

## **Projekt 4.11. Określenie struktury magnetycznej materiałów warstwowych : fazy MAX na bazie Mn<sub>2</sub>GaC (eksperymentalne)**

**Promotor:** dr hab. Marek Wójcik, profesor IFPAN

**Institute:** IF PAN

**Unit:** Oddział Fizyki Magnetyków

**www:** <http://www.ifpan.edu.pl/sdvs/pl/on3.html>

### **Opis:**

Związki chemiczne znane pod nazwą fazy MAX mają strukturę warstwową i opisane są wzorem ogólnym  $M(n+1)AX_n$ , gdzie M oznacza atom metalu przejściowego, A - atom z grup III–VI, X - atom węgla (C) lub azotu(N), natomiast n jest liczbą całkowitą z zakresu 1-3. Heksagonalne warstwy  $M(n+1)X_n$  ułożone naprzemiennie z monoatomową warstwą A tworzą naturalną strukturę warstwową w skali atomowej. Materiały te charakteryzują się kombinacją doskonałych własności elektrycznych i mechanicznych i były od dawna przedmiotem licznych badań. Rozdzielenie warstw struktury typu MAX poprzez usunięcie warstwy A, prowadzi do wytworzenia dwuwymiarowej, analogicznej do grafenu, struktury węgliku (azotku) metalu przejściowego o ogólnym wzorze  $M(n+1)X_n$  znanej pod nazwą MXenes. Przełomowym osiągnięciem było wytworzenie w 2013 r. epitaksjalnej warstwy materiału z grupy MAX wykazującego własności magnetyczne o temperaturze uporządkowania znacznie przekraczającej temperaturę pokojową. Prowadzić to może do interesujących zastosowań (np. spintronicznych, magnetokalorycznych etc.), uwarunkowanych jednakże zrozumieniem podstawowych własności tych materiałów. Opublikowane dotychczas wyniki eksperymentalnych badań własności magnetycznych oparte są głównie o tradycyjne techniki pomiaru makroskopowego namagnesowania z wykorzystaniem techniki VSM/SQUID. Dla głębszego zrozumienia ich specyfiki konieczne jest podjęcie badań technikami mikroskopowymi, umożliwiającymi określenie struktury magnetycznej. Biorąc pod uwagę nanoskopowe rozmiary warstw epitaksjalnych, praktycznie jedyną metodą umożliwiającą otrzymanie takich informacji jest Magnetyczny Rezonans Jądrowy (NMR). Wstępne badania NMR prowadzone w laboratorium NMR w Oddziale Magnetyków IF PAN wykazują że w związkach tych istnieje współzawodnictwo oddziaływań ferro i antyferromagnetycznych, które może prowadzić do złożonej nietrywialnej struktury magnetycznej (np. struktury spiralnej). Proponujemy badania oddziaływań magnetycznych oraz wynikającej z nich struktury magnetycznej wybranych cienkich warstwach faz MAX wywodzących się z Mn<sub>2</sub>GaC przy wykorzystaniu metody NMR. Eksperyment NMR w magnetykach należy do zaawansowanych technik charakteryzacji materiałów i tylko kilka laboratoriów na świecie posiada wyposażenie umożliwiające takie badania. Laboratorium magnetycznego NMR w IF PAN jest powszechnie uznane za najlepiej wyposażony, wiodący w skali światowej ośrodek badań magnetycznego NMR. Dostępne są tu bardzo czułe spektrometry pracujące w zakresie do 1 GHz, co umożliwia badania wszystkich potencjalnie interesujących materiałów magnetycznych.

### **Cel projektu:**

Projekt ma na celu określenie porządku magnetycznego w cienkich warstwach fazy MAX wywodzących się z Mn<sub>2</sub>GaC. W celu określenia charakteru oddziaływań magnetycznych zarówno wewnątrz magnetycznej warstwy M (Mn, Cr, V) jak również między warstwami M poprzez warstwy pośredniczące A oraz X wykorzystany zostanie eksperyment magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR). Eksperymenty będą prowadzone w temperaturach kriogenicznych, zarówno bez pola zewnętrznego jak i w silnym polu magnetycznym wytworzonym w magnesie nadprzewodzącym.

**Wymagania:**

- dyplom ukończenia studiów wyższych na wydziale fizyki (kierunek: fizyka ciała stałego)
- dobra znajomość języka angielskiego, doświadczenie w programowaniu w języku C oraz umiejętność pracy w zespole.

**Finansowanie:**

Stypendium doktorskie w ramach grantu NCN w wysokości 5000 PLN brutto, przed odjęciem obowiązkowych składek ZUS, w okresie 45 miesięcy.