

### ***Sztuczne i stopowe warstwy ferrimagnetyczne do zastosowań spintronicznych***

Rozwój elektroniki, w tym również spintroniki (w urządzeniach spintronicznych ruch elektronów kontrolowany jest nie tylko przez jego ładunek ale również spin) i technologii informatycznych (IT) decyduje o postępie w wielu dziedzinach, w tym tak ważnych jak np.: ochrona zdrowia, bezpieczeństwo, komunikacja, automatyzacja, robotyka. Z kolei postęp w elektronice i IT podyktowany jest postępowaniem w badaniach materiałowych. Wśród nich, ważną rolę odgrywają cienkowarstwowe materiały magnetyczne. Postęp w technologii tych materiałów umożliwił odkrycie nowych efektów, takich jak przykładowo: gigantyczny i tunelowy efekt magnetooporowy (odpowiednio GMR i TMR), możliwość przełączania kierunku magnetyzacji, nie tylko z wykorzystaniem pola magnetycznego, ale również przy pomocy prądu, napięcia lub impulsów światła oraz kreację skyrmionów (chiralne struktury magnetyczne o nanometrycznych rozmiarach) i ich propagację. Część z tych efektów już znalazła zastosowanie. Efekt GMR w zaworach spinowych a TMR w złączach tunelowych wykorzystywane są w różnego typu sensorach i do odczytu informacji z magnetycznych twardych dysków oraz stanowi podstawowy element magnetycznych pamięci RAM (ang. Random Access Memory). W badaniach wymienionych efektów oraz przykładowych zastosowań wykorzystywane są struktury złożone z wielu nałożonych na siebie warstw różnych materiałów. Istotne jest przy tym to, że takie struktury, dzięki ograniczonej grubości (często poniżej jednego nanometra) poszczególnych subwarstw, mogą wykazywać właściwości silnie odbiegające od materiałów litych. Przyczyną tego jest dominujący udział właściwości powierzchniowych oraz znacząca rola oddziaływania pomiędzy warstwami. Tak, więc o efektywnych właściwościach takich struktur decyduje zarówno dobór materiałów na poszczególne subwarstwy, jak i ich grubość. Do niedawna wśród materiałów stosowanych we wspomnianych powyżej strukturach warstwowych rzadko stosowane były ferrimagnetyczne (FI) warstwy stopów metali przejściowych (TM) z ziemiami rzadkimi (RE), mimo, że ich właściwości były znane. Wśród nich szczególnie atrakcyjna jest możliwość kontrolowania, poprzez zmianę składu stopu RE-TM, tak ważnych dla zastosowań parametrów jak namagnesowanie, anizotropia, pole koercji, temperatura kompensacji momentów magnetycznych podsięci RE i TM. W ostatnich kilku latach obserwujemy ponowny wzrost zainteresowania warstwami FI, z tym, że teraz warstwy te występują jako jedna z subwarstw struktury złożonej z wielu warstw o różnych właściwościach. Badania takich struktur, między innymi, wykazały możliwość przemagnesowania subwarstw FI impulsami światła lub przy pomocy spinowo spolaryzowanego prądu. Zaprezentowano również możliwość generowania i wymuszonej prądem propagacji skyrmionów, co może przyczynić się do opracowania nowej generacji pamięci magnetycznych. Tematyki związanej z badaniami układów warstwowych z ferrimagnetycznymi subwarstwami RE-TM dotyczą również moje badania realizowane w ramach studiów doktoranckich. Ich wynikiem jest praca opublikowana w 2018 roku w Scientific Reports, w której pokazano, że poprzez odpowiedni dobór składu warstwy FI, w strukturze warstwowej F/NM/FI (F, NM odpowiednio ferromagnetyczna i niemagnetyczna warstwa), można w szerokich granicach modyfikować proces przemagnesowania warstwy F. W ramach realizacji projektu prowadzone będą prace dotyczące technologii wytwarzania i zbadania właściwości magnetycznych układów warstwowych zawierających subwarstwy FI. Rezultaty badań publikowane będą w czasopiśmie o międzynarodowym zasięgu i będą stanowiły bazę dla zastosowania tych układów warstwowych w IT i urządzeniach spintronicznych.