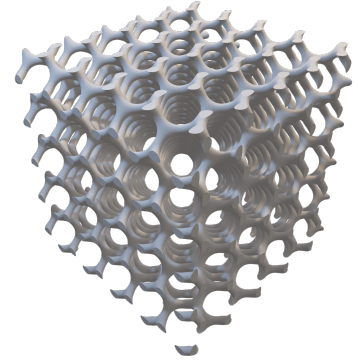
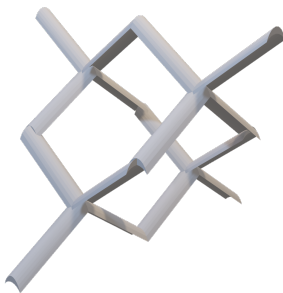


Wydajniejsze metody przetwarzania informacji jakie oferuje domena fal spinowych, mogą rozwiązać współczesne problemy nanotechnologii. Skuteczna i efektywna kontrola, indukcja i detekcja tych zaburzeń są fundamentem nowoczesnych badań zwanych magnoniką, która dąży do ich wykorzystania w przemyśle. Sygnał w tej postaci propaguje w materiałach magnetycznych bez przenoszenia ładunku i co za tym idzie, bez strat cieplnych. W połączeniu z szerszym zakresem dostępnych częstotliwości niż w elektronice oraz możliwością kodowania informacji zarówno w amplitudzie, jak i fazie, czyni to fale spinowe technologicznym krokiem milowym. Podobną propozycję przejścia z domeny ładunku elektronu na jego spin jako nośnik informacji oferuje dział elektroniki zwany spintroniką. Tutaj jednak ładunek wciąż będzie odgrywał funkcję aktywną w analizowanych efektach czy funkcjonalnościach, oferując tym samym inny wachlarz zastosowań. Swoiste połączenie zjawisk magnonicznych i spintronicznych w nanostrukturach 3D stanowi wobec tego fundament badań w niniejszym projekcie.

Zaawansowane badania nad projektowaniem i symulacjami numerycznymi trójwymiarowych struktur przy użyciu oprogramowania Comsol Multiphysics, oraz współpraca z wiodącymi grupami eksperymentalnymi w tej dziedzinie, pozwalają nam kompleksowo analizować złożone systemy 3D, takie jak sieci gyroidowe (zdjęcie po prawej) czy struktury o wiązaniach diamentowych (zdjęcie po lewej). Układy te zapewniają unikalne właściwości geometryczne do badania interesujących zjawisk fizycznych, przyczyny których mają jednak inne podłoża. Sieci gyroidowe składają się ze skrzyżowanych nanoprzewodów o potrójnych połączeniach, co stanowi doskonały nośnik dla tzw. efektów chiralnych. Prowadzić to może do ekscytujących właściwości tych materiałów, takich jak asymetryczna



relacja dyspersji fal spinowych i zależne od kierunku prądu przewodnictwo elektryczne. Stanowiłoby to o wysokim potencjale aplikacyjnym trójwymiarowych struktur gyroidalnych, gdyż dzięki dynamicznej kontroli częstotliwości fal spinowych czy amplitudy prądu elektrycznego, możliwe byłoby zaprojektowanie na ich bazie wielu urządzeń magnonicznych i spintronicznych. Z kolei sieci o wiązaniach diamentowych charakteryzują się połączeniami tetrapodowymi nanoprzewodów o nietrywialnych przekrojach poprzecznych. Nasze badania będą skupiać w ich przypadku na właściwościach wiązania fal spinowych w tych połączeniach i analogicznie do gyroidów, ich kompleksowemu wpływowi na przewodnictwo elektryczne. Ponadto, przeprowadzimy oddzielne analizy nanoprzewodów o półkieszycowym przekroju poprzecznym, które są budulcami tych nanostruktur.



W ramach niniejszego projektu zamierzamy przeprowadzić obszerne badania interakcji dynamiki magnetyzacji z prądem elektrycznym płynącym w niejednorodnych strukturach 3D, co stanowi bardzo obiecujący punkt wyjścia do badań nad zjawiskami takimi jak anizotropowa magnetooporność czy dynamiczne przełączanie magnetyzacji. Ponadto, systemy łączące zjawiska elektroniczne i magnoniczne są szczególnie pożądane ze względu na poszukiwanie tzw. mostów technologicznych pomiędzy obecnie dominującymi urządzeniami na bazie ładunków elektrycznych z nowej generacji rozwiązaniami wykorzystującymi fale spinowe. Są to obecnie koncepcje szeroko rozwijane wśród naukowców dla przyszłych urządzeń spintronicznych i magnonicznych. Pełna analiza tych oddziaływań za pomocą obliczeń teoretycznych i symulacji numerycznych w strukturach 3D stanowi, wobec tego najogólniejszy obraz naszego planu projektowego. Szczególną uwagę poświęcimy modelowaniu systemów magnetycznych, gdzie nietrywialna geometria i wykorzystanie trzeciego wymiaru przestrzennego mogą znacząco zwiększyć efektywność i prawdopodobieństwo ich przyszłego zastosowania w przemyśle. Opanowanie i zrozumienie natury dynamiki magnetyzacji, wiązania fal spinowych na krawędziach, powierzchniach lub w objętości trójwymiarowych układów magnetycznych, umożliwi badanie nowych zjawisk w fizyce magnetyzmu oraz tworzenie nieznanych dotąd funkcjonalności w urządzeniach magnonicznych i spintronicznych. Dodatkową zaletą i korzyścią tych badań jest nasz dostęp i możliwość interpretacji eksperymentalnych pomiarów opisanych ferromagnetycznych nanostruktur 3D, w oparciu o nasze analizy teoretyczne. Wszystkie parametry fizyczne w symulacjach numerycznych pozostaną, wobec tego w zakresie wykonywalności technicznej.

Projekt naukowy „Trójwymiarowe nanostruktury ferromagnetyczne o złożonej geometrii w magnonice i spintronice” ma na celu wnieść znaczący wkład w fizykę materii skondensowanej pod względem ich właściwości magnetycznych, fal spinowych i sprzężenia spin-ładunek. Obecnie magnonika i spintronika są zdominowane przez układy planarne, co ogranicza ich dalszą miniaturyzację i rozwój. Zamierzamy rozszerzyć ten paradygmat na trzeci wymiar przestrzenny i udowodnić, że jest to właściwy i obiecujący kierunek rozwoju tych dziedzin.