

Рисунок 4 – Распределения интенсивности в небесселевом коническом пучке при равенстве пиковых значений интенсивности в осевом и основном кольцевом максимуме:
 a – диаметрально; b – поперечное

Расстояние z_E соответствует полуширине исходного пучка по уровню $1,07 \cdot 10^{-5} I_0$, расстояние z_K – по уровню $6,72 \cdot 10^{-5} I_0$. Преобразователи излучения на основе кристаллов предпочтительно располагать на расстоянии z_E от аксикона.

УДК 548.571:535.343.2:658.562.3

СТЕНД ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛОВ ТИТАНИЛ ФОСФАТА КАЛИЯ (КТР)

Митьковец А.И.¹, Рыжевич А.А.^{1,2}, Машенко А.Г.¹, Балькин И.В.^{1,2}, Варанецкий А.М.¹

¹ Институт физики НАН Беларуси
 Минск, Республика Беларусь

² Белорусский государственный университет
 Минск, Республика Беларусь

Введение. В настоящее время одной из актуальных задач лазерной физики является определение параметров кристаллов, используемых для нелинейно-оптического преобразования частоты лазерного излучения.

Постановка задачи. Целью работы являлась разработка, изготовление и внедрение в технологический процесс выращивания и изготовления нелинейных кристаллов оптоэлектронного стенда для измерения коэффициентов преобразования частоты лазерного излучения нелинейными кристаллами КТР, лучевой стойкости кристаллов и их диэлектрических покрытий, оценки величины их нелинейной оптической неоднородности.

Описание стенда. Общий вид стенда представлен на рисунке 1. Конструкция стенда является сборной, переносной и представляет изделие единичного производства. Конструктивное

Благодарности. Работа выполнена в рамках задания 1.1.01 (№ гос. регистрации 20160091) ГПНИ «Фотоника, опто- и микроэлектроника» на 2016-2020 г.г. Для юстировки экспериментальной установки использовались результаты исследований по заданию 1.3.03 (№ гос. регистрации 20160092) этой же ГПНИ.

Литература

1. Рыжевич, А.А. Закономерности преобразования конических лазерных пучков в двуосном кристалле / А.А. Рыжевич, С.В. Солоневич, Н.А. Хило, И.В. Балькин // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-мат. наук. – 2016. – № 1. – С. 107–116.
2. Khilo, N.A. A high-efficient method for generating radially and azimuthally polarized Bessel beams using biaxial crystals / N.A. Khilo, Turki S.M. Al-Saud, Soliman H. Al-Khowaiter, Muhanna K. Al-Muhanna, S.V. Solonovich, N.S. Kazak, A.A. Ryzhevich // Optics Communications. – 2012. – Vol. 285, № 24. – P. 4807-4810.
3. Belyi, V.N. Propagation of high-order circularly-polarized Bessel Beams and vortex generation in uniaxial crystals / V.N. Belyi, N.A. Khilo, N.S. Kazak, A.A. Ryzhevich, A. Forbes // Opt. Eng. – 2011. – Vol. 50, № 5. – P. 1-9.
4. Рыжевич, А. А. Оптические методы определения параметров плоских и цилиндрических поверхностей различного качества / А.А. Рыжевич, С.В. Солоневич, В.Е. Лепарский, А.Г. Смирнов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2015, спецвыпуск № 2. – С. 34–66.

исполнение стенда обеспечивает удобство эксплуатации, доступ ко всем его узлам и блокам, требующим регулирования и замены в процессе эксплуатации, и защищает содержимое блоков от попадания пыли и грязи.

Блок-схема стенда приведена на рисунке 2.



Рисунок 1 – Общий вид стенда

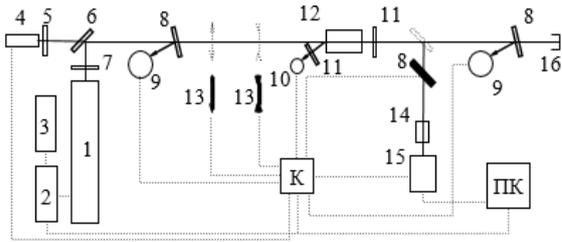


Рисунок 2 – Блок-схема стенда:

К – контроллер; *ПК* – компьютер;

- 1 – лазерный излучатель; 2 – блок питания; 3 – блок охлаждения; 4 – пилотный лазер; 5 – диафрагма; 6 – поворотное зеркало; 7 – вращатель поляризации; 8 – светоделительная пластинка; 9 – фотометрическая сфера; 10 – фотодиод; 11 – светофильтр; 12 – нелинейный кристалл; 13 – линза; 14 – объектив; 15 – CCD-камера; 16 – поглотитель

Источником зондирующего излучения служит лазерный излучатель (1) с длиной волны генерации 1,06 нм и длительностью импульса 7 нс, работающий в режиме модулированной добротности. Плоскость поляризации лазерного излучения вертикальная. Для возможности осуществления различных типов синхронизма в нелинейных кристаллах используется полуволновая пластинка (7). Поворотное зеркало (6) служит для совмещения оптической оси пилотного лазера (4) с оптической осью основного излучения. Измерение энергии основного излучения и излучения второй гармоники осуществляется фотометрическими сферами (9), сигнал на которые подается с помощью светоделительных пластинок (8). Фокусирующая и рассеивающая линзы (13) размещены на подвижных каретках, снабженных датчиками положения, и поочередно вдвигаются на оптическую ось стенда при проведении необходимого режима измерений. Нелинейный кристалл (12) крепится на предметном столике. Конструктивно столик состоит из держателя, устройства вертикального перемещения, устройства горизонтального перемещения, основания. Держатель имеет две угловые подвижки в вертикальной и горизонтальной плоскостях, позволяющих проводить предварительную юстировку кристалла (совмещение отражения пилотного лазера с выходным отверстием диафрагмы (5)). Фотодиод (10) с максимумом в чувствительности в ультрафиолетовой области спектра предназначен для регистрации вспышки пробоя при работе в режиме измерения лучевой стойкости. Объектив (14) формирует на светочувствительной матрице CCD-камеры (15) изображение интерференционной картины получающейся при облучении кристалла сильно расходящимся пучком основного излучения.

Работа стенда управляется контроллером (К) и условно разбита на три режима:

1. Измерение коэффициента преобразования: включается пилотный лазер (ПЛ), юстируется

кристалл. Включается лазер (пилотный лазер выключается), снимаются сигналы с фотометрических сфер и определяется их отношение.

2. Измерение лучевой стойкости: включается пилотный лазер, юстируется кристалл. На ось вдвигается фокусирующая линза (13), включается лазер (ПЛ выключается), повышается мощность до срабатывания фотодиода, подается звуковой сигнал, лазер выключается. Сохраняется значение величины сигнала с первой фотометрической сферы при поступлении сигнала с фотодиода (10).

3. Исследование нелинейной неоднородности:

Включается пилотный лазер, юстируется кристалл. На ось вдвигаются рассеивающая линза и поворотная пластинка (8), включается лазер (ПЛ выключается). CCD-камерой фиксируется распределение поля. Однородность нелинейного преобразования изучалась по методике основанной на анализе интерференционной картины волн второй гармоники (ВГ), генерируемой в кристалле КТР сильно расходящимся лазерным пучком. Исследование кристаллических пластинок, вырезанных перпендикулярно направлению синхронизма для генерации второй гармоники (ГВГ), проводилось на блоке анализа нелинейной оптической неоднородности (рис. 3.), основными узлами которого являлись одномодовый YAG:Nd³⁺ лазер (1), юстировочный He-Ne лазер (2), короткофокусная рассеивающая линза, предметный столик с кристаллом (4), с расположенной на нём двухкоординатной подвижкой, экран и система регистрации изображения (5).

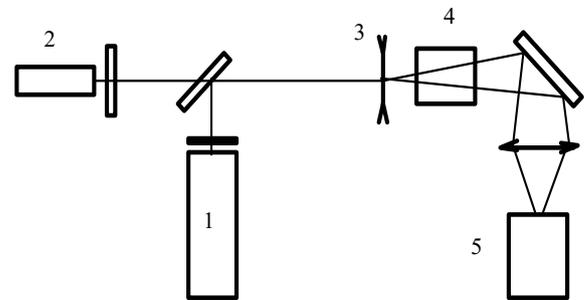
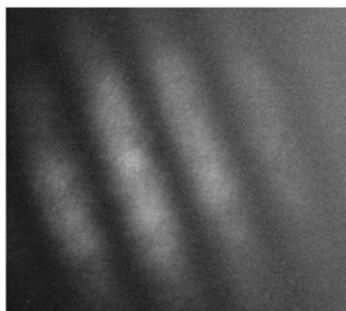


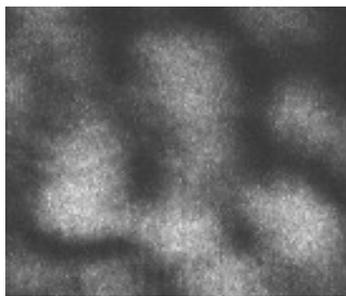
Рисунок 3 – Оптическая схема блока:

- 1 – лазерный излучатель;
2 – юстировочный He-Ne лазер;
3 – рассеивающая линза; 4 – предметный столик с кристаллом; 5 – CCD-камера

Точность измерения углов на стенде была не хуже нескольких угловых минут. На выходе из образца с высокой нелинейно-оптической однородностью, расходящийся луч второй гармоники образует на экране хорошо различимую двумерную картину чередующихся прямых или слегка изогнутых зелёных и тёмных контрастных полос (рисунок 4, а), которые можно наблюдать как справа, так и слева от главного (самого яркого) максимума ВГ.



а



б

Рисунок 4 – Фотографии волн ВГ при их генерации расходящимся пучком:

а – в образце кристалла КТР с высокой нелинейно-оптической однородностью;

б – в полидоменном образце

Благодаря высокой нелинейности в кристалле КТР толщиной 7 мм была возможна визуализация вторичных максимумов ВГ вплоть до восьмого. В случае прохождения расходящегося ИК лазерного луча через дефектную область кристалла, на экране наблюдается картина в виде искривлённых или разорванных полос или зелёных и чёрных пятен, а также уменьшается контраст между максимумами и минимумами

второй гармоники (рисунок 4, б). Аналогично тому, как искажение интерференционных полос позволяет оценивать линейную однородность, т.е. величину Δn , так искажение «полос второй гармоники» – локальные неоднородности тензора квадратичной нелинейной восприимчивости $\Delta\chi^{(2)}$.

В результате проведенных работ изготовлен и налажен экспериментальный образец оптоэлектронного стенда измерения параметров преобразователей частоты лазерного излучения, проведена калибровка системы регистрации изображения, проведены приемочные испытания стенда на соответствие требованиям ТЗ, стенд внедрен в технологический процесс завода РУП «Завод Оптик» г. Лида.

Изучение эффективности преобразования излучения во ВГ проводилось на образцах размером $5 \times 5 \times 7$ мм³ и $7 \times 7 \times 7$ мм³ изготовленных из кристаллов КРТ, выращенных как в высокоградиентном, так и низкоградиентном температурных полях. Предварительно кристаллы проходили отбраковку по наличию неоднородностей обоих типов, затем подвергались окончательной полировке и нанесению просветляющих покрытий. Возбуждение ВГ осуществлялось излучением YAG:Nd³⁺ лазера с длиной волны 1,064 мкм и плотность мощности излучения до 110 МВт/см². В кристаллах КТР, выращенных модифицированным методом Чохральского в режиме вынужденной конвекции, коэффициент преобразования достигал 55 % с гауссовым распределением поля по сечению пучка. При этом оказалось, что выход из одной були пригодных нелинейных элементов значительно выше, чем у кристаллов, выращенных в условиях высокого температурного градиента.

УДК 535.5, 53.082.5

SENSITIVITY VARIATIONS OF POLARIMETRIC CURRENT SENSORS ON TWIST AND SPUN FIBERS

Lovchy I.L.

JSC «Scientific Research Institute for Optoelectronic Instrument Engineering»
Sosnovy Bor, Leningrad region, Russia

Introduction. In the fiber optic current sensors (FOCS) the special twist and spun lightguides differing in polarizing parameters are used [1, 2]. Both lightguides are characterized by very strong internal birefringence (BR): the first – circular, the second – linear, with spiral structure. Existence of the strong ordered BR levels the influence of outer photo-elastic effects on the Faraday effect manifestation – the physical mechanism of measurement of current, but at the same time limits sensitivity of the sensor compared to the sensitivity of the sensor with the ideal isotropic lightguide in which only Faraday BR takes place.

1. Principles of modeling. To model the parameters of sensors the formalism of the Poincaré sphere was used. Modeling was carried out on the basis of analysis of change trajectory in the state of polarization (SOP) of light spreading along a sensitive fiber with varying parameters of lightguide, geometry of a fiber circuit, magnitude of magneto-optical (MO) effect [3, 4]. The lightguide was presented in the form of alternating sequence of extremely thin segments – linear (caused by built in or externally induced photo-elastic effects) and circular (caused by optical activity of twisted around the axis fiber or MO effect) phase plates. SOP change