

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Перина Антона Сергеевича
**«Фоторефрактивные волноводные и интерферометрические элементы
для нелинейного преобразования электромагнитных полей»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 01.04.03 – Радиофизика

Диссертационная работа А.С. Перина посвящена изучению возможностей управления светом с помощью оптических элементов на основе фоторефрактивных кристаллов ниобата лития. Несмотря на большой объем ранних исследований в данном направлении, в нем до сих пор остается и значительное количество нерешенных проблем. Более того, в последние годы количество открытых вопросов в этой области не только не уменьшается, а быстро растет, в первую очередь, благодаря развитию фундаментальных представлений о новых физических свойствах нелинейно-оптических систем сложной структуры и архитектуры. Например, только лишь по различным аспектам физики оптических солитонов в фоторефрактивных кристаллах сейчас ежегодно публикуется не менее нескольких десятков теоретических и экспериментальных работ. Эти обстоятельства, в свою очередь, определяют также и повышенный интерес к техническим приложениям нелинейной оптики и оптоэлектроники на элементной базе, модернизированной и адаптированной под новые задачи. Таким образом, тема диссертационной работы представляется, безусловно, актуальной.

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

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы, перечислены методы исследования, выделены научная новизна и практическая ценность, определены основные положения, выносимые на защиту. Приводятся сведения об оценке достоверности полученных данных, апробации работы, личном вкладе автора и результатах внедрения.

Первая глава представляет собой обзор литературы и посвящена описанию физических свойств фоторефрактивных кристаллов. Основной акцент логично установлен на используемом в работе кристалле ниобата лития. Автор кратко формулирует возможность формирования в этом кристалле решетки показателя преломления за счет фоторефрактивного эффекта (ФРЭ). Далее освещает несколько наиболее известных моделей ФРЭ в ниобате лития и физические явления, с которыми причинно связано появление фоторефрактивного отклика. В отдельный параграф вынесено описание пироэлектрического эффекта в ниобате лития, что представляется вполне разумным, учитывая специфику решаемых в дальнейшем экспериментальных задач. В заключение обзорной главы очень сжато вводится понятие нелинейного интерферометра Фабри-Перо (ИФП) и

перечислены выводы, которые автор сформулировал из анализа освоенной литературы.

Вторая глава диссертации посвящена описанию собственных результатов автора по изучению процессов трансформации профиля лазерного пучка в интерферометре Фабри-Перо с заполнением двухслойной фоторефрактивной рабочей средой. Исследование выполнено с помощью оригинальной экспериментальной установки, позволившей проследить временную динамику профиля интенсивности выходного лазерного пучка по мере формирования фоторефрактивной линзы в таком ИФП, сопровождаемую переключением собственных мод. Результаты численного моделирования распределения интенсивности света в модах сопоставлены с полученными экспериментальными данными. Завершается глава формулировкой выводов и первого защищаемого положения.

В третьей главе диссертации приведены результаты экспериментов автора по однопучковой записи элементарных решеток показателя преломления в объеме фоторефрактивного интерферометра Фабри-Перо с контролируемой величиной клина по отношению к плоскостям отражения. Экспериментально доказана возможность записи подобных решеток в используемой среде заполнения ИФП в однопучковом режиме экспозиции. Автор демонстрирует, что период записанной решетки определяется углом клина. Кроме того, показана независимость периода получаемых решеток от направления волнового вектора падающей волны при небольшом рассогласовании с нормалью к входной грани фоторефрактивного ИФП на кристалле ниобата лития. Последний результат отнюдь не тривиален в случае нелинейных интерферометров и представляет практический интерес. В заключительном параграфе главы также формулируются выводы и второе защищаемое положение.

Четвертая глава диссертации представляет собой описание достаточно емкой экспериментальной серии, цель выполнения которой автор фактически определяет как изучение возможности и особенностей фазовой записи волноводных элементов в объеме легированных и номинально беспримесных монокристаллов ниобата лития при намеренном усилении добавочного фактора влияния – пирозлектрического эффекта. Такой способ записи потребовал предварительного исследования дифракционной расходимости лазерного пучка, распространяющегося в фоторефрактивном кристалле при дополнительном внешнем нагреве. В результате показана возможность частичного или полного подавления дифракции луча в зависимости от параметров эксперимента и типа образца. Далее, используя найденные режимы, автор применяет уже откалиброванную комплексную методику к записи волноводных массивов через амплитудную маску и доказывает ее эффективность. В заключительном параграфе главы 4 традиционно формулируются выводы, а также третье защищаемое положение.

В заключении диссертации перечислены основные полученные результаты.

Список литературы содержит 108 пунктов, что вполне достаточно для имеющегося объема работы в 104 страницы (с приложениями).

Приложение содержит копии следующих документов, полученных автором работы: патент на полезную модель; свидетельство о регистрации программы для ЭВМ; два акта внедрения результатов в учебный процесс и НИР ТУСУР.

Научная новизна диссертации заключается в том, что в ней:

- Впервые экспериментально реализован процесс модовой конверсии в нелинейном интерферометре Фабри-Перо с двухслойной фоторефрактивной средой заполнения – монокристаллом ниобата лития, легированным фоторефрактивными примесями в приповерхностной области;
- Исследованы процессы фазовой записи в объеме фоторефрактивного ИФП на ниобате лития в однопучковом режиме экспозиции;
- Экспериментально доказана возможность эффективной записи волноводных каналов в кристаллах ниобата лития в условиях компенсированной дифракции пучков накачки при активации пироэлектрического отклика фоторефрактивной среды.

Практическая значимость результатов заключается в: демонстрации новых возможностей создания оптически управляемых фазовых транспарантов для коррекции волнового фронта когерентных световых пучков (глава работы 2); разработке новых методов получения динамических дифракционных элементов с заданной топологией на основе фоторефрактивных кристаллов (главы 3,4).

Выдвигаемые автором положения и выводы научно обоснованы.

Достоверность полученных результатов обеспечена ввиду: применения физически обоснованных экспериментальных методов исследования; упоминаемой автором, статистической воспроизводимости результатов; отсутствия фактических противоречий с известными данными работ того же направления других авторов.

Материал диссертации, в целом, изложен вполне грамотно, с применением устоявшихся терминов и словосочетаний. Тем не менее, отдельные фрагменты работы могли бы быть дополнительно пояснены автором, поэтому считаю необходимым сформулировать следующие замечания и вопросы:

1. В обзорной главе 1 диссертационной работы, на стр.20, автор указывает на важнейшее, по его мнению, требование для формирования объемного заряда (а, следовательно, и появления ФРЭ) в кристалле ниобата лития как необходимость наличия "...примесных центров в запрещенной зоне

кристалла...". Данное заключение является спорным, тем более, что и сам автор, например, в 4 главе на стр.72 (середина последнего абзаца) отмечает, что кристалл LiNbO_3 , использованный им в одном из экспериментов этой главы не был легирован никакими примесями, но обладал сильным ФРЭ. Вероятно, необходимо уточнение формулировок по данному вопросу.

2. В главе 2, при анализе модовой конверсии в использованном ИФП (стр.43-46), автор оперирует исключительно действительной частью показателя преломления фоторефрактивного материала. Однако в описанных в главе 2 условиях эксперимента, должно наблюдаться заметное поглощение света в легированном слое кристалла. В таком случае следует учитывать комплексный характер показателя преломления, и, возможно, также известный эффект светоиндуцированного просветления, иногда наблюдаемый в легированных кристаллах LiNbO_3 . Т.к. этого не сделано, то стоило указать причины пренебрежения оптическим поглощением образца.

3. В главе 2 на рис.2.11 (стр.48) видно существенное расхождение результатов выполненной полиномиальной аппроксимации распределения интенсивности света для высших мод в ИФП с данными эксперимента. В тексте работы не удалось найти ни упоминания автором об этом расхождении, ни его анализа.

4. В главе 4 автор интерпретирует появление индуцированного канала, в котором наблюдается распространение лазерного пучка без дифракции, как результат дополнительного влияния пирозлектрического поля. В этих экспериментах кристалл может нагреваться до температуры в 80°C (рис.4.5, стр.75), при которой во многих образцах ниобата лития значительно растет темновая проводимость электронного и ионного типов. Гипотетически, только один этот факт может привести к схожим последствиям в отношении формирования канала, даже без учета пирополя. Заключение автора о влиянии пирополя несомненно верное, однако обоснования выбора именно такой интерпретации в тексте работы обнаружить не удалось.

5. Текст диссертаций не везде удачно сформатирован. Так подписи к рисункам 2.6 (стр.40 диссертации), 2.9 (стр.42, там же), 3.7 (стр.60, там же) располагаются на двух страницах, а не локализованы строго под рисунками. Имеются мелкие опечатки и неудачно сформулированные предложения. Например, присутствует яркая фраза на стр.45 диссертации и стр.10 автореферата о "...многолучевой интерференции светового пучка с нелинейной оптически индуцированной линзой...". Вместе с тем, концепция работы хорошо просматривается и в основном тексте и в автореферате, поэтому некоторые опечатки и неточности совершенно не меняют общего смысла.

В целом, работа производит благоприятное впечатление. Материалы, представленные в диссертации, опубликованы в изданиях отвечающих требованиям ВАК и обсуждались на Международных и Всероссийских научных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание текста

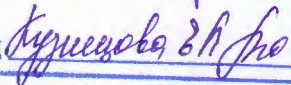
работы. Тема диссертации, и ее содержание соответствуют специальности 01.04.03 – радиофизика.

Считаю, что диссертационная работа А.С. Перина является завершенным исследованием, подтверждает личный вклад соискателя в развитие технических приложений современной оптоэлектроники, удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

кандидат физ.-мат. наук,
доцент кафедры экспериментальной физики
Кемеровского государственного университета




Севостьянов Олег Геннадьевич

д.т.н., доцент


ФГБОУ ВПО Кемеровский государственный университет (КемГУ),
650043 г. Кемерово, ул.Красная, д.6,
физический факультет, кафедра экспериментальной физики,
e-mail: sevostyanov@kemsu.ru,
тел. (3842) 583195 - деканат физического факультета КемГУ

11.12.2014

