



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55980

(13) A

(51) 7 G01R29/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

(54) ПРИЛАД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КОЕФІЦІЄНТУ ПЕРЕДАЧІ ТА ВІДБИТТЯ У ХВИЛЕВОДІ

1

2

(21) 2002086563

(22) 06 08 2002

(24) 15 04 2003

(46) 15 04 2003, Бюл. № 4, 2003 р.

(72) Пономаренко Володимир Іванович, Попов Вячеслав Валерійович

(73) ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ВІВЕРНАДСЬКОГО, Пономаренко Володимир Іванович, Попов Вячеслав Валерійович

(57) Пристрій для визначення комплексного коефіцієнта передачі і відбиття в хвильоводі, що включає прямокутний хвильовід, з'єднаний з генератором частоти, що перебудовується, і пристроєм для

зняття сигналу, пропорційного напруженості поля, об'єкт із відомою матрицею розсіювання та пристрій порівняння сигналу, причому пристрій для зняття сигналу являє собою спрямований відгалужувач, зв'язаний із хвильоводом і пристроєм порівняння сигналів, з'єднаним з генератором частоти, що перебудовується, який відрізняється тим, що містить додатковий спрямований відгалужувач, з'єднаний із пристроєм порівняння сигналів, а в хвильоводі послідовно розташовані досліджувані об'єкт і об'єкт із відомою матрицею, причому досліджувані об'єкти розташовані симетрично в центрі поперечного перерізу хвильоводу

Винахід відноситься до області виміру комплексних коефіцієнтів відбиття (ДВ) і коефіцієнтів передачі (КП) у хвильоводі, застосовується при дослідженні вузлів СВЧ-трактів, при перебуванні матеріальних констант речовин і т.д.

Відомі пристрої для визначення КП і ДВ від зразків, за якими впливає вільний хвильовід.

Визначення ДВ за допомогою вимірювальної лінії [О.С. Милованов, Н.П. Собенин Техніка надвисоких частот М. Атомиздат, 1980] вимірювальні лінії призначені для виміру ДВ методом дослідження розподілу поля уздовж лінії і являють собою відрізок прямокутного хвильоводу з подовжньою щілиною в широкій стінці для переміщення зонда. Звичайно застосовується зонд штикового типу, що збуджується електричною складовою поля в лінії, куди він пропущається одним своїм кінцем. Другий кінець зонда з'єднаний з центральним провідником коаксіального резонатора, для настроювання якого передбачений рухливий короткозамикач. Методика виміру модуля ДВ ґрунтується на визначенні максимальної і мінімальної амплітуд електричного поля в лінії. Інформація про значення амплітуди електричного поля в місці положення зонда виходить шляхом перетворення СВЧ сигналу в постійний струм, обумовлений співвідношенням  $I = b \cdot E^2$ , де  $I$  - відлік по шкалі індикатора,  $b$  - коефіцієнт пропорційності,  $a$  - коефіцієнт,

який залежить від властивостей діода в детекторній секції. У детекторних секціях вимірювальних ліній застосовують діоди з квадратичною залежністю струму від напруги ( $a = 2$ ), тоді модуль ДВ знаходиться по формулі

$$|R| = \frac{\left( \sqrt{\frac{I_{\max}}{I_{\min}}} - 1 \right)}{\left( \sqrt{\frac{I_{\max}}{I_{\min}}} + 1 \right)}$$

Фазу ДВ визначають по положенню мінімуму хвилі, для чого в конструкції лінії передбачений відліковий пристрій у вигляді лінійки з ноніусом. Для імітації вільного хвильоводу за досліджуванням зразком поміщають погоджене навантаження.

Погрішність визначення ДВ зв'язана з неквадратичністю характеристики діода, з помпним перекошуванням поля в лінії у випадку глибокого занурення зонда, із труднощами фіксування слабого сигналу у випадку малого занурення зонда. Додаткову погрішність вносить погоджене навантаження, що має власний малий, але відмінний від нуля, ДВ. Негативний вплив щілини вимірювальної лінії на точність вимірів виявляється в тому, що вона змінює характеристичний опір, швидкість поширення і довжину хвилі в лінії, наприкінці і початку щілини виникають відображення внаслідок збурю-

(13) A

(11) 55980

(19) UA

вання поля в цих місцях

Пристрій для визначення ДВ, обране як прототип [Заявка №2001117716, від 12 11 2001, позитивне рішення від 24 05 2002] ДВ відновлюється по експериментальне вимірюваних частотних залежностях відносини амплітуд падаючої і відбитої від досліджуваного об'єкта хвиль. Для однозначності цих залежностей у пристрій включений об'єкт із відомою матрицею розсіювання, що розташовується між досліджуваним зразком і джерелом Свч-колебаній. Для визначення ДВ у випадку, коли за досліджуванним зразком повинний впливати вільний хвильовід, використовується погоджене навантаження, що розташовується безпосередньо за досліджуванним зразком.

Недоліком пристрою є необхідність використання погодженого навантаження, що має власний малий ДВ.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення пристрою для визначення в одноמודовому прямокутному хвильоводі комплексного коефіцієнта передачі  $T = |T| \cdot e^{i\varphi}$ , де  $|T|$  - модуль КП,  $\varphi$  - фаза

КП,  $i = \sqrt{-1}$  - мніма одиниця, і способу визначення комплексного коефіцієнта відбиття  $R = |R| \cdot e^{i\psi}$ , де  $|R|$  - модуль ДВ,  $\psi$  - фаза ДВ, чисельно рівного ДВ у випадку, коли за досліджуванним об'єктом впливає вільний хвильовід, за рахунок одержання однозначних залежностей функцій  $k_1(f)$  і  $k_2(f)$  від частотних залежностей комплексних коефіцієнтів передачі і відбиття вимірюваного об'єкта, що забезпечує підвищення точності вимірів.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для визначення комплексного коефіцієнта передачі і відбиття в хвильоводі, що включає прямокутний хвильовід, з'єднаний з генератором частоти, що перебудовується, і пристроєм для зняття сигналу, пропорційного напруженості поля, об'єкт із відомою матрицею розсіювання, пристрій порівняння сигналів, пристрій для зняття сигналу являє собою спрямований відгалужувач, з'єднаний із хвильоводом, і пристроєм порівняння сигналів, з'єднаного з генератором частоти, що перебудовується, відповідно до винаходу, містить додатковий спрямований відгалужувач, з'єднаний з пристроєм порівняння сигналів, а в хвильоводі послідовно розташовані досліджуваний об'єкт і об'єкт із відомою матрицею порівняння, причому досліджуваний об'єкт розташований симетрично в центрі поперечного перерізу хвильоводу, що забезпечує підвищення точності визначення комплексного коефіцієнта передачі і відбиття в хвильоводі.

Пристрій, що заявляється, містить

Принципова схема пристрою зображена на фіг

Пристрій містить генератор частоти, що перебудовується, (1), хвильовід (2), спрямовані відгалужувачі області А (3, 4) і області В хвильоводу (5), досліджуваний об'єкт (6), пристрій порівняння сигналів (7), об'єкт із відомою матрицею розсіювання (8).

Досліджуваний об'єкт (6) симетрично розташовується в центрі поперечного перерізу хвильоводу (2), розділяючи його на області А і В. Область А хвильовідного тракту підключається до генератора частоти, що перебудовується, (1) і міс-

тить спрямовані відгалужувачі прямої і зворотної хвилі (3, 4). Область В хвильовідного тракту, обмежена об'єктом з відомою матрицею розсіювання (8), містить спрямований відгалужувач прямої хвилі (5). Виходи спрямованих відгалужувачей, а також вихід генератора із сигналом, пропорційним частоті, з'єднані з пристроєм порівняння сигналів (7).

На фіг позначено

$A_0$  - амплітуда хвилі основного типу, порушуваної генератором в області А, частота  $f$  змінюється в інтервалі  $f_{\min} < f < f_{\max}$ , де  $f_{\min}$ ,  $f_{\max}$  - обмежені одноמודовим режимом хвильоводу і діапазоном хитання генератора частоти.

$A_1$  - амплітуда відбитої хвилі в області А хвильоводу.

$U_0$  - амплітуда прямої хвилі основного типу в області В.

$z_0$  - координата нормальної до осі хвильоводу площини, що лежить ліворуч від об'єкта (6), ДВ в якій повинний бути обмірюваний.

$z_1$  - координата нормальної до осі хвильоводу площини, що лежить праворуч від об'єкта (6), КП у якій повинний бути обмірюваний.

$z_2$  - координата нормальної до осі хвильоводу площини, що є границею об'єкта (8) ліворуч.

Площини  $z_1$  і  $z_2$  розташовані симетрично щодо об'єкта (6). При необхідності перерахування ДВ чи КП на іншу площину варто помножити відповідний коефіцієнт на множник, що враховує зрушення фаз між площинами.

Безпосередньому виміру підлягають частотні залежності відносин  $k_1(f) = |B_0| / |A_0|$  і  $k_2 = |B_0| / |A_1|$ .

Об'єкт (8) з відомою матрицею розсіювання забезпечує однозначну залежність функцій  $k_1(f)$ ,  $k_2(f)$  від частотних залежностей модуля і фази КП вимірюваного об'єкта. Як об'єкт (8) може бути застосована, наприклад, короткозамикаюча пластина.

Пристрій працює спідуючим чином.

Спрямований відгалужувач (3) виділяє падаючу на досліджуваний об'єкт (пряму) хвилю  $A_0$ , а спрямований відгалужувач (4) - відбиту хвилю  $A_1$  в області хвильоводу А. Детектор відгалужувач (3) реєструє сигнал, пропорційний квадрату амплітуди прямої хвилі  $|A_0|^2$ , а детектор відгалужувач (4) - сигнал, пропорційний квадрату амплітуди зворотної хвилі  $|A_1|^2$ .

Спрямований відгалужувач (5) виділяє падаючу на об'єкт (8) хвилю  $B_0$  в області хвильоводу В. Детектор відгалужувача (4) реєструє сигнал, пропорційний квадрату амплітуди прямої хвилі  $|B_0|^2$ .

На вхід пристрою порівняння сигналів (7), наприклад, індикатора КСВН типу Я2Р-67, з детекторного діода спрямованого відгалужувача (3) надходить сигнал, пропорційний  $|A_0|^2$  і сигнал зі спрямованого відгалужувача (5), пропорційний  $|B_0|^2$ , а з виходу пристрою порівняння знімається залеж-

ність  $k_1^2(f) = (|B_0|/|A_0|)^2$ , аналогічно знімається

залежність  $k_2^2(f) = (|B_0|/|A_1|)^2$ , для чого на вхід пристрою порівняння подається сигнал з детекторного діода спрямованого відгалужувача (4), пропорційний  $|A_1|^2$ .

По цих залежностях відновлюється комплексні

У пропонуваному пристрої знімаються сигнали окремо прямих хвиль чи зворотних хвиль, але не їхньої суперпозиції, що дозволяє використовувати

Вимір КП може бути проведений як для реактивних, так і для активних чотириполюсників, на відміну від методу виміру КП за допомогою вимірювальної лінії.

