

Отзыв на автореферат диссертации Зайцева Кирилла Игоревича
«Импульсная спектроскопия и микроскопия биологических тканей
в терагерцовом диапазоне», представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика

Терагерцовый диапазон представляет особый интерес для различных приложений, включая спектроскопию газов и конденсированных сред, радарные системы, неразрушающий контроль конструкционных материалов, экологический мониторинг, контроль качества фармацевтической и химической продукции, астрономию, медицину и многие другие. Тем не менее, ТГц биофотоника по-прежнему остается новым направлением научных исследований, в котором накоплен весьма ограниченный объем знаний о взаимодействии ТГц излучения с биологическими тканями и жидкостями, что ограничивает применение ТГц техники в биомедицинских приложениях. Диссертационная работа Кирилла Игоревича Зайцева как раз посвящена разработке физико-математических моделей взаимодействия ТГц электромагнитного излучения с пространственно неоднородными объектами спектроскопических и микроскопических исследований, включая биологические ткани, а также методов оценки эффективных ТГц оптических свойств и мезомасштабной гетерогенности таких объектов.

В рамках диссертационной работы предложены новые физико-математические модели взаимодействия ТГц импульсного излучения с плоско-слоистыми средами в импульсной спектроскопии и непрерывного ТГц излучения с объектом исследования в микроскопии субволнового разрешения, использующей эффект твердотельной иммерсии. Разработан новый метод ТГц микроскопии субволнового разрешения, использующий эффект твердотельной иммерсии и иммерсионную полусферу из высокоомного кремния, адаптированный для визуализации биологических тканей и преодолевающий дифракционный предел Аббе. Впервые экспериментально зарегистрированы терагерцовые микроскопические изображения различных биологических тканей *ex vivo*. Впервые экспериментально изучены терагерцовые оптические свойства водных растворов агентов, применяемых в иммерсионном оптическом просветлении тканей. Впервые экспериментально изучены эффективные терагерцовые оптические (диэлектрические) свойства *in vivo* обыкновенных и диспластических невусов кожи и здоровой кожи человека, свежееисеченных интактных тканей головного мозга человека и глиом различной степени злокачественности. Для интактных тканей и глиом человека построены модели эффективной ТГц комплексной диэлектрической проницаемости.

Убедительным подтверждением значимости диссертационной работы Зайцева К.И. служат приведенные в автореферате сведения о возможности применения терагерцовой спектроскопии и микроскопии в медицинской диагностике социально значимых заболеваний, дифференциации обыкновенных и диспластических невусов кожи, а также глиом головного мозга.

Работа проведена на высоком научном уровне и представляет собой законченное научное исследование. Актуальность, научная новизна и практическая значимость работы не вызывают сомнений. Достоверность полученных результатов обеспечена корректным использованием общепринятых положений фундаментальных наук и подтверждена сравнением с экспериментальными данными. Автореферат диссертации составлен с соблюдением установленных требований и дает адекватное представление о работе. Основные

результаты и выводы диссертации представляются обоснованными, новыми и достоверными. Результаты изложены в 59 статьях, опубликованных в ведущих журналах, входящих в международные реферативные базы данных WOS и Scopus, 3 главах в монографиях и 6 патентах РФ и широко известны по многочисленным докладам на российских и международных конференциях.

К диссертанту возникло одно замечание. Разработанный метод оценки оптических свойств объекта в терагерцовой импульсной спектроскопии учитывает конечный размер временного окна, в котором регистрируются сигналы, и использует процедуру аподизации аналогично ИК Фурье-спектроскопии. Из автореферата неясно, какой именно аподизационный фильтр применяется в диссертации для подавления краевых эффектов?

Вышесказанное замечание не имеет принципиального значения и никоим образом не ставит под сомнение достоверность полученных экспериментальных данных, научную значимость и корректность сделанных выводов.

Считаем, что работы Зайцева К.И., составившие основу диссертации, являются крупным научным достижением в оптике и вносят существенный вклад в развитие терагерцовой импульсной спектроскопии и микроскопии биологических тканей. В целом диссертационная работа заслуживает самой высокой оценки.

Все сказанное позволяет утверждать, что данная диссертационная работа полностью соответствует требованиям, установленным для докторских диссертаций в п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Зайцев Кирилл Игоревич, безусловно заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика.

Я, Кведер Виталий Владимирович, даю согласие на обработку данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.392.06, и их дальнейшую обработку.

Кведер Виталий Владимирович,

доктор физико-математических наук,

профессор, академик РАН, научный руководитель

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна (ИФТТ РАН)

Российской академии наук (ИФТТ РАН),

142432, РФ, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 2,

телефон: +74965228361, E-mail: kveder@issp.ac.ru

Я, Курлов Владимир Николаевич, даю согласие на обработку данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.392.06, и их дальнейшую обработку.

Курлов Владимир Николаевич,

доктор технических наук, главный научный сотрудник,

заведующий лабораторией профилированных кристаллов ИФТТ РАН

телефон: +79637701574, E-mail: kurlov@issp.ac.ru

Подписи Кведера В.В. и Курлова В.Н. заверяю.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
ИФТТ РАН
ТЕРЕЩЕНКО А.Н.

16.10.2023 г.

