

## **В Институте физики полупроводников сделали фотокатоды для «глаз» космического телескопа «Спектр-УФ» с эффективностью вдвое выше проектных требований**

*Разработка превосходит испанские аналоги, которые планировалось использовать для телескопа раньше*

В Институте физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (ИФП СО РАН) создали фотокатоды на основе соединения цезий-йод — ключевые элементы для «глаз» нового космического телескопа «Спектр-УФ», планируемого к запуску в 2031 году.

Во время проверки эффективности фотокатоды показали квантовый выход на уровне 40%, что в два раза выше базовых проектных параметров, и является рекордным значением для такого типа фотокатодов. Устройства предназначены для улавливания одной из составляющих космического излучения — вакуумного ультрафиолета, что позволит телескопу получать ранее недоступные данные о Вселенной. В частности, проводить поиск биологических маркеров (признака внеземной жизни) в атмосфере экзопланет.

Разработка имеет большое значение не только для реализации национального отечественного космического проекта «Спектр-УФ», но и для мировой науки в целом. С момента запуска «Спектр-УФ» будет выступать преемником телескопа имени Хаббла, во-первых, закрывая его ультрафиолетовую рабочую нишу. Во-вторых, получая совершенно новую информацию, благодаря современному оборудованию и расположению над поверхностью Земли — в 70 раз выше, чем «Хаббл», на 35 000 км. Как минимум до 2041 года, «Спектр-УФ» будет единственным в мире космическим телескопом, собирающим данные в ультрафиолетовом диапазоне.

Головной организацией проекта «Спектр-УФ» является НПО им. С.А. Лавочкина, за оптические элементы и зеркала телескопа отвечает АО «Лыткаринский завод оптического стекла», за разработку электронных блоков Институт космических исследований РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики берёт на себя ответственность за комплектацию блока спектрографов и элементов блока камер поля.

Головной **научной** организацией по проекту «Спектр-УФ» выступает Институт астрономии РАН (ИНАСАН), Институт физики полупроводников изготавливает электронно-оптические преобразователи для блока камер поля — «глаз» телескопа.

Калибровка фотокатодов — ключевой части электронно-оптических преобразователей — была проведена недавно в Институте ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН (ИЯФ СО РАН).

Фотокатод — материал, способный при попадании на него света (фотонов) испускать электроны, а значит, получаемый электрический ток можно измерить, и, таким образом, оценить интенсивность излучения. Объединяя фотокатод, умножитель электронов (микроканальную пластину) и люминофорный экран в вакуумном корпусе, можно не просто измерять ток, а регистрировать изображения в соответствующем диапазоне длин волн.

*«Исследование и создание фотокатодов — традиционное направление для нашей лаборатории, но с соединением цезий-йод мы раньше не имели дела. Поэтому, когда возник интерес со стороны коллег из ИНАСАН, мы осваивали технологию на ходу — разработали процесс изготовления фотокатодов, дополнительное оборудование и выяснили, какая конструкция позволит добиться максимальной квантовой эффективности. Такой, чтобы на фоточувствительной поверхности фотокатода выделялось как можно больше электронов в ответ на поглощенные фотоны. Результаты недавней калибровки, проведенной в ИЯФ СО РАН, показали, что квантовая эффективность первых тестовых устройств составляет 40% (упрощенно говоря, 100 фотонов “производят” 40 электронов), что существенно превышает пороговые значения, обязательные для “Спектр-УФ”», — поясняет заведующий лабораторией ИФП СО РАН доктор физико-математических наук, профессор РАН **Олег Евгеньевич Терещенко**.*

*«Необходимое и достаточное значение квантовой эффективности для нас — 20%. Звезды — слабый источник излучения, и мы боремся за каждый процент, поэтому эффективность в 40% — это идеально. Таких параметров достигали ранее только в Японии, в компании “Hamamatsu Photonics”», — подчеркивает директор ИНАСАН доктор физико-математических наук, профессор РАН **Михаил Евгеньевич Сачков**.*

После космической миссии «Хаббл», которая работает на орбите уже 35 лет, «Спектр-УФ» станет единственным орбитальным телескопом, получающим данные о Вселенной в ультрафиолетовом диапазоне. Такая информация нужна для исследования атмосферы экзопланет, в том числе для поиска биологических маркеров (признака внеземной жизни), установления физических процессов звездообразования (молодые звёзды излучают в основном в ультрафиолете). А также для понимания тепловой и химической эволюции Вселенной, поиска темного барионного вещества.

В кооперацию по проекту «Спектр-УФ» входит множество ведущих научных и производственных организаций России, ранее одним из партнеров была испанская компания, которая разрабатывала фотокатоды для «глаз» телескопа. Но сотрудничество прекратилось, и потребовалось отечественное решение, которое предложили специалисты ИФП СО РАН.

*«На одной из конференций мы увидели подробную презентацию о работах в лаборатории Олега Евгеньевича Терещенко и были приятно удивлены, что в Институте физики полупроводников есть, по сути, полный цикл производства электронно-оптических преобразователей. Это именно то, что нам надо, поскольку готового продукта, с требуемыми характеристиками не существует, его нужно разрабатывать, адаптировать для проекта. Кроме того, важно, что происходит взаимодействие двух академических институтов, развитие идет в обе стороны», — добавляет **Михаил Сачков**.*

Вакуумный ультрафиолет (ВУФ) полностью поглощается земной атмосферой, поэтому для работы в этой области приходится создавать специализированные высоковакуумные установки. Единственный в России синхротронный источник, на котором можно проводить работы в ВУФ диапазоне, находится в ИЯФ СО РАН — станция синхротронного излучения «Космос», которая использует излучение из накопителя ВЭПП-4. Большую часть времени, около 75%,

ВЭПП-4 работает как коллайдер, а оставшиеся 25% — как источник синхротронного излучения. На станции «Космос» можно добиться требуемой мощности излучения и провести калибровку устройств, работа которых связана с излучением в ВУФ и мягком рентгеновском диапазонах.

*«В процессе калибровки мы соотносим показания прибора с показаниями эталонного детектора. Излучение в вакуумном ультрафиолете очень капризное: оно полностью поглощается в атмосфере, оптика и детекторы в этом диапазоне сильно меняют свои свойства при наличии даже незначительных загрязнений на поверхности. Поэтому приходится соблюдать особые меры предосторожности и все измерения проводить в высоком вакууме.*

*В данном случае мы измеряли эффективность фотокатодов при их облучении фотонами с определенной длиной волны. Эти фотоны мы выделяем из «белого» пучка синхротронного излучения с помощью монохроматора, в состав которого входят зеркала, дифракционная решетка и фильтры из фторида магния. Создателей “Спектр-УФ” особенно интересует узкий диапазон вокруг спектральной линии Лайман-альфа (~121,6 нанометров), так как она служит важным диагностическим инструментом для исследования атмосферы планет, активности звёзд. Но и для других длин волн мы оцениваем эффективность фотокатодов. Методика выполнения измерений отлажена, это довольно стандартная процедура. Так сложилось, что большую часть времени наша станция работает в мягком рентгеновском диапазоне, однако перенастроить установку для вакуумного ультрафиолета не слишком сложно», — отмечает старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук **Антон Дмитриевич Николенко**.*

Сегодня проект «Спектр-УФ» позиционируется, как российский национальный и находится в степени готовности более 50%.

*«После запуска мы планируем работать по базовой программе, закрывающей основные исследовательские направления, первое и самое важное из них — получение информации об атмосфере экзопланет. Кроме того, “Спектр-УФ” будет действовать в режиме обсерватории, когда астрономы (в том числе иностранные) подадут заявки, и мы их реализуем. Проект востребован, — если судить по запросам в наблюдениях к телескопу имени Хаббла, — их больше, чем 10 к одному. То есть из десяти заявок реализуется только одна. “Спектр-УФ” полностью импортонезависим, у нас есть всё необходимое», — резюмирует Михаил Сачков.*

Пресс-служба ИФП СО РАН

Контакты: Дмитриева Надежда Валерьевна,  
пресс-секретарь ИФП СО РАН  
pressa@isp.nsc.ru  
89133736776

Иллюстрации по ссылке <https://disk.yandex.ru/d/LxZ8Rf3rKvK8IQ>

1. Фотокатоды цезий-йод -ключевая часть электронно-оптических преобразователей для глаз "Спектр-УФ" / фото Надежды Дмитриевой

2. Заведующий лабораторией ИФП СО РАН доктор физико-математических наук, профессор РАН Олег Терещенко / *фото Владимира Трифутина*
3. директор ИНАСАН доктор физико-математических наук, профессор РАН Михаил Сачков / *фото предоставлено М.С. Сачковым*
4. Старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-математических наук Антон Николенко / *фото Светланы Ерыгиной*
5. Телескоп «Спектр-УФ» / *фото предоставлено М.С. Сачковым*