

ОТЗЫВ

Официального оппонента РОМАШКО Романа Владимировича, д.ф.-м.н., член-корреспондента Российской академии наук, на диссертационную работу САВЧЕНКОВА Евгения Николаевича на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Дифракция световых волн на регулярных доменных структурах в сегнетоэлектрических кристаллах LiNbO_3 и LiTaO_3 » по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

В диссертации Е.Н. Савченкова выполнен цикл экспериментальных исследований регулярных доменных структур (РДС), созданных электрической переполяризацией в легированных оксидом магния сегнетоэлектрических кристаллах ниобата и танталата лития, с использованием методов дифракции лазерного излучения и нестационарной фотоэкс. Для описания наблюдаемых явлений автор разработал теоретические модели возмущений диэлектрического тензора, создаваемых как доменными стенками РДС, так пространственной электрооптической модуляцией, в случае приложения к кристаллу внешнего электрического поля.

Периодически поляризованные структуры с пространственной модуляцией вектора поляризации находят широкое применение в задачах преобразования длины световых волн и модуляции лазерного излучения, что и определяет значимость представленной работы. Такие кристаллы как ниобат и танталат лития симметрии $3m$ относятся к часто и широко используемым материалам для решения технических вопросов в этих областях. К настоящему времени методы доменной инженерии позволяют создавать структуры с высоким качеством и повторяемостью характеристик, при этом на повестке дня неизменно стоит вопрос о контроле их ключевых параметров, обеспечение которых является важной задачей.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, с выводами в конце каждой, заключения, подводящего итоги и представляющего основные результаты, а также выводов. В работу включен список сокращений и условных обозначений, список литературы состоит из 142 источника. Работа представлена на 159 страницах, содержит 35 рисунков, 3 таблицы.

Во введении описана актуальность и разработанность вопросов диссертационной работы, сформулированы её цель и задачи, теоретическая и практическая значимость, достоверность результатов, научная новизна, а также приведены выносимые на защиту научные положения. Апробация работы представлена в перечне публикаций и списке конференций, в которых докладывались полученные результаты.

Первая глава является обзорной, содержит описание работ, связанных с регулярными доменными структурами, сформированными методом электрической переполаризации в сегнетоэлектрических монокристаллах ниобата и танталата лития. В главе представлены параметры и характеристики указанных материалов, методы и способы описания и исследования периодических структур, а также области применения, в частности с целью преобразования спектральных характеристик и модуляции лазерного излучения.

Вторая глава посвящена аналитическому исследованию возмущений тензора диэлектрической проницаемости кристаллов симметрии $3m$ с ненаклонными доменными стенками в отсутствие внешнего электрического поля, а также в регулярных доменных структурах в приложенном поле и, как следствие, с влиянием линейного электрооптического эффекта.

В третьей главе приведены экспериментальные результаты исследования дифракции световых волн на регулярных доменных структурах с ненаклонными доменными стенками в кристалле $1\% \text{MgO}:\text{LiTaO}_3$. Рассмотрены дифракционные явления с преобразованием и без преобразования положения вектора поляризации, выполнен теоретический анализ этих видов дифракции.

В четвертой главе описаны теоретические и экспериментальные исследования дифракции Брэгга на РДС с наклонными доменными стенками Y -типа в кристаллах $5\% \text{MgO}:\text{LNbO}_3$. Рассматриваются варианты дифракции света без изменения вектора поляризации как в отсутствие внешнего электрического поля, так и при приложении к изучаемым образцам электрического напряжения с гармонической временной зависимостью.

В пятой главе приведены результаты исследования фотоиндуцированной проводимости регулярных доменных структур с наклонными стенками в кристаллах $5\% \text{MgO}:\text{LiNbO}_3$ методами дифракции Брэгга и нестационарной фотоэдс.

В диссертации Савченкова Е.Н. отражён значительный объём выполненных теоретических и экспериментальных работ, среди которых можно видеть новые научные результаты:

1. С использованием теории Ландау-Гинзбурга-Девоншира получены аналитические выражения, описывающие возмущения всех компонент диэлектрического тензора в оптическом диапазоне длин волн, вызванных электрическими и упругими полями доменной стенки X -типа в кристаллах симметрии $3m$ в отсутствие внешнего электрического поля.

2. Теоретически и экспериментально исследована анизотропная дифракция Брэгга в периодических доменных структурах с ненаклонными

доменными стенками Y-типа в кристалле 1%MgO:LiTaO₃ в отсутствие внешнего поля.

3. Обнаружена и экспериментально исследована методами дифракции Брэгга и нестационарной фотоэде фотоиндуцированная проводимость регулярной доменной структуры с заряженными доменными стенками Y-типа в кристалле 5%MgO:LiNbO₃, возникающая при использовании квантов света с энергией, меньшей ширины запрещенной зоны монокристаллов таких кристаллов.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии методик анализа дифракции Брэгга на периодических структурах, использующих разложения возмущений диэлектрического тензора, создаваемых доменными стенками, с использованием преобразования Фурье по дискретным пространственным гармоникам. Сфокусированный зондирующий лазерный пучок описывается в виде углового спектра плоских волн, а результирующая дифракционная картина представляет собой результат брэгговской дифракции плоских волн на этих дискретных решетках и в приближения слабой связи зондирующего и дифрагированных пучков.

Практическая значимость представленных в работе методик, экспериментальных исследований и теоретического анализа состоит в определении основных характеристик регулярных доменных структур в кристаллах ниобата и танталата лития, влияющих на эффективное применение таких структур при управлении характеристиками лазерного излучения и при преобразовании его спектрального состава.

Вместе с тем, по диссертации имеется ряд замечаний.

1. В Главе 5 делается предположение об изменении ширины запрещенной зоны (ЗЗ) в следствие возможного «эффекта изгиба зон в области заряженных доменных стенок РДС». При этом даже само уменьшение ширины запрещенной зоны не установлено, а предполагается. С целью подтверждения изменения ширины ЗЗ (в частности исключения влияния примесей) следовало бы провести сравнительное исследование спектров поглощения кристалла с наличием РДС и без РДС.

2. На рис.5.1, время увеличения дифракционной эффективности ограничено, по мнению автора, быстрым действием используемого фотоприёмника ФД-24К и составляет 0,8 с. Однако постоянная времени указанного фотоприемника – 10 мкс, и поэтому он никак не может ограничивать такой медленный процесс, характерное время которого ~1 с. В

этой связи остаётся открытым вопрос о процессах, определяющих время отклика РДС в кристалле LN.

3. Защищаемое положение 4 (с.12) и вывод 6 (с. 138): Неудачная формулировка "... наиболее резкий рост на спектральной зависимости $V_{ph}(\lambda)$ с укорочением длины волны наблюдается при $\lambda \approx 630$ нм", смысл которой становится понятен лишь после прочтения Главы 5.

4. В соответствии с выражением (1.3) для первого вклада в изменение показателя преломления, взятом из работы [31], изменение показателя преломления $\Delta n^{(1)}$ имеет размерность длины (так как $[n_w]=m$), что неверно.

5. На рис.3.5 экспериментальные данные представлены без приведения интервалов погрешностей, что затрудняет сравнение с расчётными значениями эффективности дифракции, особенно во втором и пятом порядках, где расхождения максимальны.

6. Ссылки в тексте не на те формулы, например: на стр.66 указано "... из (3.3) можно найти для исследуемой РДС...", правильно - (3.2); на с.72 и в подписи к рис.3.5 ссылка на выражение (3.5), правильно – (3.3). Сбита нумерация рисунков (после рис. 3.5)

7. Одним и тем же символом (δ) обозначается дельта-функция Дирака (с.26) и параметр, учитывающий диэлектрическую проницаемость кристалла (с.59).

8. Следовало бы пронумеровать строки в таблице 3.1 (с.70), так как в тексте идут ссылки именно на номера строк таблицы, при этом не ясно, пронумерована первая строка с обозначениями или нет (позже выясняется, что пронумерована).

9. Опечатка в термине "квазисинхронное преобразование" – в тексте "квазинхронное преобразование".

Приведенные замечания не затрагивают защищаемых автором положений и не ухудшают впечатление о работе. Диссертационная работа Савченкова Е.Н. является достаточно целостным научным исследованием, включающим новые результаты и ранее не наблюдавшиеся физические эффекты. Работа имеет высокую научную значимость и практическую ценность. Результаты работы опубликованы в 25 научных публикациях: 3 публикации в журналах из перечня ВАК, 4 публикации в журналах, индексируемых в базах Scopus и/или Web of Science; 10 публикаций в

сборниках научных трудов и материалов научно-практических конференций, входящих в РИНЦ, 8 публикаций в других научных изданиях. Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации. Научные положения и выводы диссертации обоснованы теоретическими результатами и экспериментальными исследованиями. Результаты работы представлены на международных и всероссийских конференциях. Считаю, что диссертационная работа Савченкова Евгения Николаевича «Дифракция световых волн на регулярных доменных структурах в сегнетоэлектрических кристаллах LiNbO_3 и LiTaO_3 » в полной мере отвечает требованиям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 «Физика конденсированного состояния» согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук», а ее автор Савченков Е.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв составил:

Ромашко Роман Владимирович, д.ф.-м.н., член-корреспондент Российской академии наук, профессор, Директор Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН

690041, г. Владивосток, улица Радио, дом 5

Тел.: +7 (423) 2310439

e-mail: romashko@iacp.dvo.ru

/ Ромашко Роман Владимирович /