

## Отзыв

официального оппонента Шкуринова Александра Павловича на диссертационную работу Чопоровой Юлии Юрьевны «Применение пучков монохроматического терагерцового излучения для исследования пространственных и спектральных характеристик конденсированных сред», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

Терагерцовый (ТГц) диапазон частот электромагнитного излучения продолжает оставаться наиболее неосвоенный диапазон электромагнитных волн как в смысле применения его в фундаментальных исследованиях в оптике, так и в большом количестве различных научных дисциплин и технологических приложений. И это несмотря на то, что ему в последнее десятилетие уделяется повышенный интерес. Есть несколько направлений в развитии ТГц технологий, которые формируют прорывной характер его применений. Одним из важнейших применений терагерцовых технологий является визуализация частично прозрачных в этом диапазоне частот объектов методами терагерцовой томографии и голографии. Это важно, так как многие среды и материалы прозрачны в терагерцовом диапазоне, что позволяет достичь глубокого проникновения излучения в исследуемый объект. Как раз это направление и есть одно из трех тем, развиваемых в рамках предлагаемой к защите диссертации. Существуют различные источники ТГц излучения, которые определяют качество получаемых изображений. Для данной работы важно, что источником излучения является лазер на свободных электронах, который обладает уникальным качеством излучения и высокой монохроматичностью.

Диссертация Чопоровой Юлии Юрьевны посвящена разработке и исследованию новых методов изучения пространственных и спектральных характеристик конденсированных сред в ТГц диапазоне спектра – классической ТГц голографии, эллипсометрии, в том числе в элементах нарушенного полного внутреннего отражения, а также развитию методов исследования конденсированных сред с помощью пучков с орбитальным угловым моментом, до настоящего момента не использовавшиеся в ТГц спектральном диапазоне. В частности, впервые сформированы

поверхностные плазмон-поляритоны, используемые для исследования свойств поверхностей.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, одного приложения и изложена на 154 страницах, включая 94 иллюстрации, и содержит 149 наименований библиографии.

**Во введении** обсуждается актуальность поставленной научной задачи, определяемая необходимостью разработки новых методов, ставятся цель и задачи диссертации.

**Первая глава** носит обзорный характер и в ней рассмотрен принцип работы Новосибирского ЛСЭ, приведены основные параметры его излучения. Описаны методы измерения параметров ТГц излучения использованные в диссертационной работе. Рассмотрены принципы работы и основные параметры пироэлектрического детектора, термочувствительного люминесцентного экрана и неохлаждаемого матричного микроболометрического приемника которые использованы в качестве приемников в терагерцовом диапазоне. Представлены результаты исследований их характеристик с использованием излучения Новосибирского ЛСЭ.

**Вторая глава** посвящена реализации общих принципов эллипсометрических исследований в ТГц диапазоне, приведен обзор существующих методов с различными источниками терагерцового излучения. В основе работы терагерцового эллипсометра лежит динамическая фотометрическая схема «поляризатор-образец-анализатор» с вращающимся анализатором. Представлены результаты измерения тестовых образцов.

**Третья глава** посвящена разработке голографических методов получения изображений в ТГц диапазоне.

**В четвёртой главе** изучена возможность генерации и использования терагерцовых пучков с орбитальным угловым моментом для исследования конденсированных сред.

Таким образом, диссертация Чопоровой Юлии Юрьевны представляет собой законченное исследование, имеющее неоспоримую новизну и научно-практическую

значимость - впервые сформированы поверхностные плазмон-поляритоны терагерцового диапазона, используя пучки с орбитальным угловым моментом. Обнаружен новый эффект – зависимость эффективности генерации поверхностных плазмон-поляритонов от локального направления вектора Пойнтинга закрученного пучка.

Представленная работа несвободна от недостатков. В тексте диссертации нечетко сформулирована цель работы и не представлены конкретные задачи, решаемые в ней. Введение недостаточно четко проясняет общую структуру диссертации. В некоторой степени не хватает логической связи между отдельными главами работы и разделами внутри этих глав. При описании свойств пучка лазера на свободных электронах в главе 1 неоднократно упоминается радиус либо диаметр пучка, но указанные размеры всякий раз отличаются от ранее приведенных. Возможно, следует конкретизировать, для какой очереди и какого режима использования ЛСЭ идёт речь. При описании детекторов излучения пропущены значения размерности камеры PI-MAX; неясно также, чем различаются между собой 8 упомянутых в тексте термочувствительных экранов. В указании порога чувствительности матрицы микроболометров ошибка в записи единиц измерения. Для некоторых графиков (например, на рисунке 1.5) не указаны размерности осей координат. Подписи к осям некоторых графиков выполнены на английском языке, некоторых – на русском языке. Можно также отметить довольно большое количество опечаток, ошибок в грамматике и пунктуации. В ряде формул, содержащих тригонометрические функции, пропущены аргументы этих функций (например, формулы на страницах 97 (формула 3.9), 98, 100). Тригонометрическая функция тангенс в одних формулах обозначена как  $\text{tg}$ , в других как  $\text{tan}$ . Некоторые ссылки не имеют номера (например, на страницах 38, 39 диссертационной работы). Подпись к рисунку 1.19 не соответствует содержанию рисунка.

Указанные замечания носят скорее методически-рекомендательный характер и являются пожеланиями на будущее. Отмеченные недостатки не меняют существа достигнутых диссертантом результатов и их значимости.

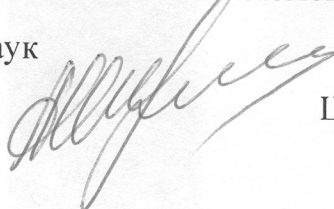
Автореферат полностью и адекватно отражает содержание диссертации. Все основные ее результаты опубликованы в реферируемых журналах. Результаты докладывались на всероссийских и международных конференциях.



Таким образом, из всего рассмотренного выше можно сделать вывод, что диссертационная работа Чопоровой Юлии Юрьевны «Применение пучков монохроматического терагерцевого излучения для исследования пространственных и спектральных характеристик конденсированных сред» полностью соответствует требованиям ВАК, п. 9 Положения о присуждении ученых степеней №842 от 25.09.2013 года (в редакции от 30.07.2014), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Чопоровой Юлии Юрьевны заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент:

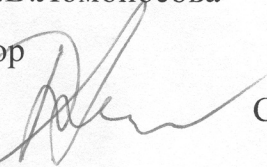
Доцент Физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова  
доктор физико-математических наук



Шкуринов А.П.

Адрес: Россия, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ,  
д.1, стр.2, Физический Факультет  
телефон: 8(495) 9391753  
e-mail: ashkurinov@physics.msu.ru  
сайт: <http://www.phys.msu.ru>

Декан Физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова  
доктор физико-математических наук, профессор



Сысоев Н.Н.