

4. Самосюк И.З. Основные принципы комбинированного и сочетанного применения лечебных физических факторов. – Социальный общенациональный информационно-презентационный проект «Курорты и санатории Украины». – 2010.
5. Пат. 38906 Україна. Універсальний пристрій для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Осадчий О.В., Рудик В.Ю., Стельмах Н.В. - u200810061; заявл. 04.08.2008; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2.
6. Пат. 40266 Україна. Багатофункціональний пристрій для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Перунін Р. - u200813838; заявл. 01.12.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6.
7. Холодов Ю.А. Магнитные поля биологических объектов / Ю.А. Холодов, А.Н. Козлов, А.М. Горбач. -М.: Наука, 1987. – 145 с.
8. Пат. 53876 Україна. Автоматизований багатофункціональний пристрій для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Кирилова А.В. - u201003416; заявл. 24.03.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 6.

Н. Ф. Терещенко, А. В. Кирилова

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Проведено исследование существующих и перспективных методов, принципов построения современных ультразвуковых терапевтических аппаратов (УТА). Предложены новые способы и принципы построения УТА, пути расширения их динамических и частотных диапазонов. Обоснованы новые принципы построения терапевтических аппаратов по достижению гарантированного акустического контакта с биологической тканью и рекомендации по их внедрению в производство и расширенного использования в медицинской практике.

Ключевые слова: ультразвук, терапия, автоматизированный контроль.

N.F. Tereschenko, A.V. Kyrylova

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION MODERN ULTRASONIC THERAPEUTIC DEVICES

A research of existent and perspective methods, principles of construction modern ultrasonic therapeutic devices (UTD) were conducted. New principles of construction UTD and ways of expansion of their dynamic and frequency ranges are offered. New principles of construction devices with assured acoustic contact on biological fabric. Recommendations on its expansion with applying in industry and medical practice are grounded over.

Keywords: ultrasound, therapy, automated control.

Надійшла до редакції

18 травня 2010 року

УДК 621.317

**ПІДПОВЕРХНЕВЕ ЗОНДУВАННЯ ПРОСТОРООВО НЕОДНОРІДНИХ
СЕРЕДОВИЩ**

Куценко В.П., Державний університет інформатики і штучного інтелекту, Казенне науково-виробниче підприємство «Кварцит», Клініка квантової медицини, м. Донецьк, Україна

Розглянуто проблеми підповерхневого зондування просторово неоднорідних середовищ методами радіотеплового і радіохвильового НВЧ дослідження у вільному просторі. Зондування здійснюється на основі оцінки потужності випромінюваних радіотеплових сигналів, а

також сигналів, що пройшли через об'єкт дослідження і відбитих від нього, при радіохвильовому методі. Показано, що радіометричні методи з використанням низькоінтенсивних сигналів мають перспективу використання як в радіотеплових так і радіохвильових дослідженнях різноманітних середовищ і об'єктів.

Ключові слова: радіометрія, вимірювання, електромагнітне випромінювання, радіотеплове випромінювання, зондування, діелектричні матеріали, властивості об'єктів.

Вступ. Розгляд проблеми підповерхневого зондування середовищ

Підповерхневе зондування просторово неоднорідних середовищ можна проводити внаслідок вимірювання високочутливими радіометричними приймачами – радіометрами параметрів їх власних радіотеплових слабких випромінювань або параметрів опромінюючих сигналів при їх проходженні та відбитті від об'єкта [1, 2, 3, 4].

У першому варіанті випадковий характер зміни параметрів широкосмугових сигналів – амплітуди, частоти і фазового зсуву призводить до відсутності регулярних складових і спричиняє необхідність вимірювання таких параметрів і характеристик сигналів як: спектральна щільність потужності шуму, інтегральна потужність сигналу, коефіцієнти поляризації та визначення автокореляційної функції. Задача подібних вимірювань ускладнюється тим, що рівень вхідних сигналів здебільшого співставлений або менший ніж рівень власних шумів радіометра [5, 6,7].

У другому варіанті при взаємодії з матеріалом опромінюючого сигналу, змінюються такі параметри, як коефіцієнти проходження, відбиття та ослаблення, фазовий зсув, вид і площа поляризації. Зміни цих величин при проходженні сигналу або його відбитті від об'єкту дослідження характеризують внутрішній його стан, зокрема наявність різних неоднорідностей (розшарування, пористість, тріщини, сторонні включення тощо). Одним з основних завдань радіохвильового методу є виявлення цих неоднорідностей у матеріалах, що є непрозорими для оптичного діапазону довжин хвиль [8, 9]. А тому розробка надійних і точних методів зондування (неруйнівного контролю) виробів з діелектричних матеріалів, призначених для роботи в складних експлуатаційних умовах, які варто розглядати як просторово неоднорідні середовища, є актуальною задачею. Їхнє застосування може дозволити автоматизувати виробничі процеси виготовлення та контролю виробів і підвищити якість продукції, що випускається.

Постановка задачі дослідження

Сучасні вироби, як, наприклад, термостійкі радіопрозорі обтікаючі елементи антен літальних апаратів, повинні мати сталість хімічного складу, мікро- і макроструктури, електричних і магнітних характеристик, геометричних розмірів та інші властивості. Отже, перераховані вище вимоги можуть бути визначені внаслідок зондування неоднорідностей просторово неоднорідних середовищ, в основу яких покладені методи вимірювання параметрів електромагнітних полів у цих середовищах.

Основна частина

Загасання електромагнітних полів у неоднорідному середовищі описується моделлю процесу хаотичного руху у його провідних та діелектричних ділянках. Майже вільно пронизуючи діелектричні області електромагнітні хвилі поступово загасають на провідних ділянках. У цілому поширення електромагнітних хвиль у неоднорідному середовищі має характер броуновської дифузії, де зворотна величина частоти поля визначає час становлення самого поля в області з лінійним розміром скін-шару: $1/\omega = t$.

Вивчення мікронеоднорідних середовищ показало, що наявність навіть дуже малих концентрацій неоднорідностей (наприклад, тріщин) призводить до сильного збільшення нелінійності матеріалу при практично незмінній величині лінійних пружних модулів [8].

Для вирішення перерахованих вище завдань можуть бути використані всі відомі види електромагнітних випромінювань (ЕМВ). Особливо успішно можна використовувати методи неруйнівного радіотеплового і радіохвильового зондування просторово неоднорідних об'єктів на надвисоких частотах (НВЧ) у вільному середовищі.

Наразі існують дистанційні і контактні методи радіотеплових досліджень. Залежно від виду радіометричного приймача та антенних систем, частотного діапазону і режиму калібрування характер одержуваної інформації може бути різний. Приймачі дистанційної дії реєструють радіояскраву температуру об'єкта дослідження. При цьому залежно від довжини хвилі у формуванні цього випромінювання буде брати участь скін-шар різної товщини. Приймачі аплікаторної дії реєструють інтегральну температуру скін-шару, величина якого визначається довжиною хвилі приймача і діелектричними характеристиками середовища об'єкта дослідження. Обидва методи забезпечують одержання карт розподілу контрастів поверхневих і глибинних температур, а при наявності систем термостабілізації і температурних еталонів – карт абсолютних значень інтегральної глибинної температури та температурних глибинних профілів обраних ділянок [10].

Дистанційні методи мають недоліки, які полягають у тому, що похибка визначення температури істотно залежить від випромінюючої здатності об'єкта і умов, у яких проводиться вимірювання. Внаслідок цього при використанні зазначених методів не вдається отримати точні значення абсолютної температури, хоча температурні контрасти глибинної температури можуть бути зафіксовані досить точно.

З огляду на високу інформативність абсолютних значень глибинної температури, за рубежом і в нашій країні активно розробляються контактні методи, які реалізуються приймачами нвч випромінювання з різними варіантами антен-аплікаторів. При абсолютних вимірюваннях температури необхідно враховувати вплив неузгодженості контактної антени з об'єктом дослідження на точність результатів дослідження. У зв'язку із цим з'являються теоретичні дослідження і технічні розробки можливостей усунення зазначеної похибки вимірювання.

Пропонуються методи компенсації впливу коефіцієнта відбиття, здійснювані за допомогою регульованого підшумлювання, методи виключення втрат через відбиття на границі двох середовищ, методи термодинамічної рівноваги шляхом нагрівання антени та високочастотного тракту та інш. Ці методи не завжди виправдано ускладнюють радіометричні приймачі і при цьому не виключають повністю похибки вимірювання.

За контактного способу прийому радіотеплового випромінювання просторово неоднорідних середовищ також неминуча похибка вимірювання, що виникає через відбиття випромінювання на границі антена – об'єкт. Коефіцієнти відбиття можуть істотно відрізнятись внаслідок розходження діелектричних властивостей об'єкта. Проте впливу цього коефіцієнта можна уникнути при відносному способі вимірювань, коли реєструється різниця температур у симетричних точках [11].

У цьому зв'язку намітився новий напрямок у радіотеплових методах вимірювання, який пов'язаний з оцінкою ЕМВ від різних матеріалів або від різних ділянок одного виробу при заданій температурі нагріву. Різниця інтенсивностей ЕМВ несе інформацію про структуру матеріалу та її порушення. Так, нерівномірний розподіл речовини по об'єму середовища або різна густина речовини, а так само градієнт концентрації, домішок обумовлюють і нерівномірне поглинання ЕМВ на різних частотах, що змінює спектр власного ЕМВ матеріалу. Тому дані методи радіотеплового зондування ґрунтуються на порівнянні потужностей випромінювання матеріалу, що досліджується, і еталонного, або визначенні змін у формі обвідної спектра випромінювання.

Для підповерхневого зондування неоднорідностей просторових середовищ (рис. 1), коли вимірюють різницю інтенсивностей радіотеплового ЕМВ від ділянок одного об'єкта або двох незалежних об'єктів при рівності їх термодинамічних температур нагріву T_1 і T_2 , коефіцієнтів випромінювальної здатності β_1 і β_2 і площ вимірювальних антен S_1 і S_2 , часто використовують диференціальні модуляційні радіометри.

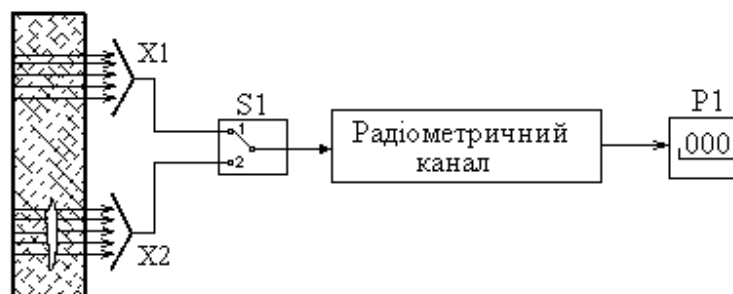


Рис. 1 Метод радіотеплового підповерхневого зондування неоднорідностей просторових середовищ

Потужність радіотеплового випромінювання, що надходить на вхід опорної антени X1, матиме вигляд

$$P_1 = \beta_1 k T_1 \Delta f S_1, \quad (1)$$

де k – постійна Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К); Δf – смуга НВЧ частот радіометричної системи.

Проте радіотеплове випромінювання, прийняте скануючою антеною X2 від об'єкта з локальною неоднорідністю, буде ослаблено:

$$P_2 = \beta_2 k T_2 (1 - \gamma) \Delta f S_2, \quad (2)$$

де γ – коефіцієнт ослаблення радіотеплового випромінювання, що залежить від розмірів і глибини розташування неоднорідності [11].

Прийняті антенами X1 і X2 сигнали з рівнями інтегральної потужності P_1 і P_2 , комутуються автоматичним перемикачем S1, по чергово підсилюються в радіометричному каналі і обробляються згідно закладеного алгоритму. На виході радіометра реєстратором P1 вимірюється напруга, пропорційна коефіцієнту ослаблення електромагнітного випромінювання γ , тобто пропорційна геометричним розмірам і глибині розташування неоднорідності.

Як доводять дослідження і комп'ютерне моделювання, даним методом вдається реєструвати локальні неоднорідності, що викликають ослаблення радіотеплового випромінювання в діапазоні НВЧ, починаючи з $\gamma = 0,01..0,05\%$ [11]. При цьому глибина зондування об'єктів дорівнює товщині випромінюючого шару і визначається як відстань, на яке поширюється електромагнітна хвиля від поверхні об'єкта до того шару, у якому інтенсивність хвилі зменшується в 2,73 рази. Величина скін-шару залежить від діелектричної проникності об'єкта дослідження і довжини прийнятої хвилі. При рівних умовах, чим більша довжина хвилі, на якій реєструється радіовипромінювання, тим більша глибина її ефективного проникнення, але нижча роздільна здатність методу.

З радіохвильових методів використовуються амплітудний, фазовий, поляризаційний і розсіювання. По режиму роботи вони підрозділяються на методи «на проходженні» і «на відбитті». Вибір режиму роботи обумовлений конструкцією об'єкта і його прозорістю.

Часто для зондування неоднорідних середовищ використовують амплітудний метод, заснований на реєстрації інтенсивності мікрорадіохвиль, що проходять через середовище (рис. 2,а) або відбиваються від нього (рис. 2,б).

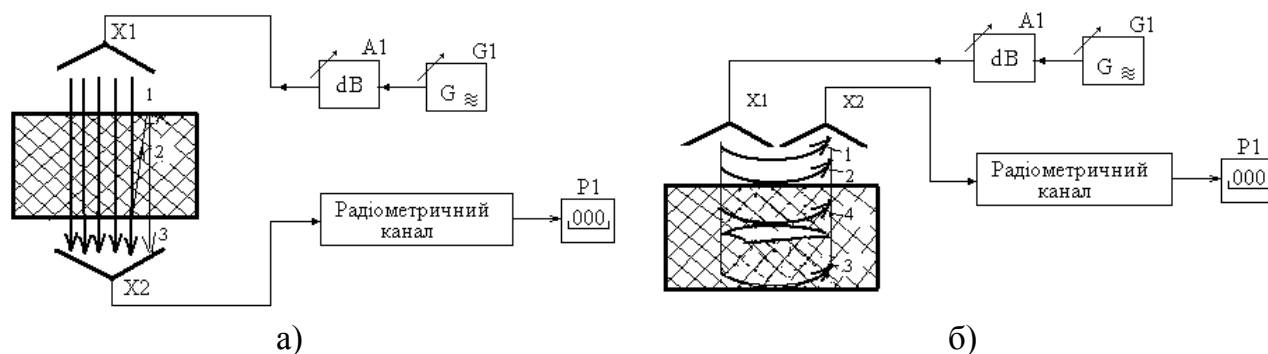


Рис. 2. Радіохвильовий метод підповерхневого зондування неоднорідностей просторових середовищ на проходженні (а) і відбитті (б) радіохвиль

Вимірюваними величинами при амплітудному методі дослідження є коефіцієнти проходження, відбиття, або затухання. Ці коефіцієнти пов'язані з діелектричною проникністю і товщиною об'єкту, що зондується. Зміни цих величин при проходженні мікрорадіохвиль через об'єкт дослідження або відбитті характеризують його внутрішній стан, зокрема наявність різних неоднорідностей (розшарування, пористість, тріщини, сторонні включення, порушення структури і інш.) [8].

На рис. 2,а зображено: 1 – хвилі, що випромінюються від генератора G1 через атенуатор A1, 2 – хвилі в зразку, 3 – прийняті хвилі, а на рис. 2,б: 1 – сигнал зв'язку приймальної X2 та випромінюючої X1 антен, 2 – хвилі, відбиті від першої границі середовища, 3 – хвилі, відбиті від другої границі середовища, 4 – хвилі, відбиті від неоднорідності.

Потужність ЕМВ, яка поглинається в одиниці об'єму середовища, визначається наступним виразом [10]

$$P_1 = \frac{\sigma E^2}{2} = \pi f \varepsilon_o \varepsilon'' E^2 = \pi f \varepsilon_o \varepsilon' E^2 \operatorname{tg} \delta, \quad (3)$$

де σ – питома провідність середовища, $\text{Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$ або См/м ;

$$E = \frac{E_o}{\sqrt{|\varepsilon^*|}} \text{ – напруженість ЕМВ в середовищі;}$$

E_o – напруженість поля у вакуумі;

$$|\varepsilon^*| = |\varepsilon' + j\varepsilon''| = \varepsilon' \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \delta)^2}, \quad \varepsilon_o = 8,8 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м};$$

f – частота ЕМВ; ε'' – уявна діелектрична проникність;

ε' – дійсна діелектрична проникність середовища;

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \text{ – тангенс кута втрат.}$$

Параметри σ і ε'' характеризують сукупність процесів, що призводять до втрат енергії в середовищі, які пов'язані з коливаннями та обертаннями заряджених молекул під дією ЕМВ.

Довжина хвилі електромагнітної енергії в середовищі менша, ніж у вільному просторі $\lambda = \frac{\lambda_i}{\sqrt{|\varepsilon^*|}}$, де λ_i – довжина хвилі у вакуумі.

Якщо об'єм середовища набагато більший за довжину хвилі, то з проникненням її вглиб, поглинання енергії призводить до зменшення електричного поля і потоку енергії за експоненціальним законом:

$$P_x = P_n e^{-2\alpha x}, \quad (4)$$

де P_x – потужність, поглинена на відстані x ;

P_n – повна потужність, поглинута в об'єкті;

$\alpha = 2\pi f \sqrt{\frac{\varepsilon'}{2(1 + (\operatorname{tg} \delta)^2 - 1)}}$ – коефіцієнт поглинання, а величина $1/\alpha$ –глибина

проникнення радіохвилі l .

Величина потужності ЕМВ, що поглинається, та її розподілення в середині об'єкта залежать як від електричних властивостей, так і від форми та розмірів об'єкта. В області довжин хвиль, менших за розміри об'єкта, потужність, що поглинається, слабо залежить від форми об'єкта і може бути задовільно розрахована за формулою

$$P = BP_o (1 - \Gamma), \quad (5)$$

де B – площа поперечного перерізу об'єкта; P_o – щільність потоку потужності, що падає на об'єкт; Γ – коефіцієнт відбиття, якій знаходять із рівнянь Максвелла для досліджуваних середовищ при введенні в ці рівняння нормального імпедансу (відношення тангенціальних складових електричних і магнітних полів).

Відмінність електромагнітних властивостей неоднорідної області від однорідної є причиною зміни амплітуди і фази відбитого сигналу. Це призводить до зміни виду інтерференційної кривої. Якщо у шарі буде перебувати стороннє включення, то частина енергії буде розсіюватися на ньому і може бути зареєстрована досить чутливою радіометричною системою. Можливість реєстрації неоднорідності заснована на існуванні різниці інтенсивностей ΔI при заданому положенні антени (при даній відстані між поверхнею зразка і антеною). Проте варто мати на увазі, що в точках, що відповідають перерізам двох інтерференційних кривих, неможливо виявити неоднорідність, тобто можуть існувати зони невиявлення. Їхня ширина Δl визначається тим мінімальним значенням сигналу, що може бути зафіксовано системою реєстрації.

Амплітудний метод зондування може бути використаний для виявлення локальних неоднорідностей, ефективний діаметр яких $d_{\text{еф}} = 0,2\lambda_0$ і розходження по діелектричній проникності $\Delta\varepsilon = 0,5$, а також розшарувань із розкриттям порядку $0,03\lambda_0$ і площею $S = 2,5$ [12]. Вимірювання неоднорідностей визначається вибором відстані між приймально-випромінюючою антеною і поверхнею досліджуваного об'єкта. Залежно від відстані до об'єкта інтенсивність сигналу, що пройшов через однорідну ділянку, і інтенсивність сигналу, що пройшов через неоднорідну ділянку, будуть різними.

Висновки

Радіотеплові і радіохвильові методи дозволяють здійснювати підповерхневе зондування просторово неоднорідних середовищ у вільному просторі. Застосування даних методів відкриває нові можливості в організації технологічного контролю якості об'єктів з діелектричних матеріалів на робочому місці без порушення їхньої цілісності, і за рівнем власного радіотеплового випромінювання, і при низькоінтенсивному зондувальному випромінюванні. Дані методи забезпечують зондування середовищ у НВЧ діапазоні з неоднорідностями порівнянними

з довжиною хвилі і можуть бути перспективними методами подальшого розвитку радіохвильового контролю великогабаритних діелектричних виробів.

Література

1. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / Ю.А.Скрипник, А.Ф. Яненко, В.П. Манойлов и др. – Житомир: Вольт, 2003. – 408 с.
2. Микроэлектронные устройства СВЧ / Н.А. Малков, В.П. Шелуховостов. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. - 124 с.
3. Пат. 18320 Украина, G01S13/00. Способ измерения энергетического спектра слабых радиоизлучений / Куценко В.П., Скрипник Ю.А., Трегубов Н.Ф., Шевченко К.Л., Яненко А.Ф.; Опубл. 15.11.2006, Бюл. №11.
4. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: Справочник. В 2-х кн.; Под ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1976. - Кн.1. - 396 с.
5. Куценко В.П. Радиометрический способ неразрушающего контроля состава и свойств диэлектрических материалов / В.П. Куценко, Ю.О. Скрипник, М.Ф. Трегубов и др.// Материалы 16-ой международной конференции „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” - Севастополь: «Вебер», 2006. - С. 762 - 764.
6. Головки Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин: Навч. посіб. - К.: Либідь, 2003. – 328 с.
7. Куценко В.П. Радиометрична система з компенсацією шумів вимірювальної антени // Вісник Донецького національного університету. Серія А «Природничі науки». – 2009. – Вип. 1. – С.257 - 262.
8. Технологический неразрушающий контроль пластмасс / А.И. Потапов, В.М. Игнатов, Д.Б. Александров и др. - Л.: Химия, 1979. - 288 с.
9. Контроль влажности твердых и сыпучих материалов. - М: Энергоатомиздат, 1987. - 136 с.
10. Скрипник Ю.О. Модуляційні радіометричні пристрої та системи НВЧ-діапазону / Ю.О. Скрипник, В.П. Манойлов, О.П. Яненко. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 374 с.
11. Пат. 31390 Україна, G01N22/02; G01R29/08. Радіометричний дефектоскоп / Скрипник Ю.О., Шевченко К.Л., Куценко В.П., Трегубов М.Ф. – Опубл. 10.04.2008, Бюл. №7.
12. Проектирование радиоволновых (СВЧ) приборов неразрушающего контроля материалов / С.В. Малков, Н.А. Малков. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. - 128 с.

В. П. Куценко

Государственный университет информатики и искусственного интеллекта, Казенное научно-производственное предприятие «Кварсит», Клиника квантовой медицины, г. Донецк, Украина
ПОДПОВЕРХНОСТНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД
Рассмотрены проблемы подповерхностного зондирования пространственно неоднородных сред методами радиотеплового и радиоволнового СВЧ исследования в свободном пространстве. Зондирование осуществляется на основе оценки мощности излучаемых радиотепловых сигналов, а также прошедших через объект исследования и отраженных от него сигналов при радиоволновом методе. Показано, что радиометрические методы с использованием низкоинтенсивных сигналов имеют перспективу использования в радиотепловых и радиоволновых исследованиях различных сред и объектов.

Ключевые слова: радиометрия, измерение, электромагнитное излучение, радиотепловое излучение, зондирование, диэлектрические материалы, свойства объектов.

V.P. Kucenko

State university of informatics and artificial intelligence, State scientific industrial enterprise "Kvarsit", Donetsk, Ukraine

UNDER SUPERFICIAL SOUNDING OF SPATIALLY NON-UNIFORM ENVIRONMENTS

Problems under superficial sounding of spatially non-uniform environments by methods of radio of the thermal and radio wave microwave oven of research in free space are considered. Sounding is carried out on the basis of an estimation of capacity of radiated radio of thermal signals, and also the past through object of research and the signals reflected from it at a radio wave method. Showed, what the radiometric methods with use of the low intensive signals are at the advanced of the thermal and radio-wave researches of different mediums and objects.

Keywords: radiometry, measuring, electromagnetic radiation, radiothermal radiation, sounding, dielectric materials, properties of objects.

*Надійшла до редакції
08 вересня 2010 року*

УДК 621.317

МІКРОХВИЛЬОВА ТЕРАПІЯ: АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЛІКУВАННЯ

¹⁾ Яненко О.П., ¹⁾ Перегудов С.М., ²⁾ Федотова І.В.,

¹⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

²⁾ Центр сімейної медицини «Адоніс-О», м. Київ, Україна

Розглянуто принципи побудови, основні напрямки та апаратурне забезпечення мікрохвильової резонансної терапії (МРТ). Приведено метрологічні характеристики основних типів медичних приладів міліметрового діапазону хвиль та розглянуті їх недоліки і переваги, що дозволяє оптимізувати вибір апаратури при її застосуванні. Розглянуто основні технології із використанням низькоінтенсивних сигналів мм-діапазону та приклади найбільш ефективного застосування в різних напрямках практичної медицини. Приведені результати лабораторних досліджень позитивних змін, що виникають в організмі пацієнтів під впливом мікрохвильової резонансної терапії. Відмічено ефективність МРТ у процесі лікування певних видів захворювань.

Ключові слова: міліметровий діапазон хвиль, медична апаратура, мікрохвильова резонансна терапія, низькоінтенсивний сигнал, квантова медицина.

Вступ. Постановка задачі

Сигнали міліметрового діапазону отримали широке застосування в біології та медицині в останні 20-30 років з появою електронних генеруючих пристроїв цього діапазону. Перші експерименти з вивчення впливу мм-сигналів на живі організми проводились з використанням стандартних вимірювальних генераторів Г4-141, Г4-142 в діапазоні частот від 37,5 до 78,33 ГГц. Виявлення позитивних зрушень в організмі піддослідних тварин під дією мм-випромінювання сприяло поширенню досліджень і на людський організм.

Найбільший внесок у такі дослідження, а також у розвиток і впровадження медичної апаратури і технологій лікування мм-сигналами, внесли колективи вчених під керівництвом академіка М.Д. Девяткова (м. Москва) та професора С.П. Сітька (м. Київ). Напрямки досліджень цих колективів були спрямовані на визначення параметрів мм-сигналів для терапевтичного впливу на організм хворого пацієнта, переліку захворювань та технологій їх лікування. У результаті були створені перші спеціалізовані медичні прилади для міліметрової терапії: "Явь" та