



УКРАЇНА

(19) UA (11) 56052 (13) U
(51) МПК (2009)
С30В 30/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) АТОМНИЙ ЧИП

1

2

(21) u201006960

(22) 07.06.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл. № 24, 2010 р.

(72) ВИШНЕВСЬКИЙ ВІКТОР ГЕОРГІЙОВИЧ, НЕ-
ДВІГА ОЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ, НЕСТЕРУК
ОЛЕКСАНДР ГРИГОРОВИЧ, БЕРЖАНСЬКИЙ ВО-
ЛОДИМИР НАУМОВИЧ(73) ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИ-
ТЕТ ІМ. В.І. ВЕРНАДСЬКОГО

(57) Атомний чип, що містить монокристалічну магнітну плівку з ефектом пам'яті, який **відрізняється** тим, що плівка містить $N \geq 2$ субшарів, виконаних з різною коерцитивною силою, причому $H_{c1} > H_{c2} > \dots > H_{cN} > H_b$, де H_b - зовнішнє однорідне магнітне поле зміщення, температурою Кюрі, що відрізняється не менше ніж на 10 % від одного субшару до іншого, і перпендикулярною магнітною анізотропією.

Технічне рішення відноситься до галузі атомної інтерферометрії холодних нейтральних атомів або молекул з магнітним дипольним моментом. Воно може бути використане також при створенні акселерометрів, гравіметрів, атомних годинників, сенсорів електромагнітного поля, квантових комп'ютерів і маніпуляторів наночастинками.

Відомий мікрочип на основі кільцевого уловлювача «охолоджених» атомів або молекул [US Pat. 7030370], який складається з багатозарово розміщених на мікрокристалі кільцевих струмових провідників. Ці провідники концентрично розташовані на внутрішньому (нижньому) і зовнішньому (верхньому) рівнях мікрокристала. Уловлювач може втримувати захоплені «охолоджені» атоми або молекули на деякому певному рівні, який задається силою струмів, що протікають по кільцевих провідниках; амплітуда струмів від 0,5 А до 3 А.

Основним недоліком такого мікрочипа є те, що він принципово не може змінювати своєї геометрії, тобто бути реконфігурованим.

Відомий також реконфігурований атомний чип на основі магнітооптичного уловлювача у виконанні монокристалічної магнітної плівки з ефектом пам'яті. Завдяки своїм властивостям, висококоерцитивна епітаксійна плівка фериту-гранату (ЕПФГ) забезпечує як можливість маніпуляцій атомами за допомогою світлових променів ІЧ діапазону, так і багаторазовий перезапис геометрії чипа сфокусованим променем лазера видимого діапазону [A. Jaakkola, A. Shevchenko, K. Lindfors, M. Hautakorpi, E. Il'yashenko, T.H. Johansen and M. Kaivola. Reconfigurable atom chip on a transparent ferrite-garnet film // Eur. Phys. J. D 35, 81-85 (2005)]. Використовувані в прототипі ЕПФГ складу

$(\text{BiYTMd})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ дозволяють створювати над їхньою поверхнею стійкі мікроскопічні магнітні потенціали від конфігурацій магнітних доменів, які разом з однорідним зовнішнім полем зміщення служать для втримання «ультрахолодних» нейтральних атомів.

Недоліком цього технічного вирішення є те, що вловлювачі як результат суперпозиції зовнішнього (однорідного) поля H_b і поля розсіювання доменів (неоднорідного) локалізують атоми на деякій фіксованій відстані (рівні) над поверхнею плівки. Зміна рівня можлива в деяких межах лише за рахунок зміни амплітуди поля зміщення.

В основу корисної моделі поставлено завдання вдосконалити атомний чип шляхом формування в плівці субшарів, які відрізняються за фізичними властивостями, що забезпечує можливість створення над її поверхнею стійких мікроскопічних магнітних потенціалів різної величини.

Поставлене завдання вирішується тим, що атомний чип, який включає монокристалічну магнітну плівку з ефектом пам'яті, згідно з корисною моделлю, плівка містить $N \geq 2$ субшарів, виконаних з різною коерцитивною силою, причому $H_{c1} > H_{c2} > \dots > H_{cN} > H_b$, температурою Кюрі, що відрізняється не менше, ніж на 10%, і перпендикулярною магнітною анізотропією. Конструкція такого атомного чипа дозволяє здійснювати позиціонування атомів на різних, але фіксованих дискретно висотах над поверхнею ЕПФГ при тому самому полі зміщення. Тим самим, атомний чип набуває нового режиму функціонування, що еквівалентний уведенню додаткового ступеня свободи.

Атомний чип виконаний у вигляді магнітної плівки з N субшарів (Фіг. 1). Плівка є висококоер-

(13) U
(11) 56052
(19) UA

читивною ($H_{CN} \sim 10^2 + 10^3$ Е) із прямокутною петлею гістерезису: $H_{CN} \geq H_{SN}$, тобто коерцитивна сила не менше поля насичення (у кожному із субшарів). Субшари різняться величинами намагніченості насичення, а також значеннями температури Кюрі не менше ніж на 10%. Останнє забезпечує можливість пошарового (незалежного) термомагнітного запису або стирання довільних доменних конфігурацій. Значення коерцитивної сили субшарів повинні також різнитися і перевищувати величину зовнішнього поля зміщення H_b , чим гарантується стабільність конфігурацій. Субшари плівки характеризуються перпендикулярною магнітною анізотропією, що гарантує існування обмінного зв'язку між ними. У цьому випадку мікромагнітні потенціали, створювані над поверхнею ЕПФГ різними комбінаціями доменних конфігурацій у субшарах, будуть мати різну величину. Цілеспрямоване формування і зміна даних конфігурацій у присутності поля зміщення служить для втримання нейтральних атомів на різній, але заданій висоті над поверхнею чипа.

Атомний чип виготовляють так: програмують зміну частоти обертання підкладки в розплаві, змінюють ростову температуру в ході рідиннофазної епітаксії (РФЕ). Стадії запису локальних доменних конфігурацій сфокусованим лазерним променем, разом з однорідним полем підмагнічування (зміщення), реверсним напрямку намагніченості N-го субшару, передують підготовці ЕПФГ для приведення субшарів у вихідний просторово-однорідний стан намагніченості. Схеми 1a-1d показують можливі варіанти такої підготовки ЕПФГ. Так, варіант 1с здійснюмо послідовним намагнічуванням ЕПФГ однорідним, але різним за знаком полем, що має спочатку амплітуду $|+H| > H_{c1}$, а потім $H_{c2} < |-H| < H_{c1}$. Далі на схемах 2a-4d наведено варіанти всіх реалізованих конфігурацій доменів. Вони можуть бути сформовані або вилучені (стерті) у реальному масштабі часу, зокрема - через ілюмінатор вакуумної камери, де перебуває атомний газ (пучок), за допомогою дистанційного записувального обладнання. Суперпозиція локальних полів розсіювання від «наскрізних» або «некрізних» доменних конфігурацій і зовнішнього однорідного поля зміщення забезпечує багаторівневий режим роботи атомного чипа.

Приклад 1

У двошаровій ЕПФГ складу $Bi_{3-x-y}Sm_xLu_yFe_{5-z}$

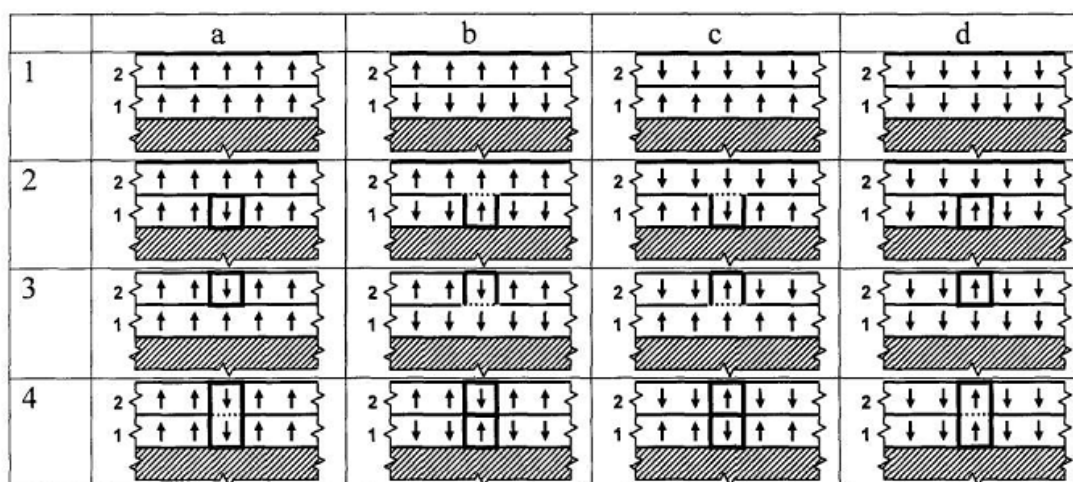
$vGa_zAl_vO_{12}$ (для шару 1 - $0,7 \leq x \leq 0,8$; $1,5 \leq y \leq 1,6$; $0,6 \leq z + v \leq 0,8$; для шару 2 - $0,8 \leq x \leq 0,9$; $1,5 \leq y \leq 1,4$; $0,4 \leq z + v \leq 0,6$) сформована доменна конфігурація типу 3с (фіг. 1). Цьому передувала стадія попереднього намагнічування субшарів відповідно до схеми 1с (фіг. 1). Намагніченість насичення першого субшару 800 Гс, другого - 1000 Гс; коерцитивні сили, відповідно, 780 і 700 Е. Товщина субшарів однакова і дорівнює 2 мкм. Ширина домену («штриха», що виникає в результаті термомагнітного запису) у субшарах однакова і рівна 5 мкм. Зовнішнє поле зміщення H_b , перпендикулярне поверхні ЕПФГ, має величину 500 Е. Тоді, як показує розрахунок (фіг. 2А), на висоті 2,74 мкм над поверхнею ЕПФГ утворюється область із магнітним уловлювачем - темна зона з окружністю - для таких охолоджених нейтральних атомів, як, наприклад, ^{87}Rb . Білим кольором відмічено розподіл ліній рівної напруженості (ЛРН) амплітуди сумарного магнітного поля. Найменшим двом діаметрам ЛРН відповідають амплітуди 300 і 100 Е.

У тій же ж плівці, у тому числі і в області, розташованій поруч, також може бути сформована інша доменна конфігурація типу 4с (фіг. 1). Зовнішнє поле зміщення має ту ж величину (500 Е). Тоді (фіг. 2В) на висоті 1 мкм над поверхнею ЕПФГ утворюється інша область з магнітним уловлювачем. Рівні локалізації охолоджених атомів у зазначених уловлювачах виявляються розташованими на дистанції 1,74 мкм один від одного уздовж напрямку, перпендикулярного поверхні чипа.

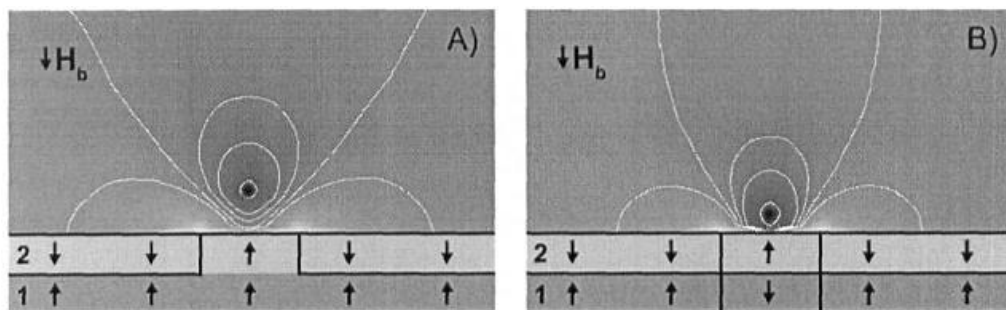
Приклад 2

Намагніченість насичення першого шару іншої ЕПФГ складає 400 Гс, другого 500 Гс; коерцитивна сила відповідно 350 і 300 Е. Зовнішнє поле зміщення дорівнює 70 Е. Якщо розмір домену 5 мкм, атоми будуть локалізовані на висоті 5 мкм і 3 мкм (відповідно з фіг. 3а та 3б). ЛРН у вигляді окружностей більшого та меншого діаметрів відповідають амплітуди сумарного поля 50 і 25 Е. Рівні локалізації атомів розташовані на відстані 2 мкм один від одного.

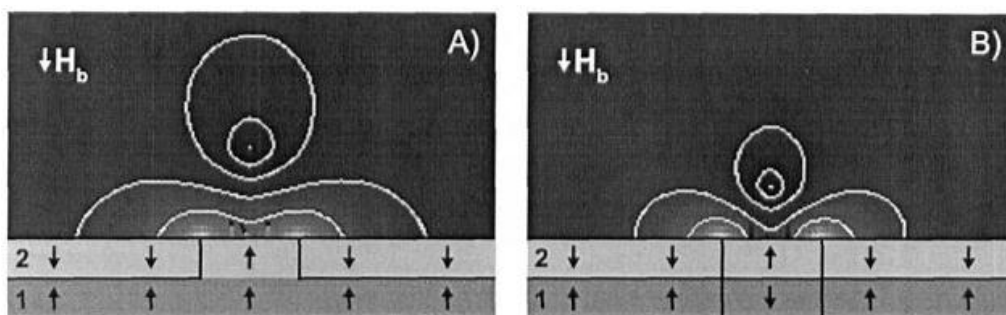
Технічне вирішення дозволяє створювати над поверхнею ЕПФГ стійкі мікроскопічні магнітні потенціали різної величини за допомогою комбінування доменних конфігурацій у субшарах, тобто одержати реконфігурований атомний чип з додатковим ступенем свободи.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3