

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

# Многоканальный осветитель-целеуказатель модульной конструкции на базе полупроводниковых излучателей

**Рассматривается принцип построения многоканального осветителя-целеуказателя модульной конструкции на базе полупроводниковых излучателей. В его состав входят светодиодные осветители с длиной волны 0,532 мкм и белого цвета свечения, а также лазерные осветители-целеуказатели с длинами волн 0,395/0,532/0,82–0,84/1,55/4,57/10,3 мкм с вариообъективами, обеспечивающими режимы подсвета и целеуказания. Осветитель-целеуказатель имеет модульную конструкцию, позволяющую перестраивать его в зависимости от конкретного назначения.**

В настоящее время в современной технике ночного видения широко используются осветители и целеуказатели, работающие совместно с приборами ночного видения (ПНВ) [1]. Однако часто возникает потребность в круглосуточном, всепогодном и многофункциональном их применении. Кроме того, широкое распространение получили тепловизионные приборы, работающие в области спектра 3–5 и 8–14 мкм [1]. Для них также нужны осветители и целеуказатели, работающие в указанных спектральных областях.

Известны комбинированные осветители-целеуказатели на основе галогенных ламп либо светодиодов белого цвета свечения и лазерных диодов, работающих в красной области спектра (0,635–0,67 мкм) либо на длине волны 0,532 мкм, а также ИК лазерные диоды с длиной волны 0,82–0,85 мкм [2]. Лазерный полупроводниковый излучатель (ЛПИ) красного цвета свечения с длиной волны 0,635–0,67 мкм используется в качестве целеуказателя для работы в дневное время суток. За последние годы вместо ЛПИ с длиной волны 0,635–0,67 мкм все чаще стали применяться ЛПИ зеленого цвета свечения с длиной волны 0,532 мкм. Для целеуказателей на базе таких ЛПИ дальность действия днем составляет 1500 м, ночью — 30 м, в то время как для целеуказателей на базе ЛПИ с длиной волны 0,635–0,67 мкм дальность действия днем составляет 500 м, а ночью — 10 м [2]. В связи с этим для перспективных целеуказателей представляется целесообразным применение именно ЛПИ с длиной волны 0,532 мкм. Кроме того, эта длина волны является оптимальной для работы под водой. ЛПИ с длиной волны 0,82–0,85 мкм используются для целеуказания

ночью. Целеуказание необходимо для создания «точечного» пятна подсвета на объекте наблюдения. Целеуказатель обычно устанавливается на легком стрелковом оружии (например, на охотничьем карабине) так, что его ось строго выверена по отношению к оси канала ствола. Это обеспечивает попадание пули в пятно подсвета. Такое целеуказание повышает точность стрельбы при работе с места и обеспечение стрельбы в процессе движения. Изображение пятна подсвета в дневное время суток обеспечивается при непосредственном его наблюдении глазом, а в ночное время суток — при наблюдении через ПНВ (очки ночного видения или ночной монокуляр, устанавливаемые на голове стрелка с помощью лицевой маски или регулируемого ремешка оголовья).

Применение коллимирующей оптики с плавно изменяемым фокусным расстоянием позволяет регулировать размеры пятна подсвета от 1–3,6' в режиме целеуказания до 5—10° в режиме подсвета. Для работы в полной темноте может быть использован входящий в состав устройства фонарь на основе галогенной или ксеноновой лампы либо фонарь на базе светодиодов белого цвета свечения. Конкретным примером такого комбинированного осветителя-целеуказателя может служить модель DBAL-D2 фирмы Laser Devices (США) [2]. Целеуказатель может работать на длине волны 0,532 мкм или 0,635 мкм (день) и 0,85 мкм (ночь). В последнем случае ЛПИ имеет мощность излучения 150–600 мВт, регулируемый угол подсвета 2–30 или 7,5–15°, дальность действия 200–800 м (в зависимости от типа ПНВ). В режиме целеуказания дальность действия составляет 225–400 м. Напряжение питания прибора 3–6 В, масса 356,2 г, габариты

97,8×85,6×40 мм. Ксеноновая лампа имеет мощность до 95 Вт, светодиодная имеет световой поток до 125 лм.

Однако такое устройство имело ряд недостатков:

- неспособность работать при пониженной прозрачности атмосферы (дымка, туман, дождь, снегопад, пыль, дым и др.);
- невозможность регистрировать радиоактивное излучение и высоковольтные разряды на стойках и высоковольтных линиях электропередачи;
- низкая эффективность при работе под водой;
- невозможность обеспечить сопряжение с ПНВ или с ТВ-камерами, работающими в перспективной области спектра 1–2,2 мкм, а также с тепловизионными приборами (ТВП), работающими в области спектра 3–5 и 8–14 мкм;
- значительные массогабаритные показатели и энергопотребление при использовании галогенных или ксеноновых ламп.

В связи с этим предлагается многоканальный осветитель-целеуказатель модульной конструкции на базе полупроводниковых излучателей: ЛПИ и мощного светодиода белого или зеленого цвета свечения. Блок-схема многоканального осветителя-целеуказателя приведена на рис. 1. Основой прибора является программатор — микропроцессор 1. Он работает по определенной программе, которая определяет последовательность и продолжительность функционирования всех каналов прибора, режимы их работы, время включения, переключения или выключения каналов. Прибор состоит из восьми каналов, каждый из которых содержит драйверы (2–9), полупроводниковые излучатели (ЛПИ или светодиоды) (10–17) и объективы формирования их излучения (18–25). К программатору 1 подключен через шину данных блок датчиков 26. Он содержит датчики температуры, работающие в диапазоне внешних температур –50...+50 °С и измеряющие ее с точностью ±0,1 °С, датчик внешней освещенности, работающий от 10<sup>-4</sup> до 10<sup>5</sup> лк и измеряющий освещенность с точно-

стью до  $10^{-5}$  лк. В зависимости от температуры и освещенности автоматически меняется рабочий ток драйверов. Блок датчиков содержит также датчик дыма. Под действием сигнала с его выхода программатор 1 отключает каналы, работающие в областях спектра 0,375–0,395 мкм, 0,53 и 0,85 мкм. Устройство содержит блок 27 — пульт управления, который может через соответствующие шины данных координировать работу программатора 1, блока датчиков 26, а также блока встроенного контроля 28. В него поступают через шину данных сигналы с программатора 1, которые сигнализируют о режимах работы всех блоков 2–17. Блок 28 встроенного контроля корректирует работу блоков 2–17 в случае аварийного нарушения режима их работы. Сигналы с программатора

1, пульта управления 27 и блока встроенного контроля 28 поступают в блок 29 индикации, который сигнализирует с помощью соответствующих светодиодных индикаторов о работе прибора. Его питание обеспечивается от источника первичного питания 30. В качестве излучателей в приборе используются:

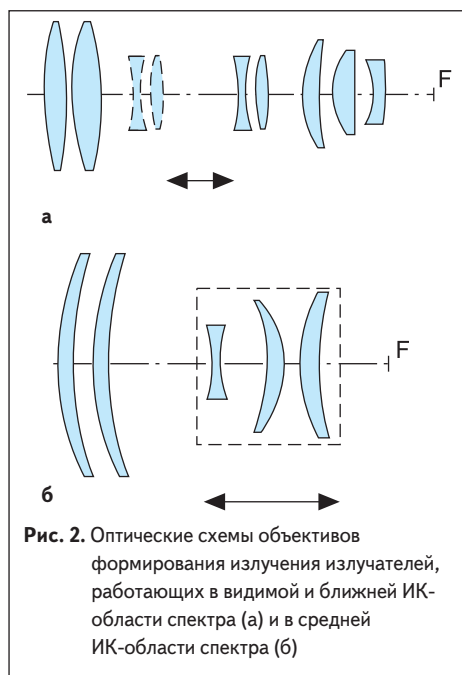
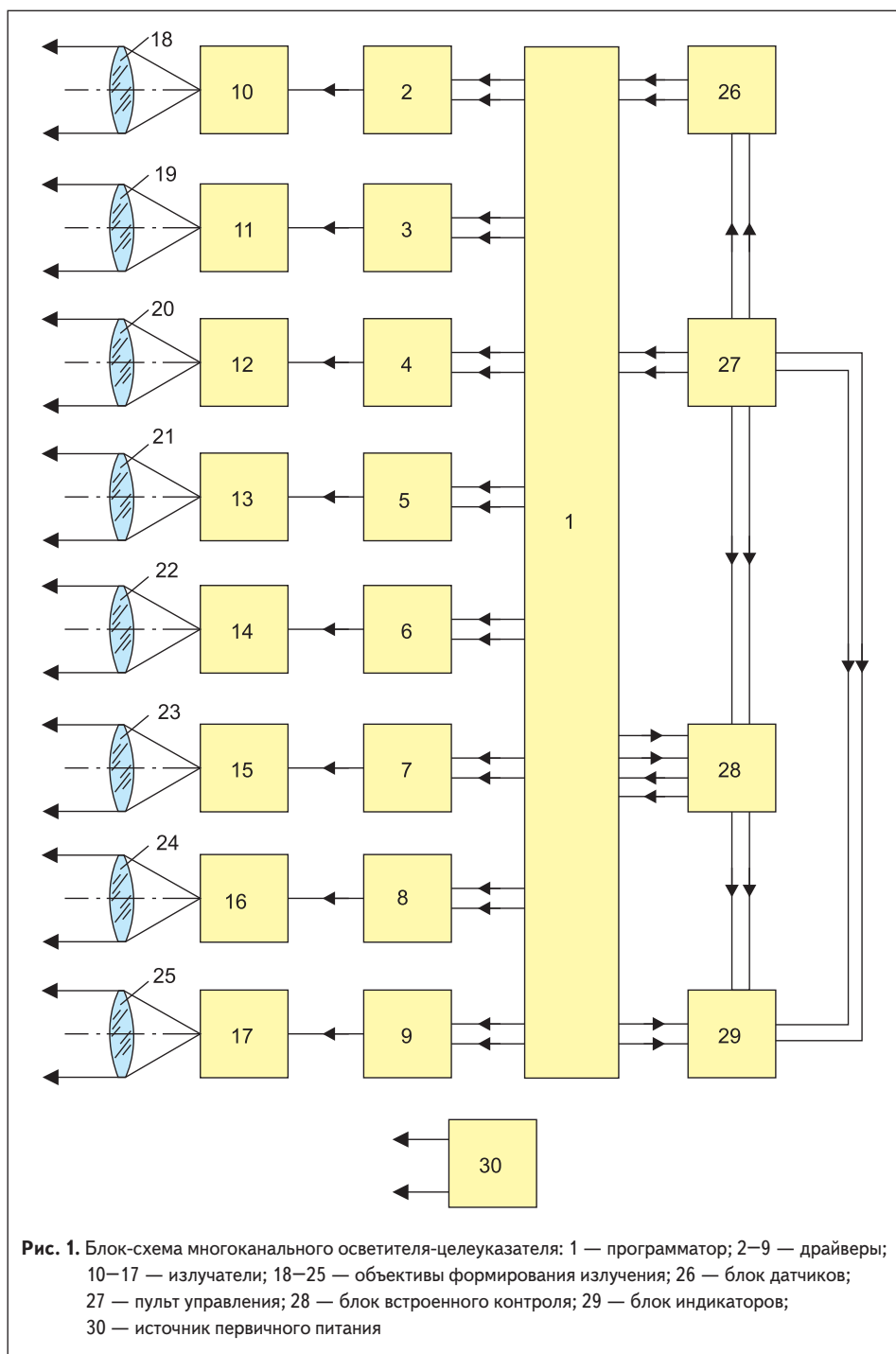
- 10 — ЛПИ с длиной волны 0,375–0,395 мкм для решения задач радиационной разведки, определения технического состояния ЛЭП по наличию или отсутствию коронного разряда, определения достоверности документов, ценных бумаг, банкнот, анализа подлинности произведений искусства, судебно-медицинской экспертизы, скрытых следов пальцев рук и микроскопических количеств биоорганических соединений, выявления фактов

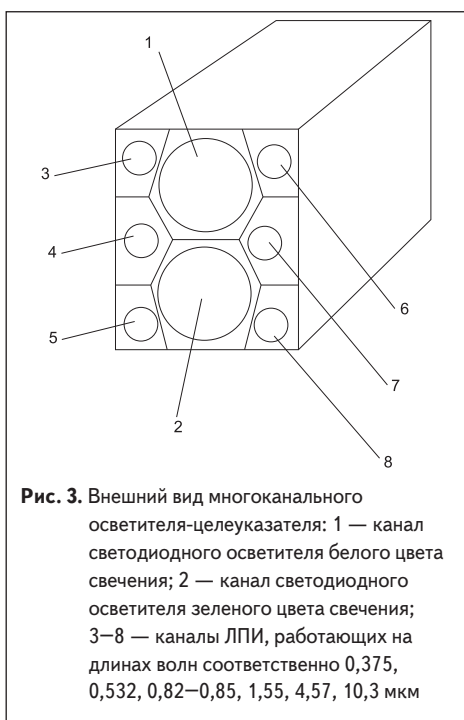
химического и механического воздействия на объект исследования и др.

- 11 — ЛПИ с длиной волны 0,532 мкм для целеуказания днем на суше или под водой и для подводного подсвета.
- 12 — ЛПИ с длиной волны 0,85 мкм для ночного целеуказания и подсвета.
- 13 — ЛПИ с длиной волны 1,55 мкм для работы при пониженной прозрачности атмосферы и для стыковки с перспективными ПНВ или ТВ-камерами, работающими в области спектра 1–2,2 мкм [2].
- 14 — ЛПИ с длиной волны 4,5 мкм для работы при пониженной прозрачности атмосферы и для стыковки с ТВП, работающими в области спектра 3–5 мкм.
- 15 — ЛПИ с длиной волны 10,3 мкм для работы при пониженной прозрачности атмосферы и для стыковки с ТВП, работающими в области спектра 8–14 мкм.
- 16 — светодиодный осветитель белого цвета свечения для работы на суше днем при низких уровнях освещенности и в полной темноте.
- 17 — светодиодный осветитель зеленого цвета свечения для работы под водой при низких уровнях освещенности и в полной темноте.

Таким образом, данный многоканальный осветитель-целеуказатель имеет multifunctional назначение, а также возможность круглосуточной и всепогодной работы.

Объектив формирования излучения ЛПИ для каждого осветителя-целеуказателя имеет относительное отверстие 1:1,2, переменное фокусное расстояние и обеспечивает угол подсвета  $1^\circ$  (режим целеуказания) и  $5^\circ$  (режим подсвета). Оптические схемы типичных объективов формирования излучения даны на рис. 2 для работы в видимой и ближней ИК-области спектра (рис. 2а) и в области спектра 3–5 мкм и 8–14 мкм (рис. 2б) [1]. Оптика формирования излучения СД белого или зеленого цвета свечения может быть выполнена на основе





**Рис. 3.** Внешний вид многоканального осветителя-целеуказателя: 1 — канал светодиодного осветителя белого цвета свечения; 2 — канал светодиодного осветителя зеленого цвета свечения; 3–8 — каналы ЛПИ, работающих на длинах волн соответственно 0,375, 0,532, 0,82–0,85, 1,55, 4,57, 10,3 мкм

линз Френеля для обеспечения регулируемого угла подсвета 5–40° [1].

Внешний вид многоканального осветителя-целеуказателя представлен на рис. 3. Основные параметры прибора приведены в таблице.

Прибор имеет модульное исполнение. При необходимости отдельные модули могут быть устранены за их ненадобностью для конкретного применения прибора. В комплект прибора входит набор стандартных креплений, позволяющих установить прибор на оружии, шлеме оператора, штативе и других носителях. При необходимости модули могут быть переведены в импульсный режим работы. Это позволит обеспечить применение устройства в активно-импульсных приборах ночного видения [1], что расширит возможности их применения при пониженной прозрачности атмосферы и при воздействии световых помех.

Максимальная дальность действия устройства в режиме целеуказания днем составляет не менее 100 м, а ночью — 500 м, в режиме подсвета в полной темноте — не менее 100 м на суше и не менее 20 м под водой.

Рассмотрим примеры исполнения полупроводниковых излучателей различных типов для их работы в составе многоканального

осветителя-целеуказателя. В качестве излучателей могут быть использованы:

- 10 — ЛПИ LD-375-20PD фирмы Roithner Lasertechnik GmbH (Австрия) с длиной волны 0,375 мкм, мощностью излучения 20 мВт, максимальной рабочей температурой +60 °С, с диаметром корпуса 5,6 мм [3].
  - 11 — ЛПИ TN-4001 фирмы ОАО НПП «Инжект» [4] с длиной волны 0,532 мкм, мощностью излучения 100 мВт, напряжением питания = 3,6 В, напряжением на термоохладителе 3 В, током в цепи термоохладила 3,6 А, током накачки 2,5 А.
  - 12 — ЛПИ IDL100S-830 фирмы ОАО НИИ «Полус» [5] с длиной волны 0,82–0,84 мкм, мощностью излучения 100 мВт, током накачки 0,16 А, напряжением питания = 2,2 В, размером тела свечения 3×1 мкм, угловой расходимостью излучения 10×35°.
  - 13 — ЛПИ IDL100M-1550 фирмы ОАО НИИ «Полус» [5] с длиной волны 1,52–1,58 мкм, мощностью излучения 100 мВт, током накачки 0,4 А, напряжением питания 2,4 В, размером тела свечения 4×1 мкм, угловой расходимостью излучения 20×35°.
  - 14 — квантово-каскадный лазер (ККЛ) [6] (фирма «ЮЕ-Интернейшнл») [7] с длиной волны 4,57 мкм, мощностью излучения 20 мВт, током накачки 1 А.
  - 15 — ККЛ [8] (фирма «Азимут Фотоник») с длиной волны 10,3 мкм, мощностью излучения 100 мВт, максимальной рабочей температурой +50 °С.
  - 16 — светодиод белого цвета свечения DIODIX фирмы Company Russian LED Technology с мощностью излучения 1 Вт, световым потоком 90–100 лм, углом расходимости излучения 140°, током питания 0,35 А, напряжением питания 3–3,4 В, габаритами Ø5,7×27 мм [9].
  - 17 — Светодиод зеленого цвета свечения с теми же параметрами DIODIX фирмы Company Russian LED Technology [9].
- Особо следует остановиться на работе ККЛ в терагерцовой области спектра. Терагерцовые волны (Т-лучи) отражаются от металлов, но проникают через пластмассу, бумагу, сухую древесину, камень, одежду, керамику, тело человека, любые мутные среды и мелкодисперсные материалы из-за резкого подавления рэлеевского рассеяния. В терагерцовом диапазоне лежат вращательные спектры многих органических молекул, включая колебания биологически важных коллективных мод и белков, а также фоновые

резонансы кристаллических решеток. Так как эти лучи поглощаются по-разному молекулами различных веществ, то их можно использовать для определения каждой составляющей вещества в отдельности [10, 11]. Это позволяет развивать новые методы спектроскопии биологических и полупроводниковых структур. С помощью терагерцового диапазона можно управлять химическими реакциями и манипулировать электронными постоянными в квантовой яме (КЯ) [10]. В отличие от рентгеновских лучей, Т-лучи не опасны, поскольку не производят ионизацию среды и повреждение биологических молекул. Это позволяет производить безвредную для человека диагностику, в том числе раковых опухолей, глубины и степени ожогов. Т-лучи перспективны для беспроводной коммутации компьютеров и периферийных устройств внутри зданий, разработки системы безопасности на основе видения с помощью Т-лучей [10]. В связи с этим вместо одного из каналов осветителей-целеуказателей может быть введен канал Т-лучей. Он может быть выполнен, к примеру, на основе терагерцового ККЛ с длиной волны 70 мкм, частотой 4,7 ТГц, мощностью излучения 8–56 мВт, рабочей температурой 248 К. Для обеспечения нормальной работы ККЛ необходимо его термоэлектрическое охлаждение.

Таким образом, существуют многообразные возможности построения многоканального осветителя-целеуказателя с учетом самых широких областей его применения. ●

## Литература

1. Гейхман И. Л., Волков В. Г. Видение и безопасность. М.: Новости. 2009.
2. Волков В. Г. Полупроводниковые излучатели для перспективных осветителей-целеуказателей, лазерных дальномеров и приборов ночного видения // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 5.
3. Волков В. Г. Полупроводниковые излучатели для ультрафиолетовой области спектра // Полупроводниковая светотехника. 2014. № 1.
4. Лазерные модули ILTN-2001 и TN-4001. Проспект фирмы ОАО НПП «Инжект». 2013.
5. [www.polyus.msk.ru/RU/Idioderu.html](http://www.polyus.msk.ru/RU/Idioderu.html)
6. [www.nauka21vek.ru>archives/1762](http://www.nauka21vek.ru>archives/1762)
7. W. W. Bewley, C. I. Canedy, C. S. Kim et al. Continuous-wave interband cascade lasers operating above room temperature at  $\lambda = 7,7\text{--}5,6 \mu\text{m}$  // Optics Express. 2012. V. 20. № 3.
8. [www.dis.gpi.ru/6/KKL\\_DIS2006RUS.pdf](http://www.dis.gpi.ru/6/KKL_DIS2006RUS.pdf)
9. Волков В. Г. Светодиодные излучатели для оружейных фонарей // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 5.
10. Маремьянин К. В. Генерация и детектирование терагерцового излучения в полупроводниковых структурах  $A_3B_5$ . Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Институт физики микроструктур РАН. Нижний Новгород. 2007.
11. [www.dilytechinfo.org>Новости науки и техники>...lazer\\_novyi-tip.html](http://www.dilytechinfo.org>Новости науки и техники>...lazer_novyi-tip.html)

**Таблица.** Основные параметры многоканального осветителя-целеуказателя

Канал	1	2	3	4	5	6	7	8
Рабочий диапазон длин волн, мкм	0,38–0,77	0,51–0,53	0,375	0,532	0,82–0,84	1,52–1,58	4,57	10,3
Мощность излучения, мВт	1000	1000	20	50–100	100	100	2100	80–100
Угол подсвета, °	5–40			1'–5				
Масса, кг	0,85							
Габариты, мм	60×60×100							
Напряжение, питания, В	9–12							
Энергопотребление, Вт	10–12							
Диапазон рабочих температур, °С	–50...+50							
Срок службы, ч	5×10 <sup>3</sup>							