

Корисна модель ставиться до області виміру електричних величин, до виміру характеристик аморфних мікропроводів.

Відомо технічне рішення [D. Me'nard, M. Britel, P. Ciureanu, A. Yelon, V.P. Paramonov, A.S. Antonov, P. Rudkowski, J.O. Strom-Olsen High frequency impedance spectra of soft amorphous fibers. - Journal of Applied Physics, April 15, 1999 - Volume 81, Issue 8, pp. 4032-4034] для визначення імпеданса мікропроводу в діапазоні надвисоких частот. Вимір імпеданса звичайно проводиться з використанням коаксіальних ліній, у яких досліджуваний мікропровід заміщає ділянка центрального провідника. Імпеданс обчислюється у квазістатичному наближенні по обмірюваному за допомогою векторного аналізатора ланцюгів комплексному коефіцієнту відбиття R. Недоліком способу є необхідність виконання умов квазістатистики, при цьому для частот порядку декількох Гц довжина зразків не повинна перевищувати 1-2мм, що утрудняє їхнє розміщення в коаксіальному вимірювальному осередку.

Як прототип обраний спосіб визначення імпеданса [Бержанский В. Н., По-номаренко В. И., Попов В. В., Торкунов А. В. Вимір імпеданса мікропроводів у прямокутному хвильоводі. - Листа в Журнал Технічної Фізики, 2005, т. 31, вип. 22, 26 листопада, с. 24-28], заснований на вимірі комплексного коефіцієнта відбиття у хвильоводі. Точність визначення імпедансу практично повністю визначається тільки точністю виміру комплексного відбиття у хвильоводі, оскільки при виводі формул, що зв'язують коефіцієнт відбиття й імпеданс, не використовується квазістатичне наближення.

Спосіб реалізується таким чином: мікропровід з невідомими характеристиками розташовується у хвильоводі; вимірюють комплексний коефіцієнт відбиття R; по формулі

$$\Sigma(r) = 2F(r) - F(2\ell - r), \quad F(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Gamma_n}{\Gamma_n} \sin^2 \frac{n\pi}{a} x_0 \exp(i\Gamma_n s)$$

обчислюють теоретичне значення величини $\Sigma(r)$, що враховує внесок вищих мод у поле розсіювання; отримане значення величини $\Sigma(r)$ й обмірюване значення R підставляємо у формулу

$$R = -e^{2i\Gamma_1 \ell} - \frac{2(1 - e^{2i\Gamma_1 \ell})^2 \sin^2 \frac{\pi x_0}{a}}{\frac{2a\Gamma_1}{\omega \mu_0} Z + \sum (r)} \quad \text{для визначення величини імпедансу } Z.$$

Цей спосіб відрізняється недостатньою точністю, тому що внаслідок кінцівки провідності стінок хвильоводу

$$\Gamma_m = \sqrt{\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 - \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2}$$

щирі значення постійних поширення відрізняються від їхніх теоретичних значень, що відповідають хвильоводу з ідеально провідними стінками, причому ця відмінність тим істотніше, чим більше номер моди. Крім того сама структура поля хвильоводних мод відрізняється від теоретичної тем значніше, чим вище номер моди. Отже, теоретичні значення величини $\Sigma(r)$ також відрізняються від дійсних значень.

В основу корисної моделі поставлене завдання вдосконалити спосіб визначення величини імпедансу мікропроводу шляхом експериментального визначення внеску вищих мод, що забезпечує збільшення точності способу.

Поставлене завдання вирішується тим, що в способі визначення величини імпедансу мікропроводу, що включає розташування мікропроводу з невідомими характеристиками у хвильоводі, вимір величини комплексного коефіцієнта відбиття, відповідно до корисної моделі, попередньо розраховують величину імпедансу мікропроводу з відомими характеристиками, поміщають його у хвильовід, вимірюють величину комплексного коефіцієнта відбиття, визначають величину, що враховує внесок вищих мод у поле розсіювання, а величину імпедансу мікропроводу з невідомими характеристиками визначають по величині обмірюваного комплексного коефіцієнта відбиття мікропроводу з невідомими характеристиками й розрахованим значенням величини, що враховує внесок вищих мод у поле розсіювання, що значно підвищує точність заявленого способу. Спосіб реалізується на установці, зображеної на Фіг.1.

Установка складається з генератора хвильової частоти (1); двох однакових хвильоводних секцій (2, 3), перетину 23мм на 10мм і довжиною 425мм, постачених спрямованими відгалужувачами (4, 5) і розділених симетричною індуктивною діафрагмою (6), товщиною 0,1мм із відкриттям вікна 9мм; власника зразка, розташованого по напрямку поширення електромагнітної хвилі за секцією (3), що складається із двох коротких хвильоводних секцій (7, 8), довжиною відповідно 4,06мм і 4,76мм; короткозамкненої секції (9) довжиною 10,02мм, паралельно секціям (7, 8). Мікропровід (10) у власнику між секціями (7, 8) розташований нормально широкій стінці хвильоводу на відстані $x_0=11,5$ мм від вузької стінки. Генератор (1) підключений до хвильоводу (11) через коаксіальний кабель. Виходи спрямованих відгалужувачів (4, 5), а також вихід генератора (1) із сигналом, пропорційним частоті, з'єднані із пристроєм порівняння сигналів (12), що підключено до пристрою, що реєструє (13). Функцію пристрою, що реєструє, виконує персональний комп'ютер.

Спосіб реалізується таким чином: попередньо розраховується величина імпедансу Z для проводу з

$$Z = \frac{k}{2\pi\sigma\ell} \frac{J_0(k\delta)}{J_1(k\delta)},$$

відомими характеристиками по формулі розташовують у власнику зразка (7, 8) мікропровід (10) з відомими характеристиками, за допомогою генератора (1) збуджують у хвильоводі (11) НВЧ - коливання; на вхід пристрою порівняння (12) надходять сигнали зі спрямованих відгалужувачів (4, 5), пропорційні потужності хвиль поширюючи в секціях (2, 3), а також сигнал з генератора (1), пропорційний частоті НВЧ - коливань, які генеруються, пристрій порівняння (12) на виході формує частотні залежності відносини потужності сигналу зі спрямованого відгалужувача (5) до потужності сигналу зі спрямованого відгалужувача (4). Одержувана частотна залежність надходить у пристрій реєстрації (13). По обмірюваній частотній залежності визначається комплексний коефіцієнт відбиття R від мікропроводу з відомими характеристиками (10); визначають значення величини $\Sigma(r)$, що враховує внесок вищих мод у поле розсіювання по формулі

$$\Sigma(r) = -\frac{2(1 - e^{2i\Gamma_1 \ell})^2 \sin^2 \frac{\pi x_0}{a}}{R_2 + e^{2i\Gamma_1 \ell}} - \frac{2a\Gamma_1}{\omega\mu_0} Z_2,$$

підставляючи відомі значення Z і R розташовують у власнику зразка (7,8) мікропроводу (10) з невідомими характеристиками; за допомогою генератора (1) збуджують у хвильоводі (11) НВЧ - коливання; на вхід пристрою порівняння (12) надходять сигнали зі спрямованих відгалужувачів (4, 5), пропорційні потужності хвиль поширюючих в секціях (2, 3), а також сигнал з генератора (1), пропорційний частоті НВЧ - коливань, які генерируються, пристрій порівняння (12) на виході формує частотні залежності відносини потужності сигналу зі спрямованого відгалужувача (5) до потужності сигналу зі спрямованого відгалужувача (4). Одержувана частотна залежність надходить у пристрій реєстрації (13). По обмірюваній частотній залежності визначається комплексний коефіцієнт відбиття мікропроводу R від мікропроводу з невідомими характеристиками (10); визначають значення величини імпедансу мікропроводу з невідомими характеристиками за обмірюваним значенням комплексного коефіцієнта відбиття мікропроводу з невідомими характеристиками $\Sigma(r)$ і розрахованому значенню величини, що враховує внесок вищих мод у поле розсіювання.

Приклад конкретної реалізації способу.

Як зразок для експериментального визначення величини Σ використався мідний мікропровід діаметром 8мм. Досліджуваний мікропровід, з попередньо підбуреною плавиковою кислотою оболонкою, містився в спеціального власника.

Провідність матеріалу проводу $\sigma = 5,0 \cdot 10^7 (\text{Ом} \times \text{м})^{-1}$, обчислена по його обмірюваному статичному опорі,

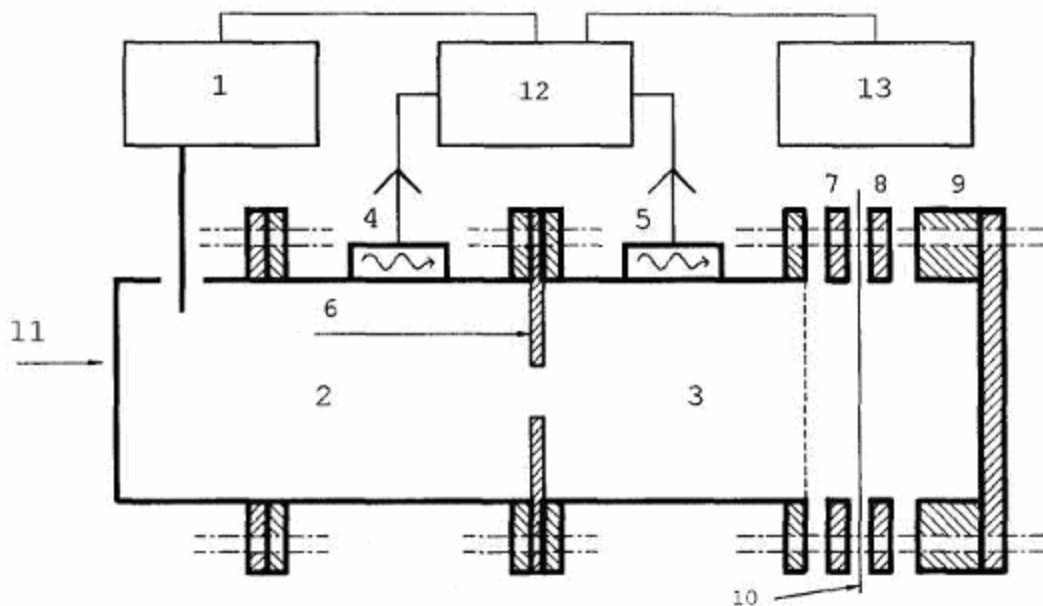
рівному 400 Ом/м, близька до табличної провідності міді. Абсолютне значення доданка $\frac{2a\Gamma_1}{\omega\mu_0} Z$ в знаменнику дробу у діапазоні робочих частот хвильоводу із широкою стінкою $a = 0,023 \text{ м}$ не перевищує 0,2, що набагато менше модуля величини Σ . Результати виміру величини Σ наведені на Фіг.2. Для порівняння наведені розрахункові значення Σ .

Експериментальні значення величини Σ , отримані для мідного проводу діаметром 8мм, були використані для визначення за результатами вимірів R імпедансу ніхромового мікропроводу такого ж діаметра з погонним статичним опором 42кОм/м. Результати виміру представлені на Фіг.3 суцільними лініями.

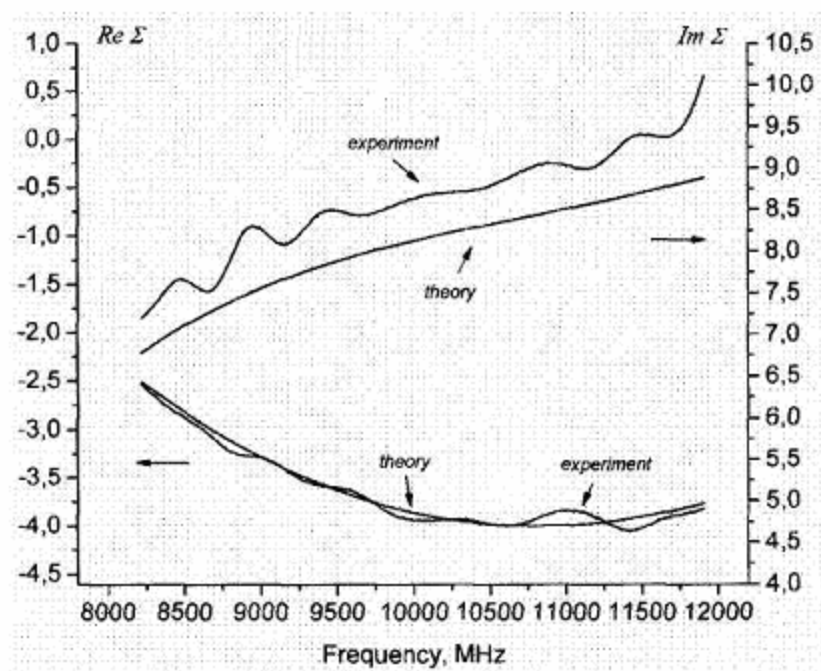
З порівняння цих результатів з теоретичними значеннями імпедансу ніхромового проводу, представленими кривими з маркерами, видно, що експериментальне визначення внеску вищих мод у коефіцієнт відбиття дозволило істотно зменшити погрішність виміру імпедансу ніхромового проводу. При цьому в діапазоні частот 9500-10500 МГц, у якому вплив власного коефіцієнта відбиття спрямованого відгалужувача скомпенсовано найбільшою мірою, погрішність визначення, як для дійсної, так і для мнимі частини імпедансу, мінімальна, а помилка визначення модуля імпедансу не перевищує 3%.

Величина $\Sigma(r)$ мало критична до радіуса r мікропроводу, тому радіус проводу з відомим імпедансом, використовуваного для експериментального визначення величини $\Sigma(r)$, може відрізнятись на 10-20% від радіуса вимірюваного зразка, і це не приведе до помітної зміни погрішності визначення імпедансу зразка.

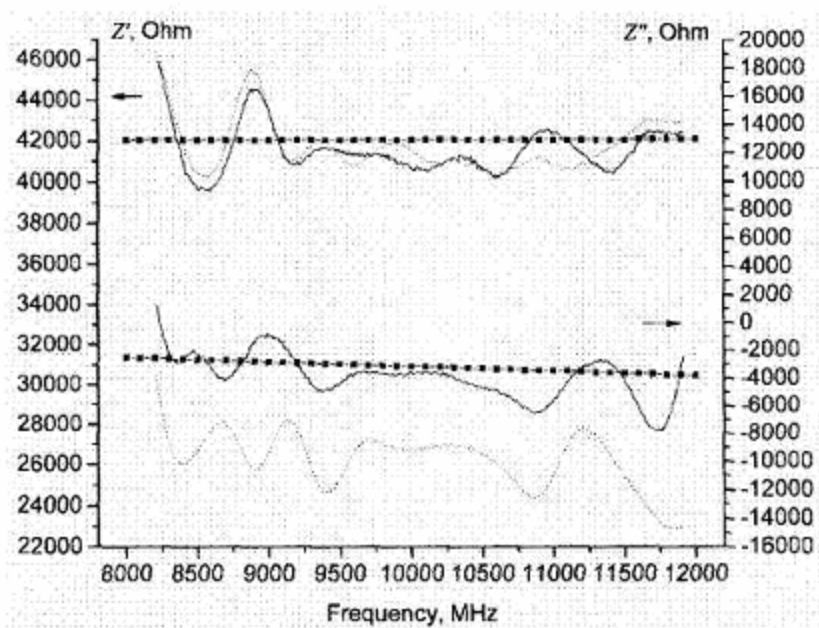
Таким чином, запропонований спосіб дозволяє вимірювати імпеданс мікро-проводів, з істотно підвищеною точністю, тому що в ньому враховується експериментально певний внесок вищих мод, при вимірі коефіцієнта відбиття від мікропроводу.



Фіг. 1



Φir. 2



Φir. 3