

**ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСІВ ТОВЩИНИ У МЕТОДІ
НІКОЛСОНА-РОСА-ВЕЙРА**

Гапон Н.Я.

e-mail: nataliia.zaichenko@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., доц. Зайченко О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА
м. Харків, Україна

This work is devoted to research of thickness resonances in the Nicholson-Ross-Weir method. The Nicholson-Ross-Weir (NRW) method uses S-parameters to determine the complex dielectric and magnetic permittivities of materials. The thickness resonances in this method can occur at certain frequencies when a sample placed in a waveguide becomes resonant, which manifests itself as peaks or dips in the S-parameter plots. The resonances are related to the sample size (thickness) and its dielectric permittivity, which coincide with the conditions for the emergence of standing waves in the material. At resonant frequencies, the NRW algorithm can give errors or gaps in the dielectric permittivity values.

Мікрохвильові вимірювання діелектричних параметрів матеріалів набувають дедалі більшого значення, оскільки вони дають змогу отримати уявлення про електричні та магнітні властивості матеріалів, що може бути корисним у багатьох сферах застосування. Метод Ніколсона–Росса–Вейра (NRW) дає змогу шляхом прямого розрахунку визначати як діелектричну, так і магнітну проникність на основі вимірних S-параметрів. Це один із найпоширеніших методів, що використовується для такого перетворення. Зазначений підхід передбачає, що всі S-параметри визначені експериментально [1].

Водночас цей метод має обмеження: для матеріалів із малими втратами він може давати розбіжності на частотах, що відповідають половині довжини хвилі в зразку, що пов'язано з неоднозначністю фази. Тому застосування методу обмежується оптимальною товщиною зразка близько $\lambda/2$, і найдоцільніше використовувати його для зразків невеликої товщини.

На основі фактичних вимірних даних розсіювання, отриманих на тефлоновому зразку довжиною 9,77 мм у діапазоні 8,2–12,4 ГГц, показано, що розв'язок NRW для матеріалів з низькими втратами за своєю суттю розходиться при цілих числах, кратних половині довжини хвилі у зразку. Коли це відбувається, значення $|S_{11}|$ прагне до нуля, а відповідна фаза S_{11} стає такою ж великою, як і значення вимірювання. Крім того, без усунення фазової неоднозначності, що виникає через параметр S_{21} , процедура NRW обчислює неправильний розв'язок, коли фазовий зсув S_{21} перевищує 2π на першій частоті вимірювання [2].

На рис.1 показана залежність діелектричної проникності від частоти з резонансами товщини.

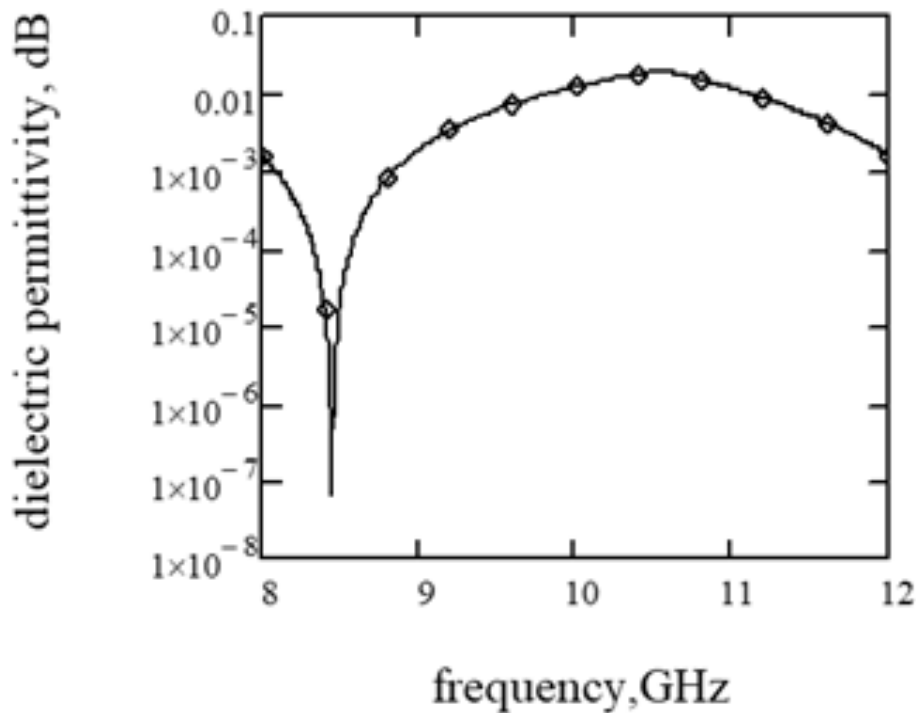


Рис.1 – Залежність діелектричної проникності від частоти з резонансом товщини для товщини зразка 9,77 мм.

На рис.1 по горизонтальній осі відкладено частоту (frequency) у гігагерцах у діапазоні від 8 ГГц до 12 ГГц. По вертикальній осі показано значення діелектричної проникності у децибелах (dB) у логарифмічному масштабі.

Крива на графіку демонструє зміну значення проникності з ростом частоти. У діапазоні близько 8.5 ГГц спостерігається різкий мінімум (провал), що відповідає резонансному ефекту. Після цього значення діелектричної проникності зростає, досягає максимуму приблизно в області 10 ГГц – 10,5 ГГц, а далі знову поступово зменшується.

Такий характер залежності часто пов'язаний із резонансами товщини зразка, що виникають під час визначення параметрів матеріалу у методі Ніколсона–Росса–Вейра. Якщо заокруглити товщину зразка до 10 мм резонанс спостерігатися не буде.

Список використаних джерел:

1. Hasar U. C., Ozbek Y., Ozturk H., Korkmaz H., Hudlička, M. Application of the Kalman Filter/Smoothing for accurate material characterization of planar dielectric samples by using free-space measurements at sub-THz frequencies. // Measurement. – 2023. – 211, 112577. – P. 1-12.
2. Barroso J. J., De Paula A. L. Retrieval of permittivity and permeability of homogeneous materials from scattering parameters // Journal of Electromagnetic Waves and Applications. – 2010. – 24(11-12). – P. 1563-1574.