

Tytuł: Stabilizacja i kontrola skyrmionów w cienkich warstwach FeGe: Droga do zastosowań w spintronice

Magnetyzm jest jedną z podstawowych właściwości materiałów, która odgrywa kluczową rolę w nowoczesnej technologii. Materiały magnetyczne powszechnie wykorzystywane są w wielu dziedzinach technologii, między innymi przechowywania danych, motoryzacji, czy też są niezbędne w technikach obrazowania medycznego. Od wielu lat naukowcy badają nowe sposoby wykorzystania materiałów magnetycznych, zwłaszcza w skali nano, otwierając ścieżki do zupełnie nowych zastosowań. Z tej perspektywy najbardziej obiecująco prezentują się materiały magnetyczne o grubościach nie większych niż 100 nanometrów, czyli tak zwane cienkie warstwy magnetyczne. Zmniejszenie rozmiarowości materiałów może spowodować pojawienie się unikalnych właściwości magnetycznych, które znacząco różnią się od tych obserwowanych dla litych materiałów. Cienkie warstwy magnetyczne są szczególnie istotne i obiecujące w dziedzinie spintroniki, gałęzi nauki, która wykracza poza tradycyjną elektronikę, wykorzystując nie tylko ładunek elektronu, ale także jego spin (moment magnetyczny) do wytworzenia trwałych, ultraszybkich i energooszczędnych technologii obliczeniowych i przechowywania pamięci. Jednakże, aby w pełni wykorzystać potencjał zastosowań cienkich warstw magnetycznych w spintronice, należy opracować nowe metody inżynierii i kontroli właściwości magnetycznych w skali nano. Szczególnie interesującym odkryciem w magnetyzmie cienkich filmów są skyrmiony – nanometryczne topologiczne struktury magnetyczne o niezwykle, złożonym „wirowym” ułożeniu spinów. Najnowsze badania dotyczące skyrmionów w cienkich warstwach prezentują, że mogą się one zachowywać jak kwazicząstki, wskazując jednocześnie na możliwości ich manipulacji. Fakt ten czyni je obiecującymi kandydatami do wykorzystania w nowych urządzeniach spintronicznych. Kwestia niezawodnego kontrolowania tych unikalnych stanów magnetycznych, zwłaszcza w temperaturze pokojowej, pozostaje kluczowym wyzwaniem. Dlatego powyższy projekt koncentruje się na badaniu właściwości magnetycznych cienkich warstw FeGe (germanu żelaza) o strukturze kubicznej, który jest unikalnym materiałem o naturalnym potencjale występowania skyrmionów blisko temperatury pokojowej w skutek oddziaływania Dzyaloshinskii-Moriya (DMI). Czyni go to doskonałym kandydatem do potencjalnych praktycznych zastosowań. W trakcie trwania projektu wykonana zostanie preparatyka wysokiej jakości cienkich warstw FeGe oraz charakteryzacja ich właściwości magnetycznych, które będą systematycznie badane w zależności od takich czynników jak grubość warstwy, naprężenia wynikające z niedopasowania sieciowego podłoża, czy czynników zewnętrznych jak impulsy prądowe lub powierzchniowe naprężenie. Ponadto, określone zostaną właściwości magnetyczne warstw FeGe w kontakcie z innymi materiałami magnetycznymi, w układach wielowarstwowych FeGe/ferromagnetyk i FeGe/antyferromagnetyk, w których tak zwany efekt bliskości magnetycznej może być powodem modyfikacji właściwości FeGe. Scharakteryzowane zostaną także wielowarstwy FeGe/ciężki metal, w których ciężki metal o silnym oddziaływaniu spin-robita może znacząco wpłynąć na oddziaływanie DMI w materiale, a w skutku pozwoli na stabilizację skyrmionów. Kluczowym rezultatem projektu jest otrzymanie stabilnych skyrmionów w temperaturze pokojowej, potencjalnie bez konieczności zastosowania pola magnetycznego - niezbędny krok w perspektywie zastosowania takich materiałów w spintronice. Aby to osiągnąć, wykorzystane zostaną techniki eksperymentalne bazujące na promieniowaniu synchrotronowym, takie jak spektroskopia absorpcyjna promieniowania X (ang. *X-ray Absorption Spectroscopy* - XAS) i rentgenowska mikroskopia emisyjna fotoelektronów (ang. *X-ray Photoemission Electron Microscopy* - XPEEM) realizowane w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS w Krakowie oraz w Synchrotronie ALBA w Barcelonie. Metody te pozwolą na charakteryzację właściwości magnetycznych i wizualizację skyrmionów w skali nano. Uzyskane wyniki zostaną uzupełnione przy wykorzystaniu laboratoryjnych metod mikroskopii i magnetometrii magneto-optycznego efektu Kerra (MOKE). Ponadto aparatura synchrotronu ALBA pozwoli na obrazowanie dynamiki skyrmionów w czasie rzeczywistym, pod wpływem czynników zewnętrznych jak impulsy prądowe lub Powierzchniowe Fale Akustyczne (ang. *Surface Acoustic Waves* – SAW). Rezultaty badań przeprowadzonych w projekcie poszerzą podstawową wiedzę na temat magnetyzmu skyrmionów w cienkich warstwach oraz sposobach ich kontroli, dzięki czemu projekt przyczyni się do znaczącego rozwoju nowoczesnych technologii w spintronice.