

УДК 621.38.029.6.01

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ВМІСТУ ТА РОЗПОДІЛУ ВІЛЬНОЇ І ЗВ'ЯЗАНОЇ ВОДИ В БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИНАХ

Глухі М.А.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Бондаренко І.М.

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

тел. +38(099) 001-05-36, e-mail: mykyta.hlukhi@nure.ua

An algorithm for the development of elements and structures of an experimental measuring system for microwave studies of the content and distribution of free and bound water in a liquid sample of a biological substance is proposed. The factors that must be taken into account when creating such a measuring system are considered.

Дослідження діелектричних характеристик в НВЧ діапазоні довжин хвиль дозволяє одержувати унікальну інформацію про стан водної компоненти біосистем. В свою чергу, розподіл вільної і зв'язаної води є динамічною характеристикою, яка залежить від стану та умов функціонування біооб'єктів. Фізичною основою цього є велика різниця діелектричної проникності біополімерів, зв'язаної та вільної води, тому що в цьому діапазоні знаходиться область дисперсії діелектричної проникності вільної води. НВЧ діелектрометрія в області дисперсії вільної води (близько 10 ГГц) є прямим методом вивчення стану води в біооб'єктах.

У НВЧ діапазоні в змінному електромагнітному полі (ЕМП) ці молекули не встигають обертатися і слідувати за його змінами. Для води, зв'язаної в біооб'єктах, ступінь вкладу в релаксаційний процес залежить від того, наскільки молекули води зв'язані з макромолекулами, які мають значно більшу масу і не встигають обертатися в електромагнітному полі, з тією ж швидкістю, що і молекули вільної води.

В роботі [1] проведений аналіз стану справ у напрямку мікрохвильових досліджень вологовмісних матеріалів, наведено методики досліджень, приклади реалізації чутливих елементів и вимірювальних систем. Доведено, що резонаторні зондові структури є найбільш перспективними для отримання максимальної чутливості і просторової роздільної здатності. Але, якщо уважно придивитися, можна стверджувати, що в основному розглядалися вимірювальні системи з максимальною чутливістю при локальної взаємодії з об'єктами сталої форми.

В той же час при дослідженні рідких зразків біоречовин (кров, плазма, розчини) виникає багато питань щодо конструкційного забезпечення ефективної взаємодії випромінювання, яке формується чутливим елементом, та зразка речовини, що досліджується, при збереженні високої чутливості вимірювань.

Першим і головним питанням при цьому буде визначення вимог до контейнеру, у якому буде розміщуватися зразок для дослідження. Треба забезпечити збереження стану і властивостей зразка, як мінімум, на час проведення досліджень. Не повинно бути випаровування, впливу різного роду зовнішніх факторів, а також процесів взаємодії зразка з матеріалом контейнера. Також треба визначитись з оптимальним об'ємом рідкого зразка та його формою, яка буде задаватися формою контейнера. Матеріал і конструкція контейнера не повинні критично впливати на характер взаємодії мікрохвильового випромінювання і зразка. Більш того, контейнер зі зразком не повинний мати резонансні властивості в діапазоні вимірювань. Виходячи з загальних міркувань можна якось визначитись з матеріалом контейнера та його загальною конструкцією, але врахувати всі потенційні фактори неможливо.

Тому, вже на цьому етапі підготовки до створення вимірювальної системи, необхідно визначитись з вибором структури чутливого елемента (бажано резонансного - для підвищення чутливості) для проведення подальшого моделювання процесів і конструкцій за допомогою відповідних програмних пакетів з метою їх оптимізації. В результаті моделювання може з'явитися протиріччя між отриманою оптимальною конфігурацією і можливостями практичної технічної її реалізації. У цьому випадку необхідно врахувати в модельному варіанті обмеження практичної реалізації й оцінити можливі (допустимі) зміни чутливості вимірювань.

Все це не виключає попереднього теоретичного аналізу роботи всієї вимірювальної системи з урахуванням внесених змін, обумовлених запропонованими конструкціями чутливого елемента і контейнера для розміщення зразка – об'єкта досліджень.

Далі відбувається виготовлення необхідних елементів і структур, побудова та налагодження вимірювальної системи в цілому з перевіркою її працездатності.

Слід відмітити, що можливість попереднього моделювання процесів і конструкцій при вірно визначених вихідних умовах значно скорочує час створення експериментальних вимірювальних систем. Але це не означає що не можливий і зворотній процес – коригування моделі і конструкції після експериментальної перевірки.

Список використаних джерел:

1. Бондаренко І. М. Напрями та проблеми мікрохвильових досліджень вологовмісних матеріалів та структур : монографія / І. М. Бондаренко, Ю. О. Гордієнко, О. Ю. Панченко; Харків: ФОП Панов А.М., 2019. - 320 с.