

Достижения и перспективы фотоэлектроники на XXVII Международной конференции в НПО Орион

А. В. Наумов

АО «ОКБ «Астрон», Лыткарино, Моск. обл., Россия

29–31 мая 2024 года в Москве состоялась XXVII Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения. Конференция была организована Государственным научным центром Российской Федерации АО «НПО «Орион» (ГНЦ РФ НПО «Орион») при поддержке Минпромторга России, Минобрнауки России, Российского научного фонда, Ассоциации государственных научных центров «Наука».

Формат работы конференции, который, безусловно, был задан повесткой деловой программы, позволил конструкторам, технологам, инженерам и исследователям найти общие точки роста технологий ближайшего будущего индустрии фотосенсорики и тепловизионных приборов. И в этом заслуга руководителей Программного комитета конференции – генерального директора ГНЦ АО «НПО «Орион» Вадима Валерьевича Старцева и заместителя генерального директора по инновациям и науке ГНЦ АО «НПО «Орион» Игоря Дмитриевича Бурлакова.

Конференция охватила основные направления фотоэлектроники, в ее деловую программу вошли:

- фотосенсорика;
- техника тепловидения и ночного видения;
- материалы фотосенсорики и новые технологии;
- микроэлектроника для фотосенсорики;
- метрология приема оптического излучения;
- микрокриогенная техника.

Научную программу сопровождала выставка оптоэлектронных и оптико-электронных продуктов, произведенных в компаниях, которые являлись участниками конференции.

НПО «Орион» – единственный государственный научный центр России в области фотоэлектроники, относящейся к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники, критическим технологиям РФ. За годы деятельности организацией разработаны и освоены в производстве многие виды новых высокотехнологичных изделий: приборы ночного видения, фотоприемники и фотоприемные устройства, тепловизионные приборы, электронно-лучевое и ионно-плазменное оборудование, электронные микроскопы, специальные вычислители, а также другие приборы и устройства.

В составе Программного комитета также работали Малашкина О. Ф. – заместитель генерального директора АО «Швабе» (Москва) и д. ф.-м. н., профессор, заведующий кафедрой физической электроники МФТИ на базе ГНЦ РФ АО «НПО «Орион» Пономаренко В. П. (Москва).

На открытии конференции приветственное слово президента Российской академии наук, председателя Программного комитета Российского форума «Микроэлектроника-2024», Почетного президента форума, академика РАН, д. т. н., профессора Геннадия Яковлевича Красникова зачитал заместитель генерального директора по инновациям и науке ГНЦ РФ АО «НПО «Орион» Игорь Дмитриевич





Бурлаков. В обращении отмечено, что конференция вносит весомый вклад в формирование поступательного развития фотоэлектроники в Российской Федерации.

С началом конференции, ставшей традиционным мероприятием отрасли фотосенсорики, собравшихся поздравил генеральный директор холдинга АО «Швабе» Вадим Станиславович Калюгин. В своем видеообращении он отметил, что Указом Президента Российской Федерации технологическое лидерство определено в качестве одной из семи приоритетных целей развития нашей страны. С приветственным словом выступила заместитель генерального директора АО «Швабе» Ольга Федоровна Малашкина.

Конференц-зал с трудом вместил всех желающих послушать доклады о современном состоянии и перспективах развития фотоэлектроники. Конференция традиционно является авторитетной дискуссионной площадкой, где специалисты разных предприятий отрасли могут обсуждать настоящее и будущее этой индустрии. Всего в мероприятии приняли участие более 400 ученых, специалистов, преподавателей, аспирантов и студентов от 86 организаций, которые представили 168 научных докладов о результатах исследований, о разработке и производстве изделий современной фотоэлектроники.

Первый день работы конференции был посвящен обсуждению наиболее актуальных проблем современной фотоэлектроники, они нашли отражение в пленарных докладах. Всего было представлено 11 пленарных докладов, посвященных современному состоянию и перспективам развития оптико-электронных систем и фотоприемных устройств. Свои взгляды изложили ученые и специалисты АО «НПО «Орион», АО «Швабе», АО «ЦНИИ «Электрон», ИФП им. А. В. Ржанова СО РАН. Открыл конференцию доклад «Современное состояние и направления развития фото- и оптоэлектроники инфракрасного диапазона в ГНЦ РФАО «НПО «Орион» заместителя генерального директора, д. т. н. Бурлакова Игоря Дмитриевича. Докладчик подчеркнул, что АО «НПО «Орион» успешно преодолел порог 30-летия со дня присвоения статуса Государственного научного центра Российской Федерации (Постановление Правительства Российской Федерации от 5 июня 1994 г. № 649). «Орион» полностью оправдав идею создания научных организаций нового типа для сохранения ведущих научных центров мирового уровня, быстрого развития научного потенциала страны в области фундаментальных и прикладных исследований и подготовки высококвалифицированных научных кадров (Указ Президента Российской Федерации от 22 июня 1993 г. № 939). Докладчик рассмотрел основные тенденции





развития современных технологий фотоэлектроники и полупроводниковых фоточувствительных материалов для ИК-области спектра, а также современное состояние и основные направления развития фото- и оптоэлектроники в ГНЦ РФ АО «НПО «Орион».

В последнее время начали реализовываться идеи использования в фотоэлектронике нанотехнологий низкоразмерных материалов и метаматериалов. Новым путем развития фотосенсорики был посвящен максимально разносторонний обзорный доклад «Квантовая фотосенсорика и материалы ограниченной размерности» д. ф.-м. н. Пономаренко Владимира Павловича. Фотосенсорика на основе материалов и структур ограниченной размерности в последнее десятилетие стала одним из наиболее динамично развивающихся направлений исследований по созданию устройств для регистрации электромагнитного излучения ИК-диапазона. Изобретение в 2004 году способа превращения трехмерного графита в двумерные кристаллы графена толщиной всего в один атомный слой с необычными электрофизическими, механическими, тепловыми и оптическими свойствами привело к лавинообразному росту числа исследований, направленных на разработку различных электронных устройств на основе 2D-материалов и структур. К настоящему времени различными технологическими методами удалось синтезировать двумерные монокристаллы на основе элементов IV группы таблицы Д. И. Менделеева. В ряде работ проанализирована и даже уже экспериментально показана возможность получения 2D-кристаллов на основе карбидов, оксидов, хлоридов, нитридов, моно-, ди- и трихалькогенидов переходных металлов, бинарных и даже тройных соединений. К настоящему времени исследования некоторых из них вышли на уровень разработок промышленной технологии производства. В то же время для использования в микроэлектронике, и особенно в фотосенсорике, решающим фактором является совместимость технологии синтеза материалов ограниченной размерности с микро- и фотоэлектронными технологиями. Например, с учетом развития микроэлектроники на основе органических соединений и биосенсорики температура синтеза 2D-материалов должна оставаться в пределах ~1000С.

Следует выделить группу докладов коллектива авторов из ИФП СО РАН, посвященных развитию технологии охлаждаемых

матричных ИК-фотоприемников в ИФП СО РАН. С одноименным докладом выступил в первый день работы конференции заместитель директора ИФП СО РАН д. т. н. Якушев Максим Витальевич. В ИФП СО РАН разработано и изготовлено уникальное российское оборудование для выращивания КРТ методом МЛЭ. В последние десятилетия в ИФП СО РАН на основе собственного фоточувствительного материала шло последовательное формирование пакета технологий, который на данный момент позволяет реализовать полный цикл разработки и изготовления охлаждаемых фотоприемных устройств (ФПУ) на основе КРТ для всех диапазонов ИК-спектра. Ключевым моментом в разработанной ИФП СО РАН технологии является решение проблемы выращивания фоточувствительных слоев КРТ на кремниевой подложке, что снимает ограничения на формат ИК ФП и его стойкость при циклическом охлаждении до температуры жидкого азота. В настоящее время все матричные ИК ФП разрабатываются и изготавливаются в ИФП СО РАН на основе гетероструктур HgCdTe/Si. Наибольший прогресс достигнут в области фотоприемников для спектрального диапазона 3–5 мкм. В ИФП СО РАН освоена технология средневолновых фотоприемников с размером пикселя 15 мкм, не уступающих по своим параметрам зарубежным аналогам. Для диапазона 8–10 мкм освоена технология средневолновых фотоприемников с размером пикселя 30 мкм. Еще одним направлением развития ИК ФПУ длинноволнового диапазона является разработка детекторов на основе напряженных короткопериодных сверхрешеток InAs/GaSb и InAs/InAsSb.

Отличительной чертой последних десятилетий является стремительный рост исследований, направленных на создание фотосенсоров с применением материалов и структур ограниченной размерности. Этому был посвящен доклад «Квантовые точки и новое поколение ИК-фотосенсориков на их основе» сотрудника НПО Орион, к. х. н. Попова Виктора Сергеевича. Докладчик сообщил присутствующим, что в ходе проведенных работ коллективом авторов из АО «НПО «Орион» и МФТИ предложена и исследована усовершенствованная архитектура матричного фоточувствительного элемента на основе ККТ Pb S.

Матричные ФПУ на основе КРТ, антимонида индия, GaAs/AlGaAs, а также неохлаждаемые ФПУ на основе микролометров разносто-

ронне были исследованы и представлены в докладах от ИФП СО РАН, АО «НПО «Орион», АО «ЦНИИ «Электрон», АО «ОКБ «Астрон» и др.

В разделе «Тепловизионные и оптико-электронные приборы» основные доклады были представлены: АО «НПО «Орион», АО «МЗ «Сапфир», АО «ЦНИИ «Электрон», ОАО «НПО «Геофизика-НВ», МВТУ, МГУ и др. С большим интересом все участники конференции выслушали доклад «Применение оптико-телевизионной лазерной активно-импульсной системы (АИС) технического зрения робототехнических комплексов (РТК) воздушного, наземного и подводного применения», представленный коллективом авторов из АО «НПО Геофизика-НВ» (Москва). Также обсуждался широкий круг вопросов, касающихся оптических приборов, работающих в широком спектральном диапазоне от УФ до дальнего ИК.

Значительная часть докладов была посвящена технологии фотоматериалов и приборостроению. В целом доклады авторов были посвящены большому кругу проблем, стоящих перед специалистами и учеными в области фотоэлектроники и представлены на высоком уровне. В числе ключевых тем – традиционные и новые научные направления: фотоэлектроника для специальных применений, фотоэлектроника для космоса, фотоэлектроника квантоворазмерных структур, терагерцовая фотоэлектроника, цифровая обработка видеосигналов. В сумме на пяти секционных заседаниях – «Твердотельная фотосенсорика», «Системы тепловидения, системы наведения, приборы ночного видения», «Системы и методы измерений», «Технология изготовления фотоприемных устройств», «Материалы фотосенсорики и методы их получения» – было представлено 65 устных докладов, в стендовой сессии приняли участие 68 докладов.

По мнению участников конференции, одними из основных глобальных тенденций ИК-фотосенсорики продолжают оставаться разработка и совершенствование:

- одно- и многоспектральных охлаждаемых МФПУ, в том числе мегапиксельных форматов, повышающих вероятность обнаружения и распознавания объектов и другие тактико-технические характеристики систем;



- фоточувствительных гетероэпитаксиальных полупроводниковых структур различной архитектуры с разными функциональными слоями, позволяющих создавать МФПУ с повышенными основными фотоэлектрическими и эксплуатационными характеристиками;
- твердотельной фотоэлектроники коротковолнового ИК-диапазона для области спектра 1–3 мкм как на основе традиционных структур с активными слоями InGaAs/KPT, так и с активными слоями из коллоидных квантовых точек;
- сверхпротяженных фотоприемных устройств коротковолнового, средне- и длинноволнового ИК-диапазонов для космических применений.

Завершая краткий обзор XXVII Международной конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения, хочется отметить, что конференция привлекла значительное внимание научного сообщества. Настрой участников конференции однозначно свидетельствовал, что на современные вызовы, стоящие перед отраслью, будет дан достойный ответ. ■

Новые компоненты для ИК спектроскопии

1000 - 5000 нм

- Светодиоды и фотодиоды



- Многослойные светодиодные и фотодиодные сборки (матрицы)




- Сопутствующая электроника

Преимущества

- ✓ низкое энергопотребление;
- ✓ высокое быстродействие;
- ✓ миниатюрные размеры;
- ✓ большой срок службы;
- ✓ отсутствие необходимости частой перекалибровки

Области применения

- газоанализ (детектирование CH₄ и др. углеводородов, CO₂);
- определение содержания воды/ влажности;
- контроль состава материалов/ продуктов на основе анализа ИК спектров поглощения

 Произведено в России



ООО «ЛЕД Микросенсор НТ», 194223, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д. 10, лит. А
info@lmsnt.ru, info@lmsnt.com; www.lmsnt.ru