x+y}\text{Li}_x\text{Ti}_{2-y}\text{O}_4$ の構造の乱れによる効果の研究」

スピネル型酸化物である MgTi₂O₄ では Ti サイトがパイロクロア格子を形成し、 $S=1/2$ の量子スピンを持つ磁氣的フラストレーションが期待される。しかし実際には低温で構造相転移に起因した短いボンドと長いボンドがヘリカルに並ぶ長距離秩序が観測される。最近の研究にて、元素置換を行うことで価数制御や構造的な乱れを入れることができ、それらの影響により長距離秩序が抑制されることが知られている。本研究では Mg と Ti のサイトを両方とも置換することで Ti の価数制御を行いつつ、Ti の価数を変化させずに構造の乱れの構造相転移への影響を知るため局所構造の変化を調査した。

前田 涼太「磁性半導体 $\text{TbTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ の電気抵抗特性の研究」

層状化合物 $\text{CeTe}_{2-x}\text{Sb}_x$ において Sb の比率 x を変えることでキャリア密度を調整でき、 $x \sim 0.17$ の半導体試料では低温弱磁場で磁化方向に極めて敏感な異方的巨大磁気抵抗効果を示すことが先行研究で明らかになった。本研究において磁気抵抗効果の性質を調べるために希土類元素や Sb の比率 x などの合成条件を変化させて少数キャリアの磁性半導体単結晶の合成を目指す中で、 $\text{TbTe}_{1.75}\text{Sb}_{0.12}$ の化学気相輸送法による単結晶合成に成功した。電気抵抗測定では低温で絶縁的だったが真空中で 1000°C 程度の熱処理を行うことでキャリアを導入でき、抵抗が大きく下がった。

萩原グループ

新正 朋暉「バルク超伝導磁石の着磁特性」

バルク超伝導磁石は、超伝導転移温度以下でみられる磁場捕捉能力により、外部から侵入した磁場が、外部磁場がゼロになった後も超伝導体内部に残留することで実現する。同サイズの強磁性体の永久磁石と比べ、バルク超伝導体の捕捉できる磁場ははるかに大きく、大型の電磁石の導入が難しい装置への利用など基礎研究分野での応用が期待されている。今回、わが研究室の所有するパルスマグネットを用いることで、YBCO バルクが 2 T の磁場の捕捉したことを確認した。本研究では、パルス強磁場だけでなく、定常磁場による着磁の結果も用いて、様々な印加条件における着磁特性の詳細について議論する。

井上 祥「ハニカム格子反強磁性体 $(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ の強磁場磁性」

$\text{Cu}_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ (pymca: pyrimidine-2-carboxylate) は Cu^{2+} イオン (スピン 1/2) が蜂の巣格子を形成している。この物質は異なる 3 種類の反強磁性ボンドで構成されていて、0.6 K 以上で磁気秩序しない事が比熱測定でわかっている。70 T までの磁化測定の結果、約 15 T までほぼ磁化が出ず、高磁場側で 1/3 と 2/3 磁化プラトーが観測されている。この化合物の非磁性基底状態や磁化プラトーの起源を調べるために、非磁性イオンである Zn^{2+} を混ぜた $(\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x)_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ ($x = 0.163, 0.05$ (仕込み量)) の磁化率、強磁場磁化や電子スピン共鳴測定を行った。本発表ではその実験結果と今後の展望について報告する。

山下 慧「長周期らせん磁気構造を持つ NiBr_2 の強磁場磁性」

反対称的な Dzyaloshinsky-Moriya 相互作用を起源とするスキルミオンとは異なり、対称的な交換相互作用であってもフラストレーションを起源とするスキルミオンの存在が理論的に示唆されている。その候補物質である NiBr_2 は三方晶系の結晶構造を持ち、磁性を担う Ni^{2+} が ab 面内で三角格子を形成する。44 K 以下では共線的な反強磁性秩序を示し、22.8 K 以下でらせん磁気構造へと変化する。 $H \perp c$ (1.4 K) での磁化は、2.6 T でらせん磁気構造から反強磁性状態への相転移を示して 32.1 T で飽和する。発表会では、様々な温度でのパルス強磁場下磁化測定を行い、この物質の磁性について調べた結果を報告する。