



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 109779

(13) C2

(51) МПК

G01N 33/483 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2012 08959

(22) Дата подання заявки: 20.07.2012

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 12.10.2015

(41) Публікація відомостей
про заявку: 27.01.2014, Бюл.№ 2

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 12.10.2015, Бюл.№ 19

(72) Винахідник(и):

Красов Павло Сергійович (UA),
Фісун Анатолій Іванович (UA),
Архипова Катерина Анатоліївна (UA)

(73) Власник(и):

ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА
ЕЛЕКТРОНІКИ ІМЕНІ О.Я. УСИКОВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК
УКРАЇНИ,

вул. Ак. Проскури, 12, м. Харків, 61085 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

UA 9844 U, 17.10.2005
SU 985751 A1, 07.01.1983
SU 1298690 A1, 23.03.1987
SU 1805407 A1, 30.03.1993
UA 63918 U, 25.10.2011
UA 62343 A, 15.12.2003

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРОНИКНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ РІДИН У КВЧ-ДІАПАЗОНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

(57) Реферат:

Пристрій для вимірювання діелектричної проникності біологічних рідин у КВЧ-діапазоні електромагнітного випромінювання містить генератор КВЧ-випромінювання, феритовий вентиль, атенюатор, вимірювальну лінію і вимірювальний двополюсник, що містить вимірювальний контейнер, сформований двома кріпильними прокладками, які впresовані у хвилевід, з боку однієї з прокладок розташовано короткозамикаючий поршень. Згідно з винаходом, вимірювальна лінія виконана багатозондовою, у хвилеводі з боку вимірювальної лінії розміщена діелектрична узгоджувальна вставка у вигляді клина, а з боку короткозамикаючого поршня розміщена прокладка, що примикає до кріпильної прокладки, товщиною приблизно 1,3 довжини хвилі у хвилеводі, між атенюатором та вимірювальною лінією введено імпульсний модулятор, що керується комп'ютером через інтерфейс. Технічний результат: підвищення чутливості і точності вимірювань та можливість автоматизувати процес вимірювань.

UA 109779 C2

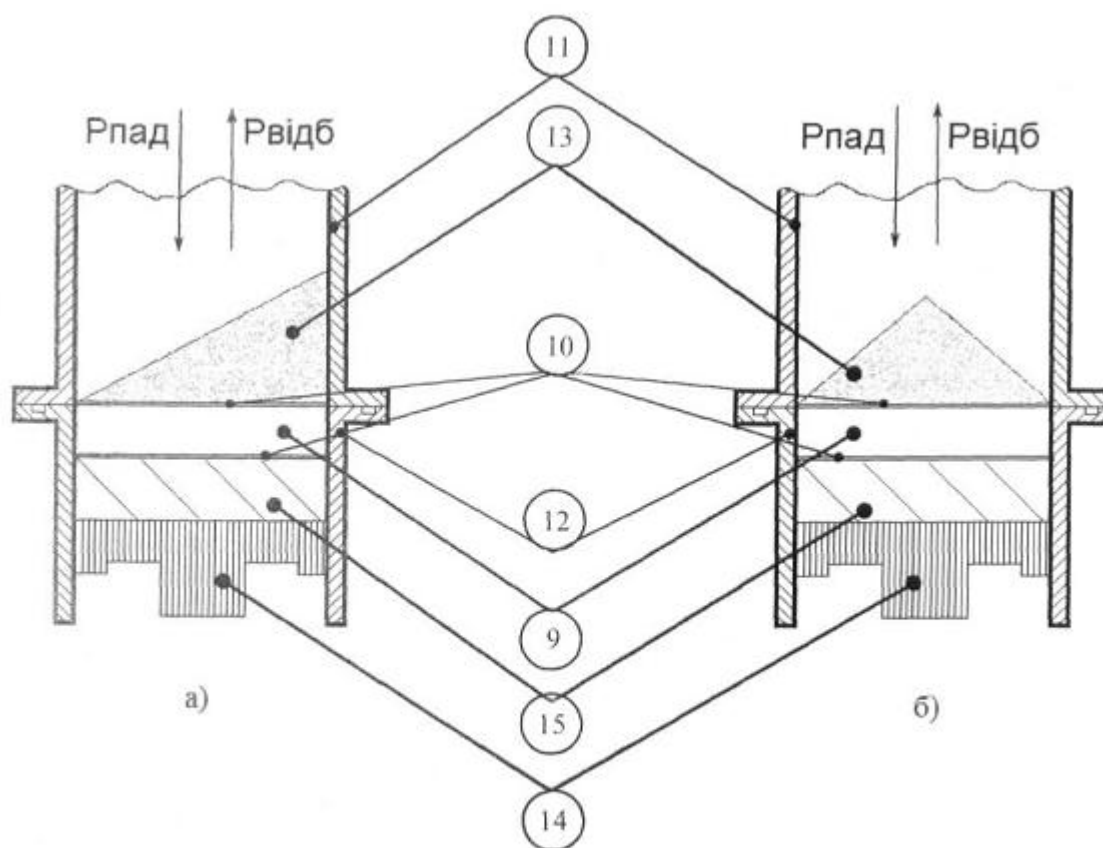


Fig. 2

Винахід належить до дослідницьких та діагностичних пристроїв у галузі біологічних та медичних досліджень. Він застосовується при вимірюванні діелектричної проникності біологічних рідин, зокрема крові, плазми крові, фізіологічних розчинів, води та інших рідин, в яких радіохвилі крайневисокочастотного (КВЧ) діапазону поглинаються.

Відомий метод КВЧ діелектрометрії є важливим у проведенні широкого спектра біологічних досліджень, зокрема взаємодії молекул води з клітинами крові. Вимірювання на частоті 39,5 ГГц (область дисперсії діелектричної проникності води) є інструментом, за допомогою якого виявляється перерозподіл між фракціями вільної і зв'язаної води, що міститься у суспензії або масі клітин. В свою чергу, це співвідношення визначає функціональний стан клітин [Schwan H.P. Electrical properties of blood and its constituents: Alternating Current Spectroscopy. Schwan // Blut. - 1983. - 46. - pp. 185-197].

В основі методу КВЧ діелектрометрії лежить знаходження діелектричної проникності досліджуваного середовища за виміром параметрів стоячої хвилі у хвилеводі в одномодовому режимі з використанням вимірювальної лінії з рухливим зондом [Щеголева Т.Ю. Измерение диэлектрических параметров тонких пленок, образцов полидисперсных, жидких и твердых диэлектриков с большим поглощением в миллиметровом диапазоне // Радиотехника и электроника. - 1981 - Т. - 26. - С. 2328-2333].

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого винаходу є пристрій, який містить генератор КВЧ випромінювання, феритовий вентиль, атенюатор, вимірювальну лінію і вимірювальний двополюсник, що містить вимірювальний контейнер, сформований двома кріпильними прокладками, які впресовані у хвилевід, з боку однієї з прокладок розташовано короткозамикаючий поршень [Деклараційний патент на корисну модель № 9844 від 17.10.2005 р. МПК⁷ G01N33/48 "Пристрій для дослідження водного компоненту біологічних об'єктів"].

Описаний пристрій має декілька недоліків:

1) зміни комплексної діелектричної проникності біологічних об'єктів під впливом зовнішніх подразників є незначними на фоні значного поглинання електромагнітної енергії водою, тому для покращення чутливості слід використовувати джерела КВЧ енергії із низьким рівнем частотних шумів та синхронне детектування сигналу.

2) використання вимірювальної лінії з рухомим зондом проводиться у ручному режимі і не виключає з процесу вимірювання похибок, що пов'язані із людським фактором, а також не дає змоги підвищити швидкість вимірювання і автоматизувати процеси отримання та обробки даних.

3) використання у вимірювальному двополюснику контейнера для зразків з плоскими діелектричними прокладками [Microwave Dielectric Study on Water Structure and Physical Properties of Aqueous Systems Using Time Domain Reflectometry with Flut End Cells / Shin Yagihara, Nobiro Miura, Yoshihito Hayashi [et al] // Subsurface Sensing Technologies and Applications. - 2001. - Vol 2, No 1, P. 15-30], як показало електродинамічне моделювання, не є оптимальним, не створює достатнього рівня відбитого сигналу для утворення стоячої хвилі і проведення амплітудних і фазових вимірювань. Це дає підставу для проведення електродинамічного комп'ютерного моделювання для оптимізації форми вимірювального двополюсника.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити пристрій для вимірювання діелектричної проникності біологічних рідин у КВЧ діапазоні електромагнітних хвиль шляхом здійснення одночасного якісного вимірювання, оцифровки та моніторингу параметрів стоячої хвилі, що забезпечить підвищення чутливості і точності вимірювань, а також дозволить автоматизувати процес вимірювань.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрої для вимірювання діелектричної проникності біологічних рідин у КВЧ діапазоні електромагнітного випромінювання, що містить генератор КВЧ випромінювання, феритовий вентиль, атенюатор, вимірювальну лінію і вимірювальний двополюсник, що містить вимірювальний контейнер, сформований двома кріпильними прокладками, які впресовані у хвилевід, з боку однієї з прокладок розташовано короткозамикаючий поршень, згідно з винаходом, вимірювальна лінія виконана багатозондовою, у хвилеводі з боку вимірювальної лінії розміщена діелектрична узгоджувальна вставка у вигляді клина, а з боку короткозамикаючого поршня розміщена прокладка товщиною приблизно 1,3 довжини хвилі у хвилеводі, що примикає до трипільної прокладки, між атенюатором та вимірювальною лінією введено імпульсний модулятор, що керується комп'ютером через інтерфейс.

Введення у схему нового пристрою багатозондової вимірювальної лінії та модулятора дозволяє збільшити швидкість вимірів в автоматичному режимі з обробкою даних у реальному

режимі часу, а узгоджувального діелектричного клина - здійснювати вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття з більшою чутливістю та точністю.

Суть винаходу пояснюється кресленнями: на фіг. 1 зображено блок-схему пристрою, а на фіг. 2 зображено вимірювальний двополюсник у розрізі.

5 Пристрій містить генератор 1 КВЧ випромінювання, феритовий вентиль 2, атенюатор 3, модулятор 4, чотиризондову вимірювальну лінію 5, вимірювальний двополюсник 6, інтерфейс 7, комп'ютер 8. У вимірювальному двополюснику 6 розміщено вимірювальний контейнер 9, що сформований двома кріпильними прокладками 10, які впресовані у хвилевід 11 та хвилевід 12. Досліджуваний зразок розміщується між двома кріпильними прокладками 10 у вимірювальному
10 контейнері 9, цим досягається пласкопаралельність поверхні і точне дозування зразків. У хвилеводі 11 з боку вимірювальної лінії розміщена узгоджувальна вставка 13 у вигляді несиметричного (фіг. 2а) або симетричного клина (фіг. 2б). З боку короткозамикаючого поршня 14 розміщена прокладка 15, що примикає до кріпильної прокладки 10. Товщина цієї прокладки дорівнює приблизно $1,3 \lambda_b$, де λ_b - довжина хвилі у хвилеводі. Вона використовується для того, щоб сумістити максимум поля стоячої хвилі із вимірювальним зразком. Товщина прокладки 15, відстань між кріпильними прокладками 10 та висота діелектричного узгоджувального клина 13 оптимізовані за даними електродинамічних розрахунків (електродинамічне моделювання виконане з використанням методу кінцевих різниць у часовій області (FDTD) [Сиренко Ю.К., Вязмитинова А.И., Пазынин В.Л., Сиренко К.Ю. Численное моделирование
20 электродинамических характеристик // Электромагнитные волны и электронные системы. 2007.- №1. - С. 24-34]. У випадку, коли необхідно підвищити чутливість вимірювального приладу за амплітудою сигналу використовується узгоджувальний клин 13 несиметричної форми (Фіг. 2а). При необхідності підвищення чутливості за фазою, використовується узгоджувальний клин 13 симетричної форми (Фіг. 2б) [Krasov P.S., Arkhypova K.A., Fisun A.I. Measuring Cuvette Simulation of Dielectrometer for Permittivity Investigation of High-Loss Substances // Journal of Measurement
25 Science and Instrumentation. - 2011. - Vol 2. - No3. - pp. 205-208]. Висота клинів асиметричної та симетричної форми обирається за даними електромагнітного моделювання.

Пристрій працює наступним чином. Частота генератора 1 (на діоді Ганна, наприклад) налаштовується джерелом живлення та настройкою коливального контуру. Для розв'язки
30 генератора 1 з вимірювальним трактом використовується феритовий вентиль 2, а за допомогою атенюатора 3 встановлюється рівень вимірювального сигналу. За допомогою модулятора 4 сигнал модулюється по амплітуді з частотою 1000 Гц. У вимірювальний двополюсник 6, у вимірювальний контейнер 9 розміщується зразок. Падаюча та відбита хвилі формують стоячу хвилю, параметри якої вимірюються чотиризондовою вимірювальною лінією 5 [Львов А.А, Мортанов А.А, Ширнин С.И., Жуков А.В, Кудряшов Ю.Ю. Измерение параметров СВЧ двухполюсников методом многозондовой измерительной линии // Электронная техника. Сер. 1
35 Электроника СВЧ. - 1987. - 7. - С. 48-51]. Інтерфейсний блок 7 здійснює управління модулятором 4, аналогово-цифровим перетворенням і обробкою сигналів з чотирьох детекторів вимірювальної лінії 5 та двосторонній зв'язок з комп'ютером 8.

Отже, пристрій забезпечує вимірювання діелектричної проникності сильнопоглинаючих середовищ, зокрема біологічних об'єктів, що дає змогу одержати нові знання про функціональний стан клітинних матеріалів.

Запропонований пристрій для вимірювання діелектричної проникності біологічних рідин у КВЧ діапазоні електромагнітного випромінювання було виготовлено і випробувано на частоті
45 39,51 ГГц. Як джерело випромінювання було взято генератор на діоді Ганна з квазіоптичною коливальною системою, потужність генерації 10 мВт, рівень частотних шумів - не більше -80 dB при відстроюванні на 20 кГц від несучої частоти. Використовується чотиризондова вимірювальна лінія на основі стандартного хвилеводу перерізом 5,2×2,6 мм. Як детектори застосовані діоди Шоттки 3A123. Обмін інформацією йде за допомогою оптоізольованого інтерфейсу RS232. Програмне забезпечення розроблено для роботи з операційною системою MS Windows з метою керування настройкою інтерфейсного блока та проведення вимірювань. Час одного виміру не перевищує 3-х секунд [Красов П.С. Одночастотный рефлектометр на основе четырехзондовой измерительной линии // Прикладная радиоэлектроника. - 2008. - Т. 7. - № 2. - С. 188-191].

Немає принципів ускладнень для розрахунку, виготовлення і роботи пристрою в інших біологічно важливих КВЧ діапазонах.

Пристрій для вимірювання діелектричної проникності біологічних рідин у КВЧ діапазоні електромагнітного випромінювання було використано в медико-біологічних дослідженнях крові, хворих на ішемічний інсульт з метою розробки експрес-тестування фізіологічного стану

[Архипова Е.А., Красов П.С, Фисун А.И., Малахов В.А. [и др.] Актуальные проблемы неврологии и нейрореабилитации: сб. науч. работ. - Х.: Апостроф, 2012. - С. 86-96].

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

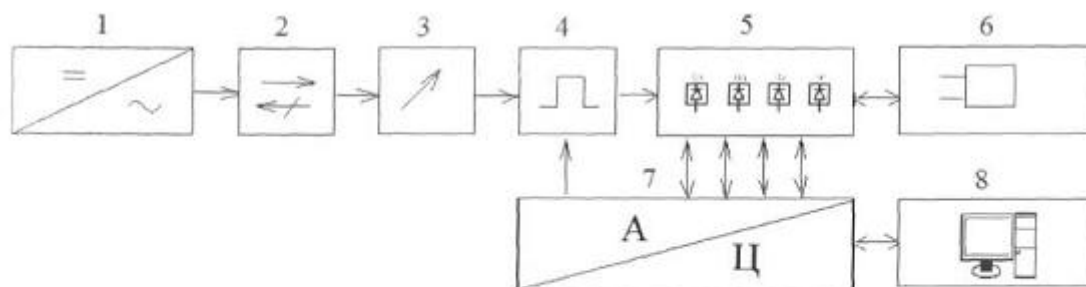
1. Пристрій для вимірювання діелектричної проникності біологічних рідин у КВЧ-діапазоні електромагнітного випромінювання, що містить генератор КВЧ-випромінювання, феритовий вентиль, атенюатор, вимірювальну лінію і вимірювальний двополіусник, що містить вимірювальний контейнер, сформований двома кріпильними прокладками, які впresовані у хвилевід, причому з боку однієї з прокладок розташовано короткозамикаючий поршень, який **відрізняється** тим, що вимірювальна лінія виконана багатозондовою, у хвилеводі з боку вимірювальної лінії розміщена діелектрична узгоджувальна вставка у вигляді клина, а з боку короткозамикаючого поршня розміщена прокладка, що примикає до кріпильної прокладки, товщиною приблизно 1,3 довжини хвилі у хвилеводі, між атенюатором та вимірювальною лінією введено імпульсний модулятор, що керується комп'ютером через інтерфейс.

10

15

2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що узгоджувальна вставка виконана із фторопласту у вигляді клина несиметричної форми.

3. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що узгоджувальна вставка виконана із фторопласту у вигляді клина симетричної форми.



Фиг. 1

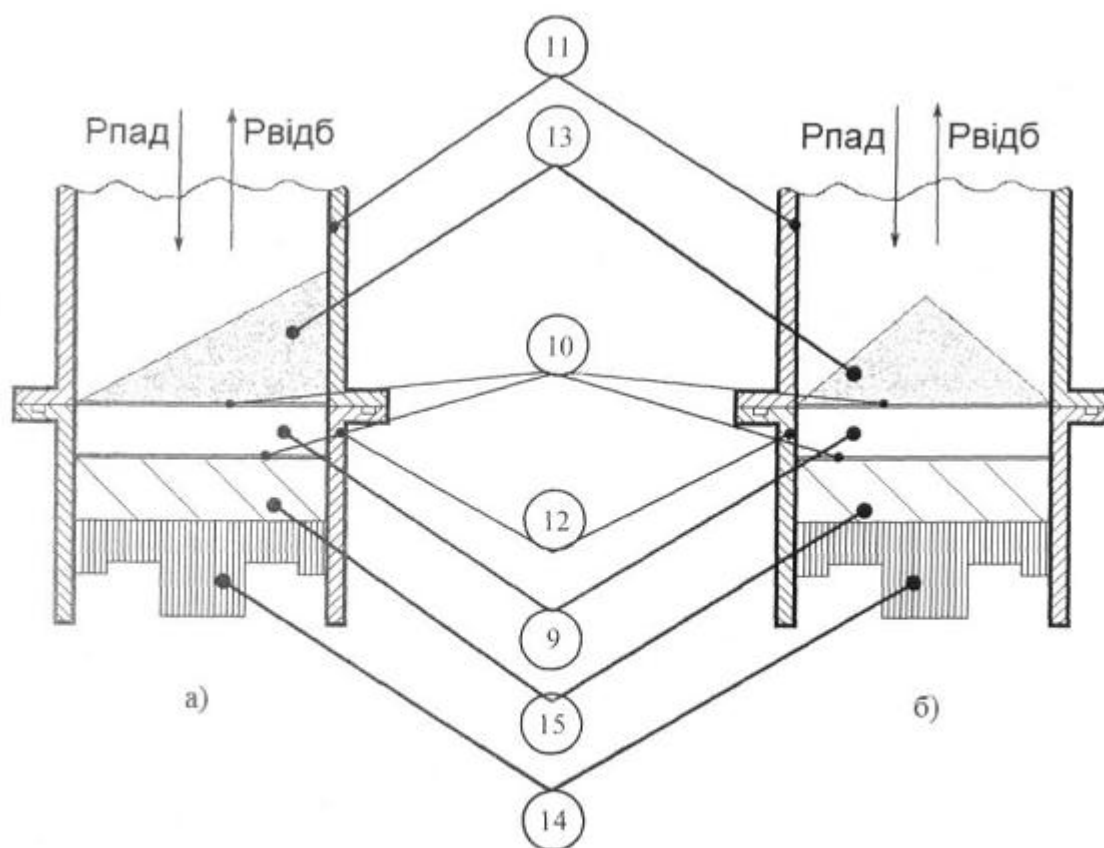


Fig. 2

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601