



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G01R 29/08 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023130960, 27.11.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.11.2023

Дата регистрации:
04.03.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.11.2023

(45) Опубликовано: 04.03.2024 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

105005, Москва, вн. тер. г. Муниципальный
округ Басманный, 2-я Бауманская ул., 5, стр.
1, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Амелина Ксения
Евгеньевна

(72) Автор(ы):

Леушин Виталий Юрьевич (RU),
Гудков Александр Григорьевич (RU),
Сидоров Игорь Александрович (RU),
Чижилов Сергей Владимирович (RU),
Соловьев Юрий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

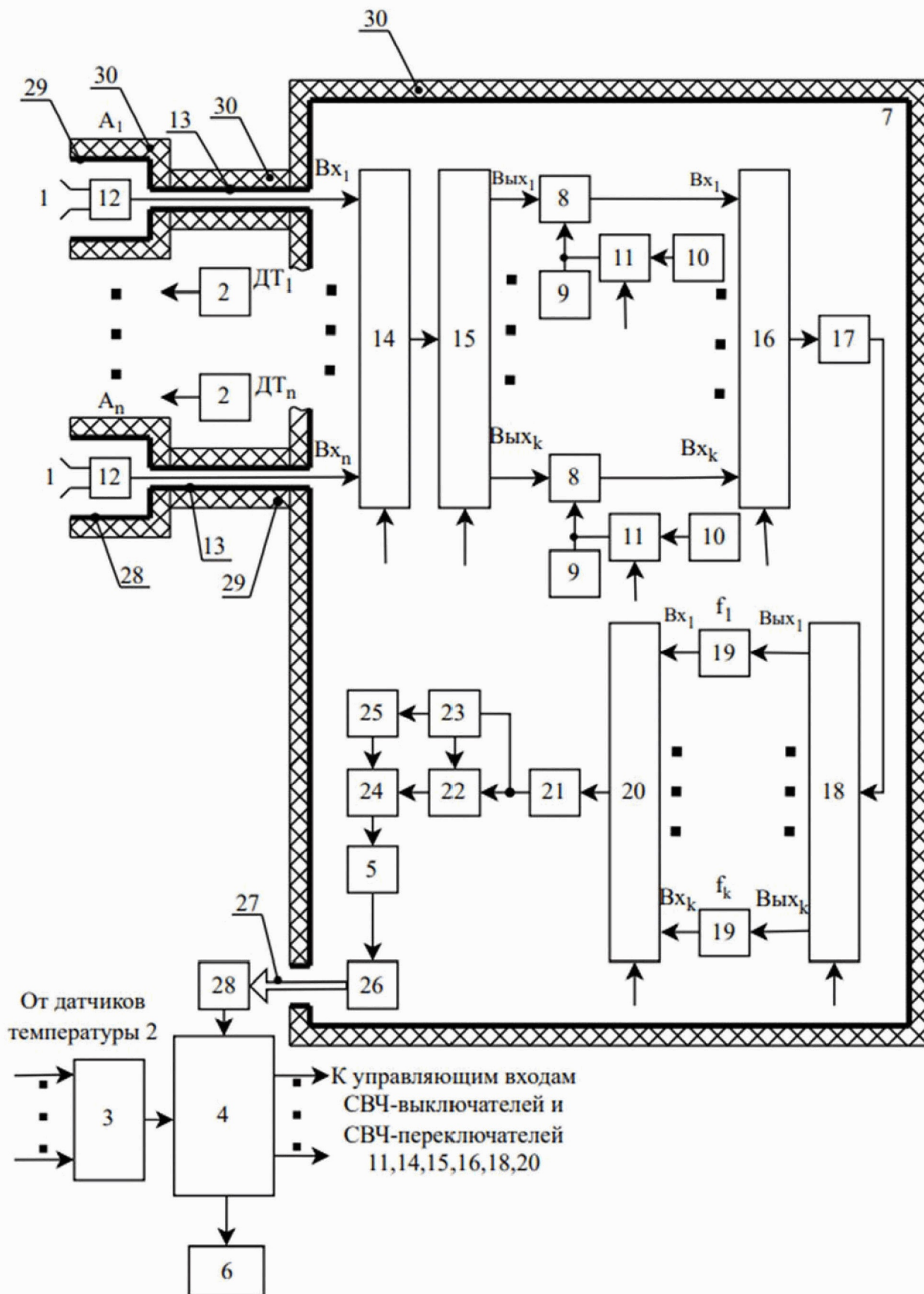
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2328751 C2, 10.07.2008. RU
2310876 C1, 20.11.2007. WO 2017111651 A1,
29.06.2017. US 7121719 B2, 17.10.2006.

(54) МНОГОКАНАЛЬНЫЙ МНОГОЧАСТОТНЫЙ РАДИОТЕРМОГРАФ

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике, в
частности к медицинским радиотермографам.
Технический результат – повышение
помехоустойчивости и уменьшение
энергопотребления. Результат достигается тем,
что предложена конструкция многоканального
многочастотного радиотермографа, которая в

отличие от прототипа содержит только один
СВЧ-усилитель, а также схему подавления
импульсных помех, включающую в себя линию
задержки, ограничитель амплитуды,
дополнительный СВЧ выключатель и
формирователь стробирующих импульсов. 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC
G01R 29/08 (2024.01)(21)(22) Application: **2023130960, 27.11.2023**(24) Effective date for property rights:
27.11.2023Registration date:
04.03.2024

Priority:

(22) Date of filing: **27.11.2023**(45) Date of publication: **04.03.2024** Bull. № 7

Mail address:

**105005, Moskva, vn. ter. g. Munitsipalnyj okrug
Basmannyj, 2-ya Baumanskaya ul., 5, str. 1, MGTU
im. N.E. Bauman, Amelina Kseniya Evgenevna**

(72) Inventor(s):

**Leushin Vitalij Yurevich (RU),
Gudkov Aleksandr Grigorevich (RU),
Sidorov Igor Aleksandrovich (RU),
Chizhikov Sergej Vladimirovich (RU),
Solovev Yuriy Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj
tekhnicheskij universitet imeni N.E. Bauman
(natsionalnyj issledovatel'skij universitet)"
(MGTU im. N.E. Bauman) (RU)**(54) **MULTICHANNEL MULTIFREQUENCY RADIO THERMOGRAPH**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering.

SUBSTANCE: invention relates to radio engineering, particularly to medical radio thermographs. Result is achieved by the fact that the proposed design of the multichannel multifrequency radio thermograph, which, unlike the prototype, contains only one microwave amplifier, as well as a pulse noise

suppression circuit, which includes a delay line, an amplitude limiter, an additional microwave switch and a gate pulse generator.

EFFECT: high noise immunity and reduced power consumption.

1 cl, 1 dwg



Изобретение относится к области радиотехники и может быть использовано для получения данных о функциональном состоянии различных органов человека и о наличии патологий.

Известны медицинские приборы, принцип действия которых основан на методе микроволновой радиотермометрии, которые используются для неинвазивного выявления температурных аномалий в глубине тела человека, что позволяет по данным этих измерений диагностировать различные патологии, в том числе злокачественные новообразования.

К таким приборам относится, например, многоканальный радиотермограф (см. RU 2310876 кл. G 01 R 29/08, A61B, 18.04.2006), содержащий n антенн, соединенных с n СВЧ - выключателями, дополнительный СВЧ- выключатель, n датчиков температуры, циркулятор, термостат, согласованную нагрузку, находящуюся в тепловом контакте с термостатом и подключенную к циркулятору, выход которого подключен к входу радиометрического приемника.

Недостатками указанного многоканального радиотермографа являются: недостаточная точность измерения радиоярких температур тела человека, обусловленная тем, что в процессе измерений радиоярких температур не учитывается рассогласование импедансов антенн и участков тела человека, отсутствие контроля термодинамических температур поверхности исследуемых участков тела человека, что не позволяет определить вклад температурного градиента в измеренное значение радиояркой температуры, а также зондирование в одном диапазоне частот, что делает невозможным измерение радиоярких температур, соответствующих разной глубине, и тем самым затрудняет определение истинных размеров патологий исследуемых участков тела.

В свою очередь многочастотные многоканальные радиотермографы достаточно эффективны в области диагностики онкологических и других заболеваний, вызывающих локальные изменения внутренней температуры биологических тканей, поскольку они обеспечивают возможность 3D-визуализации тепловых аномалий в глубине тела человека,

Наиболее близким к данному техническому решению является многочастотный радиотермограф (см. RU 2328751 кл. G 01 R 29/08, 14.08.2006), содержащий n антенн, n датчиков температуры, многоканальный измеритель температуры, контроллер, аналого-цифровой преобразователь, блок регистрации и индикации, термостат, размещенные в термостате k генераторов шума, k СВЧ-выключателей и k СВЧ-циркуляторов, выходы которых соединены со входами k радиометрических приемников.

Недостатком прототипа является его низкая помехозащищенность, что делает невозможным проведение процедур диагностики вне экранированных помещений.

Недостатком прототипа также является низкая надежность и высокое энергопотребление, обусловленные применением большого числа радиометрических приемников, содержащих активные элементы - СВЧ-усилители.

Технический результат, на достижение которого направлено изобретение, заключается в создании помехозащищенного и энерго-экономичного прибора для неинвазивного выявления и 3D-визуализации тепловых аномалий в глубине тела человека, что повышает эффективность диагностики широкого спектра патологий, в том числе диагностики злокачественных новообразований на ранней стадии.

Указанный технический результат достигается тем, что радиотермограф содержит n антенн, n датчиков температуры, многоканальный измеритель температуры, контроллер, аналого-цифровой преобразователь, блок регистрации и индикации,

подключенный к контроллеру, термостат, размещенные в термостате k СВЧ-циркуляторов, где k-число рабочих диапазонов частот радиотермографа, k согласованных нагрузок, подключенных к СВЧ-циркуляторам, k генераторов шума, k СВЧ-выключателей, согласованные нагрузки подключены соответственно к

5 циркуляторам, генераторы шума подключены соответственно к входам СВЧ-выключателей, выходы которых соединены соответственно с вторыми входами циркуляторов, циркуляторы, согласованные нагрузки, генераторы шума и СВЧ-выключатели находятся в тепловом контакте с термостатом, датчики температуры подключены к входам многоканального измерителя температуры, выход которого

10 подключен к контроллеру, управляющие входы СВЧ-выключателей подключены к выходам контроллера, содержит также n симметрирующих устройств, входы которых подключены соответственно к антеннам, n коаксиальных фидерных линий, входы которых подключены соответственно к выходам симметрирующих устройств, n-канальный СВЧ-переключатель, n входов которого соединены с выходами n

15 коаксиальных фидерных линий, первый k-канальный СВЧ переключатель, вход которого подключен к выходу n-канального СВЧ-переключателя, выходы первого k-канального СВЧ переключателя подключены соответственно ко входам СВЧ-циркуляторов, выходы которых подключены к входам второго k-канального СВЧ-переключателя, выход которого подключен к входу СВЧ-усилителя, имеющего диапазон

20 рабочих частот, перекрывающий k рабочих диапазонов частот радиотермографа, выход СВЧ-усилителя соединен с входом третьего k-канального СВЧ-переключателя, выходы которого соединены соответственно с входами k полосовых СВЧ-фильтров, выходы которых подключены соответственно к входам четвертого k-канального СВЧ-переключателя, к выходу которого подключен СВЧ-детектор, к выходу которого

25 подключены вход линии задержки и вход ограничителя амплитуды, выход линии задержки через дополнительный СВЧ - выключатель соединен с входом аналого-цифрового преобразователя, выход ограничителя амплитуды подключен к формирователю стробирующих импульсов, выход которого соединен с управляющим входом дополнительного СВЧ-выключателя, управляющие входы СВЧ-переключателей

30 подключены к выходам контроллера, выход СВЧ-детектора подключен к входу аналого-цифрового преобразователя, выход которого подключен к входу передающего оптоэлектронного модуля, выход которого подключен ко входу волоконно-оптической линии связи, выход которой связан со входом приемного оптоэлектронного модуля, выход которого подключен к контроллеру, СВЧ-переключатели, СВЧ-усилитель,

35 полосовые фильтры, находятся в тепловом контакте с термостатом, каждая из антенн и каждый СВЧ-усилитель имеют рабочий диапазон частот, перекрывающий k рабочих диапазонов частот радиотермографа, антенны имеют диапазон рабочих частот, перекрывающий k рабочих диапазонов частот радиотермографа, антенны имеют симметричную конструкцию и совместно с симметрирующими устройствами размещены

40 в металлических корпусах, открытых с одной стороны, корпус термостата выполнен из металла, а на внешние поверхности корпусов антенн, внешнюю поверхность коаксиальных фидеров и внешнюю поверхность корпуса термостата нанесено покрытие из материала, поглощающего электромагнитное излучение.

На фигуре приведены следующие обозначения:

- 45 1 – антенна;
 2 – датчик температуры;
 3 —многоканальный измеритель температуры;
 4 -контроллер;

- 5 – аналого-цифровой преобразователь;
- 6 – блок регистрации и индикации;
- 7 – термостат;
- 8 – циркулятор;
- 5 9 – согласованная нагрузка;
- 10 – генератор шума;
- 11 – СВЧ-выключатель;
- 12 – симметрирующее устройство;
- 13 – коаксиальная фидерная линия;
- 10 14 – n-канальный СВЧ переключатель;
- 15 – первый k- канальный СВЧ переключатель;
- 16 – второй k- канальный СВЧ переключатель;
- 17 – СВЧ-усилитель;
- 18 – третий k- канальный СВЧ переключатель;
- 15 19 – СВЧ-полосовой фильтр;
- 20 – четвертый k- канальный СВЧ переключатель;
- 21 – линия задержки;
- 22 – ограничитель амплитуды;
- 23 – дополнительный СВЧ-выключатель;
- 20 24 – СВЧ-детектор;
- 25 – формирователь стробирующих импульсов;
- 26 – передающий оптоэлектронный модуль;
- 27 – волоконно-оптическая линия связи;
- 28 – приемный оптоэлектронный модуль;
- 25 29 – корпус антенны;
- 30 – покрытие из материала, поглощающего электромагнитное излучение.

Многоканальный многочастотный радиотермограф работает следующим образом.

Перед началом обследования пациента n антенн (антенн-аппликаторов) 1 располагаются непосредственно на теле пациента, например на голове или молочной железе. При этом
 30 корпуса антенн 29 открытой стороной (апертурой) направлены к телу человека. Для подключения антенн 1 k-канальному СВЧ переключателю 14, расположенном в термостате 7, служат коаксиальные фидерные линии 13. Схему расположения антенн на теле пациента выбирает врач исходя из интересующей области обследования и рекомендаций медицинских методик.

35 В соответствии с заранее заданной программой под воздействием управляющего сигнала контроллера 4 n-канальный СВЧ переключатель 14 подключает к входу k-канального СВЧ 15 переключателя одну из n антенн 1 посредством симметрирующего устройства 12 и коаксиальной фидерной линии 13. Антенна 1 является широкополосной и имеет рабочий диапазон частот, перекрывающий k рабочих диапазонов частот
 40 радиотермографа.

Антенна 1 принимает собственное электромагнитное излучение тела человека в своем рабочем диапазоне частот. Мощность принятого излучения пропорциональна так называемой радиояркостной температуре, по которой можно судить о глубинной термодинамической температуре.

45 Согласно закону Планка, мощность P теплового электромагнитного излучения, принимаемого антенной

$$P = K T_P \Delta f,$$

где T_P – измеряемая радиояркостная температура, Δf – полоса пропускания

радиотермографа, которая определяется полосой пропускания полосовых СВЧ-фильтров 19, K - коэффициент пропорциональности. Таким образом, измеряя уровень собственного излучения тела человека в заданном диапазоне частот в зонах расположения антенн, можно определить глубинные температуры тела в этих зонах.

5 При подключенной одной из n антенн 1 и отключенных остальных антеннах последовательно во времени с помощью k - канальных переключателей 15, 16, 18 и 20 в СВЧ тракт последовательно во времени синхронно включаются циркуляторы 8 и полосовые фильтры 19, соответствующие k рабочим диапазонам частот радиотермографа.

10 Усиление сигнала до заданного уровня осуществляется СВЧ усилителем 17. Усилитель 17 является малошумящим и широкополосным, его полоса рабочих частот перекрывает k диапазонов рабочих частот радиотермографа. Применение в радиотермографе только одного СВЧ-усилителя позволяет уменьшить энергопотребление и соответственно перегрев элементов СВЧ-тракта, что способствует повышению точности измерения
15 радиоярких температур.

Процесс измерения радиояркой температуры в каждом диапазоне рабочих частот радиотермографа и автоматизированного контроля степени рассогласования антенн 1 с телом человека осуществляется следующим образом.

В определенные временные интервалы в соответствии с сигналами контроллера k первым входам циркуляторов 8 последовательно во времени подключаются поочередно
20 n антенн 1.

В определенные моменты времени с помощью СВЧ-выключателей 11 ко вторым (нижним) входам циркулятора 8 подключаются генераторы шума 10, при этом все антенны отключаются.

25 В определенные моменты времени ко вторым входам циркулятора 8 подключены только согласованные нагрузки 9, при этом все антенны отключаются.

В определенные моменты времени ко вторым входам циркуляторов 8 подключаются генераторы шума 10, а к первым входам циркуляторов 8 – антенны 1. Поскольку температура генератора шума 10 во много раз превышает температуру согласованной
30 нагрузки, то в этом случае влиянием согласованной нагрузки 9 пренебрегают.

В результате измерения напряжений шумовых сигналов на выходе СВЧ-детектора 24 за соответствующие временные интервалы для каждой из n антенн и каждого из k диапазонов частот получаем амплитуды напряжений сигналов:

35 , (2)

, (3)

. (4)

40 , (5)

где T_P - измеряемая радиояркая температура, r - коэффициент отражения на границе раздела сред «антенна-тело человека», T_H - температура согласованной нагрузки циркулятора 8, S - крутизна вольт-градусной характеристики СВЧ тракта от входа n -канального СВЧ-переключателя 14 до выхода СВЧ-детектора 24, $T_{ГШ}$ - температура
45 генератора шума 10, U_0 - смещение шкалы напряжений на выходе детектора 21.

Решая систему из четырех уравнений с четырьмя неизвестными, получаем:

, (6)

(7)

(8)

(9)

Таким образом, T_{pg} , S и U_0 полностью определяются по результатам четырех измерений амплитуд напряжений, при этом автоматически учитывается степень рассогласования антенны с телом человека, что повышает точность измерения радиояркостной температуры.

Сигналы, описываемые формулами (2)-(5) с помощью аналого-цифрового преобразователя 5 преобразуются в цифровую форму и посредством передающего оптоэлектронного модуля 26, волоконно-оптической линии связи 27, приемного оптоэлектронного модуля 28 подаются на вход контроллера 4.

При «опросе» n антенн в k диапазонах рабочих частот радиотермографа получаем nk отсчетов радиояркостных температур. Вычисление значений радиояркостных температур осуществляется в контроллере 4 по формуле (6). С выхода контроллера 4 данные об измеренных глубинных температурах тела человека, измеренные в k частотных диапазонах, поступают в блок регистрации с индикации 6, в качестве которого используется компьютер, где осуществляется дополнительная обработка информации с одновременной визуализацией на экране монитора тепловых карт на различной глубине тела человека, соответствующих различным диапазонам частот радиотермографа, также протоколирование результатов обследования в памяти компьютера.

Анализируя тепловые карты, врач определяет наличие тепловых аномалий (повышение температуры) внутренних тканей и делает вывод о наличии патологий. Как правило, тепловые аномалии связаны с развитием новообразований, в том числе и злокачественных. Применение метода микроволновой радиотермометрии в медицинской практике при использовании многоканальных многочастотных радиотермографов, является эффективным средством выявления злокачественных новообразований на ранней стадии.

Поскольку измеренное значение температуры тела человека в радиочастотном диапазоне определяется вкладом температуры поверхности тела, вкладом температурного градиента и вкладом температурной аномалии (при ее наличии), то для однозначного определения внутренней температуры тела необходимы данные о температуре поверхности тела в зоне измерения. Эти данные получают с помощью датчиков температуры 2. Антенны 1 имеют небольшие габариты и массу и располагаются непосредственно на теле человека. Датчики температуры 2, измеряют термодинамические температуры поверхности тела человека в месте установки антенн 1. Датчики температуры 2 могут быть выполнены в виде дистанционно расположенных инфракрасных датчиков. Сигналы с датчиков температуры 2 подаются на входы многоканального измерителя температуры 3. Контроллер 4 посредством порта, подключенного к многоканальному измерителю температуры 3 периодически опрашивает n датчиков температуры и вместе с вычисленными значениями глубинных температур передает эти значения на блок регистрации и индикации 13, в качестве которого может использоваться компьютер, имеющий в своем составе монитор.

Анализируя тепловые карты глубинных температур и карты температур кожи, врач определяет наличие тепловых аномалий (повышение температуры) внутренних тканей и делает вывод о наличии патологий. Как правило, тепловые аномалии связаны с развитием новообразований, в том числе и злокачественных. Применение метода

микроволновой радиотермометрии в медицинской практике при использовании многоканальных многочастотных радиотермографов, является эффективным средством выявления злокачественных новообразований на ранней стадии.

В контроллере 4 вычисляются также коэффициенты отражения каждой из n антенн 1 в каждом из k частотных диапазонов и индицируются в блоке регистрации и индикации 6. По величине измеренных коэффициентов отражения на входе радиотермографа можно контролировать исправность антенн 1 и правильность их установки на теле человека (плотность прилегания к коже).

В контроллере 4 вычисляются также S - крутизна вольт-градусной характеристики СВЧ тракта от входа n -канального СВЧ-переключателя 14 до выхода СВЧ-детектора 24, по величине которой можно судить о исправности тракта.

Для повышения помехоустойчивости радиотермографа в нем применена схема подавления импульсных помех, включающая в себя линию задержки 22, ограничитель амплитуды 23, дополнительный СВЧ выключатель 24 и формирователь стробирующих импульсов 25.

Сигнал, соответствующий собственному электромагнитному излучению тела человека в радиочастотном диапазоне имеет шумообразную форму. Сигнал, поступающий с выхода СВЧ – детектора 21, в общем случае содержит как полезный сигнал, так и импульсы помех, амплитуда которых может существенно превышать амплитуду полезного шумового сигнала. Эти импульсы подвергаются ограничению по амплитуде в ограничителе амплитуды 23 и далее подаются на вход формирователя стробирующих импульсов 25. Сигнал, поступающий с выхода СВЧ – детектора 21, через линию задержки подается на дополнительный СВЧ – выключатель 24. Стробирующие импульсы, подаваемые на управляющий вход дополнительного СВЧ-выключателя 24 переводят его в выключенное состояние во время поступления импульсов помех. Линия задержки 22 компенсирует запаздывание стробирующих импульсов, поскольку на их формирование необходимо определенное время. Таким образом, на вход аналого-цифрового преобразователя 5 поступает полезный шумовой сигнал, «очищенный» от импульсов помех, что приводит к повышению помехоустойчивости радиотермографа.

Повышение помехоустойчивости радиотермографа обеспечивается также применением для передачи данных между выходом аналого-цифрового преобразователя 5 и контроллером 4 волоконно-оптической линии связи 27, а также передающего и приемного оптоэлектронных модулей 26 и 28.

Применение в радиотермографе экранирующих корпусов 29 антенн 1 ограничивает поступление внешних помех на вход радиотермографа. Применение симметричных антенн 1 и симметрирующих устройств 12 обеспечивает эффективное подавление синфазных помех, поступающих на вход радиотермографа.

Выполнение корпуса термостата 7 из металла и размещение на внешних поверхностях корпусов 29 антенн 1, на внешних поверхностях коаксиальных фидеров 13 и на внешней поверхности корпуса термостата 7 материала 30, поглощающего электромагнитное излучение в диапазонах рабочих частот радиотермографа, обеспечивает повышение помехоустойчивости и делает возможным проведение диагностики методом микроволновой радиотермометрии вне экранированных помещений.

В качестве антенн многоканального многочастотного радиотермографа могут быть использованы экранированные симметричные печатные антенны-аппликаторы типа «бабочка» или в виде двухзаходной спирали Архимеда на основе материала RO3210, имеющие перекрытие рабочего диапазона частот не менее 3.

В качестве материала, поглощающего электромагнитное излучение, может быть

применен, например, материал Eccosorb MF-190.

В СВЧ-усилителе могут быть использованы, например, микросхемы фирмы Infineon типа BGB741L7ESDE6327XTSA1, имеющие диапазон рабочих частот от 30 МГц до 5 ГГц, коэффициент усиления 19дБ и коэффициент шума 1дБ.

5 В качестве контроллера 4 в многоканальном многочастотном радиотермографе может быть использован микроконтроллер типа AT89S8252 фирмы ATMEL, аналого-цифровой преобразователь AD 7818 фирмы ANALOG DEVICE или микроконтроллер семейства MCS-51. В качестве многоканального измерителя температуры использовано устройство контроля температуры УКТ38-Щ4 фирмы «Овен», Россия.

10 Приемный и передающий оптоэлектронные модули реализуются с использованием плат Arduino, на которых соответственно устанавливаются стандартные лазерные излучатели и фото-приемные элементы.

Предлагаемый многоканальный многочастотный радиотермограф энергетически экономичен, имеет помехозащищенную конструкцию, что делает возможным применение
15 его вне экранированных помещений, и может эффективно применяться в медицине для неинвазивной диагностики злокачественных новообразований на ранней стадии их развития.

(57) Формула изобретения

20 Многоканальный многочастотный радиотермограф, содержащий n антенн, n датчиков температуры, многоканальный измеритель температуры, контроллер, аналого-цифровой преобразователь, блок регистрации и индикации, подключенный к контроллеру, термостат, размещенные в термостате k СВЧ-циркуляторов, где k-число рабочих диапазонов частот радиотермографа, k согласованных нагрузок, подключенных к
25 СВЧ-циркуляторам, k генераторов шума, k СВЧ-выключателей, согласованные нагрузки подключены соответственно к циркуляторам, генераторы шума подключены соответственно к входам СВЧ-выключателей, выходы которых соединены соответственно с вторыми входами циркуляторов, согласованные нагрузки, генераторы шума и СВЧ-выключатели находятся в тепловом контакте с термостатом подключены
30 к входам многоканального измерителя температуры, выход которого подключен к контроллеру, управляющие входы СВЧ-выключателей подключены к выходам контроллера, отличающийся тем, что содержит n симметрирующих устройств, входы которых подключены соответственно к антеннам, n коаксиальных фидерных линий, входы которых подключены соответственно к выходам симметрирующих устройств,
35 n-канальный СВЧ-переключатель, n входов которого соединены с выходами n коаксиальных фидерных линий, первый k-канальный СВЧ переключатель, вход которого подключен к выходу n-канального СВЧ-переключателя, выходы первого k-канального СВЧ переключателя подключены соответственно ко входам СВЧ-циркуляторов, выходы которых подключены к входам второго k-канального СВЧ-переключателя, выход которого подключен к входу СВЧ-усилителя, имеющего диапазон рабочих частот, перекрывающий k рабочих диапазонов частот радиотермографа, выход СВЧ-усилителя соединен с входом третьего k-канального СВЧ-переключателя, выходы которого соединены соответственно с входами k полосовых СВЧ-фильтров, выходы которых подключены соответственно к входам четвертого k-канального СВЧ-переключателя, к выходу которого подключен СВЧ-детектор, к выходу которого
40 подключены вход линии задержки и вход ограничителя амплитуды, выход линии задержки через дополнительный СВЧ-выключатель соединен с входом аналого-цифрового преобразователя, выход ограничителя амплитуды подключен к

формирователю стробирующих импульсов, выход которого соединен с управляющим входом дополнительного СВЧ-выключателя, управляющие входы СВЧ-переключателей подключены к выходам контроллера, выход аналого-цифрового преобразователя
5 подключен к входу передающего оптоэлектронного модуля, выход которого подключен ко входу волоконно-оптической линии связи, выход которой связан со входом приемного оптоэлектронного модуля, выход которого подключен к контроллеру, СВЧ-переключатели СВЧ-усилитель, полосовые фильтры, находятся в тепловом контакте с термостатом, антенны имеют диапазон рабочих частот, перекрывающий к рабочим
10 диапазонов частот радиотермографа, антенны имеют симметричную конструкцию и совместно с симметрирующими устройствами размещены в металлических корпусах, открытых с одной стороны, корпус термостата выполнен из металла, а на внешней поверхности корпусов антенн, внешней поверхности коаксиальных фидеров и внешней поверхности корпуса термостата нанесено покрытие из материала, поглощающего электромагнитное излучение.

15

20

25

30

35

40

45

