

Streszczenie

Układy z silnie skorelowanymi elektronami są grupą materiałów budzących ogromne zainteresowanie ze względu na różnorodne zjawiska fizyczne, które w nich występują. Opis tych układów pozostaje dużym wyzwaniem dla współczesnej fizyki ciała stałego.

W związkach na bazie ceru, które można traktować jako sztandarowy przykład układów silnie skorelowanych, obserwuje się: efekt Kondo, zachowanie ciężkofermionowe, nadprzewodnictwo, różnego rodzaju uporządkowanie magnetyczne (również szkło spinowe), fluktuującą walencyjność, odstępstwo od zachowania typu cieczy Fermiego oraz wiele innych. Transformację pomiędzy poszczególnymi efektami można przeprowadzić poprzez zmianę składu chemicznego danego związku, przyłożenie ciśnienia hydrostatycznego czy pola magnetycznego. Wpływ wymienionych czynników na właściwości fizyczne danych materiałów można opisać za pomocą diagramu Doniacha, który rozważa konkurencję oddziaływania typu Rudermanna-Kittela-Kasui-Yoshidy z ekranowaniem momentu magnetycznego wynikającym z efektu Kondo.

Celem niniejszej pracy była zmiana siły hybrydyzacji elektronów z poziomu 4f z elektronami przewodnictwa, poprzez modyfikację składu chemicznego, pozwalająca na obserwację przejścia między stanem ciężkofermionowym, ferromagnetykiem, zachowaniem typu szkła spinowego i fluktuującą walencyjnością w układzie związków $Ce(Cu_{1-x}Ni_x)_4Mn_yAl_{1-y}$.

Właściwości fizyczne (magnetyczne, elektryczne i termodynamiczne w zakresie od 2 do 300 K) określono dla polikrystalicznych próbek, które wykonano w procesie topienia indukcyjnego w atmosferze ochronnej argonu. Analiza Rietvelda dyfraktogramów rentgenowskich wykazała, że wszystkie nowo otrzymane stopy krystalizują w tej samej strukturze heksagonalnej typu $CaCu_5$, oraz że modyfikacja składu chemicznego prowadzi do statystycznego obsadzenia położenia 3g i 2c w komórce elementarnej przez atomy metali (Cu, Ni, Mn i Al), co prowadzi do nieporządku strukturalnego na tych pozycjach. Pomiary magnetyczne DC i AC wykazały, że dla wszystkich próbek z Mn występuje stan szkła spinowego. Brak anomalii w cieple i oporze właściwym świadczących o dalekozasięgowym uporządkowaniu magnetycznym potwierdza obecność stanu szkła spinowego. Na podstawie wyników opracowano diagramy fazowe.

W przypadku serii $Ce(Cu_{1-x}Ni_x)_4Mn$ wraz ze zmianą koncentracji Ni obserwuje się przejście od szkła spinowego do uporządkowania ferromagnetycznego, gdzie temperatura zamrażania T_f początkowo maleje, następnie rośnie by znów spaść. Dodatkowo, w zakresie $0.25 \leq x \leq 0.625$ pojawia się obszar z w którym szkło spinowe i ferromagnetyzm współistnieją tworząc skomplikowany system magnetyczny, którego natura nie jest do końca znana.

Wyniki uzyskane dla stopów $Ce(Cu_{1-x}Ni_x)_4Al$ prezentują sukcesywne przejście od układu ciężkofermionowego do układu wykazującego mieszaną walencyjność. Objawia się to między innymi poprzez stopniowe obniżenie wartości współczynnika elektronowego ciepła właściwego oraz zanik logarytmicznego wzrostu w oporze elektrycznym.

Dla stopów $CeCu_4Mn_yAl_{1-y}$, w zakresie koncentracji Mn $0.0 < y < 0.3$, zaobserwowano współistnienie stanu ciężkofermionowego i szkła spinowego. Temperatura zamrażania T_f rośnie linowo wraz ze wzrostem y.

Szereg pomiarów dla stopów $CeNi_4Mn_yAl_{1-y}$ wykazał, że zamiana Al na Mn prowadzi do powstania szkła spinowego w całym badanym zakresie. Jednocześnie, nie zaobserwowano wyraźnych oznak fluktuującej walencyjności czy uporządkowania ferromagnetycznego dla żadnego z nowo otrzymanych stopów.

Właściwości fizyczne badanych materiałów wynikają z rywalizacji efektu Kondo, oddziaływania wymiany typu Rudermanna-Kittela-Kasui-Yoshidy, nieporządku strukturalnego i pola krystalicznego, prowadząc w większości przypadków do powstania stanu szkła spinowego.