

Arkadiusz Ciesielski
Wydział Fizyki/ Wydział Chemii

Kryształy jako potencjalne nośniki danych

Nośniki danych są jednymi z najszybciej i najintensywniej rozwijanych produktów elektronicznych. Wciąż postępuje ich miniaturyzacja i zwiększa pojemność. Jednak obecnie stosowane, magnetyczne nośniki danych mają swoje ograniczenia. Wielkimi krokami zbliżamy się do granicy gęstości pojemności takich nośników, kłopot stanowi ponadto niewielki czas retencji danych. Z tego względu odchodzi się powoli od nośników wykorzystujących domeny magnetyczne – obecnie naukowcy intensywnie pracują nad materiałami posiadającymi regulowaną oporność. Jednak oba te rodzaje nośników wymagają użycia bardzo wielu atomów, aby zapisać jeden bit informacji. Istnieje jednak jeszcze jeden potencjalny sposób zapisu danych, polegający na wykorzystaniu informacji o krystalicznej strukturze ciał stałych, pozwalający na zapisanie jednego bita nawet na pojedynczym atomie.

Dzisiejsze techniki epitaksji, szczególnie epitaksja z wiązek molekularnych (MBE), pozwalają uzyskiwać struktury krystaliczne z atomową dokładnością. Stosując te techniki jesteśmy w stanie manipulować wieloma parametrami kryształu – rozmieszczeniem atomów w przestrzeni, czy stałą sieci. Dzięki zaawansowanym obliczeniom jesteśmy w stanie przewidzieć także dyslokacje. Daje to ogromne możliwości, jeśli chodzi o wykorzystanie struktur uzyskiwanych tą metodą, jako nośniki danych.

Na nośnikach magnetycznych można zapisywać tylko jedną z dwóch informacji – 0 lub 1. W przypadku wykorzystania kryształów liczba ta jest równa lub większa – dla kryształu składającego się tylko z jednego rodzaju atomów mamy: atom – 1, brak atomu (tzw. dziura) – 0. Jeśli mamy 2 rodzaje atomów, na jednym miejscu w kryształach można by zakodować już jedną z 3 informacji, w przypadku trzech rodzajów atomów możemy zakodować jedną z 4 informacji itd. Nie wymagałoby to wcale zmiany logiki, na której opiera się elektronika, ponieważ atomy nie muszą kodować pojedynczej cyfry, mogą kodować ciągi cyfr – jedyne, co wystarczy zrobić, to odpowiednio zaprogramować detektor, aby „rozumiał, co czyta”.

Kolejne informacje w postaci ciągów cyfr mogą być zawarte we wspomnianych wcześniej parametrach kryształu – w wielkości stałej sieci, gęstości dyslokacji, a nawet w strukturze powierzchni kryształu, czy przynależności danej struktury krystalograficznej do grupy przestrzennej. Grup przestrzennych jest aż 230, co pozwala na zakodowanie w tym elemencie informacji odpowiadającej wszystkim ciągom pięcio-, sześć- i siedmioznakowym. Ilość informacji zawartej w rozmiarze stałej sieci i strukturze powierzchni kryształu jest ogromna i ograniczona jedynie rozdzielczością detektora. Wszystkie te możliwości pozwalają szacować, iż gęstość pojemności takich nośników danych byłaby kilka rzędów wielkości większa od gęstości pojemności nośników magnetycznych.

Kryształy takie, jeśli przechowywane w odpowiednich warunkach, wykazywałyby bardzo długi czas retencji danych, ponieważ informacja kodowana byłaby bezpośrednio na atomie, który, jako że stanowi materię nie może zaniknąć, tak jak relaksują się domeny magnetyczne. Poza tym, kryształy, w odróżnieniu od nośników magnetycznych, wykazują dużą tolerancję temperaturową – ze względu na rozpraszanie na fononach (drganiach sieci krystalicznej), prawdopodobnie nie dałoby się odczytać z nich danych w wysokiej temperaturze, jednak dane te nie byłyby

tracone bezpowrotnie, tak jak ma to miejsce w przypadku nośników magnetycznych, w których wysoka temperatura przyspiesza relaksację domen, i po ochłodzeniu do temperatury normalnej kryształy te znów mogłyby pełnić swoją funkcję bez zarzutu. Podobnie sprawa ma się z polem magnetycznym – powoduje ono bezpowrotną utratę danych umieszczonych na nośnikach magnetycznych, natomiast na strukturę krystaliczną nie ma żadnego wpływu. Oczywiście struktury te byłyby bardzo podatne na uszkodzenia mechaniczne, jednak przechowywanie w odpowiedni sposób oraz powlekanie warstwą ochronną, znacznie zmniejsza ryzyko uszkodzenia takiej struktury.

Jedyny prawdziwy problem związany z wprowadzeniem na rynek i użytkowaniem takich struktur, jako nośników danych, to ogromne koszty. I nie chodzi tutaj tylko o koszty aparatury do epitaksji z wiązek molekularnych, bo choć jest ona bardzo droga, przedsiębiorcy mogliby sobie na nią pozwolić; ale o aparaturę służącą do odczytywania informacji zawartych w kryształach, która musiałaby być przecież podłączona do komputera każdego przeciętnego użytkownika, jeśli miałby on korzystać z tego typu nośników danych. Podstawowym elementem takiej aparatury byłby dyfraktometr, którego cena jest rzędu milionów złotych, a jeśli mielibyśmy dodatkowo odczytywać informacje zawarte na powierzchni kryształu, częścią aparatury musiałby być także mikroskop sił atomowych, czy skaningowy mikroskop elektronowy. Urządzenia te są tak drogie, iż wątpliwym jest, aby w ciągu najbliższych stu lat zagościły w domach przeciętnych użytkowników komputerów. Można więc zapomnieć o filmach, czy grach komputerowych zapisanych w kryształach, jednak informacje kluczowe dla ludzkości, czyli cała nauka oraz bardzo ważne informacje państwowe mają sporą szansę być zapisane na takich właśnie nośnikach.

Kolejną wadą tego typu nośników danych jest fakt, iż byłyby nośnikami tylko do odczytu, gdyż zapis wymagałby właściwie zniszczenia całej struktury kryształu i utworzenia jej na nowo, co wymagałoby oczywiście aparatury do epitaksji z wiązek molekularnych.

Kryształy mają potencjał, żeby stać się nośnikami danych przyszłości. Jednak przyszłości bardzo odległej. Poza tym, ze względu na wysokie koszty, na takich kryształach przechowywano by raczej informacje bardzo istotne, na których ludzkości powinno bardzo zależeć. W codziennym życiu prawdopodobnie królować zaczęłyby nośniki danych wykorzystujących regulowaną oporność niektórych materiałów.