

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертационную работу Акрестиной Анны Сергеевны
«Фото- и термоиндуцированные явления в кристаллах класса
силленитов» по специальности 01.04.05 – «Оптика» на соискание
учёной степени кандидата физико-математических наук.

1. Актуальность темы диссертации

Электрооптические и пьезоэлектрические свойства кристаллов класса силленитов являются основой для изготовления оптоэлектронных приборов, устройств записи и хранения информации, пространственно-временных модуляторов света, что делает исследование этих свойств безусловно актуальными. Выраженный фоторефрактивный эффект позволяет использовать силлениты в голографической интерферометрии и динамической голографии. Кристаллы силленитов обладают сложной структурой дефектных центров и чувствительны к воздействию излучения и температуры. Таким образом, тема диссертационной работы Акрестиной А.С., посвященной исследованию фото- и термоиндуцированных явлений в силленитах, является актуальной.

2. Новизна результатов

Научная новизна работы заключается:

– в том, что в развитой теоретической модели динамики фотоиндуцированного перераспределения электронов учитывается влияние температуры кристалла на электроны, находящиеся на промежуточном уровне, при помощи сопоставления этому энергетическому положению двух возможных состояний, отличающихся сечениями фотоионизации;

– в экспериментальном обнаружении и определении условий наблюдения изменений в спектре оптического поглощения кристаллов $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ и $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Al}$, которые носят резонансный характер как при облучении лазерным излучением видимого и инфракрасного диапазона, так и при отжиге в воздухе;

– в том, что в развитой теоретической модели примесного оптического поглощения в кристаллах $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ и $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Al}$ учитывается вклад в оптическое поглощение него как фотовозбуждения электронов с глубоких донорных центров, так и внутрицентровых переходов.

3. Практическая значимость результатов

Определены условия экспериментальной реализации фото- и термоиндуцированных изменений в спектре оптического поглощения в кристаллах $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ и $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Al}$, которые при практическом

ВХ. № 31016 / 606
ПОСТУПИЛ В ТГУ
* 14 * 10 * 2014

использовании этих материалов в качестве записывающих сред в устройствах динамической голографии позволяют прогнозировать их характеристики.

4. Оценка содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения.

В первой главе проведен анализ состояния вопроса и выбор направления исследования. Представлен обзор исследований оптических свойств и фотоиндуцированного поглощения света в кристаллах класса силленитов, а также влияния температуры на оптическое поглощение и фотоиндуцированные явления в этих кристаллах. Автором рассмотрены модели зонного переноса и динамики фотоиндуцированного поглощения, а также приведены результаты работ, посвященных практическому использованию силленитов в динамической голографии.

Во второй главе работы представлены результаты исследования динамики фотоиндуцированного поглощения света как в номинально чистых, так и в легированных кристаллах силленитов при воздействии непрерывного квазимонохроматического излучения полупроводниковых и лазерных пикосекундных импульсов. Развита теоретическая модель фотоиндуцированного перераспределения электронов, позволяющая учесть влияние температуры кристалла на электроны, находящиеся на промежуточном уровне, за счет сопоставления этому энергетическому положению двух возможных состояний, отличающихся сечениями фотоионизации. Представлена методика численного анализа, в которой учитываются большие различия в скоростях процессов фотовозбуждения электронов в зону проводимости, их рекомбинации и релаксации к исходному распределению по дефектным центрам при воздействии пикосекундных лазерных импульсов.

В третьей главе диссертации приведены результаты исследования спектров поглощения и их наведенных изменений в кристаллах силленитов при воздействии лазерного и квазимонохроматического света видимого и ближнего инфракрасного диапазона. Существующая модель поглощения модифицирована на основе учета как фотовозбуждения электронов в зону проводимости с глубоких донорных центров с нормальным законом распределения электронов по энергии ионизации, так и внутрицентровых переходов, для описания которых используется разложение спектра на компоненты гауссовой формы, а также краевое поглощения, подчиняющегося правилу Урбаха.

В четвёртой главе представлены результаты исследования температурных зависимостей оптического поглощения в кристалле титаната висмута, легированного алюминием, на фиксированных длинах волн. Показано, что при максимальной температуре нагрева < 70 °С зависимость коэффициента поглощения от температуры может быть описана в рамках известной модели термически индуцированных туннельных переходов электронов в донорно-ловушечных парах. Наблюдавшийся в цикле «нагрев–охлаждение» гистерезис при максимальной температуре нагрева, превышающей 70 °С, объясняется уменьшением количества таких донорно-ловушечных пар при нагреве и только частичным восстановлением их концентрации при охлаждении кристалла. Представлены результаты исследования термоиндуцированных изменений в спектрах оптического поглощения кристаллов силиката висмута и титаната висмута, легированного алюминием, после отжига в воздушной атмосфере. Показано, что термически индуцированные изменения спектра поглощения имеют резонансный характер и могут быть удовлетворительно описаны в рамках модели, в которой учитываются вклады в спектры поглощения как фотовозбуждения электронов в зону проводимости с глубоких донорных центров, так и внутрицентровых переходов.

Таким образом, можно выделить следующие наиболее значимые результаты работы:

1. Развита теоретическая модель фотоиндуцированного перераспределения электронов, которая позволяет учитывать влияние температуры кристалла на электроны, находящиеся на промежуточном уровне, при помощи сопоставления этому энергетическому положению двух возможных состояний, отличающихся сечениями фотоионизации, условно называемых «донорным» и «ловушечным». Разработана методика численного анализа, в которой учитываются большие различия в скоростях процессов фотовозбуждения электронов в зону проводимости, их рекомбинации и их релаксации к исходному распределению по дефектным центрам.

2. Экспериментально определены условия, при которых наблюдаются изменения в спектре оптического поглощения кристаллов силиката висмута и титаната висмута, легированного алюминием, имеющих резонансный характер как при облучении лазерным излучением видимого и инфракрасного диапазона, так и при отжиге в воздушной среде.

3. Развита теоретическая модель поглощения, учитывающая

- фотовозбуждение электронов в зону проводимости с глубоких донорных центров с нормальным законом распределения электронов по энергии ионизации;
- внутрицентровые переходы, для описания которых используется разложение спектра на компоненты гауссовой формы;
- краевое поглощения, подчиняющегося правилу Урбаха.

Приведенный в работе анализ и обобщение результатов исследований способствуют решению в частном виде фундаментальной научной задачи – выявлению особенностей фото- и термоиндуцированного примесного оптического поглощения в кристаллах класса силленитов.

5. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертационная работа представляет целостное исследование. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации Акрестиной А.С., являются обоснованными и не вызывают сомнений. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций обсуждается автором в тексте диссертации, подтверждается их сравнением с известными из литературы теоретическими и экспериментальными результатами и не вызывает сомнений.

6. Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Основные результаты диссертации изложены в 16 публикациях, в том числе 7 статей в научных журналах, которые включены в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций. В публикациях достаточно полно отражены главные результаты диссертации.

7. Автореферат

Автореферат соответствует диссертации и опубликованным по ней работам.

8. Замечания по работе

По работе и тексту диссертации можно сделать следующие замечания:

В оглавлении диссертации вынесены не только названия глав и параграфов, но и разделов параграфов, некоторые из которых не превышают двух страниц, кроме того, эти части параграфов имеют в разных параграфах одинаковые названия, например –

«Экспериментальные результаты». Имело бы смысл сделать названия, отражающие существо текста, но не выносить их в оглавление.

Не совсем понятно, почему при описании аппроксимации спектра поглощения, приведенного на рис 28а, говорится, что он «может быть описан суммой пяти гауссовых компонент с параметрами, приведенными в таблице 4.3», поскольку обозначения и единицы измерения не совпадают на рис. 28а и в таблице 4.3. Кроме того, не ясно, чем руководствуется автор при выборе числа независимых параметров при аппроксимации экспериментально полученных спектров поглощения.

В выражении (1.1) на странице 26 левая и правая часть имеют разные размерности.

В диссертации спектры поглощения называются спектральными зависимостями оптического поглощения, что утяжеляет текст.

В тексте встречаются стилистически неудачные предложения, например «Оптические спектры пропускания в диапазоне 440–1100 нм регистрировались спектрофотометром Genesys2 непосредственно до отжига и после его воздействия на кристалл».

Однако, перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

9. Заключение

Диссертация Акрестиной А.С. является законченным исследованием, выводы основаны на большом и достоверном экспериментальном материале. Сочетание научной новизны и практической значимости позволяет заключить, что диссертация Акрестиной А.С. отвечает необходимым требованиям, а её автор, Акрестина Анна Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика».

Официальный оппонент,
заведующая лабораторией
нелинейной оптики Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки
Институт электрофизики
Уральского отделения
Российской академии наук
доктор физико-математических
наук, профессор

Наталия Дмитриевна
Кундикова

06.10.14₂

Подпись Н.Д. Кундиковой заверяю:

Ученый секретарь



Е.Е. Кокорина