



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55752 (13) U
(51) МПК (2009)
H01P 3/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ФОТОННОКРИСТАЛІЧНИЙ ПРИСТРІЙ З ПРОТИФАЗНИМИ ХВИЛЬОВИМИ НЕОДНОРІДНОСТЯМИ

1

2

(21) u201006791

(22) 01.06.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл. № 24, 2010 р.

(72) ТИМОФЄЄВА ЮЛІЯ ФЕДОРІВНА, НАЗАРЬКО
АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, НЕЛІН ЄВГЕНІЙ АНДРІ-
ЙОВИЧ, ПОПСУЙ ВОЛОДИМИР ІЛЛІЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-
ТУТ"

(57) 1. Фотоннокристалічний пристрій з протифаз-
ними хвильовими неоднорідностями, що містить
діелектричну основу, в якій виконано ряд хвильо-
вих неоднорідностей, що розміщені з заданою пе-
ріодичністю, причому з одного боку основа металі-
зована, а на другому боці основи над рядом
неоднорідностей розміщено сигнальний провідник,

який **відрізняється** тим, що суміжні хвильові не-
однорідності виконано з хвильовими опорами Z_1
та Z_2 , які відповідають умові $Z_1 > Z_0 > Z_2$, де Z_0
- хвильовий опір однорідної області пристрою.

2. Фотоннокристалічний пристрій за п. 1, який **від-
різняється** тим, що додатково виконуються умо-
ви:

$$Z_1 Z_2 = Z_0^2, l_1 / l_2 = \sqrt{\epsilon_2 / \epsilon_1},$$

де

l_1 і l_2 - довжини суміжних хвильових неоднорідно-
стей у напрямку поширення хвилі;

ϵ_1 і ϵ_2 - відносні діелектричні проникності суміж-
них хвильових неоднорідностей.

Запропонована корисна модель належить до
електромагнітних радіоелектронних пристроїв на
основі мікросмужкових фотонних кристалів (ФК) і
може бути використана для частотної селекції сиг-
налів.

ФК, як і природні кристали, характеризуються
зонною діаграмою з чергуванням дозволених та
заборонених зон. Мікросмужкові ФК мають пері-
одично розміщені хвильові неоднорідності. Хвильо-
ві опори неоднорідностей та однорідної області ФК
різні, що приводить до формування дозволених та
заборонених частотних зон. Заборонена зона ФК
відповідає смузі подавлення пристрою, а мінімум
коефіцієнта проходження в забороненій зоні - мак-
симальному подавленню сигналу в цій смузі.

Відомий фотоннокристалічний пристрій, що
містить діелектричну основу, на одному боці якої
виконано металізацію і ряд періодично розміщених
в металізації неоднорідностей у вигляді отворів, а
на другому боці розміщено сигнальний провідник,
розташований над рядом неоднорідностей [див.
Radisic V., Qian Y., Coccioli R., Itoh T. Novel 2D
photonic bandgap structure for microstrip lines // IEEE
Microwave and Guided Wave Letters, - 1998. - Vol. 8,
№ 2. - P. 69-71]. Недоліком такого рішення є вузькі
заборонені зони та високий рівень сигналу в цих
зонах, що обумовлене слабкими за своєю дією

неоднорідностями. Хвильовий опір Z такої неод-
норідності відповідає умові $Z > Z_0$, де Z_0 - хвильовий
опір однорідної області, і невисокий.

Найбільш близьким до запропонованого при-
строю є фотоннокристалічний пристрій, що містить
діелектричну основу, в якій виконано ряд хвильо-
вих неоднорідностей у вигляді наскрізних отворів,
що розміщені з заданою періодичністю, причому з
одного боку основа металізована, а на другому
боці основи над рядом неоднорідностей розміще-
но сигнальний провідник [див. Rumsey I., Piket-May
M., Kelly P.K. Photonic bandgap structures used as
filters in microstrip circuits // IEEE Microwave and
Guided Wave Letters, - 1998. - Vol. 8, № 10. - P. 336-
338]. Такі неоднорідності мають більше значення
 Z , у порівнянні з попереднім рішенням, що забез-
печує розширення заборонених зон та зменшення
рівня сигналу в цих зонах. Недоліком пристрою, як
і інших відомих фотоннокристалічних пристроїв, є
однофазність неоднорідностей, що збільшує габа-
рити пристрою.

Задачею запропонованої корисної моделі є
зменшення габаритів відомого пристрою шляхом
виконання ряду неоднорідностей з почергово роз-
міщених протифазних неоднорідностей.

Поставлена задача вирішується тим, що у фо-
тоннокристалічному пристрої, що містить діелект-

(13) U

(11) 55752

(19) UA

ричну основу, в якій виконано ряд хвильових неоднорідностей, що розміщені з заданою періодичністю, причому з одного боку основа металізована, а на другому боці основи над рядом неоднорідностей розміщено сигнальний провідник, новим є те, що суміжні хвильові неоднорідності виконано з хвильовими опорами Z_1 та Z_2 , які відповідають умові $Z_1 > Z_0 > Z_2$. Неоднорідностям з $Z > Z_0$, як і неоднорідностям з $Z < Z_0$, відповідають декілька конструктивних рішень. Наприклад, хвильовий опір $Z > Z_0$ мають такі неоднорідності: отвори в металізації; наскрізні або ненаскрізні отвори в діелектричній основі, а хвильовий опір $Z < Z_0$ - ненаскрізні металізовані отвори в діелектричній основі; наскрізні або ненаскрізні отвори в діелектричній основі, заповнені діелектричним матеріалом з діелектричною проникністю більшою за діелектричну проникність основи.

Запропонована корисна модель пояснюється кресленнями та характеристиками на Фіг. 1 - Фіг. 5. На Фіг. 1 показано загальний вид фотоннокристалічного пристрою, на Фіг. 2 - вид зверху по Фіг. 1. На Фіг. 3 і Фіг. 4 представлено порівняльні розрахункові частотні характеристики коефіцієнтів проходження T і відбиття R для фотоннокристалічного пристрою 1 конкретної реалізації та найбільш близького аналогу 2 цього пристрою в першій забороненій зоні, де f_{01} - середня частота цієї зони. На Фіг. 5 приведено частотні характеристики коефіцієнтів проходження пристроїв згідно пп. 1 і 2 формули винаходу та найбільш близького аналогу цього пристрою в другій забороненій зоні.

Фотоннокристалічний пристрій містить діелектричну основу 3, в якій виконано ряд неоднорідностей 1 і 2, що розміщені з заданою періодичністю по чергово. Відстань між центрами суміжних неоднорідностей дорівнює d . Неоднорідності 1 виконано у вигляді наскрізних отворів, а неоднорідності 2 у вигляді ненаскрізних металізованих отворів. З одного боку виконано металізацію 4 основи. Над рядом неоднорідностей розміщено сигнальний смужковий провідник 5.

В основі роботи пристрою лежить процес поширення електромагнітних хвиль вздовж мікросмужкової лінії. В результаті відбиття хвиль від періодично розташованих неоднорідностей і інтерференції цих хвиль формуються дозволені та заборонені частотні зони.

У першому наближенні враховують лише хвилі, однократно відбиті від меж неоднорідності. Коефіцієнт відбиття від неоднорідності r_n , приведений до її центра, визначається виразом

$$r_n = r \exp(ikl) - r \exp(-ikl) = 2ir \sin(kl), \quad (1)$$

де $r = (Z - Z_0) / (Z + Z_0)$ - коефіцієнт відбиття від межі між однорідною областю і неоднорідністю; k - хвильове число неоднорідності; l - довжина неоднорідності у напрямку поширення хвилі. При $Z > Z_0$ коефіцієнт відбиття $r > 0$, а при $Z < Z_0$ - $r < 0$. Згідно (1), при $r > 0$ і $r < 0$ коефіцієнти r_n також відрізняються знаком, тобто неоднорідності протифазні при $Z > Z_0$ і при $Z < Z_0$.

Для протифазних неоднорідностей умова резонансного відбиття хвиль визначається співвідношенням $d = \lambda_n n / 4$, де λ_n - довжина хвилі на середній частоті n -ної забороненої зони; $n = 1, 2, \dots$ -

номер забороненої зони. Оскільки $\lambda_n = v / f_{0n}$, де v - швидкість електромагнітної хвилі; f_{0n} - середня частота n -ної забороненої зони, з умови резонансного відбиття хвиль маємо

$$f_{0n} = vn / 4d. \quad (2)$$

Для однофазних неоднорідностей умова резонансного відбиття хвиль визначається співвідношенням $d = \lambda_n n / 2$. З цієї умови отримаємо

$$f_{0n} = vn / 2d. \quad (3)$$

З виразів (2) і (3) бачимо, що при однакових значеннях v і d середні частоти заборонених зон у випадку однофазних неоднорідностей вдвічі вищі у порівнянні з протифазними неоднорідностями. При розрахунку пристрою на задану частоту, наприклад першої забороненої зони, габарити пристрою, що заявляється, будуть вдвічі менші у порівнянні з відомим пристроєм.

Згідно (1), при виконанні амплітудної умови

$Z_1 Z_2 = Z_0^2$, а також фазової умови $k_1 l_1 = k_2 l_2$, де індекси 1 і 2 відносяться до неоднорідностей 1 і 2, модулі коефіцієнтів відбиття від неоднорідностей 1 і 2 однакові. Оскільки $k = 2\pi / \lambda = 2\pi f \sqrt{\epsilon} / c$, де λ - довжина хвилі; f - частота; ϵ - відносна діелектрична проникність; c - швидкість електромагнітних хвиль у вакуумі, з другої умови маємо $l_1 / l_2 = \sqrt{\epsilon_2 / \epsilon_1}$, де ϵ_1 і ϵ_2 - відносні діелектричні

проникності неоднорідностей 1 і 2. При виконанні вказаних умов хвилі, відбиті від суміжних неоднорідностей 1 і 2, при парних n взаємно компенсуються. Відповідно, заборонені зони з парними n відсутні, що забезпечує додаткові можливості в формуванні частотних характеристик пристрою.

Частотні характеристики 1 і 2 на Фіг. 3 та Фіг. 4 відповідають пристрою I конкретної реалізації запропонованого згідно п. 1 формули корисної моделі і пристрою II - найближчому аналогу в першій забороненій зоні. Отвори виконано круглими. Параметри: довжина ФК пристрою I становить 68 мм, пристрою II - 128 мм, ширина 13 мм, товщина діелектрика 2,1 мм, товщина мідної фольги 50 мкм, ширина смужкового провідника 2,5 мм, $d_1 = 12$ мм, $d_2 = 24$ мм, діаметр отворів $l_1 = l_2 = 8$ мм, кількість отворів 6, відносна діелектрична проникність матеріалу основи - 7, тангенс кута діелектричних втрат - 0,0025 на частоті 10 ГГц. В пристрої I товщина зазору між металізованим отвором та смужковим провідником $\delta = 0,65$ мм, а товщина металізації отворів - 50 мкм. Хвильові опори такі: $Z_0 = 50$ Ом, $Z_1 = 145$ Ом, $Z_2 = 25$ Ом. Для характеристики 1 $f_{01} = 3,14$ ГГц, а для характеристики 2 $f_{01} = 3,16$ ГГц. Таким чином, середні частоти характеристик пристроїв приблизно співпадають, хоча відношення $d_1 / d_2 = 2$, і довжина пристрою II майже вдвічі більша за довжину пристрою I. Дещо менша середня частота пристрою I пояснюється тим, що періоди пристроїв однакові, а $\epsilon_2 > \epsilon_1$.

Частотні характеристики 1, 2, 3 і 4 на Фіг. 5 відповідають коефіцієнтам проходження пристрою I' конкретної реалізації запропонованої корисної моделі згідно п. 2 формули корисної моделі, пристроєм I і I' та пристрою II в другій забороненій зоні. Пристрій I' відрізняється від пристрою I значеннями параметрів δ і l_2 . Значення $\delta = 0,4$ мм

знайдено з амплітудної умови $Z_2 = Z_0^2 / Z_1 = 17$ Ом, а значення l_2 - з фазової: $l_2 = l_1 \cdot \sqrt{\epsilon_1 / \epsilon_2} = 8 \cdot \sqrt{2,4 / 5,4} = 5,3$ мм. Пристрій I" відрізняється від пристрою I лише значенням $\delta = 1,5$ мм, якому відповідає $Z_2 = 43$ Ом. З порівняння ха-

рактеристик 1 і 4 видно, що друга заборонена зона в пристрої I' відсутня. Значення δ і l_2 пристрою I ближчі до умов п. 2 формули корисної моделі, ніж в інших випадках, які ілюструє пристрій I". Для характеристик 1-4 значення f_{02} відповідно дорівнюють 5,80 ГГц, 6,21 ГГц, 6,26 ГГц і 6,31 ГГц.

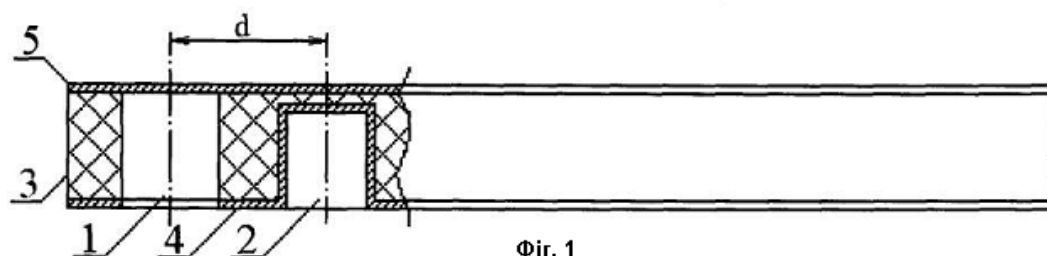


Fig. 1

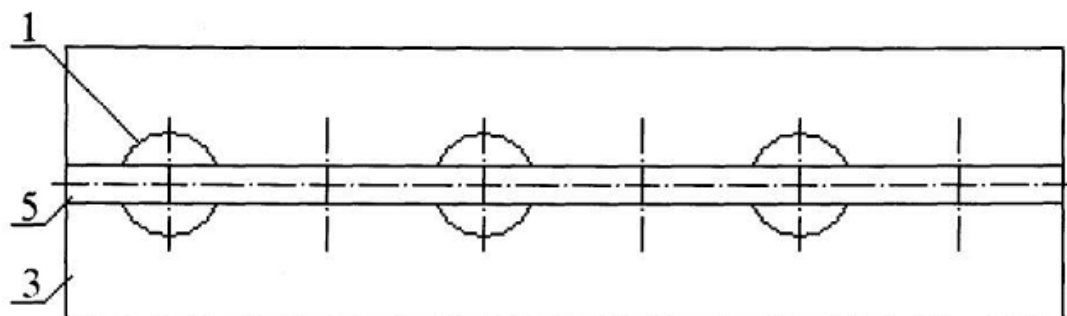


Fig. 2

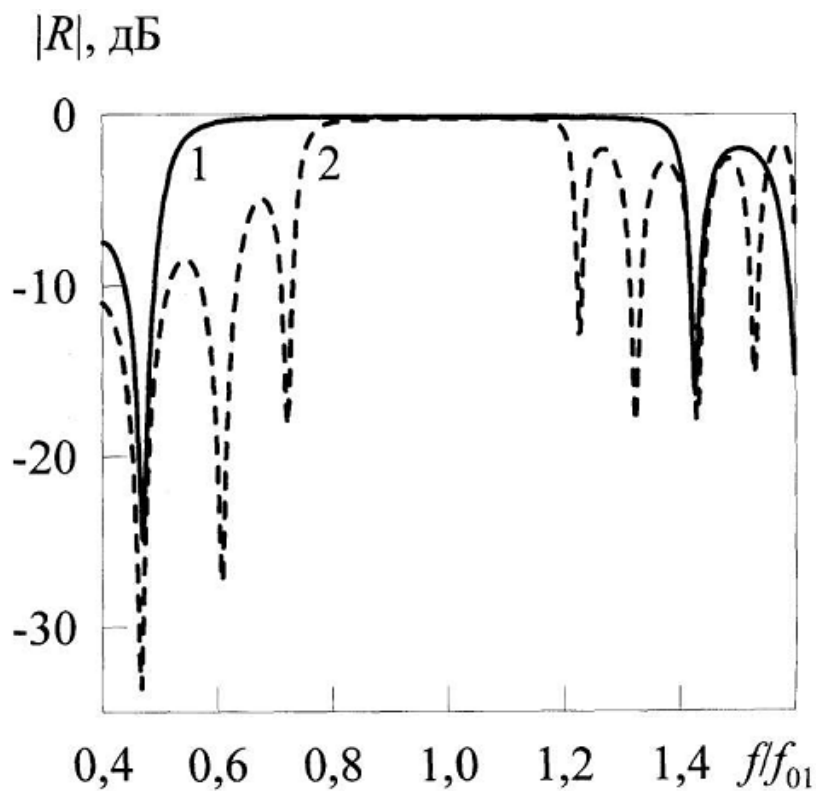


Fig. 3

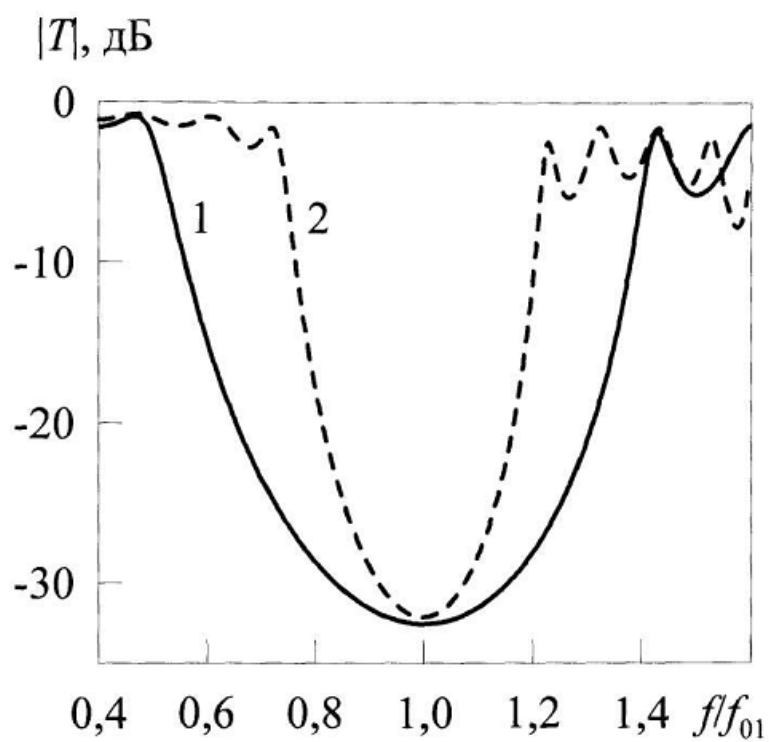


Fig. 4

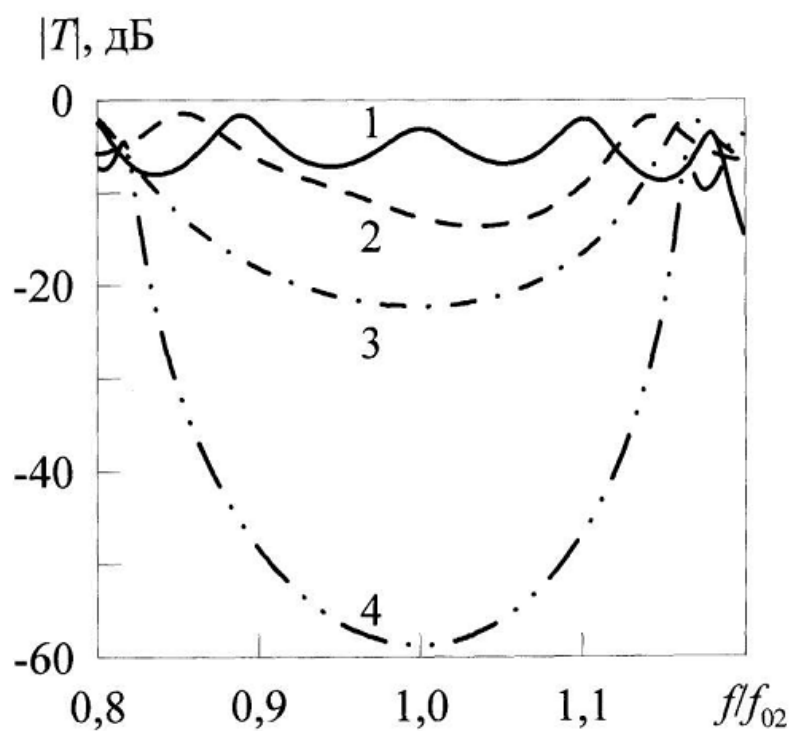


Fig. 5