



УКРАЇНА

(19) UA (11) 50387 (13) A

(51) 6 G01R27/00

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

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОВІДНОСТІ МАТЕРІАЛІВ НА НАДВИСОКИХ ЧАСТОТАХ

1

2

(21) 2001129259

(22) 29 12 2001

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002 р.

(72) Замковий Олексій Семенович

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

(57) 1 Спосіб визначення провідності матеріалів на надвисоких частотах, що полягає в розміщенні зразка, що досліджується, в резонаторі, обчисленні провідності, який відрізняється тим, що вимірюють резонансну частоту граничного резонатора, що залежить від критичної довжини хвилі, розрахованої по співвідношенню, наприклад, для прямокутної форми хвильоводу

$$\left(\frac{2\pi}{\lambda_{\text{кр}}}\right)^2 - \frac{\pi^2}{a^2} + 1,414 \sqrt{\frac{2\pi f}{\sigma}} \left(\frac{2\pi\lambda_{\text{кр}}}{a^3} + \frac{2\pi}{\lambda_{\text{кр}}b}\right) = 0$$

де

a, b - геометричні розміри резонатора,

 $\lambda_{\text{кр}}$ - критична довжина хвилі,

f - резонансна частота,

 σ - провідність, яку обчислюють по резонансній частоті

2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що зразок, що досліджується, розміщують в області критичного перерізу нерегулярного хвильоводу

Винахід відноситься до області радіофізики, переважно до радіовимірювання і може бути використаний при дослідженні і контролі електропровідних матеріалів в діапазоні надвисоких частот (НВЧ).

Сучасні методи вимірювання провідності матеріалів на НВЧ засновані на вимірюванні комплексної діелектричної проникності хвильоводу або резонансними методами або добротності резонансних систем (див. кн. Брандт А.А. Дослідження діелектриків на надвисоких частотах. М., Ізд. фізико-математичної літератури, 1963, 403 з.).

Відомі способи вимірювання провідності матеріалів не дозволяють визначити значення провідності з високою точністю, особливо при середніх значеннях провідності матеріалів, що мають значення $\sigma = 1 \cdot 10^1 - 1 \cdot 10^5 \text{ см}$.

Найбільш близьким по сукупності ознак є спосіб вимірювання провідності матеріалів в резонаторі на НВЧ (див. кн. Байчурін А.С. Розрахунок, конструювання і виготовлення хвильовідних пристроїв і об'ємних резонаторів. М., Госенергоіздат, 1963, з. 81 - 82), що полягає в розміщенні матеріалу, що досліджується в резонаторі, вимірюванні параметрів зв'язку і добротності і обчисленні провідності по вимірюваннях добротності.

Існуючий спосіб вимірювання не дозволяє ви-

значити значення провідності матеріалів $\sigma \leq 1 \cdot 10^5 \text{ см}$. Це зумовлене тим, що питома провідність матеріалів в сантиметровому діапазоні довжин

хвиль $\sigma = \frac{f_{\mu}}{16\pi} \left(\frac{Q\lambda}{Wa}\right)^2$ визначається якістю коли-

вальної системи, що характеризується добротністю Q.

У разі матеріалів з низьким значенням провідності різко знижується точність вимірювання добротності, так як резонансна крива, по якій визначається добротність, стає більш пологою, крім того, при цьому змінюється величина зв'язку β і співвідношення між власною і навантаженою добротністю. У резонаторі, у якого матеріал, що досліджується, займає деяку частину об'єму, відбувається істотний перерозподіл струмів в стінках, що приводить до значної зміни добротності резонатора, що ставить під сумнів дані, що отримуються, розраховані по формулах, що не враховують цю обставину. Потрібно помітити, що величина добротності, а, отже, і провідність, залежить від якості обробки струмонесучої поверхні.

У основу винаходу поставлена задача створення такого способу визначення провідності матеріалів на НВЧ, який за рахунок додаткових дій технологічного процесу дозволив би підвищити

(13) A

(11) 50387

(19) UA

точність визначення провідності

Такий технічний результат досягається тим, що в способі визначення провідності матеріалів на НВЧ, що полягає в розміщенні зразка, що досліджується в резонаторі, обчисленні провідності, визначають залежність критичної довжини хвилі від провідності, згідно з винаходом, вимірюють резонансну частоту граничного резонатора, що залежить від критичної довжини хвилі, розрахованої по співвідношенню, наприклад, для прямокутної форми хвильоводу

$$\left(\frac{2\pi}{\lambda_{кр}}\right)^2 - \frac{\pi^2}{a^2} + 1,414\sqrt{\frac{2\pi f}{\sigma}}\left(\frac{2\pi\lambda_{кр}}{a^3} + \frac{2\pi}{\lambda_{кр}b}\right) = 0$$

де a, b - геометричні розміри резонатора,

$\lambda_{кр}$ - критична довжина хвилі,

f - резонансна частота,

σ - провідність, яку обчислюють по резонансній частоті

Іншою відмінною ознакою є те, що матеріал, що досліджується розміщують в області критичного перетину нерегулярного хвильоводу

Принципова відмінність способу, що пропонується від прототипу полягає в тому, що визначення провідності зводиться до вимірювання резонансної частоти, яка може бути виміряна з дуже високою точністю і не залежить від частоти обробки поверхні матеріалу, що досліджується

На фіг 1 приведений графік залежності критичної довжини від величини провідності матеріалу стінок прямокутного хвильовода. На фіг 2 представлений пристрій для реалізації способу визначення провідності на НВЧ

Пристрій являє собою відрізок хвильоводу 1 з двома граничними дільницями 2, 3, в який вміщений матеріал, що досліджується 4, 5. Можливе застосування граничного резонатора з однією гра-

ничною дільницею. У залежності від величини провідності змінюється положення ефективного перетину відображення (критичний перетин) і як наслідок змінюється резонансна частота резонатора

Спосіб, що пропонується випробовувався при визначенні провідності речовин, що володіють провідністю від $1 \cdot 10^1$ см до $1 \cdot 10^5$ см

Як видно на фіг 1, значення критичної довжини залежить від величини провідності матеріалу стінок і збільшується при зменшенні провідності. Особливо сильна зміна відмічається при провідності $\sigma \leq 1 \cdot 10^5$

Приклад. Проводилось визначення провідності композиційних матеріалів, що складаються із зв'язуючого і наповнювача

Композиції різного складу (див. табл.) наносилися на внутрішню поверхню граничної дільниці резонатора в області критичного перетину і проводилось вимірювання резонансної частоти певного резонатора. Резонансна частота залежить від критичної довжини хвилі, а критична довжина хвилі визначалась з співвідношення для прямокутної форми хвильоводу

$$\left(\frac{2\pi}{\lambda_{кр}}\right)^2 - \frac{\pi^2}{a^2} + 1,414\sqrt{\frac{2\pi f}{\sigma}}\left(\frac{2\pi\lambda_{кр}}{a^3} + \frac{2\pi}{\lambda_{кр}b}\right) = 0,$$

де a, b - геометричні розміри прямокутного резонатора,

$\lambda_{кр}$ - критична довжина хвилі,

f - частота,

σ - провідність

Результати розрахунку провідності по резонансній частоті для деяких композицій приведені в табл. 1

Таблиця

Склад досліджених композицій	Провідність, См	Частота, ГГц	Резонансна частота, ГГц
Срібло 81,5% СКТНФ 18,5%	$0,52 \cdot 10^5$	9,375	9,415
Мідь 75% СКТНФ 25%	$0,12 \cdot 10^3$	9,375	9,480
Графіт 80% Лак "Цапон" 20%	$0,23 \cdot 10^1$	9,375	9,650

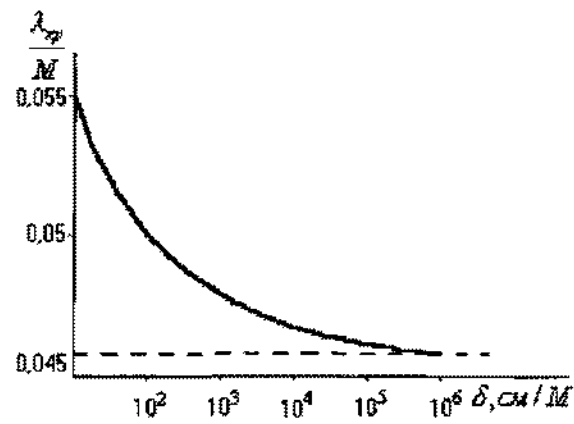
Використання даного засобу визначення провідності матеріалів забезпечує в порівнянні з існуючими способами наступні переваги

- можливість вимірювання провідності матеріалів з високою точністю при $\sigma \leq 1 \cdot 10^5$ см,
- можливість визначення провідності композиційних матеріалів, струмопровідних клеїв, паст і

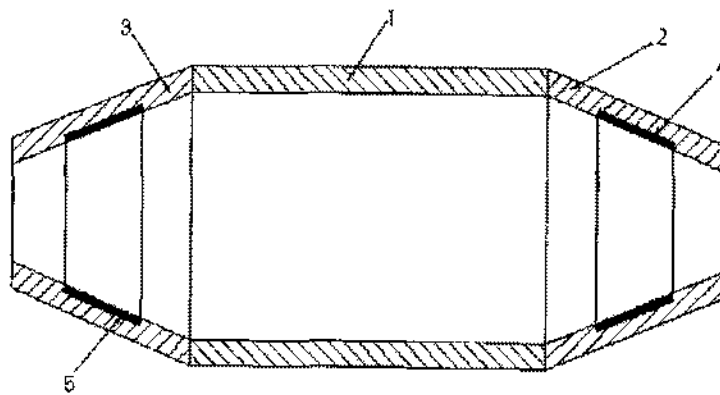
т.д.,

- виключає вплив шорсткості поверхні на величину провідності,

- процес вимірювання може бути повністю автоматизований



Фиг. 1



Фиг. 2

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
 вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
 (044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
 вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
 (044) 216 – 32 – 71