



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005123849/09, 27.07.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.07.2005

(45) Опубликовано: 10.01.2007 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2234824 C1, 20.08.2004. RU 2159992
C1, 27.11.2000. RU 2085058 C1, 20.07.1997.

Адрес для переписки:

249033, Калужская обл., г. Обнинск, ул.
Горького, 4, ООО "Волновая компания
"Волноком"

(72) Автор(ы):

Подзорова Елена Аркадьевна (RU),
Хуако Аслан Юсуфович (RU),
Кузьма Николай Николаевич (RU),
Майданский Степан Яковлевич (RU),
Хуако Руслан Асланович (RU),
Тарабан Вячеслав Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ООО "Волновая компания "Волноком" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ СЫПУЧИХ И ДЛИННОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

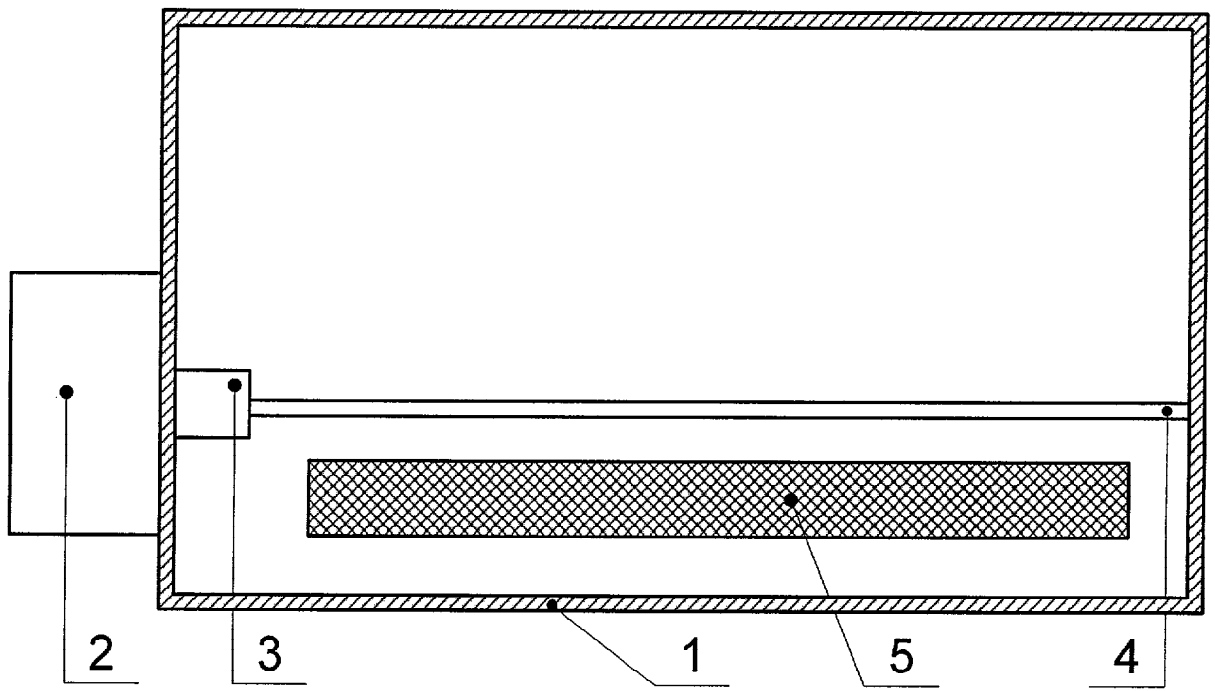
(57) Реферат:

Предлагаемое устройство для микроволновой обработки сыпучих и длинномерных материалов может использоваться для сушки и/или обеззараживания сельскохозяйственного или лекарственного сырья растительного происхождения, обработки листовых и рулонных материалов в строительной, текстильной и легкой промышленности. Сущность предлагаемого устройства состоит в том, что обрабатываемый материал подается в зазор между токонесящим проводником и экранирующей поверхностью

полосковой линии, один конец которой подключен к генератору микроволновой энергии, а другой короткозамкнут или разомкнут. Продольный и поперечные размеры полосковой линии при этом выбраны достаточно большими, с тем, чтобы она образовывала полуоткрытый резонатор, согласованный с выходом генератора. Технический результат - повышение эффективности микроволнового воздействия и уменьшение потери микроволновой энергии на нагрев и паразитное излучение. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2 291 596 C1

RU 2 291 596 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

H05B 6/64 (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2005123849/09, 27.07.2005

(24) Effective date for property rights: 27.07.2005

(45) Date of publication: 10.01.2007 Bull. 1

Mail address:

249033, Kaluzhskaja obl., g. Obninsk, ul.
Gor'kogo, 4, OOO "Volnovaja kompanija "Volnokom"

(72) Inventor(s):

Podzorova Elena Arkad'evna (RU),
Khuako Aslan Jusufovich (RU),
Kuz'ma Nikolaj Nikolaevich (RU),
Majdanskij Stepan Jakovlevich (RU),
Khuako Ruslan Aslanovich (RU),
Taraban Vjacheslav Borisovich (RU)

(73) Proprietor(s):

OOO "Volnovaja kompanija "Volnokom" (RU)

(54) DEVICE FOR MICROWAVE PROCESSING OF FREE-FLOWING AND EXTENSIVE MATERIALS

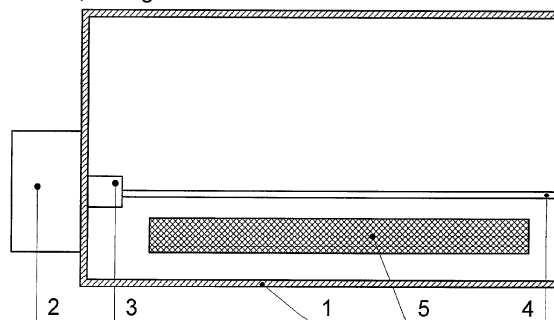
(57) Abstract:

FIELD: engineering of devices for microwave processing of free-flowing and extensive materials, possible use for drying and/or disinfection of agricultural or medicinal vegetative raw stock, for processing sheet and roll materials in building, textile and light industry.

SUBSTANCE: material being processed is fed into gap between current-carrying conductor and screening surface of strip line, one end of which is connected to generator of microwave energy, and another one is short-closed or open. Longitudinal and transverse dimensions of strip line are selected large enough for it to form semi-open resonator, synchronized with output of generator.

EFFECT: increased efficiency of microwave effect and decreased loss of microwave energy for heating and parasitic radiation.

2 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к устройствам для микроволновой обработки различных материалов и может использоваться, например, для сушки и/или обеззараживания сельскохозяйственного сырья растительного происхождения, микроволновой обработки длинномерных материалов в строительной, текстильной и легкой промышленности.

5 Известно устройство для стерилизации материалов при помощи СВЧ-излучения с высокой напряженностью поля [Корчагин Ю.В. Способ стерилизации материалов при помощи СВЧ-излучения с высокой напряженностью поля и устройство для реализации способа. RU 2161505. Бюл. №1, 2001 г.].

10 Устройство состоит из магнетрона и связанного с ним замкнутого одномодового объемного резонатора с объемом 0,7 л. В силу замкнутости используемого резонатора в известном устройстве затруднена загрузка и выгрузка обрабатываемого материала, а малость объема уменьшает производительность устройства, что делает его непригодным для промышленного использования.

15 Известны конструкции, предлагаемые для микроволновой обработки некоторых материалов [Бикбулатов И.Х. и др. Сверхвысокочастотная электромагнитная сушилка пастообразных и сыпучих материалов. RU 2207744. Бюл. №18, 2003 г.; Удалов В.Н. СВЧ-установка для сушки сыпучих продуктов. 2048186/09 от 17.06.1992 г.; Губерман М.С. и др. Установка для тепловой обработки, например, текстильных материалов. RU 2159992. Бюл. №33, 2000 г.].

20 Однако эти установки довольно громоздки и содержат большое количество сложных в изготовлении элементов, таких как волноводы и облучатели.

Известны также полосковые линии передачи микроволновой энергии малых, по сравнению с длиной волны, поперечных размеров [Полосковые линии и устройства сверхвысоких частот. Ред. Седых В.М., Харьков: Вища школа, 1974 г., с.53]. Из-за
25 малых поперечных размеров эти линии не могут быть использованы для микроволновой обработки материалов.

Наиболее близким по технической сущности из известных устройств для микроволновой обработки материалов является устройство для сверхвысокочастотной сушки сыпучего материала [Шеин А.Г. и др. Устройство для сверхвысокочастотной сушки сыпучего
30 материала. RU 2073961. Бюл. №5, 1997 г.].

Это устройство содержит камеру нагрева, представляющую собой многомодовый волновод, внутри которого расположен конвейер, над камерой нагрева установлены СВЧ-генераторы, каждый из которых через отрезок волновода подключен к облучателю. Известная конструкция позволяет получить равномерное распределение электрической
35 составляющей поля в поперечном сечении камеры, а наличие системы генераторов, располагаемых в шахматном порядке, обеспечивающих возбуждение многих типов волн, позволяет получить равномерное распределение электромагнитного поля по всему объему нагревательной камеры. При этом значительная часть микроволновой энергии падает на
40 стенки нагревательной камеры и многократно от них отражается. Указанное явление приводит к нескольким негативным последствиям, а именно:

- нагреву стенок камеры и связанным с ним потерям микроволновой энергии;
- паразитным излучениям микроволновой энергии через неплотности в металлических стенках нагревательной камеры, таких как загрузочный и разгрузочный туннели, вентиляционные отверстия, места стыков листов обшивки и т.п.;
- 45 - неэффективному воздействию микроволновой энергии на материалы, расположенные вблизи металлических поверхностей. Эта неэффективность вызвана тем, что вблизи проводящих поверхностей отсутствует тангенциальная составляющая вектора напряженности электрического поля.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение эффективности
50 микроволнового воздействия на обрабатываемые материалы, уменьшение потерь микроволновой энергии на нагрев оборудования и паразитное излучение при одновременном упрощении устройства и повышении его электромагнитной безопасности.

В предлагаемом изобретении поставленные задачи решаются тем, что в устройстве для

микроволновой обработки материалов, содержащем генератор микроволновой энергии, нагревательную камеру и механизм перемещения обрабатываемого материала, выход генератора микроволновой энергии подключен ко входу разомкнутого или короткозамкнутого отрезка несимметричной полосковой линии, а обрабатываемый материал подается в зазор между токонесущим проводником и экранирующей поверхностью. При этом длина отрезка полосковой линии выбирается из соотношения $L > 5\lambda$, а высота расположения h токоведущего проводника над экранирующей поверхностью из соотношения

$$h = (0,2 - 0,8)\lambda,$$

где L - длина отрезка полосковой линии;

h - высота расположения токоведущего проводника;

λ - длина рабочей волны генератора.

При оговоренных выше размерах входное сопротивление полосковой линии практически не нуждается в согласовании с выходным сопротивлением генератора. В случае необходимости более тщательное согласование генератора и полосковой линии на рабочей частоте может быть обеспечено подбором длины полосковой линии.

Так, например, при высоте расположения токоведущего проводника $h = 0,2\lambda$ путем подбора длины полосковой линии L было достигнуто согласование с коэффициентом стоячей волны $K_{стУ} = 1,65$. При высоте расположения $h = 0,8\lambda$ $K_{стУ} = 1,55$. Генераторы микроволновой энергии работают на нагрузку с $K_{стУ} < 2$.

Уменьшение величины $h < 0,2\lambda$ приводит к уменьшению толщины слоя обрабатываемого материала до технологически неприемлемой величины и к ухудшению излучающих свойств полосковой линии, что делает устройство неработоспособным.

Увеличение величины $h > 0,8\lambda$ приводит к нарушению одномодового режима работы полосковой линии и, как следствие, к неоднородности электромагнитного воздействия на обрабатываемый материал.

Конкретное значение высоты расположения h выбирается в зависимости от вида обрабатываемого материала.

Уменьшение длины полосковой линии $L < 5\lambda$ приводит к ухудшению излучающих свойств линии, рассогласованию генератора и нагрузки и к неоднородности электромагнитного воздействия на обрабатываемый материал.

В качестве экранирующей поверхности несимметричной полосковой линии может выступать как одна из стенок нагревательной камеры, так и конвейерная лента, если она выполнена из проводящего материала, например металлической сетки.

Короткозамкнутые отрезки полосковой линии располагаются поперек направления перемещения обрабатываемого материала. Разомкнутые отрезки могут размещаться как поперек, так и, в случае необходимости, вдоль направления перемещения обрабатываемого материала.

Таким образом, предлагается устройство для микроволновой обработки сыпучих и длинномерных материалов, включающее генератор микроволновой энергии, нагревательную камеру и механизм подачи обрабатываемого материала, отличающееся тем, что выход генератора подключен ко входу короткозамкнутого или разомкнутого отрезка полосковой линии, длина токонесущего проводника L которого выбирается из соотношения $L > 5\lambda$, а высота его расположения над экранирующей поверхностью h выбирается из соотношения $h = (0,2 - 0,8)\lambda$, где λ - длина волны микроволнового воздействия, а обрабатываемый материал подается в зазор между экранирующей поверхностью и токонесущим проводником полосковой линии.

Кроме того, устройство для микроволновой обработки материалов отличается тем, что механизм подачи обрабатываемого материала выполнен в виде конвейера с лентой из металлической сетки, в промежутках между отрезком полосковой линии и опорными роликами конвейера конструктивно выполнены блокирующие конденсаторы, образуемые конвейерной лентой и нижней стенкой нагревательной камеры.

Работа устройства поясняется чертежами, где на фиг.1 схематически изображен поперечный разрез установки, на фиг.2 изображен фрагмент продольного разреза нагревательной камеры.

Устройство для микроволновой обработки сыпучих и длинномерных материалов
5 содержит нагревательную камеру 1 с металлическими стенками, генератор микроволновой энергии 2, вывод микроволновой энергии которого 3 непосредственно подключен к одному из концов токнесущего проводника 4 полосковой линии. Другой конец токнесущего проводника 4 полосковой линии замкнут на экранирующую поверхность, образованную
10 нижней стенкой нагревательной камеры 1. В зазоре между токнесущим проводником 4 и экранирующей поверхностью полосковой линии размещается обрабатываемый материал 5.

Устройство работает следующим образом. Микроволновая энергия, вырабатываемая генератором 2, через его вывод 3 поступает на вход полосковой линии, образованной токнесущим проводником 4 и нижней стенкой нагревательной камеры 1. Распространяясь
15 вдоль полосковой линии, микроволновая энергия поглощается обрабатываемым материалом 5. Непоглощенная обрабатываемым материалом 5 часть микроволновой энергии достигает короткозамкнутого конца полосковой линии и отражается от него, распространяется в обратном направлении и вновь поглощается обрабатываемым материалом.

Короткозамкнутый или разомкнутый отрезок полосковой линии образует полуоткрытый
20 одномодовый резонатор, согласованный с генератором на его рабочей частоте. Когда в зазоре полосковой линии находится обрабатываемый материал, хорошо поглощающий микроволновую энергию, выход генератора 2 оказывается хорошо согласованным с полосковой линией в силу этого поглощения.

В этом случае, большая часть микроволновой энергии, вырабатываемой генератором 2,
25 поглощается обрабатываемым материалом, находящимся вблизи полосковой линии. Непоглощенная часть этой энергии распространяется по объему нагревательной камеры и также поглощается обрабатываемым материалом, находящимся на удалении от полосковой линии. Таким образом, лишь весьма незначительная часть микроволновой энергии, вырабатываемой генератором 2, достигает стенок нагревательной камеры 1, что
30 уменьшает потери микроволновой энергии на их нагрев и паразитное излучение через неплотности в стенках нагревательной камеры.

В том случае, когда в зазоре полосковой линии по какой-либо причине, например, по недосмотру персонала, отсутствует обрабатываемый материал, микроволновая энергия,
35 распространяясь вдоль полосковой линии, имеющей относительно большие размеры, излучается в свободный объем нагревательной камеры, достигает ее стенок и выделяется в них в виде тепла.

В силу этого излучения выход генератора 3 оказывается защищенным от воздействия отраженной микроволновой энергии. Поскольку стенки нагревательной камеры имеют
40 значительную площадь поверхности и хорошую теплопроводность, выделяемая в них тепловая энергия не приводит к опасному перегреву камеры. Таким образом, отсутствие в камере обрабатываемого материала не приводит к аварии устройства.

Для экспериментальной проверки работоспособности заявляемого устройства был изготовлен и испытан макет с резонатором в виде короткозамкнутого отрезка полосковой
линии со следующими параметрами:

- 45 - размеры нагревательной камеры - $(0,82 \times 0,70 \times 0,25)$ м;
- длина полосковой линии (ширина слоя обрабатываемого материала) - 0,796 м;
- высота расположения токнесущего проводника полосковой линии над экранирующей поверхностью - 0,07 м;
- ширина токнесущего проводника полосковой линии - 0,02 м;
- 50 - коэффициент стоячей волны входа ненагруженной полосковой линии на рабочей частоте - 1,35.

В качестве генератора микроволновой энергии в макете был использован магнетрон типа 2M214, изготовленный корейской фирмой LG, работающий на частоте 2,45 ГГц и

имеющий выходную мощность 800 Вт.

В зазоре полосковой линии и вокруг нее были равномерно размещены пластмассовые стаканчики с водой (по 100 мл в каждом). Система подвергалась микроволновому воздействию в течение 1-10 мин. Полученные результаты распределения температур образцов по длине резонатора и при удалении от него свидетельствуют о том, что температура обработанных образцов по длине резонатора отличается не более чем на $\pm 3^{\circ}\text{C}$ и быстро уменьшается с удалением от резонатора в поперечном направлении.

Другой эксперимент состоял в том, что в зазоре полосковой линии на высоте 0,01 м от нижней стенки нагревательной камеры размещалось основание из металлической сетки, имитирующее конвейерную ленту. На этом основании размещался слой влажных древесных опилок высотой 0,04 м. Система подвергалась микроволновому воздействию в течение 20 мин. В течение первых 10-12 мин из влажных опилок вследствие микроволнового воздействия интенсивно выделялась влага в виде воды и пара. Поскольку вся микроволновая энергия поглощалась обрабатываемым материалом, стенки камеры при этом оставались холодными. Между основанием из металлической сетки и элементами конструкции нагревательной камеры отсутствовало искрение, поскольку наводимые в сетке микроволновые токи замыкались через емкость конденсатора, образованного основанием и нижней стенкой нагревательной камеры.

Микробиологические тесты с культурой *E. Coli* исходной концентрации $1 \cdot 10^7$ клеток/мл показали, что эффективность обеззараживания обработанных проб составляет $95 \pm 5\%$.

Полученные результаты свидетельствуют о хорошей равномерности микроволнового воздействия по длине резонатора и его высокой локализации.

Таким образом, при обработке сыпучих материалов целесообразно подавать их в зону микроволнового воздействия посредством конвейера с лентой в виде металлической сетки, при этом для исключения искрения между движущейся лентой 6 и роликами конвейера 7 в промежутках между опорными роликами 7 и полосковыми резонаторами 4 необходимо конструктивно выполнить блокирующие конденсаторы 8 так, как это изображено на продольном разрезе нагревательной камеры фиг.2.

Проведенные эксперименты показали, что предлагаемая конструкция повышает эффективность микроволнового воздействия на обрабатываемые материалы за счет:

- локализации микроволновой энергии вблизи обрабатываемого материала;
- ортогональной ориентации вектора напряженности электрического поля в полосковой линии;
- обеспечения согласования генератора с резонатором при любой степени загрузки;
- снижения потерь микроволновой энергии на нагрев оборудования;
- снижения потерь микроволновой энергии на паразитное излучение, что одновременно повышает электромагнитную безопасность устройства.

Кроме того, предлагаемое устройство позволяет:

- упростить конструкцию установки;
- облегчить подачу обрабатываемого материала в зону микроволнового воздействия;
- обрабатывать материал на конвейерной ленте из металлической сетки.

Формула изобретения

1. Устройство для микроволновой обработки сыпучих и длинномерных материалов, включающее генератор микроволновой энергии, нагревательную камеру и механизм подачи обрабатываемого материала, отличающееся тем, что выход генератора подключен ко входу короткозамкнутого или разомкнутого отрезка полосковой линии, длина токонесущего проводника L которого выбирается из соотношения $L > 5\lambda$, а высота его расположения над экранирующей поверхностью h выбирается из соотношения $h = (0,2 \div 0,8)\lambda$, где λ - длина волны микроволнового воздействия, а обрабатываемый материал подается в зазор между экранирующей поверхностью и токонесущим проводником полосковой линии.

2. Устройство для микроволновой обработки материалов по п.1, отличающееся тем, что

механизм подачи обрабатываемого материала выполнен в виде конвейера с лентой из металлической сетки, в промежутках между отрезком полосковой линии и опорными роликами конвейера конструктивно выполнены блокирующие конденсаторы, образуемые конвейерной лентой и нижней стенкой нагревательной камеры.

5

10

15

20

25

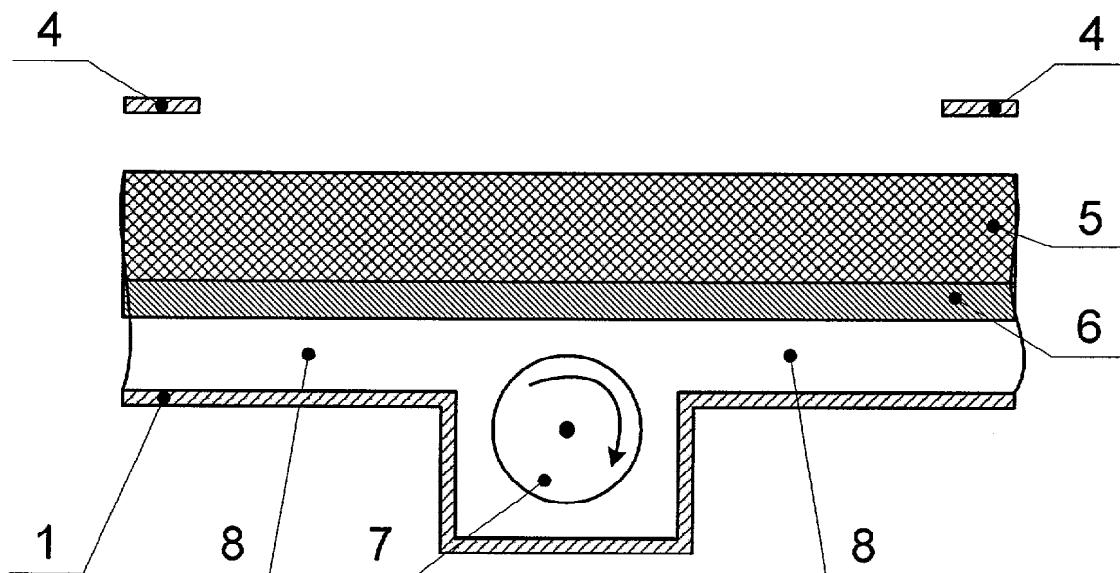
30

35

40

45

50



Фиг.2