

Виктор Волков, д. т. н., академик РАЕН, профессор | volkvik2009@yandex.ru

# Полупроводниковые излучатели

для перспективных осветителей-целуказателей,  
лазерных дальномеров и приборов ночного видения

Рассматривается применение полупроводниковых излучателей для комбинированных осветителей-целуказателей, а также лазерных полупроводниковых излучателей, работающих на длине волны 1550 нм и предназначенных для создания перспективных лазерных целуказателей, дальномеров и приборов ночного видения. Описываются конкретные модели приборов и приводятся основные параметры указанных изделий.

В современной технике широко используются малогабаритные целуказатели лазерные (ЦЛ), лазерные дальномеры (ЛД) и приборы ночного видения (ПНВ) на базе лазерных полупроводниковых излучателей (ЛПИ) [1]. Однако за последние годы наметилась новые перспективные направ-

ления создания перечисленных приборов. К ним относятся:

- комбинированные осветители, состоящие из ламповых и светодиодных излучателей;
- комбинированные осветители-целуказатели (ОЦ) на основе светодиодных излучателей и ЛПИ, используемые для установки на стрелковое оружие или как составная часть приборов наблюдения;
- ЦЛ, работающие на двух длинах волн: в видимой и ИК-области спектра;
- ЛПИ с рабочей длиной волны 1550 нм для перспективных ЦЛ, ЛД и ПНВ.



Рис. 1. Комбинированные осветители фирмы Mellert: а) TL42 HYBRID; б) SEARCH-LITE HYBRID; в) HYBRID G9

Таблица 1. Параметры фонарей фирмы Mellert (Германия)

| Модель                        |              | TL42 HYBRID                      | SEARCH-LITE HYBRID                     | HYBRID G9                            | G18   |
|-------------------------------|--------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| В составе                     |              | Криптоновая лампа + 3 светодиода | Галогенная лампа + 9 светодиодов TL232 | Ксеноновая лампа + 3 и 7 светодиодов | Ксеноновая лампа + 3 и 6 светодиодов в излучателе |
| Дальность действия каналов, м | лампового    | 70–80                            | 1500 м                                 | 60–70                                | 60–70   |
|                               | светодиодных | 10–15                            | 25                                     | 10–15 и 30–35                        | 10–15 и 30–35                                     |
| Время непрерывной работы      |              | 45 мин. и 5 ч                    |  | 3, 50, 35 ч                          | 3, 60 и 30 ч                                      |
| Напряжение питания, В         |              | 2,7–3,6                          |  | 3,8–4,6                              | 2,7–3,6   |
| Сила света, кд                |              | 60                               | 2 106 и 12 105                         |                                      | 9   |
| Габариты, мм                  |              | ∅37×155                          | ∅130×220×1                             | ∅38×136×170                          | ∅42×32  |
| Масса, г                      |              |                                  |  | 158                                  | 172   |

Таблица 2. Основные параметры комбинированных осветителей-целуказателей фирм Beamshot, NcSTAR, LaserMax

| Фирма    | Модель   | Д, м | ∆λ-осветителя или ЦЛ/∆λ, ЦЛ, нм | Ф, лм/Р, Вт                    | Θ осветителя, град./ЦЛ, угл. мин. | U, В | T осветителя, час/Г ЦЛ, час | Масса, г | Габариты, мм |
|----------|----------|------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|-----------------------------|----------|--------------|
| BEAMSHOT | BS8000S  | 457  | Видимая/650                     | 150/<5                         | 6/5                               | 3    | 0,75/36                     | 157      | ∅52×90       |
|          | GB8800S  | 3200 | Видимая/532                     | 150/<5                         | 6/5                               | 6    | 2,5/8                       | 148      | 93×40×56     |
|          | BS9000R  | 91   | Видимая/650                     | 150/<5                         |                                   |      | 1/40                        | 77,4     | 90×40×43,2   |
|          | GB9000G  | 91   | Видимая/532                     | 150/<5                         |                                   |      | 1/3,5                       | 77,4     | 90×40×43,2   |
| NcSTAR   | APRLSRG  |      | 532/635–652                     | -/<5                           | <1/<1                             | 3    |                             | 206      | 131×35×44    |
|          | ARLSRG   |      | 532/635–652                     | -/<2 (532 нм), <5 (635–652 нм) | <1/<1                             | 3    |                             | 210      | 131×40×72    |
| LaserMax | LMS-1202 |      | Видимая/635                     | 60/5                           |                                   | 6    |                             | 375      |              |

Примечание: D – дальность действия, λ – рабочая длина волны, ∆λ – рабочая область спектра, Ф – световой поток, Р – мощность излучения, U – напряжение питания, T – время непрерывной работы.

Примером осветителей, состоящих из ламповых и светодиодных излучателей, являются фонари фирмы Mellert (рис. 1, таблица 1).

В таблице 2 представлены основные параметры комбинированных осветителей-целеуказателей (ОЦЛ) американских фирм BEAMSHOT, NcSTAR и LaserMax (рис.2а, б), в таблице 3 — других фирм (рис.2в, г), а в таблице 4 — модели ОЦЛ LLM (рис.3).

Кроме модели LLM, существует целый ряд других многоканальных ОЦ. Примером может



Рис. 2. Комбинированные ОЦЛ: а) GB8800S; б) BS9000R; в) 2ПС-Клещ+ЛЦУ; г) 2ИКС-Клещ+ЛЦУ

Таблица 3. Основные параметры комбинированных перспективных ОЦ

| Фирма                   | Модель   | D, м                      | $\Delta\lambda/\lambda$ , нм/нм | $E_{\lambda}/E_{\lambda_0}$ , лк (P, мВт) | T осветителя, ч/ЦЛ, ч | U, В | Габариты, мм |
|-------------------------|--|---------------------------|---------------------------------|---|-----------------------|------|--------------|
| ОАО «Зенит» (РФ)        | 2ПС-Клещ +ЛЦУ  | 200 (день)<br>400 (ночь)  | Видимая/красн.                  | 240/40/350                                | 3/12                  | 6    | 73×36×46     |
|                         | 2П-Клещ +ЛЦУ   |                           |                                 |   |                       |      | 77×40×46     |
|                         | 2ИКС-Клещ + ЛЦУ  | 150 (день)<br>1500 (ночь) | Видимая/красн.                  |   | 3/12                  | 6    | 73×36×46     |
| Night Optics Inc. (США) | X2 Laser Sub Compact   | 30                        | Видимая/красн.                  |   |                       | 6    | 61×36×48     |
|                         | M6X Rail-Grabber Long Gum US Military Kit                          | 30                        | Видимая/650                     | (3,5-5)                                   | 1/1                   | 6    | 91×41×53     |
|                         | M6 Tactical Lase4r Illuminator (галогенная, ксеноновая лампа + ЦЛ) | 20-25                     | Видимая/640±40 или 830±50       | (5)                                       | 1/1                   | 6    | 86×40×48     |

Примечания: D — дальность действия,  $\Delta\lambda$  — рабочая область спектра,  $E_{\lambda}$ ,  $E_{\lambda_0}$ , P — мощность излучения, U — напряжение питания, T — время непрерывной работы.

Таблица 4. Основные параметры ОЦЛ LLM

| Канал  | ИК-ЦЛ              | ИК-осветитель    | ЦЛ красного цвета  | Лампа ксеноновая и светодиод белого цвета свечения |
|--|--------------------|------------------|--------------------|--|
| Рабочая область спектра, нм                              | 850                | 880              | 650                | Видимая область                                    |
| Мощность излучения, мВт/лм                               | 0,44; 35           | 25               | 5; 30              | 8000/95 (лампа), 200 (светодиод)                   |
| Класс лазерной безопасности по стандарту DIN EN 60825-93 | 1                  | 3A               | 3B <sup>1)</sup>   |  |
| Дальность видения, м                                     | >200 <sup>2)</sup> | 10 <sup>2)</sup> | >200 <sup>2)</sup> | >100 <sup>3)</sup>                                 |
| Размер пятна подсветки (мм)/на дальности (м)             | 15×30/25           | 2×2/3            | 15×30/25           | ~2×2/10  |
| Время непрерывной работы, ч (при -10...+20 °С)           | >28                | >13              | >15                | >1 (лампа), 60 (светодиод)                         |
| Масса, г   |                    |                  | <190 (с батареей)  |  |
| Габариты, мм   |                    |                  | 86×46×47           |  |
| Напряжение питания, В                                    |                    |                  | 6                  |  |
| Диапазон рабочих температур, °С                          |                    |                  | -20...+55          |  |

Примечание: <sup>1)</sup> — с фильтром с плотностью 2; <sup>2)</sup> — с очками ночного видения, <sup>3)</sup> — ослепляющий эффект ночью — до 10 м.



Рис. 3. Комбинированный осветитель-целеуказатель LLM: а) внешний вид; б) установка на различном оружии (1 — ИК лазерный осветитель; 2 — ИК лазерный целеуказатель; 3 — осветитель на основе галогенной лампы; 4 — ударопрочный и герметичный корпус; 5 — целеуказатель красного цвета свечения; 6 — крепление к оружию; 7 — многофункциональный переключатель; 8 — клавиши управления; 9 — крышка батарейного отсека; 10 — программируемый встроенный микропроцессор для контроля всех функций; 11 — разъем для подключения кабеля, связанного с оружием)



Рис. 4. ОЦЛ: а) BLAST 2; б) DBAL-12; в) ATRIAL; г) LTAD-RSNC; д) PistolCam; е) MARS; ж) AIM-2000

служить BLAST 2 фирмы Laser Devices Ltd. (США) (рис. 4а). Этот ОЦ объединяет ксенонную лампу с мощностью до 95 Вт, светодиод (до 125 лм) и ЛЦ. Лазер ЦЛ имеет длину волны 635 нм, дальность действия 30 м (день) и до 450 м (ночь). Герметичный корпус ОЦ (выдерживает погружение в воду на глубину до 20 м) выполнен из прочного полимера, масса ОЦ составляет 209 г. Время непрерывной работы ОЦ от одного комплекта батарей — до 1 ч. После установки ОЦ на оружии и его последующего демонтажа нет необходимости вновь настраивать угол прицеливания и поправку на ветер. Laser Devices разработала целый ряд ОЦ: DBL-D2, DBAL-12, SPIR, OV-3, LAS/TAC2, COBL-1, EOLAD-11, AR-2A, ITAL/OTAL-Classic. При этом ЦЛ могут работать в видимой области спектра (532 или 635 нм) либо в ИК, области (850 нм). Мощность лазерного излучения 1–5 и 0,7 мВт соответственно. У ЛЦ с излучением зеленого цвета дальность действия составляет днем 1500 м, ночью 30 м, а с излучением красного цвета — 500 и 10 м. ИК ЦЛ имеет дальность действия ночью до 225 м. Напряжение питания 3–6 В (в зависимости от модели), время непрерывной работы — 1–48 ч (в зависимости от источника питания). Лазерный ИК-осветитель работает на длине волны 850 нм, имеет мощность излучения 150–600 мВт, регулируемый угол подсветки 2–30° или 7,5–15°, дальность действия 200–800 м (в зависимости от типа прибора). Масса и габариты могут быть от 356,2 г и 97,8×85,6×4 мм (DBAL-D2) до 88 г и 83×37×33 мм (OV-3). На рис. 4б представлена модель DBAL-12, в которой может быть установлен ЛЦ красного или зеленого цвета свечения (по выбору).

Фирма Insight Tech Gear (США) разработала универсальный ОЦ ATRIAL (рис. 4в). В нем сочетается тактический светодиодный фонарь, лазерный ЦЛ с длиной волны 605–665 нм и ИК ЦЛ с длиной волны 820–850 нм, а также лазерный ИК-осветитель. Дальность действия первого ЦЛ составляет до 25 м, второго — 600–2000 м. Дальность действия ИК-осветителя — 2000 м. Прибор работает в любое время суток, имеет массу 210 г (с батареями 6 В) и габариты 117×71×40 мм. Длительность работы ОЦ до 6 ч. Герметизированный корпус допускает погружение на глубину до 6 м в течение 1 ч. Фирма

COT (РФ) разработала ЦЛ видимого диапазона в сочетании с ИК-осветителем, имеющим регулировку угла подсветки (LTAD-RSNC) (рис. 4г). Длина волны излучения ЦЛ составляет 635 нм, осветителя — 850 нм, мощность излучения последнего — 1 и 25 мВт. Рабочая дальность действия прибора 200 м. Угол подсветки ЦЛ 0,5 мрад, ИК осветителя — 0,05–6°, расход выверки по высоте и по направлению ±20 мрад, шаг выверки 0,5±0,05 мрад. Гарантируется работа от батареи напряжением 3 В в течение 10–20 ч. Прибор имеет выносную кнопку дистанционного управления, стандартное крепление на планку weaver или rсatinnu. После снятия прибора с оружия все выверки возвращаются «в ноль». Герметичный корпус прибора обеспечивает возможность его погружения в воду на глубину 20 м в течение 2 ч.

Фирма Legend Technologies (США) разработала устройство PistolCam (рис. 4д, [13]), объединяющее ТВ-камеру, ЦЛ и тактический фонарь. Разрешающая способность ТВ-камеры 3,2 млн пикселей, мощность подствольного фонаря 120 лм. Прибор может быть использован как автономно, так и при установке на оружие.

ГП Optronics, Ltd. (Израиль) разработала комбинированную систему MARS (рис. 4е, [14]), которая состоит из оптического коллиматорного прицела, светодиодного осветителя и ЦЛ MARS Dual. ЦЛ может работать на длине волны 650 и 850 нм при мощности излучения соответственно 1 и 0,4 мВт. Угловая расходимость излучения ЦЛ 0,5 мрад, напряжение питания 1,5 В, срок службы прицела без замены батареи питания 200 ч. Масса не более 400 г, габариты 48×75×132 мм. Коллиматорный прицел имеет однократное увеличение, параллакс менее 0,2 мрад, удаление выходного зрачка до 330 мм, диапазон регулировки яркости светового пятна 10<sup>4</sup>, его угловой размер 0,3 мрад.

Фирма Intermicro Telecom Systems (США) разработала ЦЛ с двумя длинами волн — AIM-2000 (рис. 4ж). ЦЛ работает на длине волны 640 и 840 нм при мощности излучения соответственно 1 и 0,4–2 мВт. Угловая расходимость излучения ЦЛ 0,5 мрад, напряжение питания 1,5 В при токе 120 мА, срок службы ЦЛ 5×10<sup>3</sup> операций

продолжительностью 5 с каждая. Масса ЦЛ не более 195 г, габариты 62×32×102 мм.

Для перспективных ЦЛ, ЛД и ПНВ представляется целесообразным использовать полупроводниковые лазерные излучатели, работающие на длине волны 1540–1550 нм. Это вызвано целым рядом преимуществ рабочей области спектра 1400–1800 мкм. Средняя величина естественной ночной освещенности в безлунную ночь для области спектра 400–900 нм (фотокад ЭОП поколений 2,2<sup>+</sup>, 3) достигает (1,5–3)×10<sup>-9</sup> Вт/см<sup>2</sup> мкм, а в области спектра 1400–1800 нм — (1,5–2)×10<sup>-7</sup> Вт/см<sup>2</sup> мкм, то есть на два порядка выше (рис. 5). Кроме того, улучшается прозрачность атмосферы: при метеорологической дальности видимости 10 км пропускание толщи атмосферы 1 км на длине волны 600 нм составляет 0,72, а в центре области спектра 1400–1800 нм — 0,93. При этом яркость атмосферной дымки снижается больше чем на порядок в области спектра 1400–1800 нм по сравнению с видимой. Величина контраста объекта наблюдения с фоном в этой области спектра более стабильна и выше в 1,4–1,5 раза, чем в диапазоне 400–900 нм. Кроме того, если в этой области спектра освещенность ночью меняется от 10<sup>-5</sup> до 2,5×10<sup>-9</sup> Вт/см<sup>2</sup>, то в диапазоне 1400–1800 нм — от 1,6×10<sup>-4</sup> до (3–4)×10<sup>-7</sup> Вт/см<sup>2</sup> при тех же условиях освещенности, т. е. почти на два порядка. Процент обеспеченности освещенностью в течение всего года для естественной ночной освещенности в пределах 5×10<sup>-3</sup>–5×10<sup>-4</sup> лк для области спектра 1400–1800 нм также почти вдвое выше, чем для 400–900 мкм.

В области спектра 1400–1800 нм можно работать до определенной степени в некоторых дымах и пыли, а также визуализировать излучение современных лазерных целеуказателей-дальномеров, работающих на длине волны 1550 и 1700 нм.

Известно, что камуфляж позволяет замаскировать различные объекты на фоне окружающего пространства. Однако камуфляж, разработанный для видимой области спектра, может быть неэффективен для диапазона 1400–1800 мкм, в котором узор камуфляжа исчезает и обнаруживается только силуэт замаскированного объекта.

В области спектра 1400–1800 нм можно видеть в тумане, обнаруживать следы льда на крышах



Рис. 5. Характер возрастания яркости ночного неба при смещении в ИК область спектра



**Рис. 6.** Внешний вид типичного лазерного излучателя, работающего в области спектра 1550 нм

самолетов в аэропортах. Это похоже на «черный» лед на дорогах. Его нельзя заметить в видимой области спектра, но можно увидеть в диапазоне 1400–1800 нм. В этом сегменте можно обнаружить на картинах более раннюю живопись, скрытую под слоем масляных красок. Достигается это благодаря тому, что многие пигменты, окрашивающие свет в видимой области спектра, прозрачны в 1000–2000 нм.

Различают ЛПИ, работающие в непрерывном (ИЛПН) и в импульсном режимах (ИЛПИ). Основные параметры ИЛПН, используемых для построения ЦЛ, ЛД и ПНВ, приведены в таблице 5, а ИЛПИ — в таблице 6. Внешний вид типичных образцов таких ИЛП показан на рис. 6.

На основе таких ИЛПН и ИЛПИ могут быть созданы перспективные приборы ночного видения и низкоуровневые телевизионные системы (НТВС), основные параметры которых приведены в таблицах 7, 8. Внешний вид ПНВ фирмы «Электрооптик» представлен на рис. 7, а типичные кривые их спектральной чувствительности — на рис. 8.

**Таблица 5.** Основные параметры типичных ИЛПН, используемых для построения перспективных ЦЛ и пассивно-активных ПНВ

| Фирма                           | Модель         | $\lambda, \text{нм}/\Delta\lambda, \text{нм}$ | P, мВт   | $I_n, \text{мА}/I_{\text{пор}}, \text{мА}$ | U, В  | $\theta, \text{град.}$ | Размер тела свечения, мкм |
|---------------------------------|----------------|---|----------|--|-------|------------------------|---------------------------|
| НИИ «Полюс» (РФ)                | IDL30S-1550    | 1520–1580/3                                   | 30       | 150/25                                     | 2,0   | 20×35                  | 1Т                        |
|                                 | IDL100M-15     | 1520–1580/3,5                                 | 100      | 100/3,5                                    | 2,4   | 20×35                  | 1Б                        |
| «ФТИ-Оptronик» (РФ)             | ML920J6S-01    | 1550±30                                       | 5        | 30–40/10–15                                |       |                        |                           |
| Roithner LaserTechnik (Австрия) | ИЛПН-1300/1550 | 1550–1590/8–10                                | 100      | 300/20                                     | 2,1   | 40×30                  | 4,5П,5                    |
|                                 | RLT1500-30G    | 1503  | 30       | 120/42                                     | <2    | 8,5×34                 |                           |
|                                 | L155T5M        | 1550±10                                       | 5        | <50/<20                                    | <3    | 20×40                  |                           |
|                                 | RLT1550-5MG    | 1550±20                                       | 5        | 50/10                                      | 2     | 20×40                  | 4П                        |
|                                 | RLT1550-5G     | 1550±30                                       | 5        | 60/45                                      | 2     | 25×40                  | 5П                        |
|                                 | RLT1550-10G    | 1550±30                                       | 10       | 110/50                                     | 2     | 25×40                  | 5П                        |
|                                 | RLT1550-15G    | 1550±30                                       | 15       | 145/55                                     | 2     | 25×40                  | 5П                        |
|                                 | RLT1550-20G    | 1550±30                                       | 20       | 160/55                                     | 2     | 25×40                  | 5П                        |
|                                 | RLT1550-40G    | 1550±10                                       | 40       | 192/42                                     | 2     | 25×40                  |                           |
|                                 | RLT1550-100G   | 1580–1582/4                                   | 100      | 800/400                                    | 2,3   | 10×45                  |                           |
|                                 | RLT1550-500HHL | 1550±30/10                                    | 500      | 3750/700                                   | 2     | 2×10                   | 100П                      |
|                                 | LD1550-C500    | 1560±20/9                                     | 500      | 2500/700                                   | 1,8   | 7×33                   |                           |
|                                 | RLT1600-10G    | 1600±20/7                                     | 10       | 85/40                                      | 2     | 10×50                  | 5П                        |
|                                 | RLT1600-20G    | 1600±20/10                                    | 20       | 130/40                                     | 2     | 10×50                  | 5П                        |
|                                 | RLT1600-30G    | 1600±20/10                                    | 30       | 180/45                                     | 2     | 10×50                  | 5П                        |
|                                 | RLT1600-40G    | 1600±20/10                                    | 40       | 250/50                                     | 2     | 10×50                  | 5П                        |
|                                 | RLT1650M-7G    | 1650±(20–40)/4                                | 7        | 1600/920                                   | 2     | 25×30                  | 200П                      |
|                                 | LD1430-C003    | 1430±20/4                                     | 3        | 29/19                                      | 1,1   | 21×36                  |                           |
|                                 | RLT1450-3G     | 1450–10                                       | 3        | 50/35                                      | 2     | 10×40                  | 3П,5                      |
|                                 | L145T600m      | 1450±5/1                                      | 600      | 2500/500                                   | 1,1   | 5×30                   | 100П                      |
| RLT1460M-1WT                    | 1460±5/4       | 1000  | 3100/400 |  | 10×40 | 100П                   |                           |

**Примечания:**  $\lambda$  — рабочая длина волны,  $\Delta\lambda$  — ширина линии излучения, P — мощность излучения,  $I_n$  — рабочий ток накачки,  $I_{\text{пор}}$  — пороговый ток, U — напряжение питания,  $\theta$  — угол подсветки.

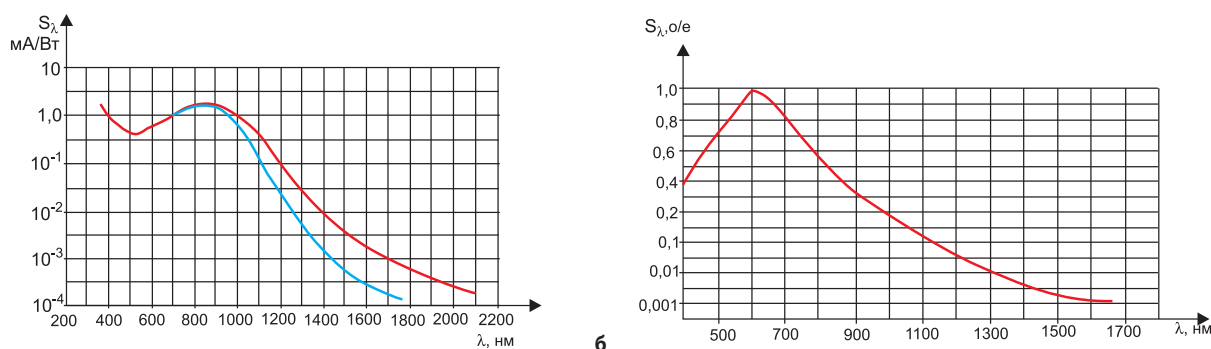
**Таблица 6.** Основные параметры типичных ИЛПИ, используемых для построения перспективных ЛД и АИ ПНВ

| Фирма                           | Модель            | $\lambda, \text{нм}/\Delta\lambda, \text{нм}$ | $P_{\text{п}}, \text{Вт}$ | F, кГц | $t_{\text{п}}, \text{нс}$ | $I_n, \text{А}$ | U, В | $\theta, \text{град.}$ | Размер тела свечения, мкм |
|---------------------------------|-------------------|---|---------------------------|--------|---------------------------|-----------------|------|------------------------|---------------------------|
| ОАО НПФ «Инжект» (РФ)           | ИЛД-5-1550        | 1550/4  | 5                         | 5      | 100                       | 18              | 6    | 10×40                  | 230П                      |
|                                 | ИЛД-10-1550       | 1550/4  | 10                        | 10     | 100                       | 30              | 6    | 11×25                  | 450П                      |
| Roithner LaserTechnik (Австрия) | RLT1610-100MPG    | 1610/3  | 0,1                       | 50     | 200                       | 3               | 1,5  | 15×30                  | 200П                      |
|                                 | LD1625-C120       | 1625±25/7                                     | 0,12                      | 0,01   | 104                       |                 | 1,0  | 17×44                  |                           |
|                                 | LDMP-1550-010W-91 | 1550±30                                       | 10                        | 2,5    | 200                       | 50              | 25   | 20×40                  | 370П                      |
|                                 | LDMP-1550-020W-91 | 1550±30                                       | 20                        | 1      | 100                       | 55              | 30   | 20×40                  | 320П00                    |
|                                 | LDMP-1650-030W-91 | 1650±30                                       | 30                        | 1      | 75                        | 75              | 40   | 20×40                  | 320П00                    |

**Примечания:**  $\lambda$  — рабочая длина волны,  $\Delta\lambda$  — полуширина спектра,  $P_{\text{п}}$  — мощность излучения в импульсе, F — частота,  $t_{\text{п}}$  — длительность импульса излучения,  $I_n$  — ток накачки, U — рабочее напряжение,  $\theta$  — угол расходимости излучения.



**Рис. 7.** ПНВ фирмы «Электрооптик»: а) ИК CCD-камера CONTOUR-M; б) ИК CCD-камера CONTOUR-IR; в) цифровая ИК CCD-камера CONTOUR-IR Digital; г) ИК-прибор наблюдения; д) ИК-прибор наблюдения ABRIS-M; е) гибридная ИК-камера CONTOUR



**Рис. 8.** Типичные кривые спектральной чувствительности ПНВ фирмы «Электрооптик»: а) ЭОП с фотокатодом S-1+; б) КМОП-матрицы ИК CCD-камер

Таблица 7. Основные параметры приборов ночного видения фирмы «Электрооптик»

| Модель                   | $\Delta\lambda$ , нм             | 2 $\omega$ , град. | N, ТВ линий<br>(число пикселей), штр/мм  | С/Ш, дБ   | U, В/Р, Вт                       | Масса, г/<br>габариты, мм | Т, ч | Объектив                   |  |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------|--|-----------|----------------------------------|---------------------------|------|----------------------------|--|
|                          |                                  |                    |  |           |                                  |                           |      | Фокусное<br>расстояние, мм | Относительное<br>отверстие                   |
| CONTOUR                  | 350-1700                         | 25                 | 300 ТВ линий   | >40       | 12/4,2                           | -/230×100×105             | 1,4  | 26                         | 1:1,4  |
| CONTOUR-M                | 400-1700                         | 20                 | 570 ТВ линий (752×582 пикс.)   | 46        | 12/4,8                           | 600/230×100×89            |      |                            |  |
| CONTOUR-IR               | 400-1700                         | 20                 | 570 ТВ линий (752×582 пикс.)   | 48        | 10-14,1/5-2,1                    | 300/∅56×110               |      |                            |  |
| CONTOUR-IR<br>digital    | 400-1700                         | 25                 | CMOS 1/3" 1280×1024 пикс.<br>(15 или 7 Гц), 640×480 пикс.<br>(60 Гц или 30 Гц) |           |                                  |                           |      |                            |  |
| ABRIS-M                  | 350-1300<br>350-1700<br>350-2000 | 30 (Г = 1 крат)    | 60 штр/мм  | 1,5/2-3,5 | 0,38/145×78×53<br>0,42/210×78×53 | 35                        |      | 26                         | 1:1,4 ( $\Delta D = 0,2 \text{ м-}\infty$ )  |
|                          |                                  | 20 (Г = 2 крат)    |  |           |                                  |                           |      | 50                         | 1:2 ( $\Delta D = 0,25 \text{ м-}\infty$ )   |
| SM-3R1700<br>(SM-3R2000) | 350-1700<br>(350-2000)           | 25 (Г = 1,8 крат)  | 50 штр/мм  |           | 3/-                              | 250/130×65×43             | 18   | 26                         | 1:1,4 ( $\Delta D = 0,15 \text{ м-}\infty$ ) |
| ABRIS-UV/IR              | 270-1700                         | 20 (Г = 1 крат)    | 30 штр/мм  |           | 1,5/2-3,5                        | 380/145×78×53             | 35   | 26                         | 1:1,6 ( $\Delta D = 0,2 \text{ м-}\infty$ )  |
| ИК очки SM-3G            | 350-1700                         | 35 (Г = 1 крат)    | 40 штр/мм  |           | 3/-                              | 450/144×100×80            | 100  | 26                         | 1:1,4 ( $\Delta D = 0,15 \text{ м-}\infty$ ) |

Примечания:  $\Delta\lambda$  – рабочая область спектра, 2 – угол поля зрения, Г – увеличение, N – разрешающая способность, С/Ш – отношение сигнал/шум, U – напряжение питания, Р – энергопотребление, Т – время непрерывной работы,  $\Delta D$  – глубина резко изображаемого пространства.

ИК ПЗС ТВ камера CONTOUR-M выполнена на базе высокочувствительной кремниевой матрицы ПЗС с продленной ИК-чувствительностью, микролинзами на фоточувствительных элементах и электронной обработкой сигнала. Она имеет встроенный жидкокристаллический ТВ-монитор формата 4", стандартный видеовыход/видеовход и может устанавливаться

на треногу. Питание 12 В. Цифровая ИК КМОП ТВ-камера CONTOUR-IR digital служит для работы в составе персонального компьютера или ноутбука. Высокая скорость передачи данных по интерфейсу USB-2.0 (400 Мбит/с) обеспечивает наблюдение изображения на персональном компьютере в реальном масштабе времени даже при мегапиксельном

формате камеры. В приборе используется новейшая КМОП-матрица с повышенной ИК-чувствительностью, с нанесенными на фоточувствительные элементы микролинзами и с усилительным каскадом в каждом элементе. Гибридная ИК-камера CONTOUR выполнена на базе ЭОП+ПЗС ТВ-камеры с ТВ-монитором формата 4". ИК ПНВ ABRIS-M и SM-3R выпол-

Таблица 8. Основные параметры ИК ТВ-камер на базе матриц InGaAs

| Фирма                                    | Модель  | $\Delta\lambda$ , нм        | $\eta$ , %/D*,<br>см Гц 0,5 Вт-1   | Д.д., дБ             | Время<br>экспозиции           | Формат<br>(гориз.×верт.),<br>число пикс./<br>размер пикс.,<br>мкм | FK, Гц              | Масса, г/габариты, мм | U, В/Р, Вт |
|--|---|-----------------------------|--|----------------------|-------------------------------|---|---------------------|-----------------------|------------|
| Xenics Infrared<br>Solution<br>(Бельгия) | XS-1.7-320                                      | 900-1740                    | Температурная<br>чувствительность<br>0,03 К                                |                      |                               | 320×256/30×30   | 50/<br>60/100       | 225/50×50×50          | 12/60      |
| Goodrich Corp.<br>(США)                  | SU320HV-1.7-RT                                  | 900-1700                    | >65/>1×10 <sup>14</sup>  | 3×10 <sup>3</sup>    | 0,11 мс-32,91 мс              | 30×240/40×40  | 60                  | <270/52,4×52,1×64,7   | 8-16/<4,5  |
|  | SU320KTS-1.7-RT                                 | 900-1700                    | >65/>5×10 <sup>12</sup>  | 2,5×10 <sup>3</sup>  | 120 мкс-14,93 мс              | 320×256/25×25   | 60                  | <270/53×53×65         | 9-16/<4,5  |
|  | SU320KTSVis-1.7RT                               | 400-1700                    | >65/>1×10 <sup>13</sup>  | 800                  | 60 мкс-16,57 мс               | 320×256/25×25   | 60                  | <270/53×53×65         | 9-16/<4,5  |
|  | SU320KTSX-1.7RT                                 | 900-1700                    | >65/>1×10 <sup>13</sup>  | 800                  | 60 мкс-16,57 мс               | 320×256/25×25   | 60                  | <270/53×53×65         | 9-16/<4,5  |
|  | SU320MSVis-1.7RT                                | 400-1700                    | >65/>3×10 <sup>12</sup>  | >2×10 <sup>3</sup>   | 129/128 мкс-<br>16,3/16,38 мс | 320×256/25×25   | 25; 30;<br>50; 60   | <300/50×60×95         | 3,6-5/<3   |
|  | SU320M-1.7RT                                    | 900-1700                    | >65 (1000-1600 нм)<br>>2×10 <sup>12</sup>                                  | >2×10 <sup>3</sup>   | 127 мкс-16,27 мс              | 320×240/40×40   | 60<br>или 50        | <300/50×60×95         | 3,6-5/<1,6 |
|  | SU320MSU-1.7RT                                  | 400-1700                    | >5 (400 нм),<br>>45 (800 нм),<br>>70 (1000-1600 нм)/<br>3×10 <sup>12</sup> | >2×10 <sup>3</sup>   | 129 мкс-16,3 мс               | 320×256/25×25   | 30 или 25           | <300/50×60×95         | 3,6-5/<1,6 |
|  | SU320KTX-1.7RT                                  | 900-1700                    | >65 (1000-1600 нм)<br>>4×10 <sup>13</sup>                                  | >10 <sup>3</sup>     | 127 мкс-16,27 мс              | 320×240/40×40   | 60                  | <270/54×54×58         | 8-16/<1,8  |
|  | SU320MS-1.7RT                                   | 900-1700                    | >65 (1000-1600 нм)<br>>3×10 <sup>12</sup>                                  | >10 <sup>3</sup>     | 129 мкс-16,3 мс               | 320×256/25×25   | 30 или 25           | <300/50×60×95         | 3,6-5/<1,6 |
|  | SU320MX-1.7RT                                   | 900-1700                    | >65 (1000-1600 нм)<br>>4×10 <sup>13</sup>                                  | >2,7×10 <sup>3</sup> | 127 мкс-16,27 мс              | 320×240/40×40   | 30 или 25           | <300/50×60×95         | 3,6-5/<1,6 |
|  | SU640<br>SDWH-1.7RT<br>(SU640<br>SDWHVIS-1.7RT) | 400-1700<br>или<br>900-1700 | >65 (1000-1600 нм)<br>>6×10 <sup>12</sup>                                  | >2×10 <sup>3</sup>   | 257 мкс-33,2 мс               | 640×512/25×25   | 109                 | <1100/158×76,2×76,2   | 7-28/7-11  |
|  | SU320NV-1.7RT                                   | 400-1700                    | >5 (400 нм),<br>>45 (800 нм),<br>>70 (1000-1600 нм)<br>>2×10 <sup>12</sup> | >2×10 <sup>3</sup>   | 127 мкс-16,2 мс               | 320×240/40×40   | 60 или 50           | <300/50×60×95         | 3,6-5/<1,6 |
|  | SU320MSW-1.7RT                                  | 900-1700                    | >65(1000-1600 нм)<br>>3×10 <sup>12</sup>                                   | >2×10 <sup>3</sup>   | 129 мкс-16,3 мс               | 320×256/25×25   | 30 или 60           | <300/50×60×95         | 3,6-5/<1,6 |
|  | SU640HSX-1.7RT                                  | 900-1700,<br>700-1700       | >65/5,1×10 <sup>13</sup>   | >3×10 <sup>3</sup>   | 60 мкс-33 мс                  | 640×512/25×25   | 30                  | <270/52,1×52,1×64,7   | 9-16/<4    |
|  | SU640KTS 1.7RT                                  | 900-1700                    | >65/7,6×10 <sup>12</sup>   | >2×10 <sup>3</sup>   | 240 мкс-33,17 мс              | 640×512/25×25   | 30                  | <270/53×53×65         | 9-16/<4    |
|  | SU640SWD 1.7RT                                  | 900-1700                    | >65/>6×10 <sup>12</sup>  | >2,5×10 <sup>3</sup> | 370 нс-2,7 мкс                | 640×512/25×25   | 30                  | <1100/158×76,2×76,2   | 7-28/<10   |
| SU640SDVD<br>Is-1.7RT                    | 400-1700  |                             |  |                      |                               |   |                     |                       |            |
| SU640DVH 1.7RT                           | 900-1700  | >65/>6×10 <sup>12</sup>     | >2,5×10 <sup>3</sup>   | 370 нс-2,7 мкс;      | 640×512/25×25                 | 30  | <1100/158×76,2×76,2 | 7-28/<11              |            |
| SU640SVD HVIS-<br>1.7RT                  | 400-1700  |                             |  | 150 мкс-33,2 мс      |                               |   |                     |                       |            |
| SU640SDX 1.7RT                           | 900-1700  | >65/>1,5×10 <sup>13</sup>   | >10 <sup>3</sup>   | 370 нс-2,7 мкс       | 640×512/25×25                 | 30  | <1100/158×76,2×76,2 | 7-28/<10              |            |

Примечания: 1) масса ТВ-камеры указана без объектива; 2) количество пикселей с чувствительностью  $\pm 25\%$ -99% от их числа в матрице; 3) коэффициент заполнения матрицы – 100%; 4) D\* указана для длины волны 1550 нм, времени экспозиции 16,3 мс, цифрового увеличения 1 крат, без объектива; 5) обозначения:  $\Delta\lambda$  – рабочая область спектра,  $\eta$  – квантовая эффективность, D\* – удельная обнаружительная способность, д.д. – динамический диапазон, FK – частота кадров, U – напряжение питания, Р – энергопотребление.

нены на базе ЭОП с рабочей областью спектра 350–1700 нм (ПНВ SM-3R 1700) и 350–2000 нм (ПНВ SM-3R 2000).

Внешний вид ИК ТВ-камер на базе фото-чувствительных матриц InGaAs представлен на рис. 9. На рис. 9а показана ИК ТВ-камера XS-1.7-320 фирмы Xenics Infrared Solution, на рис. 9б приведен пример характерного изображения, наблюдаемого в нее. На рис. 10а, б представлены типичные образцы ИК ТВ-камер фирмы Goodrich Corp., а типичная кривая их спектральной чувствительности — на рис. 10в.

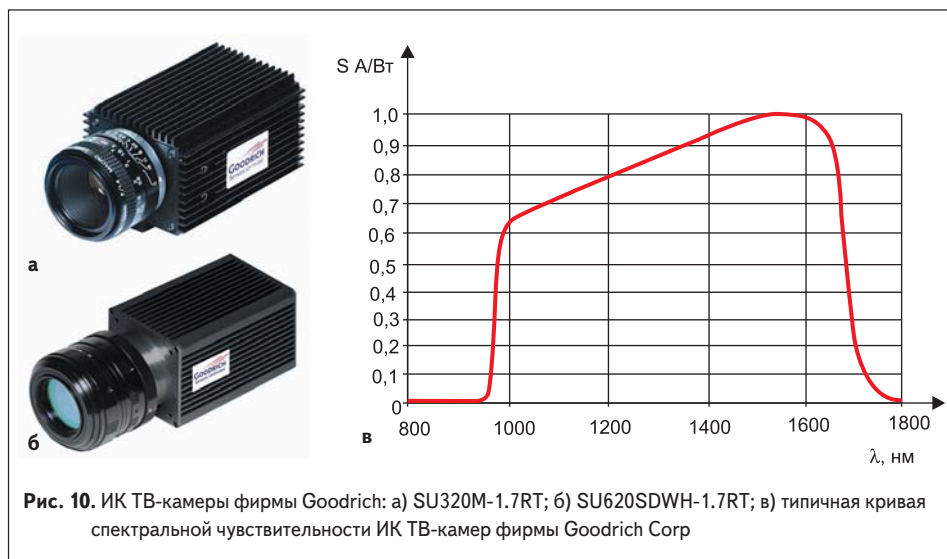
Все эти приборы работают при пониженной прозрачности атмосферы, но еще большего эффекта следует ожидать от введения в них активно-импульсного режима работы, который позволит в еще большей степени повысить дальность действия при неблагоприятных условиях видения и обеспечить дополнительно точное измерение дальности до объектов наблюдения.

### Литература

1. Гейхман И. Л., Волков В. Г. Видение и безопасность. М.: Новости. 2009.
2. Ettenberg M. H., Cohen M. J., Olsen G. H. InGaAs Focal Plane Arrays and Cameras for Man-Portable Near Infrared Imaging. Part of the SPIE Conference on infrared imaging Systems Design. Analyses Modelling and Testing X. Orlando. Florida. April, 1999. SPIE V. 3701.



**Рис. 9.** Внешний вид типичных ИК ТВ-камер на основе фото-чувствительных матриц InGaAs: а) ИК ТВ-камера XS-1.7-320; б) характерное изображение, наблюдаемое в эту ИК ТВ-камеру, в сравнении с другими изображениями



**Рис. 10.** ИК ТВ-камеры фирмы Goodrich: а) SU320M-1.7RT; б) SU620SDWH-1.7RT; в) типичная кривая спектральной чувствительности ИК ТВ-камер фирмы Goodrich Corp