

Рисунок 2 – 3D-модель блока клиньев

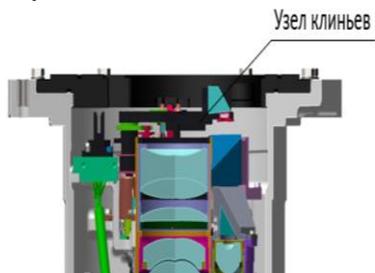


Рисунок 3 – 3D-модель возможной установки узла клиньев

Технические характеристики ТВ-канала с применением предложенного узла клиньев представлены в таблице.

Таким образом, введение узла клиньев позволяет упростить схему юстировки путем уменьшения расходимости, приходящего на призму и выходящего из нее пучков в телевизионном канале дальномера.

Таблица. Технические характеристики ТВ-канала

Наименование канала	Техническая характеристика	Значение
ТВ-канал узкого поля	Эквивалентное фокусное расстояние, мм	121,5
	Угловое поле зрения в пространстве предметов 2ω (по горизонту)	3
	Диаметр входного зрачка	70
	Рабочая область спектра, мм	500–900
	Интегральный коэффициент пропускания в рабочей области спектра	не менее 0,65
ТВ-канал широкого поля	Эквивалентное фокусное расстояние, мм	30
	Угловое поле зрения в пространстве предметов 2ω (по горизонту)	12
	Диаметр входного зрачка	15
	Рабочая область спектра, мм	500–900
	Интегральный коэффициент пропускания в рабочей области спектра	не менее 0,8

Литература

1. Узкопольные телевизионный канал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/91602>.
2. Модуль захвата цели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/263/2631921.html>.

УДК 548.55:535:621.38 + 681.7:535.374

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛОВ LiTaO_3 С ГЕОМЕТРИЕЙ, ОТЛИЧНОЙ ОТ ИДЕАЛЬНОЙ Варакса Ю.А.¹, Кунц А.В.^{1,2}, Кузнецик В.О.²

¹ОАО «Пеленг»

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Проведено математическое моделирование электрооптического модулятора на основе танталата лития при различных отклонениях геометрии устройства от идеальной. Установлено, какие виды отклонений наиболее критичны для работы устройства.

Ключевые слова: модулятор оптического излучения, танталат лития, электрооптика.

MATHEMATICAL MODELING OF AN ELECTRO-OPTICAL MODULATOR BASED ON LiTaO_3 CRYSTALS WITH GEOMETRY DIFFERENT FROM IDEAL

Varaksa Y.¹, Kunts A.^{1,2}, Kuznechik V.²

¹JSC "Peleng"

²Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. A mathematical simulation of an electro-optical modulator based on lithium tantalate was carried out for various deviations of the device geometry from the ideal one. The most critical deviations for the device operation were identified.

Key words: optical radiation modulator, lithium tantalate, electro-optics.

Адрес для переписки: Кузнецик В. О., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: kuznechik@bntu.by

Электрооптический модулятор представляет собой устройство, предназначенное для управления интенсивностью поляризованного оптического излучения с помощью внешнего электрического напряжения.

Целью работы является моделирование электрооптического модулятора на основе танталата лития с целью выявления наиболее критичных для работы устройства отклонений геометрии модулятора от идеальной схемы.

Танталат лития обладает высокой лучевой прочностью и хорошими электрооптическими свойствами, что обуславливают его выбор в качестве основы для активных устройств модуляции добротности твердотельных лазеров. Недостатком данного кристалла выступает присущее ему двулучепреломление, вносящее температурно-зависимую разность фаз между перпендикулярно поляризованными составляющими проходящего излучения даже при нулевом управляющем напряжении. Для компенсации этой разности фаз предложена схема температурной компенсации – два идентичных электрооптических кристалла расположены последовательно и повернуты друг относительно друга на угол 90° вокруг продольной оси (первый на 45° против часовой стрелки, второй на 45° по часовой стрелке) [1]. Такая схема носит название полуволновой, в соответствии с величиной разности фаз, требуемой для полного перекрытия светового пучка поляризатором на выходе устройства. Если заменить второй поляризатор зеркалом, обеспечив двойное прохождение светового пучка через кристаллы, то можно снизить рабочее напряжение в два раза (четвертьволновая схема).

Моделирование модулятора света на основе кристаллов танталата лития, работающего в четвертьволновой схеме, производилось с помощью системы компьютерной математики «Maple». Рассчитывался контраст затвора – основной параметр, характеризующий его применимость для модуляции добротности лазера (отношение максимального пропускания, достигаемого без подачи управляющего напряжения, к минимальному пропусканию, достигаемому при подаче управляющего напряжения) в зависимости от отклонения тех или иных геометрических параметров модулятора от номинальных.

Длина каждого из кристаллов танталата лития при номинальной температуре 20°C принималась равной $7,5\text{ мм}$, сечение представляло собой квадрат со стороной $4,2\text{ мм}$. Модельная длина волны излучения 980 нм [2].

Модель учитывает изменение показателей преломления и размера кристаллов с температурой. Существенное упрощение состоит в том, что термооптические коэффициенты и коэффициенты линейного расширения полагаются не зависящими от температуры, т. е. в исследуемом диапазоне температур (от минус 50°C до плюс 50°C) размеры и показатели преломления меняются линейно.

Максимальное значение сигнал/шум после прохождения модулятора полагалось равным типичному достигаемому на практике значению 1000 (т. е. даже при полном перекрытии излучения модулятором на детекторе имеется шумовая мощность, равная $1/1000$ от мощности падающего сигнала, которая всегда прибавляется к расчетной мощности, пропущенной поляризатором на

детектор). Таким образом, в идеальном случае расчетное значение контраста составит 1001. Степень расчетного понижения контраста по сравнению с идеальным значением характеризует ухудшение функционирования устройства вследствие того или иного отклонения его геометрии от идеальной.

На рисунке 1 показана зависимость контраста от угла поворота кристалла от номинального положения вокруг оптической оси модулятора. Рассмотрены три случая: поворот обоих кристаллов на одинаковый угол в противоположных направлениях, поворот только одного из двух кристаллов, поворот обоих кристаллов в одном направлении. Отметим, что для первых двух случаев падение контраста зависит от температуры кристаллов, причем падение носит осциллирующий характер – при изменении температуры на $1\text{--}2^\circ\text{C}$ контраст может поменяться от максимального значения, близкого к 1000, до минимального значения. Поскольку возможность использования модулятора по всему температурному диапазону определяется минимальным значением контраста, именно минимальные значения и показаны на рисунке 1.

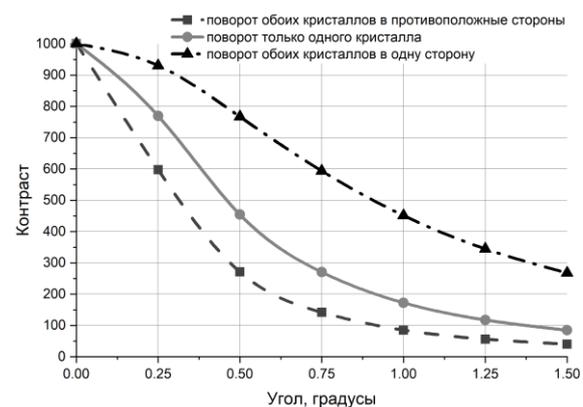


Рисунок 1 – Зависимость контраста от угла поворота кристалла вокруг оптической оси от номинального положения

Была также проведена проверка зависимости контраста от угла отклонения продольной оси кристалла от оптической оси системы в вертикальной плоскости. Как оказалось, отклонение осей обоих кристаллов даже на единицы градусов приводит к падению контраста на доли процента (например, отклонение оси первого кристалла на 6° и второго на минус 6° дает снижение контраста на 10 единиц).

Рисунок 2 иллюстрирует влияние на контраст модулятора точности вырезки кристалла, характеризуемой углом отклонения трех осей оптической индикатрисы относительно геометрических осей кристалла.

Кроме того, была проведена проверка влияния отклонения граней кристаллов от перпендикулярности к оптической оси на значение контраста, и по результатам моделирования при типичных для промышленных кристаллов значениях отклонения от

перпендикулярности ~ 10 угл. мин. значимого ухудшения контраста не наблюдалось.

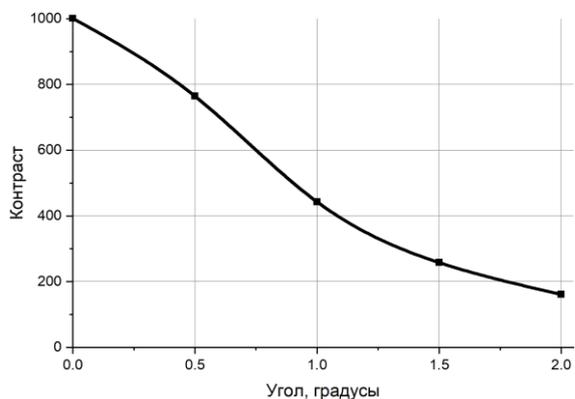


Рисунок 2 – Зависимость контраста от угла поворота осей индикатрисы относительно геометрических осей кристалла

Таким образом, в ходе моделирования были получены следующие основные результаты: отклонение от номинального положения продольной оси

кристаллов в любых направлениях на углы порядка единиц градусов не приводит к заметным изменениям контраста. Отклонение положения оптической индикатрисы на величины порядка одного градуса приводит к падению контраста более чем в два раза. Следовательно, данный параметр должен контролироваться с точностью до угл. минут при вырезании кристаллов. При развороте кристаллов вокруг продольной оси уже на углы порядка десяти угл. мин. происходит значительное падение контраста. Таким образом, данный параметр должен жестко контролироваться при монтаже. Кроме того, технология изготовления и монтажа узла крепления кристаллов должна обеспечивать устойчивость данного параметра во всем рабочем диапазоне температур.

Литература

1. Peters, C.J. Gigacycle-bandwidth coherent-light traveling-wave amplitude modulator / C.J. Peters // Proceedings of the IEEE. – 1965. – Vol. 53, № 5. – P. 455–460.
2. Electro-optic coefficients of lithium tantalate at near-infrared wavelengths / L. Joanna [et al.] // J. Opt. Soc. Am. B. – 2004. – Vol. 21, № 11. – P. 1948–1952.

УДК 621.3.038.825.2

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ $\text{Yb}:\text{Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$

Лазарчук А.И., Кисель В.Э., Ясюкевич А.С., Гоман В.И.

НИЦ Оптических материалов и технологий БНТУ
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Исследованы спектроскопические характеристики кристалла $\text{Yb}:\text{Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$ в поляризованном свете. Измерены спектры поглощения, исследованы кинетики люминесценции, оценено время жизни верхнего лазерного уровня ${}^2\text{F}_{5/2}$ иона иттербия, определены значения поперечных сечений поглощения и стимулированного излучения.

Ключевые слова: спектроскопические свойства, кристалл, трехвалентные ионы иттербия, кинетика затухания люминесценции.

SPECTROSCOPIC PROPERTIES OF $\text{Yb}:\text{Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$ CRYSTALS

Lazarchuk A.I., Kisel V.E., Yasukevich A.S., Goman V.I.

Center for Optical Materials and Technologies BNTU
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The spectroscopic properties of the $\text{Yb}:\text{Gd}_{1.615}\text{Y}_{0.385}\text{SiO}_5$ crystal in polarized light were investigated. Absorption spectra were measured, luminescence kinetics were investigated, the lifetime of the upper ${}^2\text{F}_{5/2}$ laser level of the ytterbium ion was estimated, and the absorption and stimulated emission cross sections were determined.

Key words: spectroscopic properties, crystal, trivalent ytterbium ions, kinetics of luminescence decay.

Адрес для переписки: Лазарчук А.И., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: lazartschuk1405@gmail.com

Наличие мощных лазерных диодов InGaAs в спектральной области поглощения ионов Yb^{3+} (940–980 нм) и высокая эффективность лазеров на ионах иттербия стимулировали повышенный интерес к исследованию твердотельных материалов, легированных Yb, для различных типов лазеров, излучающих в спектральном диапазоне около 1 мкм.

Основными достоинствами кристаллов с ионами Yb^{3+} являются: простая схема уровней

энергии (2 мультиплета), что приводит к отсутствию потерь на поглощение из возбужденного состояния, апконверсию, кросс-релаксацию и другие концентрационные эффекты; низкая разница в энергиях квантов накачки и генерации, что сильно снижает тепловыделение в активной лазерной среде; широкая полоса усиления (до 20–30 нм) позволяет генерировать импульсы фемтосекундной длительности.