

Elektronika spinowa poza **ładunkiem** elektronu wykorzystuje również jego **spin** do przetwarzania i przechowywania informacji. Urządzenia pamięci magnetycznej sterowane prądem spinowym mogą być nieulotne, szybkie (zapisy i odczyty w skali ns), o dużej gęstości, kompatybilne z technologią CMOS i działać przy niskich napięciach zasilania. Wśród konkurencyjnych technologii przyszłych nieulotnych pamięci urządzenia magnetyczne mają również tę wyjątkową zaletę, że mogą mieć zasadniczo nieskończoną wytrzymałość, ponieważ podczas pracy zmienia się tylko kierunek magnesowania, podczas gdy atomy się nie poruszają. To czyni je atrakcyjnymi dla aplikacji pamięci wbudowanych, logiki pamięci i architektur obwodów zoptymalizowanych pod kątem uczenia maszynowego. Pozostałym wyzwaniem przy opracowywaniu pamięci magnetycznych i magnetycznej logiki nieulotnej jest podstawowy problem fizyki materii skondensowanej - zidentyfikowanie mechanizmu zdolnego do uzyskania wydajnej i niezawodnej kontroli elektrycznej wektora magnetyzacji. Obecnie stosowanym mechanizmem jest **moment siły wywołany sprzężeniem spin-orbita**. Pamięci magnetycznej o dostępie swobodnym z wykorzystujące efekt transferu spinowego momentu siły (STT-MRAM) są na tyle wydajne, że zostały z powodzeniem skomercjalizowane przez firmę Everspin w 2019 r. Jednak wydajność STT-MRAM ma fundamentalną granicę kwantową - moment siły nie może być większy niż pojedynczy moment pędu na jednostkę ładunku, co oznacza, że istniejące urządzenia nadal wymagają stosunkowo dużych gęstości prądu i energii. Duże prądy wymagają tranzystorów o powierzchni, tak że rozmiar tranzystora (a nie samej komórki pamięci magnetycznej) ogranicza osiągalną gęstość zapisu informacji.

Projekt ma na celu opracowanie technologii **pamięci nieulotnej i logiki spintronicznej** o ekstremalnie niskiej mocy i nieskończonej trwałości, poprzez badania eksperymentalne nowych materiałów i urządzeń kwantowych, które mogą znacznie zwiększyć wydajność przełączania magnetyzacji. Dzięki tym materiałom badane będą zjawiska fizyczne i nowe funkcjonalności urządzeń, które nie są możliwe w tradycyjnej **spintronice** bazującej w głównej mierze na metalach polikrystalicznych. Do badań wykorzystanych zostanie szereg materiałów hybrydowych które będą zaprojektowana, zsyntetyzowana, wytworzone oraz zintegrowana z najnowocześniejszymi urządzeniami MRAM.

Głównym celem prac badawczych jest rozwinięcie dostępnych systemów materiałowych w celu maksymalizacji **konwersji spin-ładunek**, zaprojektowanie odpowiedniej symetrii polaryzacji prądu elektrycznego i spinowego oraz dynamicznego dostrajania zjawisk związanych ze sprzężeniem spin-orbita. Jedną z hipotez badawczych jest stwierdzenie, że symetria materiałów kwantowych jest kluczem umożliwiającym wydajne i deterministyczne przełączanie magnetyzacji oraz wytwarzane hybrydowe materiały kwantowe będą podstawą działania przyszłych urządzeń spintronicznych. Wyniki badania doprowadzą do lepszego zrozumienia podstawowych mechanizmów, za pomocą których sprzężenie spin-orbita może być wykorzystane do **indukowania momentu siły**, oraz jakie materiały można wykorzystać, aby zmaksymalizować efektywność tych procesów, a także umożliwią badanie innych, nowych możliwości lepszej kontroli właściwości magnetycznych cienkich warstw.