



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА, МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

*Материалы Международной студенческой
научно-практической конференции
г. Минск, 20 апреля 2018 г.*

*Научное электронное издание
локального распространения*

Минск
БГПУ
2018

УДК [53:51]:37.016
ББК 22р
Ф506

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ

Редколлегия:

В. В. Шлыков, доктор педагогических наук, проректор по учебной работе БГПУ;
С. И. Василец (отв. ред.), кандидат физико-математических наук,
декан физико-математического факультета БГПУ;
С.В. Вабищевич, кандидат педагогических наук,
заведующий кафедрой информатики БГПУ;
В. Р. Соболев, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики
и методики преподавания физики;
А. Ф. Климович, кандидат педагогических наук,
заведующий кафедрой информационных технологий в образовании
С. А. Василевский кандидат физико-математических наук,
заместитель декана физико-математического факультета БГПУ

Рецензенты:

В. А. Шилинец, кандидат физико-математических наук, доцент,
заведующий кафедрой информационных технологий и высшей математики
УО ФПБ «Международный университет «МИТСО»»;
В. В. Кисель, кандидат физико-математических наук, доцент

Физико-математические науки и информатика, методика преподавания:
Ф506 материалы Междунар. студ. науч.-практ. конф., г. Минск, 20 апреля, 2018 г. / Беларус.
гос. пед. ун-т им. М. Танка; редкол. В. В. Шлыков, С. И. Василец (отв. ред.) [и др.]. –
Минск : БГПУ, 2018.

ISBN 978-985-541-472-9.

В сборник включены материалы по актуальным проблемам физики, математики
и информатики, проблемам обучения физике, математике и информатике в школе и вузе. Рас-
сматриваются вопросы содержания, качества знаний, организации исследовательской и само-
стоятельной работы, использования информационных технологий в преподавании физики,
математики, методики математики и методики физики.

Адресуется преподавателям, аспирантам, магистрантам и слушателям учреждений,
обеспечивающих повышение квалификации и переподготовку педагогических кадров.

УДК [53:51]:37.016
ББК 22р

ISBN 978-985-541-472-9

© Оформление. БГПУ, 2018



Секция I
ФИЗИКА
И МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ
ФИЗИКИ

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И СХЕМА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ
РЕГИСТРАЦИИ СОЛИТОНОПОДОБНЫХ СТРУКТУР
В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛАХ
ТИТАНАТА ВИСМУТА**

*А. Селенчик, Д. Гучек,
БГПУ (Минск),
Е. И. Каскевич, П. Д. Емельяненко,
ГУО Гимназия № 40 (Минск)*

*Науч. рук. – к. ф.-м. н., доцент
К. А. Саечников*

Разработана и реализована схема экспериментальной установки для регистрации и исследования солитоноподобных структур в фоторефрактивных кристаллах титаната висмута. Предложена методика исследования и обработки полученных результатов.

Ключевые слова: фоторефрактивный эффект; гауссовы световые пучки; самофокусировка; солитоны.

Растущий интерес к проблеме распространения оптического излучения в фоторефрактивных кристаллах обусловлен тем, что они являются перспективными средами с точки зрения их практического применения для создания волноводных элементов, а также нелинейных оптических переключателей и разветвителей.

Привлекательными для исследования и последующего применения являются кристаллы семейства силленитов, обладающие одновременно фотопроводимостью и фоторефрактивным эффектом. Эти материалы служат основой для создания устройств оперативной и длительной записи и хранения информации, а также находят широкое применение в светомодулирующих устройствах различного типа.

Фоторефрактивные кристаллы семейства силленитов проявляют высокие нелинейные свойства при интенсивностях возбуждающего излучения \sim мВт/см² и волноводный режим реализуется уже при уровнях мощности порядка единиц микроватт. При этом используемые в работе кристаллы титаната висмута $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ (ВТО) выгодно отличаются невысокой оптической активностью по сравнению с другими кристаллами семейства силленитов. Хотя технология производства волноводных элементов и различных компонентов интегральной оптики достаточно широко развита (волноводы из стекла, полимеров, полупроводниковых кристаллов и т.д.), многие вопросы оптимизации метода формирования волноводных структур именно в фоторефрактивных материалах остаются открытыми. В первую очередь это касается исследований по оптимизации условий возбуждения и изучения характера распространения и взаимодействия солитоноподобных когерентных и некогерентных световых пучков в фоторефрактивных кристаллах, которые напрямую связаны с выбором оптимального среза, геометрии возбуждения солитонов (поляризация электромагнитной волны, направление напряженности внешнего постоянного и знакопеременного электрического поля).

Целью работы явилась разработка и реализация схемы экспериментальной установки для регистрации и исследования солитоноподобных структур в фоторефрактивных кристаллах, а также методики исследования и обработки полученных результатов.

Используемый кристалл имеет размеры $2,6 \times 6,5 \times 10,3$ мм, соответствующие кристаллографическим направлениям [111], [112] и [110] (рисунок 1). Световой пучок распространялся вдоль направления [110], с поляризацией, параллельной направлению [111]. Для получения достаточно заметного фоторефрактивного эффекта из-за малости значений электрооптических коэффициентов кристалл ВТО был включен в электрическую схему, в которой к нему прикладывалось напряжения 4 кВ. Для этого на кристалл были нанесены электроды перпендикулярно оси [111], посредством которых в кристалле создавалось электрическое поле в направлении [111]. При этом поляризация светового пучка совпадала с направлением электрического поля.

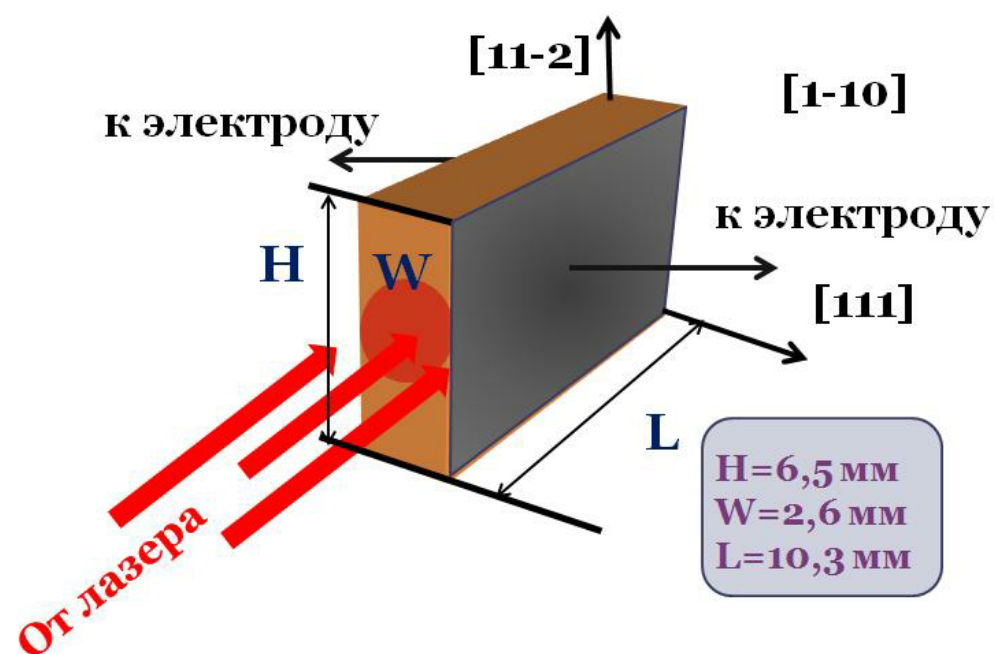


Рисунок 1 – Геометрия кристалла ВТО

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2. В качестве источника излучения использовали гелий-неоновый лазер 1, работающий в непрерывном режиме с длиной волны 633 нм. Голографический транспарант 2 использовался при необходимости получения сингулярного светового пучка. Интенсивность и поляризацию пучка регулировали с помощью системы светофильтров 3 и двух поляризаторов 4. Световой пучок фокусировался на переднюю грань кристалла собирающей линзой 5. Увеличенное с помощью линз 6 и 7 в два раза изображение переносилось с задней грани кристалла на ПЗС матрицу (разрешение 9 мкм/пиксель). Из-за высокой фоточувствительности кристалла оптическая система из кристалла и линз помещалась в светозащищающий кожух.

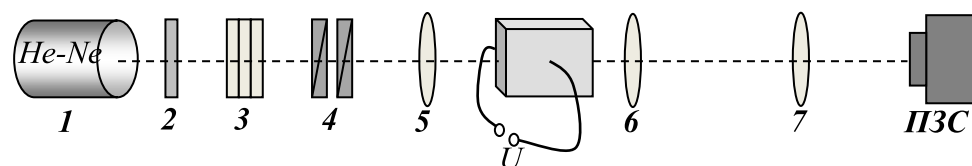


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

Увеличенное изображение попадало на вход CCD (charge coupled device) камеры. CCD камера представляет собой матрицу светочувствительных ячеек, которые аккумулируют электрический заряд пропорционально интенсивности падающего света. Чувствительность камеры устанавливалась вручную. Разрешение камеры по горизонтальной шкале составляет 9 мкм/пиксель, по вертикальной шкале – 10 мкм/пиксель. Изображение, полученное камерой, анализировалось на компьютере с использованием специальной программы Laser Beam Analyzer (Laser Beam Analyzer, Ophir inc, Version 2.74). В теоретическом описании значение имеет только отношение интенсивностей в световом пучке. Это обстоятельство дает возможность работать в режиме относительных единиц камеры для интенсивностей.

Также с помощью CCD камеры был измерен диаметр пучка в перетяжке после входной линзы 5. Он составил 45–50 мкм. Каждый опыт по наблюдению характера распространения светового пучка в фоторефрактивном кристалле ВТО начинался с включения электрического поля, а затем через 1 минуту включался источник излучения.