

Magnetyczne materiały warstwowe były ostatnio przedmiotem intensywnych badań ze względu na odkrycie w nich nowych zjawisk, bardzo interesujących z punktu widzenia zastosowań. W 2007 r. Albert Fert and Peter Grünberg otrzymali nagrodę Nobla za odkrycie zjawiska gigantycznego magnetooporu (GMR) w wielokrotnych warstwach magnetycznych. Są to sztucznie wytworzone układy nałożonych na siebie naprzemiennie cienkich warstw materiałów magnetycznych i niemagnetycznych. Laureaci nagrody Nobla wykazali, że w takich sztucznych strukturach niewielka zmiana pola magnetycznego znacząco zmienia własności transportowe prowadząc do silnych zmian oporu elektrycznego. Odkrycie to zapoczątkowało erę praktycznych zastosowań elektroniki opartej na spinie (spintroniki). Warunkiem koniecznym dla praktycznych zastosowań tego zjawiska jest możliwość wytwarzania powtarzalnych struktur warstwowych składających się z kilku warstw atomowych i precyzyjnie kontrolowanej jakości powierzchni granicznych, co nie jest prostym zadaniem.

Następnym krokiem stało się więc poszukiwanie możliwości zastąpienia sztucznie wytworzonych struktur przez syntezę materiałów wykazujących naturalną strukturę warstwową, co automatycznie zapewniłoby ostre rozgraniczenie poszczególnych warstw atomowych. Bardzo obiecująca pod tym względem jest ostatnio odkryta na nowo, bogata rodzina materiałów o wspólnej nazwie „fazy MAX”. Są to materiały o strukturze warstwowej złożone z naprzemiennie ułożonych warstw atomowych opisanych wzorem  $M_{n+1}AX_n$  ( $n = 1 - 3$ ), gdzie M oznacza metal przejściowy, A – pierwiastek z grupy A (przeważnie 13 i 14 grupa pierwiastków), a X symbolizuje węgiel lub azot. Przełomowym okazało się odkrycie w 2001 r., że materiały te wykazują zdumiewające własności mechaniczne, będące kombinacją własności metalicznych i ceramicznych, takich jak wysoka sztywność, odporność na utlenianie, łatwość obróbki i wysoka odporność na zniszczenie. Własności te przypisano współistnieniu silnych wiązań między atomami M i X oraz słabszych wiązań M-A. Próby rozszerzenia funkcjonalności tych materiałów przez dodanie własności magnetycznych zaowocowały w roku 2013 wytworzeniem pierwszych magnetycznych faz MAX – były to czteroskładnikowe związki  $(CrMn)_2GaC$  and  $(CrMn)_2GeC$ . Przez zastosowanie podstawień w podsięciach M i A osiągnięto następnie kolejne fazy MAX wykazujące magnetyzm, takie jak  $(CrMn)_2AlC$  lub  $(MoMn)_2GaC$  oraz trójskładnikowy związek  $Mn_2GaC$ . Aby wytwarzać w sposób kontrolowany kolejne związki magnetyczne z myślą o zastosowaniach praktycznych, należy osiągnąć dobre zrozumienie oddziaływań magnetycznych zachodzących w tych materiałach. Dotychczasowe wysiłki badaczy w wielu krajach są jednak dopiero w stadium początkowym i nie dają na razie spójnego obrazu.

W projekcie tym proponujemy niekonwencjonalne podejście do tego problemu, przez wykonanie kompleksowych badań szerokiej gamy magnetycznych związków fazy MAX wykorzystując w tym celu eksperyment Jądrowego Rezonansu Magnetycznego (NMR). Badania te powinny dać obraz lokalnego układu momentów magnetycznych, jako że wewnętrzne pola magnetyczne w obszarze jądra atomowego, bezpośrednio mierzone tą techniką, zależą głównie od wielkości momentów magnetycznych atomów i ich wzajemnej orientacji, określonej przez oddziaływanie magnetyczne. W początkowej fazie projektu skupimy się na badaniach trójskładnikowego związku  $Mn_2GaC$ , gdzie interpretacja wyników powinna być ułatwiona przez brak nieporządku chemicznego w podsięci M. Osiągnąwszy zrozumienie oddziaływań magnetycznych w tym związku, rozciągniemy nasze badania na związki czteroskładnikowe, powstałe przed podstawieniem w podsięciach M i A. W końcowej fazie projektu chcielibyśmy przyczynić się do zrozumienia struktury magnetycznej w nowych magnetykach, będących jeszcze w początkowym stadium rozwoju, takich jak np. wytworzone w bieżącym roku dwuwymiarowe związki z rodziny i-MAX (uporządkowanie chemiczne w płaszczyźnie) oraz o-MAX (uporządkowanie chemiczne wzdłuż kierunku prostopadłego do płaszczyzny heksagonalnej).