



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **78894**

(13) **U**

(51) МПК

**C30B 29/28** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 08753**

(22) Дата подання заявки: **16.07.2012**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **10.04.2013**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **10.04.2013, Бюл.№ 7**

(72) Винахідник(и):

**Шапошніков Олександр Миколайович**  
**(UA),**

**Прокопов Анатолій Романович (UA),**  
**Бержанський Володимир Наумович (UA),**  
**Каравайников Андрій Вікторович (UA)**

(73) Власник(и):

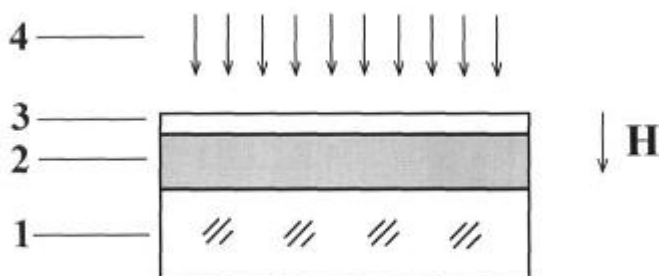
**ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.І. ВЕРНАДСЬКОГО,**  
проспект Академіка Вернадського, 4, м.  
Сімферополь, АР Крим, 95007 (UA)

## (54) НАНОСТРУКТУРА

(57) Реферат:

Наноструктура містить підкладку, нижній шар магнітооптичного матеріалу виконаний з матеріалу складу  $\text{Bi}_x\text{R}_{3-x}\text{Fe}_{5-y}\text{M}_y\text{O}_{12}$  і верхній наночар складу  $\text{Bi}_x\text{R}_{3-x}\text{Fe}_{5-y}\text{M}_y\text{O}_{12}$ . Нижній шар додатково містить елементи R-Y, Gd, M-Ga.

Наноструктура



Фіг. 1

UA 78894 U



Корисна модель належить до галузі нанофотоніки та спінтроніки і може бути використана для керування когерентними потоками світла в оптоелектронних і магнітофотонних приладах, системах зберігання і передавання інформації.

Як найближчий аналог вибрано наноструктуру (патент UA за заявкою № а 201209031 з пріоритетом від 19.07.2010), що включає  $3 \leq N \leq 10$  пар періодично напилених один на одного магнітних і немагнітних шарів, причому магнітні шари  $M_1$  і  $M_2$  мають різні склади. Шар  $M_1$  виконаний з матеріалу складу  $Bi_xR_{3-x}Fe_{5-y}M_yO_{12}$ , де R - щонайменше один рідкісноземельний елемент, вибраний з групи Tb, Dy, Sm, Eu, Tm, Yb, Lu та в комбінації з Tb з Pr, Yb з Nd, M - Al, значення x змінюється в межах 0,5-2 ат./форм. од., значення y змінюється в межах 0,5-1,3 ат./форм. од., а шар  $M_2$  виконаний з матеріалу складу  $Bi_zK_{3-z}Fe_5O_{12}$ , де K - Y, Lu, значення z змінюється в межах від 0,5 до 1,0 ат./форм. од. Шар складу  $M_1$  має температуру компенсації  $T_{comp}$  магнітного моменту, а шар складу  $M_2$  не має температури компенсації магнітного моменту. Такий магнітофотонний кристал дозволяє керувати його властивостями за допомогою додаткового параметра, а саме - температури. При нагріванні структури до температури, яка перевищує  $T_{comp}$  шару  $M_1$  відбувається зміна знака фарадеївського обертання  $\Theta_{FM1}$  шару  $M_1$  на протилежний. При цьому значення  $\Theta_F$  у структурі зростає і стає рівним сумі  $\Theta_{F1,2}$  усіх магнітних шарів.

Недоліком такої наноструктури є необхідність здійснювати її нагрівання для керування властивостями.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалити наноструктуру за рахунок внесення конструктивних особливостей для забезпечення можливості керування її властивостями.

Поставлена задача вирішується тим, що наноструктура, яка містить підкладку, шари з двох магнітооптичних матеріалів, нижній з яких виконаний з матеріалу складу  $Bi_xR_{3-x}Fe_{5-y}M_yO_{12}$ , де R - щонайменше один рідкісноземельний елемент, вибраний з групи Tb, Dy, Sm, Eu, Tm, Yb, Lu та в комбінації з Tb з Pr, Yb з Nd, M - Al, значення x змінюються в межах 0,5-2 ат./форм. од., і верхній наночастиці складу  $Bi_xR_{3-x}Fe_5O_{12}$ , згідно з корисною моделлю, нижній шар виконаний товщиною від 8 до 10 нм і додатково містить елементи R - Y, Gd, M - Ga, причому значення y змінюються в межах 1,0-2,0 ат./форм. од., а верхній наночастиці виконаний товщиною від 1 до 5 нм.

Така магнітооптична наноструктура, завдяки наявності наночастиці товщиною від 1 до 5 нм, що не має температури компенсації магнітного моменту, дозволяє більш ефективно, ніж найближчий аналог, керувати властивостями прохідного через неї світла.

На (фіг. 1) схематично зображено наноструктуру. На підкладку немагнітного гранату 1 нанесено плівку 2 складу  $Bi_xR_{3-x}Fe_{5-y}M_yO_{12}$ , у якій значення x змінюються в межах 0,5-2 ат./форм. од., значення y змінюються в межах 1,0-2,0 ат./форм. од. На неї нанесено ультратонку від 1 до 5 нм плівку ферит-гранату 3 складу  $Bi_xR_{3-x}Fe_5O_{12}$ . Плівка 2 зі значеннями y, що змінюються в межах 1,0-2,0 ат./форм. од., має температуру компенсації магнітного моменту  $T_{comp}$ , вищу від кімнатної, має одноісну магнітну анізотропію і так звану "ліву" магнітооптичну петлю гістерезису (ПГ), тобто додатний знак кута фарадеївського обертання за рахунок того, що в тетраедричній підґратці ферит-гранату такого складу частини іонів  $Fe^{3+}$  заміщені діамантними іонами металу  $M^{3+}$  у кількості  $y=1,0-2,0$  ат./форм. од. (ПГ - залежність кута фарадеївського обертання від поля намагнічування). Плівка 3 не має температури компенсації магнітного моменту, має анізотропію в площині і так звану "праву" магнітооптичну ПГ, тобто від'ємний знак кута фарадеївського обертання за рахунок того, що в залізній підґратці відсутні заміщення іонів  $Fe^{3+}$ .

Наноструктура діє так. При поданні магнітного поля H на наноструктуру нормально до її поверхні і падінні на неї світлового пучка 4 також нормально до її поверхні за рахунок ефектів обмінної взаємодії між шарами структури відбувається зміна знака кута фарадеївського обертання всієї структури на протилежний у порівнянні зі знаком фарадеївського обертання нижнього шару, причому це відбувається без нагрівання структури до температури компенсації магнітного моменту нижнього шару.

Приклад.

Приклади складів нижнього шару з температурою компенсації  $T_{comp}$  магнітного моменту вищою від кімнатної:

$Bi_{1,5}Gd_{1,0}Lu_{0,5}Fe_{3,7}Ga_{1,3}O_{12}$ ;  $T_{comp}=28^\circ C$ ;  
 $Bi_{1,5}Y_{0,5}Gd_{0,5}Lu_{0,5}Fe_{3,7}Ga_{1,3}O_{12}$ ;  $T_{comp}=29^\circ C$ .

Приклад конкретного виконання наноструктури.

На підкладку немагнітного гранату 1 нанесено плівку 2 ферит-гранату, що містить Bi, наприклад, складу  $Bi_{1,5}Gd_{1,0}Lu_{0,5}Fe_{3,7}Ga_{1,3}O_{12}$ , на неї нанесено ультратонку від 1 до 5 нм плівку 3 ферит-гранату, що містить Bi, наприклад, складу  $Bi_{2,8}Y_{0,2}Fe_5O_{12}$ . Плівка 2 має температуру

компенсації магнітного моменту, вищу від кімнатної, має одновісну магнітну анізотропію і так звану "ліву" магнітооптичну петлю гістерезису (ПГ), тобто додатний знак кута фарадеївського обертання при кімнатній температурі і нижче (фіг. 2). Ультратонка від 1 до 5 нм плівка 3 ферит-гранату, що містить Bi, не має температури компенсації магнітного моменту, має анізотропію в площині і так звану "праву" магнітооптичну ПГ, тобто від'ємний знак кута фарадеївського обертання. При поданні магнітного поля на наноструктуру магнітооптичні ПГ наноструктури з товщиною верхньої плівки більше ніж 1 нм стають "правими" і набувають вигляд, характерний для верхньої плівки (фіг. 3), тобто відбувається інверсія знака кута фарадеївського обертання. На фіг. 3 наведено магнітооптичні ПГ наноструктури з нижньою плівкою 2 товщиною  $h=8,2$  нм і верхньою плівкою 3 товщиною 1,5 нм (а) і 2,9 нм (б) ("праві" ПГ). Як видно з форм магнітооптичних ПГ (фіг. 3), двошарова наноструктура має такий самий тип магнітної анізотропії, як у нижнього шару, а знак фарадеївського обертання такий самий, як у верхнього шару. При товщині верхньої плівки 3  $h=0,5$  нм інверсії знака кута фарадеївського обертання не відбувається, однак спостерігається зменшення його абсолютної величини. На фіг. 4 наведено магнітооптичну ПГ наноструктури з нижньою плівкою 2 товщиною  $h=8,2$  нм і верхньою плівкою 3 товщиною 0,5 нм ("ліва" ПГ при кімнатній температурі).

Наноструктуру можна виготовити, наприклад, таким чином.

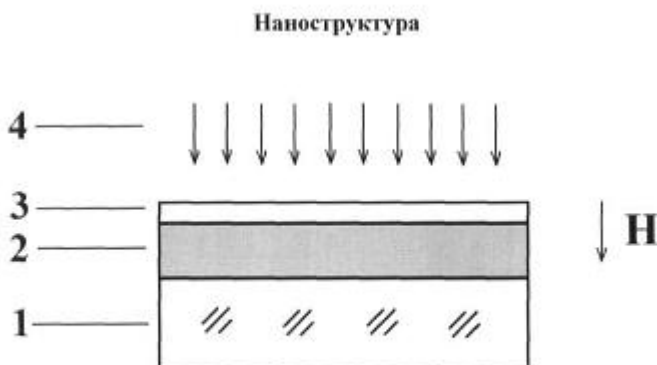
На підкладку гадоліній-галієвого гранату  $Gd_3Ga_5O_{12}$  методом реактивного іонно-променевого розпилення мішені в аргано-кисневій суміші наноситься плівка складу, наприклад,  $Bi_{1,5}Gd_{1,0}Lu_{0,5}Fe_{3,7}Ga_{1,3}O_{12}$  товщиною від 8 до 10 нм. Потім плівка кристалізується на повітрі при атмосферному тиску при температурі 650 °С. Плівки такого складу характеризуються наявністю температури компенсації магнітного моменту вищої від кімнатної, при кімнатній температурі і нижче вони мають характерні "ліві" магнітооптичні ПГ і додатний знак кута фарадеївського обертання.

Потім, на кристалізовану нижню плівку тим же самим методом реактивного іонно-променевого розпилення мішені в аргано-кисневій суміші наноситься верхня плівка 3 складу, наприклад,  $Bi_{2,8}Y_{0,2}Fe_5O_{12}$  товщиною від 1 до 5 нм і кристалізується при тих самих умовах. Плівки такого складу характеризуються відсутністю температури компенсації магнітного моменту, "правими" магнітооптичними ПГ і від'ємним знаком кута фарадеївського обертання.

Отримана наноструктура забезпечує можливість керування її властивостями за допомогою конструктивного виконання структури.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Наноструктура, що містить підкладку, шари з двох магнітооптичних матеріалів, нижній з яких виконаний з матеріалу складу  $Bi_xR_{3-x}Fe_{5-y}M_yO_{12}$ , де R - щонайменше один рідкісноземельний елемент, вибраний з групи Tb, Dy, Sm, Eu, Tm, Yb, Lu та в комбінації з Tb з Pr, Yb з Nd, M - Al, значення x змінюються в межах 0,5-2 ат./форм. од., і верхній шар складу  $Bi_xR_{3-x}Fe_5O_{12}$ , яка відрізняється тим, що нижній шар виконаний товщиною від 8 до 10 нм і додатково містить елементи R-Y, Gd, M-Ga, причому значення у змінюються в межах 1,0-2,0 ат./форм. од., а верхній шар виконаний товщиною від 1 до 5 нм.



Фіг. 1

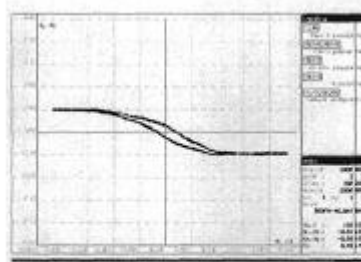
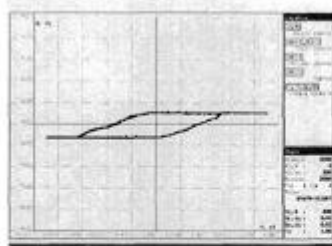
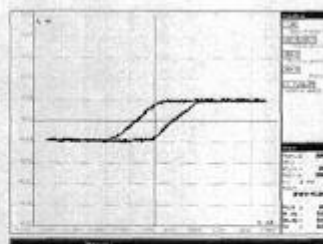


Fig. 2



a



b

Fig. 3

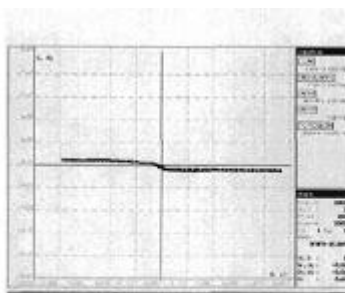


Fig. 4

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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