

УДК 535.015

Т. А. Корниенко¹, Ю. И. Миксюк², К. А. Саечников², А. Л. Толстик¹

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ И САМОВОЗДЕЙСТВИЕ ГАУССОВЫХ И СИНГУЛЯРНЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В КРИСТАЛЛАХ $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ И $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$

¹ *Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь*

tankorni@mail.ru

² *Белорусский государственный педагогический университет, ул. Советская, 18, 220050 Минск, Беларусь*

ska-bspu@tut.by

Одними из ярких эффектов, которые происходят при воздействии лазерного излучения на фоторефрактивную среду, являются процессы самофокусировки и дефокусировки светового пучка. Использование фоторефрактивных материалов отличается тем, что в них возможно получение солитонов при микроваттной мощности светового излучения [1]. В общем случае любое световое влияние на нелинейно- и электрооптические свойства исследуемых кристаллов связано с перераспределением энергии и зарядов носителей, которое может вызывать не только распространение пучка в автоколлимационном режиме, но и может приводить к изменению поглощения [2] и подвижности фотоиндуцированных носителей, что приводит к изменению электрического сопротивления и проявлению эффекта фотопроводимости [3]. Исследование указанных проблем является определяющим при создании элементов с многослойной оптической памятью, оптических переключателей и оптических корреляторов.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию динамики самофокусировки и дефокусировки световых пучков в фоторефрактивном кристалле титаната висмута при прохождении через кристалл сфокусированного лазерного излучения. Второй этап работы затрагивает проблему фотопроводимости кристаллов титаната ($\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$) и силиката висмута ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$) при их засветке лазерным излучением на различных длинах волн (532,8 нм и 632,8 нм).

Для исследования процесса самофокусировки выбраны гауссовы и сингулярные световые пучки мощностью от 1 мкВт до 110 мкВт, диаметр которых на передней грани кристалла составлял около 50 мкм. Определен общий сценарий распространения гауссовых и сингулярных световых пучков в кристалле титаната висмута под действием приложенного электрического напряжения (величина электрического поля составляла 11,5 кВ/см).

Показано, что для гауссова светового пучка при включении внешнего поля пучок начинает сжиматься и его интенсивность в центре заметно возрастает, происходит эффект самовоздействия пучка и его самофокусировка. Такой процесс сопровождается перераспределением энергии в поперечном сечении пучка. При снятии поля с кристалла происходит дефокусировка пучка и последующее восстановление первоначальных размеров и интенсивности. Такая ситуация имела место при мощности

светового пучка менее 80 мкВт. При больших значениях мощности описанные процессы самофокусировки сменялись более медленными обратными процессами дифракционного расплывания светового пучка.

Совершенно иной наблюдалась динамика распространения сингулярных световых пучков в исследуемом кристалле. При приложении к кристаллу внешнего электрического поля сначала происходит дефокусировка оптического вихря, затем структура пучка восстанавливается и остается стабильной. При снятии электрического поля происходит обратный процесс – самофокусировка пучка, при которой размер вдоль направления приложения поля резко уменьшается, а затем происходит восстановление пучка до первоначальных размеров.

Построены зависимости времени формирования устойчивых структур светового поля от мощности лазерного излучения. Показано, что при изменении мощности светового пучка изменяется время его формирования, причем это происходит таким образом, что произведение мощности на время (экспозиция) остается постоянным. Для гауссова пучка эта экспозиция составила 3,6 мДж, в то время как для сингулярного пучка – 6,7 мДж.

В качестве образцов для исследования фотопроводимости были выбраны кристаллы $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, размерами 2,5 x 15 x 20 мм, и кристалл $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, размерами 2,6 x 6,5 x 10,3 мм. Для построения зависимостей электропроводности от интенсивности засветки было выбрано непрерывное лазерное излучение с различными состояниями поляризации на длинах волн 632,8 нм (плотность мощности до 50 мВт/см²) и 532 нм (плотность мощности до 10 мВт/см²). Показано, что в условиях проведенных экспериментов наблюдаются линейные зависимости электропроводности от светового потока, причем эффект не зависит от поляризации падающего излучения. Аналогичные зависимости получены и для кристалла титаната висмута, однако для него при больших интенсивностях излучения (свыше 10 мВт/см²) наблюдался эффект насыщения. При этом были отмечены остаточные явления в кристалле, что объясняется большей светочувствительностью кристалла титаната висмута по сравнению с силикатом висмута.

Таким образом, в результате работы получена информация об особенностях электрооптических и нелинейно-оптических эффектов в наиболее популярных фоторефрактивных кристаллах семейства силленитов, которые используются в системах обработки и преобразования информации, а также в устройствах управления лазерными пучками.

[1] Формирование низкоинтенсивных пространственных солитонов в фоторефрактивном кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$ / Т. В. Габрусева [и др.] // Известия РАН. Серия физическая. – 2006. – Т. 70, № 12. – С. 1745-1747.

[2] Methods for controlling of the laser-induced absorption in a BTO crystal by using of cw-laser radiation / A. Matusevich [etc] // Applied Physics B: Laser and Optics – 2009. – 96. – P. 119-125.

[3] Пространственно-временные модуляторы света на монокристаллах $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$, $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ / А.Т. Клипка [и др.] // Автометрия. – 1976. – №1. – С. 34-43.