

Pamięci magnetorezystywne MRAM – czy nowa technologia podbije rynek pamięci RAM?

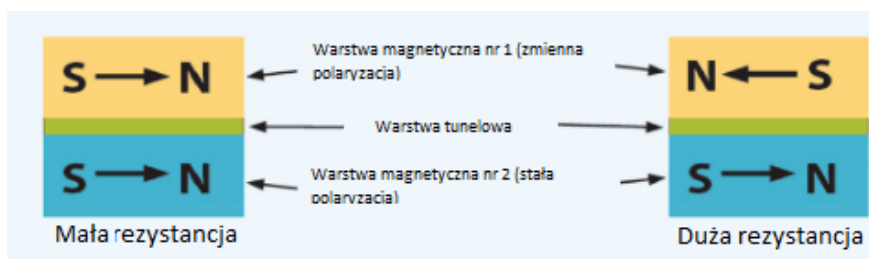
Na rynku pamięci RAM od dawna dominują układy zawierające pamięci typu ulotnego, takie jak SRAM i DRAM. Od pewnego czasu obserwuje się jednak próby stworzenia alternatywy i wykorzystania pamięci nieulotnych, takich jak pamięć magnetorezystywna MRAM. Najnowsze układy tego rodzaju, intensywnie rozwijane przez firmę Everspin, mogą już z powodzeniem konkurować z innymi typami pamięci.

Pamięć magnetorezystywna MRAM (*Magnetoresistive Random Access Memory*) jest jeszcze mało rozpowszechniona, choć początki wykorzystania tej technologii sięgają połowy lat 90. XX wieku. Obecnie intensywne prace nad rozwojem technologii MRAM prowadzi firma Everspin, która wprowadziła na rynek serię układów wykorzystujących ten typ pamięci, o pojemnościach od 256 kbit do 16Mbit. Pod wieloma względami posiadają one lepsze parametry od konkurencyjnych produktów, takich jak pamięci SRAM, DRAM czy FRAM.

Budowa komórki pamięci MRAM

W prawie wszystkich rodzajach pamięci RAM informacja przechowywana jest w postaci ładunku elektrycznego. W technologii MRAM jest inaczej. Nośnikiem informacji jest tutaj pole magnetyczne, a właściwie jego polaryzacja.

Jak pokazano na Rysunku 1, elementem pamiętającym komórki pamięci MRAM jest struktura składająca się z trzech warstw: górnej warstwy magnetycznej, dolnej warstwy magnetycznej oraz niemagnetycznej warstwy tunelowej. Jedna z warstw magnetycznych posiada stałą polaryzację (na rysunku jest to warstwa dolna), natomiast polaryzacja drugiej warstwy może być zmieniana (tzw. warstwa swobodna).



Rysunek 1: Działanie pamięci MRAM – zmiana rezystancji zależnie od wzajemnej polaryzacji warstw magnetycznych ("Copyright © 2015 Everspin Technologies, Inc").

W zależności od wzajemnej polaryzacji obu warstw, zmienia się rezystancja całej struktury. Zjawisko to nazywane jest tunelowym efektem magnetorezystancyjnym (TMR – *Tunnel Magnetoresistance*). Tego typu strukturę określamy zaś jako magnetyczne złącze tunelowe (MTJ – *Magnetic Tunnel Junction*). Jeśli warstwy posiadają taką samą polaryzację, struktura ma bardzo niską rezystancję. Jeśli zaś polaryzacja obu warstw jest przeciwna, rezystancja całej struktury jest wysoka. Stanom niskiej i wysokiej rezystancji przypisać można wartości logiczne '1' oraz '0'. Otrzymujemy w ten sposób pojedynczą komórkę pamięci. Zmieniając polaryzację warstwy swobodnej (polaryzacja drugiej warstwy jest stała), możemy sterować rezystancją komórki (zapisywać dane do pamięci). W układach firmy Everspin w procesie zapisu do sterowania polaryzacją warstwy swobodnej wykorzystuje się zjawisko zwane STT (*Spin-Transfer Torque*). Dotyczy ono zmiany polaryzacji obszaru magnetycznego na skutek przepływu strumienia spolaryzowanych spinowo elektronów. Odczyt zapisanej w komórce informacji polega na zbadaniu jej rezystancji poprzez pomiar natężenia przepływającego prądu.

Charakterystyka pamięci MRAM firmy Everspin

Jedną z głównych cech pamięci MRAM jest nieulotność. Oznacza to, że po wyłączeniu zasilania nie następuje utrata informacji zapisanych w pamięci, polaryzacja warstw magnetycznych nie ulega bowiem zmianie. Owa nieulotność jest bardzo ważna. Pozwala wyeliminować znaczną część problemów związanych z nagłym brakiem zasilania oraz ze wznowianiem pracy systemu po takiej awarii. W przypadku układów pamięci MRAM nie ma potrzeby umieszczania w systemie źródeł napięcia podtrzymującego ich działanie. W przeciwieństwie do układów DRAM, nie wymagają one także odświeżania.

Kolejną zaletą pamięci MRAM jest możliwość bardzo długiego przechowywania zapisanych informacji. Firma Everspin określa minimalny okres trwałości danych na nośniku na 20 lat. Tymczasem, w przypadku układów NAND Flash, wykorzystywanych w pamięciach masowych USB oraz dyskach SSD, jest to ok. 10 lat.

Jednym z głównych problemów w przypadku pamięci półprzewodnikowych oraz np. pamięci FRAM jest zjawisko uszkodzania się komórek pamięci wskutek wielokrotnego powtarzania operacji zapisu/odczytu. W układach MRAM tego nie zaobserwowano. Tak więc można założyć, że liczba możliwych do przeprowadzenia operacji odczytu/zapisu dla każdej komórki pamięci MRAM jest nieograniczona. W praktyce właściwość ta wpływa na znaczne zwiększenie trwałości i niezawodności tego typu układów.

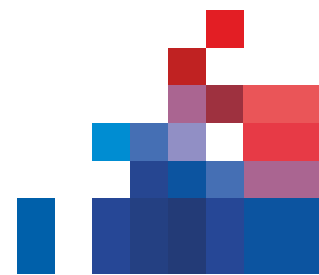
Układy MRAM firmy Everspin wyróżnia ponadto duża szybkość działania. Czas jednego cyklu zapisu wynosi 35 ns i jest równy czasowi jednego cyklu odczytu. Symetria czasu odczytu i zapisu ułatwia komunikację, dzięki czemu nie trzeba stosować opóźnień.

Układy, w zależności od typu, wyposażone są w następujące interfejsy komunikacyjne: równoległy 8-bitowy, równoległy 16-bitowy, SPI oraz QuadSPI. Dla interfejsu SPI można uzyskać szybkość transmisji do 40 MHz, zaś w przypadku QuadSPI - do 104 MHz.

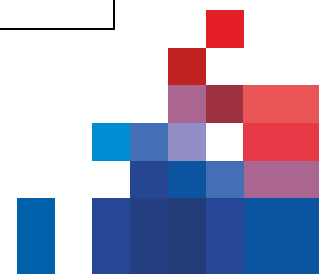
Co bardzo ważne podczas projektowania urządzeń, wszystkie układy MRAM firmy Everspin zasilane są standardowymi napięciami CMOS z przedziału od 3 do 3,6 V (dla niektórych typów od 2,7 do 3,6 V).

Pamięć MRAM a inne typy pamięci RAM

W tabeli przedstawiono porównanie układów MRAM z innymi popularnymi typami pamięci RAM – BBSRAM (*Battery-Backed SRAM*), nvSRAM (*nonVolatile SRAM*) oraz FRAM (*Ferroelectric RAM*). Wszystkie te rodzaje pamięci zapewniają ochronę przed utratą danych na skutek zaniku zasilania.



Typ pamięci RAM wraz z krótkim opisem	Cechy MRAM w porównaniu do poszczególnych typów pamięci RAM
Pamięć BBSRAM (<i>Battery-Backed SRAM</i>) – układy SRAM wyposażone w niezależne zewnętrzne źródło zasilania, które podtrzymuje ich pracę.	• Układy MRAM nie wymagają zewnętrznego źródła zasilania, co zmniejsza ich koszt oraz ilość miejsca zajmowanego na płycie drukowanej. • Oba typy układów posiadają porównywalny czas dostępu do danych. • MRAM posiadają dłuższy czas trwałości danych (20 lat) oraz nieskończoną (teoretycznie) liczbę cykli zapisu/odczytu. • MRAM mogą pracować w szerszym zakresie temperatur.
Pamięć nvSRAM (<i>nonVolatile SRAM</i>) – układy składające się z dwóch typów pamięci – pamięci ulotnej SRAM oraz pamięci nieulotnej. W przypadku utraty zasilania dane z pamięci SRAM przepisywane są do pamięci nieulotnej. Do transferu informacji z/do pamięci nieulotnej wykorzystuje się komendy <i>Store/Recall</i> .	• Układy nvSRAM, w przeciwieństwie do MRAM, wykorzystują zewnętrzne źródło zasilania (bateria lub kondensator) – nieulotność danych zależy od niezawodności tego źródła. • Układy MRAM są w dużej mierze kompatybilne pin-to-pin do nvSRAM. • Programowa obsługa MRAM jest prostsza, natomiast nvSRAM wymagają stosowania komend <i>Store/Recall</i> przepisujących dane z/do pamięci nieulotnej.
Pamięć FRAM (<i>Ferroelectric RAM</i>) – tego typu układy jako elementy pamięciowe	• Odczyt danych z FRAM powoduje ich utratę – konieczność odświeżania.



wykorzystują materiały ferroelektryczne.	• Pamięć MRAM jest szybsza – czas zapisu/odczytu to 35 ns, zaś w przypadku FRAM ok. 60 ns. • MRAM posiada większą gęstość upakowania. Nie ma obecnie układów FRAM o pojemności większej niż 4 Mb, zaś pojemność MRAM dochodzi do 16 Mb. • Zasilanie MRAM jest kompatybilne z CMOS.
--	--

Podsumowanie

Układy MRAM stanowią alternatywę dla innych typów pamięci RAM. Ze względu na dużą funkcjonalność, mogą zastąpić kilka typów pamięci stosowanych dotychczas w systemach cyfrowych. Zapewniają całkowite bezpieczeństwo przechowywania danych, nawet w sytuacjach awaryjnych, tzn. przy nagłym zaniku napięcia zasilającego. Nie wymagają przy tym dodatkowego źródła napięcia podtrzymującego. Dodatkowo, co bardzo ważne dla projektantów, pojedynczy chip pamięci MRAM może równocześnie zastąpić stosowane dotychczas w systemie układy FLASH, EEPROM oraz RAM. Warto też zauważyć, że ze względu na nieulotność, szybkość dostępu oraz długą trwałość danych, pamięć MRAM może pełnić rolę zarówno pamięci masowej, jak i pamięci przechowującej kod programu oraz pamięci o dostępie swobodnym. Uniwersalność ta pozwala znacznie ograniczyć rozmiar i koszt całego systemu. Więcej informacji znajduje się na stronie firmy Transfer Multisort Elektronik (www.tme.eu).

