

Wykorzystanie wzajemnych oddziaływań między elektronowymi stanami własnymi a spinowym i orbitalnym stopniami swobody w połączeniu z fundamentalnym złamaniem symetrii jest obecnie jedną z najbardziej ekscytujących dziedzin badań. Efekt ten stanowi podstawę dla gigantycznego magnetooporu, manipulowania domenami magnetycznymi za pomocą transferu momentu pędu i wykorzystania efektu Rashby do manipulacji spinem elektronu. Efekty te doprowadziły również do wybitnych odkryć nowych faz kwantowych, takich jak izolatory topologiczne, półmetale Weyla i fermiony Majorany. Materiały z dużym rozszczepieniem Rashby oraz z helikalnym uporządkowaniem ferromagnetycznym takie jak $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ zapewniają niezwykle właściwości fizyczne ze względu na współistnienie i sprzężenie między ferromagnetyzmem i ferroelektrycznością w jednym układzie. Multiferroik $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ dziedziczy z ferroelektryka $\alpha\text{-GeTe}$ gigantyczne rozszczepienie Rashby trójwymiarowych stanów objętościowych, co konkuruje z rozszczepieniem spinowym Zeemana indukowanym przez oddziaływanie wymiany magnetycznej. Poprzez zastosowanie silnych pól magnetycznych można pokazać manipulację teksturami spinowymi, co jest również możliwe dla pól elektrycznych opartych na sprzężeniu multiferroika. Kontrola rozszczepienia spinowego pasm i ich blokowania poprzez wykorzystanie ferromagnetyzmu i ferroelektryczności otwiera fascynujące nowe drogi dla wysoce wielofunkcyjnych multiferroicznych urządzeń Rashby przystosowanych do reprogramowalnej logiki oraz aplikacji pamięciowych.

Półprzewodnikowe kryształy mieszane należące do grupy IV-VI układu okresowego pierwiastków tj. GeTe zawierające domieszki paramagnetyczne są przedmiotem intensywnych badań prowadzonych w Polsce i na Świecie od kilkudziesięciu lat. W grupie Wnioskodawców po raz pierwszy odkryto występowanie w półprzewodnikach półmagnetycznych ferromagnetyzmu indukowanego przez dalekozasięgowe oddziaływania RKKY w kryształach $\text{Pb}_{1-x-y}\text{Sn}_x\text{Mn}_y\text{Te}$. Spośród wszystkich półprzewodników IV-VI kryształy GeTe charakteryzują się największą wartością stałej sprzężenia $J_{\text{pd}} = 0.8 \text{ eV}$ – dlatego też od kilku lat wiele grup badawczych na Świecie zajmuje się doskonaleniem technologii wzrostu oraz właściwościami magnetycznymi i elektronowymi kryształów $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$. Najnowsze badania poświęcone w/w. próbkom raportują istnienie w nich uporządkowania ferromagnetycznego z temperaturami Curie rzędu 200 K, co znacząco zwiększa nadzieje związane z potencjalnymi zastosowaniami tego materiału poprzez dalsze zwiększanie T_C ponad temperaturę pokojową. Półprzewodniki półmagnetyczne bazujące na matrycy IV-VI mają na szereg unikatowych właściwości, które implikują zastosowania praktyczne. Przedstawione właściwości czynią zarówno z kryształów $\text{Ge}_{1-x}\text{TM}_x\text{Te}$, jak również ich pochodnych, niezwykle istotny obszar badawczy oraz technologiczny, ze względu na znaczną siłę dalekozasięgowych oddziaływań magnetycznych przenoszonych przez swobodne nośniki (oddziaływań RKKY). Rosnące zainteresowanie tymi materiałami doprowadziło w ostatnich latach do znacznego podwyższenia temperatur Curie do 140 K i 190 K odpowiednio dla kryształów $\text{Ge}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Te}$ oraz $\text{Ge}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$. Technologiczny postęp dokonany w ostatnich latach wraz z wysokimi jak na rozcieńczone magnetyki półprzewodnikowe temperaturami Curie, stwarza realne możliwości dalszego ich zwiększania oraz osiągnięcia podstawowej z punktu widzenia zastosowań aplikacyjnych właściwości - ferromagnetyzmu w temperaturze pokojowej.

Niezwykle istotne zarówno w kontekście badań podstawowych, jak również potencjalnych zastosowań kryształów $\text{Ge}_{1-x}\text{TM}_x\text{Te}$ (gdzie TM oznacza metal przejściowy) oraz pochodnych, jest poszukiwanie korelacji pomiędzy właściwościami magnetycznymi i elektronowymi półprzewodników ferromagnetycznych próbkowanych w skali nano. Okazuje się, że w materiałach tych korelacje między właściwościami elektrycznymi oraz magnetycznymi są niezwykle silne, mają skomplikowaną naturę i są obecnie słabo poznane. Z tego względu zrozumienie mechanizmów fizycznych odpowiedzialnych za różnorodne efekty magnetooporowe oraz anomalne przewodnictwo Halla jest bardzo ważne z punktu widzenia rozwoju tej dziedziny fizyki ciała stałego, a zwłaszcza w kontekście możliwości praktycznego wykorzystania materiałów w urządzeniach elektroniki spinowej.

Półprzewodniki z grupy IV-VI w odróżnieniu od materiałów III-V oraz II-VI pozwalają na niezależną kontrolę właściwości magnetycznych i elektronowych, gdyż jony metali przejściowych są w tych materiałach domieszką izoelektronową. Należy wspomnieć, iż w półprzewodnikach półmagnetycznych jest możliwa manipulacja siłą oddziaływań magnetycznych poprzez polaryzację elektryczną. Z punktu widzenia praktycznych zastosowań kryształów GeTe jest to bardzo istotna cecha umożliwiająca kontrolę ferromagnetyzmu z większą ilością stopni swobody aniżeli w innych półprzewodnikach. Zagadnienie kontroli właściwości magnetycznych kryształów przez niezależną zmianę ich składu chemicznego, koncentracji i ruchliwości nośników.