

НАУЧНАЯ СЕССИЯ
«Фотоника, оптоэлектроника, терагерцы»
2 апреля 2025 г

АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ

1. Киральная нелокальная терагерцевая фотопроводимость в топологических изоляторах на основе кадмий-ртуть-теллур

Хохлов Д.Р.

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ),
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН)*

В докладе сообщается об обнаружении и исследовании нового эффекта – киральной нелокальной терагерцевой фотопроводимости. Эффект наблюдается в толстых эпитаксиальных пленках $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$, являющихся топологическими изоляторами. Продемонстрировано существование нелокальной компоненты терагерцевой фотопроводимости в указанных структурах в магнитном поле. Знак нелокального фотоответа зависит от положения потенциального зонда и направления магнитного поля, что указывает на киральность индуцированного неравновесного транспорта. Наблюдаемые нетривиальные особенности фотопроводимости можно интерпретировать как проявление образования кирального краевого проводящего канала в топологической фазе сплавов $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$. Важно отметить, что полученный результат противоречит видимой симметрии эксперимента. Обсуждаются возможные причины нарушения симметрии.

2. Терагерцевая фотоника: оригинальные разработки, фундаментальные и прикладные исследования

Зайцев К.И.

*Федеральный исследовательский центр Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН
(ИОФ РАН)*

В докладе рассмотрены результаты оригинальных исследований в области терагерцевой (ТГц) фотоники, включая разработку отечественной элементной базы и систем ТГц диапазона, их применения для решения фундаментальных и прикладных проблем в различных сферах.

Разработаны отечественные ТГц фотопроводящие антенны (источники и детекторы ТГц импульсного излучения) на базе новых материалов фотопроводника, топологий электродов и физических принципов функционирования. Создан и доведен до отечественного рынка (совместно с ООО «Авеста») ТГц импульсный спектрометр. Развита методика решения некорректных обратных задач ТГц импульсной спектроскопии.

Разработаны методы ТГц микроскопии на основе эффекта твердотельной иммерсии с пространственным разрешением до $0,15\lambda$ и $0,06\lambda$ (для кремниевой и рутиловой иммерсионной оптики, соответственно) и высокой энергетической эффективностью (благодаря отсутствию в оптической схеме субволновых апертур и кантилеверов). Разработаны методы решения обратных задач сверхразрешающей ТГц микроскопии.

Разработаны микроструктурированные ТГц волноводы на базе профилированных кристаллов сапфира различной геометрии, использующие эффект полного внутреннего отражения, антирезонансный или фотонно-кристаллический принципы передачи. Созданы ТГц эндоскопические системы для измерения труднодоступных объектов.

Среди прикладных исследований рассмотрим применения оригинальных ТГц методов для дифференциации интактных тканей и новообразований. Впервые показана возможность дифференциации *in vivo* обыкновенных и диспластических невусов кожи методами ТГц импульсной спектроскопии, что свидетельствует о возможности неинвазивного ТГц скрининга диспластических невусов и меланомы *in situ*. Впервые изучены *ex vivo* ТГц диэлектрические характеристики и ТГц микроскопические изображения здоровых тканей и глиом головного мозга различной степени злокачественности (WHO Grade I–IV), а также модели глиомы 101.8. Показана перспективность интраоперационного ТГц детектирования границ опухоли для обеспечения ее полной резекции. Впервые теоретически и экспериментально изучены эффекты рассеяния ТГц волн в тканях, оценены границы применимости теории эффективной среды и разработаны элементы теории переноса излучения для ТГц биофотоники.

В качестве фундаментальных приложений ТГц методов рассмотрим работы в области лабораторной астрофизики. Разработана экспериментальная установка для изучения широкополосного диэлектрического отклика лабораторных аналогов межзвездных и околозвездных льдов различного молекулярного состава (CO , CO_2 , N_2 , H_2O , др.) методами ТГц импульсной спектроскопии и ИК фурье-спектроскопии. Изучен ТГц–ИК отклик ряда льдов. Ведется накопление и анализ базы данных.

3. От науки к новейшим технологиям в области фотоники

Задков В.Н.

Институт спектроскопии РАН (ИСАН)

В докладе продемонстрировано несколько успешных примеров трансфера результатов прорывных научных исследований в области современной фотоники, выполненных за последние годы в Институте спектроскопии РАН (ИСАН), для создания новых технологий (приборов):

- Разработаны источники излучения в EUV для нанолитографии (эти результаты используются ASML в нанолитографах последних поколений);
- Впервые в России был создан атомный чип — устройство для охлаждения, локализации и управления нейтральными атомами. Атомные чипы являются платформой для создания квантовых сенсоров на основе ультрахолодных атомов, в том числе в космосе, и лежит в основе экспериментов с атомами в состоянии бозе-эйнштейновской конденсации, в

настоящее время проводящихся на борту Международной космической станции. Атомный чип позволит создать атомные часы, гравиметры и инерциальные сенсоры, которые могут быть использованы как для фундаментальных, так и для прикладных задач.

- Показано, что регистрация флуоресценции единичных молекул красителей, ковалентно связанных с антителами (биомолекулами), совместно с использованием современных методов нанопотоники может быть применена для решения различных задач в биологии и медицине: визуализации биомолекул, токсинов, вирусных частиц, определения ультранизких концентраций аналитов напрямую во взятой пробе, без использования методов повышения концентрации аналита и др. Разработана полностью российская технология и прототип прибора для оптического одномолекулярного секвенирования молекул ДНК.

4. Плазмоника для систем терагерцевой электроники

Муравьев В.М.

Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна РАН (ИФТТ РАН)

Терагерцевый (ТГц) диапазон (0.1 — 3 ТГц) является наиболее технологически слабо освоенным частотным диапазоном в спектре электромагнитных волн. Это обуславливает перспективность научных разработок в области ТГц электроники. Большинство полупроводниковых материалов, используемых в современной электронике, демонстрируют сильное изменение своих физических свойств на ТГц частотах. Отклик материала начинает определяться реактивной плазменной составляющей импеданса. В докладе описываются последние достижения автора по исследованию плазменных возмущений в полупроводниковых наноструктурах. Приводятся примеры применения плазмоники для построения элементов ТГц электроники.

5. Линейная и нелинейная адаптивная оптика для коррекции лазерных пучков

С.Г. Гаранин, Ф.А. Стариков

Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ)

ФГУП "РФЯЦ - ВНИИЭФ":

С применением средств линейной и нелинейной адаптивной оптики достигнута дифракционная расходимость взрывного фотодиссоционного йодного лазера с зеркалом обращения волнового фронта при вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ), открыто новое явление преобразования волнового фронта при ВРМБ сфокусированных оптических вихрей, решена задача коррекции волнового фронта оптического вихря в адаптивной оптической системе с датчиком волнового фронта Шака-Гартмана, создана система «слепого» когерентного сложения оптоволоконных лазеров с рекордной шириной полосы 450 кГц, достигнуто существенное улучшение качества изображения космических объектов через турбулентную атмосферу в наземном адаптивном телескопе.