

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9998

(13) U

(46) 2014.02.28

(51) МПК

G 01N 21/41 (2006.01)

(54)

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕРМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ

(21) Номер заявки: u 20130741

(22) 2013.09.17

(71) Заявитель: Белорусский националь-  
ный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Лойко Павел Александрович;  
Юмашев Константин Владимирович;  
Маляревич Александр Михайлович  
(ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский на-  
циональный технический университет  
(ВУ)

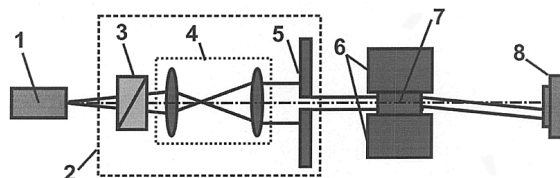
(57)

Измеритель термического коэффициента оптического пути, содержащий последовательно расположенные и оптически связанные источник лазерного излучения, блок формирования пучка зондирующего лазерного излучения; электронное устройство, обеспечивающее в образце оптического материала прямоугольной формы линейный градиент температуры, и устройство для измерения линейного отклонения лазерного пучка, вызванного градиентом температуры, **отличающийся** тем, что источник лазерного излучения содержит излучатели с различными длинами волн генерации, блок формирования пучка зондирующего лазерного излучения включает поляризационную призму Глана-Тэйлора, двухлинзовый объектив и круглую диафрагму, устройство для измерения линейного отклонения лазерного пучка выполнено в виде работающей на линии с персональным компьютером ПЗС-матрицы.

(56)

1. Biswal S., O'Connor S.P., Bowman S.R. Thermo-optical parameters measured in ytterbium-doped potassium gadolinium tungstate // Applied Optics. - 2005. - Vol. 44. - P. 3093-3097.

2. Vatnik S., Pujol M.C., Car-vajal J.J., Mateos X., Aguilo M., Diaz F., Petrov V. Thermo-optic coefficients of monoclinic KLu(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> // Applied Physics B. - 2009. - Vol. 95. - P. 653-656.



Полезная модель относится к области оптической техники, в частности к устройствам для исследования и анализа материалов при помощи оптических методов, и может быть использована при разработке приборов для измерения термического коэффициента оптического пути.

ВУ 9998 U 2014.02.28

Информация о термическом коэффициенте оптического пути  $W = dn/dT + (n-1)\alpha$  (где  $n$  - показатель преломления,  $dn/dT$  - его температурный коэффициент,  $\alpha$  - коэффициент линейного термического расширения материала) является ключевой при разработке твердотельных лазерных систем. Это связано с тем, что термический коэффициент оптического пути определяет знак и абсолютную величину термической линзы активного элемента твердотельного лазера. Действие термической линзы на выходные характеристики лазера может проявляться в падении мощности лазерной генерации и искажении пучка выходного излучения. Поэтому разработка резонатора твердотельного лазера должна проводиться с учетом термической линзы активного элемента.

Известен измеритель термического коэффициента оптического пути [1], содержащий оптически связанные источник линейно поляризованного лазерного излучения с длиной волны генерации 633 нм, интерферометр Майкельсона, в одном из оптических плеч которого находится массивная печь, в которой располагается исследуемый образец, и устройств для регистрации интерференционной картины. Работа данного измерителя основана на измерении сдвига интерференционных полос, вызванного изменением длины оптического пути одного из двух интерферирующих лазерных лучей, проходящего через равномерно нагретый образец оптического материала.

Недостатками данного измерителя являются высокая чувствительность к внешним воздействиям (вибрациям, колебаниям температуры, воздушным потокам) и невозможность исследования дисперсии термического коэффициента оптического пути (так как измерения проводятся только на одной длине волны излучения).

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является измеритель термического коэффициента оптического пути [2], содержащий последовательно расположенные и оптически связанные источник лазерного излучения в виде He-Ne лазера, блок формирования пучка зондирующего лазерного излучения, включающего пластинку  $\lambda/2$ , электронное устройства, обеспечивающее в образце оптического материала прямоугольной формы линейный градиент температуры, и устройство для измерения линейного отклонения лазерного пучка, вызванного градиентом температуры, выполненное в виде экрана. Работа данного измерителя основана на методе отклонения лазерного пучка в среде с линейным градиентом температуры.

Недостатками прототипа являются относительно низкая точность определения термического коэффициента оптического пути  $\sim 0,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , несовершенство блока формирования пучка зондирующего лазерного излучения, не позволяющая использовать в качестве источника лазерного излучения лазерные диоды, а также невозможность исследования дисперсии термического коэффициента оптического пути (так как измерения проводятся только на одной длине волны излучения).

Задача, на которую направлено предлагаемое устройство, заключается в повышении точности и расширении спектрального диапазона, в котором проводятся измерения термического коэффициента оптического пути материала, что позволит исследовать дисперсию данной величины.

Поставленная задача решается тем, что в измерителе термического коэффициента оптического пути, содержащем последовательно расположенные и оптически связанные источник лазерного излучения, блок формирования пучка зондирующего лазерного излучения; электронное устройство, обеспечивающее в образце оптического материала прямоугольной формы линейный градиент температуры, и устройство для измерения линейного отклонения лазерного пучка, вызванного градиентом температуры, источник лазерного излучения содержит излучатели с различными длинами волн генерации, блок формирования пучка зондирующего лазерного излучения включает поляризационную призму Глана-Тэйлора, двухлинзовый объектив и круглую диафрагму, устройство для измерения линейного отклонения лазерного пучка выполнено в виде работающей на линии с персональным компьютером ПЗС-матрицы.

Источник лазерного излучения содержит излучатели с длинами волн генерации 355, 405, 532, 633, 652, 810, 980 и 1064 нм. Излучатели обеспечивают лазерную генерацию на основной поперечной моде. Излучатели закреплены в алюминиевых радиаторах, обеспечивающих их пассивное охлаждение. Для улучшения теплового контакта между излучателями и радиатором используется теплопроводящая паста. Для проведения измерений на различных длинах волн излучения используется устройство механического переключения излучателей.

Блок формирования пучка зондирующего лазерного излучения включает поляризационную призму Глана-Тэйлора, двухлинзовый объектив и круглую диафрагму. Поляризационная призма жестко закреплена в держателе прямоугольных оптических элементов таким образом, что ее грани ориентированы перпендикулярно к направлению распространения лазерного пучка. Объектив содержит две сферические фокусирующие линзы, закрепленные в юстировочных столиках для круглых оптических элементов, и обеспечивает коллимацию лазерного излучения. Круглая, жестко закрепленная диафрагма, обеспечивающая формирование лазерного пучка с плоским волновым фронтом, имеет диаметр отверстия 1-2 мм.

Электронное устройство, обеспечивающее в образце оптического материала прямоугольной формы линейный градиент температуры в направлении, перпендикулярном к направлению распространения лазерного излучения, содержит два блока стабилизации температуры, которые находятся в тепловом контакте с противоположными поверхностями образца оптического материала. Для улучшения теплового контакта используется теплопроводящая паста. Точность стабилизации температуры более нагретой и более холодной грани образца составляет не хуже  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Устройство для измерения линейного отклонения лазерного пучка, вызванного градиентом температуры в образце оптического материала, включает работающую на линии с персональным компьютером ПЗС-матрицу с диапазоном спектральной чувствительности 300...1100 нм, линейными размерами чувствительной области не менее  $5 \times 10$  мм и линейными размерами пикселя не менее 10 мкм. ПЗС-матрица располагается на расстоянии не менее 5 м от выходного торца образца оптического материала. Этим достигается увеличение точности измерения термического коэффициента оптического пути, по крайней мере, до  $0,1 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ .

Таким образом, предложенная полезная модель позволяет решить задачу создания измерителя термического коэффициента оптического пути в широком спектральном диапазоне с более высокой точностью, при этом источник лазерного излучения содержит излучатели с различными длинами волн генерации, блок формирования пучка зондирующего лазерного излучения включает поляризационную призму Глана-Тэйлора, двухлинзовый объектив и круглую диафрагму, устройство для измерения линейного отклонения лазерного пучка выполнено в виде работающей на линии с персональным компьютером ПЗС-матрицы.

Сущность предложенной полезной модели поясняется фигурой, на которой изображена схема измерителя.

Измеритель дисперсии термического коэффициента оптического пути содержит последовательно расположенные и оптически связанные источник 1 лазерного излучения, включающий в себя восемь излучателей с различными длинами волн генерации, блок 2 формирования пучка зондирующего лазерного излучения (включающий последовательно расположенные поляризационную призму 3 Глана-Тэйлора, двухлинзовый объектив 4 и круглую диафрагму 5), электронное устройство 6, обеспечивающее в образце оптического материала 7 прямоугольной формы линейный градиент температуры, и устройство 8 для измерения линейного отклонения лазерного пучка, вызванного градиентом температуры, в виде работающей на линии с персональным компьютером ПЗС-матрицы.

Измеритель работает следующим образом. Источник 1 лазерного излучения при подаче электропитания генерирует непрерывное излучение с длиной волны 355, 405, 532, 633, 652, 810, 980 или 1064 нм в зависимости от выбранного излучателя, которое распространяется через призму 3 Глана-Тэйлора, двухлинзовый объектив 4, круглую диафрагму 5 и образец оптического материала 7 и регистрируется при помощи устройства 8. Электронное устройство 6 при подаче электропитания формирует в образце оптического материала 7 линейный градиент температуры, приводящий к линейному отклонению лазерного пучка, которое регистрируется при помощи устройства 8. На основе данного отклонения определяется величина и знак термического коэффициента оптического пути  $W$  оптического материала (на данной длине волны излучения):

$$W = \frac{dn}{dT} + (n-1)\alpha = \frac{\Delta x}{L \cdot L_{\text{экр}}} \cdot \frac{H}{\Delta T}. \quad (1)$$

В выражении (1)  $\Delta x$  есть линейное отклонение лазерного пучка,  $L$  - длина образца оптического материала в направлении распространения лазерного излучения,  $H$  - ширина образца оптического материала в направлении линейного градиента температуры,  $L_{\text{экр}}$  - расстояние от выходного торца образца оптического материала до ПЗС-матрицы,  $\Delta T$  - величина линейного градиента температуры. Знак термического коэффициента оптического пути  $W$  определяют следующим образом. Если под действием линейного градиента температуры лазерный пучок смещается в сторону более нагретой грани образца оптического материала, то  $W > 0$ , в обратном случае  $W < 0$ . Для исследования дисперсии термического коэффициента оптического пути измерения проводятся при помощи различных излучателей.

В научно-исследовательском центре оптических материалов и технологий Белорусского национального технического университета для подтверждения работоспособности полезной модели измерителя были проведены измерения термического коэффициента оптического пути. Для этого использовался образец лазерного материала из кристалла калий-гадолиниевого вольфрамата с ионами неодима,  $\text{Nd(3at. \%):KGd(WO}_4)_2$  размерами  $H = 5 \text{ мм} (\parallel N_m) \times 5 \text{ мм} (\parallel N_p) \times L = 10 \text{ мм} (\parallel N_g)$ . Расстояние  $L_{\text{экр}}$  выбиралось равным 5 м, величина  $\Delta T$  - 50 К. Источник лазерного излучения генерировал излучение с длиной волны 1064 нм. Для линейно поляризованного света ( $E \parallel N_m$ ) линейное отклонение  $\Delta x$  лазерного пучка составило 2,65 мм, а термический коэффициент оптического пути  $W$ , вычисленный при помощи выражения (1), составил  $+5,3 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ . Аналогично определялись значения  $W$  и на других длинах волн излучения 355, 405, 532, 633, 652, 810 и 980 нм.

Таким образом, использование источника лазерного излучения, включающего излучатели с различными длинами волн генерации, блока формирования пучка зондирующего лазерного излучения, включающего поляризационную призму Глана-Тейлора, двухлинзовый объектив и круглую диафрагму, и устройства для измерения линейного отклонения лазерного пучка в виде работающей на линии с персональным компьютером ПЗС-матрицы, позволяет создать измеритель термического коэффициента оптического пути, работающий в широком спектральном диапазоне, и повысить точность измерения термического коэффициента оптического пути.