



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 106260

(13) C2

(51) МПК

G11B 7/24003 (2013.01)

G11B 7/24003 (2013.01)

G11B 7/24003 (2013.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 09365

(22) Дата подання заявки: 31.07.2012

(24) Дата, з якої є чинними  
права на винахід: 11.08.2014

(41) Публікація відомостей  
про заявку: 10.02.2014, Бюл.№ 3

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: 11.08.2014, Бюл.№ 15

(72) Винахідник(и):

Крупа Микола Миколайович (UA)

(73) Власник(и):

ІНСТИТУТ МАГНЕТИЗМУ НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК І МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ,

пр. Вернадського, 36-б, м. Київ-142, 03142  
(UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги  
експертизою:

US 7068452 B2; 27.06.2006

RU 2066484 C1; 10.09.1996

CN 101752051 A; 23.06.2010

CN 101620915 A; 06.01.2010

KR 20000053639 A; 25.08.2000

JP 2001201606 A; 27.07.2001

US 6365286 B1; 02.04.2002

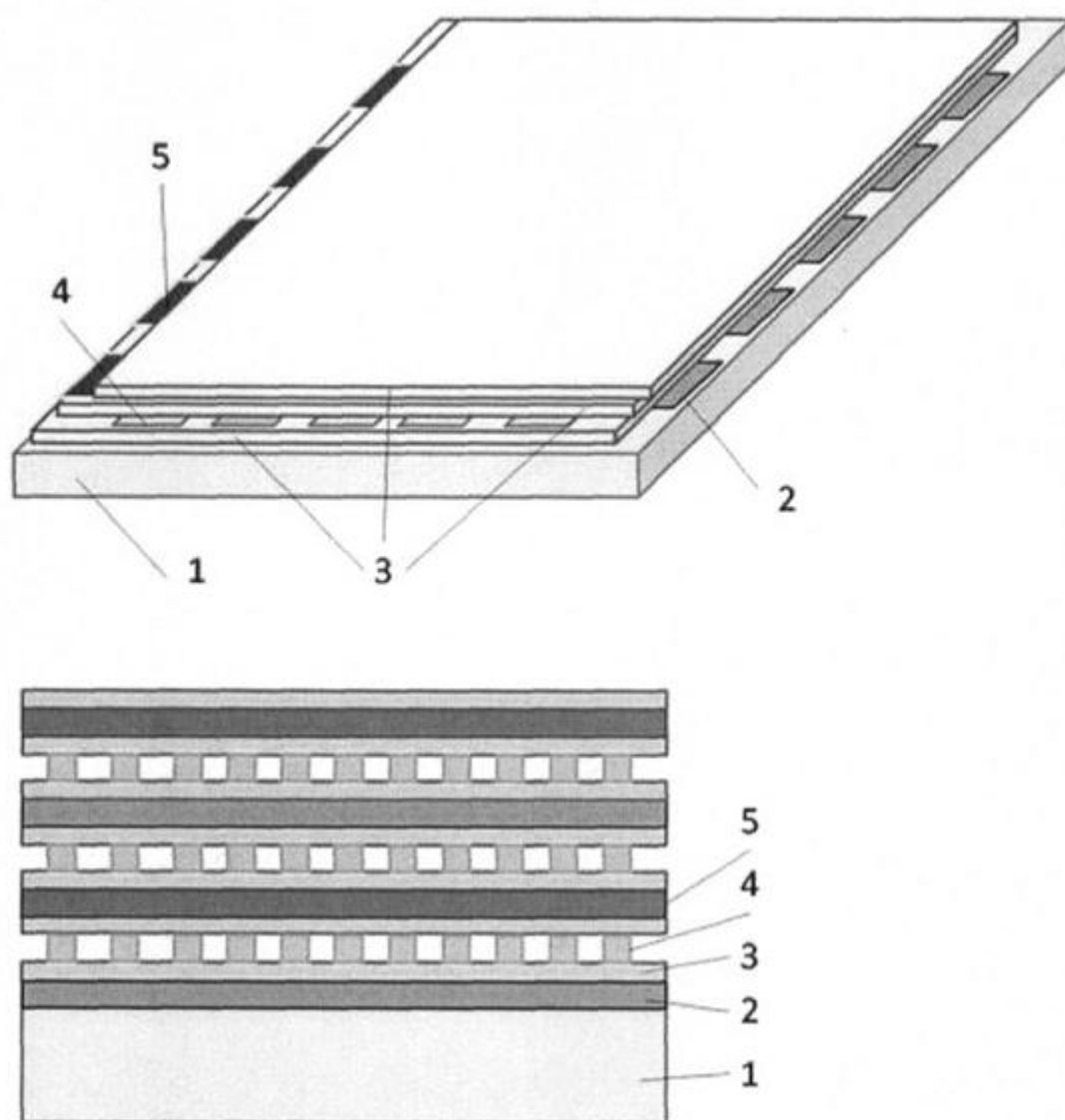
JP 2010040126 A; 18.02.2010

## (54) СПОСІБ МАГНІТНОГО ЗАПИСУ ТА ЗЧИТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ І МАГНІТНИЙ СПІНОВИЙ НОСІЙ ІНФОРМАЦІЇ

### (57) Реферат:

Спосіб магнітного запису та зчитування інформації і магнітний спіновий носій інформації належить до електроніки і може бути використаний в системах запису/зчитування та обробки інформації. Запис зчитування інформації здійснюється спіновим струмом за рахунок перемагнічування магнітного нанoshару в багатoshаровому магнітному носії інформації, який побудований на основі трьох видів магнітних нанoshарів з різною коерцитивною силою, які виготовляються з магнітного матеріалу з високим ступенем спінової поляризації електронів провідності. Магнітні нанoshари розділені непровідними немагнітними нанопрошарками і кожен з магнітних нанoshарів виконаний в вигляді системи регулярних розділених між собою однакових т смужок, які одночасно служать електродами для запису і зчитування інформації. Технічним результатом є підвищення швидкості запису інформації та надійності роботи, а також розширення функціональних можливостей.

UA 106260 C2



Фиг. 1

Даний винахід належить до області інформатики та обчислювальної техніки і може використовуватись в системах запису та обробки інформації.

Відомий оптичний голографічний спосіб запису інформації (див. патенти: US 4104499, US 4213193, US 5111445, US 5627664, US 8107344, РФ 2160471 G11B11/03), який включає в себе опромінення спеціально сформованим оптичною системою і модульованим з допомогою блока запису інформації двома пучками лазерного випромінювання носія інформації, який складається з підкладки і реєструючого шару, та створенні в цьому шарі двокоординатної картини змін (амплітудних, фазових), зчитування інформації однорідним лазерним пучком, реєстрацію двокоординатним фотоприймачем і обробку блоком зчитування. Основним недоліком голографічного способу запису інформації є те, що в ньому необхідно використовувати когерентне лазерне випромінювання і формувати два когерентні лазерні пучки, а також використовувати ефективний високошвидкісний, високороздільний двокоординатний просторовий модулятор і фотоприймач лазерного пучка, що значно обмежує швидкість запису інформації, збільшує габарити пристроїв, які на них базуються і зменшує надійність їх роботи.

Відомий оптичний побітовий спосіб запису інформації (див. патенти: РФ 2161827 G11B7/00, 2160471 G11B11/03, РФ 2127915 G11B7/24), який включає в себе опромінення спеціально сфокусованим оптичною системою і модульованим з допомогою блока запису інформації одним пучком лазерного випромінювання, який складається з підкладки і реєструючого шару, створенні в реєструючому шарі в точці фокусування змін (амплітудних, фазових чи магнітних), зчитування інформації сфокусованим неперервним немодульованим лазерним пучком, реєстрацію фотоприймачем і обробку блоком зчитування, причому при записі і зчитуванні інформації сфокусований лазерний пучок механічно переміщається по носію інформації від однієї точки запису до другої по спеціальній доріжці запису. Основним недоліком такого способу запису інформації є те, що в ньому в необхідно використовувати складну оптичну систему фокусування на доріжку запису інформації, а також механічну систему транспортування дискових носіїв інформації. Все це обмежує швидкість запису інформації в даних способах, збільшує габарити пристроїв, які на них базуються і зменшує надійність їх роботи.

Добре відомий також магнітний спосіб запису інформації (див. патенти US 7713591, US 6947235, US 7068452, US 7713591, US 8107194) який включає в себе створення змін магнітного стану в локальній (точковій) області магнітного носія інформації (зміна напрямку чи величини намагнічування), зчитування інформації за рахунок впливу магнітного стану локальної (точкової) області носія інформації на величину електричного сигналу зчитування, і обробку блоком зчитування, причому при записі і зчитування інформації здійснюється магнітною головкою, яка механічно переміщається відносно носія інформації від однієї точки запису до другої по заданій доріжці запису інформації. Найбільш близьким до нашого способу магнітного запису інформації є спосіб, описаний в патенті US 7068452, який ми вибрали як прототип. Цей спосіб також включає в себе створення змін магнітного стану в локальній (точковій) області магнітного носія інформації (зміна напрямку чи величини намагнічування), зчитування інформації за рахунок впливу магнітного стану локальної (точкової) області носія інформації на величину електричного сигналу зчитування, і обробку блоком зчитування, причому при записі і зчитування інформації здійснюється магнітною головкою, яка механічно переміщається відносно носія інформації від однієї точки запису до другої по заданій доріжці запису інформації, але в ньому використовується магнітний носій інформації з декількома магнітними шарами.

Основним недоліком такого способу запису інформації є те, що в ньому використовується механічна система транспортування носіїв інформації і складна механічна система утримання магнітної головки на доріжці запису інформації. Це обмежує швидкість запису інформації, збільшує габарити пристроїв, які на них базуються і зменшує надійність даного способу запису.

Відомий носій для магнітного запису інформації (див. патент US 7068452), який ми вибрали як прототип, який складається з підкладки і декількох магнітних шарів з різною коерцитивною силою. Запис і зчитування на такий магнітний носій проводиться з допомогою магнітної головки з на основі вище описаного способу запису. Основним недоліком відомого носія інформації є те, для запису на нього необхідно використовувати механічну систему транспортування носія інформації і складну механічну систему утримання магнітної головки на доріжці запису. Це обмежує швидкість запису інформації, збільшує габарити пристроїв з таким носієм і зменшує надійність їх роботи.

Технічною задачею, на розв'язання якої направлений даний винахід, є підвищення надійності роботи, розширення функціональних можливостей, ефективності і надійності відомого способу запису інформації, а також розширення функціональних можливостей, і

надійності відомого носія для запису інформації, зменшення його габаритів і підвищення надійності його роботи.

Поставлена задача в даному винаході вирішується за рахунок того, що в даному винаході відсутні будь-які механічні системи транспортування носія інформації і магнітної головки запису-зчитування, а також відсутня і сама магнітна головка. Так заявлений спосіб магнітного запису інформації, який включає в себе запис інформації за рахунок створення змін магнітного стану в локальній (точковій) області магнітного носія інформації (зміна напрямку чи величини намагнічування), зчитування інформації за рахунок впливу магнітного стану локальної (точкової) області носія інформації на величину електричного сигналу зчитування і обробку блоком зчитування, який відрізняється тим, що запис інформації здійснюється спіновим струмом за рахунок перемагнічування низькокоерцитивного магнітного нанoshару в магнітному носії інформації з трьома різними магнітними нанoshарами двома висококоерцитивним і одним низькокоерцитивним, а зчитування інформації здійснюється за рахунок впливу магнітного стану цього низькокоерцитивного магнітного нанoshару на величину спінового струму, який проходить через нього в точці запису, причому при записі "1" спіновий струм інjektується в перемагнічуваний низькокоерцитивний нанoshар з першого найбільш висококоерцитивного магнітного нанoshару, а при записі "0" спіновий струм інjektується в перемагнічуваний низькокоерцитивний нанoshар з іншого висококоерцитивного магнітного нанoshару з меншою коерцитивною силою, а зчитування інформації здійснюється диференціальним методом спіновим струмом з малою силою струму, при одночасній інжекції цього струму в низькокоерцитивний шар з обох висококоерцитивних магнітних нанoshарів, і всі магнітні нанoshари носія інформації мають перпендикулярну або площинну анізотропію і виготовляються з магнітного матеріалу з високим ступенем спінової поляризації електронів провідності, і намагнічуються до намагніченості насичення, причому перший і другий висококоерцитивні нанoshари намагнічуються в протилежних напрямках один до одного.

Заявлений магнітний спіновий носій інформації, який складається з підкладки і багатьох магнітних шарів, розділених між собою непровідними немагнітними нанопрошарками, відрізняється тим, що складається з системи послідовно на нанесених трьох магнітних нанoshарів: висококоерцитивний - 1, низькокоерцитивний - 2, висококоерцитивний - 3, які мають перпендикулярну або площинну анізотропію і різну коерцитивну силу ( $H_1 > H_3 > H_2$ ), і кожен з магнітних нанoshарів виконаний в вигляді системи регулярних розділених між собою однакових  $m$  смужок, які одночасно служать електродами для запису і зчитування інформації, і смужки в першому і третьому магнітному нанoshарах розміщені одна навпроти одної, а смужки в другому (низькокоерцитивному) магнітному нанoshарі орієнтовані перпендикулярно до смужок в першому і третьому нанoshарах, і перший та третій магнітні нанoshари намагнічені в протилежних напрямках до величини, близької до величини намагнічування насичення, і система послідовно на нанесених трьох магнітних будується по такій схемі: 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 1... і т. д., де 0 - непровідний немагнітний нанопрошарок.

Принцип роботи даного способу запису інформації опишемо базуючись на схемі пристрою - методом лазерної літографії формувались смужки шириною 2-3 мкм з проміжком між смужками близько 5 мкм (кресл.). Магнітний спіновий носій інформації складається з підкладки 1 (матеріал: скло, кварц, кремній і т.д.), на яку нанесений висококоерцитивний магнітний нанoshар 2 з перпендикулярною або площинною анізотропією з матеріалу з високою спіноюю поляризацією електронів (плівки аморфних сплавів рідкісноземельних і перехідних металів типу TbFe, сплав заліза і кобальту, окисли  $Fe_3O_4$ ,  $CrO_2$ , половинні метали, див. роботу J. Cibert, J. Bobo, U. Lüders. Development of new materials for spintronics, Comptes Rendus Physique, vol. 6, pp. 977-996, 2005; I. Zutic, J. Fabian, and S. Das Sarma. Spintronics: Fundamentals and Applications, Rev. Mod. Phys., vol. 76, #2, pp. 323-410, 2004). Нанoshар 2 виконаний в виді системи розділених між собою  $m$  смужок товщиною декілька десятків нанометрів і шириною менше мікрона. На магнітний нанoshар 2 нанесений суцільний тонкий товщиною в декілька нанометрів нанопрошарок 3 з непровідного і немагнітного матеріалу ( $MgO$ ,  $Pr_6O_{11}$  див роботи: S. Yuasa and D.D. Djayaprawira, J. Phys. D: Appl. Phys., 40, R337 2007; Крупа Н.Н. Письма в ЖЕТФ, 87, 635, 2008; Крупа Н.Н. ЖТФ 81, 111, 2011). На цей нанопрошарок нанесений низькокоерцитивний магнітний нанoshар 4 з аналогічною як і нанoshар 2 перпендикулярною або площинною анізотропією і з матеріалу з високою спіноюю поляризацією електронів, який відрізняється від нанoshару 2 лише тим, що за рахунок зміни концентрації складових його коерцитивна сила в декілька раз нижча ніж коерцитивна сила нанoshару 2. Нанoshар 4 також виконаний в вигляді системи розділених між собою  $l$  смужок товщиною декілька десятків нанометрів і шириною менше мікрона, але на відміну від нанoshару 2 ці смужки орієнтовані перпендикулярно до  $m$  смужок цього нанoshару. На магнітний нанoshар 4 нанесений аналогічний

наношарок 3, і на нього нанесений висококоерцитивний магнітний наношар 5 з аналогічною як і в наношару 2 характеристиками, який відрізняється від наношару 2 лише тим, що за рахунок зміни концентрації складових його коерцитивна сила нижча ніж коерцитивна сила наношару 2. Наношар 5 також виконаний в виді системи розділених між собою  $m$  смужок, які за геометричними параметрами і орієнтацією співпадають з  $m$  смужками наношару 2 і розміщені точно навпроти цих смужок. На магнітний наношар 5 нанесений наношарок 3, і на нього нанесений низькокоерцитивний магнітний наношар 4, на який нанесений наношарок 3, далі нанесений висококоерцитивний магнітний наношар 2 і т.д. Загальна кількість магнітних наношарів повинна бути такою, щоб перший і останній наношари були з високо коерцитивного матеріалу. Всі  $m$  смужок магнітних наношарів 3 і 5 і  $l$  смужок магнітних наношарів 2 електрично зв'язані з блоком запису-зчитування пристрою магнітного запису інформації на магнітний спіновий носій.

Працює заявлений спосіб наступним чином. При записі "1" в  $ml$ -ту комірку пам'яті з блока запису-зчитування на  $m$ -ту смужку висококоерцитивного магнітного наношару 2 подається «-» імпульсу напруги запису, а «+» подається на  $l$ -ту смужку низькокоерцитивного магнітного наношару 4. Під дією спінового струму, який інjektується з наношару 2 в наношар 4 в наношарі 4 наводиться нерівноважний магнітний момент  $M_s = n_s S = n_s \mu_B$ , який створює відповідно і нерівноважне магнітне поле  $H_s$  (див. роботи: J.C. Slonczewski, JMMM, 159, 1191, 1996; Крупа Н.Н. ЖЕТФ, 135, 981, 2009; Крупа Н.Н. ЖТФ, 81, 111, 2011). Коли величина перевищує поле анізотропії наношару 2  $H_s > H_a$ , цей наношар намагнічується, і напрям його намагніченості співпадає з напрямом намагніченості наношару 2. Так в  $ml$ -ту комірку пам'яті записується записи "1". При записі "0" в  $ml$ -ту комірку пам'яті «-» імпульсу напруги запису подається на  $m$ -ту смужку висококоерцитивного наношару 5, а «+» подається на  $l$ -ту смужку магнітного наношару 4 і тепер під дією спінового струму низькокоерцитивний наношар 4 тепер намагнічується в напрямі намагніченості наношару 5.

Величину струму, яку потрібно пропустити через контакт 2-4 або 5-4, щоб отримати перемагнічування наношару 4 в точці запису, можна оцінити за виразом

$$H_s = \frac{|\vec{M}_s| \mu}{4\pi\mu_0} = \frac{\gamma J_A \tau_s \mu_B \mu}{4\pi\mu_0 S_e h e}, \quad J_A > \frac{H_a 4\pi\mu_0 S_e h e}{\gamma \tau_s \mu_B \mu},$$

де  $J_A$  і  $S_e$  - сила струму площа контакту;  $h$  - товщина наношару 4;  $e$  і  $\tau_s$  - заряд електрона і час релаксації спінової поляризації в наношарі 4;  $\mu$  і  $\mu_0$  - магнітна проникність наношару 4 і абсолютна магнітна проникність;  $\gamma < 1$  - коефіцієнт, який характеризує величину спінової поляризації в наношарах 2 або 5. Оцінки показують, що при струмі в  $J=1$  мкА в контакт з площею один квадратний мікрон,  $h=40$  нм,  $\tau_s=10^{-9}$  с,  $\mu=500$  Гн/м і  $\gamma=0,5$  спіновий струм створює високе магнітне поле  $H_s > 10^7$  А/м, яке набагато перевищує поля анізотропії більшості магнітних плівок.

При зчитуванні інформації з блока запису-зчитування «-» імпульсу напруги зчитування з амплітудою, набагато меншою від амплітуди імпульсу запису, одночасно подається на  $m$ -ті смужки висококоерцитивних магнітних наношарів 2 і 5, а «+» подається на  $l$ -ту смужку низькокоерцитивного магнітного наношару 4. В залежності від того, яка інформація записана в  $ml$ -тій комірці пам'яті "0" чи "1", низькокоерцитивний наношар 4 в цій комірці намагнічений в напрямі намагніченості наношару 5 чи 2. Тому провідність між шарами 2-4 і між шарами 5-4 для цієї комірки буде різна (див. роботи: Julliere M, Phys. Letter. 54A, 225 1975; S. Yuasa and D.D. Djayawardana, J. Phys. D: Appl. Phys., 40, R337 2007). В результаті в блоці запису зчитування ми будемо мати для різниці сигналів  $U_{25}=U_{24}-U_{54}$  при зчитуванні "1"  $U_{25}>0$  і при зчитуванні "0"  $U_{25}<0$ , що забезпечує надійну реєстрацію записаної інформації.

Так як магнітні наношари 2 і 5 мають досить високу коерцитивну силу (близько 1 тисячі ерстед) то записана інформації надійно зберігається тривалий час.

Аналогічно працює і спіновий носій інформації, який містить  $2k+1$  магнітних наношарів, а відповідно  $(2k+1)ml$  комірок пам'яті, що забезпечує дуже високу ємність такого носія (при ширині магнітної смужки 0,5 мк і товщині до 300 нм в  $1 \text{ см}^3$  можна записати більше  $10^{12}$  біт інформації) при високій швидкості запису і зчитування. Спіновий носій інформації описаного типу дозволяє організувати паралельний запис інформації по  $km$  каналах, що значно підвищує запис і зчитування.

Експериментальна перевірка заявленого способу проводилась на двох типах макетних зразках з трьома магнітними наношарами:  $\text{Tb}_{22}\text{Co}_5\text{Fe}_{73}/\text{Pr}_6\text{O}_{11}/\text{Tb}_{17}\text{Co}_5\text{Fe}_{78}/\text{Pr}_6\text{O}_{11}/\text{Tb}_{19}\text{Co}_5\text{Fe}_{76}$  і  $\text{Co}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Pr}_6\text{O}_{11}/\text{Co}_{20}\text{Fe}_{80}/\text{Pr}_6\text{O}_{11}/\text{Co}_{30}\text{Fe}_{70}$ . При цьому використовувалась така технологія виготовлення магнітного спінового носія інформації. На підкладку  $7 \times 7$  см з плавленого кварцу по чотирьох краях наносились срібні електроди в вигляді смужок шириною 1-2 мм і

напилювались послідовно: наночар  $Tb_{22}Co_5Fe_{73}$  товщиною 20-25 нм, нанопрошарок  $Pr_6O_{11}$  товщиною близько 1 нм. Потім методом лазерної літографії формувались смужки шириною 2-3 мкм з проміжком між смужками близько 5 мкм. На ці смужки напилювався нанопрошарок  $Pr_6O_{11}$  товщиною 1-2 нм і наночар  $Tb_{17}Co_5Fe_{78}/Pr_6O_{11}$  товщиною 20-25 нм і нанопрошарок  $Pr_6O_{11}$  товщиною близько 1 нм. Далі методом лазерної літографії формувались смужки шириною 2-3 мкм з проміжком між смужками близько 5 мкм, які були орієнтовані перпендикулярно відносно перших смужок. На ці смужки напилювався нанопрошарок  $Pr_6O_{11}$  товщиною 1-2 нм і наночар  $Tb_{19}Co_5Fe_{76}$  товщиною 20-25 нм і нанопрошарок  $Pr_6O_{11}$  товщиною близько 1 нм, в якому методом лазерної літографії формувались смужки шириною 2-3 мкм з проміжком між смужками близько 5 мкм, які були паралельні до смужок в першому магнітному наночарі і розміщувались точно навпроти цих смужок. На ці смужки напилювався нанопрошарок  $Pr_6O_{11}$  товщиною 1-2 нм. Аналогічно формувався носій спінового запису інформації на основі наночарів  $Co_{80}Fe_{20}$ ,  $Co_{20}Fe_{80}$  і  $Co_{30}Fe_{70}$ . Феримагнітні наночари  $TbCoFe$  мають велику енергію перпендикулярної анізотропії і сильну залежність коерцитивної сили від температури (див. роботи: Котогі М., Nukata T., Tsutsumi K. et al, IEEE Trans. Magnetic, 1984, 20, 1042; Крупа Н.Н., Кузьмак О.М., Карасева В.Ю., Поверхность, 2001, № 11, 92). Різниця концентрації складових в наночарах  $Tb_{22}Co_5Fe_{73}$ ,  $Tb_{19}Co_5Fe_{76}$  і  $Tb_{17}Co_5Fe_{78}$  забезпечує різницю в величині коерцитивної сили. При  $T=300$  К коерцитивна сила наночару  $Tb_{22}Co_5Fe_{73}$  складала  $H_1 \approx 3 \times 10^5$  А/м, наночару  $Tb_{19}Co_5Fe_{76}$   $H_2 \approx 1,2 \times 10^5$  А/м і наночару  $Tb_{17}Co_5Fe_{78}$   $H_2 \approx 5 \times 10^4$  А/м. Коерцитивна сила феромагнітних наночарів  $CoFe$ , які мають невелику дисперсію одноосної анізотропії в площині, через різницю складу також різні. В  $Co_{20}Fe_{80}$   $H' \approx 120$  А/м, в  $Co_{30}Fe_{70}$   $H' \approx 300$  А/м і в  $Co_{80}Fe_{20}$   $H'_2 \approx 800$  А/м.

При записі інформації на пару електродів  $Tb_{22}Co_5Fe_{73}$  і  $Tb_{17}Co_5Fe_{78}$  (запис "1") або  $Tb_{19}Co_5Fe_{76}$  і  $Tb_{17}Co_5Fe_{78}$  (запис "0"), а також  $Co_{80}Fe_{20}$  і  $Co_{20}Fe_{80}$  (запис "1") або  $Co_{30}Fe_{70}$  і  $Co_{20}Fe_{80}$  (запис "0"), по чергово з генератора імпульсів Г5-60 подавався 10 наносекундний імпульс з амплітудою, яка забезпечувала струм запису порядку 100 мкА. Зчитування проводилось таким же імпульсом зі струмом, меншим 10 мкА, і реєструвалась різниця в сигналах, які знімалися з електродів  $Tb_{22}Co_5Fe_{73}$  і  $Tb_{19}Co_5Fe_{76}$  або  $Co_{80}Fe_{20}$  і  $Co_{30}Fe_{70}$ . Результати показали, що в залежності від запису "0" чи "1" ми реєстрували з допомогою цифрового осцилографа Tektronix TDS 2012B додатний чи від'ємний імпульс близько 10 мкВ.

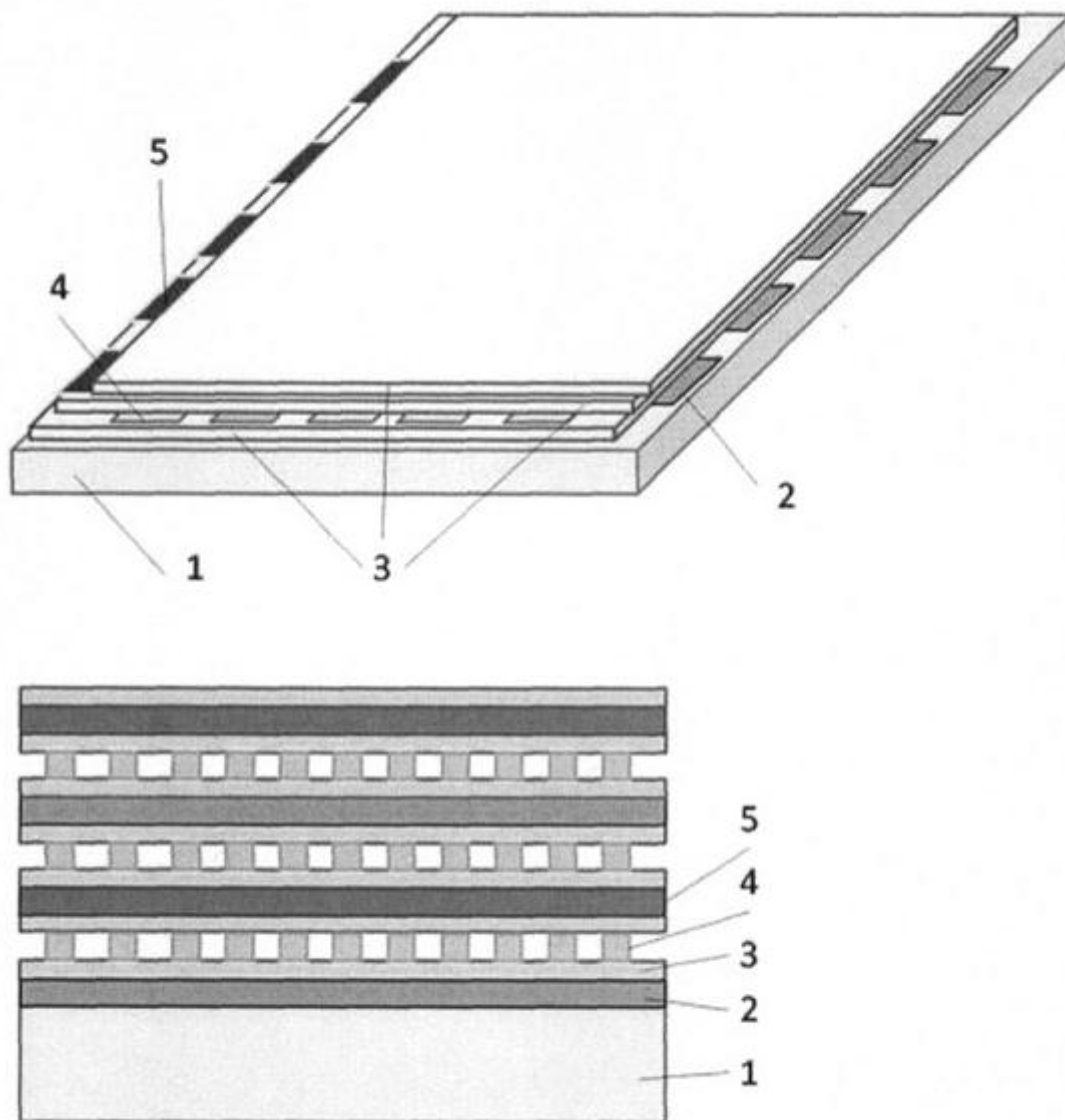
Ці результати демонструють надійну роботу заявленого способу магнітного запису інформації і носій спінового запису інформації.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб магнітного запису та зчитування інформації, який включає в себе створення змін магнітного стану в локальній, тобто точковій, області магнітного носія інформації, а саме зміни напрямку чи величини намагнічування, зчитування інформації за рахунок впливу магнітного стану локальної області носія інформації на величину електричного сигналу зчитування і обробку блоком зчитування, який **відрізняється** тим, що зміну магнітного стану тришарового носія інформації здійснюють під дією спінового стуму, що перемагнічує середній низькокоерцитивний магнітний наночар магнітного носія інформації, а запис інформації здійснюють за рахунок впливу магнітного стану цього низькокоерцитивного магнітного наночару на величину спінового струму, який проходить через нього в точці запису, причому при записі "1" спіновий струм інжектується в перемагнічуваний низькокоерцитивний наночар з першого найбільш висококоерцитивного магнітного наночару, а при записі "0" спіновий струм інжектується в перемагнічуваний низькокоерцитивний наночар з іншого висококоерцитивного магнітного наночару з меншою коерцитивною силою, а зчитування інформації здійснюють диференціальним методом спіновим струмом з малою силою струму, при одночасній інжекції цього струму в низькокоерцитивний шар з обох висококоерцитивних магнітних наночарів, і всі магнітні наночари мають перпендикулярну або площинну анізотропію і виготовляються з магнітного матеріалу з високим ступенем спінової поляризації електронів провідності, і намагнічуються до намагніченості насичення, причому перший і другий висококоерцитивні наночари намагнічуються в протилежних напрямках один до одного.

2. Магнітний спіновий носій інформації, який складається з підкладки і множини магнітних шарів, розділених між собою непровідними немагнітними нанопрошарками, який **відрізняється** тим, що множини магнітних шарів складаються з системи послідовно нанесених трьох магнітних наночарів: висококоерцитивний - 1, низькокоерцитивний - 2, висококоерцитивний - 3, які мають перпендикулярну або площинну анізотропію і різну коерцитивну силу, а саме  $H_1 > H_3 > H_2$ , і кожен з магнітних наночарів виконаний у вигляді системи регулярних розділених між собою однакових  $m$  смужок, які одночасно служать електродами для запису і зчитування інформації, при цьому

- 5 смужки у першому і третьому магнітному нанощарах розміщені одна навпроти одної, а смужки в другому магнітному нанощарі орієнтовані перпендикулярно до смужок в першому і третьому нанощарах, і перший і третій магнітні нанощари намагнічені в протилежних напрямках до величини, близької до величини намагнічування насичення, при цьому систему будують по схемі: 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 2, 0, 1..., де 0 - непровідний немагнітний нанопрошарок.



Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601