

# Stany elektronowe magnetycznych domieszek i adatomów w 3-wymiarowych izolatorach topologicznych $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ , $\text{Bi}_2\text{Te}_3$

mgr. inż. Michał Dobrzański

## Streszczenie

Niniejsza praca doktorska miała na celu sprawdzenie czy izolatory topologiczne (ang. topological insulators - TI), czyli materiały posiadające metaliczne stany powierzchniowe, zasadniczo inaczej oddziałują z pojedynczymi adatomami magnetycznymi położonymi na ich powierzchni niż na powierzchni materiałów nie będących TI, ale posiadających zbliżoną strukturę. Przedmiotowe badania zostały przeprowadzone na próbkach:  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  oraz na materiałach domieszkowanych:  $\text{Bi}_{1,9}\text{Mn}_{0,1}\text{Te}_3$  i  $\text{Bi}_{1,98}\text{Fe}_{0,02}\text{Se}_3$ .

Punktem wyjścia do przeprowadzonych badań eksperymentalnych były prace teoretyczne wskazujące na pośrednictwo metalicznych stanów powierzchniowych w oddziaływaniach RKKY pomiędzy jonami magnetycznymi położonymi na powierzchni TI, dzięki czemu np. jony Fe mają uzyskiwać anizotropię magnetyczną prostopadłą do powierzchni.

W niniejszej pracy zaprezentowano dwa rodzaje testów: ewentualne zaobserwowanie różnicy w widmie drgań pojedynczych atomów na powierzchni TI i materiału nie będącego TI, oraz sprawdzenie wpływu stanów „topologicznych” na wzajemne oddziaływanie jonów magnetycznych Co położonych na powierzchni TI.

W pierwszym teście zaproponowana została metoda, której celem było określenie czy drgania adatomów Fe na powierzchni materiału w obecności stanów TI są zasadniczo różne od drgań na powierzchni materiałów nie będących TI. W tym celu wykorzystano technikę nieelastycznego rozpraszania jądrowego (ang. Nuclear Inelastic Scattering - NIS) badającego drgania fononowe na powierzchni materiału za pośrednictwem wzbudzeń rezonansowych jąder adatomów żelaza. Natomiast w drugim teście, w celu porównania oddziaływań adatomów magnetycznych Co z powierzchnią materiałów będących TI i nie będących TI, wybrana została technika synchrotronowa badania magnetycznego dichroizmu kołowego miękkiego promieniowania X (ang. (Soft) X-ray Magnetic Circular Dichroism - (S)XMCD) dająca bezpośredni wgląd w charakter magnetyzmu poszczególnych pierwiastków w powierzchniowej warstwie materiału. Za pomocą tej metody można określić moment magnetyczny położonego na powierzchni adatomu, a także kierunek anizotropii magnetycznej.

W ten sposób, w obu przypadkach, adatom magnetyczny na powierzchni potraktowano jako sondę, która mogłaby sprawdzić własności topologiczne powierzchniowych elektronów. Niestety, w obu przypadkach nie udało się jednoznacznie stwierdzić wybiórczego wpływu stanów TI na adatomy magnetyczne. Zaprezentowano jednak bogatą strukturę magnetyczną adatomów Co na powierzchni TI, oraz stworzono pierwsze obszerne zestawienie przedstawiające charakter anizotropii magnetycznej „pojedynczych” adatomów Co na powierzchniach materiałów TI klasy 23, oraz komplementarnych materiałów nie będących TI. Pokazano także zaskakujące stany elektronowe wnętrza, co skutkowało poszerzeniem badań o metodę naturalnego liniowego promieniowania X (ang. X-ray Natural Linear Dichroism – XNLD). Udowodniono też eksperymentalnie, że co prawda drgania adatomów Fe nie wskazują na istnienie topologicznych stanów powierzchniowych, to jednak samo widmo drgań jest inne niż dotychczas zmierzone.