

Abstract

Współczesna technologia pozostaje silnie uzależniona od materiałów, których procesy wydobycia, produkcji i oczyszczania są nieprzyjemne dla środowiska. Jednocześnie, gwałtowny wzrost zapotrzebowania na przechowywanie i przesyłanie danych – od centrów danych po komputery osobiste, urządzenia mobilne i platformy IoT – wymaga coraz bardziej kompaktowych i szybkich rozwiązań technologicznych.

W tym kontekście magnetyzm w nanoskali otwiera nowe możliwości rewolucjonizowania współczesnej elektroniki. Wykorzystanie spinu i właściwości orbitalnych elektronów umożliwia efektywniejsze przełączanie magnetyzacji, co pozwala na precyzyjne sterowanie magnetyzacją układu za pomocą momentów magnetycznych generowanych przez prąd przepływający przez sąsiadującą warstwę niemagnetycznego metalu. Zasada ta stanowi podstawę innowacyjnej technologii Spin-Orbit Torque Magnetic Random Access Memory (SOT-MRAM), którą kilka firm wprowadziło w celu zmniejszenia zużycia energii i zwiększenia szybkości przetwarzania. Jednakże te technologie wciąż opierają się na kluczowych materiałach, takich jak metale ciężkie i pierwiastki ziem rzadkich, które często są szkodliwe dla środowiska, a także nie są ani zrównoważone, ani stabilne geopolitycznie.

Projekt GREEN-MEM ma na celu poprawę przełączania magnetyzacji poprzez wykorzystanie materiałów o minimalnym wpływie na środowisko i szerokiej dostępności, skonfigurowanych w optymalne struktury wielowarstwowe. Naszym głównym obszarem zainteresowania są lekkie metale przejściowe, wybrane ze względu na ich unikalne właściwości strukturalne (np. formy teksturowane lub monokrystaliczne), specyficzne cechy powierzchniowe i międzyfazowe (np. potencjał powierzchniowy, absorpcja/odbicie spinu i orbitali) oraz różnorodne fazy elektroniczne i magnetyczne (np. metal/izolator, ferromagnetyk/antyferromagnetyk). Starannie zaprojektowane struktury wielowarstwowe umożliwią wykorzystanie nowatorskich zjawisk fizycznych na interfejsach, takich jak spinowy i orbitalny efekt Halla, powinowactwo elektronowe między materiałami oraz anizotropie kształtu i struktury krystalicznej. Czynniki te zwiększają moment magnetyczny oraz konwersję spin-ładunek, co pozwala na efektywne przełączanie wektora magnetyzacji w układach zarówno w płaszczyźnie, jak i prostopadłych w konfiguracjach przypominających SOT-MRAM.

Aby wyjaśnić podstawowe mechanizmy rządzące tymi zjawiskami przełączania, zastosujemy najnowocześniejsze metody eksperymentalne umożliwiające pomiary o wysokiej rozdzielczości, rozdzielczości czasowej i czułości pierwiastkowej. Dodatkowo wytworzymy nanourządzenia o precyzyjnie zaprojektowanych geometriach, aby zwiększyć efektywność momentu (spin-orbita).

Naszym głównym celem jest opracowanie prototypu urządzenia pamięci magnetycznej opartego na materiałach niekrytycznych, powszechnie dostępnych i przyjaznych dla środowiska. Skupimy się na wykorzystaniu trwałych, mniej zanieczyszczających magnetyków, takich jak żelazo i nikiel, jako zamienników kobaltu, oraz na włączeniu tanich i mało obciążających środowisko metali, takich jak mangan, chrom czy tytan, do generacji prądów orbitalnych. Dodatkowo zastosujemy lekkie pierwiastki, takie jak aluminium, miedź i węgiel w postaci grafitu i grafenu epitaksjalnego. Podejście to ma na celu znaczne zmniejszenie zależności od metali ciężkich i pierwiastków ziem rzadkich, co promuje bardziej zrównoważoną ścieżkę rozwoju technologii pamięci magnetycznych.

Konsorcjum GREEN-MEM skupia multidyscyplinarny zespół ekspertów, których wiedza i umiejętności umożliwiają realizację celów, zadań, kamieni milowych oraz rezultatów projektu. Nasz zespół łączy zaawansowane kompetencje w zakresie inżynierii nanoskali (IMDEA) z wiedzą specjalistyczną w zakresie magnetotransportu i obrazowania in-operando (CNRS, UAM) oraz spektroskopii o rozdzielczości przestrzennej i pierwiastkowej (SOLARIS).

Projekt GREEN-MEM ma na celu wyposażenie przemysłu półprzewodników w nowatorskie narzędzia wspierające reindustrializację UE, umożliwiając produkcję bardziej zrównoważonej i nieszkodliwej dla środowiska elektroniki. Inicjatywa ta pozwoli na zachowanie kluczowej wiedzy i własności intelektualnej w Europie, zapewniając regionowi strategiczną przewagę na rynku globalnym