

Министерство образования
Республики Беларусь

Белорусский государственный
педагогический университет
имени Максима Танка



Ministry of Education
of the Republic of Belarus

Belarusian State
Pedagogical University
named after Maxim Tank

**ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ:
ЦЕЛИ, ДОСТИЖЕНИЯ
И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Материалы Международной
научно-практической
конференции
г. Минск,
18–19 ноября 2019 г.*

**PHYSICAL
AND MATHEMATICAL
EDUCATION:
GOALS, ACHIEVEMENTS
AND PROSPECTS**

*Materials of the International
Scientific and Practical
Conference
Minsk,
November 18–19, 2019*



БГПУ
Минск
2019

BSPU
Minsk
2019

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ КУРСА ПО ВЫБОРУ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА БГПУ

Для расширения профессиональных компетенций в области оптики и оптического приборостроения у будущих преподавателей средних общеобразовательных учебных заведений, а так же, формирования у них общих представлений об основных физических принципах, явлениях и процессах лежащих в основе функционирования спектроскопических систем и систем квантовой электроники во всем многообразии их реализации и применении для студентов старшего курса физико-математического факультета введен курс по выбору «Экспериментальная физика». В рамках курса рассматривается ряд актуальных и интересных вопросов, в том числе, эффекты связанные с проявлением при определенных условиях нелинейных оптических явлений в нелинейных средах. Кроме теоретического объяснения наблюдаемых эффектов в рамках лекционного материала программой курса предусмотрено выполнение лабораторных работ по наблюдению и исследованию нелинейных процессов в нелинейных оптических средах (генерация гармоник, самофокусировка и взаимодействие световых пучков).

Наблюдение нелинейных оптических явлений является достаточно сложным процессом в экспериментальном плане. В первую очередь это связано с большими мощностями используемых световых потоков, что, как правило, приводит к тепловому разрушению нелинейных оптических материалов. В лабораторных работах мы идем по другому пути. Используем невысокую среднюю мощность (порядка 1 Вт) лазерного излучения, но за счет выбора режима работы лазера осуществляем компрессию этой мощности в малый интервал времени, получая на выходе гигаваттные мощности в импульсах длительностью от 10^{-6} до 10^{-9} с., следующих с частотой от 1 до 50 кГц (частота варьируется). В процессе выполнения работы студенты учатся юстировать лазер (в работе используется твердотельный $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ лазер с акустооптической модуляцией добротности и преобразователем частоты ЛТИ-501), измерять его временные, спектральные и энергетические характеристики. Изучается режим свободной генерации и режимы активной и пассивной модуляции добротности и синхронизации мод. Экспериментально реализуются данные режимы и при одинаковой средней мощности лазера, работающего в разных режимах оценивается эффективность генерации второй гармоники 532 нм в нелинейных кристаллах (LiIO_3 , LiNbO_3 , КДР и КТР). При этом длительности лазерных импульсов составляют в режиме акустооптической модуляции добротности $\sim 0,5$ мс с возможностью изменения частоты работы акустооптического затвора и ~ 30 пс в режиме пассивной модуляции добротности и синхронизации мод. В таких режимах

работы (при средней мощности ~ 1 Вт) лазер безопасен в работе, наглядно наблюдаются нелинейные эффекты и не разрушаются используемые нелинейные среды. Генерацию гармоник более высокого порядка (третьей и четвертой) наблюдаем с использованием лазера LS-2137 фирмы «LOTISTI» дающего на выходе кроме режима свободной генерации импульсы частотой от 1 до 10 Гц и длительностью ~ 9 нс в режиме активной модуляции добротности. Оценка интенсивности преобразованного УФ излучения (355 и 266 нм) производится по интенсивности свечения люминесценции раствора красителя Родамин-6Ж в этаноле.

Для изучения и исследования явления самофокусировки и образования солитонов использовался фоторефрактивный кристалл титаната висмута $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$. Этот кристалл характеризуется хорошей светочувствительностью и высокой подвижностью носителей заряда, что достигается при низких интенсивностях лазерного излучения и малых временах нелинейного отклика. Студенты исследуют динамику самофокусировки и дефокусировки световых пучков и определяют их диаметр в фоторефрактивном кристалле при прохождении через кристалл сфокусированного лазерного излучения гелий-неонового лазера, работающего в непрерывном режиме с длиной волны 632,8 нм при наложении внешнего напряжения на кристалл. Увеличенное изображение фиксировалось CCD (charge coupled device) камерой, чувствительность которой устанавливалась вручную. Разрешение камеры по горизонтальной шкале составляло 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, что позволяет работать в режиме относительных единиц камеры для интенсивностей. Каждый опыт по наблюдению характера распространения светового пучка в фоторефрактивном кристалле титаната висмута начинался с включения электрического поля, а затем через 1 минуту включался источник излучения. В процессе экспериментов изменялась мощность гелий-неонового лазера (от 1 до 100 мкВт) и прикладываемые поля (от 1 до 4 кВ).

Те же фоторефрактивные кристаллы использовались и для наблюдения взаимодействия световых пучков. В качестве пучка, создающего наведенную нелинейность в образце, (пучка накачки) использовалось излучение твердотельного $\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$ лазера, работающего в непрерывном режиме с длиной волны 532 нм. Зондирующий луч от гелий-неонового лазера 632,8 нм проходил перпендикулярно к лучу накачки на небольшом расстоянии от его центра и отклонялся на созданной накачкой оптической неоднородности на угол φ . В эксперименте к кристаллу прикладывалось напряжение равное $E = 11,5$ кВ/см. Отклонение зондирующего луча от первоначального положения фиксировалось CCD камерой. Практика проведения занятий показала полезность и важность курсов подобного типа.