

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу  
**Головиной Татьяны Геннадиевны**  
**"Особенности оптических свойств поглощающих  
и гиротропных кристаллов"**,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.18 – кристаллография, физика кристаллов

### **Актуальность темы диссертации**

Диссертационная работа Т.Г. Головиной посвящена исследованию особенностей гиротропии в довольно широком наборе оптически активных кристаллов различных классов симметрии. Проведена также оценка удельного вращения плоскости поляризации света в кристаллах лангасита – кристаллах со сложной кристаллической структурой.

В настоящее время существует большое количество научных публикаций и книг по изучению оптических свойств гиротропных кристаллов. Однако остается много нерешенных вопросов и для одноосных, и, тем более, для низкосимметричных кристаллов.

Большая часть диссертационной работы Головиной Т.Г. посвящена оптической активности кристаллов; при этом внимание автора обращено на особенности тензора гирации в кристаллах разных классов симметрии, в том числе на наличие в нем антисимметричной части, влияние которой проявляется при наклонном падении света на кристаллическую пластинку.

Все эти особенности проявления оптической активности необходимо учитывать при изучении только что выращенных кристаллов, о свойствах которых ничего не известно; для создания многослойных структур; для получения метаматериалов; при исследовании жидких кристаллов, различных органических соединений и во многих других случаях.

Рассматриваемая работа является актуальной, так как для любых физических исследований и применения кристалла необходимо знать все его физические характеристики, в том числе и параметры оптической активности.

## Структура и содержание работы

Работу Т.Г. Головиной можно разделить на две части. Первая часть посвящена еще нерешенным теоретическим вопросам, связанным с оптически активными кристаллами. Вторая часть посвящена изучению конкретных кристаллов, в частности оценке параметров оптической активности из структурных данных на примере кристаллов семейства лангасита.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов и списка цитируемой литературы. Объем диссертации составляет 178 страниц, включая 50 рисунков, 12 таблиц и список литературы из 188 наименований.

**Глава 1** посвящена описанию рассматриваемых в работе задач и используемых методов: ковариантного метода Ф.И. Федорова, метода Берремана для решения граничных задач, метода молекулярных рефракций для расчета показателей преломления, программы WinOptAct для оценки параметров оптической активности из структурных данных. Все используемые в диссертации результаты получены с помощью программы Wolfram Mathematica. Также приводятся необходимые общие литературные сведения.

**Глава 2** посвящена исследованию оптически активных одноосных кристаллов.

До сих пор в некоторых источниках считается, что существует не 18, а только 15 классов оптически активных кристаллов. Это связано с отсутствием рассмотрения влияния антисимметричной части тензора гирации  $\alpha_{12}$ . Если ее не учитывать, то планальные кристаллы ( $3m$ ,  $4mm$ ,  $6mm$ ) оказываются оптически неактивными. К тому же, при таком подходе оптическая активность в кристаллах примитивных (3, 4, 6) и аксиальных (32, 422, 622) классов проявляется одинаково. В работе показано, что при учете антисимметричной части тензора гирации величины азимутов поляризации и эллиптичностей отраженного и прошедшего света оказываются различными

при положительных и отрицательных углах падения света. Наиболее заметно это различие при углах падения, близких к углу Брюстера.

Другими интересными кристаллами оказались кристаллы инверсионно-примитивного ( $\bar{4}$ ) и инверсионно-планального ( $\bar{4}2m$ ) классов, в которых тензор гирации имеет необычный вид ( $\alpha_{22} = -\alpha_{11}$ ,  $\alpha_{33} = 0$ ,  $\alpha_{21} = \alpha_{12}$ ). В таких кристаллах вращение плоскости поляризации в направлении оптической оси отсутствует. Но, если рассмотреть поляризацию прошедшего света, оказалось, что в общем случае получаемые азимуты поляризации и эллиптичности различны при положительных и отрицательных углах падения света. На первый взгляд, это кажется необычным, но такое свойство связано с особым видом тензора гирации.

**Глава 3** посвящена исследованию особых случаев поглощающих низкосимметричных кристаллов. Обычно считается, что в поглощающих низкосимметричных кристаллах существуют четыре оптические оси. Но, как показано Ф.И. Федоровым, число оптических осей может быть и другим в зависимости от вида комплексного тензора диэлектрической проницаемости. В настоящей работе подробно рассмотрены возможные виды этих тензоров для моноклинных и триклинных кристаллов (шесть разных случаев). Изучена поляризация собственных волн для кристаллов с разным числом оптических осей.

**Глава 4** посвящена изучению низкосимметричных кристаллов, одновременно и поглощающих, и оптически активных. Рассмотрены две ситуации.

Во-первых, даже в прозрачных низкосимметричных кристаллах возможны разные положения оптических осей относительно элементов симметрии кристалла, и оптическая активность при этом проявляется по-разному. При наличии поглощения ситуация еще больше усложняется, поэтому сочетание оптической активности с поглощением дает интересные результаты. В работе приведены примеры, касающиеся, в основном,

поляризации собственных волн, на которых хорошо видны различия между рассматриваемыми кристаллами.

Во-вторых, поглощающие кристаллы могут иметь не четыре, а меньшее число оптических осей, о чем говорилось в предыдущей главе. Для таких кристаллов тоже приведены некоторые примеры.

**Глава 5**, в отличие от предыдущих глав, посвящена конкретным кристаллам. Диссертант излагает результаты оценки оптических характеристик – показателей преломления и вращения плоскости поляризации света в широко используемых в настоящее время кристаллах семейства лангасита, обладающих уникальной совокупностью физических свойств. При этом кристаллы семейства лангасита имеют одинаковую структуру, и поэтому можно оценивать их свойства, исходя из знания структуры и состава кристаллов. В настоящей работе приведены результаты расчета показателей преломления кристаллов семейства лангасита методом молекулярных рефракций. Показано, что можно провести оценку величины вращения плоскости поляризации в данных кристаллах, используя зависимость этой характеристики от двупреломления; зависимость была аппроксимирована прямой линией. Для проверки расчетов проведены измерения удельного вращения плоскости поляризации для трех кристаллов семейства лангасита, при этом их оптические характеристики удовлетворительно согласуются с расчетными.

Кроме того, с помощью программы WinOpAct автором проведены расчеты показателей преломления и удельного вращения плоскости поляризации кристаллов лангасита, исходя из структурных данных этих кристаллов. На представленных графиках видно хорошее совпадение расчетных и экспериментальных данных.

Эта же программа использовалась и для расчета оптических характеристик кристалла  $\alpha$ - $\text{HfO}_3$ .

**К наиболее важным и интересным научным результатам работы можно отнести следующие:**

1. Впервые показано, что в одноосных оптически активных кристаллах при наклонном падении световой волны на кристаллическую пластинку поляризация отраженного и прошедшего света может различаться при положительных и отрицательных углах падения света на кристалл, и это связано с особенностями тензора гирации.
2. В поглощающих низкосимметричных кристаллах, в которых обычно имеется четыре оптические оси, рассмотрены условия, при которых такой кристалл может иметь меньшее число оптических осей. В поглощающих и поглощающих оптически активных низкосимметричных кристаллах вычислена поляризация собственных волн при разных расположениях оптических осей в кристалле.
3. Для ряда кристаллов семейства лангасита проведена на основе структурных данных оценка показателей преломления и вращения плоскости поляризации света. В результате проведенных расчетов и измерений для некоторых кристаллов семейства лангасита было показано, что удельное вращение плоскости поляризации света связано с двупреломлением приблизительно линейной зависимостью.
4. Некоторые результаты, касающиеся одноосных и двуосных кристаллов, можно было бы использовать в каких-либо учебниках и справочниках по кристаллооптике, так как они относятся к вопросам, на которые до сих пор обращали мало внимания.

#### **Достоверность полученных результатов.**

Достоверность представленных в работе результатов подтверждается использованием современных методов расчета и программного обеспечения. Достоверность результатов, полученных для кристаллов семейства лангасита, подтверждается сравнением полученных значений удельного вращения плоскости поляризации света с экспериментальными данными для некоторых использованных кристаллов.

#### **Замечания по диссертационной работе:**

Замечаний, как таковых, нет. Есть вопросы и пожелания.

1. В главе 3 рассматриваются кристаллы с разным числом оптических осей. Могут ли существовать такие кристаллы в реальности? Как увидеть в эксперименте, сколько оптических осей в кристалле?
2. Обычно рефракцию считают по среднему показателю преломления, но в рассматриваемой работе приводятся данные отдельно по обыкновенному и необыкновенному показателям. Каким образом это было рассчитано, и сопоставлялись ли полученные данные с традиционными результатами по рефракции?

### **Заключение**

В целом диссертационная работа Т.Г. Головиной, представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, является самостоятельно выполненной, законченной научно-исследовательской работой, посвященной актуальным проблемам современной физики. Содержание диссертации соответствует специальности 01.04.18 – кристаллография, физика кристаллов. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Головина Татьяна Геннадиевна, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – кристаллография, физика кристаллов.

Официальный оппонент

К.ф.-м.н., научный сотрудник  
кафедры общей физики  
физического факультета  
Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова  
Глушкова Татьяна Михайловна

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова,  
д. 1, стр. 2, Физический факультет, рабочий телефон: 8-495-939-14-89

E-mail: glu ta mi@mail.ru

*26.05.2017*

Декан физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
проф. Сысоев Н.Н.

