



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: 2007148634/13, 27.12.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.12.2007(30) Конвенционный приоритет:  
31.12.2006 CN 200610171613.7

(45) Опубликовано: 10.09.2009 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2247968 C1, 10.03.2005. EP 0727671 A,  
21.08.1996. RU 2188418 C1, 27.08.2002.

Адрес для переписки:

119034, Москва, Пречистенский пер., 14, стр.  
1, 4-й этаж, "Гоулингз Интернэшнл Инк.",  
пат.пов. Ю.В.Дементьевой, рег.№ 560

(72) Автор(ы):

**ЖАО Зиран (CN),  
ЧЕН Жикианг (CN),  
ВАНГ Йингксин (CN),  
ФЕНГ Бинг (CN),  
ЖАНГ Ли (CN),  
ЛИУ Жуоян (CN),  
ЛИАНГ Йинпенг (CN)**

(73) Патентообладатель(и):

**Цингхуа Университи (CN),  
Нактех Компани Лимитед (CN)**

**(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ЧИСТОТЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО  
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

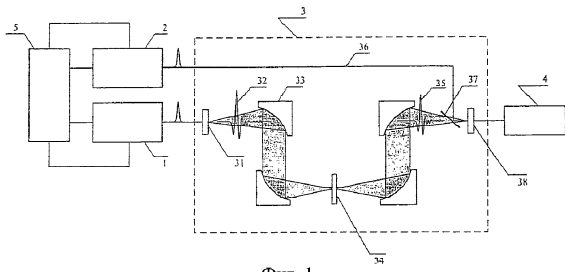
Изобретение относится к масложировой промышленности. Способ содержит следующие стадии: измерение ТГц-спектра с разрешением по времени стандартных растительных масел для формирования базы данных измеренных спектров; измерение ТГц-спектра с разрешением по времени проверяемого растительного масла; и анализ степени чистоты проверяемого растительного масла с использованием предварительно сформированной базы данных. При этом данный способ осуществляется на устройстве содержащем: устройство измерения спектра для измерения временных форм импульсов ТГц-излучения до пропускания и после пропускания излучения через растительное масло, содержащееся в контейнере, при получении спектров пропускания, или для непосредственного измерения временных форм импульсов ТГц-излучения до его отражения и после отражения от растительного масла при получении спектров отражения; и устройство обработки данных для получения физических

характеристик растительного масла в ТГц-диапазоне частот по временным формам сигналов, в котором устройство измерения спектров содержит систему измерения спектров импульсов ТГц-излучения с разрешением по времени с использованием сканирующей оптической линии задержки и одного фемтосекундного лазера, или систему измерения спектров импульсов ТГц-излучения с разрешением по времени с использованием асинхронного оптического сканирования или фазового сканирования и двух фемтосекундных лазеров. Изобретение позволяет просто и быстро осуществить количественную оценку степени чистоты растительных масел. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2 366 943 C1

RU 2 366 943 C1

RU 2 3 6 6 9 4 3 C 1



Фиг. 1

RU 2 3 6 6 9 4 3 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2007148634/13, 27.12.2007**

(24) Effective date for property rights:  
**27.12.2007**

(30) Priority:  
**31.12.2006 CN 200610171613.7**

(45) Date of publication: **10.09.2009 Bull. 25**

Mail address:  
**119034, Moskva, Prechistsenskij per., 14, str. 1,  
4-j ehtazh, "Goulingz Internehshnl Ink.",  
pat.pov. Ju.V.Dement'evoj, reg.№ 560**

(72) Inventor(s):  
**ZhAO Ziran (CN),  
ChEN Zhikiang (CN),  
VANG Jingksin (CN),  
FENG Bing (CN),  
ZhANG Li (CN),  
LIU Zhuojan (CN),  
LIANG Jinpeng (CN)**

(73) Proprietor(s):  
**Tsingkhua Juniversiti (CN),  
Naktekh Kompani Limited (CN)**

**(54) METHOD FOR ASSESSMENT OF VEGETABLE OILS PURITY AND DEVICE FOR ITS REALISATION**

(57) Abstract:

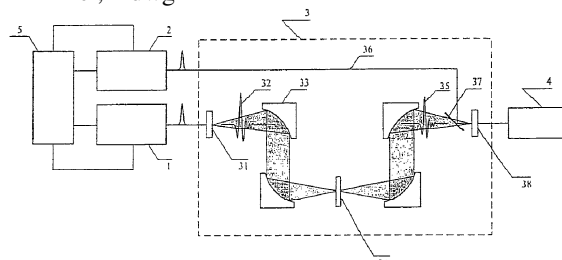
FIELD: physics, measurements.

SUBSTANCE: invention is related to fat-and-oil industry. Method comprises the following stages: measurement of teracycle-spectrum with time resolution of standard vegetable oils for formation of database of measured spectra; measurement of teracycle-spectrum with time resolution of inspected vegetable oil; and analysis of purity degree of inspected vegetable oil with application of previously formed database. Besides this method is realised in the device comprising the following components: device for measurement of spectrum for measurement of time forms of teracycle radiation pulses prior to and after radiation transmission through vegetable oil contained in container, during production of transmission spectra, or for direct measurement of time forms of teracycle radiation pulses prior to and after its reflection from vegetable oil during production of reflection spectra; and device for data processing to produce physical

characteristics of vegetable oil in teracycle-range of frequencies by time forms of signals, in which device of spectra measurement comprises system of teracycle radiation pulses spectra measurement with time resolution with application of scanning optical delay line and single femtosecond laser, or system of teracycle radiation pulses spectra measurement with application of asynchronous optical scanning or phased scanning and two femtosecond lasers.

EFFECT: provision of possibility to simply and efficiently quantitatively asses degree of vegetable oil purity.

14 cl, 4 dwg



Фиг. 1

RU 2 3 6 6 9 4 3 C 1

RU 2 3 6 6 9 4 3 C 1

## Область техники

Настоящее изобретение относится к спектроскопическому анализу в терагерцовом диапазоне, и более конкретно к способу и устройству для оценки степени чистоты растительных масел с использованием терагерцовой (далее "ТГц") спектроскопии с разрешением по времени.

## Уровень техники

Пищевые растительные масла являются неперенным ингредиентом многих блюд, однако их цены существенно зависят от категории масла и от его пищевой ценности.

До настоящего времени некоторые недобросовестные производители добавляют низкокачественные растительные масла в дорогостоящие высококачественные масла для увеличения прибыли, и поэтому некоторые категории фальсифицированных растительных масел появляются на рынке. Эта проблема должна решаться путем контроля качества, который должен обеспечивать определение доброкачественных растительных масел, выявление фальсифицированных масел и оценку количества низкокачественных добавок. Поэтому имеется потребность в простом, быстром и надежном способе, который позволит защитить добросовестных производителей и потребителей.

Обычно используемый способ оценки качества растительных масел существенно зависит от их физико-химических характеристик, таких как температура затвердевания, показатель преломления, степень ненасыщенности и йодное число, и такой способ дает лишь грубую количественную оценку. Современные технологии, позволяющие выполнить количественную оценку фальсифицированных растительных масел, как правило, используют методики хроматографического и спектроскопического анализа.

В Документе 1 (WEI Ming и др. "Новый способ определения фальсифицированных пищевых растительных масел с использованием газовой хроматографии", "Food Science", 2003, 24(12), 103-106) раскрывается способ оценки степени фальсификации растительного масла путем измерения состава и содержания жирных кислот в растительных маслах с помощью газовой хроматографии. Газовая хроматография является способом физического разделения, который принципиально основывается на том, что различные вещества имеют различные коэффициенты распределения в системе, состоящей из двух фаз, а именно: из неподвижной и подвижной фаз. Когда указанные две фазы перемещаются относительно друг друга, анализируемые вещества двигаются с подвижной фазой и поочередно распределяются между этими двумя фазами. Поэтому можно обеспечить, чтобы вещества, коэффициенты распределения (удельные коэффициенты) которых имеют очень малые отличия, имели существенно разные скорости движения, так что соответствующие компоненты могут быть полностью разделены. В растительные масла входят некоторые категории глицеридов, являющихся производными жирных кислот, таких как пальмитиновая кислота, стеариновая кислота, масляная кислота, линолевая кислота и другие, и состав и содержание жирных кислот различных категорий растительных масел различны, то есть состав и содержание жирных кислот изменяются в результате фальсификации. Определить категорию фальсифицированного масла и произвести количественную оценку фальсифицирующих добавок можно путем оценки состава жирной кислоты с использованием газовой хроматографии и сравнения с составом жирной кислоты для этой категории чистого (нефальсифицированного) масла.

Однако при использовании газовой хроматографии для оценки состава и содержания жирной кислоты необходимо сначала этерифицировать метилом жирную

кислоту. В настоящее время для выполнения этерификации метилом при нормальной или повышенной температуре используется система купорос-метанол или гидроксид калия-метанол. Однако такие процессы занимают достаточно продолжительное время (обычно 20-30 минут), что не удовлетворяет требованию практического применения для быстрой проверки партии проб. Кроме того, такой способ является разрушающим, то есть в результате применения способа изменяется состав проверяемого образца, и его нельзя уже будет использовать по прямому назначению.

В Документе 2 (E.C.Lopez-Diez и др. "Быстрая количественная оценка с использованием раман-спектроскопии и хеометрии степени фальсификации оливкового масла первого прессования маслами лесного ореха", "Journal of Agricultural and Food Chemistry", 2003, 51(21): 6145-6150) описывается быстрая количественная оценка с использованием раман-спектроскопии и хеометрии степени фальсификации оливковых масел. Раман-спектроскопия является видом вибрационной спектроскопии молекул, физической основой для которой служит эффект рассеяния Рамана, возникающий при неупругом рассеянии падающего света на молекулах. Положение рамановской спектральной линии отражает характеристику молекулярной структуры и может использоваться для количественного анализа, поскольку различные химические связи или радикалы имеют различные частоты колебаний; причем интенсивность рамановской спектральной линии пропорциональна интенсивности падающего света и концентрации молекул в пробе, что может использоваться в качестве базиса для количественных оценок. В Документе 2 описывается использование рассеивающего устройства, в котором излучение лазера используется сначала для измерения рамановских спектров высококачественных оливковых масел первого прессования и рафинированных масел лесного ореха, и затем различают эти два растительных масла, химические свойства которых очень близки, с помощью спектральных данных, используемых в качестве характеристических векторов. Модель рамановских спектральных данных для оливковых масел первого прессования, фальсифицированных маслами лесного ореха в различных концентрациях, была разработана с использованием метода частичных наименьших квадратов, и степень чистоты оливковых масел оценивалась с помощью этой разработанной модели.

Как указывалось выше, рамановский спектр, который можно назвать идентификационным признаком определенного масла, может отражать характеристику структуры молекул и в сочетании с хеометрией может обеспечить быструю количественную оценку степени фальсификации растительных масел. Описываемый способ не изменяет состав пробы, и при этом не требуется ни ее предварительная обработка, ни сложная процедура подготовки. Однако недостатком рамановской спектроскопии является низкая эффективность рассеяния Рамана, при этом рассеянный свет очень слаб и может подавляться флюоресценцией пробы или примесями в пробе, в результате чего ухудшается точность измерений.

Недавно разработанная технология, связанная с излучением в ТГц-диапазоне, относится к генерации, обнаружению и применению излучения в ТГц-диапазоне (обычно относится к электромагнитным волнам в диапазоне частот 0,1-10 ГГц). Наиболее важным применением излучения в терагерцовом диапазоне является терагерцовая спектроскопия, основной идеей которой является получение спектра поглощения и рассеяния пробой в ТГц-диапазоне путем измерения временных форм ТГц-импульсов перед пропуском излучения пробой и после пропускания. Многие органические молекулы обладают сильным поглощением и рассеянием в

ТГц-диапазоне благодаря колебательным и вращательным переходам диполей. ТГц-спектры различных веществ часто позволяют выявить специфические признаки и обеспечивают уникальную идентификационную информацию) для определения структуры молекул, в результате чего могут быть определены компоненты вещества. Поэтому эта технология может широко использоваться в различных областях, таких как контроль качества и проверки в целях обеспечения безопасности.

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Целью настоящего изобретения является создание простого и быстрого способа количественной оценки степени чистоты растительных масел с использованием ТГц-спектроскопии с разрешением по времени.

В соответствии с настоящим изобретением способ оценки степени чистоты растительных масел с использованием ТГц-спектроскопии с разрешением по времени содержит следующие стадии:

- 1) измерение ТГц-спектра с разрешением по времени стандартных растительных масел для формирования базы данных измеренных спектров;
- 2) измерение ТГц-спектра с разрешением по времени проверяемого растительного масла;
- 3) анализ степени чистоты проверяемого растительного масла с использованием предварительно сформированной базы данных.

Предпочтительно стадия 1) содержит использование устройства измерения ТГц-спектра с разрешением по времени для получения временных форм импульсов ТГц-излучения перед и после пропускания излучения через стандартное растительное масло или его отражения от стандартного растительного масла, получение физических характеристик стандартного растительного масла в ТГц-диапазоне частот по временным формам сигналов и установление ТГц-спектра стандартного растительного масла на основе физических характеристик.

Предпочтительно стадия 2) содержит использование устройства измерения ТГц-спектра с разрешением по времени для получения временных форм импульсов ТГц-излучения перед и после пропускания излучения через проверяемое растительное масло или его отражения от проверяемого растительного масла, получение физических характеристик проверяемого растительного масла в ТГц-диапазоне частот по временным формам сигналов и установление ТГц-спектра проверяемого растительного масла на основе физических характеристик.

База данных измеренных спектров должна содержать данные по стандартным растительным маслам различных категорий, различных производителей, из различных мест происхождения, различных сроков хранения и различных температур.

Стандартное растительное масло - это проба масла, характеристики, состав и степень чистоты которого известны.

Физические характеристики предпочтительно содержат по меньшей мере одну из следующих характеристик: коэффициент поглощения, показатель преломления и комплексная диэлектрическая постоянная.

Предпочтительно стадия 3) содержит использование математического способа статистического анализа для количественной оценки степени чистоты проверяемого растительного масла и содержания каждого компонента в том случае, когда растительное масло фальсифицированное.

Предпочтительно метод статистического анализа содержит формирование регрессионной модели ТГц-спектра стандартного растительного масла и степени чистоты растительного масла с использованием регрессионного анализа и оценку

степени чистоты проверяемого растительного масла на основании сформированной модели.

Предпочтительно метод статистического анализа основан на распознавании образов, позволяющем упростить структуру данных измеренных ТГц-спектров, и содержит анализ корреляции спектров или сходства выборочных точек для определения категории растительного масла.

Предпочтительно метод распознавания образов является методом анализа основных компонентов или кластерного анализа.

Предпочтительно метод статистического анализа представляет собой сочетание метода, основанного на модели, и метода распознавания образов, и может обеспечить регрессионное моделирование, упрощение структуры спектральных данных и корреляционный анализ двух групп спектров.

Предпочтительно метод статистического анализа представляет собой метод регрессии с использованием частичных наименьших квадратов.

В настоящем изобретении также предлагается устройство для оценки чистоты растительных масел с использованием ТГц-спектроскопии с разрешением по времени, содержащее:

устройство измерения спектра для измерения временных форм импульсов ТГц-излучения до пропускания и после пропускания излучения через растительное масло, содержащееся в контейнере, при получении спектров пропускания, или для непосредственного измерения временных форм импульсов ТГц-излучения до его отражения и после отражения от растительного масла при получении спектров отражения; и

устройство обработки данных для получения физических характеристик растительного масла в ТГц-диапазоне частот по временным формам сигналов.

Устройство измерения спектров содержит систему измерения спектров импульсов ТГц-излучения с разрешением по времени с использованием сканирующей оптической линии задержки и одного фемтосекундного лазера, или систему измерения спектров импульсов ТГц-излучения с разрешением по времени с использованием устройств асинхронного оптического сканирования или фазового сканирования и двух фемтосекундных лазеров.

Контейнер, используемый для размещения в нем определенного количества растительного масла, для проведения измерений ТГц-спектров, и материалы, из которых он изготовлен, должны иметь высокий коэффициент пропускания для ТГц-излучения, например полиэтилен повышенной плотности, тефлон или аналогичные материалы.

Что касается размеров контейнера, то прежде всего имеет значение толщина стенок, которые должны быть перпендикулярны направлению прохождения ТГц-излучения, и расстояние между двумя стенками. С одной стороны, стенки должны иметь достаточную толщину для предотвращения эффекта многократных отражений. С другой стороны, стенки должны быть достаточно тонкими, чтобы не происходило избыточное ослабление ТГц-излучения. Расстояние между двумя стенками контейнера может быть фиксированным или может изменяться регулируемым образом.

При получении спектров отраженных сигналов можно непосредственно проводить измерения проверяемого объекта без его распаковки и отбора пробы.

Вышеописанный способ и устройство в соответствии с настоящим изобретением обладают следующими преимуществами по сравнению с известными техническими решениями:

1. В предлагаемом в настоящем изобретении способе при использовании режима пропускания излучения отбор пробы осуществляется без труда, и нет необходимости в сложной процедуре по подготовке пробы; при использовании режима отражения излучения нет необходимости в отборе пробы, и в этом случае обеспечивается

2. В настоящем изобретении используется быстродействующее устройство измерения спектров импульсов ТГц-излучения, позволяющее отказаться от механических сканирующих линий задержки, используемых в известных системах измерения спектров импульсов ТГц-излучения, и в результате может быть повышена точность и скорость измерений.

3. Когда способ и устройство в соответствии с настоящим изобретением используются для проверки пробы растительного масла, то может быть получен как спектр поглощения, так и спектр рассеяния, и, таким образом, существенно увеличивается количество признаков (объем информации), используемых для идентификации проверяемой пробы, в результате чего улучшаются возможности оценки степени чистоты растительных масел.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Вышеуказанные и/или другие особенности настоящего изобретения можно будет понять и легко оценить из нижеприведенного описания вариантов осуществления изобретения и из прилагаемых чертежей, на которых показано:

Фиг.1 - блок-схема устройства для оценки степени чистоты растительных масел с использованием ТГц-спектроскопии.

Фиг.2 - вид контейнера спереди.

Фиг.3 - вид контейнера сверху.

Фиг.4 - вид контейнера слева.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОЧНЫХ НОМЕРОВ

1 - фемтосекундное лазерное устройство накачки;

2 - фемтосекундное лазерное устройство опорного сигнала;

3 - устройство генерации излучения и измерения в ТГц-диапазоне;

4 - система сбора и обработки данных;

5 - устройство управления разностью частот повторения фемтосекундных лазерных устройств;

31 - генератор ТГц-излучения;

32 - ТГц-излучение;

33 - параболические зеркала для ТГц-излучения;

34 - проба;

35 - вновь сфокусированное ТГц-излучение;

36 - путь распространения;

37 - отражатель опорного сигнала лазерного устройства;

38 - детектор ТГц-излучения.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Ниже дается подробное описание вариантов осуществления настоящего изобретения, которые иллюстрируются на прилагаемых чертежах, причем на всех чертежах одинаковые ссылочные номера относятся к одинаковым элементам. Ниже описаны варианты осуществления изобретения для пояснения его сущности, со ссылками на фигуры чертежей.

На фиг.1 представлена блок-схема устройства для оценки степени чистоты растительных масел с использованием системы ТГц-спектроскопии с разрешением по



времени, работающей в режиме асинхронного оптического сканирования в соответствии с одним из вариантов осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг.1, в соответствии с одним из вариантов настоящего изобретения устройство содержит фемтосекундное лазерное устройство 1 накачки, фемтосекундное лазерное устройство 2 опорного сигнала, систему 4 сбора и обработки данных, устройство 5 управления разницей частот повторения фемтосекундных лазерных устройств, устройство 3 генерации ТГц-излучения и измерения спектра, состоящее из генератора 31 ТГц-излучения, четырех параболических зеркал 33, держателя для пробы 34, отражателя 37 для опорного сигнала лазерного устройства и детектора 38 ТГц-излучения.

Луч излучения накачки и опорный луч излучения получают с помощью двух фемтосекундных лазеров, работающих на частотах, различающихся на величину  $\Delta f$ , причем задержка между импульсами лучей постоянно изменяется. Пусть частота повторения луча накачки равна  $f$ , тогда через время, соответствующее разнице частот  $\Delta f$ , импульсы опорного луча обеспечивают развертку ТГц-импульсов во временном окне  $1/f$  для получения временной формы сигнала. Луч излучения, генерируемого фемтосекундным лазерным устройством 1, разделяется расщепителем пучка на два луча, один из которых используется в качестве луча накачки и второй используется в качестве сигнала обратной связи в устройстве 5 после преобразования фотоэлектрическим детектором. Луч излучения, генерируемого фемтосекундным лазерным устройством 2, разделяется расщепителем пучка на два луча, один из которых используется в качестве опорного луча и второй используется в качестве сигнала обратной связи в устройстве 5 после преобразования фотоэлектрическим детектором. Устройство 5, используя указанные два сигнала обратной связи, управляет разностью частот повторения двух фемтосекундных лазерных устройств таким образом, чтобы она была равна  $\Delta f$ .

Система 4 сбора и обработки данных сначала преобразует фотоэлектрические сигналы, полученные из детектора 38 ТГц-излучения, с помощью фотоэлектрического преобразователя, передает их в блок сбора данных, и затем полученные значения интенсивностей электрического поля ТГц-излучения передаются в компьютер для обработки, после чего осуществляется отображение временных форм ТГц-импульсов с помощью соответствующей программы, и, наконец, осуществляется получение ТГц-спектра проверяемой пробы.

Как можно видеть на фиг.1, луч импульсного излучения фемтосекундного лазерного устройства 1 используется в качестве луча накачки для возбуждения ТГц-генератора 31 в устройстве 3, генерирующего ТГц-излучение 32. Это излучение 32 взаимодействует с пробой 32 после фокусировки параболическими зеркалами 33, и затем повторно сфокусированное излучение 35 поступает на ТГц-детектор 38. Луч импульсного излучения фемтосекундного лазерного устройства 2 используется в качестве опорного луча, который распространяется по оптическому пути 36, отражается от отражателя 37 и падает на детектор 38 коллинеарно с импульсами ТГц-излучения 35 для измерения мгновенного значения интенсивности электрического поля ТГц-излучения. После этого сигналы измерений поступают в систему 4 сбора и обработки данных. Система 4 сбора и обработки данных обеспечивает синхронизацию работы всех компонентов устройства, получает из устройства 3 значения интенсивностей электрического поля импульсов ТГц-излучения для различных значений времени и, наконец, обеспечивает получение временных форм импульсов ТГц-излучения.

На фиг.2 представлен вид спереди контейнера для растительного масла, на фиг.3 представлен вид контейнера сверху, и на фигуре 4 представлен вид контейнера слева. Вертикальная поверхность контейнера, перпендикулярная направлению распространения ТГц-излучения (см. фиг.4), должна быть как можно более гладкой.

ТГц-спектр растительного масла получают следующим образом.

При работе системы, представленной на фиг.1, в режиме пропускания ТГц-излучения, электрическое поле импульсов ТГц-излучения, измеренное в отсутствии растительного масла в контейнере, является эталонным сигналом  $E_r(t)$ , а электрическое поле, измеренное при прохождении излучения через растительное масло в контейнере, является сигналом  $E_s(t)$  для пробы. Предположим, что соответствующие частотные компоненты импульсов ТГц-излучения являются плоскими электромагнитными волнами, и они падают вертикально на проверяемую пробу. В соответствии с уравнением Френеля коэффициенты отражения и поглощения для растительного масла могут быть представлены следующими выражениями:

$$n(\omega) = \frac{\varphi(\omega)c}{\omega d} + 1 \quad (1)$$

$$\alpha(\omega) = \frac{2}{d} \ln \left( \frac{(n_0(\omega) + 1)^2 n(\omega)}{\rho(\omega)(n(\omega) + n_0(\omega))^2} \right) \quad (2)$$

где  $c$  - скорость света в вакууме,  $\omega$  - угловая скорость,  $d$  - толщина пробы проверяемого растительного масла,  $n_0(\omega)$  - показатель преломления для контейнера (известен заранее, поскольку известен материал, из которого изготовлен контейнер),  $\rho(\omega)$  и  $\varphi(\omega)$  - соответственно, отношение амплитуд и сдвиг фаз сигнала, полученного для пробы, и эталонного сигнала, то есть амплитуда и фаза передаточной функции  $H(\omega)$  для пробы. Выражение для  $H(\omega)$  имеет следующий вид:

$$H(\omega) = \frac{FT[E_s(t)]}{FT[E_r(t)]},$$

где FT - преобразование Фурье.

Уравнения (1) и (2) являются приближенными уравнениями для случая, когда проба имеет достаточную толщину (более 1 мм), а поглощение невелико, и для настоящего изобретения оба этих условия могут быть выполнены. Комплексная величина диэлектрической постоянной может быть получена из показателя преломления и коэффициента поглощения. Таким образом, ТГц-спектр растительного масла, включая спектр поглощения  $\alpha(\omega)$ , спектр рассеяния  $n(\omega)$  и спектр диэлектрических потерь, может быть получен с использованием только  $E_r(t)$  и  $E_s(t)$ .

При формировании базы данных, содержащей измеренные ТГц-спектры стандартных растительных масел, необходимо учитывать, что состав конкретного растительного масла может меняться в зависимости от места происхождения, от производителей, от срока хранения и от температуры. Соответственно, сначала необходимо собрать пробы растительных масел различных сортов, различных мест происхождения, различных производителей, различных сроков хранения и различных температур, измерить ТГц-спектры каждой из таких проб с использованием устройства, схема которого показана на фиг.1, и затем сохранить полученные спектры в базе данных.

При выполнении оценки степени чистоты растительного масла, необходимо решить две задачи. Одна задача заключается в установлении факта фальсификации

проверяемого масла и в определении категории фальсифицированного масла, и вторая задача заключается в оценке содержания фальсифицированного масла (или степени чистоты проверяемой пробы).

5 При выполнении первой задачи необходимо сначала упростить структуру  
спектральных данных в базе данных стандартных растительных масел с  
использованием методов распознавания образов, например, с использованием  
анализа основных компонентов или кластерного анализа, выполнить анализ  
корреляции пектров или сходства выборочных точек (эта стадия должна выполняться  
10 сразу же после формирования базы данных измеренных спектров стандартных  
растительных масел, и не выполняется при проведении оценки степени чистоты  
проверяемого масла), и затем выполнить аналогичные процедуры в отношении  
измеренного ТГц-спектра проверяемого растительного масла и классифицировать его  
15 в соответствии с определенным критерием. Факт фальсификации растительного масла  
может быть установлен на основе корреляции проверяемого растительного масла с  
растительным маслом известного класса или категории, и категорию  
фальсифицированного масла можно определить на основе корреляции проверяемого  
растительного масла с другой категорией масла.

20 При выполнении второй задачи сначала должна быть сформирована регрессионная  
модель ТГц-спектра стандартного растительного масла и степени чистоты масла с  
использованием статистического анализа, например, с использованием регрессии  
методом частичных наименьших квадратов, а затем, используя эту модель, оценивают  
степень чистоты проверяемого растительного масла.

25 Хотя в описании были рассмотрены и описаны отдельные варианты осуществления  
настоящего изобретения, однако специалистам в данной области техники будет ясно,  
что в эти варианты могут быть внесены изменения без отклонения от принципов и  
сущности изобретения в рамках его формулы.

30

#### Формула изобретения

1. Способ оценки чистоты растительных масел с использованием терагерцовой  
спектроскопии с разрешением по времени, содержащий следующие стадии:

35 1) измерение ТГц-спектра с разрешением по времени стандартных растительных  
масел для формирования базы данных измеренных спектров;

2) измерение ТГц-спектра с разрешением по времени проверяемого растительного  
масла;

40 3) анализ степени чистоты проверяемого растительного масла с использованием  
предварительно сформированной базы данных,

при этом стадии 1) и 2) выполняют с использованием сканирующей оптической  
линии задержки и одного фемтосекундного лазера или системы измерения спектров  
импульсов ТГц-излучения с разрешением по времени с использованием асинхронного  
оптического сканирования или фазового сканирования и двух фемтосекундных  
45 лазеров.

2. Способ по п.1, в котором стадия 1) включает использование устройства  
измерения ТГц-спектра с разрешением по времени для получения временных форм  
импульсов ТГц-излучения перед пропуском и после пропускания излучения через  
50 стандартное растительное масло или отражения от стандартного растительного  
масла, получение физических характеристик стандартного растительного масла в  
ТГц-диапазоне частот по временным формам сигналов и определение ТГц-спектра  
стандартного растительного масла на основе физических характеристик.

3. Способ по п.1, в котором стадия 2) включает использование устройства измерения ТГц-спектра с разрешением по времени для получения временных форм импульсов ТГц-излучения перед пропусканием и после пропускания излучения через проверяемое растительное масло или отражения от проверяемого растительного масла, получение физических характеристик проверяемого растительного масла в ТГц-диапазоне частот по временным формам сигналов и определение ТГц-спектра проверяемого растительного масла на основе физических характеристик.

4. Способ по п.2 или 3, в котором физические характеристики представляют собой по меньшей мере одну из следующих характеристик: коэффициент поглощения, показатель преломления и комплексная диэлектрическая постоянная.

5. Способ по п.1, в котором стадия 3) включает использование математического способа статистического анализа для количественной оценки степени чистоты проверяемого растительного масла и содержания каждого компонента в том случае, когда растительное масло фальсифицировано.

6. Способ по п.5, в котором метод статистического анализа включает формирование регрессионной модели ТГц-спектра стандартного растительного масла и степени чистоты растительного масла с использованием регрессионного анализа и оценку степени чистоты проверяемого растительного масла на основе сформированной модели.

7. Способ по п.5, в котором метод статистического анализа основан на распознавании образов и содержит анализ корреляции спектров или сходства выборочных точек для определения категории растительного масла.

8. Способ по п.7, в котором метод распознавания образов является методом анализа основных компонентов или кластерного анализа.

9. Способ по п.5, в котором метод статистического анализа представляет собой сочетание метода, основанного на модели, и метода распознавания образов.

10. Способ по п.9, в котором метод статистического анализа представляет собой метод регрессии с использованием частичных наименьших квадратов.

11. Устройство для оценки чистоты растительных масел с использованием ТГц-спектроскопии с разрешением по времени, содержащее:

устройство измерения спектра для измерения временных форм импульсов ТГц-излучения до пропускания и после пропускания излучения через растительное масло, содержащееся в контейнере, при получении спектров пропускания, или для непосредственного измерения временных форм импульсов ТГц-излучения до его отражения и после отражения от растительного масла при получении спектров отражения; и

устройство обработки данных для получения физических характеристик растительного масла в ТГц-диапазоне частот по временным формам сигналов, в котором устройство измерения спектров содержит систему измерения спектров импульсов ТГц-излучения с разрешением по времени с использованием сканирующей оптической линии задержки и одного фемтосекундного лазера, или систему измерения спектров импульсов ТГц-излучения с разрешением по времени с использованием асинхронного оптического сканирования или фазового сканирования и двух фемтосекундных лазеров.

12. Устройство по п.11, в котором в качестве материала контейнера для пробы растительного масла используется полиэтилен повышенной плотности или тефлон.

13. Устройство по п.11, в котором расстояние между двумя стенками контейнера постоянно или может изменяться регулируемым образом.

14. Устройство по п.11, в котором для непосредственного измерения проверяемого объекта без его распаковки и взятия пробы используется режим отражения.

5

10

15

20

25

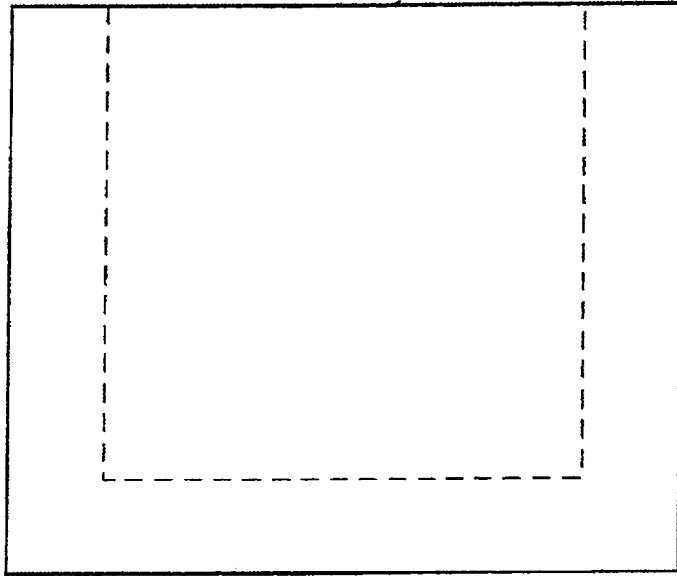
30

35

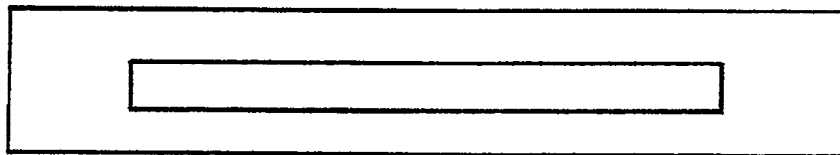
40

45

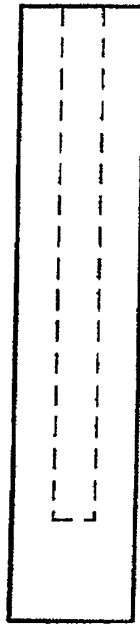
50



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4