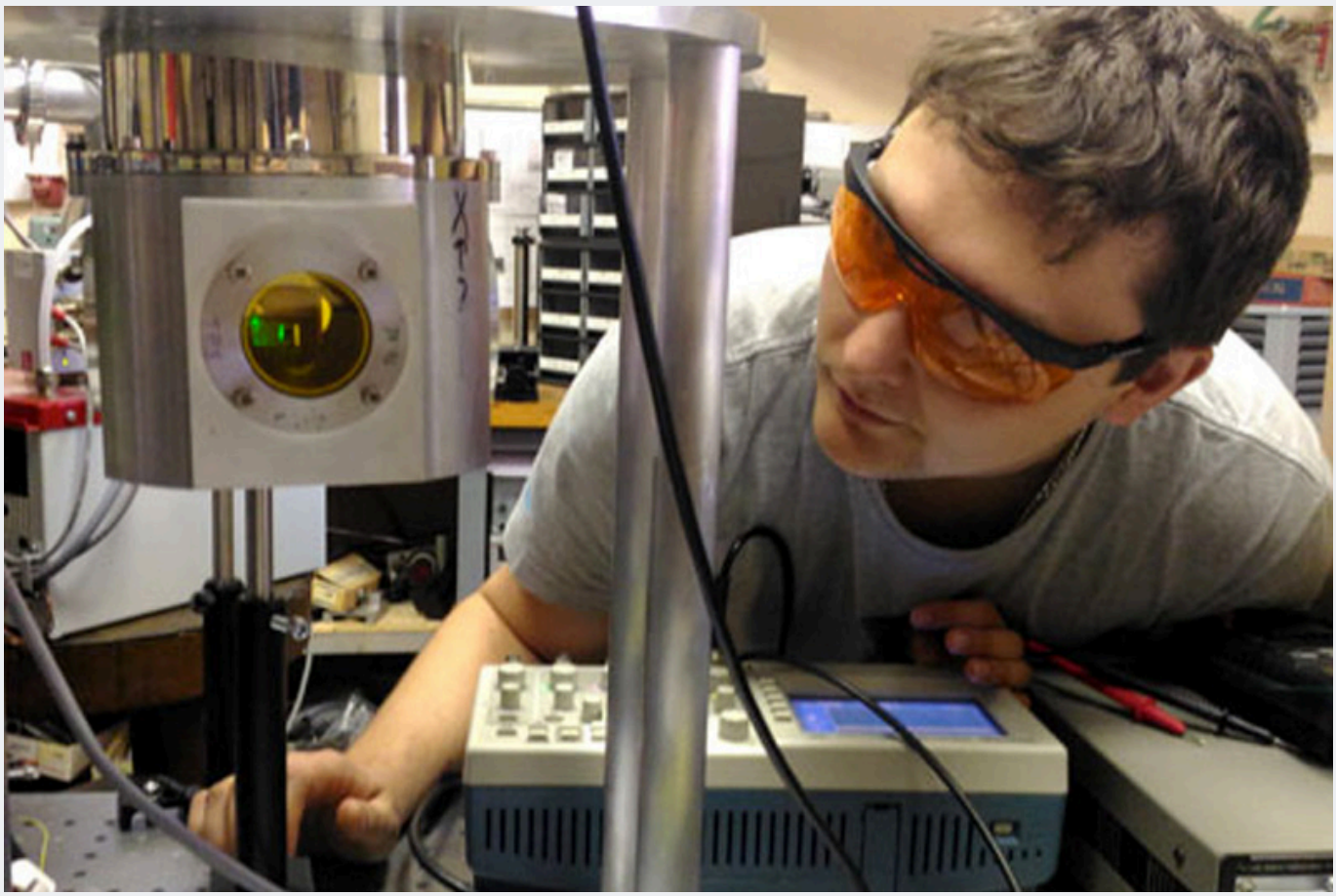
# Министерство образования и науки РФ поддержало проект ВШПФиКТ

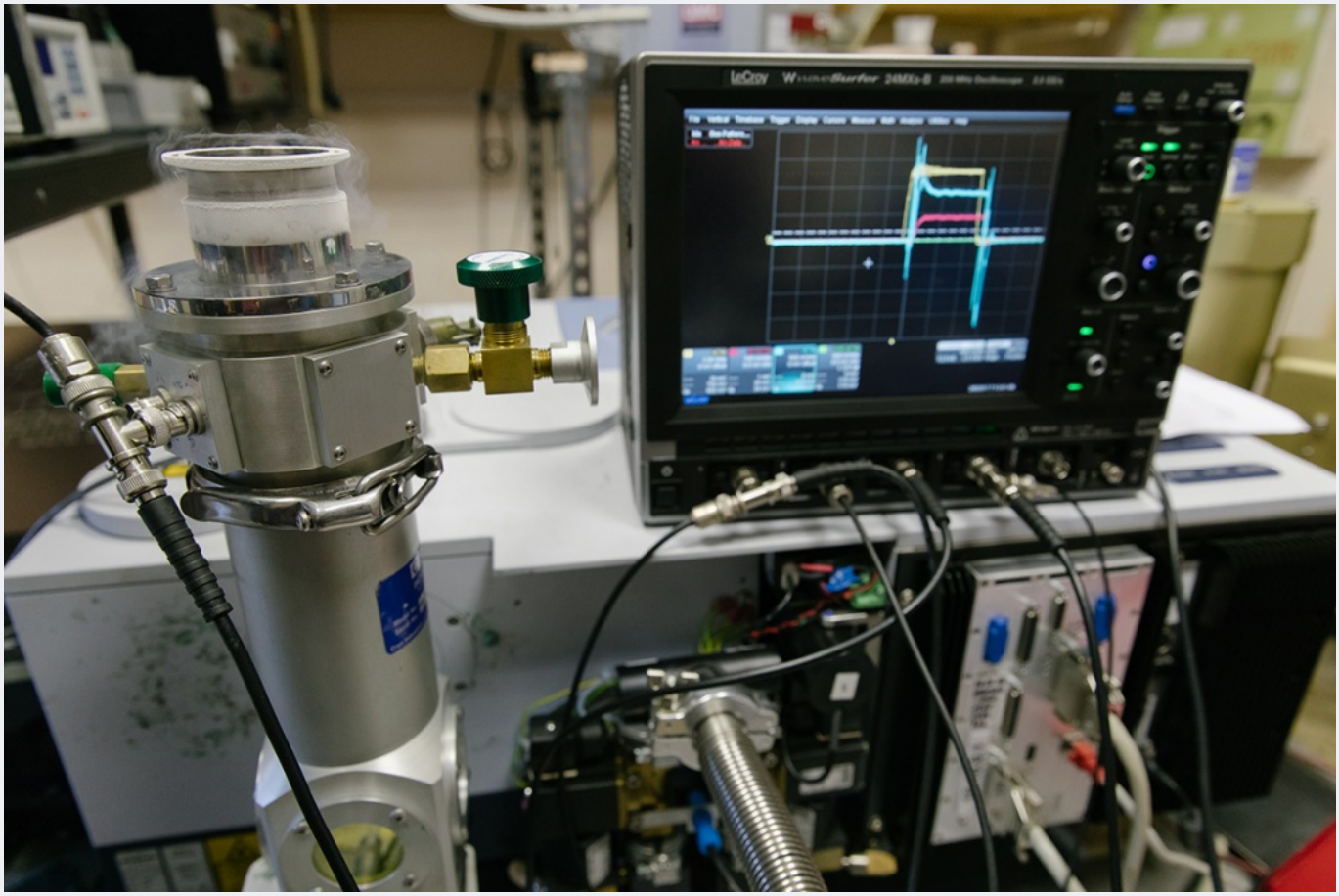


Министерство образования и науки РФ поддержало 16 проектов Политехнического университета, среди которых проект «Взаимодействие излучения терагерцового диапазона с легированными нано- и микроструктурами», ИФНиТ. Данный проект исполняется научной группой "Источники и приемники терагерцового излучения" под руководством проф., д.ф.-м.н. Леонида Евгеньевича Воробьева и проф., д.ф.-м.н. Дмитрия Анатольевича Фирсова.

Проект «Взаимодействие излучения терагерцового диапазона с легированными нано- и микроструктурами» посвящен исследованию оптических явлений терагерцового спектрального диапазона (пропускания, отражения, эмиссии излучения) в полупроводниковых микро- и наноструктурах для создания новых источников и детекторов терагерцового излучения. Терагерцовый диапазон электромагнитных волн расположен между оптическим и радиоволновым диапазонами, и сложность его использования и исследования заключается в том, что в этом диапазоне затруднительно применять как оптические, так и радиочастотные методы. Работа планируется по двум быстроразвивающимся в последние годы направлениям физики полупроводников: взаимодействие излучения с примесными центрами в условиях межзонной оптической и токовой накачки полупроводниковых структур, а также взаимодействие излучения с поверхностными и двумерными плазмонами в легированных микро- и наноструктурах. Интерес к подобным исследованиям связан с тем, что на их основе планируется разработать физические основы детекторов и источников излучения терагерцового диапазона, чей круг возможных применений очень широк – от лабораторных исследований до систем контроля и безопасности, от экологического мониторинга и космических исследований до медицины.

Примесные центры в полупроводниках чрезвычайно интересны для применений в оптоэлектронных приборах терагерцового диапазона, поскольку характерные энергии электронных переходов в примесях совпадают с энергиями фотонов терагерцового диапазона. Поэтому терагерцовое излучение может инициировать электронные переходы в примесях, изменяя их свойства, что может быть использовано для детектирования излучения. С другой стороны, если мы каким-либо другим образом заставим электроны переходить между примесными уровнями, то эти переходы могут сопровождаться испусканием фотонов терагерцового диапазона, то есть служить источником электромагнитных волн.

Поверхностные и двумерные плазмоны – это особые возбуждения в твердом теле, или квазичастицы. Оказалось, что в полупроводниковых структурах энергия этих квазичастиц также может лежать в терагерцовом диапазоне, что приводит к интенсивному взаимодействию плазмонов и терагерцовых фотонов. Обязательным условием такого взаимодействия является периодическое возмущение поверхности образца, например, созданная на ней дифракционная решетка.

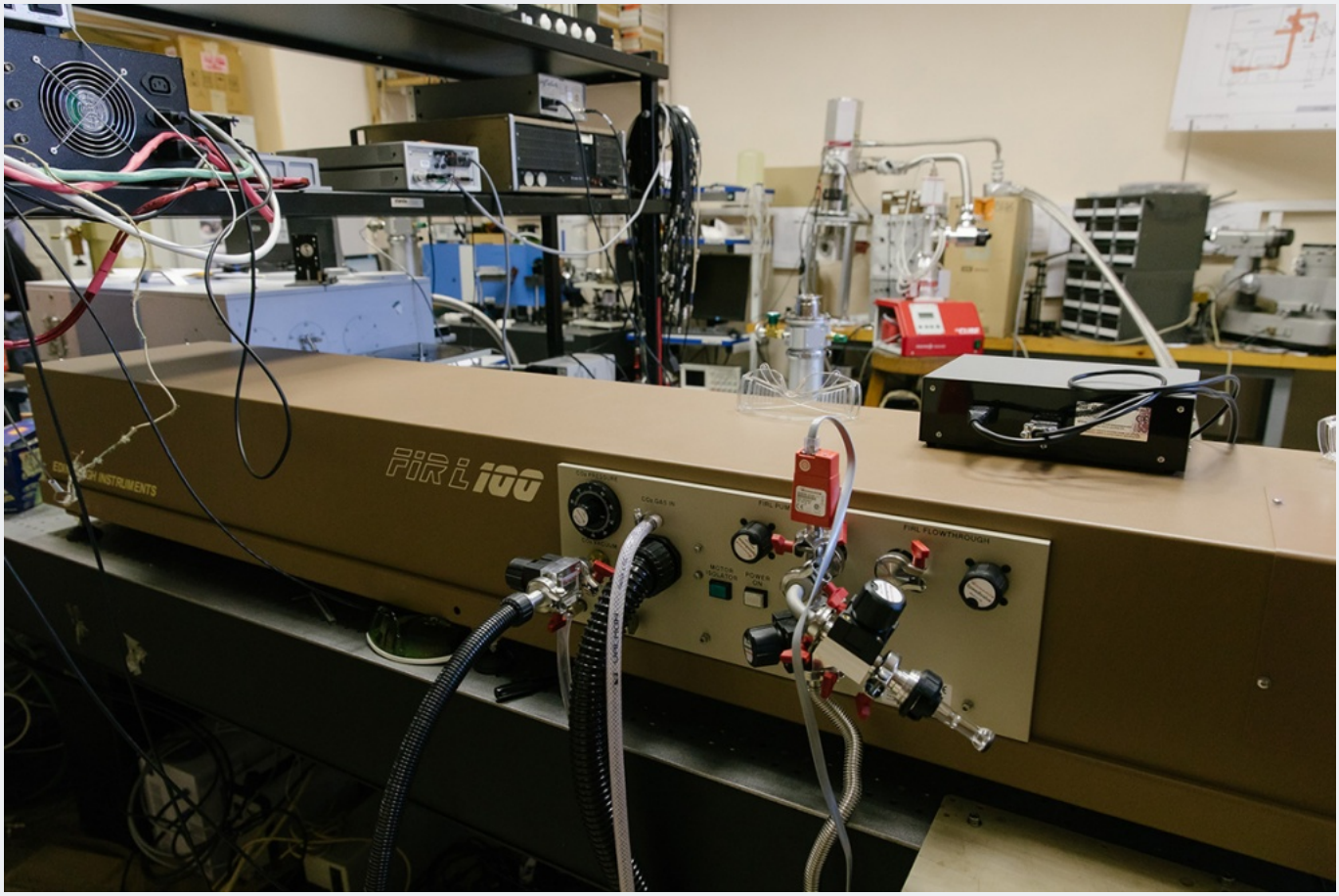



Терагерцовая плазмоника и оптика открывают богатые перспективы использования и изучения абсолютно новых оптических явлений. Сейчас эти исследования только начинают проводиться, поэтому в данном смысле они как нельзя лучше подходят к направлению наук завтрашнего дня, в рамках которого еще предстоит совершить фундаментальные открытия. Их приложениями в нашем случае должны стать новые оптоэлектронные приборы терагерцового диапазона частот.

Безусловно, сегодня источники терагерцового излучения существуют и успешно используются. Тем не менее не все так просто. Например, квантово-каскадный лазер, который считается наиболее совершенным источником в этой спектральной области, до сих пор малодоступен из-за своей дороговизны и чрезвычайной сложности изготовления. Другие же источники терагерцового излучения, которые более доступны, либо требуют установки громоздких систем для своей работы, либо имеют ограничения по выходной мощности.

Источники излучения, разработкой которых занимается группа "Источники и приемники терагерцового излучения", довольно компактны, не требуют значительной мощности накачки и самое главное – могут быть изготовлены с использованием доступных и отработанных технологий наноэлектроники. Одна из проблем связана с низкими рабочими температурами разработанных источников – 4-10 K (или -269-263°C). Преодолеть это ограничение пытаются за счет создания новых механизмов эффективной работы с целью повышения рабочей температуры до комнатной или хотя бы до температуры жидкого азота (-195°C). Поскольку системы охлаждения в последнее время успешно развиваются, прибор, работающий при температуре жидкого азота, также сможет найти широкое применение.

Уникальность проекта заключается в том, что большая часть запланированных исследований еще не проводилась не только в России, но и за рубежом, а те эксперименты, которые уже осуществлялись, будут серьезно модифицированы с точки зрения используемых структур, данных и условий. Поэтому, в плане развития и осуществления научных прорывов в области физики данный проект имеет большой потенциал.




Применение

Диапазон потенциальных применений терагерцового излучения очень широк. Значительная его часть связана с тем, что оно возбуждает внутренние колебания органических молекул. Это позволяет использовать терагерцовое излучение для распознавания различных органических веществ. В медицине одним из примеров применения терагерцового излучения является диагностика раковых опухолей за счет различных оптических свойств здоровой и больной тканей в терагерцовой области спектра. Терагерцовое излучение не обладает таким сильным воздействием на живые организмы, как рентгеновское, поэтому можно ожидать, что оно активнее будет использоваться и в системах безопасности. Интересным применением терагерцового излучения является анализ содержимого электронных микросхем без вскрытия их корпуса.

Необходимым условием успешного использования терагерцового излучения является наличие удобных источников излучения, желательно лазеров. Как уже отмеалось, существующие сегодня и доступные источники излучения имеют различные недостатки. Разрабатываемые в проекте приборы должны будут исправить эту ситуацию, обеспечив достаточную мобильность, компактность, мощность и доступность источников терагерцового излучения. На заключительных стадиях выполнения проекта планируется получить не только спонтанное, но и стимулированное излучение, то есть реализовать лазерную генерацию. Это важно, поскольку применение большинства существующих терагерцовых источников ограничивается спонтанным характером их излучения. В случае успешного выполнения проекта использование результатов работ позволит внести существенный вклад не только в теоретическую физику и лабораторные исследования, но и на практике обеспечить системы безопасности, медицинские учреждения, системы связи более мощными и эффективными ресурсами.

Ресурсы

Идея проведения таких исследований была впервые выдвинута руководителем этого проекта Леонидом Евгеньевичем Воробьевым, профессором, Лауреатом Государственной премии и Заслуженным деятелем науки РФ, который создал и развивает в Политехе успешную научную школу исследований в области оптики неравновесных электронов в полупроводниках. Ее высокий уровень подтверждают более 200 статей, опубликованных нашей научной группой в ведущих мировых журналах, которые рецензируются в базах Scopus и Web of Science. Научная группа также активно прилекает на работу студентов и аспирантов.

Кроме того, для проведения таких высокотехнологичных исследований нужна современная прецизионная аппаратура, которая не производится большими партиями и является достаточно дорогостоящей. При поддержке руководства университета и института, а также Проекта «5-100» за последние годы был существенно обновлен парк лабораторных исследовательских установок, в распоряжение получена действительно уникальную техника: фурье-спектрометр Bruker Vertex 80v с набором детекторов на широкий спектральный диапазон, включающий и терагерцовый диапазон частот (насколько нам известно, в России приборов с такими характеристиками – единицы); *газовый лазер терагерцового диапазона с оптической накачкой*, который, возможно, является единственным в России, а в зарубежных лабораториях их также насчитывается очень ограниченное количество; современный автоматизированный решеточный монохроматор фирмы Horiba и оптические криостаты замкнутого цикла, которые позволяют достигать гелиевых (криогенных) температур.

Материал подготовлен Медиа-центром СПбПУ. Текст: Наталья МАХОВА