

130-ЛЕТИЕ СОЗДАНИЯ ПЕРВОГО ФОТОЭЛЕМЕНТА

В. В. Старцев, А. В. Наумов, ОКБ "Астрон", Лыткарино

Готовится к запуску в серийное производство первый в России микроболометр, способный работать в двух ИК-спектрах (3–5 мкм и 8–14 мкм). Микроболометры не требуют охлаждения, поэтому они снискали любовь конструкторов тепловизионной техники.

НЕМНОГО ИСТОРИИ

Преобразование оптического сигнала в электрический основывается на явлении фотоэффекта. Впервые прямое влияние света на электричество было обнаружено в 1887 году немецким физиком Генрихом Герцем. Он установил, что заряженный проводник, будучи освещен ультрафиолетовыми лучами, теряет свой заряд, а электрическая искра возникает при меньшей разности потенциалов. Замеченное явление (позже названное внешним фотоэффектом) Герц описал в своих работах 1887–1888 годов, но оставил их без объяснения. И это неудивительно: электрон будет открыт Джозефом Джоном Томсоном лишь в 1897 году, а физический механизм явления фотоэффекта только в 1905 году объяснил Альберт Эйнштейн.

В феврале 1888 года Александр Григорьевич Столетов осуществил опыт, позволивший установить количественный характер влияния света на электричество. Столетов сформулировал законы фотоэффекта, дал исчерпывающее количественное описание явлению внешнего фотоэффекта. В мае 1887 года статья Герца была послана в печать, а уже в феврале 1888 года свою работу начал Столетов. В том же году появляются одна за другой три его публикации. Все работы длились менее двух лет, и приходится удивляться, как много было сделано за такой короткий период одним человеком, занятым при этом преподавательской деятельностью в Московском университете.

В своем опыте Столетов использовал наполненный газом стеклянный баллон с двумя электродами. Позже этот элемент стал называться газонаполненным фотоэлементом. Баллоны фотоэлементов после откачки воздуха наполняли разреженным газом – неон или аргоном (как впрочем и сегодня). Присутствие газов в фотоэлементе повышает его чувствительность. Когда на катод фотоэлемента падают световые лучи, через прибор идет ток. В первые десятилетия своего существования фотоэлемент был только физическим прибором. Он



Александр Григорьевич Столетов (1839–1896)

служил для научных исследований, но практического применения ему не находилось. Ровно 90 лет назад (еще один юбилей) фотоэлементу нашлось первое практическое применение. В 1928 году старейший банк Германии Berenberg Bank обратился к компании Siemens & Halske с просьбой оборудовать все его филиалы охранной сигнализацией как в хранилищах, так и в офисных помещениях. Выражаясь современным языком, компании Siemens & Halske предложили в 1928 году создать первую техническую систему охраны помещений. Примечательно, что аналогичная система была впоследствии установлена в здании личной резиденции фюрера "Бергхоф" ("Дом Вахенфельд"). В середине 20-х годов британская компания



Radiovisor и германская Simens & Halske практически одновременно предложили для потребителей серийный образец охранной сигнализации на основе инфракрасных лучевых систем, предназначенной для контроля помещений. Принципиальная схема работы данной сигнализации базировалась на размещении в охраняемом помещении лампы, испускающей инфракрасные лучи, с фильтром, пропускающим свет на длине волны 940 нм. На противоположной от источника стороне помещения устанавливали фотоэлектрический приемник. Если нарушитель, зашедший в помещение, прерывал луч, тотчас же прекращалась подача тока на фотоэлемент, и срабатывала звуковая сигнализация.

Данная система охранной сигнализации нашла широкое применение в Западной Европе, Великобритании и США с начала 30-х годов прошлого века: например, компания из ЮАР De Beers уже с 1932 года начала применять на своих складских помещениях инфракрасные лучевые системы, разработанные британской компанией Radiovisor.

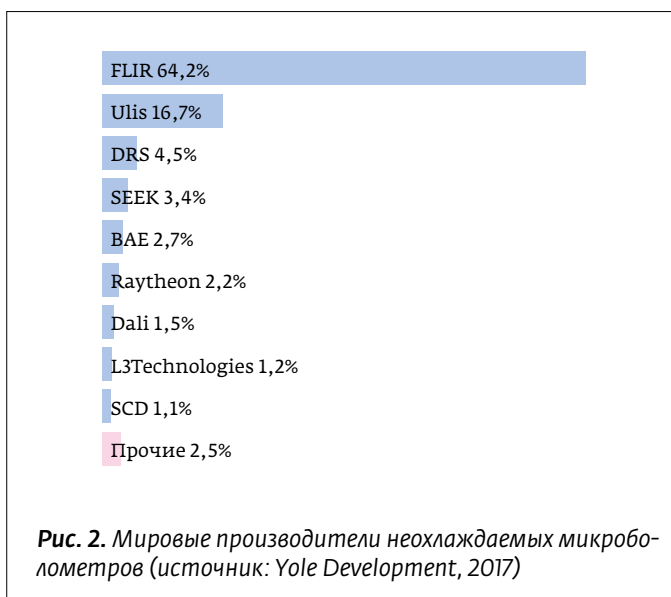
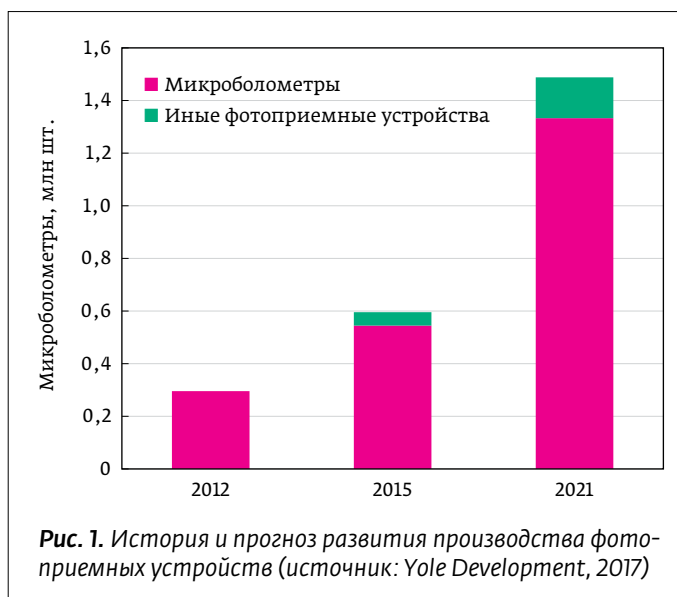
ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ТЕХНИКА НАШИХ ДНЕЙ

Развитие тепловизионной техники в XX веке потребовало совершенствования технологии ключевых элементов тепловизионной системы – инфракрасных фотоприемных устройств. Сегодняшние инфракрасные детекторы можно классифицировать по группам – тепловые и фотонные. Принцип работы всех тепловых детекторов основан на изменении электрических характеристик материала

приемника за счет энергии поглощенного теплового излучения. Кванты излучения поглощаются кристаллической решеткой, повышение температуры решетки приводит к росту равновесной концентрации свободных носителей заряда и увеличению проводимости материала. Фотонные приемники излучения обеспечивают преобразование падающего потока фотонов в электрический сигнал за счет непосредственного взаимодействия фотонов с электронной подсистемой материала приемника. Обнаружительная способность фотонных приемников примерно на два порядка выше, чем у тепловых. У детекторов фотонного типа лучше соотношение сигнал/шум и высокое быстродействие. Вместе с тем, они требуют глубокого криогенного охлаждения, и это приводит к усложнению конструкции. Тепловые детекторы имеют ряд преимуществ, благодаря которым сенсоры этого типа занимают доминирующее положение на рынке в количественном отношении. Их достоинства в простоте конструкции и отсутствии потребности в охладителе. Практически нет необходимости в сервисном обслуживании. Микроболометры не требуют охлаждения. В настоящее время наиболее широко используются для создания микроболометрических формирователей изображения оксид ванадия и легированный α -Si:H. Следуя выводам аналитического агентства Yole, эта тенденция будет продолжаться еще долгое время (рис. 1, 2)

СИТУАЦИЯ В РОССИИ

Необходимость разработки и серийного производства отечественных тепловизионных фотопри-



емных устройств (ФПУ) стала особенно актуальной после запрета на поставки их из-за рубежа и прекращения выдачи лицензий на экспорт в Россию. Фотоприемное устройство с чувствительностью в спектральном диапазоне 7–14 мкм является "сердцем" любого тепловизионного прибора и определяет его основные тактико-технические характеристики. Опытные партии первых ФПУ в ОКБ "Астрон" выполнялись в металлических корпусах. Их чувствительность была ниже зарубежных аналогов, а технологический процесс производства не позволял поставить их на серийное производство. С освоением с 2016 года производства микроболометрических детекторов в корпусах из вакуум-плотной отечественной керамики ВК-94, а также новой топологии мультиплекторов удалось существенно увеличить чувствительность ФПУ (до 40 мкм) и начать серийное производство. С 2016 года все тепловизионные приборы для систем безопасности изготавливаются на предприятии на основе микроболометрических детекторов собственного производства Астрон-38425-1 и Астрон-64025-1. Размер чувствительных элементов матрицы детектора составляет 25 мкм. В 2017 году начат выпуск детекторов с чувствительным элементом 17 мкм.

Следующим шагом стала разработка специалистами "ОКБ Астрон" микроболометрического детектора, чувствительного в двух спектральных диапазонах 3–5 мкм и 8–14 мкм. На данный момент специалистам АО "ОКБ "Астрон" удалось разработать конструкцию пиксела микроболометрического детектора, имеющего одинаковые коэффициенты поглощения в двух спектраль-

ных диапазонах: 3–5 мкм и 8–14 мкм, увеличить быстродействие за счет снижения теплоемкости, увеличить поглощение пиксела за счет уменьшения толщины составляющих слоев, достичь высокой (для неохлаждаемого детектора) температурной чувствительности менее 25 МК.

Планируется, что АО "ОКБ "Астрон" в 2018 году выпустит первый в России микроболометр, способный работать в двух спектрах (3–5 мкм и 8–14 мкм), а затем и первый в России модуль для двух спектров ИК-изображения тех же диапазонов.

Постановка на производство в ОКБ "Астрон" отечественных тепловизионных детекторов позволит оптико-электронным предприятиям страны повысить надежность разрабатываемой и производимой тепловизионной техники как для нужд обеспечения безопасности России, так и для гражданского применения

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимирязев К.А., Хлебников Н.С. Столетие со дня рождения А.Г. Столетова. – УФН, 1939, т. XXII, вып. 4, с. 4–10.
2. Мирошников М.М. Инфракрасная техника в России. – Оптический журнал, 1992, № 12, с. 18–24.
3. Пономаренко В.П., Филачев А.М. Инфракрасная техника и электронная оптика. Становление научных направлений. – М.: Физматкнига, 2016.
4. Филачев А.М., Таубкин И.И., Тришенков М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Фоторезисторы и фотоприемные устройства. – М.: Физматкнига, 2012.
5. Старцев В.В., Наумов А.В. Мировой рынок инфракрасных камер – смена парадигмы развития. – Технологии защиты, 2017, № 6, с. 47–48.
6. Старцев В.В. "ОКБ Астрон" представляет первые отечественные матричные тепловизоры. – Национальная оборона, 2017, № 8, с. 60.