

1. Розорінов Г.М., Соловйов Д.О. Високошвидкісні волоконно-оптичні лінії зв'язку. – Київ: Ліра-К, 2007. – 198 с.
2. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика: теория и практика. – М: Кудиц-образ, 2006. – 320 с.

## МАТЕРІАЛИ З ГІГАНСЬКИМ МАГНІТООПОРОМ У СУЧАСНІЙ ЕЛЕКТРОНІЦІ

Чешко І. В., асистент, к. ф.-м.н.  
Сумський державний університет

Плівкові матеріали із спин-залежним розсіюванням електронів у вигляді багат шарових плівок чи гранульованих сплавів, у яких спостерігається явище гігантського магнітоопору (ГМО) показали великий потенціал застосувань у сучасній електроніці та поклало початок розвитку нового її напрямку – спинтроніки. Основними функціональними наноструктурами з ГМО стали спин-клапанні структури (вперше отримані у 1991 р. К. Денні [1]). Вони утворюються двома магнітними шарами (наприклад, Co), які розділені немагнітним (Ag, Au або Cu), причому магнітний момент одного з них обов'язково закріплюється. Для закріплення магнітного моменту, зазвичай, нижнього магнітного шару спин-клапану використовують антиферомагнітний підшар (наприклад, поєднання матеріалів Fe/Gd, Co/Tb) або формують плівки з жорсткою доменною структурою шляхом значного збільшення товщини плівки або середнього розміру кристалітів (доменів). Крім простого спин-клапана, що може виступати аналогом будь-якого діодного елемента, розроблені, наприклад, ізолюючі структури або більш складні активні елементи як спіновий транзистор (розроблені в 1990 році С. Даттою і Б. Дасом) чи спінові ємкісні накопичувачі [2].

Найпершим практичним застосуванням ГМО у масовому виробництві було виготовлення головок зчитування жорстких дисків. Головним розробником, починаючи з 1997 року, була компанія IBM [3]. Був розроблений датчик, що зчитує магнітний стан елементів магнітного жорсткого диску зі значним збільшенням чутливості, швидкодії і зниженням енергозатрат у порівнянні зі звичайною головкою. Надзвичайна їх чутливість при зменшених розмірах дозволила зменшити фізичний розмір біту інформації при вже існуючих технологіях створення функціонального покриття жорстких дисків. Також відмічається технологічний прорив у виготовленні модулів пам'яті. У 2005 році компанія Motorola почала масове виготовлення спінтронних модулів пам'яті MRAM (магніторезистивна пам'ять з довільною вибіркою). Комірки такої пам'яті представляють собою спін-вентильні плівкові структури, що потребують мінімальних затрат для запису та зберігання інформації. Надзвичайна їх чутливість при зменшених розмірах дозволила зменшити фізичний розмір біту інформації при вже існуючих технологіях створення функціонального покриття жорстких дисків. Застосування матеріалів зі спін-залежним розсіюванням електронів для виготовлення датчиків магнітного поля дало потужний поштовх подальшому розвитку і мініатюризації мікроелектронних сенсорів цього призначення. Дуже успішно застосовуються плівкові спін-клапанні структури для створення сенсорів знаходження кута повороту, швидкості обертання, амплітуди коливань об'єктів, що обертаються або роблять коливальні рухи. До таких об'єктів достатньо закріпити досить мініатюрний постійний магніт, що буде змінювати намагніченість верхнього магнітного шару спін-клапанної структури датчика, що розташований під ним. Сигнал, що зчитується

з датчика, буде змінюватися в залежності від напряму магнітного моменту верхнього магнітного шару.

Був створений маніпулятор магнітних або парамагнітних частинок, що обладнано ГМО-датчиком для потреб прикладної біофізики [4]. Компанією Philips був виготовлений біосенсор, який складається з двох провідників зі струмом та спін-клапанної структури, що розташовані на одному кристалі кремнію. Такий сенсор використовують при дослідженнях суперпарамагнітних частинок, що дуже часто представляють собою біологічні мікроб'єкти, які в нормальному стані не мають магнітного моменту. Під дією магнітного поля, що створюють провідники зі струмом, ці частинки намагнічуються, а ГМО-датчик має достатню чутливість щоб зафіксувати зміни намагніченості частинок. Він виявився придатним для застосування в низько- та високочастотному діапазоні при кімнатній температурі.

Зараз вже створені датчики деформації на основі спін-клапанних структур. Деформація таких сенсорів призводить до повороту анізотропії у верхньому вільному магнітному шарі. Також відмічається зміна форми петлі гістерезису магнітоопору. Крім цього, досягнення спітроніки знаходять багато інших застосувань, наприклад, при виробництві персональних відеорекодерів (тюнерів для захвату відеосигналу з аналогових приладів), апаратури телебачення високої чіткості (HDTV), DVD-приводах з інтерференцією в ближньому полі (NFR) тощо.

1. Spin-valve effect in soft ferromagnetic sandwiches / B. Dieny, V.S. Speriosu, B.A. Gurney et al. // J. Magn. Mater. - 1991. – V.93.- P.101-104.

2. Grunberg P. Layered magnetic structures in research and application // Acta Mater. -2000. – V. 48. – P.239-251.

3. Johnson B., Kenneth E. Magnetic materials and structures for thin-film recording media // J. Appl.Phys. – 2000. – V.87, №9. – P. 144-151.
4. Janssen X., J. van L. Jzendoorn and M. W. Prins. On-chip manipulation and detection of magnetic particles // Biosens. Bioelectron. – 2008. – V.23. – P.833-838.

## **МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МІКРОКОНРОЛЕРІВ (PROTEUS VSM)**

Андрусенко О.О., аспірант, Багута В.А., студент,  
Кулінченко Г.В., к.т.н., доцент, ШІ СумДУ.

Аналізуючи стан світового ринку електроніки, можна побачити, що важелями його росту є розвиток тих чи інших технологій. Найбільш прогресуючою його складовою є ринок вбудованих систем(embedded systems), які проникають до всіх сегментів ринку: від побутової електроніки до військової техніки. Саме інформаційні технології та програмні засоби дозволяють монтувати нові вимірювальні або інтерфейсні плати, програмне забезпечення мікропроцесорів (МП) до існуючого електронного обладнання.

Розуміючи важливість формування і навчання фахівця з електроніки, який буде користуватись попитом на ринку праці, в учбовому процесі Шосткинського інституту широко застосовуються віртуальні лабораторії.

Сучасна навчальна лабораторія з вивчення засобів МП техніки вимагає наявності коштовних технічних засобів (стендів з МП приладами, логічних аналізаторів та осцилографів, тощо). Як відомо, ефективність навчання суттєво підвищується, коли студент має змогу самостійно синтезувати, відлагоджувати й дослідити схему й програму