

W roku 2011 Dan Shechtman otrzymał nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za odkrycie nowej formy organizacji struktury atomowej ciała stałego, jaką są kwazikryształy. W przyrodzie zidentyfikowano je tylko w minerałach niektórych meteorytów, takich jak ikosaedryt ( $\text{Al}_{63}\text{Cu}_{24}\text{Fe}_{13}$ ), będący fazą obecną w chondrycie węglistym Khatyrka. W przeciwieństwie do powszechnie spotykanych substancji krystalicznych, w przypadku kwazikryształów ułożenie uporządkowanych atomów, z których są złożone nie powtarza się okresowo w przestrzeni. Pociąga to za sobą unikalne właściwości fizyczne tych materiałów, związane z transportem elektronowym, właściwościami magnetycznymi czy mechanizmem odkształcenia plastycznego.

Większość znanych kwazikryształów w pobliżu temperatury pokojowej nie wykazuje porządku magnetycznego dalekiego zasięgu, pożądanego z punktu widzenia ich możliwych zastosowań, np. przy opracowaniu pamięci opartej na ferrimagnetyku wykazującym ultraszybłą reorientację wektora namagnesowania. Materiały takie są jednak poszukiwane, gdyż z uwagi na aperiodyczną strukturę, można w ich przypadku obserwować takie zjawiska jak tzw. układ z wędrującymi elektronami czy lokalizacja momentów magnetycznych na orbitalach jedynie części atomów zawierających podpowłokę elektronową *d*.

W bieżącym projekcie jako wyjściowy skład stopów przyjęto stabilną termodynamicznie fazę kwazikrystaliczną w układzie Al-Cu-Fe(B), która będzie modyfikowana poprzez dodatek metali z grupy lantanowców. Spośród badanych stopów zostaną wybrane składy prowadzące do powstania faz kwazikrystalicznych, a jednocześnie wykazujące uporządkowanie magnetyczne dalekiego zasięgu w pobliżu temperatury pokojowej. Próbkę zostaną zbadane pod kątem występowania ferrimagnetyzmu, kwantowego stanu krytycznego, układu o pośredniej walencyjności oraz porządku typu szkła spinowego z nierównowagową dynamiką spinową prowadzącą do występowania efektów pamięci.

Na początek, wielofazowe stopy na bazie aluminium zostaną uzyskane metodą swobodnego ostygnięcia wlewka na chłodzonym wodą bloku miedzianym. Zwiększenie stabilności termicznej fazy kwazikrystalicznej zostanie zrealizowane poprzez domieszkowanie i zweryfikowane metodami kalorymetrycznymi. Struktura próbek zostanie zbadana przy wykorzystaniu dyfraktometrii rentgenowskiej, skaningowej lub/i wysokorozdzielczej transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Analizy składu zostaną przeprowadzone metodami spektroskopii dyspersji energii promieniowania X oraz spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania X. Pomiary magnetyczne zostaną wykonane przy pomocy zmienne- i stałoprądowej magnetometrii SQUID. Pomiary pojemności cieplnej w temperaturach kriogenicznych zostaną zrealizowane metodą odprężania. Jeśli zajdzie potrzeba, właściwości materiałów mogą zostać zmodyfikowane na drodze obróbki termicznej.

W projekcie zostanie wykorzystana innowacyjna metoda syntezy kwazikrystalicznych materiałów magnetycznych, oparta na oddziaływaniu fali uderzeniowej na próbki stopów wielo- i jednofazowych, wykorzystująca metodykę opracowaną przez partnerów projektu z California Institute of Technology. Oczekuję, iż wybrane wielofazowe stopy magnetyczne zawierające fazy kwazikrystaliczne, poddane działaniu krótkotrwałego impulsu ekstremalnie wysokiego ciśnienia, będą zawierały fazy metastabilne o dotychczas niepoznanym składzie, defekty struktury, czy naprężenia wewnętrzne, co doprowadzi do modyfikacji właściwości magnetycznych badanych materiałów.

Mikrostruktura stopów wytworzonych w ten sposób będzie złożona z wielu faz o zidentyfikowanym składzie i strukturze atomowej. W kroku tym będę wiedział, iż kombinacja określonego składu oraz metod wytwarzania doprowadzi do uzyskania pożądaných właściwości magnetycznych próbki jako całości. Należy tu postawić fundamentalne pytanie, które fazy stopu odpowiadają za makroskopowe właściwości całej próbki? Aby udzielić na nie wyczerpującej odpowiedzi, zostaną przeprowadzone dwie niezależne procedury.

Wypolerowane, płaskie przekroje poprzeczne próbek stopów wielofazowych zostaną zbadane przy użyciu mikroskopu skaningowego SQUID, zdolnego mapować pionową składową pola magnetycznego z wysoką dokładnością dochodzącą do  $10\text{-}16\text{ Am}^2$  i maksymalną rozdzielczością przestrzenną do  $10\text{-}20\text{ }\mu\text{m}$ , umożliwiające również mapowanie rozkładu namagnesowania szczątkowego. Informacje te, wraz z danymi z mikroskopii elektronowej oraz dyfraktometrii rentgenowskiej pozwolą w sposób jednoznaczny przypisać właściwości magnetyczne próbki obserwowane w skali makroskopowej do określonych faz stopu. Zadanie zostanie zrealizowane wykorzystując infrastrukturę badawczą California Institute of Technology.

Kolejnym krokiem będzie wytworzenie monokryształów magnetycznych faz kwazikrystalicznych zidentyfikowanych uprzednio w magnetycznych stopach wielofazowych. Monokryształy zostaną uzyskane metodą krystalizacji powolnym studzeniem roztopu (ang. *self-flux*) na Uniwersytecie Wrocławskim. Na koniec, monokryształy w stanie otrzymania oraz poddane działaniu fali uderzeniowej zostaną porównane pod kątem składu, struktury, stabilności termicznej oraz podstawowych właściwości magnetycznych.

Jest wysoce prawdopodobne, iż wyniki prac eksperymentalnych realizowanych w ramach niniejszego projektu dadzą przyczynek do pogłębionych badań o charakterze teoretycznym.