

## ОТЗЫВ

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

В диссертации К.И. Зайцева решаются совокупности актуальных проблем оптики и биофотоники, связанных с разработкой новых методов и инструментов терагерцовой спектроскопии и микроскопии биологических объектов, а также с изучением эффектов взаимодействия терагерцового излучения с такими объектами, включая интактные ткани и новообразования различной локализации и нозологии. Результаты диссертации способствуют развитию оптики и биофотоники терагерцового диапазона и приближают методы терагерцовой спектроскопии и визуализации к клинической практике.

В диссертации предложен новый метод терагерцовой микроскопии, обеспечивающий одновременно суб-волновое пространственное разрешение (за дифракционным пределом Аббе) и высокую энергетическую эффективность (благодаря отсутствию в оптической схеме субволновых диафрагм / кантилеверов). Предложены физико-математические модели взаимодействия терагерцового излучения с объектом исследования в импульсной спектроскопии и микроскопии. На их основе разработаны методы решения обратных задач импульсной спектроскопии и микроскопии, связанные с оценкой эффективных оптических / диэлектрических свойств объекта исследования, а также их мезомасштабных флуктуаций. С помощью этих методов получены новые знания о взаимодействии терагерцового излучения с тканями. Во-первых, впервые выявлена оптическая неоднородность ряда тканей в масштабе терагерцовой длины волны, оценены параметры рассеяния в них терагерцового излучения и сформулирована проблема построения теории переноса терагерцовых волн в таких средах. Во-вторых, впервые показана возможность дифференциации здоровой кожи, обыкновенных и диспластических невусов на основе анализа их эффективных терагерцовых оптических свойств. В-третьих, впервые продемонстрирована возможность дифференциации интактных тканей и глиом головного мозга различной степени злокачественности на основе анализа их отклика на терагерцовых частотах; разработаны модели терагерцового диэлектрического отклика тканей мозга; показана вариабельность этого отклика ввиду оптической неоднородности тканей.

О большом объеме полученных в диссертации результатов, их научной новизне, практической значимости и достоверности свидетельствует высокий уровень их опубликования в научных журналах. По диссертации вышли 59 научных работ; все – в журналах перечня ВАК РФ, индексируемых в Web of Science / Scopus. Большая доля работ в журналах уровня Q1–Q2. Практическая значимость работы связана с наглядной демонстрацией возможности применения разработанных методов в диагностике новообразований, относящихся к социально значимым заболеваниям человека.

По диссертации имеется **замечание**:

- Из автореферата неясно, оценивались ли такие параметры, как чувствительность, специфичность и точность, при изучении возможности дифференциации



интактных тканей и новообразований кожи и головного мозга терагерцовыми методами.

- Можно ли повысить эффективность дифференциации интактных тканей и новообразований, дополнив терагерцовую спектроскопию и микроскопию методами машинного обучения? Рассматривались ли подобные подходы соискателем или другими научными группами?

Отмеченные замечания не снижают общий высокий уровень диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Импульсная спектроскопия и микроскопия биологических тканей в терагерцовом диапазоне» Зайцева Кирилла Игоревича удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ к докторским диссертациям, а также соответствует паспорту специальности 1.3.6. Оптика. Ее автор заслуживает присвоения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Захаров Валерий Павлович,  
доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой лазерных и биотехнических систем  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева» (Самарский университет),  
Россия, г. Самара 443086, ул. Московское шоссе, д. 34,  
E-mail: [zakharov@ssau.ru](mailto:zakharov@ssau.ru),

Я, Захаров Валерий Павлович, даю свое согласие на обработку моих персональных данных и их включение в аттестационные материалы соискателя согласно Приказу Минобрнауки РФ # 662, 01.07.2015.

В.П. Захаров

