

物性研究所談話会

標題：新奇 d 電子系物質の開拓

日時：2022 年 6 月 23 日(木) 午後 1 時 30 分～

場所：Online

講師：岡本 佳比古

要旨：

銅酸化物高温超伝導体の発見に代表されるように、新奇な電子物性や革新的な電子機能を示す結晶性物質の発見は、固体物理学の新時代を拓き続けてきたといっても過言ではありません。講演者はそのような新奇物質の発見を目指して、d 電子が電子物性の主役となる遷移金属化合物を主な対象として、①特徴的な結晶構造・電子構造への着眼、②各種データベースを活用した横断的な物質探索、③様々な合成手法を駆使した試料合成、を組み合わせた物質開拓を行うことにより、高性能熱電変換材料、幾何学的フラストレート物質、トポロジカル物質、熱体積機能性材料、新超伝導体など、様々な興味深い電子物性・機能を示す“新物質”を見出してきました。本講演では、講演者が挙げてきた研究成果のうち、パイロクロア酸化物 CsW₂O₆ における正三角形分子形成と、低温で高い性能を示す熱電変換材料候補 Ta₄SiTe₄ を中心に紹介します。CsW₂O₆ は d 電子のスピン・軌道・電荷自由度、幾何学的フラストレーション、強いスピン軌道結合と電子相関といった様々な要素を併せもつ物質であり、これがユニークな分子形成現象として現れました[1]。Ta₄SiTe₄ は、低温で高い熱電変換性能を示しますが、これには一次元ファンデルワールス結晶のディラック電子系という、本物質の有する特徴的な結晶構造と電子構造が役立っています[2-4]。談話会では、講演者が今後取り組む新物質開拓の方針についても説明いたします。

[1] Y. Okamoto et al., Nat. Commun. 11, 3144 (2020).

[2] T. Inohara et al., Appl. Phys. Lett. 110, 183901 (2017).

[3] Y. Okamoto et al., Appl. Phys. Lett. 112, 173905 (2018).

[4] Y. Okamoto et al., Appl. Phys. Lett. 115, 043901 (2019).

【講師紹介】

岡本先生は令和 4 年 4 月に物性研附属物質設計評価施設に着任されました。特異な量子現象・革新的な電子機能を示す結晶性固体の新物質探索、新奇 d 電子系物質の開拓、際立った電子物性を示す物質開拓手法の確立について研究されています。本講演では、岡本先生の研究成果のうちパイロクロア酸化物 CsW₂O₆ における正三角形分子形成と、低温で高い性能を示す熱電変換材料候補 Ta₄SiTe₄ を中心としたご紹介と、今後取り組む新物質開拓の方針についてご講演いただきました。

標題：ファンデルワールスナノ物質の対称性と新奇物性

日時：2022 年 7 月 28 日(木) 午後 4 時～午後 5 時

場所：物性研究所本館 6 階 大講義室 (A632)

講師：井手上 敏也

要旨：

層状物質を剥離して得られる原子層数層からなる 2 次元結晶や 2 次元結晶を組み合わせ得られるファンデルワールス界面、それらが丸まった構造体であるナノチューブといったファンデルワールスナノ物質は、しばしば元の結晶にはないユニークなナノ構造が発現することに加えて、薄膜・デバイス化による大電流密度の実現や電場印加・電気化学的手法等による量子相制御が可能であり、新奇量子物性探索の舞台として近年大きな注目を集めています。講演者はこれまで、特にそのようなファンデルワールスナノ物質の対称性に着目した特徴的物性や機能性の開拓を行ってきました。本講演では、



講演者が報告してきた成果のうち、ナノ物質の対称性の破れを反映した固有の整流現象である非相反伝導現象とバルク光起電力効果の研究を中心に紹介します[1]。非相反伝導現象の研究では、特徴的積層構造を持つ極性物質において非相反伝導の微視的機構を初めて明らかにして本現象の理解を深化させると同時に、本現象が超伝導状態等のエキゾチックな量子相でも普遍的に生じる現象であることを発見しました[2-4]。また、対称性が低下したナノチューブやファンデアワールス界面において、電子の幾何学的性質を反映した大きな光起電力応答が現れることを見出し、ナノ物質の対称性制御が巨大非線形応答を得るための強力な手法であることを示しました[5,6]。談話会では、これらの研究成果に加えて講演者の今後の研究方針や研究展望についても説明します。

[1] T. Ideue and Y. Iwasa, *Annu. Rev. Condens. Matter Phys.* 12, 201 (2021).

[2] T. Ideue et al., *Nat. Phys.* 13, 578 (2017).

[3] F. Qin et al., *Nat. Commun.* 8, 14465 (2017).

[4] Y. M. Itahashi et al., *Nat. Commun.* 13, 1659 (2022).

[5] Y. Zhang et al., *Nature* 570, 349 (2019).

[6] T. Akamatsu et al., *Science* 372, 68 (2021).

【講師紹介】

井手上先生は令和4年4月に物性研凝縮系物性研究部門に着任されました。

ナノ物質の対称性制御を基軸とした新奇物性探索・量子整流現象：非相反伝導現象、超伝導ダイオード効果、バルク光起電力効果、量子相制御：電界誘起超伝導、トポロジカル相転移、磁気秩序制御等について研究されています。

本講演では、井手上先生の研究成果のうちナノ物質の対称性の破れを反映した固有の整流現象である非相反伝導現象とバルク光起電力効果の研究を中心に紹介するとともに、今後取り組む研究方針や研究展望についてご講演いただきました。

標題：Measuring the stress-strain relationship of correlated electron materials

日時：2022年8月30日(火) 午後4時～午後5時

場所：Zoom 及び物性研究所大講義室 (A632) (ハイブリッド開催)

講師：Clifford W. Hicks

要旨：

It is common procedure to measure the stress-strain relationship of engineering materials, but much less so for correlated electron materials. Reasons that this is a challenging measurement for correlated electron materials include the difficult mechanical properties of many electronically interesting materials, the need for low temperatures, and the need for strains of order 1% to observe interesting electronic effects. In this talk, I will tell you about the stress-strain relationship of the correlated metal Sr_2RuO_4 . Compression along the [100] lattice direction drives the largest Fermi surface through a Lifshitz transition, from an electron-like to an open geometry. We find that the Young's modulus has a sharp dip at this transition, by about 10% of its zero-stress value. This large effect can be explained mostly by band structure effects alone. Beyond the Lifshitz transition, the Young's modulus rises by more than expected. I will also show Hall effect data, that indicate a pronounced change in electron-electron scattering across the Lifshitz transition.

【講師紹介】

1 軸歪みは、結晶対称性を容易に低下させることが可能で、競合する秩序状態を選択的に露わに物性に発現させたり、ファン・ホーベ特異点近傍の電子構造を制御し劇的な物性変化を齎したりと、物性研究には欠かせない物理パラメータとして近年注目されている。Hicks氏は、ピエゾ素子を巧みに組み込み、様々な物性測定装置へ搭載可能とするコンパクトかつパワフルな1軸圧力印加デバイスを開発し、電子構造のリフシツト転移で超伝導転移温度の上昇を初めとする物性制御を開拓したり、超伝導と競合する3次元的電荷密度波状態を発現させる等で多彩な強相関電子物性を見出すなど、この研究分野を世界的にリードしている。