



(51) МПК  
*G01N 21/21* (2006.01)  
*G01N 21/19* (2006.01)  
*G02B 5/30* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*G01N 21/21* (2018.08); *G01N 21/19* (2018.08); *G02B 5/30* (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017146526, 27.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.12.2017

Дата регистрации:  
19.03.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.12.2017

(45) Опубликовано: 19.03.2019 Бюл. № 8

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр.  
38, ФИЦ КНЦ СО РАН, отдел патентной и  
изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Заблуда Владимир Николаевич (RU),  
Сухачев Александр Леонидович (RU),  
Иванова Оксана Станиславовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный  
исследовательский центр "Красноярский  
научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2590344 C1, 10.07.2016. RU  
2006800 C1, 30.01.1994. WO 2016057464 A1,  
14.04.2016. US 4003663 A, 18.01.1977. SU  
553567 A1, 05.04.1977.

(54) Устройство для калибровки дихрографов кругового дихроизма

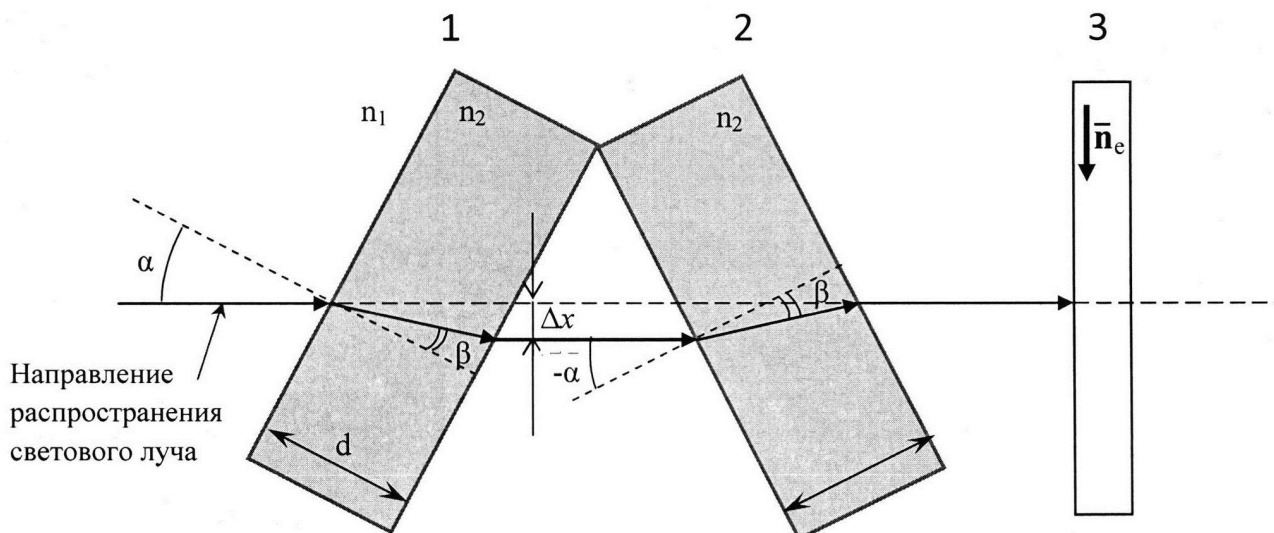
(57) Реферат:

Изобретение относится к оптическим устройствам, имитирующим вещество, обладающее круговым дихроизмом (КД), с возможностью регулирования величины задаваемого эффекта в широком диапазоне значений на выбранной длине волны, сохраняющее ход светового луча строго по оптической оси в процессе калибровки. Устройство для калибровки дихрографов кругового дихроизма содержит линейный поляризатор, фазовую пластину, обеспечивающую разность хода между

обыкновенным и необыкновенным лучами  $(2m+1) \cdot \lambda/4$ ). В качестве поляризатора используются две изотропные прозрачные пластины диэлектрика равных толщин с равными фиксированными углами наклона  $\alpha$  и  $-\alpha$  относительно оптической оси и с возможностью их согласованного вращения относительно этой оси. Технический результат - создание устройства для калибровки дихрографов кругового дихроизма, сохраняющего юстировку системы строго по оптической оси в процессе калибровки. 4 ил.

RU 2 682 605 C1

RU 2 682 605 C1



Фиг.3

RU 2682605 C1

RU 2682605 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01N 21/21* (2006.01)  
*G01N 21/19* (2006.01)  
*G02B 5/30* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G01N 21/21 (2018.08); G01N 21/19 (2018.08); G02B 5/30 (2018.08)*(21)(22) Application: **2017146526, 27.12.2017**(24) Effective date for property rights:  
**27.12.2017**Registration date:  
**19.03.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **27.12.2017**(45) Date of publication: **19.03.2019** Bull. № 8

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50, str.  
38, FITS KNTS SO RAN, otdel patentnoj i  
izobretatelskoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Zabluda Vladimir Nikolaevich (RU),  
Sukhachev Aleksandr Leonidovich (RU),  
Ivanova Oksana Stanislavovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj  
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj  
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii  
nauk" (RU)**(54) **CIRCULAR DICHROISM DICHROGRAPHS CALIBRATION DEVICE**

(57) Abstract:

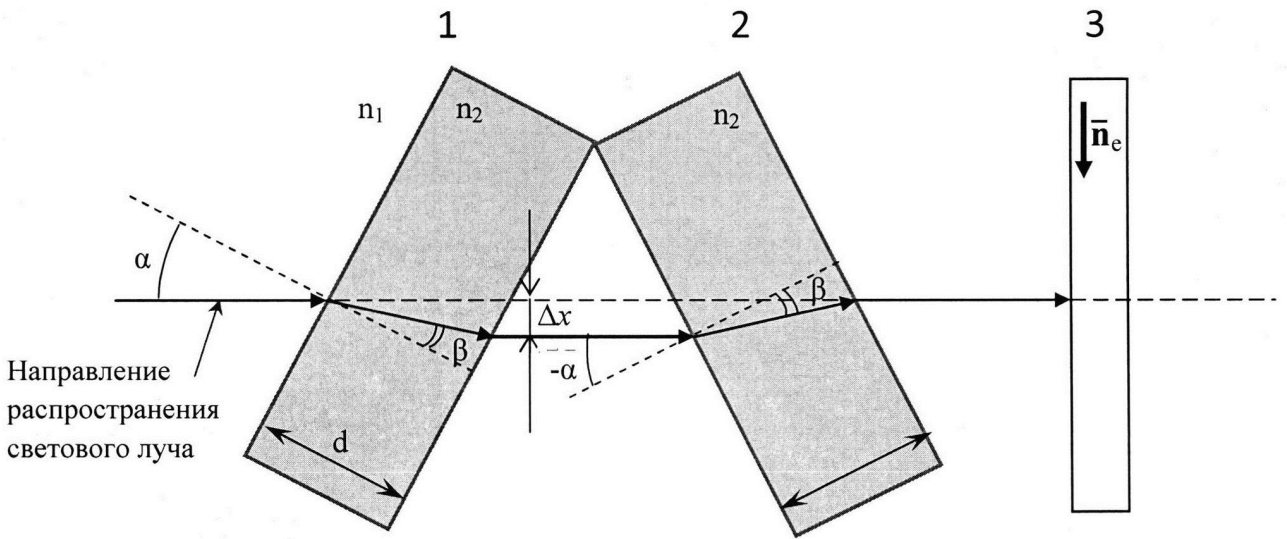
FIELD: optics.

SUBSTANCE: invention relates to the optical devices, simulating having circular dichroism (CD) substance, with possibility to control the specified effect value in a wide range of values at the selected wavelength, which preserves the light beam movement strictly along the optical axis during the calibration process. Circular dichroism dichrographs calibration device contains linear polarizer, phase plate, providing the path difference between ordinary and extraordinary

rays  $(2m+1) \cdot \lambda/4$ ). As the polarizer, two isotropic transparent dielectric plates of equal thickness with equal fixed angles of inclination are used  $\alpha$  and  $-\alpha$  relative to the optical axis and with possibility of their consistent rotation about this axis.

EFFECT: development of the circular dichroism dichrographs calibration device, which maintains the system alignment strictly along the optical axis during the calibration process.

1 cl, 4 dwg



Фиг.3

RU 2682605 C1

RU 2682605 C1

Изобретение относится к оптическим устройствам, имитирующим вещество, обладающее круговым дихроизмом (КД), служащее для калибровки дихрографов кругового дихроизма.

Круговой дихроизм - один из эффектов оптической анизотропии, проявляющийся в различии коэффициентов поглощения света, поляризованного по правому и левому кругу. Спектры КД, как правило, содержат узкие, хорошо разрешимые полосы, индивидуальные для каждого вещества, поэтому измерения КД используются достаточно широко в различных областях науки, особенно химии, медицине, биофизике. Метод КД является высокочувствительным методом исследования различных веществ и важным аспектом измерения является точность калибровки сигнала, поскольку величина эффекта обычно не превосходит нескольких долей процента от значения коэффициента поглощения в неполяризованном свете. Установление зависимости между показаниями приборов и абсолютными величинами эффектов, востребованная необходимость экспериментаторов, измеряющих КД.

В подавляющем большинстве случаев, калибровка дихрографов КД, производится с применением оптически активного вещества - эталона, величина КД которого известна на определенной длине волны. Например, в заявке [РФ №2013123106, МПК G01N 21/00, опубл. 27.11.2014 г.] предлагается использовать полимерный оптически активный материал, представляющий собой гель, в котором распределены и иммобилизованы частицы двухцепочечных молекул нуклеиновых кислот, обладающие характерным аномальным круговым дихроизмом с определенным по величине сигналом при облучении циркулярно-поляризованным излучением на дискретной длине волны в УФ диапазоне спектра и сохраняющий эту характеристику в течение нескольких месяцев после его изготовления.

Отметим, что использование эталонных веществ имеет ряд существенных недостатков. В первую очередь, это нестабильность заданной величины сигнала во времени и при воздействии различных факторов (температуры, давления, влажности и т.д.). Во-вторых, каждое эталонное вещество характеризуется ограниченным количеством пиков КД и не существует веществ с достаточным количеством пиков в широком спектральном интервале, что ведет к необходимости иметь набор эталонных веществ с характерными особенностями на разных длинах волн. Кроме того, величина эффекта эталонного вещества должна быть близка к величине эффекта измеряемого вещества, а это диапазон величин  $10^{-6}$ - $10^{-1}$ . Принимая во внимание и нестабильность растворов химических веществ, становятся ясными, сложности с которыми сталкиваются исследователи при калибровке дихрографов КД и поисках эталонных веществ.

В работе [Костюк, Г.К. Устройство для калибровки дихрографа в широкой области спектра / Г.К. Костюк, Е.К. Галанов, М.В. Лейкин // Оптико-механическая промышленность. - 1976. - №5. - С. 28-31.] описано оптическое устройство, задающее значение дихроизма в широком диапазоне длин волн и не требующее конкретного химического соединения. Устройство представляет собой комбинацию четвертьволновой пластинки и линейного поляризатора. Недостатком, устройства является почти 100% линейная поляризация пучка на выходе, так как при задании малых величин КД свет становится эллиптически поляризованным с большим отношением осей, что вносит искажения в результаты измерений, поскольку в общей схеме спектрометров по измерению КД находятся элементы, чувствительные к линейной поляризации. Это ограничивает возможности широкого практического использования данного устройства.

В патенте [РФ №2590344, МПК G01N 21/19, G01M 11/02, опубл. 10.07.2016.], описано устройство для калибровки дихрографов, имитирующее вещество, обладающее

круговым дихроизмом, с возможностью регулирования величины задаваемого эффекта в широком диапазоне значений на выбранной длине волны. Данное устройство содержит изотропную прозрачную пластину диэлектрика и фазовую пластину, толщиной  $d = ((2m+1)\lambda/4)/(n_o - n_e)$ , где  $n_o$ ,  $n_e$  - показатели преломления обыкновенной и необыкновенной

5 волны,  $m$  - порядок пластины,  $\lambda$  - длина волны. Изотропная прозрачная пластинка диэлектрика имеет возможность поворота относительно оси перпендикулярной направлению распространения света и составляющей угол  $45^\circ$  с главными направлениями фазовой пластины. Описываемое устройство позволяет имитировать вещество, обладающее КД в широком диапазоне значений величины без использования  
10 реальных оптически активных веществ, и с полным отсутствием линейной поляризации света на выходе из устройства. К недостаткам данного устройства можно отнести, во-первых, квадратичную зависимость полученного сигнала КД от угла поворота изотропной пластины, а во-вторых, смещение хода луча от оптической оси вследствие законов преломления при прохождении света через наклонную пластину диэлектрика,  
15 что крайне нежелательно в любой оптической схеме.

Описанные выше сложности использования эталонных веществ, и оптических устройств, изменяющих состояние или вызывающие смещение светового луча, делают необходимым создание устройств для калибровки дихрографов КД, задающих точно стабильную по времени необходимую величину сигнала КД, без обозначенных  
20 недостатков.

Наиболее близким по техническому решению к предлагаемому устройству является оптическое устройство для калибровки дихрографов кругового дихроизма, патент [РФ №2629660, МПК G01N 21/01, опубл. 30.08.2017.].

Устройство содержит фазовую пластину, обеспечивающую разность хода между  
25 обыкновенным и необыкновенным лучами, кратную  $\lambda/4$ , и изотропную прозрачную пластину диэлектрика с фиксированным углом наклона относительно направления распространения света и возможностью вращения относительно этого направления. Частичная линейная поляризация света, полученная прохождением света через изотропную пластину диэлектрика, преобразуется в частичную круговую поляризацию,  
30 при прохождении фазовой пластины, что тождественно прохождению света через оптически активное вещество с КД. Зависимость величины КД от угла вращения изотропной пластины диэлектрика в рабочей области значений имеет линейный характер. В данном устройстве при прохождении луча через изотропную прозрачную  
35 пластину диэлектрика с фиксированным углом наклона относительно направления распространения света, вследствие закона Снеллиуса

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (1)$$

где  $\alpha$  - угол падения,  $\beta$  - угол отражения,  $n_1$  и  $n_2$  - показатели преломления среды из которой падает луч на границу раздела и в которую попадает, соответственно,  
40 происходит отклонение луча ( $\Delta x$ ) от оптической оси (фиг. 1). Зная показатель преломления и толщину пластины диэлектрика, из простых геометрических соображений можно оценить отклонение луча по следующей формуле:

$$\Delta x = h \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}, \quad (2)$$

45 где  $h$  - ширина наклонной пластины, а угол  $\beta$  согласно формуле (1) будет равен

$\beta = \arcsin\left(\frac{n_1 \sin \alpha}{n_2}\right)$ . Так, в случае использования изотропной прозрачной пластины из плавленого кварца, для которой на длине волны  $\lambda = 550$  нм, показатель преломления

$n=1.46$ , при фиксированном угле наклона относительно оптической оси, равном углу Брюстера,  $\alpha=\alpha_B=55.6^\circ$ , и толщине  $h=1$  мм, рассчитанный угол  $\beta$  равен  $34.41^\circ$ , а отклонение составляет 0.44 мм. Таким образом, при вращении пластины, центр светового луча будет описывать окружность радиусом, равным отклонению, вокруг оптической оси, (фиг. 2). Описанное смещение луча от оптической оси крайне нежелательно в любой оптической схеме, особенно если размеры поперечного сечения луча сопоставимы с размерами рабочих элементов других устройств, располагающихся на оптической оси, например, щелью монохроматора.

Недостатком прототипа является отклонение светового луча от оптической оси в результате прохождения наклонной изотропной пластины диэлектрика, приводящее к смещению светового луча от оптической оси. Для устранения этого недостатка мы предлагаем новое устройство.

Техническим результатом изобретения является создание устройства для калибровки дихрографов кругового дихроизма, сохраняющее юстировку системы строго по оптической оси в процессе калибровки.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для калибровки дихрографов кругового дихроизма, содержащем линейный поляризатор, фазовую пластину, обеспечивающую разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами  $(2m+1)\cdot\lambda/4$ , новым является то, что в качестве поляризатора используются две изотропные прозрачные пластины диэлектрика равных толщин с равными фиксированными углами наклона  $\alpha$  и  $-\alpha$  относительно оптической оси и с возможностью их согласованного вращения относительно этой оси.

Отличия заявляемого устройства от прототипа заключаются в том, что в заявляемом изобретении в качестве линейного поляризатора используется сочетание двух изотропных прозрачных пластин диэлектрика равных толщин с равными фиксированными углами наклона  $\alpha$  и  $-\alpha$  относительно оптической оси и с возможностью их согласованного вращения относительно этой оси.

Перечисленные выше признаки позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна».

При изучении других известных технических решений в данной области техники, признаки, отличающие заявляемое изобретение от прототипа, не выявлены и потому они обеспечивают заявляемому техническому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

На фиг. 1 приведена схема прохождения светового луча в прототипе через изотропную пластину диэлектрика, расположенную под углом к направлению распространения света. На фиг. 2 приведен сдвиг поперечного профиля интенсивности световой волны (например, Гауссово распределение) относительно оптической оси. На фиг. 3 приведена схема устройства для задания кругового дихроизма, в котором сохраняется соосность светового луча и оптической оси в процессе калибровки дихрографа. На фиг. 4 представлена зависимость коэффициентов отражения s- и p-волн от угла падения для кварцевого стекла для  $\lambda=550$  нм.

Устройство (фиг. 3) содержит пару изотропных прозрачных пластин диэлектрика (1) и (2) равных толщин с равными фиксированными углами наклона относительно оптической оси и фазовую пластину (3), вырезанную из одноосного кристалла параллельно его оптической оси, для которой выполняется условие  $(n_o-n_e)d=(2m+1)\lambda/4$ , где  $m$ -любое целое число либо ноль,  $n_o$  и  $n_e$  показатели преломления лучей электрические колебания которых происходят вдоль оптической оси кристалла

(обыкновенный луч) и перпендикулярно к оси (необыкновенный луч),  $d$  - толщина пластины. Оптические оси лежат в плоскости фазовой пластины, перпендикулярно к направлению распространения света, с нулевым азимутом. Прохождение фазовой пластины вносит разность фаз для двух линейных поляризаций. Первая на пути луча изотропная прозрачная пластина диэлектрика расположена под фиксированным углом (угол  $\alpha$ ) относительно направления распространения света, вторая на пути луча изотропная прозрачная пластина диэлектрика, точно такой же толщины, как и первая, расположена под фиксированным углом (угол  $-\alpha$ ) относительно направления распространения света, и эта пара пластин, имеет возможность вращения относительно оптической оси (угол  $\phi$ ). Одинаковый фиксированный угол наклона, равная толщина изотропных пластин и одновременный их поворот обеспечивает сохранение хода светового луча строго по оптической оси на выходе из устройства, при этом обеспечивая определенную частичную линейную поляризацию проходящего луча. После наклонных пластин, уже частично линейно поляризованный свет попадает на фазовую пластину, и если угол поворота пластин  $\phi=0^\circ$ , то угол между плоскостью линейной поляризации света и главными направлениями фазовой пластины составляет  $0^\circ$  и  $90^\circ$ . Линейно поляризованная компонента света, в таком случае, пройдет через фазовую пластину без изменения и на выходе получится точно такой же частично линейно поляризованный свет. Если угол  $\phi$  будет отличен от нуля, то линейно поляризованная компонента света, попадающего на фазовую пластину, будет иметь проекцию на две оптические оси кристалла фазовой пластины, что обеспечит на выходе из нее дополнительную разность фаз линейных поляризаций и соответственно, эллиптичность рассматриваемой компоненты. Таким образом, частичная линейная поляризация света, полученная прохождением света через систему двух согласованных наклонных изотропных пластин диэлектрика, будет преобразована в частичную круговую поляризацию на выходе из устройства, что тождественно прохождению света через оптически активное вещество с КД, при этом в предлагаемой схеме будет отсутствовать смещение, выходящего луча относительно падающего.

Устройство работает следующим образом:

Естественный (неполяризованный) свет можно представить как сумму двух линейно поляризованных волн равной интенсивности, в которых колебания происходят, соответственно, параллельно (р-поляризация) и перпендикулярно плоскости падения (s-поляризация) света. Плоскость падения это плоскость содержащая пучок и нормаль к поверхности. При нормальном падении монохроматического света на диэлектрик свет остается неполяризованным. При наклонном падении света на изотропную прозрачную пластину диэлектрика, в отраженном луче уменьшается интенсивность р-волны, а в проходящем s-волны, что приводит к частичной линейной поляризации проходящей и отраженной волн.

Степень линейной поляризации АК проходящего луча зависит от угла падения света на изотропную пластину и ее показателя преломления, и определяется с помощью формул Френеля [Лансберг, Г.С. Оптика / Г.С. Лансберг. - Москва: Из-во Наука, 1976. -928 с.]

$$\Delta K = \frac{r_s - r_p}{2 - r_s - r_p} * 100 \quad (3)$$

$$r_s = \frac{\sin^2(\alpha - \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}{\sin^2(\alpha + \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}, \quad (4)$$



$$r_p = \frac{\operatorname{tg}^2(\alpha - \operatorname{arcsin} \frac{\sin \alpha}{n})}{\operatorname{tg}^2(\alpha + \operatorname{arcsin} \frac{\sin \alpha}{n})}, \quad (5)$$

где  $r_s$  - коэффициент отражения s-волны;  $r_p$  - коэффициент отражения p-волны;  $\alpha$  -  
 5 угол падения световой волны, в нашем случае это угол наклона изотропной стеклянной  
 пластины;  $n$  - показатель преломления;  $\Delta K$  - степень поляризации проходящего луча.  
 При угле падения Брюстера, так называемом угле полной поляризации:

$\alpha = \alpha_B = \operatorname{arctg} \frac{n_2}{n_1}$ , коэффициент  $r_p$  будет равен нулю и, соответственно, степень

10 поляризации преломленного и отраженного лучей будет максимальна (фиг. 4). Это  
 условие выполняется когда  $(\alpha + \beta) = \pi/2$ .

При прохождении светом первой наклонной изотропной прозрачной пластины  
 диэлектрика произойдет смещение луча относительно оптической оси, вследствие закона  
 15 Снеллиуса, рассчитать которое можно используя формулы (1) и (2).

Далее, попадая на вторую пластину одинаковой толщины с первой, располагающуюся  
 к оптической оси под углом  $(-\alpha)$ , опять же вследствие закона Снеллиуса, луч света  
 испытает преломление, и произойдет точно такое же смещение луча в обратную сторону,  
 в результате чего луч света вернется на оптическую ось (фиг. 3). Таким образом,  
 20 использование в качестве поляризатора пары изотропных прозрачных пластин  
 диэлектрика равных толщин с равными фиксированными углами наклона относительно  
 оптической оси, сохраняет ход светового луча строго по оптической оси в процессе  
 калибровки дихрографа. Поскольку свет, при прохождении такого поляризатора  
 пересечет четыре наклонные грани изотропных прозрачных пластин, то степень  
 25 линейной поляризации света прошедшего света следует рассчитывать по формуле

$$b = 1 - (1 - \Delta K)^4 \quad (6)$$

После прохождения света через согласованную пару прозрачных изотропных пластин  
 диэлектрика, частично линейно поляризованный свет попадает на фазовую пластину.  
 30 При угле  $0 < \phi < 90$  произойдет расщепление света на две компоненты, электрические  
 колебания которых происходят вдоль оптической оси кристалла (обыкновенный луч)  
 и перпендикулярно к оси (необыкновенный луч), и появится разность хода, определяемая  
 для четверть волновой пластины соотношением  $(n_o - n_e)d = (2m + 1)\lambda/4$ , где  $m$ -любое целое  
 число либо ноль,  $n_o$  и  $n_e$  показатели преломления обыкновенного и необыкновенного  
 35 лучей. При прохождении частично линейно поляризованного света через фазовую  
 пластину неполяризованная компонента луча не изменится, а линейно поляризованная  
 компонента преобразуется в эллиптическую. Меняя угол  $\phi$  от нуля до  $\phi = 45^\circ$  возможно  
 задавать величину эллиптичности (или КД) от нуля (при  $\phi = 0^\circ$ ) до некоторого максимума  
 (при  $\phi = 45^\circ$ ), определяемого показателем преломления и углом наклона пластины  
 40 диэлектрика (при угле  $\alpha = \alpha_B$  получается максимально возможное значение).

Таким образом, в результате прохождения света через устройство получается сигнал,  
 идентичный сигналу после прохождения света через оптически активное вещество с  
 КД, при этом согласованное расположение и вращение двух пластин изотропного  
 диэлектрика одинаковой толщины сохраняет ход светового луча строго по оптической  
 45 оси в процессе калибровки дихрографа.

Для подтверждения идентичности круговой поляризации света, создаваемой  
 предлагаемым устройством, и круговой поляризацией, возникающей в реальной  
 оптически активной среде, проведем описание поведения света с помощью матриц

Мюллера [Шерклифф, У. Поляризованный свет / У. Шерклифф. // - Москва: Изд-во Мир пер. с англ., 1965. - 264 с.].

Световому потоку любой поляризации в матричном представлении Мюллера можно сопоставить единственный столбец-вектор Стокса:

$$\begin{pmatrix} I \\ M \\ C \\ S \end{pmatrix}$$

четыре параметра, которого соответствует усредненной по времени интенсивности. Первый параметр  $I$  называется интенсивностью. Параметры  $M$ ,  $C$  и  $S$  называются, соответственно, параметрами преимущественной горизонтальной поляризации, преимущественной поляризации под углом  $45^\circ$  и преимущественной правоциркулярной поляризации. Отрицательная величина параметра соответствует преимущественной ортогональной форме поляризации.

Выражения, описывающие любое оптическое устройство (поляризатор, фазовую пластинку и т.д.), является матрицей Мюллера размерности  $4 \times 4$ . Конкретные матрицы характеризуют не только само устройство, но и его ориентацию (азимут). Для получения вектора Стокса, характеризующего световой поток, прошедший совокупность устройств, необходимо перемножить соответствующие матрицы по обычным правилам матричной алгебры с соблюдением следующих условий: вектор, представляющий падающий свет, записывается справа, а матрицы, соответствующие различным устройствам, располагаются последовательно справа налево.

Запишем матрицы Мюллера, описывающие прохождение естественного света через вещество с КД и прохождение света через предлагаемое устройство, состоящее из наклонной изотропной прозрачной пластины диэлектрика с произвольным азимутом и фазовой четверть волновой пластины с нулевым азимутом.

Случай 1. Естественный свет, проходит через вещество с КД

$$\begin{pmatrix} S \\ 0 \\ 0 \\ \Delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S & 0 & 0 & \Delta \\ 0 & U & 0 & 0 \\ 0 & 0 & U & 0 \\ \Delta & 0 & 0 & S \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

III                    II                    I

где  $S=K_+ + K_-$ ,  $\Delta=K_+ - K_-$ ,  $U=2\sqrt{K_+ - K_-}$ ,  $K_+$ ,  $K_-$  - коэффициенты пропускания+, и - круговых волн.

I - Вектор Стокса падающего неполяризованного света единичной интенсивности

II - Вещество с круговым дихроизмом (понятие азимута не имеет смысла)

III - Результат прохождения света через вещество с КД

Случай 2. Естественный свет проходит через наклонную изотропную пластинку с произвольным азимутом вращения (матрицы VI, V, IV) и далее через фазовую четверть волновую пластину с нулевым азимутом (матрица VII)

45

$$\begin{matrix}
 5 \\
 \begin{pmatrix} a \\ nb \\ 0 \\ mb \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n & -m & 0 \\ 0 & m & n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a & b & 0 & 0 \\ b & a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n & m & 0 \\ 0 & -m & n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\
 \text{VIII} \qquad \text{VII} \qquad \text{VI} \qquad \text{V} \qquad \text{IV} \qquad \text{I}
 \end{matrix}$$

10 где  $a=K_+ + K_-$ ,  $b=K_+ - K_-$ ,  $c=\sqrt{K_+ - K_-}$ ,  $K_+$ ,  $K_-$  - коэффициенты пропускания+, и - круговых волн,  $n=\cos 2\phi$ ,  $m=\sin 2\phi$ ,  $\phi$  - угол вращения однородных пластин диэлектрика.

IV - Матрица прямого поворота с произвольным азимутом

V - Наклонная изотропная пластина с азимутом  $0^\circ$  относительно горизонта (устройство с линейным дихроизмом)

VI - Матрица обратного поворота с произвольным азимутом

15 VII - Фазовая пластинка, создающую разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами в четверть длины волны (азимут= $0^\circ$ )

VIII - Результат прохождения света через описываемое устройство.

Ниже приведено последовательное перемножение матриц, описывающих предлагаемое устройство.

$$\begin{matrix}
 20 \\
 \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n & -m & 0 \\ 0 & m & n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}
 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix}
 25 \\
 \begin{pmatrix} a \\ b \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & 0 & 0 \\ b & a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}
 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix}
 30 \\
 \begin{pmatrix} a \\ nb \\ -mb \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n & m & 0 \\ 0 & -m & n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}
 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix}
 40 \\
 \begin{pmatrix} a \\ nb \\ 0 \\ mb \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a \\ nb \\ -mb \\ 0 \end{pmatrix}
 \end{matrix}$$

Сравнив результаты, полученные после прохождения света через вещество с КД и после прохождения света через предлагаемое устройство можно утверждать, что элементы, отвечающие за интенсивность и круговую поляризацию волны в обоих случаях идентичны. Сопоставление элементов матрицы, отвечающих за круговую поляризацию, показывает, что  $\Delta=mb$ , а так как  $m=\sin 2\phi$ , а  $b=K_+ - K_-$  то элемент  $\Delta$  зависит от синуса угла вращения пластины диэлектрика.

$$\Delta = b * \sin 2\phi \quad (7)$$

По определению круговой дихроизм это  $\varepsilon = \frac{\Delta}{S} = \frac{K_+ - K_-}{K_+ + K_-}$ , значит зависимость величины КД, получаемой прохождением света через предлагаемое устройство, будет описываться формулой синуса угла поворота изотропных пластин.

5 В качестве наклонной изотропной прозрачной пластины берем пластину из плавленного кварца, у которой для длины волны  $\lambda=550$  нм показатель преломления равен  $n=1.46$ . При угле наклона пластины, равном углу Брюстера (для плавленного кварца ( $\alpha_B=55.6^\circ$ ), коэффициент  $r_p$  будет равен нулю и, соответственно, степень линейной поляризации проходящего луча, рассчитанная по формуле (3) достигнет максимума и  
10 будет равна  $\approx 7\%$ , а после прохождения четырех граней двух изотропных пластин (формула (6))  $\approx 25\%$ . Использование двух пластин равных толщин с равным фиксированным углом наклона не только сохраняет соосность светового луча и оптической оси, но и позволяет увеличить диапазон задаваемых величин дихроизма. Так, при фиксированном угле наклона пластин плавленного кварца равном углу  
15 Брюстера, вращая согласованную пару пластин относительно оптической оси (изменяя угол  $\varphi$ ) можно задавать величину "псевдодихроизма" в пределах от 0 до 0.25.

Для длины волны  $\lambda=550$  нм минимальная толщина фазовой пластины, выполненной из кристаллического кварца будет равна 15.3 мкм (так как  $n_o=1.545$   $n_e=1.554$  и  $(n_o-n_e)d=((2m+1)\lambda/4)$ ). Рабочая область углов вращения  $\varphi$ , определяется из формулы (7). Реальные  
20 значения КД большинства веществ находятся в диапазоне  $\Delta \leq 10^{-3}$ . Учитывая, что значение угла наклона пластин зафиксировано на угле Брюстера, значение  $b=0.25$ . Соответственно,

$$0.25 * \sin 2\varphi \leq 0.001, \sin 2\varphi \leq \frac{0.001}{0.25}, \sin 2\varphi \leq 0.004, 2\varphi \leq \arcsin 0.004$$

25  $2\varphi \leq 0.2292$   
 $\varphi \leq 0.114$  рад. ( $6.57^\circ$ ).

Рабочая область углов вращения согласованной пары изотропных не превышает 0.114 рад ( $\sim 6.5^\circ$ ). Отличие от линейности в данном диапазоне углов не превышает 1%.

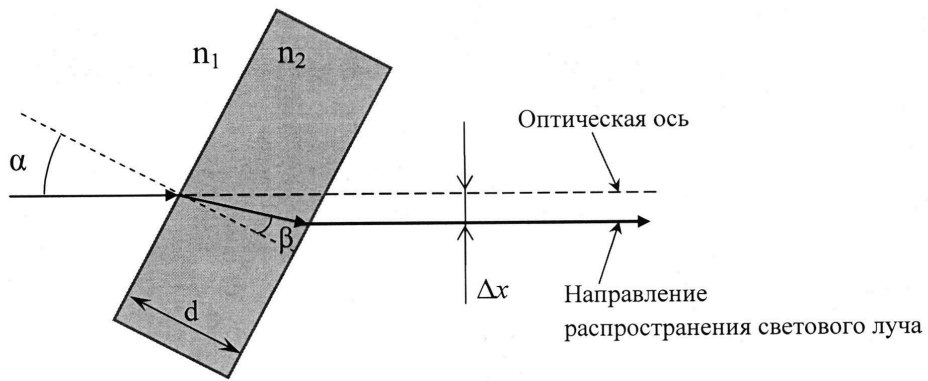
30 (57) Формула изобретения

Устройство для калибровки дихрографов кругового дихроизма, содержащее линейный поляризатор, фазовую пластину, обеспечивающую разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами  $(2m+1) \cdot \lambda/4$ , отличающееся тем, что в качестве поляризатора  
35 используются две изотропные прозрачные пластины диэлектрика равных толщин с равными фиксированными углами наклона  $\alpha$  и  $-\alpha$  относительно оптической оси и с возможностью их согласованного вращения относительно этой оси.

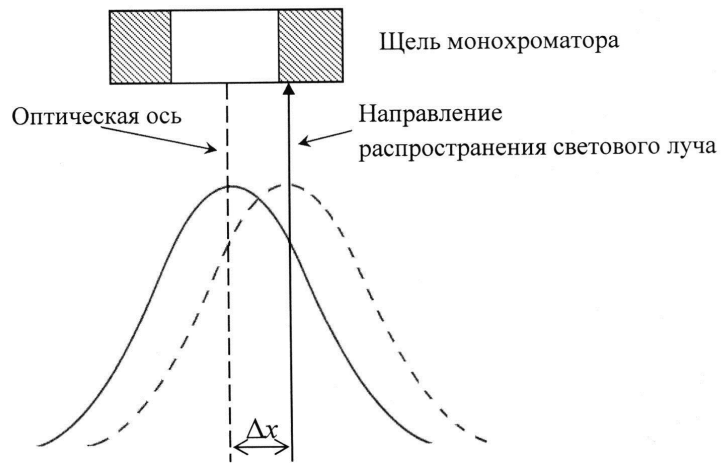
40

45

1

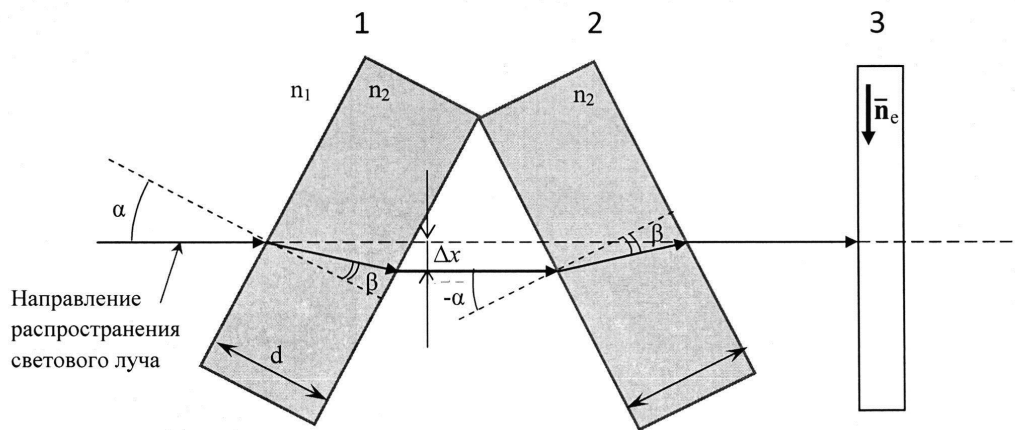


Фиг. 1.

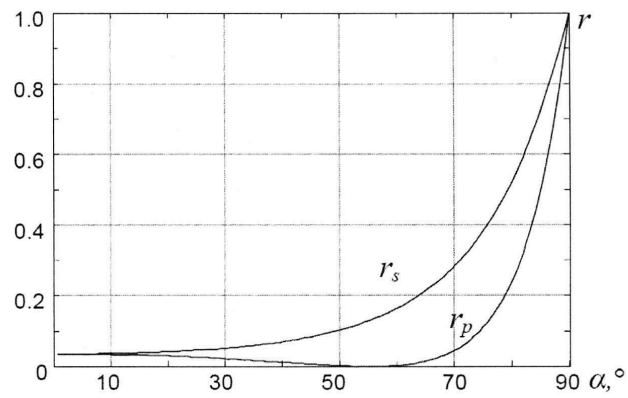


Фиг. 2.

2



Фиг.3



Фиг.4