

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 726 036** (13) **С1**

(51) МПК

[G01N 21/47 \(2006.01\)](#)[G01J 1/04 \(2006.01\)](#)

(52) СПК

[G01N2021/4723 \(2020.02\)](#)[G01J 1/0403 \(2020.02\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 16.07.2020)

(21)(22) Заявка: [2019144386](#), 24.12.2019(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.12.2019Дата регистрации:  
08.07.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.12.2019

(45) Опубликовано: [08.07.2020](#) Бюл. № 19(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 152091 A1, 30.11.1962. RU 94699  
U1, 27.05.2010. KR 20040063339 A,  
14.07.2004. DE 10339956 A1, 24.03.2005.

Адрес для переписки:

188540, Ленинградская обл., г. Сосновый  
Бор, ул. Ленинградская, 29, литер Т, АО  
"НИИ ОЭП", зам. Генерального  
директора-главный инженер АО "НИИ  
ОЭП" Дундин Павел Иванович

(72) Автор(ы):

Сидоровский Николай Валентинович (RU)

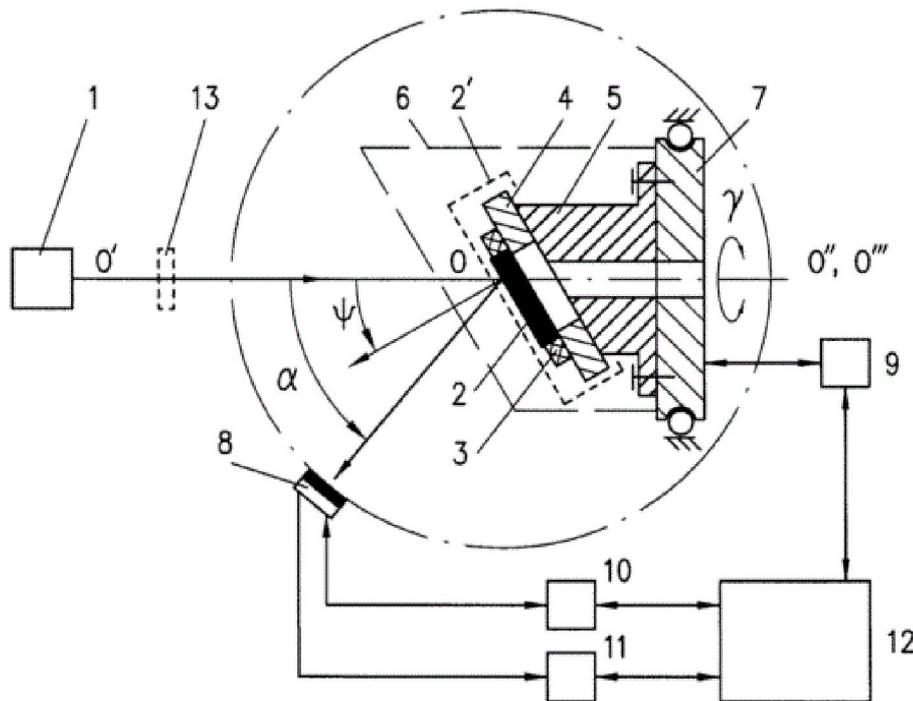
(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Научно-  
исследовательский институт оптико-  
электронного приборостроения" (АО  
"НИИ ОЭП") (RU)**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНДИКАТРИСЫ РАССЕЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано в измерительной технике и оптическом приборостроении для измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения от поверхности исследуемого образца материала. Технический результат заключается в обеспечении измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения от поверхности образца с охватом множества различных направлений, существенное увеличение массива измеряемых значений интенсивности рассеяния излучения, в том числе при изменении угла освещения образца. Устройство обладает при этом простотой конструкции и технической реализации. Устройство включает в себя источник коллимированного светового пучка, поворотную платформу, съемные узлы крепления образца материала, фотоприемник, узлы перемещения фотоприемника и вращения поворотной платформы, блок обработки сигналов фотоприемника и блок управления. Поворотная платформа обеспечивает вращение образца материала вокруг оси, совпадающей с осью светового пучка, имеет осевое отверстие и выполнена с возможностью установки на ней съемных узлов крепления образца материала. Каждый из съемных узлов изготовлен в виде втулки с осевым отверстием и установленного на торце втулки держателя образца материала, имеющего центральное отверстие, диаметр которого не менее диаметра осевого отверстия втулки. Держатель образца выполнен с возможностью выставления любого участка поверхности образца материала на пути светового пучка. Съемные узлы крепления образца материала отличаются между собой значением угла между нормалью к плоскости торца втулки и осью втулки. Ось втулки и ось вращения платформы совпадают с осью светового пучка, а диаметры осевых отверстий втулки и

поворотной платформы превышают диаметр светового пучка. Фотоприемник выполнен с возможностью перемещения по окружности, центр которой совпадает с центром пятна освещения образца материала, ограничивающей круг, плоскость которого проходит через ось вращения образца. Блок управления связан с узлом перемещения фотоприемника и узлом вращения поворотной платформы и выполнен с возможностью управления этими узлами. Блок управления выполнен также с возможностью обработки данных, поступающих из блока обработки сигналов фотоприемника, и представления результатов измерений пространственной индикатрисы рассеяния излучения. 2 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1

Техническое решение относится к измерительной технике и может быть использовано в оптическом приборостроении, микроэлектронике и других областях техники для измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения от поверхности исследуемого образца материала.

Как известно, индикатриса в оптике изображает зависимость характеристик светового поля или оптических характеристик среды от направления [Физический энциклопедический словарь, под ред. А.М. Прохорова, М.: Советская энциклопедия, 1983. - 928 с.]. Соответственно, под пространственной индикатрисой рассеяния излучения от поверхности образца материала мы будем подразумевать графическое представление пространственного распределения интенсивности рассеянного света  $I_{\text{рас}}$  от поверхности образца. Направление рассеяния излучения от поверхности образца в сферической системе координат, связанной с центром пятна освещения на поверхности образца, обычно определяется полярным  $\theta$  и азимутальным  $\phi$  углами. Измерение индикатрисы рассеянного излучения  $I_{\text{рас}}(\theta, \phi)$  осуществляется при варьировании значений этих углов.

Пучок излучения, используемый для освещения образца, может направляться на поверхность образца под разными углами. В сферической системе координат, связанной с центром пятна освещения на поверхности образца материала, направление падения излучения определяется полярным углом  $\psi$  и азимутальным углом  $\zeta$ . В общем случае существует зависимость измеряемых значений интенсивности рассеянного излучения  $I_{\text{рас}}(\theta, \phi)$  от направления падения излучения на образец [Топорев А.С. Оптика шероховатой поверхности. - Л. Машиностроение., 1988. - 191 с.; Лабунец Л.В. Цифровые модели изображений целей и реализаций сигналов в оптических локационных системах: Учеб. пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 216 с.]. Это обстоятельство накладывает определенные требования к конструированию устройств измерения пространственных индикатрис рассеяния излучения.

Устройства, использующиеся для измерения пространственных индикатрис

рассеяния излучения, как правило, включают в себя источник излучения, формирующий пучок с малой угловой расходимостью, снабженный фильтрами и другими средствами для управления интенсивностью и размерами пучка, предназначенный для освещения образца материала, фотоприемное устройство для регистрации излучения, рассеянного от поверхности образца, а также электронные и вычислительные блоки, связанные с фотоприемным устройством, предназначенные для обработки сигналов и данных измерений.

Измерения пространственных индикатрис рассеяния излучения поверхностью плоского образца осуществляются в общем случае реализацией различных комбинаций управляемых двухкоординатных и/или однокоординатных вращений источника излучения, образца материала и фотоприемника [Топорец А.С. Оптика шероховатой поверхности. - Л. Машиностроение., 1988. - 191 с.; Рогаткин Д.А., Коняхин В.В. Приборы и техника эксперимента. №5, 1992, с. 200-202; Патент РФ №94699, МПК G01J 1/00, G06F 17/00, опубл. 27.95.2010, Бюлл. №15].

Недостатками подобных устройств являются следующие. Данные устройства включают в себя электромеханические конструкции с развитой системой управления и регистрации, при практической реализации которых возникает ряд трудностей. Эти трудности связаны с необходимостью снабжения устройств сложными кинематическими узлами, обеспечивающими вращение источника излучения, образца материала и фотоприемника вокруг двух и/или одной осей. Дополнительные трудности вызывает обеспечение неизменности положения пятна освещения на контролируемой поверхности в случае реализации вращения образца материала вокруг двух осей. Также, в случае применения источника с линейно поляризованным излучением поворот образца изменяет ориентацию вектора поляризации падающего излучения относительно плоскости падения излучения, что не всегда учитывается при проведении измерений.

Известно устройство для измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения, описанное в [Авт. Свид. SU №152091, МПК G03C, дата приор. 19.02.1962 г., опубл. 1962 г., Бюлл. №23]. Данное устройство выбрано нами в качестве прототипа, как наиболее близкое к заявляемому изобретению по совокупности существенных признаков. Устройство содержит источник коллимированного светового пучка, падающего на образец, фотоприемник, выполненный с возможностью перемещения по окружности, центр которой совпадает с центром образца, блок регистрации сигнала от фотоприемника, а также механизм, обеспечивающий вращение исследуемого образца вокруг оси, совпадающей с осью падающего светового пучка. Источник излучения закрепляется неподвижно, и световой пучок падает на образец по направлению, совпадающему с осью вращения образца. Особенностью устройства является то, что вращение образца вокруг оси падающего светового пучка синхронизировано с перемещением фотоприемника по окружности, центр которой совпадает с центром образца, а плоскость круга проходит через ось вращения образца. Такая конструкция, характеризуемая отсутствием вращения источника излучения, упрощает устройство. Пространственная индикатриса может быть получена в данном случае весьма оперативно.

Недостатками устройства являются следующие. В результате того, что перемещение фотоприемника осуществляется синхронно с вращением образца, существенно ограничивается число направлений, в которых измеряются сигналы рассеяния от поверхности образца. Для определенного положения образца измеряется одно значение сигнала рассеяния, соответствующее определенному направлению измерения фотоприемником. Построение индикатрисы рассеяния усложняется необходимостью расшифровки результатов относительно направлений измерений, так как каждое направление измерения требует своего определения в пространстве. При этом множество направлений рассеяния излучения остаются вне зоны измерений, в результате чего формируется индикатриса, обладающая малой информативностью. Помимо этого сигналы рассеяния регистрируются от центра образца, другие же участки поверхности образца остаются недоступными для измерений.

Общими узлами для известного и заявляемого устройства являются источник коллимированного светового пучка, направленного на образец, фотоприемник, выполненный с возможностью перемещения по окружности, механизм, обеспечивающий вращение исследуемого образца вокруг оси, совпадающей с осью коллимированного светового пучка, регистрирующий блок, связанный с фотоприемником.

Сущность изобретения заключается в следующем.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является

создание устройства для измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения, обеспечивающего увеличение массива измеряемых значений интенсивности рассеяния от поверхности образца с охватом множества различных направлений рассеяния излучения, в том числе при изменении угла освещения образца, и обладающего при этом простотой конструкции и технической реализации.

Техническим результатом, который достигается при реализации изобретения, является обеспечение измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения от поверхности образца с охватом множества различных направлений, существенное увеличение массива измеряемых значений интенсивности рассеяния излучения, в том числе при изменении угла освещения образца, устройством, обладающим при этом простотой конструкции и технической реализации.

Устройство позволяет измерять индикатрису рассеяния излучения не только от центра образца, но и от других участков поверхности образца как в отраженном, так и в проходящем свете.

Указанный технический результат достигается тем, что в устройстве для измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения, содержащем источник коллимированного светового пучка, направленного на рассеивающую поверхность плоского образца материала, механизм, обеспечивающий вращение образца материала вокруг оси, совпадающей с осью светового пучка, фотоприемник, выполненный с возможностью перемещения по окружности, ограничивающей круг, плоскость которого проходит через ось вращения образца, регистрирующий блок, связанный с фотоприемником, в соответствии с заявляемым техническим решением механизм, обеспечивающий вращение образца материала, выполнен в виде поворотной платформы, соединенной с узлом вращения поворотной платформы, поворотная платформа имеет осевое отверстие и выполнена с возможностью установки на ней съемных узлов крепления образца материала, каждый из которых изготовлен в виде втулки, также имеющей осевое отверстие, и установленного на торце втулки держателя образца материала, имеющего центральное отверстие, диаметр которого не менее диаметра осевого отверстия втулки, и выполненного с возможностью выставления любого участка поверхности образца материала на пути светового пучка, съемные узлы крепления образца материала отличаются между собой значением угла между нормалью к плоскости торца втулки и осью втулки, при этом ось втулки и ось вращения платформы совпадают с осью светового пучка, направленного на рассеивающую поверхность плоского образца материала, а диаметры осевых отверстий втулки и поворотной платформы превышают диаметр светового пучка, фотоприемник связан с узлом перемещения фотоприемника, который осуществляет перемещение фотоприемника по окружности, центр которой совпадает с центром пятна освещения образца материала, устройство также содержит блок управления, связанный с узлом перемещения фотоприемника и узлом вращения поворотной платформы, выполненный с возможностью управления этими узлами, регистрирующий блок включает блок обработки сигналов фотоприемника и связан с блоком управления, выполненным также с возможностью обработки данных, поступающих из блока обработки сигналов, и представления результатов измерений пространственной индикатрисы рассеяния излучения поверхностью образца материала.

Если держатель образца материала выполнен в виде пластины, имеющей центральное отверстие, с установленной на ней оправкой для образца материала, в пластине выполнены линейные направляющие с возможностью перемещения пластины вдоль поверхности торца втулки, а крепление оправки к пластине выполнено с возможностью поворота оправки вокруг нормали к плоскости торца втулки, то это решение характеризует одну из частных форм реализации устройства с вариантом конструкции держателя образца материала.

Если устройство дополнительно содержит фазовую четвертьволновую пластинку, установленную на пути коллимированного светового пучка перед образцом, пропускающую излучение источника коллимированного светового пучка, в качестве которого используется источник с линейно поляризованным излучением, то это решение характеризует одну из частных форм реализации устройства с использованием источника, излучение которого линейно поляризовано.

На Фиг. 1 представлена структурная схема устройства для измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения, выполненного по п. 2 формулы изобретения, где 1 - источник коллимированного светового пучка, 2 - образец материала, 2' - держатель образца материала, 3 - оправка для образца материала, 4 - пластина, имеющая центральное отверстие и линейные направляющие, 5 - втулка, 6 -

съемный узел крепления образца материала, 7 - поворотная платформа, 8 - фотоприемник, 9 - узел вращения поворотной платформы, связанный с блоком управления, 10 - узел перемещения фотоприемника, связанный с блоком управления, 11 - блок обработки сигналов фотоприемника, 12 - блок управления, 13 - съемная фазовая четвертьволновая пластинка, устанавливаемая в случае использования источника с линейно поляризованным излучением,  $O$  - центр пятна освещения образца материала,  $O'O$  - ось падающего на образец 2 светового пучка,  $OO''$  - ось втулки 5,  $OO'''$  - ось поворота платформы 7, оси  $O'O$ ,  $OO''$  и  $OO'''$  совпадают,  $\psi$  - угол между нормалью к плоскости торца втулки и осью втулки 5, совпадающий с углом между нормалью к плоскости образца и осью  $O'O$ ,  $\gamma$  - угол поворота платформы 7,  $\alpha$  - угол поворота фотоприемника 8.

На Фиг. 2 представлена геометрия схемы измерений интенсивности рассеяния излучения, реализуемая при работе устройства, где  $O$  - центр пятна освещения образца материала 2,  $O'O$  - ось падающего на образец 2 светового пучка,  $OO''$  - ось втулки 5,  $OO'''$  - ось поворота платформы 7,  $OXYZ$  - сферическая система координат, связанная с устройством (приборная),  $OX_0Y_0Z_0$  - сферическая система координат, связанная с образцом 2, системы координат  $OXYZ$  и  $OX_0Y_0Z_0$  имеют общее начало координат - точку  $O$ ,  $OA$  - направление зеркального отражения,  $OM$  - произвольное направление измерения (наблюдения) интенсивности рассеяния излучения,  $\theta$  и  $\phi$  - полярная и азимутальная координаты точки  $M$ , соответственно, в системе координат  $OX_0Y_0Z_0$ , определяемые полярным углом  $\theta$ , отсчитываемым от оси  $OZ_0$ , и азимутальным углом  $\phi$ , отсчитываемым от оси  $OX_0$ ,  $\gamma$  - угол поворота платформы 7 в плоскости  $OYZ$ ,  $\alpha$  - угол поворота фотоприемника 8 в плоскости  $OXY$ ,  $\psi$  - угол между нормалью к плоскости торца втулки и осью втулки 5, совпадающий с углом между нормалью к плоскости образца и осью  $O'O$ ,  $M_0$  - проекция точки  $M$  на плоскость  $OX_0Y_0$ ,  $M_1$  - положение точки  $M$  в плоскости  $OXY$  после поворота платформы 7 на угол  $\gamma$ , точка  $B$  - точка пересечения оси  $OZ_0$  с начальной меридиональной кривой верхней полусферы сферической системы  $OXYZ$ , точка  $C$  - точка пересечения оси  $OX$  с экваториальной кривой сферической системы  $OXYZ$ .

Устройство работает следующим образом.

Коллимированный световой пучок, направляется от источника 1 (Фиг. 1) на поверхность плоского образца материала 2, индикатрису рассеяния излучения которого необходимо измерить,  $O$  - центр пятна освещения образца материала. В задачах измерения пространственных индикатрис рассеяния излучения, как правило, используются узконаправленные световые пучки. В качестве источника 1 может быть использован лазер, светодиод, лампа накаливания и др., излучение которых в случае необходимости может быть пропущено через коллиматор, диафрагму, фильтры и т.д. для создания коллимированного светового пучка с требуемыми интенсивностью, спектральным составом и сечением пучка. На Фиг. 1 эти узлы не показаны, подходы к решению задачи создания коллимированного светового пучка с контролируемыми параметрами пучка известны.

Плоский образец материала 2 размещается в держателе образца 2', установленного на торце втулки 5. Держатель образца выполнен с возможностью выставления любого участка поверхности образца материала на пути светового пучка. В варианте конструкции держателя образца материала по п. 2 формулы изобретения держатель 2' выполнен в виде пластины 4, имеющей центральное отверстие, с установленной на ней оправкой 3 для образца материала. В пластине выполнены линейные направляющие с возможностью перемещения пластины вдоль поверхности торца втулки, а крепление оправки к пластине выполнено с возможностью поворота оправки вокруг нормали к плоскости торца втулки.

Осуществляя перемещение пластины по поверхности торца втулки и поворот оправки 3 вокруг нормали к плоскости торца втулки, можно выставить на пути падающего светового пучка любой участок поверхности образца.

Втулка 5 имеет осевое отверстие. Втулка 5 и держатель образца 2' входят в съемный узел 6 крепления образца материала. Съемные узлы крепления образца материала отличаются между собой значением угла между нормалью к плоскости торца втулки и осью втулки. Поворотная платформа 7 также имеет осевое отверстие и выполнена с возможностью установки на ней съемного узла 6 крепления образца материала. Диаметры осевых отверстий втулки 5 и платформы 7 превышают диаметр светового пучка.

В соответствии с заявляемым техническим решением ось  $OO''$  втулки совпадает с осью  $O'O$  светового пучка, направленного на рассеивающую поверхность образца

материала. Определим направление падения светового пучка на образец полярным углом  $\psi$  в сферической системе координат, связанной с центром  $O$  пятна освещения образца, отсчитываемым от нормали к поверхности образца, азимутальный угол в такой геометрии равен нулю,  $\zeta=0$ . При неизменности положения оси  $O'O$  светового пучка, совпадающей с осью  $OO''$  втулки, на торце которой закреплен съемный узел крепления образца, угол  $\psi$  будет равен углу между нормалью к плоскости торца втулки 5 и осью втулки. Для реализации другого значения угла падения светового пучка  $\psi$  на образец необходимо установить другой съемный узел крепления, отличающийся от предыдущего значением угла между нормалью к плоскости торца втулки 5 и осью втулки.

Поворотная платформа 7 соединена с узлом вращения поворотной платформы 9. Узел 9 связан, в свою очередь, с блоком управления 12 устройства и осуществляет вращение поворотной платформы 7 по командам от блока управления 12. Вращение поворотной платформы 7 обеспечивает вращение образца материала 2 вокруг оси, совпадающей с осью коллимированного светового пучка  $O'O$ . Так при этом ось  $OO''$  поворота платформы 7 совпадает с осью светового пучка  $O'O$ , то при повороте платформы угол падения пучка на образец остается неизменным и равным  $\psi$ . Излучение, рассеянное поверхностью образца материала 2, регистрируется фотоприемником 8.

Реализуемое в техническом решении крепление образца обеспечивает неизменность положения пятна освещения на контролируемой поверхности образца при вращении платформы.

Геометрию схемы измерений интенсивности рассеяния излучения, которая реализуется при работе устройства, иллюстрирует Фиг. 2. На Фиг. 2 приведены две сферические системы координат, обозначенные как  $OXYZ$  и  $Ox_0y_0z_0$ , начало координат которых находится в точке  $O$ . Система координат  $OXYZ$  связана с устройством, при этом начало координат  $O$  является точкой пересечения осей вращения поворотной платформы 7 и фотоприемника 8. Система координат  $Ox_0y_0z_0$  связана с образцом, при этом начало координат  $O$  совпадает с центром пятна освещения на поверхности образца материала, плоскость образца совпадает с плоскостью  $Ox_0y_0$ , нормаль к плоскости образца - ось  $Oz_0$ , а ось  $Oy_0$  совпадает с осью  $OY$ . Световой пучок направляется на поверхность образца вдоль оси  $Ox$ . В системе координат  $OXYZ$  фотоприемник 8 перемещается по окружности в плоскости  $OXY$ , центр окружности совпадает с центром пятна освещения  $O$  образца материала. Угол  $\alpha$  поворота фотоприемника 8, соответствующий перемещению фотоприемника по окружности в плоскости  $OXY$ , отсчитывается от оси  $Ox$  (нулевое положение фотоприемника соответствует значению  $\alpha=0^\circ$ ). Платформа 7 вращается вокруг оси  $Ox$ , и угол  $\gamma$  поворота платформы 7 отсчитывается от оси  $Oz$  (нулевое положение платформы соответствует значению  $\gamma=0^\circ$ ). Направление падения пучка определяется полярным углом  $\psi$ , отсчитываемым от нормали к поверхности образца, т.е. оси  $Oz_0$ .

Введем произвольное направление измерения (наблюдения) интенсивности рассеяния излучения  $OM$ , определяемое полярным углом  $\theta$ , отсчитываемым от оси  $Oz_0$ , и азимутальным углом  $\phi$ , отсчитываемым от оси  $Ox_0$ ,  $\theta$  и  $\phi$  - это полярная и азимутальная координаты точки  $M$  (Фиг. 2).

Для реализации измерения интенсивности  $I_{pac}(\theta, \phi)$  в точке  $M$  необходимо обеспечить перевод значений углов  $(\theta, \phi)$  в системе координат  $Ox_0y_0z_0$  в значения  $(\alpha, \gamma)$  углов поворота фотоприемника 8 и платформы 7, соответственно, в приборной системе координат  $OXYZ$ . Как показано на Фиг. 2, при повороте платформы на угол  $\gamma$  точка  $B$  переместится в положение  $B_1$ , точка  $M$  в положение  $M_1$ , а сферический треугольник  $BCM$  займет положение  $B_1CM_1$ . Значения  $(\alpha, \gamma)$  могут быть найдены путем использования известных из сферической тригонометрии формул о соотношениях углов и сторон в сферических треугольниках, в данном случае  $BCM$  и  $B_1CM_1$ . В этих треугольниках углы  $CBM$  и  $CB_1M_1$  равны и имеют значение  $\phi$ , углы  $BCM$  и  $B_1CM_1$  равны и имеют значение  $(90 - \gamma)$ , стороны  $CB$  и  $CB_1$  равны и имеют значение  $\psi$ , стороны  $BM$  и  $B_1M_1$  равны и имеют значение  $\theta$ , стороны  $CM$  и  $CM_1$  равны и имеют значение  $\alpha$ .

Фотоприемник 8 связан с узлом перемещения фотоприемника 10, поворотная платформа 7 соединена с узлом вращения поворотной платформы 9. Узлы 9 и 10, осуществляющие движение, соответственно, поворотной платформы 7 и фотоприемника 8, соединены с блоком управления 12, формирующим команды управления этими узлами.

По командам блока управления 12 осуществляется движение фотоприемника и

поворотной платформы для достижения расчетных углов ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ). Перевод значений углов ( $\theta$ ,  $\phi$ ) в значения углов ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ) выполняется в блоке 12, благодаря встроенной расчетной программе, основанной на формулах сферической тригонометрии.

Сигнал с фотоприемника 8, пропорциональный интенсивности рассеянного поверхностью образца излучения  $I_{\text{рас}}(\alpha, \gamma)$ , поступает в блок обработки сигналов фотоприемника 11.

Далее данные в цифровом виде поступают в блок управления 12, выполненный с возможностью обработки данных, поступающих из блока обработки сигналов фотоприемника 11. Блок управления 12 содержит компьютер и специальное программное обеспечение и выполнен с возможностью представления результатов измерений пространственной индикатрисы рассеяния излучения. В блоке 12 формируется массив данных по значениям интенсивности рассеяния излучения  $I_{\text{рас}}(\psi, \theta, \phi)$ , измеренным фотоприемником 8 при варьировании значений углов ( $\theta$ ,  $\phi$ ) и при неизменном угле падения светового пучка  $\psi$  на образец. Далее массив измеряемых данных представляется в графическом виде, т.е. формируется пространственная индикатриса рассеяния излучения поверхностью образца.

Работоспособность приведенных на Фиг. 1 и Фиг. 2 схем была подтверждена экспериментально. В конкретном варианте исполнения устройства узлы 9 и 10 были выполнены на базе прецизионных приводов, реализующих точные повороты платформы 7 и фотоприемника 8 на требуемые углы, фотоприемник 8, выполненный на основе термоэлемента, закреплялся на консоли прецизионного привода, реализующего поворот фотоприемника. Узлы 9, 10 и источник 1 были размещены на неподвижном основании. Блок управления 12 содержал электронное устройство, собранное на основе цифровых интегральных микросхем, включая микроконтроллеры, в которых вырабатывались управляющие сигналы, поступавшие на входы узлов 9 и 10. Блок 11 в конкретном варианте исполнения устройства был выполнен на базе аналого-цифрового преобразователя.

Индикатрисы рассеяния излучения при разных углах падения излучения на образец измерялись с использованием разных съемных узлов крепления образца, отличающихся между собой значением угла между нормалью к плоскости торца втулки и осью втулки.

Заявляемое устройство обеспечивает измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения с охватом множества различных направлений, в том числе при изменении углов падения излучения на образец. По сравнению с прототипом достигается существенное увеличение массива измеряемых значений интенсивности рассеяния излучения. Интересующее исследователя направление измерения интенсивности рассеянного излучения от образца, характеризуемое определенными значениями углов ( $\theta$ ,  $\phi$ ), может быть осуществлено на практике путем выставления поворотной платформы и фотоприемника в угловое положение, характеризуемое углами ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ), значения которых получены путем пересчета из значений ( $\theta$ ,  $\phi$ ). Таким образом могут быть обеспечены измерения индикатрисы рассеяния как во всей полусфере, так и в любом локальном секторе, например, в области углов рассеяния, близких к направлению зеркального отражения.

При этом устройство обладает простотой конструкции и технической реализации. Простота устройства обусловлена тем, что фотоприемник и поворотная платформа двигаются, имея по одной вращательной степени свободы, при неподвижном источнике излучения. Для изменения угла падения излучения на образец достаточно установить образец в другой съемный узел крепления образца с другим значением угла между нормалью к плоскости торца втулки и осью втулки, изготовить узел крепления с требуемым углом технически несложно.

Благодаря выполнению втулки 5 и поворотной платформы 7 с осевыми отверстиями, диаметры которых превышают диаметр светового пучка, и держателя образца материала с диаметром центрального отверстия не менее осевого диаметра втулки, устройство может использоваться для измерения индикатрисы рассеяния излучения как в отраженном, так и в проходящем свете.

Одной из частных форм реализации устройства является выполнение держателя образца в виде пластины, имеющей центральное отверстие, с установленной на ней оправкой для образца материала, в пластине выполнены линейные направляющие, а крепление оправки к пластине выполнено с возможностью поворота оправки вокруг нормали к плоскости торца втулки.

В случае использования для освещения образца источника с линейно поляризованным излучением в устройство дополнительно вводится фазовая четвертьволновая пластинка, устанавливаемая перед образцом на пути светового

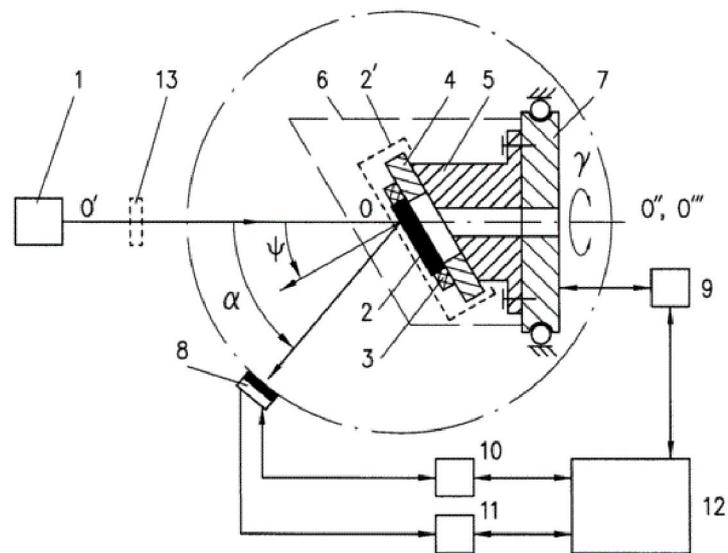
пучка. Фазовая пластинка осуществляет преобразование линейной поляризации излучения падающего пучка в круговую. Это преобразование необходимо осуществить для обеспечения корректности измерений индикатрисы рассеяния устройством, так как при вращении образца при сохранении угла падения излучения изменяется направление вектора поляризации падающего излучения лазера относительно плоскости падения излучения. Введение фазовой пластинки снимает эту проблему.

#### Формула изобретения

1. Устройство для измерения пространственной индикатрисы рассеяния излучения, содержащее источник коллимированного светового пучка, направленного на рассеивающую поверхность плоского образца материала, механизм, обеспечивающий вращение образца материала вокруг оси, совпадающей с осью светового пучка, фотоприемник, выполненный с возможностью перемещения по окружности, ограничивающей круг, плоскость которого проходит через ось вращения образца материала, регистрирующий блок, связанный с фотоприемником, отличающийся тем, что механизм, обеспечивающий вращение образца материала, выполнен в виде поворотной платформы, соединенной с узлом вращения поворотной платформы, поворотная платформа имеет осевое отверстие и выполнена с возможностью установки на ней съемных узлов крепления образца материала, каждый из которых изготовлен в виде втулки, также имеющей осевое отверстие, и установленного на торце втулки держателя образца материала, имеющего центральное отверстие, диаметр которого не менее диаметра осевого отверстия втулки, и выполненного с возможностью выставления любого участка поверхности образца материала на пути светового пучка, съемные узлы крепления образца материала отличаются между собой значением угла между нормалью к плоскости торца втулки и осью втулки, при этом ось втулки и ось вращения платформы совпадают с осью светового пучка, направленного на рассеивающую поверхность плоского образца материала, а диаметры осевых отверстий втулки и поворотной платформы превышают диаметр светового пучка, фотоприемник связан с узлом перемещения фотоприемника, который осуществляет перемещение фотоприемника по окружности, центр которой совпадает с центром пятна освещения образца материала, устройство также содержит блок управления, связанный с узлом перемещения фотоприемника и узлом вращения поворотной платформы, выполненный с возможностью управления этими узлами, регистрирующий блок включает блок обработки сигналов фотоприемника и связан с блоком управления, выполненным также с возможностью обработки данных, поступающих из блока обработки сигналов, и представления результатов измерений пространственной индикатрисы рассеяния излучения поверхностью образца материала.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что держатель образца материала выполнен в виде пластины, имеющей центральное отверстие, с установленной на ней оправкой для образца материала, в пластине выполнены линейные направляющие с возможностью перемещения пластины вдоль поверхности торца втулки, а крепление оправки к пластине выполнено с возможностью поворота оправки вокруг нормали к плоскости торца втулки.

3. Устройство по пп. 1, 2, отличающееся тем, что дополнительно содержит фазовую четвертьволновую пластинку, установленную на пути коллимированного светового пучка перед образцом, пропускающую излучение источника коллимированного светового пучка, в качестве которого используется источник с линейно поляризованным излучением.



Фиг.1

