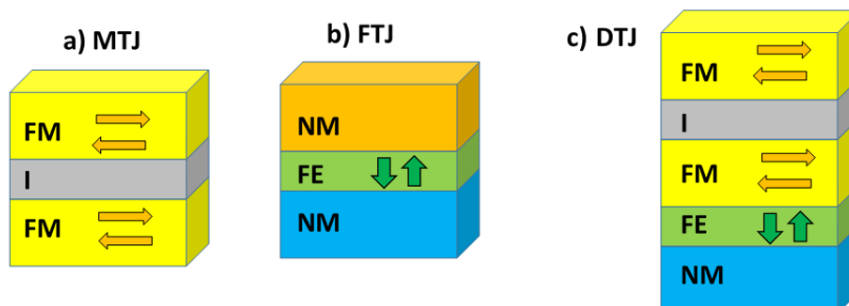


Streszczenie popularnonaukowe

Gwałtowny rozwój współczesnej elektroniki zaczyna napotykać fundamentalne ograniczenia i staje przed nowymi wyzwaniami. Przykładowo rozmiary tranzystorów osiągają rozmiary paru nanometrów (parudziesięciu atomów) i nie mogą być bardziej zmniejszane, a co za tym idzie pojemność pamięci w naszych urządzeniach elektronicznych nie może znacznie rosnąć. Innymi problemami jest pobór mocy, szczególnie istotny dla urządzeń mobilnych. Poszukiwane są alternatywne sposoby magazynowania i przetwarzania danych. Jednym z bardziej obiecujących kierunków badań jest spintronika, korzystająca nie tylko z ładunku ale i spinu (magnetycznej właściwości) elektronu jako nośnika informacji. Gwałtowny rozwój tej dziedziny w ostatnich latach przyniósł odkrycia wpływające na życie codzienne każdego z nas. Odkryty efekt gigantycznego magnetooporu (GMR), a następnie efekt tunelowego magnetooporu (TMR) w ferromagnetycznym złączu tunelowym (MTJ) został wykorzystany w głowicach dysków twardech do odczytu danych. Opór złącza MTJ zależy od wzajemnego kierunku namagnesowania elektrod (równoległe lub antyrównoległe - rys. 1 a). Kolejnym kamieniem milowym było odkrycie zjawiska Spin Transfer Torque (STT), które to zjawisko wykorzystuje prąd a nie pole magnetyczne (od magnesu lub cewki) do zmiany kierunku namagnesowania warstw magnetycznych. Pozwala to uniknąć stosowania zewnętrznego pola magnetycznego (brak elementów ruchomych w przeciwieństwie do dysku twardego). W oparciu MTJ konstruowane są komórki pamięci komercyjnych magnetycznych pamięci dowolnego dostępu (MRAM). Istnieją także ferroelektryczne złącza tunelowe (FTJ) eksploatujące zjawisko TER – tunelowego elektrooporu. W FTJ pomiędzy elektrodami znajduje się ferroelektryk (podobny do ferromagnetyka czyli magnesu, z tą różnicą, że zamiast zachowania namagnesowania zachowuje napięcie i ładunek). Opór FTJ zależy od kierunku polaryzacji elektrycznej (Rys. 1 b). Złącze FTJ może w przyszłości stanowić komórkę ferroelektrycznej pamięci dowolnego dostępu FeRAM.

Poznane dotąd MTJ i FTJ posiadają dobre właściwości, tzn. wykazują mocno różniący się opór dla różnych kierunków odpowiednio namagnesowania i polaryzacji elektrycznej. W celu zwiększenia pojemności nośników danych prowadzone są próby połączenia MTJ i FTJ w jedno urządzenie, w którym można zapisać dwa razy więcej bitów. Dotychczasowo badania skupiały się na rozważaniu tzw. multiferroicznego złącza tunelowego (MFTJ) o strukturze: ferromagnetyk (FM)/ferroelektryk (FE)/ferromagnetyk (FM), czyli użycie elektrod z MTJ i bariery z FTJ. Takie podejście niesie jednak ze sobą wyzwania, gdyż ferroelektryk nie jest optymalną barierą tunelową dla MTJ oraz ferromagnetyki nie są optymalnymi elektrodami dla FTJ. Dotychczas nie stworzono złącza o czterech różnych wartościach oporu zależnych od kierunków polaryzacji i namagnesowania, które zachowuje te właściwości w temperaturze pokojowej. Osiągnięcie tego pozwoliłoby na potencjalne zastosowania złącza.

Rozwój elektroniki już dziś wymaga stosowania komórek pamięci typu 3D – jedne warstwy komórek pamięci na drugich. Pozwala to osiągnąć większą liczbę stanów logicznych na jednostkę powierzchni. Koncepcja autora polega na stworzeniu urządzenia o dwóch barierach tunelowych (Double tunnel junction DTJ), które byłoby połączeniem szeregowym złącz MTJ oraz FTJ – ze wspólną elektrodą (Rys. 1 c). Opór takiego złącza byłby sumą oporów FTJ i MTJ. Złącze DTJ daje szansę na lepsze właściwości od MFTJ, a dotychczas nie było żadnych badań tego typu złącza. Istnieją jedynie opracowania podwójnego złącza MTJ. Nad nim DTJ ma tę przewagę, że ferroelektryk przełączany jest napięciem co pozwoli ograniczyć pobór energii. Dodatkowo różne mechanizmy przełączania DTJ (ferromagnetyki i ferroelektryk) pozwolą na łatwiejsze sterowanie. Istnieje także potencjalnie możliwość zwiększenia liczby stanów logicznych do 8, gdy wszystkie elektrody będą ferromagnetyczne. Autor chce także przetestować nowe możliwości jakie dają dwie warstwy tunelowe. Jedną z nich jest umieszczenie pomiędzy dwiema barierami materiału, który może zmieniać swój opór pod wpływem ładunku elektrycznego. Pozwoliłoby to na sterowanie grubością bariery (a co za tym idzie duże zmiany oporu) za pomocą napięcia. Projekt ten pozwoli na eksploatację ciekawej koncepcji podwójnego złącza tunelowego, co może przyczynić się do jego komercyjnego zastosowania.



Rys. 1. Różne rodzaje złącz. Oznaczenie skrótów FM - ferromagnetyk, I - izolator, NM - elektroda FTJ, FE - ferroelektryk. **a)** magnetyczne złącze tunelowe, **b)** ferroelektryczne złącze tunelowe, **c)** złącze DTJ.