

## ОТЗЫВ

### на автореферат диссертации

**«Оптико-терагерцовые конверторы на основе электрооптических кристаллов с неколлинеарным распространением импульса накачки и терагерцовых волн»**

по специальности 1.3.19. – Лазерная физика

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

В связи с возможностями применения излучения ТГц частотного диапазона для различных приложений активно развивающихся методов ТГц спектроскопии и ТГц имиджинга (в биологии, медицине, в промышленности для неразрушающего контроля материалов и т.д.) предъявляются все более высокие требования к методам генерации ТГц излучения. При этом возникает необходимость совершенствования этих методов, в частности, одного из наиболее распространенных подходов – на основе выпрямление фемтосекундных лазерных импульсов ближнего инфракрасного диапазона в электрооптических (квадратично нелинейных) кристаллах достижения более широкого спектра и более высокой интенсивностью. Поэтому тема диссертационной работы Абрамовского Никиты Андреевича, связанная с развитием нелинейно-оптических методов конверсии фемтосекундных лазерных импульсов в терагерцовое излучение в электрооптических кристаллах в условиях неколлинеарного распространения лазерного импульса накачки и генерируемых терагерцовых волн является актуальной задачей.

В ходе диссертационной работы автором исследованы возможности генерации ТГц излучения при неколлинеарном распространении фемтосекундного лазерного импульса накачки и генерируемых ТГц волн в электрооптических кристаллах. Главными результатами диссертационной работы являются разработка конвертера фемтосекундных лазерных импульсов со скошенным фронтом в терагерцовое излучение на основе структуры, состоящей из пластины ниобата лития толщиной около 1 мм, диэлектрической призмы для ввода лазерного излучения в слой и кремниевой призмы для вывода терагерцового излучения из слоя а также конвертера фемтосекундных лазерных импульсов в терагерцовое излучение с равномерным спектром и коллимированным выходным пучком, выполненного на основе структуры, состоящей из тонкого (толщиной 30-50 мкм) слоя кристалла ниобата лития, расположенного между двумя кремниевыми призмами полного внутреннего отражения. Кроме того, в ходе исследований полученного ТГц излучения показана возможность масштабирования энергии генерируемого черенковскими оптико-терагерцовыми конвертерами ТГц излучения путем увеличения поперечного размера конвертера до нескольких см, соответствующего расширения в этом направлении пучка накачки телескопом из цилиндрических линз и увеличения энергии импульса накачки до сотен мкДж. Также автором предсказан теоретически и подтвержден экспериментально эффект уширения спектра черенковского ТГц излучения, генерируемого при оптическом выпрямлении фемтосекундных лазерных импульсов в электрооптических кристаллах в режиме многофотонного поглощения лазерной накачки, что связано с излучением от тока свободных носителей, генерируемых в кристалле при многофотонном поглощении лазерного импульса и ускоряемых электрическим полем выпрямленного лазерного импульса.

Работа не свободна от некоторых замечаний:

1) Присутствует невычитанность автореферата. Например, в подписи к рис.2 («эффективность конверсии в зависимости от энергии накачки при различной длительности импульса и ширине пучка накачки») указано, что приводится сравнение старой схемы (синий цвет) и новой (красный цвет), однако на рис.2б – данные для 6 мм (пустые) и 4 мм (заполненные) еще и разного цвета (красные и розовые). Из текста автореферата непонятно, как оценивалась эффективность конверсии.

2) При представлении результатов экспериментального исследования конвертера со слоем ниобата лития толщиной 55 мкм, при накачке титан-сапфировым

усилителем автор пишет, что «Полученные осциллограммы и спектры терагерцовых импульсов (рис. 3)...», тогда как экспериментальные осциллограмма и спектр представлены на рис.5. Кроме того, в автореферате утверждение, что они «хорошо согласуются с численным расчетом», ничем наглядно не подкреплено.

3) В 4 главе, где приведены результаты теоретического и экспериментального исследования особенностей черенковского ТГц излучения при оптическом выпрямлении фемтосекундных лазерных импульсов в электрооптических кристаллах в режиме многофотонного поглощения высокоинтенсивной лазерной накачки и генерации свободных носителей, для подтверждения согласования экспериментальных результатов с результатами численного моделирования нужно было бы привести и последние. Кроме того, анализируемую систему уравнений тоже лучше было бы привести для наглядности (формулы вообще в автореферате отсутствуют).

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости работы.

Работы Н.А.Абрамовского известны специалистам. Результаты диссертационной работы опубликованы в 5 научных работах в высокорейтинговых изданиях (в том числе, Optics letters (Q1), Physical Review B (Q1), Optics. Express (Q1)), входящих в Web of Science и/или Scopus и включенных в перечень ВАК, и представлены в 5 докладах международных и российских конференциях.

Исследование рассмотренных в диссертации вопросов выполнено на высоком научном уровне, результаты являются новыми и практически значимыми. Достоверность результатов и выводов не вызывает сомнений.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и соответствует специальности 1.3.19 – Лазерная физика, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» № 842 от 24.09. 2013 (ред. от 28.08.2017). В связи с этим считаю, что диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Абрамовский Никита Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. – «Лазерная физика».

**Вакс Владимир Лейбович,**

кандидат физико-математических наук, (01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики)  
заведующий Отделом терагерцовой спектроскопии

Института физики микроструктур РАН – филиала

Федерального государственного бюджетного научного учреждения

«Федеральный исследовательский центр

Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова–Грехова

Российской академии наук»

(ИФМ РАН),

ул. Академическая, д. 7, д. Афоново, Нижегородская обл., Кстовский район, 603087, РФ,

Телефон: +7(951)908 89 41,

E-mail: [vax@ipmras.ru](mailto:vax@ipmras.ru).

Владимир Лейбович Вакс

Я, Владимир Лейбович Вакс, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела Н.А.Абрамовского.

Владимир Лейбович Вакс

« 10 » сентября 2023 г.

Подпись Владимира Лейбовича Вакса заверяю  
Зам.директора Института физики микроструктур РАН  
– филиала Федерального государственного  
бюджетного научного учреждения  
«Федеральный исследовательский центр  
Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова–Грехова  
Российской академии наук» (ИФМ РАН),  
доктор физ.-мат. наук, проф.



Владимир Изяславович Гавриленко