

**МЕТОДИКА ИМПУЛЬСНОЙ ЗАПИСИ И СЧИТЫВАНИЯ
ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ
КРИСТАЛЛАХ В УСЛОВИЯХ ПРОЯВЛЕНИЯ ФОТОХРОМНОГО
И ФОТОРЕФРАКТИВНОГО ЭФФЕКТОВ**

А. Н. Стацевич

УО «Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка»

П. Р. Богуш

ГУО «Гимназия №20 г. Минска»
Минск (Республика Беларусь)

Науч. рук. – К. А. Саечников, к. ф.-м. н., доцент; Н. Б. Нисковских

**METHODOLOGY OF PULSE RECORDING AND READING OF DIFFRACTION
STRUCTURES IN PHOTOREFRACTIVE CRYSTALS UNDER CONDITIONS OF
PHOTOCHROMIC AND PHOTOREFRACTIVE EFFECTS**

A. N. Statsevich

Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank

P. R. Bogush

State Educational Institution Gymnasium No. 20 in Minsk
Minsk (Republic of Belarus)

Scientific adviser – K. A. Saechnikov, Dг. Ph-Math.Sci., Associate professor;
N. B. Niskovskikh

На основе спектральных характеристик экспериментальных образцов фоторефрактивных кристаллов семейства силленитов и литературных данных определены актуальные длины волн для записи и считывания фоторефрактивных голограмм. Создана экспериментальная установка и отработана методика экспериментальных исследований динамики формирования и релаксации динамических решеток и динамики фотохромного эффекта. Показано, что в фоторефрактивном кристалле силиката висмута формируются коротко- и долгоживущие динамические решетки, при этом времена релаксации наведенного поглощения (фотохромный эффект) существенно превышают времена релаксации короткоживущих динамических решеток, формируемых в фоторефрактивных кристаллах силиката висмута, и существенно меньше времени релаксации долгоживущих решеток.

Based on the spectral characteristics of experimental samples of photorefractive crystals of the sillenite family and literature data, the actual wavelengths for recording and reading photorefractive holograms are determined. An experimental setup has been created and a methodology has been developed for experimental studies of the dynamics of formation and relaxation of dynamic lattices and the dynamics of the photochromic effect. It is shown that short- and long-lived dynamic lattices are formed in a photorefractive bismuth silicate crystal, while the relaxation times of induced absorption (photochromic effect) significantly exceed the relaxation times of short-lived dynamic

lattices formed in photorefractive bismuth silicate crystals, and significantly less than the relaxation time of long-lived lattices.

Ключевые слова: фоторефрактивные кристаллы, динамические решетки, фоторефрактивный эффект, фотохромный эффект, импульсная запись

Key words: photorefractive crystals, dynamic lattices, photorefractive effect, photochromic effect, pulse recording

Одной из ниш практического применения фоторефрактивных кубических кристаллов семейства силленитов является динамическая голография. При использовании импульсного лазерного излучения динамические голограммы могут формироваться за времена порядка нано- и микросекунд и сохраняться в кристаллах в течение нескольких часов, дней и даже недель. Это делает их перспективными материалами для использования в системах записи информации высокой плотностью, а также систем сравнения изображений, быстро реагирующих на изменение записанной информации. На основе фоторефрактивных динамических голограмм созданы устройства оптической памяти, усиления оптических изображений, обращения и самообращения волнового фронта световых пучков, синхронизации излучения нескольких лазеров и т.д. [1,2]. Физические процессы записи голограмм в указанных средах основаны на перераспределении зарядов в кристаллах под действием света по многочисленным дефектным центрам, имеющим разнообразную природу возникновения и характеристики. Особенностью кристаллов силленитов является одновременное существование как коротко-, так и долгоживущих ловушечных уровней, которые позволяют работать с использованием как непрерывного лазерного излучения, так и под действием нано- и пикосекундных лазерных импульсов практически во всем видимом спектральном диапазоне [3, 4], причем проявление тех или иных ловушечных уровней существенно зависит от интенсивности лазерного излучения [5].

Целью работы являлось разработка оптической схемы эксперимента, определение актуальных длин волн для записи и считывания фоторефрактивных голограмм, а также, отработка методики экспериментальных исследований динамики формирования и релаксации динамических решеток и динамики фотохромного эффекта.

На основе спектральных характеристик экспериментальных образцов кристаллов силиката висмута $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ определены актуальные длины волн для записи и считывания фоторефрактивных голограмм. Установлено, что предельная длина волны в сине-зеленой области спектра определяется толщиной используемого кристалла. При типичной толщине от 1 до 5 мм предельная длина волны меняется от 450 до 500 нм. С другой стороны, при смещении в красную область спектра коэффициент поглощения существенно уменьшается, что

приводит к снижению чувствительности кристаллов для голографической записи и требует увеличения интенсивности записывающего голограмму лазерного излучения. В то же время, эта спектральная область является оптимальной для считывания голографических решеток. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

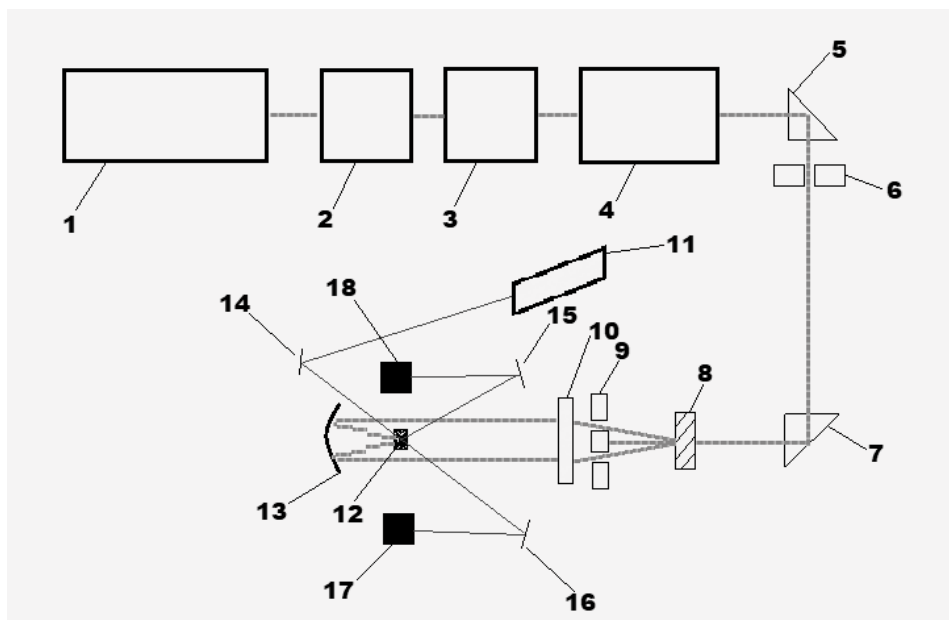


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки, для записи и считывания дифракционных структур в фоторефрактивных кристаллах в условиях проявления фотохромного и фоторефрактивного эффектов при импульсном лазерном возбуждении

Основу схемы составляет дифракционная решетка и телескопическая система на основе сферической линзы и сферического зеркала. Такая компоновка позволяет без переюстировки осуществлять перестройку длины волны записывающего голограмму излучения с сохранением периода решетки. Излучение лазера на иттрий-алюминиевом гранате (Nd:YAG) 1 с длительностью импульса 20 нс проходило через генератор второй на основе кристалла КТР 2 и третьей (кристалле LBO) 3 гармоник, а также через параметрический генератор 4, позволяющий генерировать излучение с длиной волны в диапазоне от 400 нм до 2 мкм. Далее излучение с помощью призм 5 и 7 направлялось на дифракционную решётку 8 с периодом 10 мкм. Между призмами расположена диафрагма 6, которая вырезала пространственно-однородную часть излучения. Ещё одна диафрагма 9 находилась после дифракционной решётки и отсекала все порядки дифракции кроме первых. Далее располагалась телескопическая система, состоящая из линзы 10 с фокусным расстоянием 35 см и сферического зеркала 13 с фокусным расстоянием 8 см, позволяющая получать в образце 12 голографическую решетку с периодом 2,5 мкм.

Такая компоновка схемы позволяет одновременно реализовать функции одновременного измерения динамики дифракционной эффективности и светоиндуцированного поглощения. Для анализа кинетик фотоиндуцированного поглощения и динамических решёток на засвечиваемую область кристалла с помощью зеркала 14 направлялось зондирующее излучение гелий-неонового лазера 11 мощностью 2 мВт. Проходящее через кристалл 12 излучение и дифрагированный луч при помощи зеркал 15 и 16 направлялось на скоростные фотоприемные устройства 17 и 18, подключенные к осциллографу.

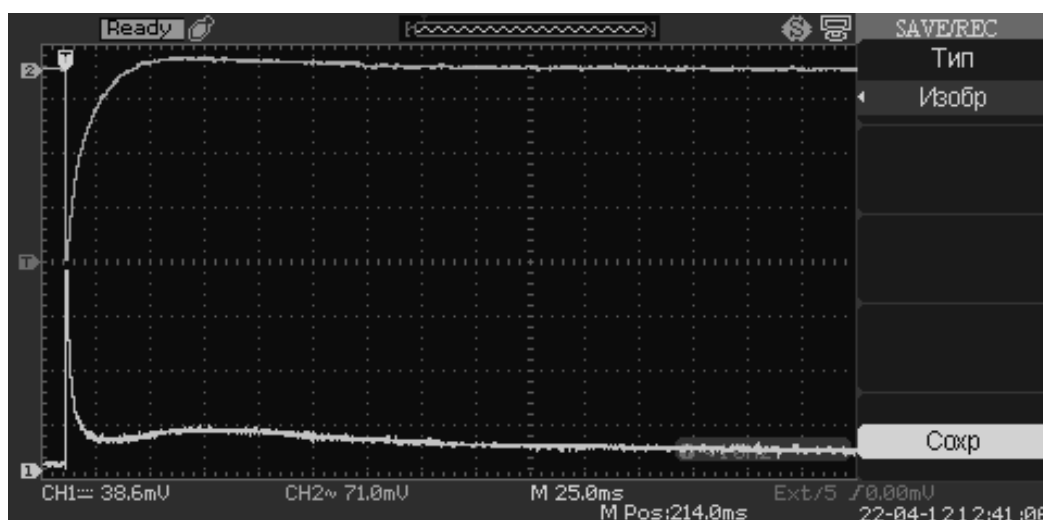


Рис. 2 – Осциллограммы кинетик фотохромного эффекта (сверху) и динамических решеток (снизу) для длины волны 465 нм с временным масштабом 25 мс, записанные при фиксированной поглощенной энергии 50 мкДж.

Из схемы видно, что прошедшее через фоторефрактивный кристалл излучение с помощью зеркала 16 направлялось на скоростное фотоприемное устройство на основе р-і-п фотодиода 17, а дифрагированное на динамической решетке излучение с помощью зеркала 15 направлялось на второе скоростное фотоприемное устройство на основе р-і-п фотодиода 18.

Характерные осциллограммы прошедшего через кристалл и дифрагированного излучений представлены на рисунке 2. Предварительный анализ экспериментальных результатов показывает, что в фоторефрактивном кристалле силиката висмута формируются коротко- и долгоживущие динамические решетки, при этом времена релаксации наведенного поглощения (фотохромный эффект) существенно превышают времена релаксации короткоживущих динамических решеток, формируемых в фоторефрактивных кристаллах силиката висмута, и существенно меньше времени релаксации долгоживущих решеток.

Библиографические ссылки

1. Петров, М.П. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике / М.П. Петров, С.И. Степанов, А.В. Хоменко // СПб.: Наука. Петербургское отд-ние, 1992. – 320 с.
2. Шандаров, С.М. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах / С.М. Шандаров, В.М. Шандаров и др. // Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 242 с.
3. Kornienko, T. Light-induced effects in sillenite crystals with shallow and deep traps / T. Kornienko, M. Kisteneva, S. Shandarov, A. Tolstik // Physics Procedia, 2017, Vol. 86 – P.105–112.
4. Tolstik, A.L. Spectral dependence of absorption photoinduced in a Bi₁₂TiO₂₀ crystal by 532-nm laser pulses / A.L. Tolstik, A.Yu. Matusevich and others // Quantum Electronics, 2007, Vol. 37, №11 – P. 1027–1032.
5. Dadenkov, I.G. Photoinduced Absorption and Pulsed Recording of Dynamic Holograms in Bismuth Silicate Crystals / I.G. Dadenkov, A.L. Tolstik and others // Optics and Spectroscopy, 2020. Vol. 128, № 9. – P. 1401–1406.

УДК 372.853

ПРИЁМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТВОРЧЕСКИХ И ИГРОВЫХ МЕТОДОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

С. С. Стукалова

ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет
имени Л. Н. Толстого»

Тула (Российская федерация)

Науч. рук. – Н. Л. Плешакова, к.пед.н., доцент

TECHNIQUES FOR IMPLEMENTING CREATIVE AND GAME METHODS WHEN TEACHING SOLVING PROBLEMS IN PHYSICS

S. S. Stukalova

Tula State Pedagogical University named after L.N. Tolstoy

Tula (Russian Federation)

Scientific adviser – N. L. Pleshakova, PhD, Associate Professor

В статье рассматриваются приёмы обучения решению задач по физике, основанные на применении поискового и творческого методов обучения, игровой технологии, направленных на развитие интереса к предмету и учению. Приведены конкретные примеры задач для реализации рассмотренных приёмов.

This article discusses methods of teaching solving problems in physics, based on the use of search and creative teaching methods, gaming technology, aimed at developing interest in the subject and learning. Specific examples of tasks for implementing the techniques discussed are given.