

# ***Własności transportowe i termodynamiczne magnetycznych semimetali topologicznych***

## **Miejsce realizacji:**

Zakład Stopów Magnetycznych, IFM PAN

<http://www.ifmpan.poznan.pl/pl/jednostki-naukowe/zaklad-stopow-magnetycznych.html>

Oddział Badań Magnetyków, Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław

<http://www.intibs.pl/o-instytucie/badania-naukowe/37-oddzia-bada-magnetykow.html>

## **Kontakt:**

prof. dr hab. inż. Dariusz Kaczorowski

e-mail: [Kaczorowski@ifmpan.poznan.pl](mailto:Kaczorowski@ifmpan.poznan.pl), [d.kaczorowski@intibs.pl](mailto:d.kaczorowski@intibs.pl)

dr hab. Tomasz Toliński, prof. IFMPAN

tel.: (48-61) 8695-249

e-mail: [tomtol@ifmpan.poznan.pl](mailto:tomtol@ifmpan.poznan.pl)

## **Wprowadzenie:**

Semimetały topologiczne to materiały, w których pasmo przewodnictwa i pasmo walencyjne częściowo się nakładają, a ich przecięcia wykazują liniową dyspersję (stożki Diraca) i są chronione nietrywialną topologią. Układy te stanowią doskonały poligon doświadczalny dla testowania fundamentalnych teorii fizycznych, a jednocześnie ich niezwykle własności materiałowe, głównie transportowe, stwarzają liczne możliwości praktycznych zastosowań w wielu dziedzinach nowoczesnej techniki i technologii (spintronika, zielona energetyka, komputery kwantowe, ...). Wśród semimetali topologicznych opisanych w literaturze są rozmaite układy zbadane z naszym udziałem, jak np.: nadprzewodzące fazy Heuslera  $RPdBi$  ( $R$  - lantanowiec) [1,2], centro- i niecentrosymetryczne nadprzewodniki, np.  $\alpha PdBi_2$  [3] i  $PdBi$  [4], związki typu  $ZrSiS$  [5-7], czy też tetrydymit  $Hf_2Te_2P$  [8] albo ditellurek  $PtTe_2$  [9].

## **Cel naukowy pracy i proponowane metody badawcze:**

Nieomal wszystkie zbadane do tej pory semimetały topologiczne są z natury niemagnetyczne. W proponowanym projekcie doktorskim podjęte zostaną pionierskie prace eksperymentalne i teoretyczne, w których badane będą materiały zawierające w swoim składzie pierwiastki magnetyczne, a mianowicie  $3d$ -elektronowe metale przejściowe, takie jak  $Cr$ ,  $Mn$ ,  $Fe$  lub  $Co$ , jak też  $4f$ -elektronowe metale ziem rzadkich, głównie z grupy lekkich lantanowców. Spodziewać się można, iż obecność momentów magnetycznych (odpowiednio wędrownych i zlokalizowanych) będzie miała fundamentalny wpływ na charakterystyki topologiczne takich układów.

W ramach proponowanego tematu badawczego planowane jest uruchomienie w IFM PAN stanowiska do wytwarzania wysokiej jakości monokryształów związków międzymetalicznych. Monokrystaliczne próbki charakteryzowane będą pod kątem ich czystości fazowej i struktury krystalicznej z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej i rentgenografii. Badania własności magnetycznych i transportowych prowadzone będą z wykorzystaniem aparatury pomiarowej dostępnej w IFM PAN. Badania makroskopowe w warunkach multikrytycznych (temperatury do 50 mK, pola magnetyczne do 14 T, ciśnienia do 2 GPa) będą realizowane w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN we Wrocławiu. Istotną częścią pracy doktorskiej będzie przeprowadzenie zaawansowanych

badan wybranych materialow technika spektroskopii fotoelektronow z rozdzielczoscia katowa (ARPES). Eksperymenty te prowadzone beda poczatkowo w ramach istniejacej wspolpracy z University of Central Florida, a nastepnie na drodze pozyskiwania czasu pomiarowego w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS oraz w innych europejskich i pozaeuropejskich ośrodkach synchrotronowych. Semimetale topologiczne wykazujace dalekozasięgowo uporządkowania magnetyczne badane beda za pomoca dyfrakcji neutronow termicznych w europejskich centrach neutronowych, po uzyskaniu niezbędnego czasu pomiarowego na drodze konkursowej. Nieodłącznym elementem proponowanego tematu badawczego bedzie synergia prac eksperymentalnych i teoretycznych. W szczegolnosci realizowane beda obliczenia struktur elektronowych badanych materialow topologicznych z wykorzystaniem komercyjnych kodow obliczeniowych bedacych roznymi implementacjami teorii funkcjonalu gestosci elektronowej (DFT).

- [1] O.Pavlosiuk, D.Kaczorowski, P.Wisniewski, *Scientific Reports* 5 (2015) 9158.
- [2] O.Pavlosiuk, D.Kaczorowski, X.Fabreges, A.Gukasov, P.Wisniewski, *Scientific Reports* 6 (2016) 18797.
- [3] K.Dimitri, M.M.Hosen, G.Dhakal, H.Choi, F.Kabir, D.Kaczorowski, T.Durakiewicz, J.X.Zhu, M.Neupane, *Physical Review B* 97 (2018) 144514.
- [4] M.Neupane, N.Alidoust, M.M.Hosen, , J.X.Zhu, K.Dimitri, S.Y.Xu, N.Dhakal, R.Sankar, I.Belopolski, D.S.Sanchez, T.R.Chang, H.T.Jeng, K.Miyamoto, T.Okuda, H.Lin, A.Bansil, D.Kaczorowski, F.Chou, M.Z.Hasan, T.Durakiewicz, *Nature Communications* 7 (2016) 13315.
- [5] M.Neupane, I.Belopolski, M.M.Hosen, D.S.Sanchez, R.Sankar, M.Szlawska, S.-Y.Xu, K.Dimitri, N.Dhakal, P.Maldonado, P.M.Oppeneer, D.Kaczorowski, F.Chou, M.Z.Hasan, T.Durakiewicz, *Physical Review B* 93 (2016) 201104(R); *Editor's suggestion*.
- [6] M.Matusiak, J.R.Cooper, D.Kaczorowski, *Nature Communications* 8 (2017) 15219.
- [7] M.S.Lodge, G.Chang, C.Y.Huang, B.Singh, J.Hellerstedt, M.T.Edmonds, D.Kaczorowski, M.M.Hosen, M.Neupane, H.Lin, M.S.Fuhrer, B.Weber, M.Ishigami, *Nano Letters* 17 (2017) 7213.
- [8] M.M.Hosen, K.Dimitri, A.K.Nandy, A.Aperis, R.Sankar, G.Dhakal, P.Maldonado, F.Kabir, C.Sims, F.Chou, D.Kaczorowski, T.Durakiewicz, P.M.Oppeneer, M.Neupane, *Nature Communications*, w druku.
- [9] O.Pavlosiuk, D.Kaczorowski, *Scientific Reports*, w druku.