

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201991247 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2019.11.29

(22) Дата подачи заявки
2016.11.25

(51) Int. Cl. *G01V 8/00* (2006.01)
G01V 8/12 (2006.01)
G01V 8/20 (2006.01)
G01J 3/18 (2006.01)
G01J 3/14 (2006.01)

(54) ДАТЧИК КОМПОНЕНТОВ ПОЧВЫ, УСТАНОВЛЕННЫЙ В СОШНИКЕ

(86) PCT/CA2016/000289

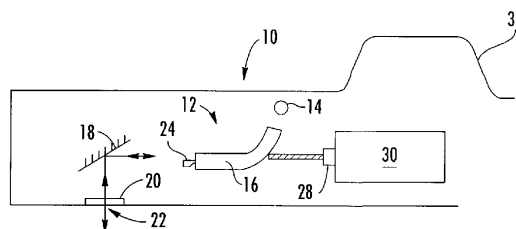
(87) WO 2018/094497 2018.05.31

(71) Заявитель:
7108789 МАНИТОБА ИНК. (СА)

(72) Изобретатель:
Эйсинг Эрик (СА)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (РУ)

(57) Система для измерения компонентов почвы, имеющая сошник, содержащий детектор электромагнитного излучения, источник электромагнитного излучения и окно, прозрачное для электромагнитного излучения, при этом источник излучает излучение через упомянутое окно в почву и детектор принимает излучение через упомянутое окно, отраженное от почвы. Как правило, источник является широкополосным, поэтому детектор обеспечивает непрерывные спектры во всем диапазоне. Источник может быть квазимонохроматическим для того, чтобы обеспечить комбинационное рассеяние, которое также обеспечивает непрерывные спектры во всем диапазоне. Эти спектры могут подвергаться многомерному анализу и сравниваться со спектрами известных компонентов для определения наличия и концентрации этих компонентов.



A1

201991247

201991247

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-556966ЕА/081

ДАТЧИК КОМПОНЕНТОВ ПОЧВЫ, УСТАНОВЛЕННЫЙ В СОШНИКЕ

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к системе излучателя и датчика для оценки качества и состояния почвы, включая компоненты почвы, установленной в диске сошника. Излучатель является электромагнитным и может работать типично в ультрафиолетовом или видимом диапазоне, но более типично в ближнем или среднем инфракрасном диапазоне. Излучаемый свет отражается от почвы, затем измеряются коэффициенты поглощения на различных длинах волн, и коэффициенты поглощения позволяют определить вещества, присутствующие в почве, но, как правило, не ограничиваясь компонентами почвы.

Уровень техники

Несмотря на то, что в уровне техники имеется большое количество технических решений, ни в одном из них не используется система излучателей и датчиков, установленная во вращающемся диске сошника. Известны многочисленные устройства и способы измерения компонентов почвы, но, в общем, они не позволяют проводить измерения в режиме реального времени при посеве или внесении удобрений в почву. Известен измерительный дисковый сошник (диаметром 76 см (3 фута)), в котором используется вращающийся потенциометр и ультразвуковой датчик близости в качестве измерителя механического сопротивления и глубины почвы.

Измерение компонентов почвы с помощью электромагнитного излучения является традиционным и известным, и в этой области техники существует обширная научная и патентная литература. Наиболее близким из известных технических решений уровня техники заявителю представляется патент США № 8451,449, поданный Холэндом 28 мая 2013 г. Идея изобретения Холэнда состоит в измерении коэффициента отражения подповерхностного слоя почвы путем перемещения устройства, содержащего источник света и датчик, которые расположены ниже поверхности почвы, при этом источник света и датчик находятся вместе с устройством, и свет

излучается и принимается через оптически прозрачное окно, которое является стойким к механическим воздействиям со стороны почвы. Перед проведением измерений почва должна взрыхляться пахотным приспособлением, которое буксируется впереди датчика для измерения подповерхностного слоя, или датчик должен проходить над предварительно вспаханной почвой. Датчик измеряет свет, отраженный назад от почвы, а затем использует математическое уравнение для различных классов почвы, при этом каждое уравнение имеет параметры, которые определяются местным ландшафтом и описываются в виде алгоритма автоматической калибровки на основе среднего содержания органических веществ ландшафта. Источник света описан как один или многочисленные наборы полихроматических или монохроматических СИД или лазерных диодов на большой длине волны. Фотодетектор или матрица фотодетекторов представляет собой фотодиоды, которые могут дополнительно иметь фильтры. Выходной сигнал фотодетектора усиливается усилителем тока, управляемым напряжением, который имеет сервопривод с обратной связью для подавления эффектов окружающего света, позволяя проходить только оптическим сигналам с модулированным коэффициентом отражения дальше в контрольно-измерительные приборы. В рассматриваемом изобретении используются схемы фазочувствительных детекторов и аналого-цифровых преобразователей, которые усиливают слабые сигналы из фонового шума. Далее, результирующие отраженные сигналы подвергаются обработке сигналов, затем нормируются с использованием по меньшей мере двух длин волн для выработки компонентов, которые могут использоваться для определения компонентов почвы. В общем, используется множество длин волн.

Сущность изобретения

Предложенное изобретение позволяет по существу измерять компоненты на месте, в естественных условиях и в режиме реального времени. Измерительная система может быть подключена беспроводным или проводным способом через ось сошника к системе обработки данных, подключенной к компьютеризированной системе управления, расположенной в кабине трактора. Данные компонентов могут быть обработаны для изменения посева или внесения

удобрений в почву при выполнении посева и внесении удобрений в почву.

Согласно изобретению, устройство обеспечивает средство для анализа почвы в реальном времени. Изобретение направлено на три вида применения: сельскохозяйственное, экологическое и минеральное.

В сельском хозяйстве устройство может быть установлено на самоходном транспортном средстве или на прицепном сельскохозяйственном оборудовании, таком как сеялки, посадочные машины, машины для внесения удобрений и т.д. Данные, собранные устройством, могут быть обработаны для определения скоростей посева и внесения удобрений для систем точного земледелия, таких как посев с переменной скоростью и внесение удобрений с переменной скоростью. Изобретение представляет собой усовершенствование существующей технологии, в которой используются датчики, установленные в сошнике. Устройство обеспечивает меньшее повреждение почвы, требует меньшей мощности для буксировки и может работать при менее благоприятных погодных и почвенных условиях. Устройство осуществляет сбор данных для непрерывного профиля, возможно с миллиметровым разрешением, а не в нескольких точках, разнесенных на расстоянии 50-100 мм. Кроме того, так как устройство осуществляет сбор данных через конечные интервалы как выше, так и ниже поверхности, профиль глубины состава почвы относится к фактической поверхности. Устройство может использоваться в условиях пахотного земледелия, беспашотного земледелия и пастбища.

Устройство может использоваться для определения концентрации химических загрязнителей в почве в зависимости от глубины для проведения природовосстановительных работ. Причиной загрязнения может быть, например, разлив сырой нефти в водоеме, который впоследствии омывает песчаные пляжи. В другом примере загрязнение может представлять собой полихлорированные бифенилы (ПХБ, РСВ) из места эксплуатации электрического трансформатора. В другом примере загрязнение может представлять собой пестициды или гербициды, находящиеся в непосредственной близости от производственного или складского помещения. В другом примере

загрязнение может представлять собой коллоидные минералы, сбрасываемые с электростанции, работающей на угле. В другом примере загрязнение может представлять собой металлы, такие как свинец или мышьяк, находящиеся в непосредственной близости от промышленных или шахтных площадок. В каждом случае устройство можно использовать для измерений степени и глубины загрязнения, которые станут основанием для планов по обработке загрязненного объема песка или почвы. Устройство можно использовать повторно для измерения эффективности процедуры восстановления почвы. Устройство можно также использовать для измерения содержания углерода в почве, и информацию можно использовать в качестве основы для определения квот на выброс углерода.

Устройство можно использовать для поиска полезных ископаемых и углеводородов. Полезные ископаемые из месторождения вымываются водой в окружающую почву. Устройство можно использовать для измерения концентрации целевого минерала в почве на предполагаемой территории. Градиент концентрации можно использовать для определения местоположения исходного месторождения для обычной добычи при добыче полезных ископаемых. Информацию о концентрации целевого минерала в почве можно также использовать для посадки культур, которые преимущественно выводят этот минерал из почвы.

Изобретение представляет собой излучатель и детектор электромагнитного излучения, установленный в сошнике, в котором выполнено окно, позволяющее излучению взаимодействовать с почвой. Результирующее отраженное излучение измеряется детектором с целью получения непрерывного спектра, который является намного более информативным, затем спектр сравнивается с базой данных или библиотекой спектров известных компонентов и, таким образом, определяются компоненты почвы. Помимо спектрометрии комбинационного рассеяния используются широкополосные излучатели, такие как дейтериевые лампы, кварцево-галогенные лампы или нагретые провода, такие как нихром. В спектроскопии комбинационного рассеяния используется квазимонохроматический источник, однако специалистам в данной области техники должно быть понятно, что непрерывный спектр

генерируется и измеряется таким образом. Сошник ровно врезается в почву с минимальными повреждениями, даже в тяжелую и влажную почву. Глубина имеет несколько уровней подпочвы для выбора измеряемых величин. Непрерывный спектр во всем диапазоне длин волны предоставляет больше информации и позволяет проводить статистический анализ спектров как в режиме реального времени, так и позднее в виде сохраненных данных.

Основная задача изобретения состоит в том, чтобы оценить качество почвы. Еще одна основная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему для измерения компонентов почвы, включающую в себя сошник, содержащий датчик, содержащий детектор электромагнитного излучения. Дополнительная задача состоит в том, чтобы выполнить систему, включающую в себя сошник, содержащий датчик, содержащий источник электромагнитного излучения. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, в которой упомянутый датчик содержит окно, прозрачное для электромагнитного излучения, источник излучает излучение в окно, и датчик принимает излучение из окна. Еще одна основная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить множество датчиков, размещенных таким образом, чтобы по меньшей мере один датчик находился ниже уровня земли во время использования сошника в любой момент времени. Дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить датчики, эквидистантно разнесенные друг от друга в радиальном направлении вокруг оси упомянутого сошника. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, имеющую детектор электромагнитного излучения, который обнаруживает инфракрасное излучение, выбранное из группы, состоящей из ближнего инфракрасного и среднего инфракрасного излучения. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить детектор электромагнитного излучения, который обнаруживает комбинационное рассеянное излучение. Дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, имеющую детектор электромагнитного излучения, содержащий селектор длин волн и оптический детектор. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить

систему, в которой селектор длин волн выбирается из группы, состоящей из призмы, дифракционной решетки и многочисленных дифракционных решеток, и оптический детектор выбирается из линейных пиксельных матриц и чувствительного счетчика фотонов, соединенного с усилителем. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, в которой детектор электромагнитного излучения представляет собой спектрометр с преобразованием Фурье, при этом спектрометр одновременно является и селектором длин волн, и оптическим детектором. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, имеющую источник электромагнитного излучения для того, чтобы излучать ближнее инфракрасное излучение, и детектор электромагнитного излучения выбирается из группы, состоящей из призмы, связанной с многоэлементным фотонным детектором, подвижной призмы, связанной с однофотонным детектором, фиксированной дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, имеющую источник электромагнитного излучения для излучения среднего инфракрасного излучения, и детектор электромагнитного излучения выбирается из группы, состоящей из фиксированной дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, имеющую источник электромагнитного излучения, выбранный из группы, состоящей из газового лазера и полупроводникового лазера в сочетании по меньшей мере с одним полосовым фильтром и светодиода в сочетании по меньшей мере с двумя полосовыми фильтрами для того, чтобы излучать излучение с квазимонохроматической длиной волны, выбранное из группы, состоящей из ультрафиолетового, видимого и ближнего инфракрасного излучения, детектор электромагнитного излучения выбирается из группы, состоящей из призмы, связанной с

многоэлементным фотонным детектором, подвижной призмы, связанной с однофотонным детектором, дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, в которой детектор электромагнитного излучения обеспечивает подачу спектральных данных в процессор, который выполнен с возможностью подвергать данные многомерному анализу и сравнивать эти данные с данными в калибровочном наборе для определения концентрации компонентов почвы, предпочтительно детектор соединен с процессором электрическим проводом, оптоволоконным кабелем или посредством беспроводного соединения.

Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить окно, выбранное из группы, состоящей из CaF_2 , BaF_2 , кварца, диоксида кремния, сапфира, рубина, алмаза, KBr , NaCl , KG , стекла, AgCl , AgBr , KRS-5 (бромидида таллия), ZnSe , GaAs , ZnS , CsBr , CsI , PTFE, PE, кремния, ZnSe , CdTe , PE и Ge (можно использовать полимеры, пропускающие ИК, такие как PE). Предпочтительно это окно находится на наружной стороне сошника. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему, в которой окно выбирается из группы, состоящей из CaF_2 , BaF_2 , диоксида кремния, кварца, сапфира и ZnSe , и имеется источник электромагнитного излучения, выбранный из группы, состоящей из газового лазера и полупроводникового лазера в сочетании по меньшей мере с одним полосовым фильтром и светодиода в сочетании по меньшей мере с двумя полосовыми фильтрами, излучающего излучение с квазимонохроматической длиной волны, выбранное из группы, состоящей из ультрафиолетового, видимого и ближнего инфракрасного излучения, и имеется детектор электромагнитного излучения, выбранный из группы, состоящей из призмы, связанной с многоэлементным фотонным детектором, подвижной призмы, связанной с однофотонным детектором, дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье.

Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему с окном, выбранным из группы, состоящей из алмаза, KBr, NaCl, KCl, CaF₂, BaF₂, стекла, диоксида кремния, кварца, сапфира, AgCl, AgBr, KRS-5 (бромидида таллия), ZnSe, GaAs и ZnS, и источник электромагнитного излучения предусмотрен для того, чтобы излучать ближнее инфракрасное излучение, и детектор электромагнитного излучения выбирается из группы, состоящей из призмы, связанной с многоэлементным фотонным детектором, подвижной призмы, связанной с однофотонным детектором, фиксированной дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему с окном, которое выбирается из группы, состоящей из KBr, CsBr, CsI, NaCl, KCl, CaF₂, BaF₂, PTFE, PE, кремния, AgCl, AgBr, KRS-5 (бромидида таллия), ZnSe, Ge и CdTe, и источник электромагнитного излучения предусмотрен для того, чтобы излучать среднее инфракрасное излучение, и детектор электромагнитного излучения выбирается из группы, состоящей из фиксированной дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье. Предпочтительно окно находится в углублении в сошнике, и, более предпочтительно, текучая среда, которая является оптически прозрачной для электромагнитного излучения, подается в углубление через отверстие под давлением, превышающим давление окружающей почвы, посредством чего она вытекает и заполняет углубление между окном и почвой с расходом, достаточным для того, чтобы окно оставалось чистым. Альтернативно, форсунка обеспечивает периодическую подачу воды в виде струи, направленной на окно, активируемой на или вблизи верхней части по ее дуге перемещения, для очистки окна от почвы в цикле очистки. Сошник может содержать бак для воды для форсунки, и вода подается из бака в форсунку с помощью элемента, выбранного из группы, состоящей из электрического насоса, механического насоса и устройства, работающего на основе эффекта

Бернулли. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему с окном, выбранным из группы, состоящей из алмаза, KBr, NaCl, KCl, CaF₂, BaF₂, стекла, PE, диоксида кремния, кварца, сапфира, AgCl, AgBr, KRS-5 (бромидида таллия), ZnSe, GaAs и ZnS, и источник электромагнитного излучения предусмотрен для того, чтобы излучать ближнее инфракрасное излучение через окно, и детектор электромагнитного излучения выбирается из группы, состоящей из призмы, связанной с многоэлементным фотонным детектором, подвижной призмы, связанной с однофотонным детектором, фиксированной дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему с окном, выбранным из группы, состоящей из KBr, CsBr, CsI, NaCl, KG, CaF₂, BaF₂, PTFE, PE, кремния, AgCl, AgBr, KRS-5 (бромидида таллия), ZnSe, Be, и CdTe и германия, источник электромагнитного излучения предусмотрен для того, чтобы излучать среднее инфракрасное излучение через окно, и детектор электромагнитного излучения, выбранный из группы, состоящей из фиксированной дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье, обнаруживает отраженное излучение, прошедшее через окно. Предпочтительно, чтобы окно находилось во внутренней части сошника, и в сошнике имелось углубление, и форсунка для воды имела выходное отверстие из углубления, чтобы обеспечить подачу струи воды для того, чтобы вызвать образование суспензии в углублении, и аспиратор в углублении для всасывания суспензии через проточную кювету в сошнике, окно, образующее стенку проточной кюветы, и канал от проточной кюветы до внешнего отверстия в сошнике. Более предпочтительно, сошник содержит бак для воды для форсунки, и вода, подается из бака в форсунки с помощью элемента, выбранного из группы, состоящей из электрического насоса, механического насоса и устройства, работающего на основе эффекта Бернулли. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему с

окном, выбранным из группы, состоящей из CaF_2 , BaF_2 , диоксида кремния, кварца, сапфира и ZnSe , имеется источник электромагнитного излучения, который выбирается из группы, состоящей из газового лазера и полупроводникового лазера в сочетании по меньшей мере с одним полосовым фильтром и светодиода в сочетании по меньшей мере с двумя полосовыми фильтрами для того, чтобы излучать через окно излучение с квазимонохроматической длиной волны, выбранное из группы, состоящей из ультрафиолетового, видимого и ближнего инфракрасного излучения, и детектор электромагнитного излучения, выбранный из группы, состоящей из призмы, связанной с многоэлементным фотонным детектором, подвижной призмы, связанной с однофотонным детектором, дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье, обнаруживает отраженное излучение, прошедшее через окно. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему с окном, выбранным из группы, состоящей из алмаза, KBr , NaCl , KCl , CaF_2 , BaF_2 , стекла, PE , кварца, сапфира, AgCl , AgBr , KRS-5 (бромид таллия), ZnSe , GaAs и ZnS , источник электромагнитного излучения предусмотрен для того, чтобы излучать ближнее инфракрасное излучение через окно, и детектор электромагнитного излучения выбирается из группы, состоящей из призмы, связанной с многоэлементным фотонным детектором, подвижной призмы, связанной с однофотонным детектором, фиксированной дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором, обнаруживает отраженное излучение, прошедшее через окно. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему с окном, выбранным из группы, состоящей из KBr , CsBr , CsI , NaCl , KCl , CaF_2 , BaF_2 , PTFE , PE , кремния, AgCl , AgBr , KRS-5 (бромид таллия), ZnSe , Ge и CdTe , и источник электромагнитного излучения для того, чтобы излучать среднее инфракрасное излучение через окно, и детектор электромагнитного излучения, выбранный из группы, состоящей из фиксированной

дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье, обнаруживает отраженное излучение, прошедшее через окно. Другая дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить систему с окном, интегрированным в проточную кювету с ATR (нарушенным полным внутренним отражением), и окно выбирается из группы, состоящей из германия, кремния, ZnSe и KRS-5 (бромидида таллия), и источник электромагнитного излучения предусмотрен для того, чтобы излучать среднее инфракрасное излучение через окно, и детектор электромагнитного излучения, выбранный из группы, состоящей из фиксированной дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье, обнаруживает отраженное излучение, прошедшее через окно.

Другая основная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ измерения компонентов почвы, содержащий этап вращения сошника, имеющего окно, по существу прозрачное для электромагнитного излучения, и этап пропускания входного электромагнитного излучения в окно, когда окно находится ниже уровня поверхности почвы, которое позволяет излучению взаимодействовать с образцом почвы, и этап измерения амплитуды результирующего выходного электромагнитного излучения, этап измерения амплитуд выходных сигналов в зависимости от длины волны и этап сравнения амплитуд выходных сигналов с амплитудами выходных сигналов в зависимости от длины волны в виде отношений для выработки характеристического спектра и этап сравнения спектра выходного сигнала с известными спектрами выходного сигнала, выработанными с помощью стандартных образцов известных элементов посредством многомерного анализа, тем самым определяя наличие и концентрацию элементов. Дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, в котором электромагнитное излучение результирующего выходного сигнала вырабатывается на этапе, выбранном из группы, состоящей из диффузного отражения от почвы, передачи через суспензию почвы в

проточной кювете и нарушенного полного внутреннего отражения на границе раздела почвенной взвеси и окна проточной кюветы и комбинационного рассеяния. Дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, содержащий этап отдельного вычисления амплитуды выходного сигнала для узкого интервала длин волн для того, чтобы получить значение коэффициента поглощения для каждого интервала длин волн. Дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, в котором входное электромагнитное излучение выбирается из группы, состоящей из УФ, видимого, ближнего инфракрасного и среднего инфракрасного излучения. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, в котором входное электромагнитное излучение представляет собой инфракрасное излучение. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, в котором входное электромагнитное излучение представляет собой среднее инфракрасное излучение. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, в котором входное электромагнитное излучение является квазимонохроматическим и выбирается из группы, состоящей из УФ, видимого и ближнего инфракрасного излучения, и выходное электромагнитное излучение представляет собой излучение комбинационного рассеяния. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, содержащий этап диспергирования выходного электромагнитного излучения посредством селектора длин волн для его разделения на отдельные интервалы длин волн и дополнительный этап измерения амплитуд отдельных интервалов длин волн. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, содержащий этап коллимирования входного электромагнитного излучения. Еще одна дополнительная задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить способ, содержащий этап коллимирования выходного электромагнитного излучения.

Изобретение предусматривает по меньшей мере один излучатель света и по меньшей мере один фотоприемник, установленный в сошнике. Они связаны электронным или электромагнитным средством

с устройством сбора данных. Предоставляемые данные представлены, как правило, в аналоговой форме, хотя они могут быть преобразованы в цифровую форму с помощью аналого-цифрового преобразователя. Затем данные обрабатываются центральным процессором. Выходной сигнал процессора для обработки данных анализируется путем сравнения с многомерной калибровочной моделью, основанной на известных калибровочных измерениях, полученных из библиотеки существующих измерений, для того, чтобы получить цифровые данные для компонентов почвы.

В общем, изобретение содержит сошник, имеющий детектор электромагнитного излучения, источник электромагнитного излучения и окно, прозрачное для электромагнитного излучения, источник излучает излучение через окно в почву, и детектор принимает излучение через окно, отраженное от почвы. Твердотельный или полый волновод удобным образом связывает окно с детектором.

Как правило, излучение подается из излучателя и в детектор через окно. Предпочтительными являются коммерчески реализуемые и доступные серийно выпускаемые материалы. В общем, излучатель ограничен ультрафиолетовым (УФ), ближним инфракрасным (NIR) или средним инфракрасным MIR излучением, и в случае спектров поглощения детектор ограничен аналогичным образом. Подходящими материалами для окна для УФ-излучения являются CaF_2 , BaF_2 , кварц, диоксид кремния, сапфир и рубин. Подходящими материалами для окна для видимого излучения являются алмаз, Br , NaCl , KCl , CaF_2 , BaF_2 , стекло, диоксид кремния и сапфир. Подходящими материалами для окна для NIR являются алмаз, KBr , NaCl , KCl , CaF_2 , BaF_2 , стекло, PE, диоксид кремния, кварц, сапфир, AgCl , AgBr , KRS-5 (бромидид таллия), ZnSe , GaAs и ZnS . Подходящими материалами для окна для MIR являются KBr , CsBr , CsI , NaCl , KCl , CaF_2 , BaF_2 , PTFE, PE, кремний, AgCl , AgBr , KRS-5 (бромидид таллия), ZnSe , Ge и CdTe . Гигроскопичный и мягкий материал может быть покрыт CSi , чтобы сделать его водонепроницаемым и прочным. Материалы с высоким показателем преломления, такие как германий, кремний, селенид цинка, KRS-5 (бромидид таллия), могут использоваться для ATR (нарушенного полного внутреннего отражения), MgF_2 может

использоваться для покрытия входных и выходных поверхностей, но не для поверхностей образцов в ATR. ZnSe предпочтительно используется в качестве окна, работающего в диапазонах NIR и MIR.

Окно может быть выполнено заподлицо, особенно если оно выполнено из сапфира, с поверхностью типичного металлического сошника. В этом случае почва, контактирующая с окном, может приводить к образованию микротрещин, которые искажают спектральный сигнал. В иных случаях окно можно быть утоплено, как правило, примерно на 3 мм (1/8 дюйма), если вращение сошника происходит быстрее, чем вязкоупругий отклик почвы, то почва не перемещается в углубление, и окно остается чистым, за исключением загрязненных условий, в случае которых оно может быть скрыто под грязью, попадающей в углубление.

Альтернативно, в углублении может быть создано положительное давление для предотвращения перемещения почвы в углубление с помощью текучей среды, которая является оптически прозрачной в рассматриваемой области длин волн, представляющей интерес. Как правило, текучей средой является вода или гель, обычно биоразлагаемый материал, такой как карбогидрат, растительное масло с высокой молекулярной массой или желатин с подходящим спектральным окном. Эта текучая среда подается вблизи окна под давлением, превышающим давление окружающей почвы, поэтому она не вытекает и не заполняет углубление между окном и почвой с расходом, достаточным для поддержания окна чистым. Можно также периодически подавать только воду в виде струи, направленной на окно, активируемой на или вблизи верхней части по дуге ее перемещения, для очистки окна при загрязнении окна почвой в цикле очистки.

Вода может также подаваться струей из источника воды для образования суспензии посредством диффузного потока, который затем всасывается аспиратором во внутреннюю проточную кювету либо с окном, либо с проточной кюветой ATR. Как правило, поток циклически изменяет свое направление для удаления песка и почвы из отверстий аспиратора, которые могут иметь предпочтительно одинаковый размер или разный размер.

Коммерческие проточные кюветы являются доступными и используют ATR (нарушенное полное внутреннее отражение) с MIR, хотя ATR не является существенным, но является очень предпочтительным. ATR с NIR является несколько проблематичным из-за короткой длины оптического пути, которая намного короче для NIR.

Диффузное отражение позволяет получить сигналы, подверженные рассеянию и требующие математического преобразования; прямой коэффициент поглощения позволяет получить чистый сигнал; и прямой коэффициент отражения может влиять на действительную часть коэффициента преломления. В общем, количественное сравнение спектров может выполняться только в тех случаях, когда измерение производится одним и тем же способом; в качестве входных данных для общего вектора данных могут использоваться различные способы.

Проточные кюветы могут предоставлять образцы жидкости по обе стороны окна. Образцы почвы прежде всего суспендируются, а не растворяются, так как отсутствует время для полного растворения. Измерения могут проводиться в отношении пестицидов или других загрязняющих веществ низкого уровня, а также компоненты за счет предоставления дополнительного молекулярного уровня, который предпочтительно поглощает целевую молекулу(ы) загрязняющего вещества. Если требуется повторное измерение, поглощенное загрязняющее вещество или пестицид должно быть смыто с молекулярного слоя с помощью подходящей системы, такой как системы, разработанной в жидкостной хроматографии высокого давления.

Излучатель может быть предназначен для спектроскопии комбинационного рассеяния или абсорбционной спектроскопии. В спектроскопии комбинационного рассеяния могут использоваться различные виды квазимонохроматических источников, таких как спектральная линия любого лазерного излучения в УФ, видимом и NIR диапазонах, с узким частотным диапазоном около 0,1 нм или менее, предпочтительная длина волны газового (аргонового) лазера составляет 515 (строго 514,5) нм, для большей точности можно использовать газовые лазеры или светодиодный лазер, который

имеет резонатор для уменьшения полосы пропускания относительно светодиодного источника, в сочетании по меньшей мере с полосовыми фильтрами или светодиодный источник предпочтительно с двумя полосовыми фильтрами. Тепловые источники обеспечивают непрерывное распределение излучения от УФ до MIR, ограниченного только выбором материала окна, если таковой имеется. Полупроводниковые источники излучения доступны для длин волн короче приблизительно 6 мкм, при этом каждый из них охватывает ограниченный диапазон длин волн. В общем, полупроводниковые источники излучения обеспечивают более интенсивный поток фотонов, но только в ограниченном диапазоне длин волн. Полупроводниковые источники излучения являются предпочтительными для измерения одного известного анализируемого вещества. Тепловые источники предпочтительны для измерения нескольких анализируемых веществ в широком спектральном диапазоне. Так как отклик комбинационного рассеяния пропорционален четвертой степени частоты, частота возбуждения является предпочтительно настолько высокой, насколько это возможно, поскольку она не вырабатывает флуоресценцию в исследуемом материале.

Детекторы могут быть фотопроводящими, фотоэлектрическими или болометрическими, и коммерческие серийные устройства являются легко доступными. Спектральный дифференциатор, как правило, представляет собой призму, дифракционную решетку или спектрометр. Хотя теоретические комбинационные рассеяния и NIR имеют одни и те же настройки, комбинационное рассеяние имеет гораздо меньшую амплитуду. Детектор комбинационного рассеяния включает в себя призму или многочисленные дифракционные решетки для различения длин волн, в сочетании с чувствительным счетчиком фотонов и усилителем, таким как фотоумножитель, лавинный фотодиод или тому подобное. Детектор NIR включает в себя подвижную дифракционную решетку или призму, связанную с однофотонным детектором, или фиксированную дифракционную решетку или призму с многоэлементным детектором. Детекторы MIR могут быть аналогичны по конструкции детекторам NIR без призмы, но могут также представлять собой спектрометр с преобразованием Фурье; длины волн отличаются от длин волн детекторов NIR.

Для окна, которое вращается вместе с сошником, требуется эталонная мишень, такая как стандартная черно-белая линия, для того, чтобы калибровать отклик датчика и корректировать смещение рабочей точки датчика или загрязнение датчика при истирании окна или другого повреждения окна. Мишень устанавливается на или вблизи верхней части сошника, как правило, на раме моста. Если целевой отклик, измеренный датчиком, изменяется, то окно необходимо проверить. Предполагается, что это будет происходить редко, хотя в настоящее время это не проверено.

Сошник имеет, как правило, толщину между 12 и 15 мм (приблизительно 1/2–5/8 дюйма), но может быть тоньше, и в настоящее время доступен широкий ассортимент сошников.

Если используется концепция проточной кюветы, то может быть встроен измеритель pH и измеритель электропроводности. Калибровка поддерживается путем очистки буферным раствором. В сошник непосредственно может быть включен тензодатчик для измерения вязкоупругого отклика почвы. Комбинационное рассеяние и ИК-излучение функционально дополняют друг друга, так как они позволяют измерить спектральные особенности, некоторые из которых являются различными, а некоторые из которых являются общими, в зависимости от молекулярной симметрии образца. Рассеяние можно использовать для измерения состояния (текстуры) почвы.

GPS будет установлен снаружи на тракторе или на сеялке, плюс оптический кодер, измеряющий угловое смещение окна сошника, позволяющий рассчитать точное положение датчика, предоставляя глубину земли и положение на поверхности относительно положения GPS.

Глубина альтернативных систем, таких как горизонтальный культиватор на фиксированной глубине, как правило, составляет 10 см (4 дюйма), оптимальная рабочая глубина которого зависит от влажности почвы вплоть до 30 см (12 дюймов) или менее. Сошник согласно изобретению, как правило, работает от глубины поверхности 0 см до глубин 20–30 см, включая все промежуточные глубины для сельскохозяйственного применения. Для экологических приложений можно использовать сошники больших размеров и большую

глубину.

Частоту выборки можно регулировать практически с точностью до миллисекунды (скорость трактора составляет 3 м/с или 11 км/час, выборка каждые 3 см, непрерывно с использованием более одного датчика), контролировать с помощью времени отклика датчика, которое можно повысить, используя более быстродействующую электронику и более высокую тактовую частоту. Проблемы можно ожидать на границе или выше десяти гигагерц, так как эта частота является технически невозможной (по разумной коммерческой цене).

Конструкция, которая позволяет установить сошник согласно изобретению, весьма отличается от сеялки и ее высевающего сошника, глубина которого обычно составляет от 1-5 см (1/2-2 дюйма).

Сигналы, полученные в ходе спектральных измерений, передаются в устройство обработки данных, которое использует традиционные статистические модели для того, чтобы сделать вывод о наличии или отсутствии компонента или подобного компонента. Предоставленная информация включает в себя амплитуды на определенных длинах волн, полученные с помощью детектора(ов). Амплитуды оптических сигналов, которые предпочтительно являются средне центрированными и нормированными, могут использоваться в качестве абсолютных значений при проведении многомерного анализа. Специалистам в данной области техники понятно, что многомерный анализ является формой факторного анализа, первоначально полученного из анализа ковариации, такого как анализ главных компонент (PCA), нейронные сети (NN), линейный дискриминантный анализ (LDA), частичные наименьшие квадраты (PLS) и аналогичные алгоритмы. В этом конкретном применении кривые полосы поглощения для тестируемых компонентов составляющих элементов хорошо известны в данной области и могут использоваться в качестве эталонов при калибровке.

Краткое описание чертежей

На фиг.1 показан вид сверху в разрезе сошника согласно изобретению.

На фиг.2 показан детальный вид окна согласно изобретению.

На фиг.3 показан вид в вертикальном разрезе с торца детектора согласно изобретению.

На фиг.4 показан вид сбоку в вертикальном разрезе детектора согласно изобретению.

На фиг.5 показаны три спектра, измеренные устройством, показанным на фиг.1 (эксперимент I), на различных глубинах.

На фиг.6 показаны еще три спектра, измеренные устройством, показанным на фиг.1 (эксперимент II), на различных глубинах.

На фиг.7 показаны четыре спектра, измеренные устройством, показанным на фиг.1 (эксперимент III), на различных глубинах.

На фиг.8 показан вид сверху в разрезе другого сошника согласно изобретению.

На фиг.9 показан детальный вид детектора сошника, показанного на фиг.8.

На фиг.10 показаны три спектра различных почв, измеренных устройством, показанным на фиг.8.

Подробное описание изобретения

Теперь изобретение дополнительно проиллюстрировано путем ссылки на его предпочтительные варианты осуществления. В первом примере, показанном на фиг.1-7, поз.10 обозначен сошник согласно изобретению. В первом варианте осуществления детекторная система 12 продолжается в радиальном направлении относительно сошника 10, выходной свет вырабатывается кварцево-галогенной лампой 14 и распространяется через волоконно-оптический жгут 16 в зеркала 18 и через диафрагму 22 и стеклянное окно 20. Диафрагма 22 и окно 20 имеют диаметр 1/2 дюйма (12,5 мм). Волоконно-оптический жгут 16 имеет шесть освещающих волоконно-оптических кабелей 26, каждый из которых имеет диаметр 1000 мкм (1 мм), с числовой апертурой приблизительно 0,5, передает свет от кварцевого галогенного источника излучения, который излучает в указанном диапазоне 900-1800 нм. Волокно 24 детектора Martech имеет диаметр 1000 мкм (1 мм) и числовую апертуру 0,5 и выступает за осветительные волокна, поверхность всего детектора имеет диаметр 1 мм. Оптическое волокно 24 детектора подсоединено через входной порт 28 к спектрометру 30. Типичный детектор на основе фотодиодной матрицы представляет собой серийно выпускаемый чип,

длиной приблизительно 20 мм, шириной вплоть до 14 мм и толщиной 2-5 мм, фоточувствительная пиксельная матрица чипа, которая имеет, как правило, одну линию 256-2048 пикселей, составляет приблизительно 50 микрон в поперечнике. Разрешающая способность спектрометра 30, предположительно, составляет приблизительно 5 нм во всем номинальном диапазоне 900-1800 нм, на практике, как видно из спектра, фактический диапазон составляет от 900 до приблизительно 1625 нм. Хотя для сошника может быть разработан специализированный чип, удобно выпускать серийно выпускаемые компоненты. Выходной световой пучок проходит через волоконно-оптический жгут 16, и отражается от передней поверхности зеркала 18, покрытого золотом (Au), в диафрагму 22, при этом возвращенный входной световой пучок отражается от зеркала 18 в волокно 24 детектора. Спектры, показанные на фиг.5-7, были измерены с использованием устройства, показанного на фиг.1, на месте. Спектры, показанные на фиг.5, эксперимент I, место 1, были измерены на различных глубинах а) при 19 см, б) при 27 см и с) при 38 см. Спектры, показанные на фиг.6, эксперимент II, место 2, были измерены на различных глубинах а) при 12 см, б) при 22 см и с) при 30 см. Спектры, показанные на фиг.7, эксперимент III, место 3, были измерены на различных глубинах а) при 12 см, б) при 31 см, с) при 34 см и d) при 36 см. Эти результаты показывают научно воспроизводимые качественные спектры. Этого качества достаточно для аналитических целей; геологическая структура меняется в зависимости от глубины, так как в каждом месте задействованы два, три или четыре разных пласта. Сходимость спектров выше 1400 нм на фиг.6 обусловлена наличием воды в почве. Главным образом, в ходе анализа выполняется сравнение полученных спектров с известными спектрами компонентов почвы с использованием изложенных статистических методов, которые являются достаточными для определения наличия и концентрации компонентов почвы.

Во втором примере, показанном на фиг.8-10, поз.110 обозначен другой сошник согласно изобретению. Во втором варианте осуществления детекторная система 112 продолжается в радиальном направлении относительно сошника 110, выходной световой пучок

излучается галогенной лампой 114, фокусируется вогнутым зеркалом 118 в диафрагму 122 и сапфировое окно 120. Диафрагма 122 и окно 120 имеют диаметр 12,7 мм (1/2 дюйма). Один торец 124 волоконно-оптического кабеля 126 действует как детектор света. Оптическое волокно 124 детектора подсоединено через входной порт 128 к спектрометру 130. Спектрометр 130 был выполнен с дифракционной решеткой и пиксельной матрицей 134, из которых все, кроме части 136, были замаскированы. Участок 136 разделен приблизительно на 370 поперечных проходов 138, причем каждая полоска имеет ширину 1 пиксель и приблизительно 80-100 пикселей по высоте. Каждая полоса соответствует разрешению приблизительно 2 нм. Отклики отдельных пикселей измерялись и стандартизировались. Для каждой полосы было зарегистрировано два отклика: один – для белой пластинки или диска (белый отклик), второй – без ничего (темный отклик), при котором свет отсутствовал, или минимальный свет отражался назад. Коэффициент отражения рассчитывался из (отраженного образца минус темный ответ) деленного на (белый отклик минус темный отклик), чтобы получить в результате коэффициент отражения R . Коэффициент отражения на каждой длине волны затем преобразуется в $\log(1/R)$. Было обнаружено, что света, падающего из волоконно-оптического кабеля 124, было достаточно, и усиления не требовалось. На фиг.10 показаны три спектра от различных почв. Эти результаты показывают научно воспроизводимые качественные спектры. Главным образом, в ходе анализа проводится сравнение полученных спектров с известными спектрами компонентов почвы с использованием изложенных статистических методов, которые являются достаточными для определения наличия и концентрации компонентов почвы.

Промышленная применимость

Как представлено выше, устройство, установленное во вращающемся сошнике, можно использовать для измерения отраженного света от образцов почвы и анализа отраженного света для определения компонентов почвы и их концентрации на исследуемой поверхности.

Так как специалисты в данной области техники понимают, что эти предпочтительные, раскрытые и описанные детали, материалы и

компоненты могут быть подвергнуты существенной вариации, модификации, изменению, исправлению и замене, не влияя на или не изменяя функцию описанных вариантов осуществления. Хотя выше были описаны конкретные варианты осуществления изобретения, изобретение не ограничивается этим. Многочисленные модификации и вариации попадают в объем заявленного, раскрытого и описанного изобретения, интерпретируемого в свете естественных законов науки и техники, понятных специалистам в данной области техники.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для измерения компонентов почвы, отличающаяся тем, что содержит сошник, причем упомянутый сошник имеет детектор электромагнитного излучения, источник электромагнитного излучения и окно, прозрачное для электромагнитного излучения, при этом упомянутый источник излучает излучение, падающее через упомянутое окно на упомянутую почву, и упомянутый детектор принимает излучение, отраженное от упомянутой почвы через упомянутое окно.

2. Система, по п.1, отличающаяся тем, что упомянутый сошник имеет множество датчиков, размещенных таким образом, чтобы по меньшей мере один датчик находился ниже уровня земли во время использования в любой момент времени.

3. Система по п.2, отличающаяся тем, что упомянутые датчики эквидистантно разнесены друг от друга в радиальном направлении вокруг оси упомянутого сошника.

4. Система по п.1, отличающаяся тем, что упомянутое электромагнитное излучение, отраженное от упомянутой почвы, выбирается из группы, состоящей из УФ-излучения, видимого излучения, ближнего инфракрасного излучения, среднего инфракрасного излучения и комбинационно рассеянного излучения.

5. Система по п.4, отличающаяся тем, что упомянутое электромагнитное излучение, отраженное от упомянутой почвы, выбирается из группы, состоящей из УФ-излучения, видимого излучения, ближнего инфракрасного излучения и среднего инфракрасного излучения, и упомянутый источник электромагнитного излучения является широкополосным источником, охватывающим упомянутое излучение, при этом упомянутое электромагнитное излучение, отраженное от упомянутой почвы, выбирается из группы, состоящей из УФ-излучения, видимого излучения, ближнего инфракрасного излучения, среднего инфракрасного излучения.

6. Система по п.4, отличающаяся тем, что электромагнитное излучение, отраженное от упомянутой почвы, выбирается из группы, состоящей из комбинационно рассеянного излучения, и упомянутый источник электромагнитного излучения выбирается из группы, состоящей из газового лазера и полупроводникового лазера в

сочетании по меньшей мере с одним полосовым фильтром и светодиода в сочетании по меньшей мере с двумя полосовыми фильтрами для излучения квазимонохроматической длины волны, выбранного из группы, состоящей из ультрафиолетового, видимого и ближнего инфракрасного излучения.

7. Система по п.1, отличающаяся тем, что упомянутый детектор электромагнитного излучения содержит спектрометр.

8. Система по п.7, отличающаяся тем, что упомянутый детектор электромагнитного излучения дополнительно содержит волновод для передачи упомянутого отраженного излучения в упомянутый спектрометр.

9. Система по п.8, отличающаяся тем, что упомянутый спектрометр содержит элемент, выбранный из группы, состоящей из призмы, связанной с многоэлементным фотонным детектором, подвижной призмы, связанной с однофотонным детектором, дифракционной решетки, связанной с многоэлементным фотонным детектором, и подвижной дифракционной решетки, связанной с однофотонным детектором и спектрометром с преобразованием Фурье.

10. Система по п.1, отличающаяся тем, что упомянутое окно находится внутри упомянутого сошника.

11. Система по п.10, отличающаяся тем, что в упомянутом сошнике имеется углубление, и форсунка для воды имеет выход из упомянутого углубления, который обеспечивает подачу струи воды, способствующую образованию суспензии в упомянутом углублении, и аспиратор в упомянутом углублении для всасывания упомянутой суспензии через проточную кювету в упомянутом сошнике, причем упомянутое окно образует стенку упомянутой проточной кюветы и канал от упомянутой проточной кюветы до внешнего отверстия в упомянутом сошнике.

12. Способ измерения компонентов почвы, отличающийся тем, что содержит

этап вращения сошника, имеющего окно, по существу прозрачное для электромагнитного излучения и

этап пропускания входного электромагнитного излучения через упомянутое окно, когда упомянутое окно находится ниже уровня поверхности почвы, и

позволяя при том упомянутому излучению, отраженному от образца упомянутой почвы, проходить через упомянутое окно, и

этап измерения амплитуды результирующего выходного электромагнитного излучения, поступающего из упомянутого образца.

13. Способ по п.12, отличающийся тем, что содержит этап измерения амплитуд выходных сигналов в зависимости от длины волны;

этап сравнения амплитуд выходных сигналов с амплитудами выходных сигналов в зависимости от длины волны в виде отношений для выработки характеристического спектра; и

этап сравнения упомянутого спектра выходного сигнала с известными спектрами выходного сигнала, выработанными с помощью стандартных образцов известных компонентов посредством многомерного анализа, тем самым определяя наличие и концентрацию упомянутых компонентов.

14. Способ по п.13, отличающийся тем, что электромагнитное излучение результирующего выходного сигнала вырабатывается на этапе, выбранном из группы, состоящей из диффузного отражения от почвы, передачи через суспензию почвы в проточной кювете и нарушенного полного внутреннего отражения на границе раздела почвенной взвеси и окна проточной кюветы и комбинационного рассеяния.

15. Способ по п.13, отличающийся тем, что содержит этап отдельного вычисления амплитуды выходного сигнала для узкого интервала длин волн для того, чтобы получить значение коэффициента поглощения для каждого упомянутого интервала длин волн.

16. Способ по п.13, отличающийся тем, что упомянутое входное электромагнитное излучение выбирается из группы, состоящей из УФ, видимого, ближнего инфракрасного и среднего инфракрасного излучения.

17. Способ по п.16, отличающийся тем, что упомянутое входное электромагнитное излучение является квазимонохроматическим и выбирается из группы, состоящей из УФ, видимого и ближнего инфракрасного излучения, и упомянутое выходное электромагнитное

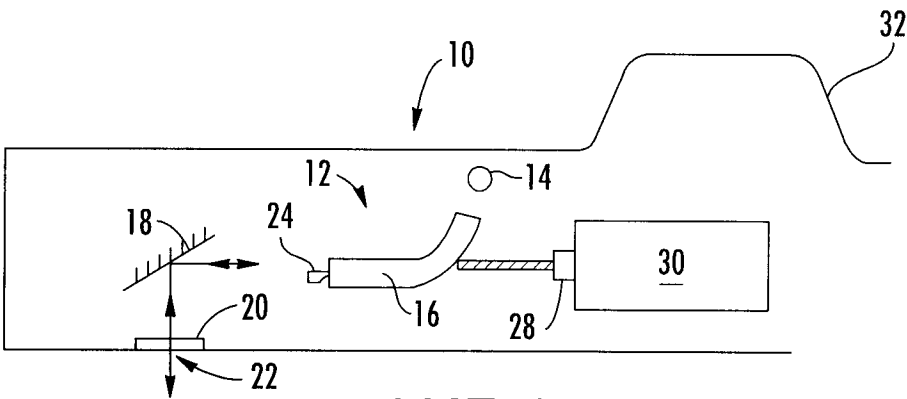
излучение представляет собой излучение комбинационного рассеяния.

18. Способ по п.16, отличающийся тем, что содержит этап диспергирования упомянутого выходного электромагнитного излучения посредством селектора длин волны для его разделения на отдельные интервалы длин волн и дополнительный этап измерения амплитуд отдельных интервалов длин волн.

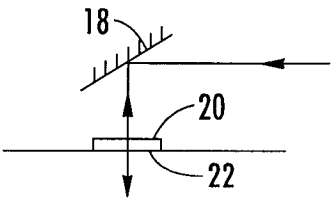
19. Способ по п.13, отличающийся тем, что содержит этап коллимирования входного электромагнитного излучения.

20. Способ по п.13, отличающийся тем, что содержит этап коллимирования выходного электромагнитного излучения.

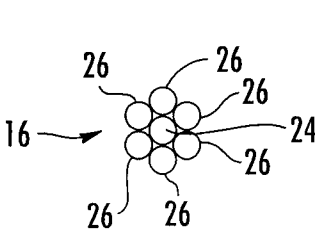
По доверенности



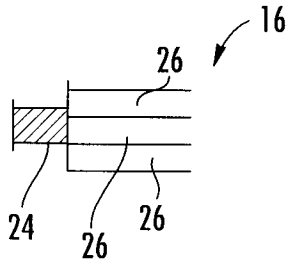
ФИГ. 1



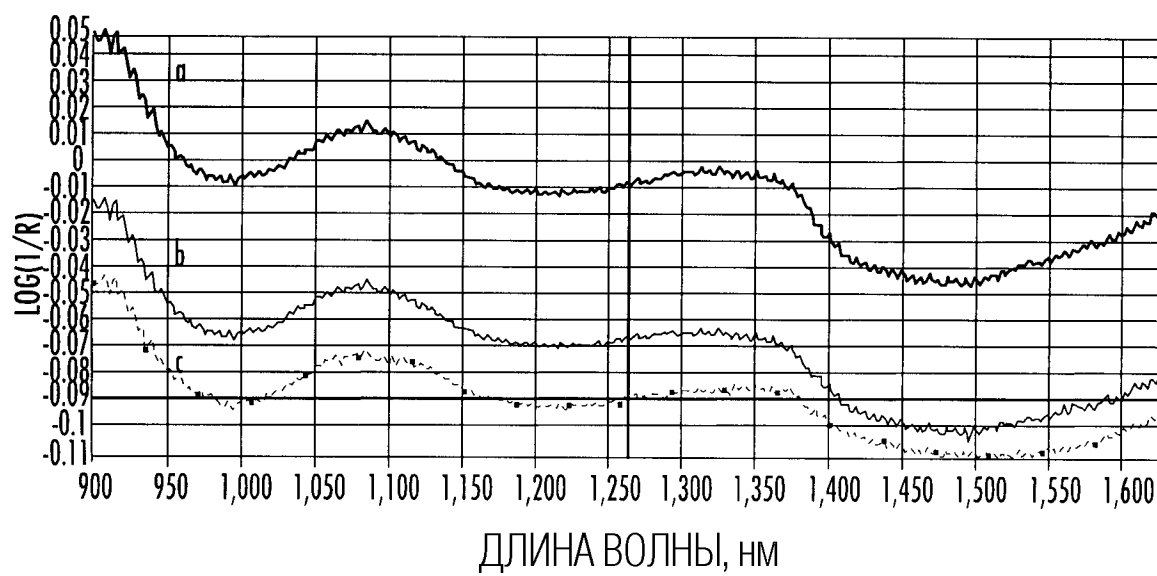
ФИГ. 2



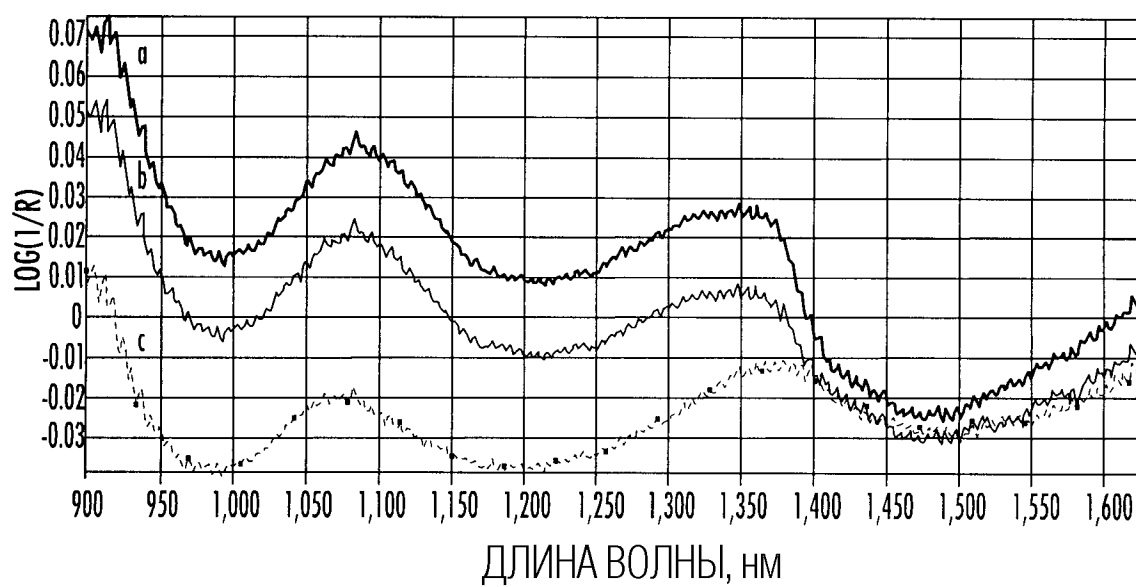
ФИГ. 3



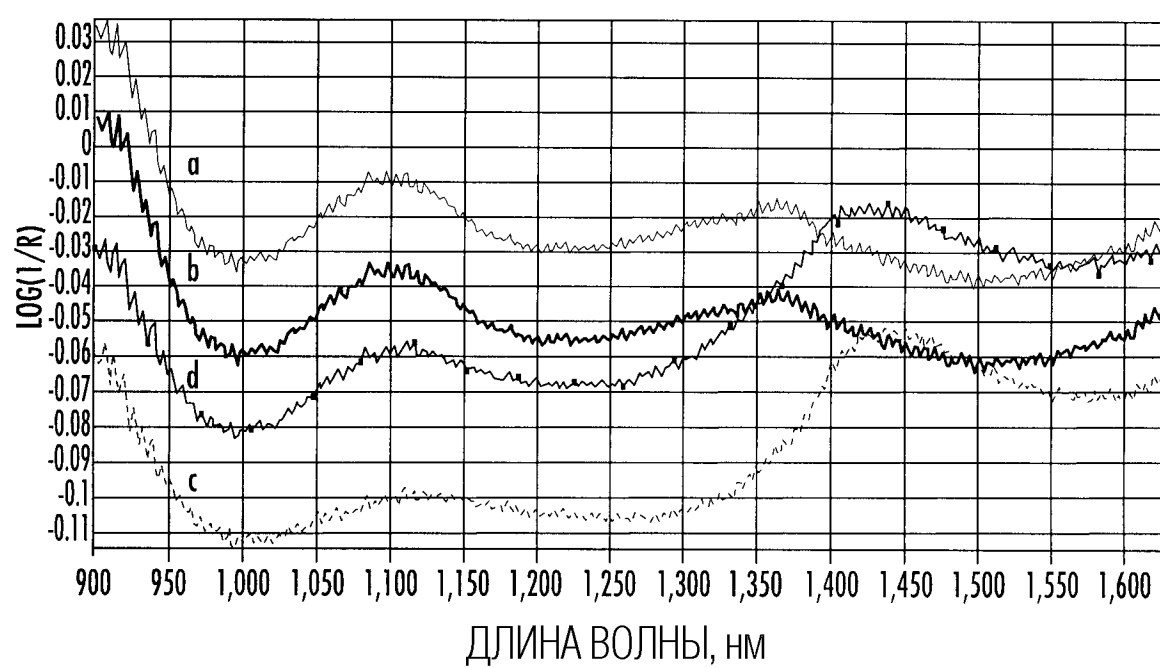
ФИГ. 4



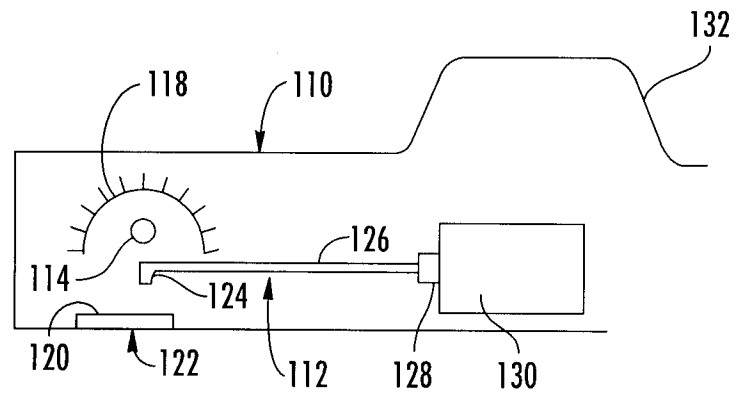
ФИГ. 5



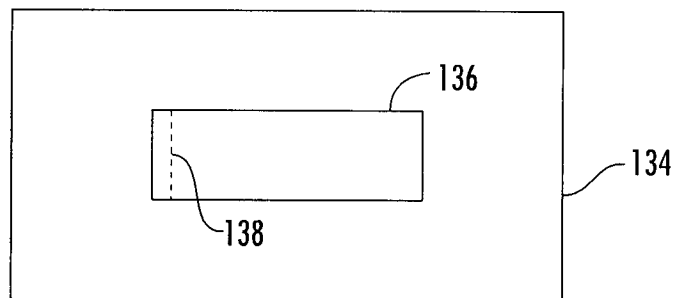
ФИГ. 6



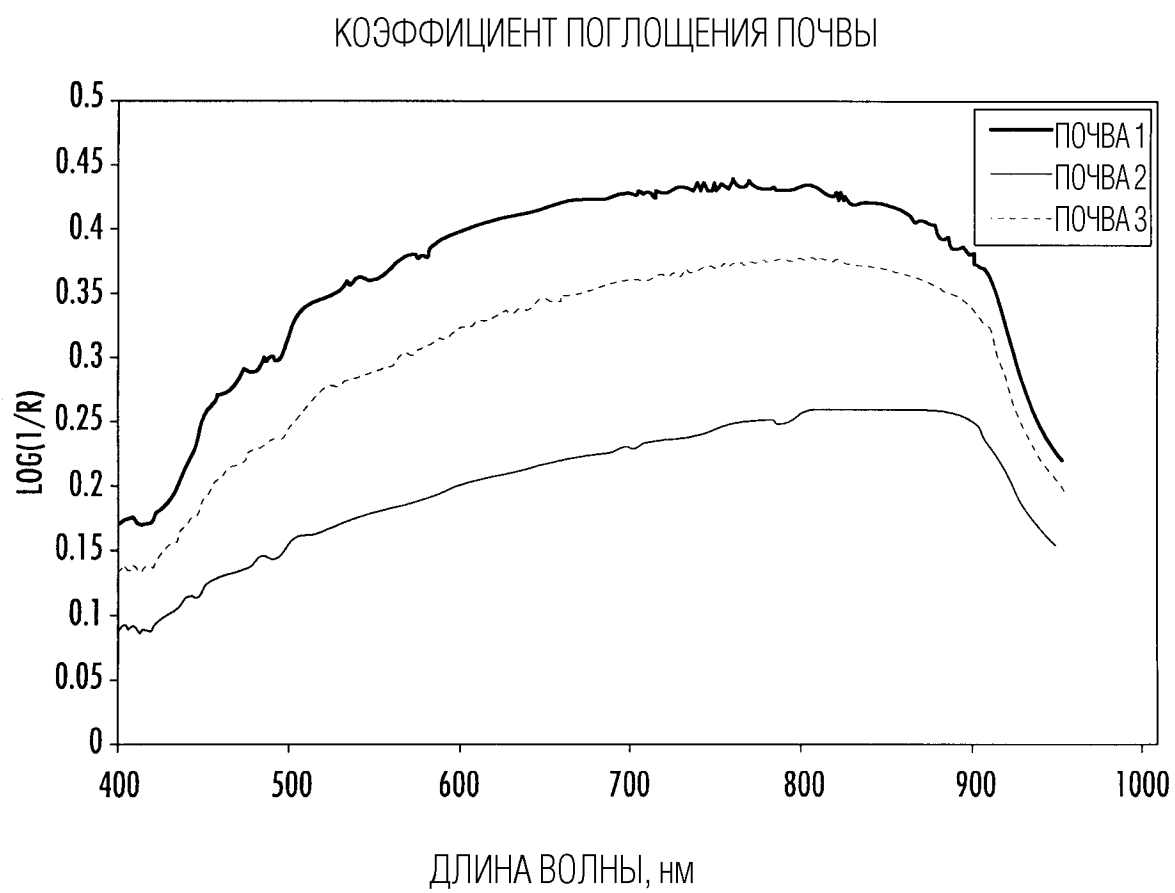
ФИГ. 7



ФИГ. 8



ФИГ. 9



ФИГ. 10