



УКРАЇНА

(19) UA (11) 7267 (13) U

(51) 7 G01R27/28

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ НЕСТАНДАРТНОЇ СИСТЕМИ S-ПАРАМЕТРІВ ЧОТИРИПОЛЮСНИКА

1

2

(21) 20041109340

(22) 15.11.2004

(24) 15.06.2005

(46) 15.06.2005, Бюл. № 6, 2005 р.

(72) Філінюк Микола Антонович, Огородник Костянтин Володимирович, Лазарев Олександр Олександрович

(73) Вінницький національний технічний університет

(57) Спосіб вимірювання нестандартної системи S-параметрів чотириполосника, що включає вимірювання комплексних коефіцієнтів відбиття по входу та по виходу чотириполосника при різних фіксованих значеннях відповідно комплексних ко-

ефіцієнтів відбиття навантаження та генератора та подальший розрахунок S-параметрів S_{11} , S_{22} , який відрізняється тим, що спочатку вимірюють два значення комплексного коефіцієнта відбиття чотириполосника по входу при двох різних фіксованих значеннях імпедансу навантаження, після чого вимірюють одне значення комплексного коефіцієнта відбиття чотириполосника по виходу чотириполосника при фіксованому значенні імпедансу генератора, потім вимірюють значення комплексних коефіцієнтів відбиття Γ_{n1} , Γ_{n2} , Γ_{r1} , навантажень Z_{n1} , Z_{n2} , Z_{r1} , потім розраховують параметри нестандартної системи S-параметрів чотириполосника за формулами:

$$S_{11} = \frac{\Gamma_{vx1}\Gamma_{n2}(\Gamma_{n1}\Gamma_{vix1} - 1) + \Gamma_{vx2}(\Gamma_{vx1}\Gamma_{n2}\Gamma_{r1} - \Gamma_{n1}(\Gamma_{vx1}\Gamma_{r1} + \Gamma_{vix1}\Gamma_{n2} - 1))}{\Gamma_{n1} - \Gamma_{n2} + \Gamma_{vx2}\Gamma_{n2}\Gamma_{r1} - \Gamma_{vx1}\Gamma_{n1}\Gamma_{r1} + \Gamma_{r1}(\Gamma_{vx1} - \Gamma_{vx2})\Gamma_{n1}\Gamma_{n2}\Gamma_{vix1}}$$

$$S_{22} = \frac{(\bar{A}_{i2} - \bar{A}_{i1})\bar{A}_{a01} + \bar{A}_{a1}(\bar{A}_{a01} - \bar{A}_{a01}\bar{A}_{a01}\bar{A}_{i2} + \bar{A}_{a02}(\bar{A}_{a01}\bar{A}_{i1} - 1))}{\bar{A}_{i2} - \bar{A}_{a02}\bar{A}_{i2}\bar{A}_{a1} + \bar{A}_{i1}(\bar{A}_{a01} - \bar{A}_{a01}\bar{A}_{a01}\bar{A}_{i2} + \bar{A}_{a02}\bar{A}_{a01}\bar{A}_{i2} - 1)}$$

$$S_{12}S_{21} = \frac{(\Gamma_{vx1} - \Gamma_{vx2})(\Gamma_{n1} - \Gamma_{n2})(\Gamma_{vx1}\Gamma_{r1} - 1)(\Gamma_{vx2}\Gamma_{r1} - 1)(\Gamma_{vix1}\Gamma_{n1} - 1)(\Gamma_{vix1}\Gamma_{n2} - 1)}{(\Gamma_{n2} - \Gamma_{vx2}\Gamma_{n2}\Gamma_{r1} + \Gamma_{n1}(\Gamma_{vx1} - \Gamma_{vx1}\Gamma_{vix1}\Gamma_{n2} + \Gamma_{vx2}\Gamma_{vix1}\Gamma_{n2} - 1))^2}$$

де Γ_{vx1} , Γ_{vx2} - значення комплексного коефіцієнта відбиття по входу чотириполосника при значеннях Γ_{n1} , Γ_{n2} комплексного коефіцієнта відбиття навантаження відповідно;

Γ_{vix1} - значення комплексного коефіцієнта відбиття по виходу

чотириполосника при значенні комплексного коефіцієнта відбиття генератора Γ_{r1} .

з отриманих розрахованих параметрів S_{11} , S_{22} , $S_{12}S_{21}$ виділяють їх дійсні та уявні частини $\text{Re}S_{11}$, $\text{Im}S_{11}$, $\text{Re}S_{22}$, $\text{Im}S_{22}$, $\text{Re}S_{12}S_{21}$, $\text{Im}S_{12}S_{21}$ та знаходять модуль добутку $|S_{12}S_{21}|$.

Корисна модель належить до області електроніки, зокрема до вимірювальної техніки визначення параметрів чотириполосників.

Відомий спосіб вимірювання матриці S-параметрів чотириполосника за допомогою вимірювання відношення модулів двох сигналів та різниці фаз між ними [Бахтин Н.А., Шварц Н.З. Измерение S-параметров СВЧ транзисторов // Полупроводниковые приборы и их применение, под ред. Я.А. Федотова. М.: Советское радио, 1970. - Вып. 23, с. 276-284].

Недоліком даного способу є значна похибка вимірювань, пов'язана з неузгодженнями кінцевих навантажень, наявністю в вимірювальному тракті коаксіально-полоскових переходів та інших неоднорідностей.

Найбільш близьким до запропонованого є спосіб визначення S-параметрів чотириполосника, що включає вимірювання комплексних коефіцієнтів відбиття по входу та по виходу чотириполосника при різних фіксованих значеннях відповідно комплексних коефіцієнтів відбиття навантаження та

U

(11) 7267

(19) UA

генератора, вимірювання коефіцієнтів передачі чотириполосника в прямому та зворотному напрямках та подальший розрахунок S-параметрів [Шварц НЗ Система нестандартных S-параметров //Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, под ред АА Васенкова и ЯА Федотова М Советское радио, 1976 -Вып 1, с 302-310]

Недоліком даного способу є значна похибка вимірювань, пов'язана з неузгодженнями в вимірювальному тракту та потенційною неспійкістю чотириполосника

В основу корисної моделі поставлено задачу створення способу вимірювання нестандартної системи S-параметрів чотириполосника, в якому за рахунок нової послідовності виконання операцій досягається можливість зменшення кількості вимірювань, що призводить до підвищення точності та зменшення трудомісткості визначення S-параметрів чотириполосника

$$S_{11} = \frac{\bar{A}_{a01}\bar{A}_{12}(\bar{A}_{11}\bar{A}_{ae01} - 1) + \bar{A}_{a02}(\bar{A}_{a01}\bar{A}_{12}\bar{A}_{a1} - \bar{A}_{11}(\bar{A}_{a01}\bar{A}_{a1} + \bar{A}_{ae01}\bar{A}_{12} - 1))}{\bar{A}_{11} - \bar{A}_{12} + \bar{A}_{a02}\bar{A}_{12}\bar{A}_{a1} - \bar{A}_{a01}\bar{A}_{11}\bar{A}_{a1} + \bar{A}_{a1}(\bar{A}_{a01} - \bar{A}_{a02})\bar{A}_{11}\bar{A}_{12}\bar{A}_{ae01}}, (1)$$

$$S_{22} = \frac{(\bar{A}_{12} - \bar{A}_{11})\bar{A}_{ae01} + \bar{A}_{a1}(\bar{A}_{a01} - \bar{A}_{a02}\bar{A}_{ae01}\bar{A}_{12} + \bar{A}_{a02}(\bar{A}_{ae01}\bar{A}_{11} - 1))}{\bar{A}_{12} - \bar{A}_{a02}\bar{A}_{12}\bar{A}_{a1} + \bar{A}_{11}(\bar{A}_{a1}(\bar{A}_{a01} - \bar{A}_{a01}\bar{A}_{ae01}\bar{A}_{12} + \bar{A}_{a02}\bar{A}_{ae01}\bar{A}_{12}) - 1)}, (2)$$

$$S_{12}S_{21} = \frac{(\bar{A}_{a01} - \bar{A}_{a02})(\bar{A}_{11} - \bar{A}_{12})(\bar{A}_{a01}\bar{A}_{a1} - 1)(\bar{A}_{a02}\bar{A}_{a1} - 1)(\bar{A}_{ae01}\bar{A}_{11} - 1)(\bar{A}_{ae01}\bar{A}_{12} - 1)}{(\bar{A}_{12} - \bar{A}_{a02}\bar{A}_{12}\bar{A}_{a1} + \bar{A}_{11}(\bar{A}_{a1}(\bar{A}_{a01} - \bar{A}_{a01}\bar{A}_{ae01}\bar{A}_{12} + \bar{A}_{a02}\bar{A}_{ae01}\bar{A}_{12}) - 1))^2}, (3)$$

де $\Gamma_{вх1}$, $\Gamma_{вх2}$ - значення комплексного коефіцієнта відбиття по входу чотириполосника при значеннях $\Gamma_{н1}$, $\Gamma_{н2}$ комплексного коефіцієнта відбиття навантаження відповідно,

$\Gamma_{вхк1}$ - значення комплексного коефіцієнта відбиття по виходу

чотириполосника при значенні комплексного коефіцієнта відбиття

генератора $\Gamma_{г1}$,

з отриманих розрахованих параметрів S_{11} , S_{22} , $S_{12}S_{21}$ виділяють їх дійсні та уявні частини $\text{Re}S_{11}$, $\text{Im}S_{11}$, $\text{Re}S_{22}$, $\text{Im}S_{22}$, $\text{Re}S_{12}S_{21}$, $\text{Im}S_{12}S_{21}$ і та знаходять модуль добутку $|S_{12}S_{21}|$

Спосіб, що пропонується, в порівнянні з прототипом має суттєві відмінності - підвищену точність та меншу трудомісткість визначення S-параметрів чотириполосника, що досягається шляхом зменшення кількості вимірювань та відсутністю необхідності створення якісного режиму узгодження навантажень та вимірювального тракту

На кресленні зображено структурну схему пристрою вимірювання комплексних коефіцієнтів відбиття по входу та по виходу чотириполосника та комплексних коефіцієнтів відбиття навантажень

Пристрій для проведення вимірювань складається з чотириполосника 1, вимірювача комплексних коефіцієнтів відбиття 2, першого комутатора 3, другого комутатора 4, третього комутатора 5, четвертого комутатора 6, п'ятого комутатора 7, першого комплексного опору 8, другого комплексного опору 9 та третього комплексного опору 10. При цьому рухомий контакт 12 першого комутатора 3 з'єднаний з виходом вимірювача комплексних коефіцієнтів відбиття 2 та рухомим контактом 15 другого комутатора 4, перший нерухомий контакт

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання нестандартної системи S-параметрів чотириполосника, що включає вимірювання комплексних коефіцієнтів відбиття по входу та по виходу чотириполосника при різних фіксованих значеннях відповідно комплексних коефіцієнтів відбиття навантаження та генератора та подальший розрахунок S-параметрів S_{11} , S_{22} , $S_{12}S_{21}$, спочатку вимірюють два значення комплексного коефіцієнта відбиття чотириполосника по входу при двох різних фіксованих значеннях імпедансу навантаження, після чого вимірюють одне значення комплексного коефіцієнта відбиття чотириполосника по виходу чотириполосника при фіксованому значенні імпедансу генератора, потім вимірюють значення комплексних коефіцієнтів відбиття $\Gamma_{н1}$, $\Gamma_{н2}$, $\Gamma_{г1}$ навантажень $Z_{н1}$, $Z_{н2}$, $Z_{г1}$, потім розраховують параметри нестандартної системи S-параметрів чотириполосника за формулами

11 першого комутатора 3 з'єднаний з першим нерухомим контактом 20 четвертого комутатора 6, другий нерухомий контакт 13 першого комутатора 3 з'єднаний з входом чотириполосника 1 та другим нерухомим контактом 22 четвертого комутатора 6, перший нерухомий контакт 14 другого комутатора 4 з'єднаний з першим нерухомим контактом 17 третього комутатора 5, другий нерухомий контакт 16 другого комутатора 4 з'єднаний з другим нерухомим контактом 19 третього комутатора 5 та рухомим контактом 24 п'ятого комутатора 7, рухомий контакт 18 третього комутатора 5 з'єднаний з виходом чотириполосника 1, рухомий контакт 21 четвертого комутатора 6 з'єднаний з першим комплексним опором 8, перший нерухомий контакт 23 п'ятого комутатора 7 з'єднаний з другим комплексним опором 9, другий нерухомий контакт 25 п'ятого комутатора 7 з'єднаний з третім комплексним опором 10

Спосіб здійснюється наступним чином. В першому комутаторі 3 з'єднують контакти 12 та 13, в третьому комутаторі 5 з'єднують контакти 18 та 19, в п'ятому комутаторі 7 з'єднують контакти 23 та 24, рухомий контакт 15 другого комутатора 4 та рухомий контакт 21 четвертого комутатора 6 ставлять в нейтральне положення. В цьому режимі виконують вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття по входу $\Gamma_{вх1}$ чотириполосника 1 за допомогою вимірювача комплексних коефіцієнтів відбиття 2 при другому комплексному опорі 9 навантаження $Z_{н1}$. Потім в п'ятому комутаторі 7 з'єднують контакти 24 та 25. В цьому режимі виконують вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття по входу $\Gamma_{вх2}$ чотириполосника 1 за допомогою вимірювача комплексних коефіцієнтів відбиття 2 при третьому комплексному опорі 10 навантаження $Z_{н2}$.

Потім в другому комутаторі 4 з'єднують контакти 14 та 15, в третьому комутаторі 5 з'єднують контакти 17 та 18, в четвертому комутаторі 6 з'єднують контакти 21 та 22, рухомий контакт 12 першого комутатора 3 та рухомий контакт 24 п'ятого комутатора 7 ставлять в нейтральне положення. В цьому режимі виконують вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття по виходу $\Gamma_{\text{вих1}}$ чотириполюсника 1 за допомогою вимірювача комплексних коефіцієнтів відбиття 2 при першому комплексному опорі 8 генератора Z_{r1} .

Потім в другому комутаторі 4 з'єднують контакти 15 та 16, в п'ятому комутаторі 7 з'єднують контакти 23 та 24, рухомий контакт 12 першого комутатора 3, рухомий контакт 18 третього комутатора 5 та рухомий контакт 21 четвертого комутатора 6 ставлять в нейтральне положення. В цьому режимі виконують вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття Γ_{r1} другого комплексного опору 9 навантаження Z_{r1} за допомогою вимірювача комплексних коефіцієнтів відбиття 2. Потім в п'ятому комутаторі 7 з'єднують контакти 24 та 25. В цьому режимі виконують вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття Γ_{r2} третього комплексного опору 10 навантаження Z_{r2} за допомогою вимірювача комплексних коефіцієнтів відбиття 2.

Потім в першому комутаторі 3 з'єднують кон-

такти 11 та 12, в четвертому комутаторі 6 з'єднують контакти 20 та 21, рухомий контакт 15 другого комутатора 4, рухомий контакт 18 третього комутатора 5 та рухомий контакт 24 п'ятого комутатора 7 ставлять в нейтральне положення. В цьому режимі виконують вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття Γ_{r1} першого комплексного опору 8 навантаження Z_{r1} за допомогою вимірювача комплексних коефіцієнтів відбиття 2.

За результатами вимірювань складають систему рівнянь

$$\begin{cases} \bar{A}_{a\delta 1} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\bar{A}_{11}}{1 - S_{22}\bar{A}_{11}}, \\ \bar{A}_{a\delta 2} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\bar{A}_{12}}{1 - S_{22}\bar{A}_{12}}, \\ \bar{A}_{aeo1} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\bar{A}_{21}}{1 - S_{11}\bar{A}_{21}} \end{cases}$$

Вирішуючи дану систему відносно невідомих S_{11} , S_{22} , $S_{12}S_{21}$, отримують вирази (1) - (3). За даними виразами розраховують значення параметрів S_{11} , S_{22} , $S_{12}S_{21}$. Потім виділяють дійсні та уявні частини цих параметрів $\text{Re}S_{11}$, $\text{Im}S_{11}$, $\text{Re}S_{22}$, $\text{Im}S_{22}$, $\text{Re}S_{12}S_{21}$, $\text{Im}S_{12}S_{21}$ та знаходять модуль добутку $|S_{12}S_{21}|$.



