

## **Spinowy efekt Halla w antyferromagnetykach (SPINORBITRONICS)**

Celem projektu są teoretyczne i eksperymentalne badania nad układami antyferromagnetyk/ferromagnetyk (AFM/FM) w celu maksymalizacji prądów spinowych, uzyskanych dzięki spinowemu efektowi Halla. W ramach projektu zostaną wytworzone układy wielowarstwowe w różnych kombinacjach bufor/AFM/FM, w których dzięki koegzystencji mechanizmów fizycznych takich jak: spinowo-orbitalny moment siły, magnetorezystancja i spinowy efekt Halla pozwolą na stworzenie nowej klasy układów spintronicznych.

Spinowy efekt Halla zachodzi w układzie heterostruktury cienkowarstwowej złożonej z metalu (o silnym sprzężeniu spinowo-orbitalnym np. Pt, W, Ta) i ferromagnetyku (np. Co, CoFeB), w której prąd ładunkowy generuje poprzeczne prądy spinowe. Stosunek gęstości prądu spinowego do gęstości prądu ładunkowego, tzw. spinowy kąt Halla, jest miarą wydajności tego efektu. Jak pokazaliśmy w naszych wcześniejszych pracach, największe wartości spinowego kąta Halla otrzymaliśmy dla układu W/CoFeB.

Wejściowy prąd ładunkowy, przetworzony dzięki oddziaływaniu spinowo-orbitalnemu w metalu niemagnetycznym lub w antyferromagnetyku na czysty prąd spinowy propagujący się w kierunku sąsiadującej warstwy ferromagnetycznej umożliwi wzbudzenie dynamiki namagnesowania, która w praktycznej realizacji sprowadza się do przełączania stanów cyfrowych 0/1 w pamięciach STT-RAM (Spin Transfer Torque - Random Access Memory) lub nowej generacji pamięci SOT-RAM (Spin-Orbit Torque - Random Access Memory).

Ostatnio analogiczny mechanizm został przewidziany teoretycznie i potwierdzony eksperymentalnie w antyferromagnetykach (PtMn i IrMn<sub>3</sub>), gdzie zostało pokazane, że spinowo-orbitalny moment siły (SOT) prowadzi do przełączania wektora magnetyzacji oraz dynamiki układu w bardzo wysokich częstotliwościach (THz).

Z nielicznych, jak dotąd, doniesień literaturowych wynika, że badania te niestety nie uwzględniają w dostatecznym stopniu wpływu uprządkowania strukturalnego i magnetycznego granicy międzywarstwowej (tzw. interfejsu) AFM/FM na generowany w interfejsie prąd spinowy. Problem spinowego kąta Halla, w obszarze interfejsu AFM/FM, będzie więc zasadniczym celem badań w projekcie. Badania będą prowadzone poprzez porównywanie między sobą właściwości interfejsów AFM/FM antyferromagnetycznego izolatora NiO z interfejsami metalicznych antyferromagnetyków: PtMn i IrMn<sub>3</sub>.

W ramach projektu zostaną również opracowane proste modele teoretyczne oparte na równaniach dyfuzyjnego transportu prądów spinowych oraz równaniu dynamiki magnetyzacji (Landau-Lifshitz-Gilberta) w celu wyznaczenia, na podstawie danych z eksperymentu, spinowego kąta Halla od antyferromagnetyka i interfejsu AFM/FM. Drugie podejście będzie obejmowało opracowanie teorii mikroskopowych w celu opisanie problemu współistnienia silnego oddziaływania spinowo-orbitalnego i porządku antyferromagnetycznego oraz ich wpływ na generację spinowo-orbitalnego momentu siły.

Założeniem zaplanowanych badań jest, że nowej generacji pamięć SOT-RAM oparta na antyferromagnetykach będzie się charakteryzowała większym udziałem prądów spinowych w procesie przełączania, a więc jeszcze krótszym czasem przełączania niż STT-RAM, będzie również bardziej energetycznie oszczędna.

Podsumowując, można stwierdzić, że zaplanowane badania podstawowe spinowego efektu Halla w antyferromagnetykach wpisują się bardzo dobrze w trend zielonej elektroniki i informatyki.