

УДК 621.383.8.004.14

ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ. СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

В. П. Бегучев, А. П. Чапкевич

Международный центр микроэлектроники и ночного видения "Орэкс", Москва, Россия

А. М. Филачев

Государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение "Орион"»,
Москва, Россия

Рассмотрены основные тенденции современного развития ЭОП, основными из которых являются существенное повышение уровня параметров зарубежных ЭОП 3-го поколения, включая создание ЭОП с продленной в ближнюю ИК-область чувствительностью, развитие ЭОП 2⁺ поколения и создание их модификаций суперпоколения, а также расширение возможностей ЭОП за счет электронной и компьютерной обработки получаемого изображения в приборах с "развязанным" дисплеем (4-е поколение). В качестве примера последних описана разработанная в «НПО "Орион"» совместно с "Орэкс" дневно-ночная цветная стереотелевизионная система наблюдения.

Развитие техники электронно-оптических преобразователей (ЭОП), являющихся основными элементами приборов ночного видения (ПНВ), было наиболее динамичным в период с конца 60-х до 80-х гг. В этот период были разработаны и освоены в производстве сразу три новых поколения ЭОП (первое, второе и третье) и основных элементов волоконно-оптических и микроканальных пластин (ВОП- и МКП).

Период развития ЭОП с начала 80-х гг. по настоящее время можно характеризовать как "спокойный, но существенный прогресс". Хотя за этот период не было создано новых поколений ЭОП, успехи в развитии основных элементов и комплектующих изделий ЭОП в сочетании с оптимизацией их применения привели к существенному росту параметров уже созданных ЭОП и, соответственно, ПНВ на их основе.

Это отражается в названиях усовершенствованных модификаций, сравнимых с созданием новых поколений: 2⁺, 2⁺⁺, 2Super, 3⁺ и т. д. К сожалению, основные успехи в этом развитии приходятся на долю зарубежных фирм, определяющих современный уровень ЭОП. Отставание отечественных разработок связано с известной экономической ситуацией, в первую очередь сказавшейся на снижении качества и повышении цен на основные комплектующие изделия ЭОП. В создавшемся положении отечественные разработчики не в состоянии обеспечить "зарубежный" уровень параметров и вынуждены искать технико-экономические "ниши" для упрощенных ЭОП, близких к нулевому поколению.

ЭОП 3-го поколения

ЭОП 3-го поколения, принципиально отличающиеся от своих предшественников высокоэффективным полупроводниковым фотокатодом на основе арсенида галлия с отрицательным электронным сродством (ЭОС), впервые были представлены на международных выставках вооружений в 1980—1982 гг. Интегральная чувствительность этих ЭОП составляла 1000 мкА/лм при разрешающей способности 32—36 штр/мм. В дальнейшем американские фирмы Litton, ITT, Varian вели интенсивные работы по совершенствованию этих ЭОП, финансируемые Минобороны США. Как следует из материалов выставки IDEX'97 (Абу-Даби), разработчиками

фирмы Litton за счет тщательного контроля процессов получения фотокатодных полупроводниковых структур с помощью люминесцентного и спектроскопических методов в готовых ЭОП OMNI IV была достигнута интегральная чувствительность фотокатода 1800 мкА/лм.

На длине волны 830 нм спектральная чувствительность этого катода (рис. 1) составляла 190 мА/Вт, что соответствует квантовому выходу 30 % (0,3 электрона/квант), а на длине волны 600 нм квантовый выход составлял 40 % (при теоретическом пределе 50 %). По сравнению с более ранними модификациями за счет оптимального подбора входного полупроводникового слоя фотокатод имеет хорошую чувствительность и в "синей" части спектра (до 400—450 нм). Очевидно, что внесение таких значений чувствительности в документацию предполагает наличие определенного технологического запаса и возможности получения чувствительности, превышающей 2000 мкА/лм.

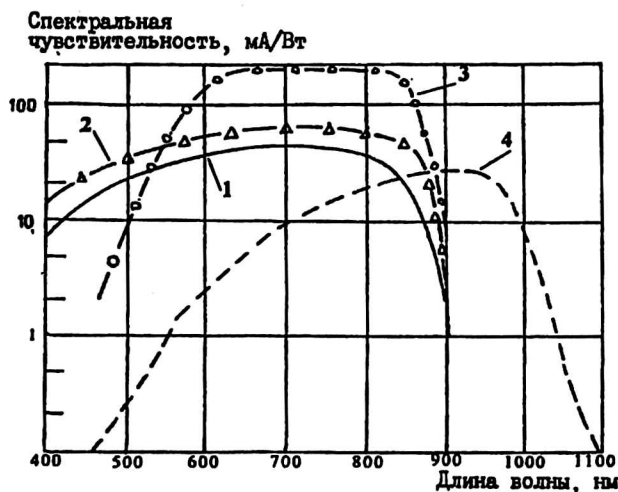


Рис. 1. Типичные спектральные характеристики современных фотокатодов:
 1 — многослойный (S-25) фотокатод; 2 — улучшенный многослойный (Super S-25) фотокатод;
 3 — фотокатод 3-го поколения (GaAs) модификации OMNI IV; 4 — продленный в ближнюю ИК-область (ENIR) фотокатод на основе InGaAs

В ЭОП 3-го поколения OMNI III и OMNI IV применены созданные по заказам Минобороны США микроканальные пластины (МКП) с диаметром каналов 9 и 6 мкм (ранее применялись МКП с диаметром каналов 12 мкм). Это позволило повысить разрешающую способность ЭОП с 32—36 штр/мм (ЭОП начала 80-х гг.) до 52 (OMNI III) и 64 (OMNI IV) штр/мм. Повышение параметров ЭОП 3-го поколения существенно увеличило и дальность действия ПНВ на их основе, особенно при освещенностях на местности ниже 0,001 люкс. При такой освещенности дальность действия ПНВ AN PVS-7 (ночные очки) увеличивается в 1,5—1,6 раза по сравнению с тем же ПНВ, использующим ЭОП 2⁺ или "раннего" 3-го поколений [1].

ЭОП 3-го поколения могут быть использованы и для модернизации ПНВ, использующих ЭОП 2-го поколения не только с бипланарной, но и инверторной электронно-оптической системой. Один из вариантов такой модернизации массового танкового водительского ПНВ был представлен фирмой ИТТ [2]. Используемый в ПНВ ЭОП 2-го поколения с рабочим диаметром фотокатода 25 мм (аналог — отечественный ЭП-10 или "Канал") заменяется на ЭОП 3-го поколения с таким же рабочим диаметром следующим образом. К выходной ВОП

ЭОП 3-го поколения оптически присоединяется оборачивающая волоконно-оптическая стопа, удлиняющая оптическую длину системы "ЭОП+стопа" до длины заменяемого инверторного ЭОП. Замена последнего на систему "ЭОП+стопа" не требует никаких изменений оптической схемы ПНВ и его деталей, что весьма выгодно с экономической точки зрения. Дальность действия ПНВ (с учетом потерь в стопе) увеличивается почти в 2 раза за счет более высоких чувствительности и разрешения ЭОП 3-го поколения. Суммарный технико-экономический эффект такой замены компенсирует высокую стоимость ЭОП 3-го поколения.

ЭОП 3-го поколения с продленной ИК-чувствительностью

Единственным фотокатодом, чувствительным в области за 0,9 мкм, до последнего времени являлся кислородно-серебряно-цезиевый (КСЦ) фотокатод (S-1 по американской классификации), имеющий "красную" границу 1,2—1,4 мкм. Недостатками этого катода являются низкая интегральная чувствительность (30—50 мкА/лм) и высокий темновой ток (10^{-13} — 10^{-11} А/см²). В силу этого ЭОП с такими фотокатодами могут использоваться практически только в ПНВ с подсветкой наблюдаемых объектов ИК-прожектором (по существующей терминологии — активных ПНВ). Такие приборы исторически были первым поколением ПНВ и могли использоваться, естественно, только против противника, не обладающего аналогичной техникой.

Несмотря на создание позднее ЭОП с более эффективными многощелочными фотокатодами, имеющими "красную" границу 0,9 мкм, интерес к более длинноволновым фотокатодам не ослабевал как из-за более высокой интенсивности излучения ночного неба, так и из-за большей разницы в коэффициентах отражения естественных и искусственных объектов в области за 0,9 мкм. Другой причиной интереса к длинноволновым фотокатодам явились создание эффективных лазерных излучателей на основе Nd:YAG с длиной волны излучения 1,06 мкм и необходимость возможности визуализации их излучения. Последнее может быть собственной подсветкой или целеуказанием, а также излучением аналогичных средств и дальномеров противника.

Возможность создания длинноволновых фотокатодов с существенно более высокой интегральной чувствительностью, чем КСЦ-фотокатод, появилась в результате интенсивных исследований фотоэммиттеров с ОЭС на базе соединений АIII—BV.

Перспективными считались фотокатоды на основе соединений АIII—BV с приложенным электрическим полем, облегчающим выход электронов в вакуум и дающим возможность получить фотоэмиссию в диапазоне до 1,6—1,8 мкм. Были получены образцы ЭОП с такими фотокатодами с квантовым выходом до 10 % в области 1,2—1,6 мкм [3]. Однако создать серийно способную технологию таких ЭОП не удалось.

Основная причина этого заключалась в том, что наличие в тонком фотокатоде сильного электрического поля (до 50 000 В/см) приводило к большому браку по качеству изображения (однородность, дефекты) и надежности (электрическая прочность).

Более успешными оказались работы по увеличению ИК-чувствительности фотокатодов 3-го поколения путем введения в активный слой GaAs 10—15%-й добавки индия и создания таким образом тройного соединения InGaAs, состав которого тщательно контролировался методами фотолюминесцентными и рамановской спектроскопии [2]. В результате фирмой Litton на базе стандартной конструкции 3-го поколения были созданы ЭОП с таким фотокатодом, названным "Extended Near IR" (продленный в ближнюю ИК-область) — сокращенно ENIR.

Такой ЭОП имеет спектральную чувствительность, представленную на рис. 1, при интегральной чувствительности 300—1000 мкА/лм. На “лазерной” длине волны 1,06 мкм чувствительность составляет 0,025—0,35 мА/Вт (квантовый выход 0,003—0,04 %, соответственно), что несколько меньше чувствительности КСЦ-фотокатода на этой длине волны (порядка 0,7 мА/Вт). Однако более низкий темновой ток (около $5 \cdot 10^{-14}$ А/см²) и значительно более высокая интегральная чувствительность делают новый катод перспективным как для пассивных, так и подсветочных ПНВ.

ЭОП стандартной конструкции 3-го поколения с таким фотокатодом и разрешающей способностью 46 штр/мм испытывался в составе ПНВ AQUILA III и показал следующие результаты: при ночной освещенности 0,005 лк дальность видения фигуры человека — до 800 м, танка — до 3200 м, в обоих случаях фон — зеленая трава [4].

ЭОП с фотокатодом ENIR способны детектировать даже единичные импульсы широко распространенных Nd:YAG-лазерных дальномеров, не говоря уже о дальномерах и подсветочных устройствах на GaAs-лазерах. Прицелы и очки с такими ЭОП дают возможность повышения точности ночной стрельбы по цели, освещенной лазерным излучателем с малым углом расхождения пучка, ось которого съюстирована с осью канала ствола стрелкового оружия. При этом прицельный луч и его “метка” на цели не обнаруживаются никакими другими ПНВ, кроме оснащенных ЭОП с ENIR-фотокатодом.

ЭОП 2+ поколения

В связи с высокой стоимостью первых ЭОП 3-го поколения, сравнимой с ценой отечественного легкового автомобиля, разработчиками ЭОП и ПНВ было принято логичное решение: параллельно с усовершенствованием и удешевлением ЭОП 3-го поколения разработать ЭОП полностью аналогичной конструкции (включая оптические и электрические параметры) с хорошо освоенным и более дешевым многощелочным фотокатодом. Таким ЭОП предполагалось комплектовать ПНВ до начала массового производства ЭОП 3-го поколения и затем произвести технически несложную замену “временных” ЭОП на ЭОП 3-го поколения.

Эти “временные” ЭОП с бипланарной электростатической фокусировкой и микроканальным усилением получили название 2-плюс (2⁺) поколения в отличие от 2-го поколения с оборачивающей электростатической фокусировкой и микроканальным усилением. Предполагалось, по-видимому, что параметры 2⁺ поколения будут близки к 2-му поколению.

В ходе разработок этих ЭОП наибольшего успеха добилась фирма Philips, создавшая ЭОП XX1610, намного превосходящие по параметрам 2-е поколение и приближающиеся к ЭОП 3-го поколения. Эти ЭОП получили зарегистрированное фирменное название SuperGen.

Типичная интегральная фоточувствительность многощелочного фотокатода (Super S-25) в этих ЭОП составляет 650 мкА/лм (в стандартных ЭОП 2 и 2⁺ поколений это значение не превышает 280—350 мкА/лм). Разрешающая способность — 36—40 штр/мм при частотно-контрастной характеристике, не уступающей ЭОП 3-го поколения OMNI III: 19 % на пространственной частоте 25 штр/мм [5].

Разработчиками SuperGen получены хорошие шумовые характеристики ЭОП, определяемые следующими факторами. Многощелочной фотокатод является более стойким соединением по сравнению с фотокатодами 3-го поколения и практически не деградирует под действием положительных ионов, возникающих

в каналах МКП и бомбардирующих фотокатод. Поэтому в ЭОП 2⁺ поколения нет ионно-барьерной пленки на входе МКП, применяемой в ЭОП 3-го поколения. Эта пленка, защищая фотокатод от положительных ионов, в то же время препятствует попаданию в МКП до 30—50 % эмитируемых фотокатодом электронов. Последнее приводит к снижению эффективности детектирования фотонов и к увеличению шумов ЭОП.

Помимо отсутствия ионно-барьерной пленки, снижению шумов способствовало улучшение двух важных характеристик МКП. В ЭОП SuperGen фирма Philips применила МКП, изготовленные из собственной пары стекол по собственной технологии. Эти МКП имели повышенную прозрачность (т. е. отношение суммарной площади каналов на входной плоскости МКП к общей рабочей площади МКП) и повышенный коэффициент вторичной эмиссии при соударении электронов со стенками каналов. В итоге в этих ЭОП значение фактора шума было снижено до 1,5, в то время как для ЭОП 3-го поколения эта величина равна 3,0—3,5.

Вышеуказанный рост параметров обеспечил получение с ЭОП SuperGen 2⁺ поколения практически тех же дальностей действия ПНВ, что и с ЭОП 3-го поколения (за исключением последней модификации OMNI IV) при освещенностях до 0,001 лк. Таким образом, ЭОП SuperGen из “временно замещающего” превратился в самостоятельную и более дешевую альтернативу для ЭОП 3-го поколения.

Это привело к изменению идеологии комплектования ПНВ конструктивно взаимозаменяемыми ЭОП 2⁺ и 3-го поколений. Относительно недорогие и массовые ПНВ (монокуляры, прицелы легкого оружия, очки) целесообразно комплектовать ЭОП 2⁺ поколения, а ЭОП 3-го поколения применять в них для специальных задач, требующих получения максимальных дальностей в условиях освещенности ниже 0,001 лк. В случаях применения ПНВ на объектах, цена которых намного превосходит цены ЭОП (танк, вертолет, БМП), естественно использовать в них ЭОП 3-го поколения для максимального повышения эффективности ночных действий объекта применения.

ЭОП с ПЗС — 4-е поколение ЭОП и ПНВ

Приборы, в которых изображение, получаемое с помощью ЭОП, преобразуется ПЗС-матрицей в видеосигнал и может наблюдаться на дистанционно размещенном дисплее, весьма перспективны для гражданских и специальных целей: ночная охрана объектов, вождение транспортных средств, дистанционное наблюдение за ночной жизнью животных и т. д.

Дисплей в таких приборах может быть либо размещен с сенсорным блоком (объектив+ЭОП+ПЗС) на расстоянии до 100 м и более, либо в миниатюрном исполнении может быть размещен перед глазом (или глазами) наблюдателя. Связь дисплея с сенсорным блоком может быть проводной или с помощью миниатюрных телевизионных передатчиков. В последнем случае изображение может приниматься по одному из каналов обычного телевизионного приемника. Принципиально новая компоновка таких ПНВ с “развязанным” индикатором позволяет выделить их в новое, 4-е поколение ПНВ (предыдущие поколения “нумеруются” по поколениям используемых в них ЭОП).

Создание таких ПНВ с параметрами, представляющими практический интерес для ночного видения, впервые стало возможным после создания ЭОП с высоким усилением света. Это связано с тем, что в первых гибридных преобразователях оптическая “стыковка” изображения с выходного экрана ЭОП 1, 2 или 3-го по-

коления и приемной матрицы ПЗС осуществлялось с помощью оптики переноса либо фоконов с большими потерями по энергетике. При пороговой чувствительности ПЗС матриц порядка 0,1 лк требовалось усиление ЭОП не менее 10000, чтобы реализовать разрешение ПЗС при ночных освещенностях, и высокие разрешение и качество изображения ЭОП, в первую очередь, отсутствие пространственных (структурных) шумов.

Исследования сенсорных блоков ЭОП+ПЗС с различными типами ЭОП, стыкованными через фоконы с ПЗС ICX 038/039 показали, что разрешающая способность в 100 телевизионных линий достигается при использовании ЭОП 2-го поколения при освещенности 0,001 лк, для ЭОП 2⁺ SuperGen при освещенности 0,00001 лк достигается 180 ТВ-линий. При освещенностях порядка 0,001 лк такие сенсоры обеспечивают 400 ТВ-линий, что делает их весьма перспективными для систем ночного видения [6]. В настоящее время развитие таких систем идет по нескольким направлениям.

Ряд зарубежных фирм выпускает ЭОП, состыкованные с ПЗС-матрицами через фоконы и называемые Low Light Level Image Sensors или Intensified CCD Sensors. Например, фирма De Oude Delft выпускает такие ЭОП на базе ЭОП 3-го поколения, обеспечивающие при ночной освещенности разрешение до 400 ТВ-линий (тип XX 1760).

Наиболее перспективными являются ЭОП, в которых матрица ПЗС помещается внутри вакуумного объема ЭОП и возбуждается с тыльной стороны непосредственно электронным пучком, несущим информацию об изображении. При этом исключаются потери на преобразование энергии электронов в световую энергию (свыше 80 %) и ее переноса через оптику или фоконы на ПЗС. В результате такой прибор существенно превосходит все остальные типы ЭОП с ПЗС по информационной емкости и пороговой освещенности, достигающей в ЭОП с электронно-возбуждаемой ПЗС (ЭВПЗС) 0,000001 лк.

ЭОП с высокочувствительным фотокатодом 2⁺ или 3-го поколения с ЭВПЗС и выходом в виде контактов матрицы ПЗС или сразу видеосигнала принято называть в последнее время ЭОП 4-го поколения.

Несмотря на явные преимущества таких ЭОП, они являются весьма сложными в плане технологического совмещения фотокатодов и ПЗС в одном вакуумном объеме. Кроме того, получение тонкой ПЗС для возбуждения электронами с тыльной стороны представляет самостоятельную проблему. В связи с этим ЭОП 4-го поколения пока выпускаются очень немногими фирмами, в том числе российской — ЦНИИ "Электрон", и имеют стоимость выше стоимости ЭОП 3-го поколения.

Поэтому в настоящее время более распространены приборы 4-го поколения, в которых ЭОП стыкуются в ПЗС через оптику переноса или фоконы. Некоторыми зарубежными фирмами к стандартным ПНВ в качестве выбираемой комплектации прилагается переходное устройство с "С"-резьбой, позволяющее присоединять ПНВ к стандартным ПЗС-видеокамерам вместо их "дневного" объектива.

Такая комплектация предусмотрена, например в ПНВ M982/M983, M942/M944, AN/PVS-8 фирмы Litton и в ПНВ Nite Watch фирмы EEV.

Фирма Intevac выпускает прибор-"помощник" ПЗС-видеокамер "Nite Mate" — прибор, состоящий из ЭОП 3-поколения, блока его питания с входным постоянным напряжением 12 В (унификация с питанием ПЗС-камеры) и оптики переноса. На входе и выходе прибора — унифицированная "С"-резьба для присоединения объектива ПЗС-камеры и самой камеры. При этом сохраняется возможность работы и автоматического контроля объектива "auto-iris". Производитель рек-

ламирует возможность получения с стандартными ПЗС (пороговая чувствительность — 0,1 лк) форматом 1/2" или 2/3" разрешающей способности 425 ТВ-линий при освещенности 0,00001 лк (пасмурная звездная ночь).

Другим направлением являются полностью или частично комплексированные ПНВ 4-го поколения. Примером является Televised Lightweight Universal Night Observation Systems (TELELUNOS) бельгийско-нидерландской фирмы Delft Sensor Systems. Система состоит из входного объектива, ЭОП 2⁺ или 3-го поколения, состыкованного с 2/3" ПЗС с числом элементов 756x581 и дистанционно разнесенных дисплея и блока управления. Система комплектуется тремя объективами (1X, 4X и 6X) и предусмотрена возможность использования объективов с переменным увеличением ("zoom") и изменяющейся диафрагмой. Управление объективами осуществляется с пульта управления. При использовании объективов с изменяющейся диафрагмой система имеет динамический диапазон от 0,0001 до 100 000 лк и может использоваться как в дневных, так и ночных условиях для наблюдения и документирования (видеозапись) наблюдаемых сцен и объектов. Поле зрения системы составляет 32 (по горизонтали) x 24 (по вертикали) градуса при использовании объектива 1X при разрешении по горизонтали 0,44 ТВ-линии/мрад (соответствует 360 линиям на все поле) при освещенности 0,0001 лк, а с объективом 6X — поле зрения 5,4x4,0 град и разрешение 3,78 ТВ-линии/мрад при тех же условиях [7].

Преобразование изображения, получаемого с помощью ЭОП, в аналоговой или цифровой видеосигнал открывает дополнительные возможности по обработке изображения с целью повышения его информативности.

«НПО "Орион"» совместно с "Орэкс" разработана компьютерная система динамической окраски изображения, получаемого в форме видеосигнала с помощью ПНВ 4-го поколения или тепловизора. В отличие от известных способов получения изображения в условных цветах методом амплитудной селекции видеосигнала в разработанной системе каждому значению видеосигнала "присваивается" один из цветов 256-цветной палитры и производится циклическая смена цветов палитры со скоростью, не превышающей величину, обратную латентному периоду зрительной реакции глаза. Разработанное программное обеспечение обеспечивает возможность использования 72 палитр и передачи цветного изображения 256x192 элемента с частотой 15 Гц.

Система дает возможность лучшего и быстрого различения мелких и мало-контрастных деталей за счет того, что в определенный момент наблюдения они окрашиваются в контрастирующий с фоном цвет. Это позволяет открывать в изображении детали, кажущиеся незаметными в черно-белой картине, и может быть использовано не только для повышения информативности изображений ночных или тепловизорных сцен, но и давать практическое преимущество при расшифровке фотографий астрономических, биологических и других объектов.

Еще большими возможностями обладает разработанная «НПО "Орион"» и "Орэкс" ночная стереоскопическая телевизионная система наблюдения (рис. 2). В этой системе изображение создается с помощью двух каналов, каждый из которых содержит управляемый объектив и высококачественный бипланарный ЭОП, состыкованный с ПЗС. Видеосигналы преобразуются в цифровую форму и после специальной электронной и компьютерной обработки поступают на очки (шлем) "виртуальной реальности" либо наблюдаются на дисплее с помощью жидкокристаллических светоклапанных очков.

Система дает возможность получения объемного (стерео) изображения с хорошей передачей ощущения глубины сцены и объема наблюдаемых объектов с возможностью регулировки зоны стереовидения и глубинной разрешающей спо-

способности. Получение стереоизображения ночной сцены имеет все известные преимущества стереоустройств отображения визуальной информации: лучшую и более быструю распознаваемость объектов, повышенную точность оценки взаиморасположения объектов и др. [8]. Для ночного видения наиболее важным является снижение флуктуационных шумов в стереоизображении по сравнению с двумерным (плоским) изображением. Это связано с тем фактом, что шумы психофизиологически воспринимаются распределенными в объемном пространстве и не связанными с конкретными деталями изображения.

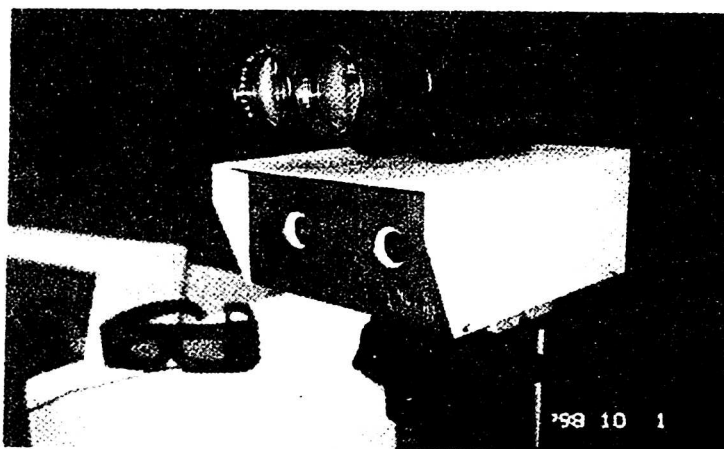


Рис. 2. Стереоскопическая дневно-ночная телевизионная система наблюдения

Схема питания ЭОП в описываемой системе обеспечивает эффекты “электронной диафрагмы” и “электронного затвора”, что обеспечивает работоспособность прибора как в ночных, так и в дневных условиях, а также в импульсном режиме. Для возможности работы в условиях дымки, тумана, дождя система может комплектоваться лазерной подсветкой, синхронизированной с “электронным затвором”.

Система имеет широкий диапазон применений, в том числе, по мнению авторов, может эффективно использоваться для ночного вождения транспортных средств. Объемность изображения дорожного полотна, улучшенное обнаружение малоразмерных препятствий позволят повысить скорость ночного вождения в 1,4—1,5 раза.

Перспективным является также использование стереосистемы в дневных или ночных условиях в телеуправляемых роботах-манипуляторах, в том числе — роботах-саперах. Стереосистема позволит повысить эффективность управления движением роботов и их механических “рук” за счет лучшей оценки взаиморасположения предметов.

Стереосистема позволяет также получать изображение в естественных цветах при комплектации ее схемой оптико-электронной фильтрации. Эксперименты по наблюдению объектов в дневных условиях показали возможность цветопередачи, соответствующей изображению первых цветных телевизоров. В ночных условиях (при лунном освещении) наблюдается почти обычная, “дневная” раскраска наблюдаемой сцены.

Помимо чисто художественного аспекта, цветное изображение позволяет повысить скорость обнаружения и распознаваемости объектов.

Цветная ночная система видения обеспечивает улучшение скорости распознаваемости на 30 % и снижение ошибок в распознавании на 60 % [7].

З а к л ю ч е н и е

Высокие параметры описанных ЭОП 2⁺, 3-го и 3-ENIR поколений уже приблизились не только к технологическим, но и к теоретическим пределам по величине квантового выхода и длинноволновой границе фоточувствительности. Последняя для фотокатодов 3-го поколения физически ограничена длиной волны 1,1 мкм, за которой условие ОЭС не реализуется [3] и, как и для обычных фотокатодов, начинается резкий рост темновой фотоэмиссии.

Физические принципы ограничивают и возможности твердотельных аналогов ЭОП, строящихся по схеме "фотопроводник—электролюминофор". Такие преобразователи могут обеспечить заметные усиления (более 10) только при невысокой концентрации равновесных носителей в зоне проводимости фотопроводника, т. е. при достаточно широкой его запрещенной зоне и, соответственно, "короткой" длинноволновой границе чувствительности.

Основные перспективы повышения информационной емкости ПНВ с ЭОП связаны с электронной и компьютерной обработкой изображения, создаваемого ЭОП, повышающей информативность в 1,3—2 раза, а также с объединением оптико-электронного канала на основе ЭОП (0,4—1,1 мкм) с тепловизионным каналом (3—5, 8—14 мкм) в полиспектральных ПНВ следующих поколений.

Л и т е р а т у р а

1. Рекламное сообщение фирмы Litton (США), IDEX'97.
2. Рекламное сообщение фирмы ITT (США), IDEX'97.
3. Мусатов А. Л. Фотозмиттеры с отрицательным электронным средством // Итоги науки и техники. Сер. Электроника и ее применение. Т. 11. — М., 1979.
4. Esterad, Sainert и др. // SPIE, 1994. V. 2551. P. 135—143.
5. Техническое сообщение фирмы Philips Photonics (Нидерланды), 1995.
6. Busch L. // То же. V. 2551. P. 159—172.
7. Рекламное сообщение фирмы Delft Sensor Systems (Бельгия, Нидерланды), IDEX'97.
8. Мамчев Г. В. Стереотелевизионные устройства отображения информации. — М.: Радио и связь, 1983.

IMAGE INTENSIFIERS TODAY. STATE AND BASIC DEVELOPMENT TENDENCIES

V. P. Beguchev, A. L. Chapkevich

International Centre of Photomicroelectronics & Night Vision "Orex"

A. M. Filachev

The State Unitary Enterprise «RD&P Centre "Orion"», Moscow, Russia

The basic tendencies of modern image intensifiers development are: a considerable rise of foreign 3-rd generation parameters level, including the creation of extended near IR intensifiers, development of 2⁺ generation to SuperGen and expansion of the image intensifiers possibility by electronic and computer processing of the image in devices with "hand-off" display (4-th generation). As an example of such devices day/night 3D (stereo) color televized observation system developed joint «NPO "Orion"» and "Orex" is described.