



(51) МПК

G01R 27/26 (2006.01)*G01N 22/00* (2006.01)*G01N 22/04* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003137895/09, 31.05.2002

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.05.2002(30) Конвенционный приоритет:
31.05.2001 IS 5960
31.05.2001 US 60/294249

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2005

(45) Опубликовано: 27.04.2007 Бюл. № 12

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1506387 A1, 07.09.1989. US 4344030
A, 10.08.1982. WO 8502266 A, 25.05.1985. US
4052666 A, 04.10.1977.(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
31.12.2003(86) Заявка РСТ:
IS 02/00011 (31.05.2002)(87) Публикация РСТ:
WO 02/097411 (05.12.2002)Адрес для переписки:
191002, Санкт-Петербург, а/я 5, ООО "Ляпунов
и партнеры", пат.пов. Ю.В.Кузнецовой

(72) Автор(ы):

ЙОНСОН Олафур Х. (IS),
ТОРГЕЙРСОН Йон Тор (IS),
САНГСТЕР Алан Джон (GB)

(73) Патентообладатель(и):

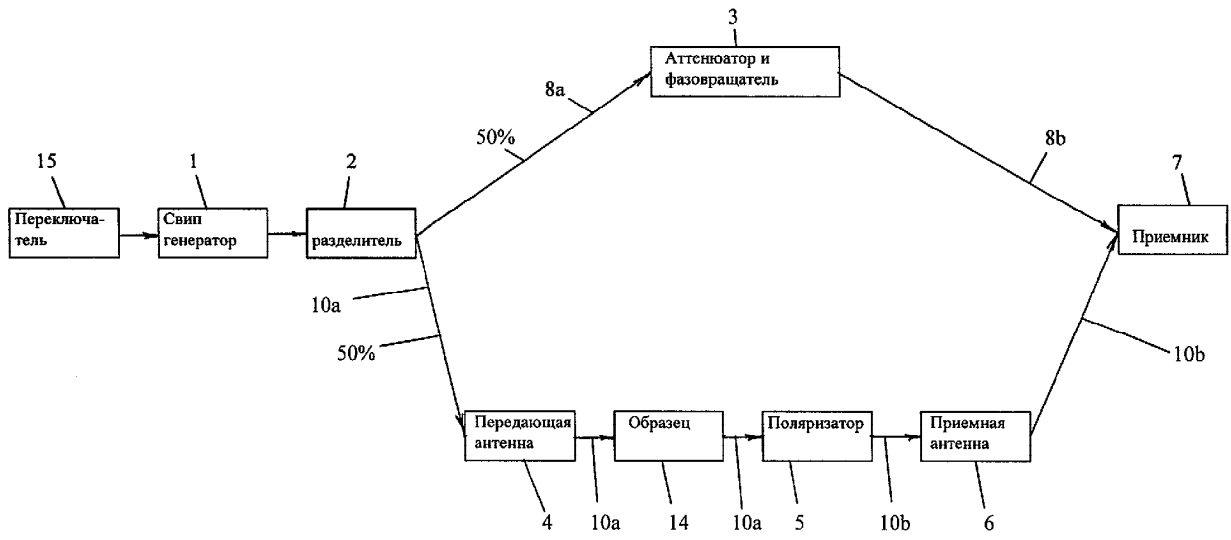
ИНТЕЛСКАН ОРБИЛГЮТЭКНИ ЕХФ. (IS)

(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПО МЕНЬШЕЙ МЕРЕ ОДНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ВЕЩЕСТВА С ПОМОЩЬЮ МИКРОВОЛН

(57) Реферат:

Устройство и способ измерения по крайней мере одного физического параметра вещества, например, такого как содержание влаги и содержание соли, путем направления к объекту микроволнового излучения и анализа отраженного микроволнового излучения. Способ включает передачу микроволнового излучения через исследуемое вещество и прием отраженного сигнала только предварительно установленной полярности переданных волн. Свойства измеряемого материала рассчитываются посредством сравнения во временной области

принятого микроволнового сигнала с опорным сигналом. В устройстве для реализации данного способа используют поляризатор, расположенный рядом с объектом и по другую сторону от объекта относительно передатчика таким образом, чтобы улавливать приемником только кроссполяризованное отраженное микроволновое излучение, прошедшее через вещество, одновременно исключая кополярные отражения от окружающих объектов. Объект может находиться в движении, например, на транспортной ленте, либо находиться в состоянии покоя. 2 н. и 21 з.п. ф-лы, 6 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
G01R 27/26 (2006.01)
G01N 22/00 (2006.01)
G01N 22/04 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2003137895/09, 31.05.2002**
(24) Effective date for property rights: **31.05.2002**
(30) Priority:
31.05.2001 IS 5960
31.05.2001 US 60/294249
(43) Application published: **10.06.2005**
(45) Date of publication: **27.04.2007 Bull. 12**
(85) Commencement of national phase: **31.12.2003**
(86) PCT application:
IS 02/00011 (31.05.2002)
(87) PCT publication:
WO 02/097411 (05.12.2002)
Mail address:
191002, Sankt-Peterburg, a/ja 5, OOO
"Ljapunov i partnery", pat.pov. Ju.V.Kuznetsovoj

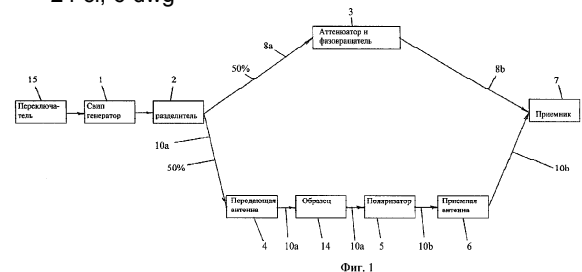
(72) Inventor(s):
JONSON Olafur Kh. (IS),
TORGEJRSON Jon Tor (IS),
SANGSTER Alan Dzhon (GB)
(73) Proprietor(s):
INTELSKAN ORBILGJuTEhKNI EKhf. (IS)

(54) **DEVICE AND METHOD OF MEASURING OF AT LEAST ONE PHYSICAL PARAMETER OF MATERIAL BY MEANS OF MICROWAVES**

(57) Abstract:
FIELD: measuring technique.
SUBSTANCE: device and method can be used for measuring of at least one physical parameter of matter as moisture content and salt content due to directing microwave radiation to object and due to analyzing of reflected microwave radiation. Method includes transmission of microwave radiation through tested matter and reception of reflected signal of only pre-set polarity of transmitted waves. Properties of tested material are calculated by means of comparison of received microwave signal with reference signal inside time interval. Device for realization of the method has polarizer disposed near object and on the other side of object in relation to transmitter in such a manner that

receiver could receive only cross-polarized reflected microwave radiation after it has passed through matter; co-polar reflection from surrounding objects are excluded. Object can be in motion, for example, onto conveyor tape or it can be at rest.

EFFECT: improved precision of measurement.
24 cl, 6 dwg



RU 2 298 197 C2

RU 2 298 197 C2

По данной заявке испрашивается приоритет на основании исландской заявки №5960 и предварительной заявки США № 60/294,249.

Область техники

Настоящее изобретение относится к способу и устройству для измерения по крайней мере одного физического параметра объекта путем направления микроволнового излучения к объекту и анализа кополяризованного и кроссполяризованного переданного и отраженного микроволнового излучения.

Уровень техники

Хорошо известно, что в процессе переработки различных продуктов, таких как лес, табак и продукты питания до того, как продукт достигнет финальной стадии производства, важную роль играет содержание в нем влаги.

При измерении содержания влаги с использованием микроволнового излучения, микроволны взаимодействуют с молекулами воды, содержащимися в исследуемом веществе. Благодаря тому, что молекулы воды представляют собой диполи, микроволновое излучение взаимодействует с молекулами, вызывая вращательное и поступательное движение молекул, с трансформацией падающего излучения в тепло. Измеряя величину ослабления (потери энергии) микроволн и сдвиг по фазе (потерю скорости) микроволн можно точно определить содержание влаги. При этом выходной сигнал обычно преобразуют в электрический сигнал. Затухание и фазовый сдвиг внутри материала могут быть использованы для расчета диэлектрических свойств данного материала. Диэлектрические свойства вещества обычно выражаются относительной комплексной диэлектрической проницаемостью: $\epsilon = \epsilon' + j\epsilon''$, где ϵ' - это диэлектрическая постоянная, характеризующая свойства материала поглощать электрическую энергию, а ϵ'' - коэффициент потерь, отражающий потери энергии электрического поля в материале. Зная ϵ' и ϵ'' , можно рассчитать содержание воды и плотность материала в соответствии с известными формулами.

Более того, иные физические параметры, такие как содержание жира, белка и соли, могут быть определены, например, при использовании сигналов разных частот и разделяя результаты процесса поглощения энергии молекулами воды и поглощения ионами соли, что возможно благодаря различию частотных зависимостей двух механизмов потерь. Неоднократно проводя исследования с помощью устройства и сравнивая их с результатами, достигнутыми при использовании традиционных методов, можно откалибровать устройство.

Известные до настоящего времени методы использования микроволн обычно применяют для измерения только содержание влаги, но не других физических параметров, таких как содержание жира, белка и соли. Например, не было создано ни одного устройства, измеряющего содержание жира, использующего неконтактные микроволновые технологии. Разработано ручное устройство, измеряющее содержание жира с помощью микроволн. Однако для получения данных необходимо удерживать данное устройство в тесном контакте с измеряемым веществом, при этом на самом деле измеряют содержание влаги. Устройство предварительно откалибровано и рассчитывает содержание жира на основе измеренного содержания влаги.

Разработаны другие системы и методы для измерения содержания в веществе влаги. Например, ручной прибор, подобный упоминаемому выше, так называемый "полосковый" датчик. Прибор размещают на веществе таким образом, чтобы полоса находилась в непосредственном контакте с материалом. Затем генерируют микроволны и направляются вдоль полосы, затем замеряют потери в полосе. Содержание влаги рассчитывают исходя из уровня затухания или потерь. Этот метод является поверхностным. Чтобы получить содержание влаги во всей массе вещества необходимо выполнить измерения в нескольких местах, вращая объект. В качестве показателя берут среднее значение.

В другом устройстве вещество помещают между передающей и принимающей антеннами системы микроволновой передачи и, сравнивая выходной сигнал, поступивший от материала, с начальным сигналом, определяют характеристики данного материала.

В еще одном описании устройства, патент US №4578998, представлена микроволновая система, использующая сигналы различной поляризации. Для измерения сигналов, проходящих через лист материала, используют два излучателя, имеющие две различные поляризации, что позволяет избежать обмена сигналами между ними. Поляризацию, другими словами, используют для различения сигналов разных излучателей.

Недостаток технического решения, предложенного в патенте US №4578998, состоит в том, что измеренный сигнал включает в себя как затухающий в материале сигнал, так и микроволновый сигнал, отраженный от окружающего материала, который не исследуют. Это вносит ошибки в результат.

Недостатком использования ручного контактного прибора является проведение измерений по всей площади материала. Поэтому на измерения по всему объему материала требуется время как вследствие того, что измерения приходится проводить на различных участках по всему материалу, так и из-за неудобства использования ручного прибора, поскольку во время измерения датчик необходимо удерживать в контакте с материалом. Это может стать причиной ошибок, так как человек не может всегда оперировать прибором абсолютно одинаковым способом.

Сущность изобретения

Целью настоящего изобретения является улучшение вышеупомянутых способов путем создания способа и устройства для измерения по крайней мере одного физического параметра вещества, такого как влажность или содержание жира во всем объеме материала. Суть состоит в том, что используя поляризацию создают путь для прохождения сигнала через образец, причем для выполнения измерения микроволновое излучение проходит через исследуемый материал, и улавливают только отражение переданного сигнала определенной полярности. Преимущество заключается в том, что измеряют только тот сигнал, который прошел через материал. Достигают это при помощи поляризационной пластины, в результате чего улавливают только микроволны с кроссполяризацией, прошедшие через вещество, а кополярные отражения от окружающих структур исключают. Таким образом, повышают чувствительность и точность измерения. Следовательно, принимают только волны, отраженные от поляризационной пластины после прохождения через исследуемое вещество. Если система настроена на обнаружение кроссполярных отражений, можно быть уверенным, что до того как быть обнаруженными, измеренные микроволны прошли через объект дважды. Если система настроена на обнаружение кополярных отражений, можно определить расстояние от поверхности материала до апертуры приемной антенны и по нему определить толщину материала, сравнивая с кополярным отражением, полученным в отсутствие материала.

В соответствии с первым аспектом, настоящее изобретение относится к устройству для определения по крайней мере одного физического параметра объекта путем передачи микроволнового излучения по направлению к объекту и анализа отраженных микроволн, причем вышеупомянутое устройство включает:

источник, генерирующий электрические сигналы в определенной временной зависимости;

передатчик, расположенный вблизи объекта, преобразующий электрические сигналы, сгенерированные во временной зависимости, в микроволновое излучение и передающий микроволновое излучение по направлению к объекту;

поляризатор, вращающий поляризацию по крайней мере части переданных волн и отражающий переданное излучение определенной полярности, расположенный рядом с объектом и по другую сторону от объекта относительно передатчика;

приемник, расположенный по другую сторону от объекта относительно поляризатора, принимающий отраженное микроволновое излучение определенной полярности и

преобразующий его в электрические сигналы, и

компьютерная система, использующая электрические сигналы для расчета по крайней мере одного физического параметра объекта.

Далее, для управления источником предпочтительно иметь контролируемую

электронику. В качестве поляризатора можно использовать пластину с множеством параллельных металлических проводов, расположенных в горизонтальной плоскости поляризационной пластины для вращения по крайней мере части переданных волн. Эти провода могут удерживаться с помощью подложки из неотражающего вещества, например, 5 пластмассы. Нижний слой поляризационной пластины выполнен из отражающего материала, например из металла. Поскольку микроволновое излучение попадает на поляризационную пластину, часть его попадает на провода, вращающие поляризацию, а часть проходит между проводами через подложку, а затем отражается от нижней пластины. Нижняя пластина отражает микроволны в соответствии с законами отражения, причем 10 часть этих отраженных микроволн попадает на провода, которые вращают поляризацию. При правильно подобранной толщине поляризационной пластины, то есть расстоянии между проводами и нижней пластиной, "вторая" поляризация может быть такой же, что и "первая" поляризация. Предпочтительно, этот интервал равен $1/4 \lambda$, где λ это длина волны микроволнового излучения, или в общем случае $(1/4+n)\lambda$, где n - целое число. Однако 15 это подходит для тех случаев, когда между проводами и отражающей пластиной находится воздух. Но когда между проводами и отражающей пластиной находится иной материал, относительная толщина отличается и зависит от диэлектрических свойств материала. Приемник принимает сигналы с измененной поляризацией и преобразует микроволновое излучение в электрические сигналы. Поляризация такого принятого микроволнового 20 излучения может быть повернута, например, на 90° по отношению к переданному микроволновому излучению, которое может иметь линейную поляризацию и/или круговую поляризацию. Приемником может быть, например, антенна или диполь.

Частота электрического сигнала источника, изменяющегося по временной зависимости, зависит от того, измеряют только один параметр, например влажность, или измеряют 25 большее число параметров, например влажность и содержание соли. Это возможно вследствие различных характеристик молекул воды и соли и их резонансной частоты. В одном воплощении частоту электрического сигнала изменяют во времени циклически, то есть вначале идет первая частота для измерения влажности, а затем - вторая, отличная от первой, для измерения содержания соли. Следовательно зависимое от времени 30 электромагнитное поле имеет по крайней мере одну частоту.

Для определения по крайней мере одного физического параметра объекта, например влажности и/или плотности объекта, может быть полезным использование опорного канала. В одном воплощении устройство снабжено разветвителем, предназначенным для 35 разделения электрического сигнала между передатчиком, например передающей антенной, и приемником, причем часть электрического сигнала, идущая к приемнику, проходит через опорный канал и служит опорным сигналом. Предпочтительно, половина сигнала источника проходит через опорный канал, а другая половина - к передающей антенне.

Измерения объекта можно выполнять, когда объект находится в состоянии покоя или 40 передвигается с помощью средств транспортировки, таких как лента транспортера. Передающая и принимающая антенны обычно расположены в непосредственной близости на подходящей позиции над объектом, причем направлены на объект. Для измерения ослабления сигнала антенны поляризованы перпендикулярно относительно друг друга.

Более того, для измерения диэлектрической проницаемости материала важно иметь возможность определить толщину материала. Один из способов такого измерения 45 заключается в размещении второй приемной антенны над объектом относительно поляризатора рядом с передающей антенной. Таким образом, с помощью кополярных сигналов измеряют разницу в расстоянии в случае, когда материал отсутствует и когда материал присутствует. Предпочтительно, чтобы полярность принимаемого микроволнового излучения в этом случае была такой же, как у излучаемого 50 микроволнового излучения. Также в этих же целях возможно использовать ультразвук.

Еще один аспект настоящего изобретения - это разработка способа определения по крайней мере одного физического параметра объекта путем передачи микроволнового излучения к объекту и измерения отраженного сигнала, причем вышеуказанный способ

включает шаги:

генерацию первого электрического сигнала, изменяющегося в определенной временной зависимости и преобразование по крайней мере части первого электрического сигнала в микроволновое излучение,

- 5 передачу микроволнового излучения по направлению к объекту,
отражение переданного микроволнового излучения с помощью поляризатора, расположенного рядом с объектом и по другую сторону от объекта относительно передатчика, с вращением поляризации, по крайней мере, части отраженного микроволнового излучения,
- 10 прием с помощью приемника, расположенного напротив объекта, той части отраженного от поляризатора микроволнового излучения, в которой осуществлен поворот поляризации, и преобразование принятой части переданной волны во второй электрический сигнал, и анализ второго электрического сигнала и определение по крайней мере одного физического параметра.

- 15 В одном воплощении изменяющийся во времени электрический сигнал от источника разделен на два сигнала и частично проходит через опорный канал, а частично - от поляризационной пластины к приемнику, после чего два сигнала снова объединяют. Например, в случае когда на поляризационной пластине нет исследуемого материала, суммарный сигнал используют как опорный сигнал с эталонной фазой и эталонным
- 20 уровнем. Любое отклонение от эталонной фазы и эталонного уровня при помещении объекта на поляризатор используют для определения относительной комплексной диэлектрической проницаемости объекта. Изменение эталонной фазы или частоты может быть использовано для расчета диэлектрической постоянной ϵ' , а изменение эталонного уровня может быть использовано для расчета коэффициента потерь ϵ'' объекта. Другой
- 25 параметр, который является важным при расчете ϵ' и ϵ'' , это толщина материала, через который проходит микроволновое излучение. Этот параметр может быть определен, например, используя второй приемник, расположенный по другую сторону от объекта относительно поляризатора. Вторым приемником, предпочтительно, настроен так, чтобы обнаруживать микроволновое излучение той же поляризации, что и переданное
- 30 микроволновое излучение. Следовательно, часть микроволнового излучения, отраженную от объекта, обнаруживают и сравнивают с опорным сигналом, например, с сигналом, полученным в отсутствие какого-либо объекта, а сдвиг фазы относительно опорного сигнала используют для определения высоты объекта. Зная расстояние между апертурой и поляризационной пластиной, а также угол излучения передающего рупора, можно
- 35 определить область эффективных измерений. Наряду с толщиной, таким образом, рассчитывают и объем.

- Переданное микроволновое излучение может быть линейно поляризованным, причем поляризация части отраженной волны, обнаруженной приемником предпочтительно повернута на 90° по отношению к переданному микроволновому излучению. Это
- 40 необходимо для того, чтобы быть уверенным, что принята только та часть переданного микроволнового излучения, которая прошла через весь объект, поскольку поляризатор расположен под объектом, следовательно микроволновое излучение с такой поляризацией должно пройти через объект. Один из способов измерения изменения фазы и потерь в материале - это использование опорного канала. С помощью регулируемого аттенюатора и фазовращателя, расположенных в опорном канале, добиваются того, чтобы в отсутствие
- 45 материала сумма сигнала от опорного канала и сигнала, отраженного от поляризатора, равнялась нулю. Вместо линейной поляризации микроволнового излучения предпочтительнее круговая поляризация, например, в случаях, когда волокна материала преимущественно расположены в одном направлении, например, перпендикулярно к
- 50 передающему рупору.

Более того, содержание влаги может быть использовано для определения концентрации жира в объекте, таком как рыба, у которой плавучесть известна и постоянна, и следовательно, соотношение между содержанием жира и воды в организме устанавливают

эмпирической формулой. Она может быть выведена, используя известные данные.

Детальное описание

Ниже настоящее изобретение, и в особенности его предпочтительные воплощения, будут описаны более детально и сопровождаемы чертежами, где

5 на Фиг.1 изображена блок-схема, показывающая, как одно из воплощений может быть использовано в способе измерения содержания влаги в соответствии с настоящим изобретением;

Фиг.2а и 2b являются схематическими изображениями одного воплощения устройства, которое может быть использовано в способе, согласно настоящему изобретению;

10 Фиг.3 является схематическим изображением второго воплощения устройства, которое может быть использовано согласно настоящему изобретению для измерения содержания влаги. Более того, это устройство также измеряет глубину, а значит плотность исследуемого объекта или вещества;

на Фиг.4 представлен график, демонстрирующий варианты электрических откликов на присутствие объекта или вещества на пути переданного луча, который используют для расчета плотности исследуемого объекта и его влажной массы;

на Фиг.5 представлен один из вариантов реализации поляризатора;

на Фиг.6 представлены экспериментальные результаты, полученные с помощью устройства.

20 Фиг.1 является блок-схемой, на которой представлено, как одно воплощение устройства может быть использовано для измерения содержания влаги в соответствии со способом согласно настоящему изобретению. Устройство включает в себя источник микроволнового излучения 1, показанный слева от разветвителя 2. В предпочтительном воплощении источник микроволнового излучения 1 является свип-генератором, последовательно
25 излучающим микроволновое излучение с частотами, изменяющимися предпочтительно линейно во времени на заданном диапазоне частот. Генератор (или генераторы) может быть приспособлен для передачи сигналов более одной центральной частоты. Сигнал переключателя 15 запускает свип-генератор 1, после чего свип-генератор 1 посылает сигнал на разветвитель 2. С помощью переключателя 15 устанавливают, сигнал какой
30 центральной частоты будет передан.

Сигнал от свип-генератора 1, усиленный до требуемого уровня, затем разделяют с помощью разветвителя 2, причем одна часть сигнала идет через опорный канал к приемнику 7, в то время как другая часть сигнала идет к передающей антенне 4 в измерительный канал. Предпочтительно, чтобы сигналы, идущие по двум различным
35 направлениям, были равны, т.е. чтобы каждая часть составляла точно 50% от начального сигнала.

Важным преимуществом является то, что в качестве исследуемого образца может быть не только отдельный предмет, но и непрерывный поток сыпучих веществ, при этом принципиальный подход согласно настоящему изобретению не изменяется. Для
40 иллюстрации этих принципов устройство будет описано только для единичного измеряемого образца.

Микроволновое излучение направляют на образец с помощью передающей антенны 4. Как альтернатива с этой же целью может быть использована плоская антенна.

45 Сигнал 10а на выходе генератора является микроволновым сигналом очень высокой частоты, который частотно модулирован путем линейного изменения начального сигнала генератора от частоты чуть ниже центральной частоты до частоты чуть выше центральной частоты на предварительно установленной полосе частот. Предварительно установленная центральная частота для сигнала генератора зависит от природы образца 14, а количество частот зависит от числа измеряемых физических параметров, таких как
50 влажность, содержание соли или белка.

Сигнал 10а с выхода генератора проходит через образец 14, попадает на поляризатор 5 и отражается назад. Поскольку сигнал 10а с выхода генератора прошел через образец, он затухает и ослабляется. Степень этого затухания зависит, в основном, от коэффициента

потерь ϵ'' материала образца 14, через который проходит сигнал от генератора. Степень замедления сигнала от источника преимущественно зависит от диэлектрической постоянной ϵ' материала 14.

5 Когда сигнал 10а с выхода генератора попадает на поляризатор 5, последний изменяет поляризацию сигнала таким образом, чтобы она соответствовала поляризации приемной антенны 6. Передающая антенна 4 и приемная антенна 6 по существу одинаковы, за исключением того, что они перпендикулярно поляризованы. Из этого следует, что любые отраженные от образца, ленты конвейера или конструкции конвейера либо любого окружения сигналы, а также любое прямое излучение от передающей антенны 4 к 10 приемной антенне 6 не будут распознаны, так как эти сигналы не будут иметь правильную поляризацию, соответствующую сигналу, принимаемому с помощью приемной антенны 6. После того, как система будет откалибрована, приемник 7 будет выявлять, в принципе, только те электрические изменения в измеряемом сигнале, которые возникают благодаря наличию в системе образца 14.

15 Образец 14 вносит дополнительный сдвиг по фазе и затухание в измерительный канал. В предпочтительном воплощении присутствует только одна приемная антенна, но следует понимать, что в состав системы может входить и более одной приемной антенны.

В одном воплощении для измерения фазового сдвига в обоих каналах, в опорном и в измерительном, используют смеситель частот. В другом воплощении опорный сигнал 8а 20 поступает на аттенюатор и фазовращатель 3. Аттенюатор и фазовращатель 3 во время калибровки настраивают таким образом, чтобы этот канал моделировал электрические характеристики измерительного канала, наблюдаемые в отсутствие образца 14 или при наличии образца с известными характеристиками.

На входе приемник 7 суммирует опорный сигнал 8b и измерительный сигнал 10b в 25 противофазе. Введенный фазовый сдвиг и затухание в опорном канале, формирующие нулевой сигнал в приемнике, заносят в память. Занесенные в память фазовый сдвиг и затухание направляют в процессор, где и рассчитывают физические параметры, например влажность.

В устройстве, использующем более одной частоты, способ аналогичен 30 вышеописанному, а с помощью переключателя 15 осуществляют переключение между различными частотами.

Вышеприведенное описание является описанием одного воплощения.

В целом, существует четыре основных способа осуществления измерения:

35 1. Простейшим воплощением является использование свип-генератора 1 вместе с электрически управляемым (программируемым) фазовращателем и аттенюатором 3 в опорном канале. В этом воплощении управляемые приемником фазовращатель и аттенюатор 3 регулируют до тех пор, пока суммируемые сигналы на входе приемника не будут находиться точно в противофазе, формируя нулевой входной сигнал 4 на Фиг.4, на частоте калибровки. Измененный сдвиг фазы и ослабление, вызванные наличием образца 40 14, заносят в память и посылают в процессор.

2. Генератор 1 не является свип-генератором, но управляем по частоте, а опорный канал содержит только электрически управляемый аттенюатор 3. В этом случае частоту генератора и аттенюатор 3 регулируют до тех пор, пока сигнал на входе приемника 7 не будет равен нулю. Занесенные в память изменение частоты и уровень ослабления сигнала 45 направляют в процессор.

3. Используют свип-генератор 3, что дает возможность сформировать на приемнике частотные сигналы, показанные на Фиг.4. Электроника приемника более сложна, причем должна быть предусмотрена возможность сохранения в памяти изменений формы данных сигналов, т.е. изменения фазы и изменения уровня ослабления, вызванных наличием 50 исследуемого вещества. В этом случае нет необходимости в размещении в опорном канале программируемого фазовращателя и аттенюатора, поскольку информация о требуемом фазовом сдвиге и уровне ослабления обеспечена более сложной электроникой. Однако для калибровки системы с целью достижения точной противофазы или нулевого

входного сигнала 26, как показано на Фиг.4, на заданной частоте, в отсутствие исследуемого образца, все еще используют настраиваемый вручную аттенюатор и фазовращатель 17, как показано на Фиг.3.

4. Генератор 1 не является свип-генератором, а изменение уровня ослабления сигнала и фазового сдвига, вызванные присутствием образца, определяют непосредственно по 5
раздельным кроссполярным приемным каналам, одному - для амплитуды, а другому - для фазы. В амплитудном канале выпрямляющий диод формирует сигнал прямого тока (d.c. signal), уровень которого характеризует ослабление при наличии образца. В фазовом канале для обеспечения сигнала промежуточной частоты (I.F. signal) прямого тока (d.c. 10
signal), уровень которого является характеристикой изменения фазы, вызванного внесением образца, используют двойной балансный смеситель частоты.

Фиг.2а и 2b являются схематическими изображениями одного воплощения настоящего изобретения, представляющими очень простой вариант устройства. Источник 1 15
микроволнового излучения, который может быть свип-генератором, формирует электрический сигнал изменяющийся в некоторой временной зависимости, сигнал разделяют на разветвителе 2, причем часть сигнала используют как опорный сигнал 9, в то время как оставшийся сигнал идет к передающей антенне 4, где часть его отражается от поляризатора 5 и проходит через объект 14. Этот сигнал называется измерительным сигналом 11.

На Фиг.3 представлено схематическое изображение второго варианта воплощения устройства, которое может быть использовано согласно настоящему изобретению. Это устройство измеряет, аналогично устройству на Фиг.2, влажность и содержание соли в образце (табаке), причем образец может находиться в состоянии покоя или передвигаться на конвейерной ленте.

Это устройство использует две частоты, поскольку измеряет два различных физических параметра - влажность и содержание соли. Таким образом переключатель 15 производит переключение между частотами 8 ГГц и 12 ГГц после получения сигнала от приемника 7. Для достижения таких же результатов можно использовать и другие частоты.

Устройство содержит источник 1 микроволнового излучения. Свип-генератор 1 после 30
получения сигнала от переключателя 15 посылает сигнал на разветвитель 2. Сигнал от свип-генератора 1, усиленный до необходимого уровня, затем разделяют на разветвителе 2, причем часть сигнала образует опорный сигнал 8а, который поступает по опорному каналу на приемник 7, в то время как оставшаяся часть сигнала образует измерительный сигнал 10а, который поступает на передающую антенну 4. Сигналы, идущие по двум 35
различным направлениям, абсолютно равны, каждая часть составляет точно 50% от начального сигнала.

Микроволновое излучение передают с передающей антенны 4 и направляют на образец. Источник 1 является микроволновым генератором очень высокой частоты, частота которого с определенной периодичностью меняется линейно во времени на установленном 40
диапазоне частот.

Часть 11 переданного сигнала проходит через образец 14, падает на поляризатор и отражается назад. Другая часть 25 переданного сигнала отражается сразу же, как только сигнал достигает образца. Эту часть принимают кополярной приемной антенной 19 и обычно используют для измерения толщины образца 14 путем определения фазового 45
сдвига первого отражения. Часть, которая прошла через образец и достигла поляризатора, принимают после отражения и изменения поляризации поперечно поляризованной приемной антенной 6.

Опорный сигнал 8а поступает на настраиваемый вручную аттенюатор и фазовращатель 17 и затем на программируемый/регулируемый аттенюатор и фазовращатель 18. 50
Настраиваемый вручную аттенюатор и фазовращатель 17 используют для калибровки сигнала в отсутствие объекта, причем устройство настраивают таким образом, чтобы суммарный сигнал был равен 0 на определенной частоте частотной развертки. При размещении образца в измерительном канале увеличиваются как степень ослабления, так

и фазовый сдвиг микроволнового излучения, и сигнал 10b, поступающий на антенну 6, оказывается более слабым. Затем приемник 7 посылает сигнал для настройки программируемого/регулируемого аттенюатора и фазовращателя 18 с целью достижения нулевого суммарного сигнала. Изменения, произведенные в процессе настройки, заносят в

5 память как измеренные значения уровня ослабления и фазы образца.

Температуру образца 14 измеряют с помощью инфракрасного термометра 20, который посылает сигнал на приемник для корректировки измеренных значений относительной комплексной диэлектрической проницаемости в зависимости от различных температур.

Приемник 7 суммирует опорный сигнал 8b и измерительный сигнал 10b в противофазе.

10 При правильной настройке фазового сдвига и уровня ослабления получают нулевой сигнал, означающий, что ослабление сигнала 8b такое же, что и сигнала 10b. Затем данные о фазовом сдвиге и ослаблении в опорном канале заносят в память.

Обнаруженный фазовый сдвиг и ослабление посылают на процессор, выполняющий расчет и преобразование измеренных величин в требуемые показатели.

15 На фиг.4 изображен график, на котором представлена форма электрического сигнала от приемника 7, используемого для расчета ϵ' и ϵ'' образца. По оси x отложена развертка частоты источника, а по оси y показана сила сигнала. Вначале, в отсутствие образца, система настроена таким образом, что на выходе формируется сигнал 26. При наличии образца ослабление переданного микроволнового сигнала вследствие потерь в материале

20 усиливается и возникает фазовый сдвиг. Поскольку сигнал в опорном канале не изменен, при внесении образца изменяется сумма опорного сигнала и измерительного сигнала, что отражено на кривой 27 выходного сигнала. Изменение в горизонтальном направлении характеризует фазовый сдвиг, а изменение в вертикальном направлении характеризует изменение уровня ослабления, что вызвано наличием образца, данные параметры

25 используют для расчета ϵ' и ϵ'' в соответствии с известными формулами.

Определение обоих параметров, как влажной массы так и плотности, может быть основано на известных данных и зависеть от объекта, в качестве которого может выступать, например, табак, лес или зерно. У каждого из этих объектов могут быть свои

30 взаимосвязи между фазовым сдвигом и ослаблением сигнала, фактическим содержанием влаги и плотностью. Вместо использования формул можно взять накопленные данные, полученные с помощью устройства, и поставить их в соответствие фактическим значениям влажности и плотности.

Кривая 26 на Фиг.4 показывает измерительный сигнал в отсутствие измеряемого образца, как представлено на Фиг.2а. В этом случае измерительный сигнал является

35 таким же, как и опорный сигнал, но имеет иную поляризацию. Таким образом сумма опорного сигнала и измерительного сигнала равняется 0 на определенной частоте развертки. Следовательно опорное значение равно 0 в отсутствие влажности.

Экспериментальная кривая 27 отражает ситуацию, когда сигнал проходит через образец, в котором присутствует влага. В этом случае образец понижает или ослабляет сигнал на

40 50%. Поскольку опорный сигнал не изменился, сумма опорного сигнала и измерительного сигнала изменяется на 50% в вертикальном направлении, т.е. по оси, на которой показано ослабление сигнала. Если в качестве образца использовать чистую воду, поглощающую все микроволновое излучение, измерительный сигнал будет ослаблен до нуля, тогда будет принят только опорный сигнал, формирующий прямую линию на уровне

45 ослабления опорного сигнала.

Кроме того, на кривой 27 показан фазовый сдвиг микроволнового излучения некоторой частоты, что отражено сдвигом влево минимумов сигнала от f_0 к f_1 . Этот фазовый сдвиг, как упоминалось выше, используют для расчета плотности образца.

Рассчитав плотность, используя относительную комплексную диэлектрическую

50 проницаемость, применяя формулу расчета плотности $\rho = (m_{wet} + m_{dry})/V$ и зная влажную массу вещества m_{wet} , можно рассчитать массу сухого вещества, если известен объем объекта. Как показано на Фиг.3, объем может быть определен путем использования кополярной приемной антенны 19, используемой для измерения толщины образца 14,

значение которой можно периодически заносить в память. Если объект транспортируют на конвейерной ленте с постоянной скоростью, его можно разделить на участки с фиксированной высотой и различной толщиной.

На Фиг.5 представлен один из вариантов выполнения поляризатора, состоящего из параллельных металлических проводов 28, расположенных в горизонтальной плоскости поляризационной пластины, предназначенного для вращения, по крайней мере, части передаваемых волн. Эти провода могут быть закреплены на подложке 29, не обладающей свойством отражения, например, выполненной из пластмассы. Нижний слой поляризационной пластины может быть выполнен из отражающего материала, например, это может быть металлическая пластина 30. Когда микроволновое излучение достигает поляризационной пластины, часть его попадает на провода, которые вращают поляризацию, а часть проходит между проводами через подложку до тех пор, пока не будет отражена от нижней пластины 30. Расположив боковую сторону поляризационной пластины параллельно линии между передающей антенной 4 и приемной антенной 6 и выполнив два одинаковых угла 31, 32, равными 45° , можно гарантировать вращение на 90° поляризации как микроволнового излучения, поступающего от передающей антенны 4, так и микроволнового излучения, отраженного от нижней пластины 30, которое на обратном пути, пройдя сквозь неотражающую подложку 29, попадает на металлические провода 28.

Ниже приведен пример, иллюстрирующий данное изобретение, однако его нельзя рассматривать как ограничивающий.

Пример

Следующий пример основан на эксперименте, проведенном с использованием 9 образцов чайного листа, причем вес каждого образца был приблизительно равен 100 г и каждый имел различное содержание влаги - от 5% до 20%. Использовались две свип-частоты, одна - примерно 8 ГГц, другая - примерно 12 ГГц. В образцах было измерено ослабление сигнала, но не фазовый сдвиг. Эксперимент показал, что между ослаблением сигнала и фактическим содержанием влаги в образце существовала линейная зависимость, что показано на Фиг.6. Наблюдался высокий коэффициент корреляции - 0.9914 для 8 ГГц и 0.9789 для 12 ГГц. Коэффициент корреляции - это коэффициент, который может принимать значения в границах от 0 до 1 и отражает, насколько точно значения некоторых данных ложатся на определенную линию.

Формула изобретения

1. Устройство для измерения, по крайней мере, одного физического параметра объекта путем передачи микроволнового излучения к объекту и анализа отраженных микроволн, причем вышеупомянутое устройство включает источник, генерирующий электрические сигналы в определенной временной зависимости; передатчик, расположенный вблизи объекта, преобразующий электрические сигналы, сгенерированные во временной зависимости, в микроволновое излучение и передающий микроволновое излучение по направлению к объекту; поляризатор, расположенный рядом с объектом и по другую сторону от объекта относительно передатчика, вращающий, по крайней мере, часть поляризации переданных волн и отражающий переданное излучение определенной полярности; приемник, расположенный по другую сторону от объекта относительно поляризатора, принимающий отраженное микроволновое излучение определенной полярности, дважды прошедшее через объект, и преобразующий его в электрический сигнал, причем вышеупомянутый передатчик и вышеупомянутый приемник перпендикулярно поляризованы по отношению друг к другу, компьютер, использующий электрический сигнал для расчета, по крайней мере, одного физического параметра объекта.

2. Устройство по п.1, дополнительно содержащее электронную схему управления источником сигнала.

3. Устройство по п.1, в котором поляризатор является пластиной с множеством параллельных проводов, расположенных в горизонтальной плоскости пластины, и

предназначен для вращения, по крайней мере, части переданных волн.

4. Устройство по п.1, в котором толщина поляризатора равна $1/4$ длины волны микроволны.

5 5. Устройство по п.1, включающее разделитель, предназначенный для разделения электрического сигнала между передатчиком и приемником таким образом, чтобы часть электрического сигнала, переданного на приемник, проходила через опорный канал и служила опорным сигналом.

6. Устройство по п.1, выполненное с возможностью перемещения объекта во время проведения измерения.

10 7. Устройство по п.1, выполненное с возможностью замера, по крайней мере, одного физического параметра - содержания влаги и/или плотности объекта.

8. Устройство по п.1, в котором в качестве приемника установлена антенна.

9. Устройство по п.1, в котором в качестве приемника установлен диод.

15 10. Устройство по п.1, в котором используют линейную поляризацию передаваемого микроволнового излучения.

11. Устройство по п.1, в котором используют круговую поляризацию передаваемого микроволнового излучения.

20 12. Устройство по п.1, дополнительно содержащее второй приемник, расположенный с противоположной стороны от объекта относительно поляризатора, предназначенный для приема, по крайней мере, части отраженных микроволн.

25 13. Способ для определения, по крайней мере, одного физического параметра объекта путем передачи микроволнового излучения к объекту и измерения отраженных волн, дважды прошедших через объект, включающий следующие шаги: генерацию первого электрического сигнала, изменяющегося в определенной временной зависимости, и преобразование, по крайней мере, части первого электрического сигнала в поляризованное микроволновое излучение, передачу указанного поляризованного микроволнового излучения по направлению к объекту, отражение переданного микроволнового излучения с помощью поляризатора, расположенного рядом с объектом и по другую сторону от объекта относительно передатчика, с вращением, по крайней мере, 30 части поляризации отраженного микроволнового излучения, прием с помощью поляризованного приемника, расположенного напротив объекта, части отраженного от поляризатора микроволнового излучения, в которой осуществлен поворот поляризации, и прошедшей через объект дважды, и преобразование принятой части переданного излучения во второй электрический сигнал, причем приемник кроссполяризован 35 относительно передатчика, и анализ второго электрического сигнала и определение, по крайней мере, одного физического параметра.

14. Способ по п.13, в котором часть первого электрического сигнала проходит через опорный канал к приемнику и служит опорным сигналом.

40 15. Способ по п.13, в котором часть сгенерированного микроволнового излучения и часть принятого отраженного от поляризатора микроволнового излучения, в которой осуществлен поворот поляризации, подаются на смеситель частот для определения сдвига фазы между сгенерированным микроволновым излучением и отраженным микроволновым излучением от объекта.

45 16. Способ по п.14, в котором сумму второго электрического сигнала и опорного сигнала используют для определения, по крайней мере, одного физического параметра.

50 17. Способ по п.13, отличающийся тем, что с помощью второго приемника, расположенного с противоположной стороны от объекта относительно поляризатора, принимают, по крайней мере, часть отраженного микроволнового излучения заранее установленной поляризации, причем принятое микроволновое излучение преобразуют в электрический сигнал, причем сдвиг фазы электрического сигнала по отношению к опорному сигналу используют для определения высоты объекта.

18. Способ по п.13, в котором уровень ослабления и сдвиг фазы второго электрического сигнала используют для расчета диэлектрической постоянной и

коэффициента потерь объекта.

19. Способ по п.18, в котором диэлектрическую постоянную и коэффициент потерь объекта используют для расчета плотности объекта.

5 20. Способ по п.18, в котором диэлектрическую постоянную и коэффициент потерь объекта используют для расчета содержания влаги в объекте.

21. Способ по п.13, в котором, по крайней мере, один физический параметр включает в себя один или несколько параметров, таких как содержание жира, соли и белка вышеупомянутого объекта.

10 22. Способ по п.17, в котором найденную высоту объекта используют для расчета объема объекта, уровень ослабления и сдвиг фазы второго электрического сигнала используют для расчета диэлектрической постоянной и коэффициента потерь объекта; диэлектрическую постоянную и коэффициент потерь объекта используют для расчета плотности и содержания влаги в объекте, а объем, плотность и содержание влаги в объекте используют для определения веса сухой массы объекта.

15 23. Способ по п.13, в котором определение, по крайней мере, одного физического параметра объекта основано на известных данных.

20

25

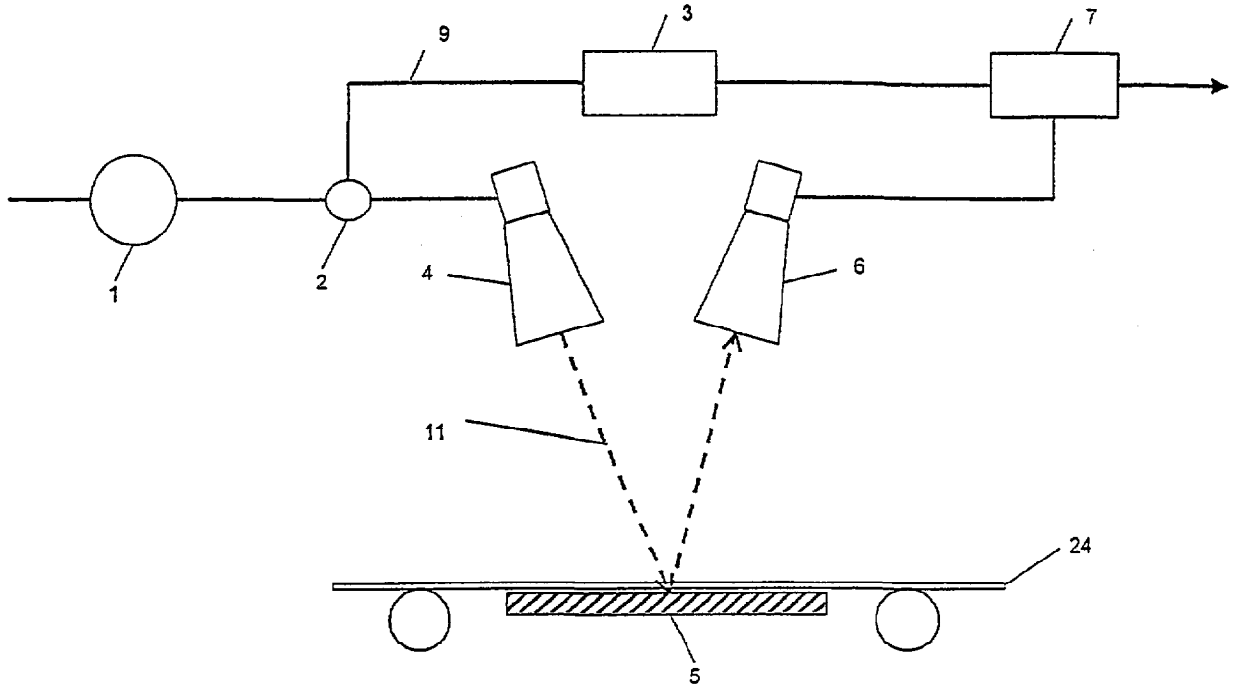
30

35

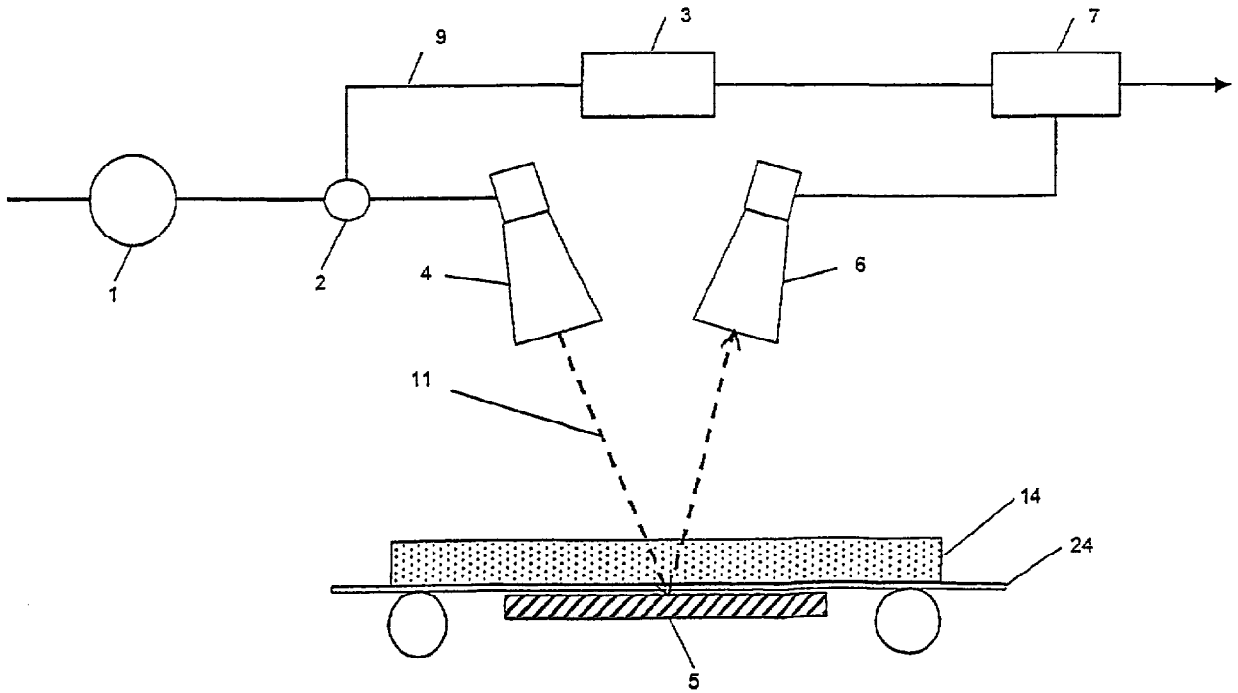
40

45

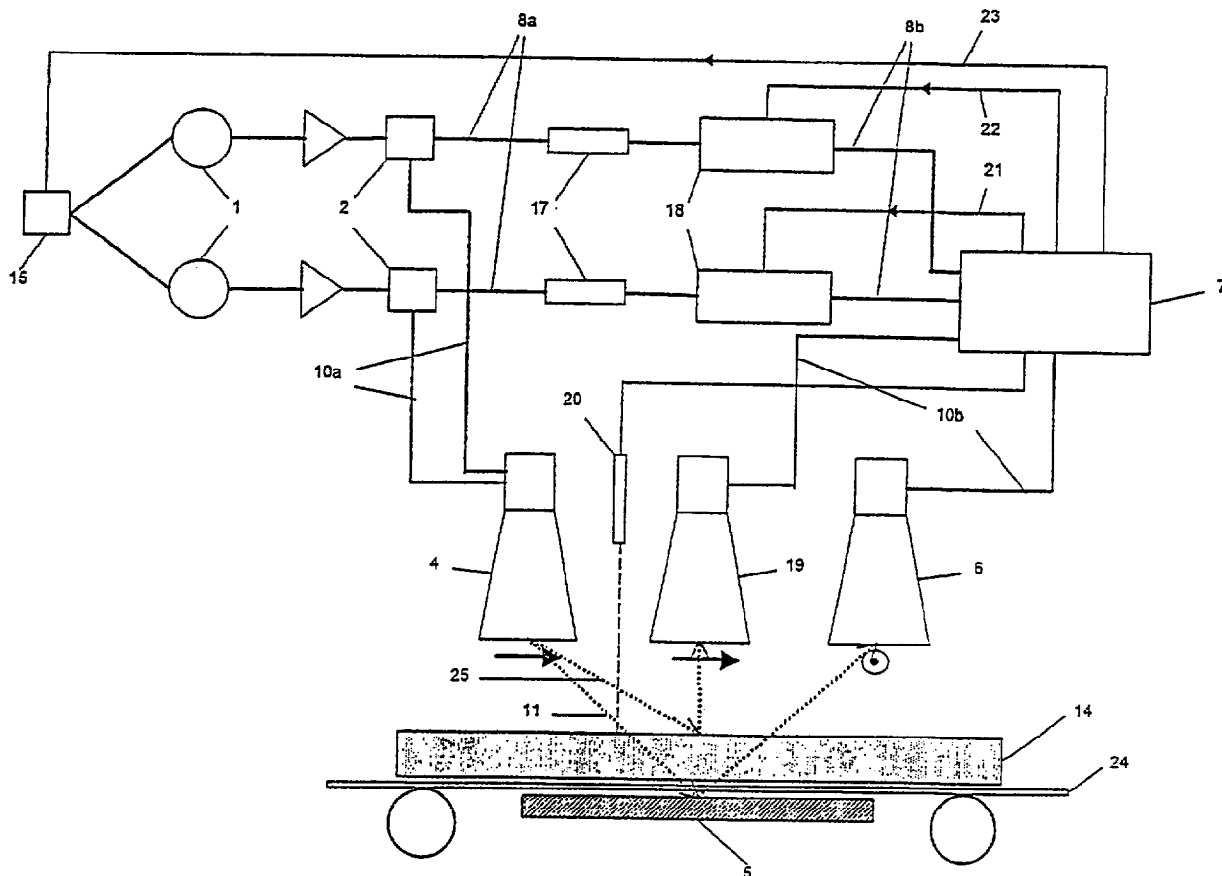
50



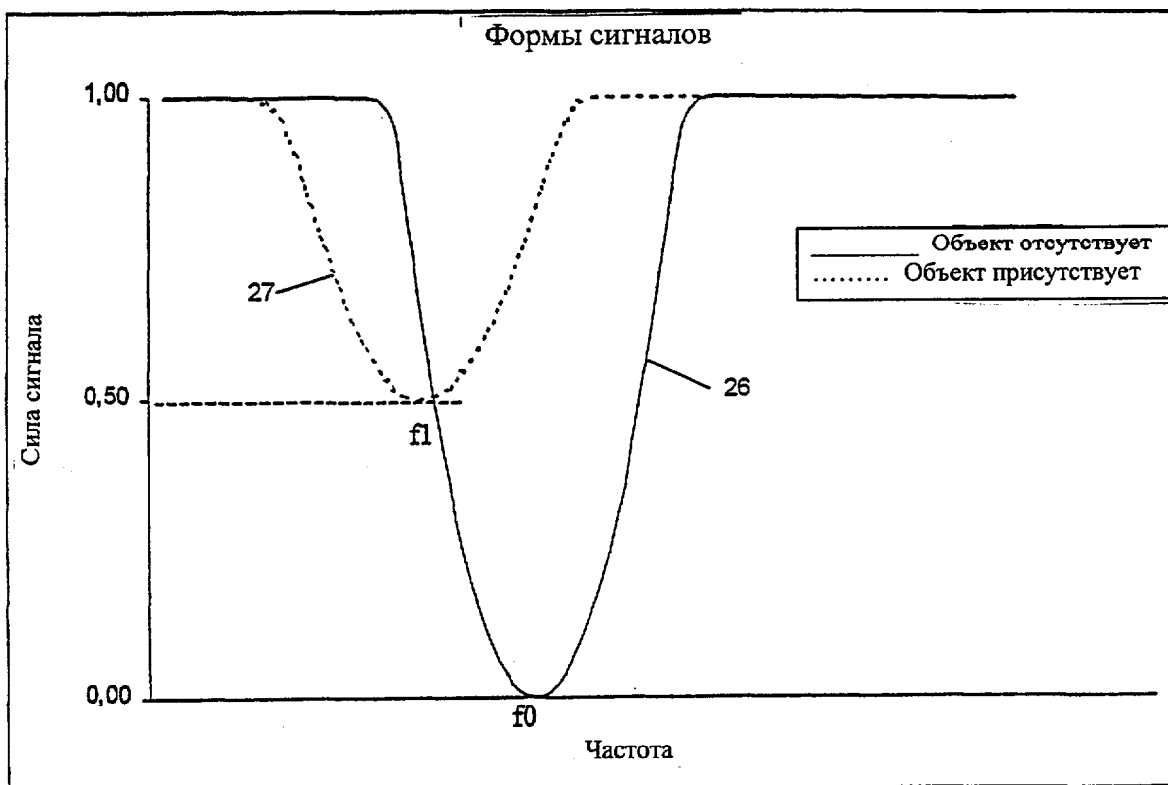
Фиг. 2а



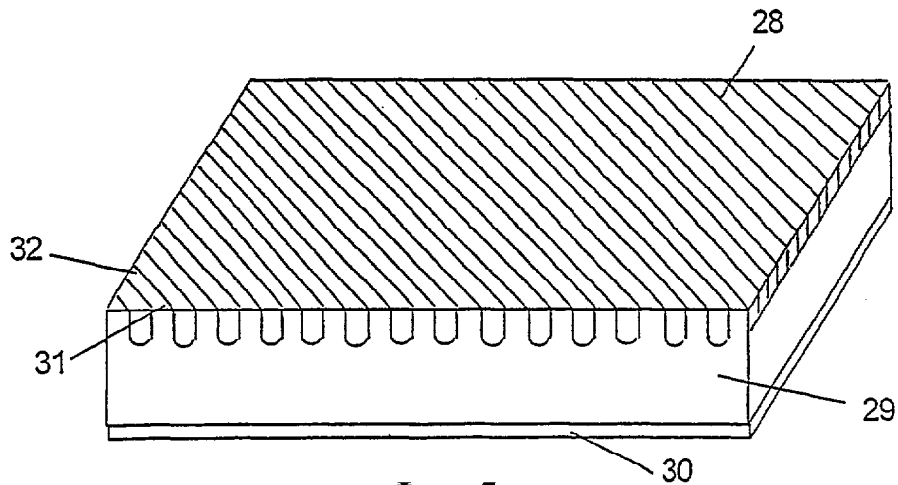
Фиг. 2б



Фиг. 3

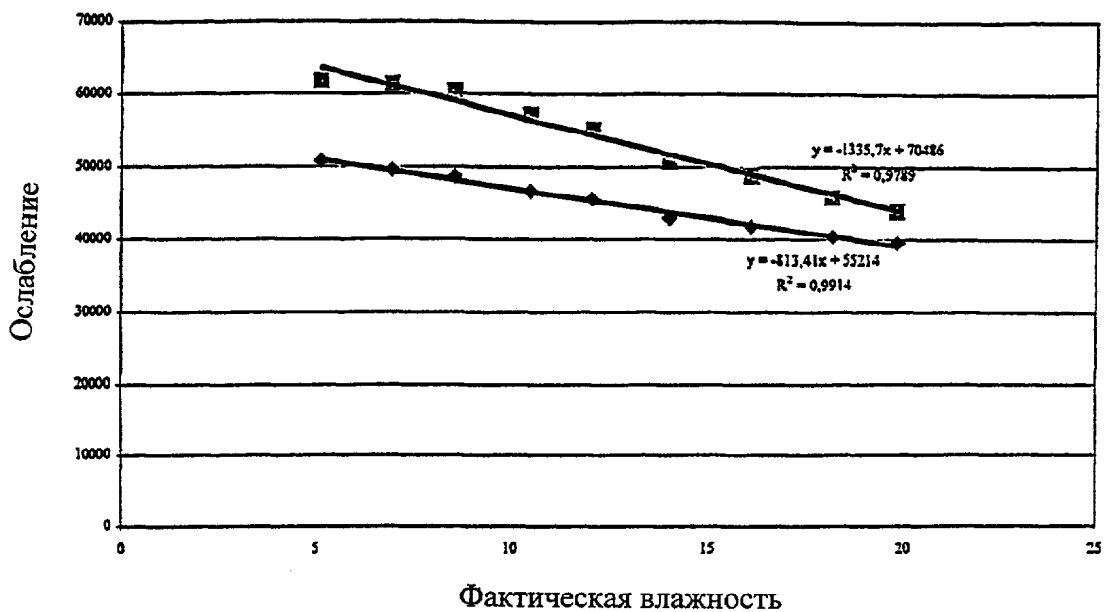


Фиг. 4



Фиг. 5

Ослабление сигнала в зависимости от влажности



Верхний график показывает ослабление сигнала в образце при частоте 12 ГГц

Нижний график показывает ослабление сигнала в образце при частоте 8 ГГц

Фиг. 6