



УКРАЇНА

(19) UA (11) 35943 (13) A

(51) 6 G02F1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА  
ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника патен-  
ту

## (54) ПРИЛАД ДЛЯ МОДУЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

(21) 99052564

(22) 06.05.1999

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Чупис Ірина Євгеніївна, Мамалуй Денис Олександрович

(73) ЧУПИС ІРИНА ЄВГЕНІЇВНА, МАМАЛУЙ  
ДЕНИС ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(57) Прилад для модуляції електромагнітного випромінювання, який містить модулятор, розташований в електричному полі, та призму порушеного повного внутрішнього відбиття розташовану на певній відстані від модулятора, який відрізняється тим, що модулятор виконано у вигляді двошарової системи діелектрик - ідеальний метал або надпровідник, призма порушеного повного внутрішнього відбиття розташована з боку метала або надпровідника, а електричне поле спрямовано перпендикулярно поверхні контакту.

Винахід відноситься до оптоелектроніки, саме до приладів для модуляції електромагнітного випромінювання і може бути використовуваний в системах оптичної обробки інформації.

Відомо існування приладу для модуляції електромагнітного випромінювання [1], яке складається з модулятора у вигляді напівпровідникової пластини, площини якої мають різну здатність поверхневої рекомбінації, а товщина порівняна з дифузійною довжиною носіїв заряду; пластина розміщена у схрещених магнітному та електричному полях, перед поверхнею з меншою швидкістю рекомбінації на визначеній відстані розташована призма порушеного повного внутрішнього відбиття (ППВВ).

Як і заявлений винахід, відомий прилад для модуляції електромагнітного випромінювання має модулятор, розміщений у електричному полі, та призму

ППВВ на певній відстані від модулятора. Причиною, яка перешкоджує одержанню технічних результатів, є виконання модулятора з напівпровідникової пластини, що зумовлює модуляцію при зміні концентрації вільних носіїв заряду. Оскільки змінювати концентрацію вільних носіїв заряду можливо лише в обмежених розмірах, то модуляція можлива не вище інфрачервоного діапазону.

У винаході поставлене завдання створити такий прилад для модуляції електромагнітного випромінювання, у якому виконання модулятора у вигляді двошарової системи діелектрик - ідеальний метал або надпровідник дозволило б поширити модуляцію у оптичний діапазон.

Суть винаходу полягає в тому, що у приладі для модуляції електромагнітного випромінювання, який складається з модулятора, розміщеного у електричному полі, та призми ППВВ на певній відстані від модулятора, модулятор виконаний у вигляді двошарової системи діелектрик - ідеальний метал або надпровідник; призма ППВВ розташована перед металевим шаром, а електричне поле спрямовано перпендикулярно поверхні контакту.

Заявочний винахід відрізняється від прототипу тим, що модулятор виконаний у вигляді двошарової системи діелектрик - ідеальний метал або надпровідник, призма ППВВ розташована з боку метала або надпровідника, а електричне поле спрямовано перпендикулярно поверхні контакту.

Досягнення технічного результату засновано на тому, що авторами винаходу була теоретично обґрунтована можливість існування поверхневих поляритонів на межі масивного діелектрика та ідеального метала або надпровідника. Раніш [2] вважали, що поверхневі поляритони у діелектрику, який контактує з ідеальним металом чи надпровідником, не існують. Своїм появленням поверхневі поляритони зобов'язані електромагнітній взаємодії поля електромагнітних хвиль з електричною поляризацією діелектрика  $\vec{P}$  у постійному електричному полі. Ця магнітоелектрична енергія має вигляд  $W = \xi \vec{P} [\vec{I} \times \vec{h}]$ , де  $\vec{I}$  - імпульс заряду,  $\vec{h}$  - магнітне поле електромагнітної хвилі. Ця енергія - скаляр, тобто вона існує у кристалі будь-якої симетрії, і є енергією взаємодії електричної поляризації  $\vec{P}$  (яка має електронну та іонну частини) з ефекти-

(19) UA (11) 35943 (13) A

вним електричним полем  $\vec{E}_{ef} = -\frac{1}{c}[\vec{v}\vec{h}]$  створеним

рухом електричного заряду  $e$  з швидкістю  $\vec{v}$  у магнітному полі  $\vec{h}$ . Постійна  $\xi = V_0 / mc$ , де  $V_0$  - об'єм елементарної ячейки,  $m$  - маса заряду,  $c$  - швидкість світла. Вказана магнітоелектрична енергія зумовлює магнітоелектричну сприйнятливість

$\alpha_{ik} = \frac{\partial P_i}{\partial h_k}$  і внаслідок - існування поверхневих по-

ляритонів. У інфрачервоному регіоні спектру ефективно збуджується іонна частина електричної поляризації, тому  $e$  - заряд іону,  $m$  - маса іону. У оптичному діапазоні превалує збудження електронної поляризації і, відповідно,  $e$  - заряд електрону,  $m$  - маса електрону.

На відміну від прототипу, де модуляція електромагнітного випромінювання можлива в діапазоні частот, не вищих інфрачервоної частоти, винахід забезпечує модуляцію у більш широкому частотному діапазоні - як у інфрачервоному, так і у оптичному. Два частотних діапазони виникають завдяки зміні напрямку електричного поля на протилежний.

На відміну від прототипу винахід є більш простим конструктивно, бо для досягнення технічного результату нема потреби у громіздкому та енергоємному джерелі магнітного поля. Окрім того, заміна напівпровідникової пластини на систему діелектрик - ідеальний метал забезпечує роботу у більш широкому температурному діапазоні.

На фіг. 1 зображена блок-схема заявленого приладу, на фіг. 2 - залежність поляритонної частоти від хвильового вектору  $\vec{k}$  (поляритонний спектр).

Відповідно фіг. 1 прилад містить модулятор 1, виконаний у вигляді двохшарової системи: масивний діелектрик 2 - метал 3 з високою електропровідністю (ідеальний метал) або надпровідник. Модулятор 1 розташований у постійному електричному полі  $\vec{E}$ , спрямованому перпендикулярно до поверхні контакту.

З боку металу 3 модулятора розташована призма порушеного повного внутрішнього відбитку (ППВВ) на певній відстані  $d$  від модулятора, яка визначається формулою

$$d \leq l / 4\pi \sqrt{n^2 \sin^2 f - 1} \quad (1)$$

де  $l$  - довжина хвилі модульованого випромінювання,  $n$  - показник заломлення призми,  $f$  - кут падіння модульованого випромінювання у призмі ППВВ.

Модульоване випромінювання подається на призму ППВВ від джерела 5 електромагнітного випромінювання і після проходження призми 4 надходить до приймача 6.

Принцип роботи приладу такий.

На поверхні контакту діелектрика з ідеальним металом або надпровідником тангенціальні компоненти електричного поля дорівнюють нулю ( $e_x=0$ ,  $e_y=0$ ) тангенціальні компоненти магнітного поля та  $z$ -компонента електричної та магнітної

індукції є неперервними. У нашому випадку  $b_z=h_z=0$ .

Без постійного електричного поля у одновісному діелектрику існують лише об'ємні поляритони з законом дисперсії

$$k_x^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_{zz} = \frac{\omega^2}{c^2} \left( \frac{\Omega^2 - \omega^2}{\omega_e^2 - \omega^2} \right), \epsilon_{zz} \geq 0 \quad (2)$$

що описує дві гілки спектру (фіг. 2). У формулі (2):

$\omega$  - частота електромагнітних хвиль джерела,

$\omega_e$  - частота збуджень  $P_z$

$$\Omega_e^2 = \omega_e^2 + 4\pi \overline{\omega}_0^2,$$

$$\overline{\omega}_0^2 = \frac{e^2}{mV_0}.$$

В присутності постійного електричного поля  $\vec{E}$  у діелектрику 2 існують лише поверхневі поляритони з законом дисперсії (2) та глибиною проникнення  $\delta$ , скінчене значення якої зумовлено магнітоелектричною сприйнятливостю  $\alpha$ :

$$\delta = \frac{c(\omega^2 - \omega_0^2)}{4\pi \omega^2 g P_{0z}} \quad (3)$$

де  $\omega_0$  - частота збуджень  $P_x, P_y$

$g = \frac{e}{mc}$  - гіромагнітне відношення

$P_{0z}$  - величина електричної поляризації у постійному полі  $\vec{E}$ ,

$$P_{0z} = kE_z,$$

$k$  - діелектрична статична сприйнятливості.

З умов позитивності  $k_x^2$  (2) та  $\delta$  (3) виходить, що частотний інтервал існування поверхневих поляритонів залежить від напрямку постійного електричного поля  $E_z$ . На оптичних частотах (при  $g \leq 0$ ) у електричному полі, спрямованому вздовж зовнішньої нормалі до діелектрика, існують поверхневі поляритони частотної гілки 2 (фіг. 2), а для протилежного напрямку електричного поля - поляритони гілки 1. На інфрачервоних частотах ( $g \geq 0$ )

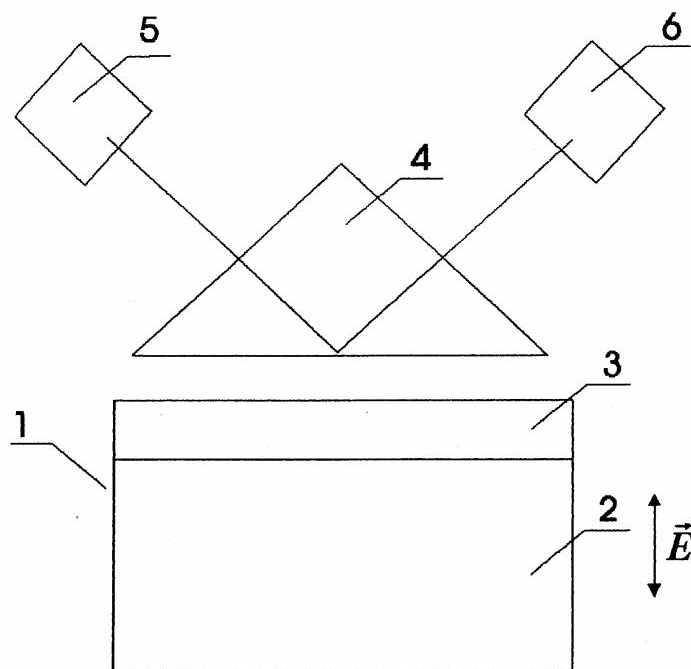
картина протилежна: у електричному полі, спрямованому вздовж зовнішньої нормалі до діелектрика, існують поверхневі поляритони частотної гілки 1, а для протилежного напрямку електричного поля - поляритони гілки 2.

Оскільки гілки 1 та 2 не є близькими, то переключення напрямку електричного поля на протилежне означає вимикання (ввімкнення) поверхневих поляритонів з певною частотою. Це явище супроводиться зміною інтенсивності та частоти відбитого світла.

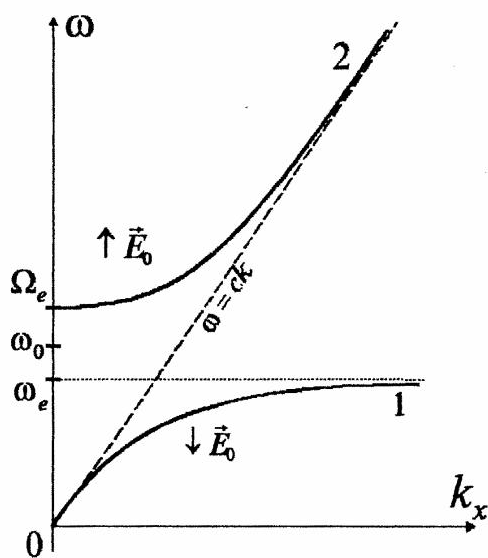
Джерела інформації

1. Патент РФ 2062495, кл. G02F1/015 от 13.08.91 г.

2. В. М. Агранович, Д. Л. Милс. Поверхностные поляритоны, М., "Наука", 1985.



Фіг. 1



Фіг. 2

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
 Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
 (044) 268-25-22