

# **СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУКА – ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ БУДУЩЕГО**

**Статьи международного  
форума студенческой науки**

**г. Минск, 15–25 апреля 2019 г.**



105 лет  
БГПУ

Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка

# **СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУКА – ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ БУДУЩЕГО**

*Статьи международного форума студенческой науки*

*г. Минск, 15–25 апреля 2019 г.*

Минск  
БГПУ  
2019

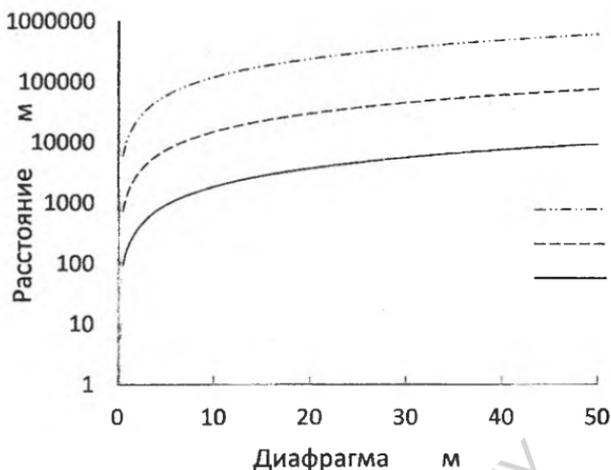


Рисунок 4 – Диафрагма KN в метрах: 1 – апертурный угол  $5^\circ$ ,  
2 – апертурный угол  $10^\circ$ , 3 – апертурный угол  $20^\circ$

Таким образом, недостатки сферической поверхности при формировании оптических изображений существенно зависят не только от апертуры, но и от расстояний до экранов, отображающих формируемые объекты. Для формирования более четких изображений за счет повышения степени параксиальности требуется диафрагмировать пучки, что уменьшает светосилу системы.

### Литература

1. Лансберг, Г. С. Оптика : учеб. пособие для вузов / Г. С. Лансберг. – Изд. 6-е. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.

УДК 535. 34

## ПРОЯВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ КРИСТАЛЛАХ

## NONLINEAR-OPTICAL EFFECTS IN PHOTOREFRACTIVE CRYSTALS

Ю. А. Лобач

Yu. Lobach

Белорусский государственный педагогический университет

имени Максима Танка

А. О. Чигирь

A. Chigir

Гимназия № 20 (Минск)

Е. И. Каскевич

В ходе экспериментальной работы исследованы нелинейно-оптические явления при формировании пространственных солитоноподобных структур и поперечные взаимозффекты в фоторефрактивных кристаллах семейства силленитов (взаимодействие световых пучков). Установлены зависимости времени формирования устойчивых структур гауссовых световых пучков от мощности излучения и времени сохранения канала самофокусировки после снятия внешнего напряжения с кристалла и продемонстрировано отклонение светового пучка, как во внешнем электрическом поле, так и под действием второго светового пучка.

In the process of experimental work the nonlinear-optical phenomena observed on the formation of spatial soliton-like structures and the transverse mutual effects in photorefractive sillenite-family crystals (light beam interactions) have been studied. The relationships between the formation time of stable structures of Gaussian light beams and the radiation power or the saving time of the self-focusing channel after removal of stress applied to the crystal have been established; light beam deflections both in an external electric field and under the effect of the second light beam have been demonstrated.

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

Key words: photorefractive effect; Gaussian light beams; self-focusing; optical solitons.

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/см<sup>2</sup> и волноводный режим реализуется уже при уровнях мощности порядка единиц микроватт. Они содержат донорные и акцепторные уровни в запрещенной зоне. Фоторефрактивный эффект включает несколько этапов: в результате неоднородного освещения возбуждаются носители заряда и под действием диффузии, дрейфа или за счет фотовольтаического эффекта возникают пространственно модулированные токи. Создается определенная структура концентрации зарядов, и появляются поля про-

странственного заряда. Эти поля модулируют показатель преломления посредством электрооптического эффекта.

В работе исследовалась динамика самофокусировки и дефокусировки световых пучков в фоторефрактивном кристалле титаната висмута при прохождении через кристалл сфокусированного лазерного излучения при наложении внешнего напряжения на кристалл и эффекты нелинейного взаимодействия световых пучков.

Экспериментальная установка для исследования динамики и условий образования солитонных структур в фоторефрактивном кристалле ВТО при прохождении через него сфокусированного излучения гелий-неонового лазера приведена на рис. 1.

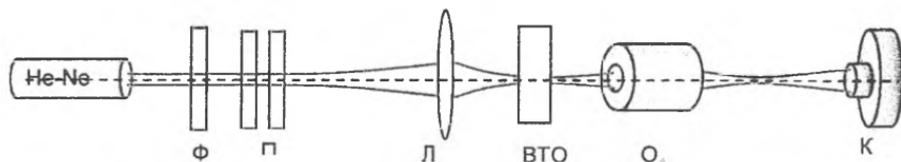


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для изучения образования солитонов: He-Ne – гелий-неоновый лазер, Ф – светофильтры, П – поляризаторы, Л – линза, ВТО – фоторефрактивный кристалл  $Bi_{12}TiO_{20}$ , О – объектив, К – CCD-камера.

В качестве источника излучения использовался гелий-неоновый лазер, работающий в непрерывном режиме. С помощью системы фильтров и двух поляризаторов регулировались мощность и поляризация лазерного излучения. Далее пучок фокусировался линзой (фокусное расстояние  $f = 32$  мм) за переднюю грань кристалла и попадал в фоторефрактивный кристалл ВТО.

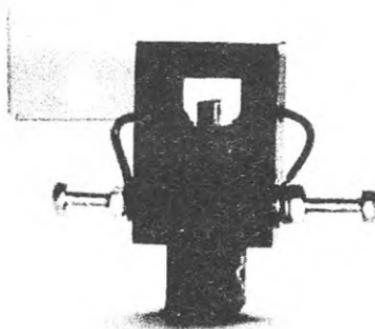
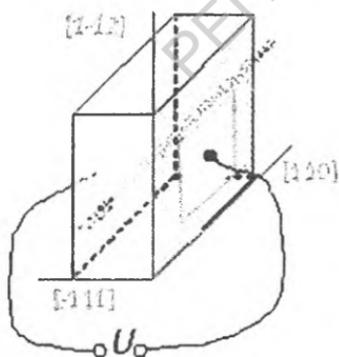


Рисунок 2 – Геометрия кристалла ВТО. Кристалл ВТО с приклеенными к нему электродами, помещенный в пластмассовый держатель.

Размеры кристалла составляли  $1,8 \times 4,75 \times 8,83$  мм, и световой пучок распространялся вдоль большой грани кристалла (кристаллографическая ось  $[1,1,0]$ ). К кристаллу были приклеены два серебряных электрода, как показано на рисунке 2, и перпендикулярно кристаллографической оси  $[1,1,0]$  в направлении  $[\bar{1},1,1]$  прикладывалось внешнее постоянное электрическое поле до 4 кВ. При этом поляризация светового пучка совпадала с направлением электрического поля в кристалле. Далее пучок переносился с задней грани кристалла с помощью объектива (фокусное расстояние  $f_0=35$  мм) на ПЗС камеру (разрешение 8 мкм/пиксель), соединенную с компьютером.

С помощью ПЗС камеры был измерен размер пучка в перетяжке после входной линзы. Он составил 30–37 мкм.

В работе использовались пучки с мощностями от 1 до 110 мкВт. Диаметр пучка на передней грани кристалла составлял 45 мкм.

Показано, что при распространении лазерного пучка небольшой мощности (до 1 мкВт) и подаче внешнего электрического поля на кристалл интенсивность пучка начинает возрастать, происходит небольшое сжатие пучка в направлении поля, возникает самофокусировка исходного пучка и формирование солитоноподобной структуры. Структура может оставаться стабильной в течение часа. При снятии внешнего электрического поля с кристалла канал самофокусировки сохраняется. Световой пучок можно перекрыть, а через некоторое время опять направить на кристалл, при этом поперечные и продольные размеры пучка остаются неизменными после включения источника излучения в течение длительного промежутка времени. Увеличение мощности светового пучка до 10 мкВт не меняет принципиально характер взаимодействия, однако процесс самофокусировки развивается быстрее (в течение 10 минут).

При более высоких мощностях излучения (порядка 100 мкВт) характер динамики распространения гауссового пучка в фоторефрактивном кристалле усложняется. При включении внешнего электрического поля происходит самофокусировка гауссового пучка за время порядка десятка секунд, при этом структура светового поля остается стабильной на протяжении нескольких минут. Однако, после снятия внешнего напряжения с кристалла канал самофокусировки не сохраняется. Происходит полная дефокусировка с последующей релаксацией и восстановлением пучка до первоначальных размеров и интенсивности в течение нескольких десятков минут.

В схеме поперечного зондирования для измерения светоиндуцированного изменения показателя преломления фоторефрактивного кристалла зондирующий световой пучок, на одной длине волны отклоняется в поле второго светового пучка (оптической накачки) на другой длине волны.

Установлено смещение зондирующего пучка при приложении внешнего электрического поля и последующее смещение в обратном направлении при включении пучка накачки. Возвращение зондирующего пучка к первоначальному положению имеет место при выключении внешнего электрического поля.

Максимальный эффект отклонения зондирующего пучка наблюдался при поляризации, совпадающей с направлением внешнего поля, приложенного к кристаллу. Из полученных экспериментальных данных был оценен угол отклонения зондирующего луча (0,36 мрад). Увеличение расстояния между пучками приводило к уменьшению величины отклонения зондирующего пучка. Изгибание траектории пропадало при расстоянии между пучками 500 мкм и больше. Изменение показателя преломления, наведенного пучком накачки, составило  $\sim 4 \cdot 10^{-4}$ .

---

УДК 37.016:[004.42:004.738.5]

**ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАБОТЫ НАД ВЕБ-ПРОЕКТОМ.  
ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММЫ INVISION ДЛЯ РАЗРАБОТКИ  
ПРОТОТИПОВ ВЕБ-САЙТОВ**

**THE MAIN STAGES OF WORKING WITH WED PROJECT.  
THE ADVANTAGES OF THE PROGRAM INVISION  
FOR DEVELOPMENT USER INTERFACE**

Ю. А. Макей

J. Makey

Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка

Науч. рук. – С. В. Вабищевич, канд. пед. наук, доцент

В данной статье обсуждается новый подход к обучению учащихся основам веб-конструирования. Основная проблема состоит в том, что они учатся создавать веб-сайты без прототипов, что существенно осложняет работу, поэтому предлагается ввести факультативные занятия, где учащиеся могли бы познакомиться с основами веб-дизайна. Отдельное внимание уделяется новейшей программе по созданию прототипов сайтов – InVision, с помощью которой рекомендуется изучать основы моделирования сайтов в школе. Указаны основные преимущества программы.

The article discusses the teaching of the beginning of web development. The main problem of education is that students are teach how to develop web sites without prototype, but it is make work more difficult, that's why we propose to introduce optional classes for students, where they can learn the basics of web design. Special attention is paid for the new program for making sites prototype – InVision. We recommend use it for learning basics modeling sites at school. The advantages of the program InVision are described.

Ключевые слова: обучение; веб-конструирование; веб-проект; прототип; веб-сайт.

Key words: teaching; web development; web project; prototype; web site.