

原子・分子の自在配列と特性・機能  
2020年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

中野 匡規

東京大学 大学院工学系研究科  
特任准教授

強相関ファンデルワールス超構造の創成

## 研究成果の概要

本研究では、分子線エピタキシー (MBE) 法による強相関ファンデルワールス (vdW) 超構造の構築と、界面効果を利用した新しい状態の設計・創出を目指した研究に取り組んでいる。今年度は特に超伝導に関するテーマに対して大きな進展があった。具体的には、バルクでも面内・面直対称性の破れを伴った極性イジング超伝導体である  $3R\text{-TaSe}_2$  の大面積エピタキシャル薄膜を用いた非相反伝導特性の評価を行い、超伝導転移温度以下で面内・面直対称性の破れに起因した巨大な非相反シグナルを検出することに成功した。また、超薄膜領域の非相反応答を検証することで、面直対称性の破れに起因した非相反シグナルに関しては、系の二次元化に伴ってシグナルが劇的に増大することを明らかにした。さらに、超伝導状態において直流抵抗測定を行い、電流を流す方向に応じて超伝導電流と常伝導電流が切り替わる「超伝導ダイオード効果」を実証することに成功した。一方で、磁性に関するテーマに対しても大きな進展があった。具体的には、2021 年度中に作製に成功していた  $\text{Cr}_{1/4}\text{NbSe}_2$  に注目し、その物性や電子構造の詳細を明らかにすることに成功した。まず磁化測定や電気抵抗測定から、この物質は 100 K 近傍でフェルミ面の再構成を伴った相転移を示すものの、少なくとも 2 K 以上では明瞭な長距離磁気秩序を示さないことを明らかにした。また、角度分解光電子分光測定から、この物質はフェルミ準位近傍にフラットバンドを有し、かつそれが顕著な温度依存性を示すことを明らかにした。その起源は現在検討中であるが、Cr 由来の局在スピンと  $\text{NbSe}_2$  由来の伝導キャリアの間の磁気的な相互作用を反映した強相関効果であると考えられる。以上を通して、 $\text{Cr}_x\text{NbSe}_2$  は  $x = 0$  における超伝導状態から、 $x = 1/4$  における強相関金属状態、 $x = 1/3$  における強磁性ワイル金属状態まで、Cr 濃度のわずかな違いで様々な基底状態が出現する稀有な物質系であることを明らかにすることに成功した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) "Layer-number-independent two-dimensional ferromagnetism in  $\text{Cr}_3\text{Te}_4$ ", Yue Wang, Shun Kajihara, Hideki Matsuoka, Bruno Kenichi Saika, Kohei Yamagami, Yukiharu Takeda, Hiroki Wadati, Kyoko Ishizaka, Yoshihiro Iwasa, and Masaki Nakano, *Nano Letters* 22, 9964 (2022).
- 2) "Signature of topological band crossing in ferromagnetic  $\text{Cr}_{1/3}\text{NbSe}_2$  epitaxial thin film", Bruno Kenichi Saika, Satoshi Hamao, Yuki Majima, Xiang Huang, Hideki Matsuoka, Satoshi Yoshida, Miho Kitamura, Masato Sakano, Tatsuto Hatanaka, Takuya Nomoto, Motoaki Hirayama, Koji Horiba, Hiroshi Kumigashira, Ryotaro Arita, Yoshihiro Iwasa, Masaki Nakano, and Kyoko Ishizaka, *Physical Review Research* 4, L042021 (2022).
- 3) "Spontaneous spin-valley polarization in  $\text{NbSe}_2$  at a van der Waals interface", Hideki Matsuoka, Tetsuro Habe, Yoshihiro Iwasa, Mikito Koshino, and Masaki Nakano, *Nature Communications* 13, 5129 (2022).