

Informatyzacja i cyfryzacja codziennego życia doprowadziła do powstania olbrzymiej ilości informacji. *Cyfrowy wszechświat* podwaja swoją objętość co dwa lata i przewiduje się, że w 2020 roku osiągnie 50 trylionów gigabajtów (GB). Dla zobrazowania skali tej ilości informacji – kolumna ułożonych na sobie tabletek o pojemności 128 GB osiągnęłaby pięciokrotność drogi na Księżyc. Opracowanie takiej ilości danych wymaga olbrzymiej mocy obliczeniowej, co skutkuje ogromnym zużyciem energii. W celu zmniejszenia tak silnie rosnącego zapotrzebowania na energię konieczne jest opracowanie układów elektronicznych charakteryzujących się małą konsumpcją energii.

W elektronice konwencjonalnej informacja przenoszona jest poprzez ładunek elektronów. Przepływ prądu elektrycznego skutkuje wytworzeniem ciepła Joule'a oraz wysoką dyssypacją energii. W urządzeniach spintronicznych kluczową rolę pełni prąd spino-spolaryzowany, a informacja przenoszona jest raczej przez spin elektronu niż jego ładunek, stąd układy takie mogą być wolne od *omowej* dyssypacji energii. Pozwala to na znaczącą redukcję konsumpcji energii w cyfrowym przetwarzaniu danych. Dotychczas układy spintroniczne znalazły zastosowanie w głowicach dysków twardych i w magnetycznych pamięciach MRAM. Urządzenia te są już produkowane przez takich gigantów jak: IBM, Hitachi, czy Samsung. Kolejnym wyzwaniem jest wykorzystanie układów spintronicznych do realizacji procesów logicznych.

Niezwykłe właściwości grafenu, takie jak wysoka ruchliwość nośników ładunku, czy długi czas życia spinów sprawiają, że jest on idealnym materiałem do transportu prądu spinowego. Przykładem zastosowania grafenu jako *kanalu spinowego* są *lateralne zawory spinowe* (LSV), których działanie oparte jest na efekcie gigantycznego lub tunelowego efektu magnetooporowego (G/TMR). W LSV spinowo spolaryzowany prąd płynie kanałem grafenowym pomiędzy *ferromagnetycznymi elektrodami* (np. Co), a wartość sygnału – mierzony spadek napięcia – zależy od stopnia polaryzacji spinowej wstrzykiwanego ze źródła prądu oraz stopnia spolaryzowania spinowego drenu. Jakość takiego układu zależy więc w znacznym stopniu od właściwości kontaktów: m. in. od polaryzacji spinowej kontaktów oraz niedopasowania oporów spinowych pomiędzy magnetycznymi elektrodami i grafenem.

Problemem naukowym, którego rozwiązanie jest celem projektu, jest poprawa efektywności wstrzykiwania oraz detekcji prądu spinowego w lateralnych zaworach spinowych opartych na grafenie. W tym celu wytworzone oraz zbadane zostaną lateralne zawory spinowe oparte na grafenie oraz stopach Heuslera należących do klasy materiałów: pół-metali (half-metals – HM) oraz spinowo spolaryzowanych półprzewodników z zerową przerwą energetyczną (spin-gapless semiconductors – SGS). Materiały pół-metaliczne wykazują metaliczny charakter dla jednego kierunku spinów oraz półprzewodnikowy charakter dla drugiego kierunku. W rezultacie struktura elektronowa HM wyróżnia się pełną polaryzacją spinową elektronów przewodnictwa. Materiały typu SGS posiadają zerową przerwę energetyczną na poziomie Fermiego dla elektronów większościowych oraz skończoną (półprzewodnikową) przerwę energetyczną dla elektronów mniejszościowych. Ze względu na zanikającą do zera przerwę pasmową ruchliwość nośników ładunku jest znacznie wyższa niż dla standardowych półprzewodników czy metali, podobnie jak w przypadku grafenu. Ponieważ grafen jest rozpatrywany jako półprzewodnik z zerową przerwą energetyczną można spodziewać się wzmocnienia stopnia spolaryzowania spinowego elektronów wstrzykiwanych do grafenu z elektrody typu SGS.

Realizacja pionierskiej idei zawartej w projekcie – zastosowanie w grafenowych układach LSV elektrod ze stopów Heusler typu HM i SGS – istotnie wpłynie na rozwój dziedziny spintroniki opartej na grafenie. Bezpośredni wzrost elektrod ze stopów Heuslera na kanale grafenowym powinien dodatkowo poprawić właściwości transportowe układów tego typu.