



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016146700, 28.11.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.11.2016Дата регистрации:  
30.08.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.11.2016

(45) Опубликовано: 30.08.2017 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр.  
38, ИФ СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Заблуда Владимир Николаевич (RU),  
Иванова Оксана Станиславовна (RU),  
Эдельман Ирина Самсоновна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

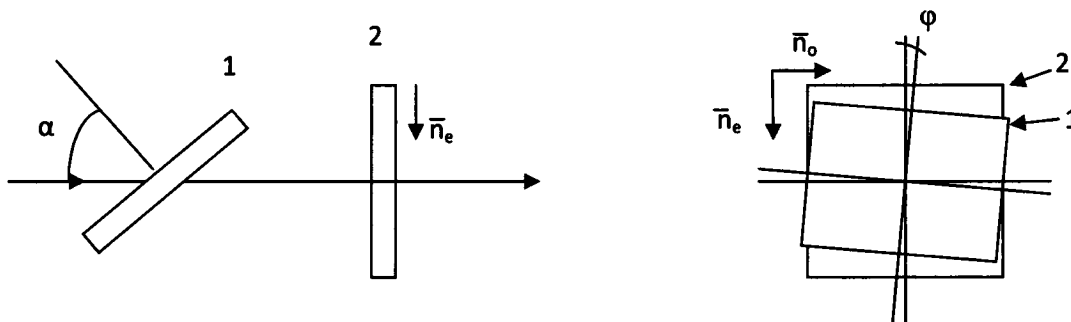
Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный  
исследовательский центр "Красноярский  
научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук" (ФИЦ КНЦ СО  
РАН) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2590344 C1, 10.07.2016. RU  
2135983 C1, 27.08.1999. RU 2569752 C2,  
27.11.2015. CN 106092906 A, 09.11.2016.  
Веллюз Л. В др., "Оптический круговой  
дихроизм: принципы, измерения,  
применение." Мир, 1967.

(54) Устройство для калибровки дихрографов кругового дихроизма

(57) Реферат:

Изобретение относится к оптическим устройствам, имитирующим вещество, обладающее круговым дихроизмом. Устройство для калибровки дихрографов кругового дихроизма, содержащее линейный поляризатор, представляющий собой изотропную прозрачную пластину диэлектрика с фиксированным углом наклона относительно направления распространения света и возможностью вращения относительно направления распространения

света, и фазовую пластину, обеспечивающую разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами  $(2m+1) \cdot \lambda/4$ . Техническим результатом изобретения является устройство, позволяющее имитировать вещество, обладающее круговым дихроизмом в широком диапазоне значений с линейной зависимостью величины сигнала кругового дихроизма в рабочей области значений. 4 ил.



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01N 21/01* (2006.01)  
*G01J 3/447* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2016146700, 28.11.2016

(24) Effective date for property rights:  
28.11.2016

Registration date:  
30.08.2017

Priority:

(22) Date of filing: 28.11.2016

(45) Date of publication: 30.08.2017 Bull. № 25

Mail address:

660036, g. Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50, str.  
38, IF SO RAN, patentnyj otdel

(72) Inventor(s):

Zabluda Vladimir Nikolaevich (RU),  
Ivanova Oksana Stanislavovna (RU),  
Edelman Irina Samsonovna (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj  
issledovatelskij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj  
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii  
nauk" (FITS KNTS SO RAN) (RU)

(54) **DEVICE FOR CALIBRATING CIRCULAR DICHROISM DIGROGRAPHS**

(57) Abstract:

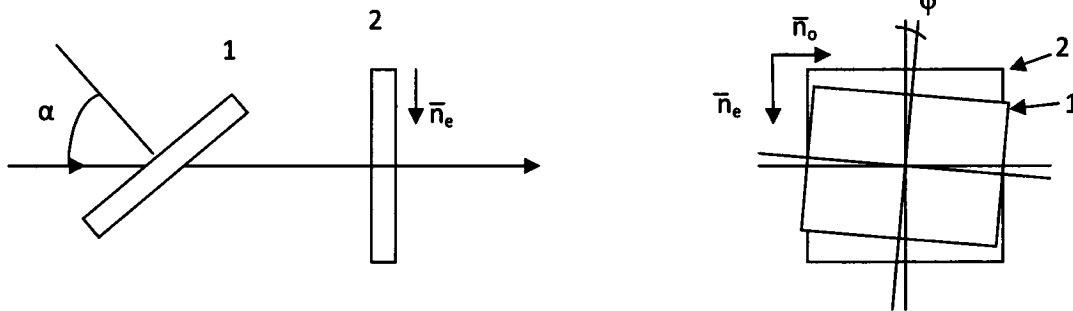
FIELD: physics.

SUBSTANCE: device for calibrating circular dichroism dichrograms, comprising a linear polarizer that is an isotropic transparent dielectric plate with a fixed angle of inclination relative to the direction of light propagation and the possibility of rotation relative to the direction of light propagation, and a phase plate

providing a path difference between ordinary and extraordinary rays  $(2m+1)\cdot\lambda/4$ .

EFFECT: device that simulates a substance with circular dichroism over a wide range of values with a linear dependence of the circular dichroism signal in the working range of the values.

4 dwg



Фиг. 2

RU 2 629 660 C1

RU 2 629 660 C1

Изобретение относится к оптическим устройствам, имитирующим вещество, обладающее круговым дихроизмом (КД), с линейной зависимостью величины выдаваемого КД в рабочей области значений, служащее для калибровки дихрографов кругового дихроизма.

5 Круговой дихроизм (циркулярный дихроизм) - один из эффектов оптической анизотропии, проявляющийся в различии коэффициентов поглощения света, поляризованного по правому и левому кругу. Спектры КД удобны для использования на практике, поскольку, как правило, содержат узкие, хорошо разрешимые полосы, индивидуальные для каждого вещества. В настоящее время метод измерения КД  
10 используется очень широко в различных областях науки, особенно химии, медицине, биофизике, так как является чувствительным методом исследования строения молекул. Важным аспектом измерения КД является точность калибровки величины сигнала, поскольку величина эффекта обычно не превосходит нескольких долей процента от значения коэффициента поглощения в неполяризованном свете. Установление  
15 зависимости между показаниями приборов и величинами эффектов, вызвавшими эти показания насущная необходимость экспериментаторов, измеряющих КД.

В настоящее время калибровка дихрографов кругового дихроизма, как правило, производится с применением оптически активного вещества - эталона, величина КД которого известна на определенной длине волны. Например, в заявке [РФ №2013123106,  
20 МПК G01N 21/00, опубли. 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 для них аномальным круговым дихроизмом с заданной по величине характеристикой сигнала при облучении циркулярно-поляризованным излучением на  
25 дискретной длине волны в УФ-диапазоне спектра и сохраняющие эту характеристику при хранении в течение нескольких месяцев после его изготовления.

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  
30 эталонное вещество характеризуется ограниченным количеством пиков КД и не существует веществ с достаточным количеством пиков в широком спектральном интервале, что ведет к необходимости иметь в наличии набор эталонных веществ с характерными особенностями на разных длинах волн. Кроме того, необходимо, чтобы величина эффекта эталонного вещества была близка к величине эффекта измеряемого  
35 вещества, как правило, это диапазон величин  $10^{-6}$ - $10^{-1}$ . Принимая во внимание и нестабильность растворов химических веществ, становятся ясными сложности, с которыми сталкиваются исследователи и практические работники при калибровке приборов 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  
40 промышленность. - 1976. - №5. - С. 28-31] описано устройство, задающее любое значение дихроизма в широком диапазоне длин волн и не требующее конкретного химического соединения. Устройство представляет собой комбинацию четвертьволновой пластинки и линейного поляризатора. Существенным недостатком упомянутого устройства  
45 является почти 100% линейная поляризация пучка на выходе из устройства (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, что ограничивает возможности практического применения данного устройства.

Описанные выше сложности использования эталонных веществ делают необходимым создание новых типов оптических устройств, предназначенных для калибровки дихрографов КД и установления необходимого соответствия эффект - сигнал, в которых возможно задавать точно стабильную по времени необходимую величину КД в любой части спектра без использования реальных оптически активных веществ.

Наиболее близким по техническому решению к предлагаемому устройству является оптическое устройство для калибровки дихрографов кругового дихроизма по патенту [РФ №2590344, МПК G01N 21/19, G01M 11/02, опубл. 10.07.2016], имитирующее вещество, обладающее круговым дихроизмом, с возможностью регулирования величины задаваемого эффекта в широком диапазоне значений на выбранной длине волны. Данное устройство содержит линейный поляризатор и фазовую пластину, толщиной  $d = ((2m+1)\lambda/4)/(n_o - n_e)$  ( $n_o, n_e$  - показатели преломления обыкновенной и необыкновенной волны,  $m$  - порядок пластины,  $\lambda$  - длина волны), при этом изотропная прозрачная пластина 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 реальных оптически активных веществ, и с полным отсутствием линейной поляризации света на выходе из устройства. Величина получаемого сигнала КД на выходе из устройства описывается формулой

$$\varepsilon = \left( 1 - \frac{\frac{\sin^2(\alpha - \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}{\sin^2(\alpha + \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})} - \frac{\operatorname{tg}^2(\alpha - \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}{\operatorname{tg}^2(\alpha + \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}}{2 - \frac{\sin^2(\alpha - \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}{\sin^2(\alpha + \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})} - \frac{\operatorname{tg}^2(\alpha - \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}{\operatorname{tg}^2(\alpha + \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}} \right)^2 \quad (1)$$

где  $\alpha$  - угол падения световой волны, изменяемый вращением однородной пластины диэлектрика;  $n$  - показатель преломления. График зависимости рабочей области величин КД от угла наклона изотропной стеклянной пластины  $\alpha$  из плавленного кварца, показатель преломления равен  $n=1.46$ , на длине волны  $\lambda=550$  нм приведен на фиг. 1.

Недостатком прототипа является квадратичная зависимость получаемого сигнала КД от угла поворота изотропной пластины, что не всегда удобно с практической точки зрения (делает процесс калибровки затратным по времени и труду, требует построения градуировочных графиков и не линейных шкал с большим количеством точек). С целью устранения этого недостатка предлагается новое устройство.

Техническим результатом изобретения является создание устройства, позволяющего имитировать вещество, обладающее КД в широком диапазоне значений с линейной зависимостью величины сигнала КД в рабочей области значений.

Технический результат достигается тем, что в устройстве для калибровки дихрографов кругового дихроизма, содержащее линейный поляризатор, фазовую пластину, обеспечивающую разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами  $(2m+1)\lambda/4$ , новым является то, что в качестве поляризатора используется изотропная прозрачная пластина диэлектрика с фиксированным углом наклона относительно направления распространения света и возможностью вращения относительно направления распространения света.

Отличия заявляемого устройства от прототипа заключаются в том, что в заявляемом изобретении используется сочетание фазовой пластины, обеспечивающей разность

хода, равную  $((2m+1)\lambda/4)$ , и в качестве линейного поляризатора изотропной прозрачной пластины диэлектрика с фиксированным углом наклона относительно направления распространения света с возможностью вращения в этой наклонной плоскости.

5 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».

10 На фиг. 1 приведена рабочая область углов наклона изотропной стеклянной пластины и величин КД прототипа. На фиг. 2 приведена схема устройства для задания кругового дихроизма, имеющего линейную зависимость величины КД от угла вращения изотропной пластины диэлектрика. На фиг. 3 представлен ход лучей при наклонном падении света из воздуха на изотропную прозрачную пластину диэлектрика. На фиг. 4 представлены  
15 изменения поляризации световой волны при прохождении четверть волновой пластиной линейно поляризованного света под произвольным углом и под углом  $45^\circ$  к главным осям пластины.

Устройство (фиг. 2) содержит наклонную изотропную прозрачную пластину диэлектрика (1) и фазовую пластину (2), вырезанную из одноосного кристалла  
20 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  
25 пластины. Оптические оси лежат в плоскости пластины. Прохождение фазовой пластины вносит разность фаз для двух линейных поляризаций. Фазовая пластина (2) расположена перпендикулярно к направлению распространения света, с нулевым азимутом. Изотропная прозрачная пластина диэлектрика расположена под фиксированным углом (угол  $\alpha$ ) относительно направления распространения света и имеет возможность  
30 вращения в этой наклонной плоскости (угол  $\phi$ ). Фиксированный угол наклона  $\alpha$  изотропной пластины обеспечивает определенную частичную линейную поляризацию проходящего через нее луча. После прохождения светом изотропной прозрачной пластины частично линейно поляризованный свет попадает на фазовую пластину, при этом если угол поворота изотропной пластины  $\phi = 0^\circ$ , то угол между плоскостью  
35 линейной поляризации света и главными направлениями фазовой пластины составляет  $0^\circ$  и  $90^\circ$ . Соответственно, линейно поляризованная компонента света пройдет через фазовую пластину без изменения и на выходе из фазовой пластины получится точно такой же частично линейно поляризованный свет. Если же угол  $\phi$  будет отличен от  
40 нуля, то линейно поляризованная компонента света, попадающего на фазовую пластину, будет иметь проекцию на две оптические оси кристалла фазовой пластины (обыкновенный и необыкновенный луч), 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 изотропную пластину диэлектрика, будет  
45 преобразована в частичную круговую поляризацию на выходе из устройства. Полученный таким образом сигнал тождественен прохождению света через оптически активное вещество с КД.

Устройство работает следующим образом.

В естественном (неполяризованном) свете все направления колебаний электрического

поля равновероятны, и его можно представить как сумму двух линейно поляризованных волн равной интенсивности, в которых колебания происходят, соответственно, параллельно (p-поляризация) и перпендикулярно плоскости падения (s-поляризация) света. Плоскость падения - это плоскость, содержащая пучок и нормаль к поверхности.

5 При нормальном падении монохроматического света на пластину стекла или другого диэлектрика свет остается неполяризованным. При наклонном падении света на изотропную прозрачную пластину диэлектрика (фиг. 3) происходит изменение поляризации отраженного и преломленного лучей: в отраженном луче уменьшается интенсивность p-волны (преимущественные колебания перпендикулярны плоскости

10 падения), а в проходящем s-волны (преимущественные колебания параллельны плоскости падения), что приводит к частичной линейной поляризации проходящей и отраженной волн.

Степень линейной поляризации  $\Delta K$  проходящего луча зависит от угла падения света на изотропную пластину и ее показателя преломления, и определяется с помощью

15 формул Френеля [Лансберг Г.С. Оптика / Г.С. Лансберг. - Москва: Из-во Наука, 1976. - 928 с.]

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

20

$$r_s = \frac{\sin^2(\alpha - \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}{\sin^2(\alpha + \arcsin \frac{\sin \alpha}{n})}, \quad (3)$$

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

25 где  $r_s$  - коэффициент отражения s-волны;  $r_p$  - коэффициент отражения p-волны;  $\alpha$  - угол падения световой волны, в данном случае - это угол наклона изотропной стеклянной пластины;  $n$  - показатель преломления;  $\Delta K$  - степень поляризации проходящего луча.

При угле падения Брюстера, или так называемом угле полной поляризации:

30  $\alpha = \alpha_B = \arctg \frac{n_2}{n_1}$ , коэффициент  $r_p$  будет равен нулю и, соответственно, степень поляризации преломленного и отраженного лучей будет максимальна. Это условие выполняется при  $(\alpha + \beta) = \pi/2$ .

Поскольку свет, проходя через наклонную изотропную прозрачную пластину,

35 пересекает две грани, то степень линейной поляризации света, прошедшего через нее, следует рассчитывать по формуле

$$b = 1 - (1 - \Delta K)^2 \quad (5)$$

После прохождения света через наклонную изотропную прозрачную пластину

40 частично линейно поляризованный свет попадает на фазовую пластину. Если на фазовую четверть волновую пластинку падает линейно поляризованный вдоль оси  $y$  свет ( $\phi = 0^\circ$ ), то на выходе из пластинки он также останется линейно поляризованным вдоль оси  $y$ . Аналогично для света линейно поляризованного вдоль оси  $x$  (при  $\phi = 90^\circ$ ). При угле  $\phi \neq 0$  фазовая пластина расщепляет поляризованный пучок света на две компоненты,

45 электрические колебания которых происходят вдоль оптической оси кристалла (обыкновенный луч) и перпендикулярно к оси (необыкновенный луч), и создает разность хода между этими лучами, определяемую для четверть волновой пластины формулой  $(n_o - n_e)d = (2m + 1)\lambda/4$ , где  $m$  - любое целое число либо ноль,  $n_o$  и  $n_e$  - показатели преломления

обыкновенного и необыкновенного лучей.

При прохождении частично линейно поляризованного луча через такую фазовую пластину неполяризованная компонента луча не изменяется, а линейно поляризованная компонента преобразуется в эллиптическую. Причем, изменяя угол  $\phi$  от нуля до  $\phi=45^\circ$ ,  
5  
имеется возможность задавать величину эллиптичности (или КД) от нуля (при  $\phi=0^\circ$ ) до некоторого максимума (при  $\phi=45^\circ$ ), который зависит от показателя преломления и угла наклона пластины диэлектрика (при  $\alpha=\alpha_B$  будет максимум). На фиг. 4 представлены изменения поляризации световой волны при прохождении четверть волновой пластиной  
10  
линейно поляризованного света под произвольным углом и под углом  $45^\circ$  к главным осям пластины.

В результате получится сигнал, тождественный сигналу после прохождения света через оптически активное вещество с КД, при этом зависимость величины КД от угла вращения изотропной пластины диэлектрика в рабочей области значений будет иметь  
15  
линейный характер. Изменение угла вращения изотропной пластины при ее фиксированном наклоне позволяет на выходе из устройства задавать величину КД в широком диапазоне значений на выбранной длине волны, а линейная зависимость величины КД значительно упрощает процесс калибровки.

После прохождения световой волны через предлагаемое устройство определяется значение сигнала, соответствующее заданной величине КД, и калибровка дихрографов  
20  
КД осуществляется путем выявления соответствия «сигнал  $\rightarrow$  величина эффекта». Линейная зависимость выдаваемого сигнала позволяет установленный таким образом коэффициент связи просто вводить как калибровочную постоянную.

Для подтверждения идентичности круговой поляризации света, создаваемой предлагаемым устройством, и круговой поляризацией, возникающей в реальной  
25  
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:

$$30 \quad \begin{pmatrix} I \\ M \\ C \\ S \end{pmatrix},$$

35  
четыре параметра которого соответствуют 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  
40  
поляризации. Отрицательная величина параметра соответствует преимущественной ортогональной форме поляризации.

Выражения, описывающие любое оптическое устройство (поляризатор, фазовую пластинку и т.д.), является матрицей Мюллера размерностью  $4 \times 4$ . Конкретные матрицы характеризуют не только само устройство, но и его ориентацию (азимут). Для получения  
45  
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 четвертью 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

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

VIII                      VII                      VI                      V                      IV                      I

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 однородной пластины 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

VII - Фазовая пластинка, создающая 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.

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



$$5 \quad \begin{pmatrix} a \\ b \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & 0 & 0 \\ b & a & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$10 \quad \begin{pmatrix} a \\ nb \\ -mb \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n & m & 0 \\ 0 & -m & n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a \\ b \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$15 \quad \begin{pmatrix} a \\ nb \\ 0 \\ mb \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a \\ nb \\ -mb \\ 0 \end{pmatrix}$$

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  $m = \sin 2\varphi$ , а  $b = K_+ - K_-$ , то элемент  $\Delta$  зависит от синуса угла вращения пластины диэлектрика.

$$\Delta = b * \sin 2\varphi \quad (6)$$

25 А так как по определению круговой дихроизм - это  $\epsilon = \frac{\Delta}{S} = \frac{K_+ - K_-}{K_+ + K_-}$ , то и зависимость величины КД, выдаваемой предлагаемым устройством, будет описываться формулой синуса. Как известно, при малых углах  $\sin \alpha \approx \alpha$ . Соответственно, вблизи малых значений углов поворота, а это и есть рабочая область получаемых значений КД, получаем  
30 линейную зависимость значений КД от угла поворота изотропной пластины диэлектрика.

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 нормальном падении на пластину светового луча степень поляризации проходящего света равна нулю, а при увеличении угла наклона будет расти и при угле наклона, равном углу Брюстера (для плавленного кварца  $\alpha_B = 55.6^\circ$ ), степень линейной поляризации проходящего луча, рассчитанная по формуле (2), достигнет максимума и будет равна  $\approx 7\%$ , а после прохождения двух граней пластины (формула (5))  $\approx 13\%$ . Зафиксируем угол наклона изотропной пластины диэлектрика на углу Брюстера  $\alpha =$   
40  $55.6^\circ$ .

Тогда после прохождения волной фазовой пластины, меняя угол вращения пластины ( $\varphi$ ), имеем возможность задавать величину "псевдодихроизма" в пределах от 0 до 0.13.

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  $(n_o - n_e)d =$   
45  $((2m+1)\lambda/4)$ ).

Определим рабочую область углов вращения  $\varphi$ , при которых сигнал на выходе будет иметь линейную зависимость, воспользовавшись формулой (6). Реальные рабочие

значения КД большинства веществ находятся в диапазоне  $\Delta \leq 10^{-3}$ . Учитывая, что значение угла зафиксировано на углу Брюстера, значение будет  $b=0.13$ . Соответственно

$$0.13 \cdot \sin 2\varphi \leq 10^{-3}$$

$$\sin 2\varphi \leq \frac{10^{-3}}{0.13}$$

$$\sin 2\varphi \leq 0.0077$$

$$2\varphi \leq \arcsin 0.0077$$

$$2\varphi \leq 0.007708$$

$$\varphi \leq 0.0038538 \text{ рад. (0.22}^\circ\text{)}.$$

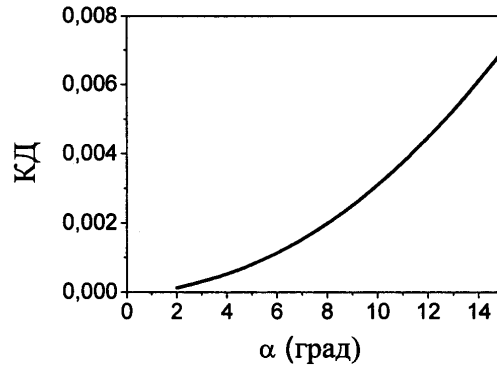
В таком диапазоне углов, значение синуса равно самому углу  $\sin \alpha \approx \alpha$ , ( $\sin 0.0038538 = 0.00385581$ ), что и означает линейную зависимость величины КД, удобную для проведения калибровки.

#### (57) Формула изобретения

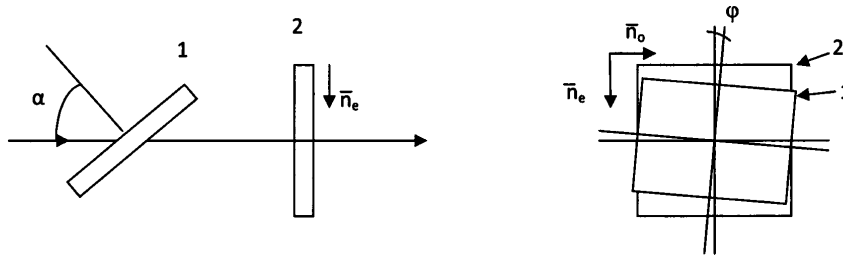
Устройство для калибровки дихрографов кругового дихроизма, содержащее линейный поляризатор, фазовую пластину, обеспечивающую разность хода между обыкновенным и необыкновенным лучами  $(2m+1) \cdot \lambda/4$ , отличающееся тем, что в качестве поляризатора используется изотропная прозрачная пластина диэлектрика с фиксированным углом наклона относительно направления распространения света и возможностью вращения относительно направления распространения света.

1/2

Устройство для калибровки дихрографов  
 кругового дихроизма



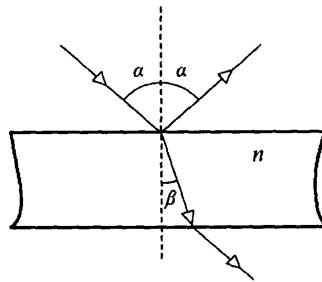
Фиг. 1.



Фиг. 2.

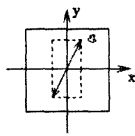
1/2

Устройство для калибровки дихрографов  
 кругового дихроизма

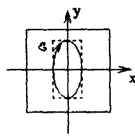


Фиг.3

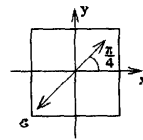
Если на входе пластинки  $\frac{\lambda}{4}$



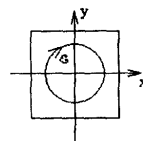
то на выходе



Если на входе пластинки  $\frac{\lambda}{4}$



то на выходе



Фиг. 4.