

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Щербины Весты Вячеславовны «**Нелинейно-оптические эффекты на периодически поляризованных структурах в оптических волноводах на ниобате лития**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

Диссертационная работа В.В. Щербины посвящена изучению особенностей нелинейно-оптических явлений при распространении света в оптических LiNbO_3 волноводах, имеющих ориентированную регулярную доменную структуру. С уникальными свойствами подобных систем, также обозначаемых в литературе как ППС (периодически поляризованные структуры) или ПДС (периодические доменные структуры), сегодня связываются перспективы создания многокаскадных интегрально-оптических конверсионных устройств, предназначенных для эффективного управления лазерным излучением различных частотных диапазонов. Таким образом, актуальность работы не вызывает сомнений.

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

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы, обозначены предполагаемые методы исследования, выделены научная новизна и практическая значимость, а также определены основные положения, выносимые на защиту. Приводятся сведения об оценке достоверности полученных данных, личном вкладе автора и структуре диссертации.

Первая глава является полностью обзорной. Автором выполнен анализ физических процессов, происходящих при распространении света в оптических волноводах и периодических доменных структурах создаваемых в кристаллах ниобата лития. Описаны способы визуализации и исследования ПДС. На основании данного анализа устанавливаются приоритеты работы в области изучения эффективности генерации второй гармоники (ГВГ) лазерного излучения в режиме квазисинхронизма на ППС в волноводах Ti:LiNbO_3 и Zn:LiNbO_3 . Дополнительной задачей автор определяет теоретическое исследование конверсионной волноводной системы, предназначенной для генерации излучения в ТГц диапазоне.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию формирования и свойств поверхностных ПДС, создаваемых на подложках монокристаллов LiNbO_3 и в титан-диффузионных волноводах на их основе. Подробно описаны: методы и результаты оценки основных параметров полученных волноводов Ti:LiNbO_3 ; примененная методика формирования ПДС сканирующим электронным пучком; метод микроскопии ГВГ для

визуализации и оценки качества ПДС; анализ полученных результатов экспериментов по волноводной ГВГ.

В третьей главе диссертации представлены результаты экспериментов по созданию и исследованию свойств оптических волноводов Zn:LiNbO_3 и систем Zn:LiNbO_3 с ППС. Автором доказывается эффективность разработанной и защищенной патентом, технологии высокотемпературной диффузии из пленки оксида цинка для получения цинк-диффузионных волноводов в ниобате лития. Показана работоспособность предложенного модифицированного метода модовой спектроскопии с определением эффективных показателей преломления (ЭПП) исследуемых волноводов по сигналу второй гармоники. Представлены результаты по ГВГ-визуализации созданных массивов ПДС с указанием на новые возможности данного метода в отношении контроля распределения интенсивности света по пространственной координате.

Четвертая глава диссертации содержит описание результатов моделирования оригинальной волноводной щелевой конверсионной системы, потенциально пригодной для генерации ТГц излучения. Автор доказывает возможность появления ТГц генерации на разностной частоте инфракрасных волн накачки в системе двух связанных оптических волноводов, каковыми могут являться, например, волноводы Ti:LiNbO_3 . Условия синхронизма автор предлагает добиваться с помощью ППС и приводит оценку эффективности такого оптического устройства.

В заключении диссертации перечислены основные результаты работы.

Приложение содержит копию документа, подтверждающего внедрение результатов в учебный процесс ТУСУР.

Научная новизна диссертации заключается в том, что в ней:

- экспериментально доказана возможность ГВГ лазерного излучения с длиной волны 1053 нм при квазисинхронизме на периодических доменных структурах, создаваемых сканирующим электронным пучком в оптических волноводах Ti:LiNbO_3 и Zn:LiNbO_3 ;
- в результате теоретического анализа модели ПДС в волноводном слое, определены дополнительные факторы влияния параметров таких структур на эффективность конверсии излучения лазерной накачки во вторую гармонику;
- впервые исследована зависимость эффективности генерации ТГц излучения от конфигурации симметричной щелевой структуры на основе волноводов Ti:LiNbO_3 .

Практическая значимость результатов продемонстрирована на примере генерации второй гармоники лазерного излучения на ПДС, создаваемых в волноводах исследуемых типов, что позволяет решать ряд актуальных задач современной интегральной оптики. Кроме того, предложенная в главе 4 концепция интегрально-оптической системы ТГц генерации может

способствовать развитию технического направления по созданию сверхкомпактных источников ТГц излучения. У автора работы также имеется патент РФ на один из способов получения планарного оптического волновода методом диффузии цинка в монокристаллическую подложку ниобата лития.

Выдвигаемые автором положения и выводы научно обоснованы.

Достоверность полученных результатов обеспечена в результате: применения отработанных и проверенных опытом экспериментальных методов исследования; использования глубоко продуманных алгоритмов моделирования нелинейных оптических процессов; отсутствия фактических противоречий с известными данными других исследовательских групп.

Материал диссертации изложен грамотно и профессионально. Особенно хотелось бы отметить очень удачно сбалансированный в смысловом отношении текст главы 4, посвященной генерации излучения в ТГц диапазоне. В целом, работа производит хорошее впечатление.

Тем не менее, считаю необходимым сформулировать следующие замечания и вопросы:

1. В таблицах 2.1 и 3.1, размещенных, соответственно, на стр.58 и стр. 98 диссертации, приводятся значения ЭПП полученных волноводов, рассчитанных по данным модовой спектроскопии. На стр. 58 автором указана точность измерений угла возбуждения мод: ± 30 угловых секунд. Такое указание, вероятно, можно понимать как установку доверительного интервала в одну угловую минуту по экспериментально определяемому углу возбуждения моды. В этом случае погрешность определения ЭПП заключена уже в четвертом знаке после запятой. Автор же в данных таблицах почему-то приводит ЭПП с точностью на порядок лучшей, при этом в остальном тексте работы, за пределами указанных таблиц, ограничивается как раз четвертым или третьим знаком, что оправдано хорошей локализацией мод и не выходит за пределы погрешности измерений. Возможно, существуют специальные причины такого представления данных в таблицах. Просьба к автору дать соответствующее пояснение.
2. В конце главы 2, на стр.85 автор оценивает эффективность ГВГ в волноводе Ti:LiNbO_3 с ПДС в 8.8%. Судя по тексту, данное значение следует из прямых экспериментальных измерений с двухпризменной приставкой ввода/вывода излучения в волновод, но детали процесса измерений не упоминаются. В частности неясно, получено ли это значение с учетом коэффициентов связи призм ввода/вывода? В тексте работы не удалось найти никаких данных об оценке конкретных величин коэффициентов связи в выполненных экспериментах.
3. В главе 3 на стр.106, со ссылкой на рис.3.5 автором делается заключение о "приемлемом" качестве полученной волноводной структуры Zn:LiNbO_3 для реализации устройств интегральной оптики. Однако критерии, которыми

руководствовался автор, формулируя такое заключение, в тексте не упомянуты и из рисунка не вполне очевидны. Просьба дать пояснение по этому вопросу.

4. В главе 4 при моделировании щелевой системы ТГц генерации автор записывает соответствующие дисперсионные уравнения в приближении неистоимой накачки. Вместе с тем, учитывая относительно небольшой полученный в данной модели коэффициент ТГц конверсии, понятно, что на практике для получения экспериментально измеримого выхода ТГц излучения, систему необходимо накачивать в импульсном режиме с большой энергией в импульсе. С учетом нелинейных и фоторефрактивных свойств использованных при построении модели волноводов $Ti:LiNbO_3$, к тому же имеющих ПДС в волноводной области, пожалуй, можно уверенно прогнозировать быстрый рост потерь излучения накачки уже в самом начале работы такого генератора. Отчетливо понимая, что автор представляет в работе концепцию системы, а не ее экспериментальный прототип, все же хотелось бы сформулировать вопрос, направленный скорее в направлении будущих исследований: есть ли у автора предложения по преодолению подобных затруднений в этой оригинальной и очень красивой системе?

5. Хотя текст работы хорошо отредактирован, все же имеются единичные мелкие опечатки, не влияющие на понимание смысла.

Сделанные замечания не снижают высокой оценки работы. Материалы, представленные в диссертации, опубликованы в изданиях отвечающих требованиям ВАК и обсуждались на многих Международных и Всероссийских научных конференциях. Автореферат правильно отражает содержание текста работы. Тема диссертации, и ее содержание соответствуют специальности 01.04.05 – оптика.

Считаю, что диссертационная работа В.В. Щербины является завершенным исследованием, подтверждает личный вклад соискателя в развитие выбранного научного направления, удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

кандидат физ.-мат. наук,

доцент кафедры экспериментальной физики

Кемеровского государственного университета

Севостьянов Олег Геннадьевич

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

13.10.2014

Подпись

Заверяю:

Начальник о/к

