



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **43888** (13) **U**
(51) МПК (2009)
H01P 3/08МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) ФОТОННОКРИСТАЛІЧНИЙ ПРИСТРІЙ**

1

(21) u200901849

(22) 02.03.2009

(24) 10.09.2009

(46) 10.09.2009, Бюл.№ 17, 2009 р.

(72) ТИМОФЄЄВА ЮЛІЯ ФЕДОРІВНА, НАЗАРЬКО
АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ, НЕЛІН ЄВГЕНІЙ АНДРІ-
ЙОВИЧ(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-
ТУТ"(57) Фотоннокристалічний пристрій, що містить
металізовану з одного боку діелектричну основу,
на другому боці якої розміщено смужковий провід-
ник з періодично розташованими під ним ідентич-
ними наскрізними отворами, який **відрізняється**
тим, що кожний отвір виконано у формі прямокут-

2

ного паралелепіпеда, дві протилежні грані якого
суміщені з границями смужкового провідника, у
кожному отворі з можливістю переміщення розта-
шовано діелектричний стрижень у формі прямоку-
тного паралелепіпеда, бічні грані якого прилягають
до граней отвору, причому діелектричну проник-
ність ϵ_c матеріалу стрижня вибрано з умови:

$$\epsilon_c = \epsilon_0 \left[0,3 \left(\frac{w}{h} \right)^2 + 0,5 \frac{w}{h} + 0,8 \right],$$

де

 ϵ_0 - діелектрична проникність основи;

w - ширина смужкового провідника;

h - товщина основи.

Корисна модель належить до електромагніт-
них пристроїв на основі мікросмужкових фотонних
кристалів (ФК). Такі структури, як і природні кри-
стали, характеризуються зонною діаграмою з чер-
гуванням дозволених та заборонених зон. ФК є
основою фотоннокристалічних радіоелектронних
пристроїв.

Перестроювання зонної діаграми ФК дозволяє
створити керовані та адаптивні радіоелектронні
пристрої. Діапазон перестроювання визначається
діапазоном варіації відношення хвильових імпеда-
нів різномірних областей ФК $\Delta Z = Z_2 - Z_1$, де $Z_{1,2}$ -
мінімальне та максимальне значення відношення
хвильових імпедансів різномірних областей, при-
чому $Z_1 \geq 1$, $Z_2 > Z_1$.

Відомий фотоннокристалічний пристрій, що
складається з мікросмужкової лінії з двома діелек-
тричними шарами, діелектрична проникність кож-
ного з яких періодично змінюється [див. патент US
№7,280,736 B2, G02B6/00, 2007]. Перестроювання
зонної діаграми відбувається за допомогою зміни
взаємного розташування цих шарів. Недолік тако-
го рішення - обмежений діапазон перестроювання,
обумовлений тим, що $Z_1 > 1$, а значення Z_2 обмеже-
не слабкими за своєю дією неоднорідностями ФК.

Відомий фотоннокристалічний пристрій, що
містить мікросмужкову лінію з неоднорідностями в
заземленому шарі у формі провідного острівця,

оточеного тонкоплівковим шаром керування [див.
патент US №7,277,065 B2, H01Q15/02, 2007]. Шар
керування виконано з фото- або термочутливого
матеріалу. Пристрій має два стани, які відповіда-
ють тому, що світло або температура діють або не
діють на шар керування. Під дією світла або тем-
ператури шар керування стає провідним і провід-
ний острівець з'єднується з заземленим шаром. В
цьому випадку неоднорідності і заборонені зони
відсутні, що відповідає значенню $Z_1 = 1$. Якщо світ-
ло або температура не діють на шар керування,
формується зонна діаграма, відповідна значенню
 Z_2 . Недоліки пристрою в тому, що він має лише
два стани, крім того значення Z_2 обмежене неод-
норідністю лише заземленого шару.

Найбільш близьким до запропонованого є фо-
тоннокристалічний пристрій, що містить металізо-
вану з одного боку діелектричну основу, на друго-
му боці якої розміщено смужковий провідник з
періодично розташованими під ним ідентичними
наскрізними отворами [див. Radisic V., Qian Y., Itoh
T. Broad-band power amplifier using dielectric
photonic bandgap structure //IEEE Microwave and
Guided Wave Letters, - 1998. - Vol. 8, №1. - P. 13-
14]. Зонна діаграма перестроюється при зміні гли-
бини отворів в діелектричній основі. Значенню Z_1
відповідає отвір лише в заземленому шарі, а зна-
ченню Z_2 - отвір в заземленому шарі і отвір макси-

(13) **U**(11) **43888**(19) **UA**

мальної глибини в діелектрику. Недолік пристрою - обмеженість низу діапазону перестроювання, оскільки $Z_1 > 1$.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення відомого пристрою шляхом виконання під смужковим провідником отворів у формі паралелепіпеда та введення в них діелектричних стрижнів, діелектрична проникність матеріалу яких відповідає умові розширення діапазону перестроювання.

Поставлена задача вирішується тим, що у фотоннокристалічному пристрої, що містить металізовану з одного боку діелектричну основу, на другому боці якої розміщено смужковий провідник з періодично розташованими під ним ідентичними наскрізними отворами, новим є те, що кожний отвір виконано у формі прямокутного паралелепіпеда, дві протилежні грані якого суміщені з границями смужкового провідника, в кожному отворі з можливістю переміщення розташовано діелектричний стрижень у формі прямокутного паралелепіпеда, бічні грані якого прилягають до граней отвору, причому діелектричну проникність ϵ_c матеріалу стрижня обрано з умови

$$\epsilon_c = \epsilon_0 \left[0,3 \left(\frac{w}{h} \right)^2 + 0,5 \frac{w}{h} + 0,8 \right], \quad (1)$$

де ϵ_0 - діелектрична проникність основи; w - ширина смужкового провідника; h - товщина основи.

Фіг. 1 та Фіг. 2 ілюструють конструкцію фотоннокристалічного пристрою:

Фіг. 1 - загальний вид фотоннокристалічного пристрою,

Фіг. 2 - вид знизу по Фіг. 1.

На Фіг. 3 та Фіг. 4 представлено розрахункові частотні залежності коефіцієнтів проходження T та відбиття R при перестроюванні фотоннокристалічного пристрою конкретної реалізації. Частоту нормовано до середньої частоти першої забороненої зони f_0 .

Фотоннокристалічний пристрій містить металізовану з одного боку діелектричну основу 1. На другому боці основи 1 розміщено смужковий провідник 2. Під провідником 2 періодично розташовано ідентичні наскрізні отвори 3. Отвори мають форму прямокутних паралелепіпедів, дві протилежні грані 4 яких суміщені з границями провідника 2. В кожному отворі з можливістю переміщення роз-

ташовано діелектричний стрижень 5 у формі прямокутного паралелепіпеда. Бічні грані стрижня 5 прилягають до граней відповідного отвору. Стрижні закріплені на спільному тримачі.

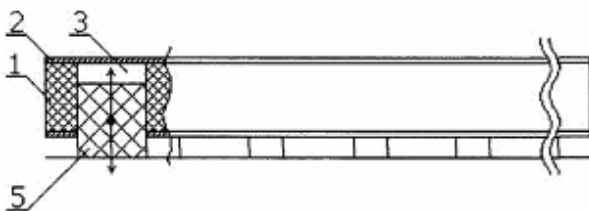
Прямокутна форма отворів забезпечує максимальне значення Z_2 , а суміщення граней 4 стрижнів з границями провідника 2 - повну компенсацію стрижнем впливу неоднорідності, якщо $\delta=0$, де δ - зазор між стрижнем та провідником. Повний компенсації впливу неоднорідності відповідає значення $Z_1=1$ і розрахункове співвідношення (1).

В основі роботи пристрою лежить процес розповсюдження електромагнітних хвиль вздовж мікросмужкової лінії. В результаті відбиття електромагнітних хвиль від періодично розташованих неоднорідностей формуються дозволені та заборонені частотні зони. Хвильовий імпеданс неоднорідностей визначає середню частоту забороненої зони, ширину забороненої зони та мінімум коефіцієнта проходження в забороненій зоні.

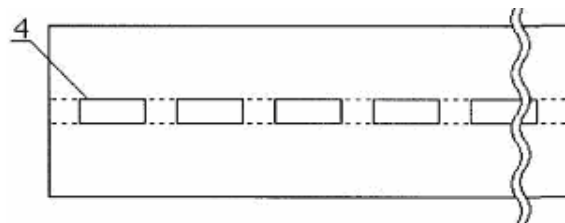
Перестроювання пристрою здійснюється переміщенням стрижнів в отворах в діапазоні $0 \leq \delta \leq h$. При $\delta=0$ заборонені зони відсутні, сигнал повністю проходить з входу на вихід пристрою. В цьому випадку $Z_1=1$. Зі збільшенням δ зростає хвильовий імпеданс неоднорідності і, відповідно, зростає значення середньої частоти забороненої зони, ширина забороненої зони, зменшується мінімум коефіцієнта проходження в забороненій зоні. Максимальне значення зазора $\delta=h$ відповідає максимальному значенню Z_2 (отвір в заземленому шарі і наскрізний отвір в діелектрику).

Фіг. 3 та Фіг. 4 ілюструють перестроювання пристрою такої конкретної реалізації: довжина 100 мм, ширина 13 мм, $h=2$ мм, товщина мідної фольги 50 мкм, $w=2,5$ мм, період структури 20 мм, довжина отвору 11 мм, кількість отворів 5, $\epsilon_0=7$, $\epsilon_c=13$, тангенс кута діелектричних втрат - 0,0025 на частоті 10 ГГц, хвильовий імпеданс однорідної області - 50 Ом. Залежності 1-4 відповідають таким значенням δ/h : 0; 0,1; 0,3; 1 і частоти f_0 : 3,27 ГГц, 3,65 ГГц, 3,90 ГГц, 4,12 ГГц.

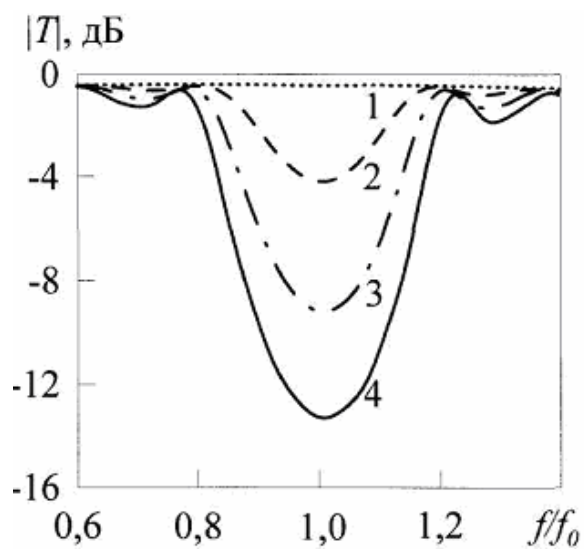
Використання фотоннокристалічного пристрою дозволяє розширити діапазон перестроювання характеристик керованих та адаптивних радіоелектронних пристроїв.



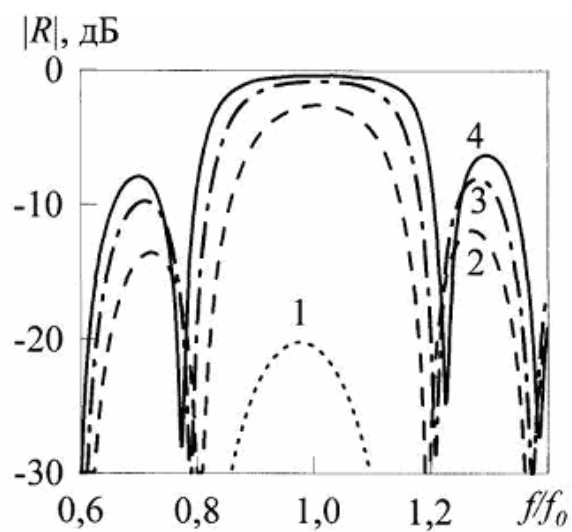
Фіг. 1



Фіг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4