УДК 622.232.8:621.384.3.01:531.714.2

Твердотельные лазеры с накачкой мощными лазерными диодами, используемые в системах обеспечения безопасности

Волков В. Г.

Постановка задачи: *рассматриваются мощные лазерные диоды, используемые для накачки твердотельных лазеров, описываются характеристики лазерных диодов и твердотельных лазеров на их основе, показаны особенности конструктивного исполнения и возможности их применения в системах безопасности.* ***Цель работы:*** *показать конкретные устройства, выполненные на основе этих лазеров для применения в системах обеспечения безопасности: лазерные целеуказатели, активно-импульсные телевизионные приборы ночного видения, антиснайперские лазерные приборы разведки и целеуказания, многоканальные системы.* ***Используемые методы:*** *сравнительный научно-технический анализ возможностей твердотельных лазеров с диодной накачкой и устройств обеспечения безопасности на их основе.* ***Новизна:*** *впервые показаны в систематизированном виде технические характеристики твердотельных лазеров с диодной накачкой и устройства обеспечения безопасности с их использованием. Все эти приборы имеют исполнение либо в виде удерживаемых в руках, либо в виде мобильных и стационарных устройств. Рассматриваются также многоканальные комплексы круглосуточного и всепогодного видеонаблюдения.* ***Практическая значимость****: показана эффективность и перспективность применения таких лазерных приборов в системах обеспечения безопасности благодаря их многофункциональности и высоким параметрам, возможности обеспечения круглосуточного наблюдения и разведки.*

Ключевые слова: *лазерный диод, твердотельный лазер, накачка, режим работы, мощность излучения, длина волны, расходимость излучения, размеры излучающей области, длительность импульса излучения, частота, прибор наблюдения, система безопасности, масса, габариты, напряжение питания, энергопотребление, дальность обнаружения, дальность распознавания, угол поля зрения, точность измерения дальности.*

Актуальность

В настоящее время все более широкое распространение приобретают лазерные полупроводниковые излучатели – мощные лазерные диоды (ЛД), используемые для накачки лазерных стержней или пластин мощных твердотельных лазеров, лазерных систем и волоконных лазеров. По сравнению с ламповыми устройствами накачки ЛД обеспечивают максимальный к.п.д. накачки, высокие эксплуатационные характеристики и значительный срок службы. Большая мощность излучения ЛД позволяет их использовать для создания лазерных приборов, широко применяемых в системах обеспечения безопасности, связи, технологии, медицине, и др. Малое тело свечения ЛД позволяет эффективно вводить его излучение в оптическое волокно. Это открывает широкие возможности создания мощных волоконных лазеров и усилителей лазерного излучения. Мощность таких ЛД колеблется от нескольких Вт до нескольких тысяч Вт. Все это определяет эффективность создания твердотельных лазеров с диодной накачкой и их применения в системах обеспечения безопасности.

Идеология построения твердотельных лазеров с диодной накачкой

Твердотельный лазер с диодной накачкой (Diode-pumped solid-state laser, DPSS) — разновидность твердотельного лазера, в которой в качестве накачки

используется ЛД [1]. DPSS-лазеры характеризуются высокой эффективностью и компактностью по сравнению с газовыми и другими твердотельными лазерами. В последние годы DPSS-лазеры приобрели особую популярность как источники излучения в лазерных указках зеленого, желтого и некоторых других цветов. В типичной схеме DPSS-лазера источником накачки является мощный инфракрасный ЛД (от 100 мВт до нескольких сотен ватт) с длиной волны 808 нм. Этот ЛД оптически сопряжен с помощью оптики переноса с активной средой твердотельного лазера. Предположим, что активная среда излучает на длине волны 1064 нм. Если на ее выходе установлен нелинейный оптический кристалл (KTiOPO4, KTP), то в нем исходная частота излучения удваивается, и выходной луч имеет длину волны 532 нм. Это соответствует зелёному цвету видимого излучения. КПД такой системы составляет примерно 20%. На выходе обычно ставят ИК-фильтр, чтобы устранить остатки излучения от ЛД накачки, хотя в слабых и дешёвых моделях им часто пренебрегают. На выходе лазера может быть установлена обращенная телескопическая система Галилея для сужения расходимости лазерного излучения. Жёлтые и синие лазеры имеют ещё более сложную структуру. Так, в жёлтом лазере излучение на длине волны 808 нм преобразуется в излучение 1064 нм, которое далее преобразуется в 1342 нм и только потом осуществляется удвоение частоты. КПД таких лазеров может быть менее 3%. Основное преимущество DPSS-лазеров по сравнению с ЛД – высокое качество излучения, как с точки зрения монохроматичности, так и с точки зрения фокусировки и расходимости луча. DPSS-лазеры имеют более узкий диапазон длин волн (меньше 1 нм в сравнении с 5-20 нм у диодных лазеров) и значительно меньшую расходимость луча. Благодаря низкой зависимости выходного луча от входного возможно использование более дешевых и мощных многомодовых ЛД в качестве источника накачки, а также линейки из нескольких ЛД, накачивающих один кристалл. С другой стороны, полупроводниковые ЛД проще в использовании, дешевле DPSS и имеют больший КПД. ЛД продаются в виде законченных дискретных элементов, которые требуют только электропитания и фокусировки, в то время как твердотельный лазер содержит много дополнительных, прецизионных деталей, чувствительных к ударам и вибрациям. В случае, если высокое качество луча не требуется, многомодовые ЛД выдают большую мощность при тех же (или меньших) габаритах и электропитании. Кроме того, ЛД могут работать при большем диапазоне температур и выдерживают более высокочастотный режим модуляции [1].

Основные характеристики мощных лазерных диодов и их конструктивное исполнение

Основные характеристики мощных ЛД представлены в таблице 1 приложения, а внешний вид типичных ЛД и конструктивное исполнение некоторых из них – на рис. 1-8 [2-5, 16, 17].

Рис. 1. Внешний вид типичных ЛД ЗАО «Полупроводниковые приборы»

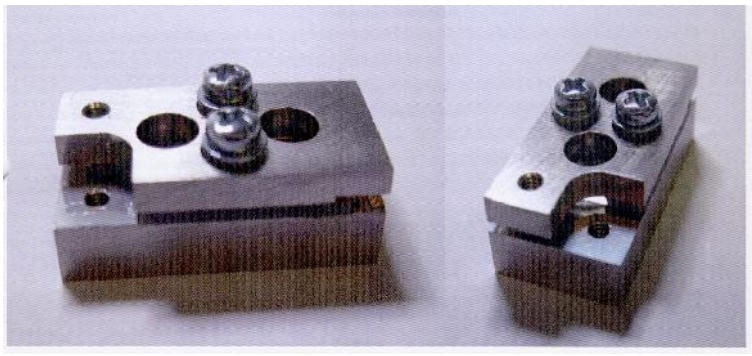


Рис. 2. Лазерная линейка ATC-Q70 с пассивным охлаждением ЗАО «Полупроводниковые приборы»

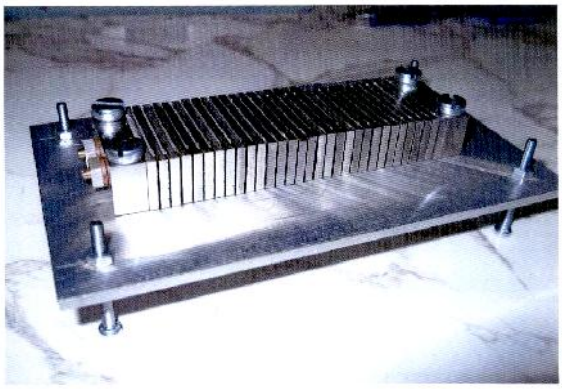


Рис. 3. Решетка ЛД ATC-Q5000 ЗАО «Полупроводниковые приборы»

Рис. 4. Лазерный диод СЛМ-1 ГПП «Инжект»

Рис. 5. Лазерный диод СЛМ-3 ГПП «Инжект»

Рис. 6. Лазерный диод 32ДЛ-502 ГПП «Инжект»

.

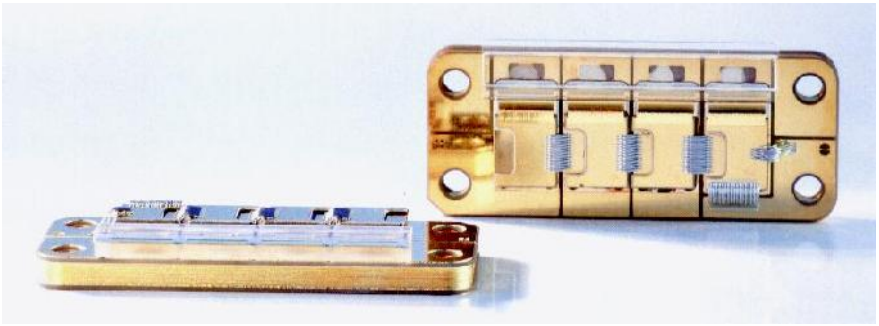


Рис. 7. ЛД фирмы JENOPTIK GmbH

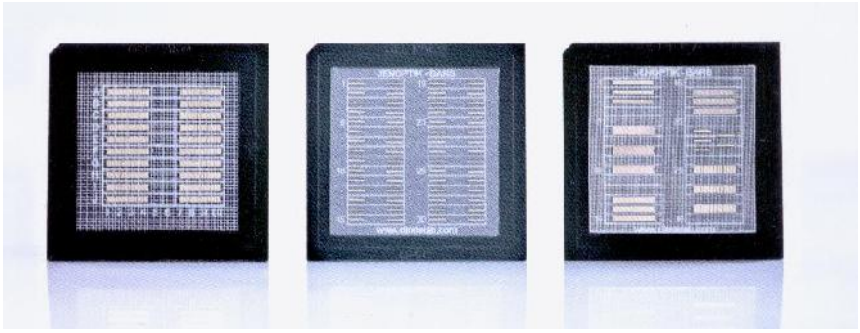


Рис. 8. ЛД фирмы JENOPTIK GmbH

Фирма ОАО «НИИ «Полюс» [2] разработала квазинепрерывные диодные линейки серии 321 ДЛ-520В на основе InGaAs/AlGaAs/GaAs эпитакисальных гетероструктур с излучением на длине волны 920-960 нм и серии 321 ДЛ-520А на основе Al/GaAs/GaAs эпитакисальных наногетероструктур с излучением на длине волны 802-810 нм для накачки импульсных твердотельных лазеров. Для той же цели фирма разработала монолитные многослойные двумерные решетки ЛД, смонтированные на теплоотводящем основании. Они представляют собой базовый модуль для сборки матриц различных габаритов. Каждый модуль содержит 10 линеек серии 321 ДЛ-520В. Решетка 322 ДЛ-522 используется для накачки лазерных сред, легированных ионами иттербия и эрбия. Такие решетки, изготовленные из линеек ЛД 321 ДЛ-520А предназначены для накачки твердотельных АИГ:Nd лазеров. Многоспектральные решетки изготовлены из набора линеек ЛД, у которых максимальная длина волны излучения сдвинута относительно друг друга для выравнивания поглощения полупроводниковой накачки во всем диапазоне рабочих температур. Количество входящих в решетку линеек ЛД, различающихся спектральными характеристиками излучения, зависит от диапазона рабочих температур и точности температурной стабилизации поглощения излучения накачки. Решетки ЛД предназначены для накачки твердотельных АИГ:Nd лазеров.

Основные параметры типичных твердотельных лазеров с диодной накачкой

Основные параметры типичных твердотельных лазеров с диодной накачкой представлены в таблице 2 приложения (рис. 9) по данным работ [5-9].

Рис.9. Твердотельный лазер DTL-399QT фирмы «Лазер-компакт»

Общее применение твердотельных лазеров с диодной накачкой

Эти лазеры нашли широкое применение в промышленном, медицинском, лабораторном оборудовании, в системах контроля качества, в технологических целях для маркировки печатных плат, кабелей, драгоценных камней, фотоэлектрических пластин, для внутренней и поверхностной маркировки стекла, микрообработки материалов (биологических тканей, тонких пленок, многослойных и полупроводниковых структур), при изготовлении солнечных батарей, в лазерной микроскопии, голографии, в биотехнологиях (в том числе в масс-спектроскопии, Рамановской спектроскопии, лазерной микродиссекции), для лазерных дальномеров, лидаров и высотомеров и др. [8]. Особо следует остановиться на индустриальных высокомощных нано- и пикосекундных твердотельных DPSS лазерах с накачкой ЛД серии Baltic [9]. Эти лазеры снабжены интеллектуальной системой управления. Все параметры лазеров находятся под непрестанным контролем с целью обеспечения долговременной стабильности рабочих характеристик и простоту интегрирования лазера в высокопроизводительные системы обработки материалов. Короткая длительность импульса, высокая частота их следования и надежная конструкция делают эти лазеры привлекательными для обработки многих материалов, включая полимеры, полупроводники, композиты и диэлектрики. Лазеры допускают дистанционное и процессорное управление.

Основные параметры малогабаритных твердотельных лазеров с диодной накачкой

В настоящее время для лазерных дальномеров, осветителей для систем подводного видения, метрологических целей и др. широко используются малогабаритные твердотельные лазеры с диодной накачкой (рис. 10). Их основные параметры приведены в таблице 3 приложения.

Рис. 10. Твердотельный лазер серии TECH-527 с высокой стабильностью

Основные параметры миниатюрных твердотельных лазеров с диодной накачкой и их применение в системах обеспечения безопасности в качестве лазерных целеуказателей

В настоящее время используются миниатюрные твердотельные лазеры с диодной накачкой. В таблице 4 приведены основные параметры типичных миниатюрных твердотельных лазеров с диодной накачкой по данным из работ [13-15, 18, 20]. Внешний вид лазеров показан на рис. 11, 12.

Рис. 11. Мощная миниатюрная лазерная указка
Laser Pointer 500 mW

Рис. 12. Лазерный зеленый и красный
целеуказатель NcSTAR ARLSRG

Чаще всего они излучают в зеленой области спектра (531-532 нм) или в синей области спектра (450-473 нм). Такие высокостабильные лазеры поставляются в комплекте с блоком питания со встроенным контролем температуры и электрического тока, с возможностью внешней модуляции и регулируемой выходной оптической мощностью. Для изготовления твердотельного синего лазера с длиной волны 473 нм используют следующую схему: ИК диодом (808 нм) накачивают ИК твердотельный кристалл (946 нм) с последующим удвоением частоты излучения (до 473 нм) на нелинейном

кристалле (KTP) и отсеканием ИК излучения (от диода накачки и от твердотельного кристалла) на специальном фильтре. Для получения длины волны 450 нм на выходе из полупроводникового синего лазера используют полупроводниковый диод, который непосредственно излучает на длине волны 450 нм. Такие лазеры широко используются для подсвета под водой, для целеуказания при обеспечении работы бойцов спецподразделений, сотрудников охраны и боевых пловцов с целью охраны акваторий, военно-морских баз, кораблей и др. Дальность действия лазерного луча может достигать от сотен метров до нескольких десятков километров (в зависимости от мощности излучения и величины его угловой расходимости). Масса таких лазеров колеблется от нескольких десятков грамм до 100-200 г. Примером лазерных целеуказателей для стрелкового оружия бойцов спецподразделений могут служить модели NcSTAR ACPTLG и NcSTAR APRLSRG фирмы NcSTAR (США) [15] (см. рис. 12). Модель NcSTAR ACPTLG содержит только DPSS лазер и излучает на длине волны 532 нм, а модель NcSTAR APRLSRG, кроме DPSS лазера, содержит еще и ЛД, излучающий в красной области спектра (635-652 нм). Целеуказатели крепятся на оружии с помощью кронштейна Weawer и используют литиевый встроенный источник питания. Модель NcSTAR APRLSRG имеет выносную кнопку.

Идеология построения и возможности активно-импульсных телевизионных приборов ночного видения с использованием твердотельных лазеров с диодной накачкой

Наибольший интерес представляет применение твердотельных лазеров с диодной накачкой в активно-импульсных телевизионных приборах ночного видения (АИ ТВ ПНВ) [21-25]. Они обладают, по сравнению с традиционными низкоуровневыми ТВ системами (НТВС), рядом значительных преимуществ:

- повышение дальности обнаружения и распознавания объектов наблюдения;
- возможность работы при пониженной прозрачности атмосферы (дымка, туман, дождь, снегопад, пыльная или песчаная буря и др.) и при воздействии мощных локальных световых помех (излучение прожекторов, фар встречного транспорта, пламя трассеров, вспышки выстрелов, взрывов, пламя пожаров и др.);
- точное измерение дальности;
- возможность обнаружения оптических или оптико-электронных приборов противника по бликам отраженного зондирующего лазерного излучения;
- возможность наблюдения малоконтрастных или замаскированных объектов.

Распространение получили также лазерные антиснайперские приборы разведки и целеуказания, которые также обеспечивают обнаружение оптических или оптико-электронных приборов противника по бликам отраженного зондирующего лазерного излучения.

АИ ТВ ПНВ содержит импульсный лазерный осветитель (ИЛО), который может быть выполнен на основе импульсного лазерного полупроводникового излучателя (ИЛПИ) или на основе импульсного твердотельного лазера, работающего в режиме модулированной добротности (режиме Q-модуляции). Достоинством ИЛПИ является его высокий к.п.д. Это позволяет добиться минимальной массы, габаритов и энергопотребления АИ ТВ ПНВ. Но ИЛПИ имеет сравнительно небольшую мощность излучения в импульсе (400-600 Вт) при сравнительно большой длительности импульса излучения (порядка 100 нс) и значительной частоте – порядка 5 кГц. Это приводит к ограничению по точности измерения дальности и, в особенности, к снижению скважности, а, следовательно, и к снижению степени защиты от световых помех. Угловая расходимость излучения ИЛПИ велика. Она составляет 40°. Это вызывает увеличение габаритов объектива формирования излучения лазерного осветителя. Напротив, твердотельные лазеры имеют сравнительно низкий КПД, но зато мощность излучения в импульсе порядка 5-10 МВт при длительности импульса излучения 5-10 нс и частоте 25-50 Гц. Это позволяет не менее чем в 10 раз повысить точность измерения дальности и в 10^3 раз – степень защиты от световых помех. Угловая расходимость излучения этих лазеров не превышает 30’, поэтому размеры оптики формирования излучения получаются минимальными.

Блок-схема АИ ТВ ПНВ с использованием твердотельных лазеров представлена на рис. 13.

Прибор по блок-схеме рис. 13 работает следующим образом. В импульсном лазерном осветителе (ИЛО) 1 функционирует активная среда 2. Она возбуждается с помощью ЛД 3, излучение которого с помощью проекционного объектива 4 переносится на торец активной среды 3. ЛД 3 работает от 1-го драйвера 5. Генерация лазерного излучения поддерживается с помощью зеркал М1 и М2 резонатора. Модулятор добротности 6, возбуждаемый его блоком 7 питания, создает режим Q-модуляции. Оптика 8 (телескопическая система Галилея) формирует требуемый угол подсвета и направляет излучение ИЛО 1 на объект наблюдения. Импульсы излучения, отразившись от объекта, поступают в блок 10 наблюдения. Его объектив 11 формирует изображение объекта на фотокатоде импульсного электроннно-оптического преобразователя (ЭОП) 12. Фильтр 13 служит для отсечения излучения световых помех, действующих в широкой области спектра. До прихода импульса излучения на фотокатод ЭОП 12 затвор последнего (микроканальная пластина) заперт.

В момент прихода отраженного от объекта наблюдения импульса излучения затвор ЭОП 12 отпирается на время, равное или несколько превышающее длительность этого импульса. Для обеспечения указанной синхронной работы ИЛО 1 и блока 10 наблюдения служит блок стробирования 14. Его фотоприемное устройство (ФПУ) 15 оптически сопряжено с излучением ИЛО 1 с помощью объектива 16 и плоского зеркала 17. ФПУ 15 преобразует часть энергии импульса лазерного излучения в импульсный электрический сигнал, который запускает задающий генератор импульсов (ЗГИ) 18,

работающий в ждущем режиме. ЗГИ 18 формирует синхронизирующие импульсы, которые задерживаются в блоке регулируемой задержки (БРЗ) 19 на время, равное прохождению импульсом излучения расстояния от прибора до объекта наблюдения и обратно.

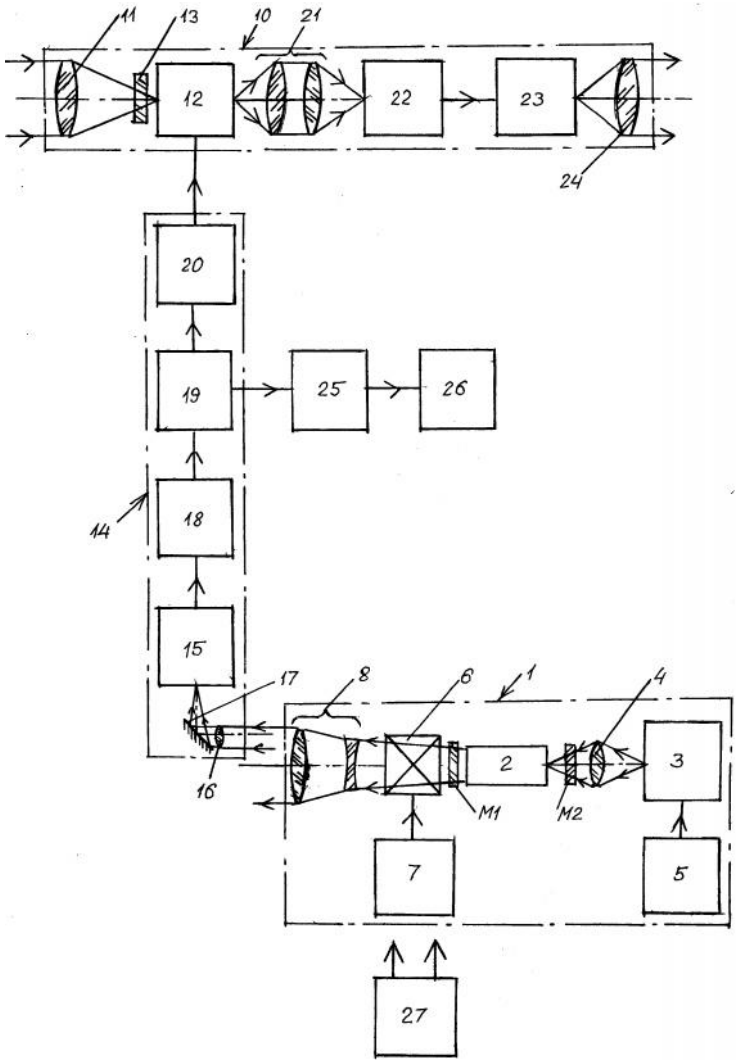


Рис. 13. Блок-схема АИ ТВ ПНВ
на базе твердотельного лазера с накачкой ЛД

С выхода БРЗ 19 синхроимпульс возбуждает формирователь стробирующих импульсов (ФСИ) 20, который создает стробирующие импульсы, отпирающие затвор ЭОП 12. Последний усиливает изображение по яркости, преобразуя его в видимое. Изображение с экрана ЭОП 12 с помощью оптики переноса 21 передается на матрицу ПЗС ТВ камеры 22. Видеосигнал с ее выхода передается в ТВ монитор 23, с экрана которого оператор наблюдает изображение через окуляр 24. В случае, если экран ТВ монитора имеет большие размеры, то окуляр 24 отсутствует, и изображение наблюдается непосредственно с экрана ТВ монитора 23. Оператор, плавно регулируя задержку в БРЗ 19, может перемещать узкую зону просматриваемого пространства по глубине до тех пор, пока в ее пределы не попадет наблюдаемый объект. После этого осуществляется его распознавание и

измерение дальности. Для осуществления данного измерения сигнал с БРЗ 19, соответствующий дальности до цели, поступает в измеритель временных интервалов (ИВИ) 25, который преобразует сигнал в цифровую форму и передает его в светодиодный дисплей 26, с которого считывается значение дальности. Питание АИ ТВ ПНВ осуществляется от источника первичного питания (ИПП) 27.

Описание существующих моделей активно-импульсных телевизионных приборов ночного видения

Известно достаточно большое количество моделей АИ ПНВ, АИ ТВ ПНВ и лазерных антиснайпеских приборов [21-23]. Но все они обладают сравнительно низкими параметрами и ограниченными функциональными возможностями, не удовлетворяющими возросшим современным требованиям заказчиков. За последние годы появились более совершенные АИ ТВ ПНВ на основе полупроводниковых и твердотельных лазеров, применяемые в системах обеспечения безопасности.

Примерами таких АИ ТВ ПНВ могут служить приборы фирмы ОАО «ТУРН» [23]. Прибор SEA LINX – АИ ТВ система ночного видения, которая была специально спроектирована для эксплуатации, как на морских, так и на речных судах (рис. 14-19). Система SEA LINX существенно облегчает наблюдение в ночное время за обстановкой вокруг судна, на котором она установлена. Тем самым повышается безопасность судовождения в ночных условиях, особенно при прохождении судна в узких местах и вблизи берегов. Основная задача системы SEA LINX – помочь навигаторам в ночное время избежать опасных столкновений судна с посторонними объектами на поверхности воды, которые могут встретиться по курсу судна и стать причиной его повреждения или даже гибели. С помощью системы SEA LINX могут быть обнаружены и идентифицированы объекты небольших размеров, которые иногда невозможно увидеть на экране локатора, такие как небольшие камни, торчащие над водой, небольшие бревна и плавающие льдины, суда малых размеров, изготовленные из стекловолокна или других материалов, а также спасательные плоты или люди, находящиеся в воде. SEA LINX может с успехом эксплуатироваться на высокоскоростных судах; на судах, не относящихся к высокоскоростным; на пограничных кораблях; на поисково-спасательных судах для обеспечения безопасности и охраны - контроля за акваториями морских и речных портов; не только на реке и море, но и на суше. SEA LINX содержит четыре основных устройства: электронно-оптический блок (ЭОБ), поворотный блок (ПБ), пульт управления (ПУ) и ТВ монитор. ЭОБ – это основная часть системы. Он создает изображение очень слабо освещенных ночью предметов, находящихся в поле зрения системы, многократно усиливает яркость полученного изображения и в форме ТВ сигнала передает полученное изображение на ТВ монитор. ЭОБ работает в диапазоне длин волн от 400 нм до 950 нм или от 400 нм до 1100 нм. ПБ осуществляет вращение установленного и закрепленного на нем ЭОБ вокруг двух осей - вертикальной и горизонтальной. ЭОБ и ПБ устанавливаются снаружи судна так, чтобы оптическая ось системы

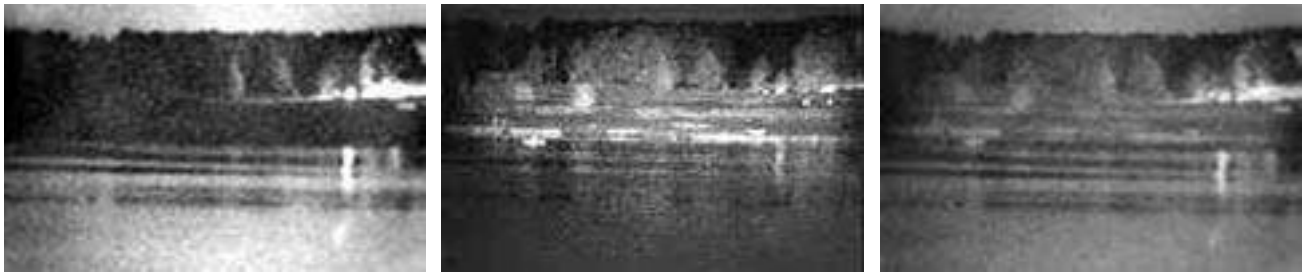
была параллельна диаметральной плоскости судна. ПБ предназначен для управления системой SEA LINX с рабочего места навигатора. ТВ монитор воспроизводит черно-белое или другое монохромное изображение, создаваемое ЭОБ. Отличительные особенности SEA LINX – это три режима работы: пассивный, активно-непрерывный (АН) (без стробирования) и АИ. Возможность продолжать работу в условиях полного отсутствия естественной ночной освещенности обеспечивается АН режимом. Возможность продолжать работу при наличии тумана, снегопада или дождя, определение расстояний до наблюдаемого объекта обеспечивается АИ режимом. Прибор не создает помех для других систем, обладает высокой помехозащищенностью и автоматической защитой от ослепления случайными вспышками света. Предусмотрено наличие очистителя и омывателя защитного стекла [23].

Рис. 14. Электронно-оптический блок прибора SEA LINX на поворотном устройстве

Рис. 15. Пульт управления и ТВ монитор

Рис. 16. Внешний вид панели управления

На рис. 17. показана возможность выделения отдельных объектов и деталей за счет смены режимов наблюдения. Преимущество АИ режима здесь очевидно.



а. б. в.

Рис. 17. Возможность выделения отдельных объектов и деталей за счет смены режимов наблюдения: а) пассивный, б) активно-непрерывный, в) активно-импульсный режимы

ЭОБ имеет угол поля зрения 9°×6° (по горизонтали и по вертикали, соответсвенно), разрешение не менее 450 ТВ линий, рабочий диапазон освещенностей от 3 лк до 1×10^{-4} лк, длину волны излучения подсветки в АН и АИ режиме 0,82-0,85 мкм или 1,06 мкм, глубину зоны видения в АИ режиме от 50 до 350 м, точность определения дистанции до объекта при работе в АИ режиме – 25 м. ПБ имеет угловую скорость поворота с ЭОБ вокруг горизонтальной оси и вокруг вертикальной оси 30 град/с, угол поворота с ЭОБ вокруг горизонтальной оси (+15) – (-25)°, вокруг вертикальной оси ±180°. ПУ имеет регулировку яркости органов управления, управление с помощью джойстика, наличие автоматического возврата ПБ в исходное состояние, индикацию углов поворота системы относительно диаметральной плоскости судна, управление включением и выключением системы, работой очистителя и омывателя стекла, переключением режимов работы, регулировкой коэффициента усиления системы и глубины зоны видения. Есть возможность встроить ПУ системой в общий ПУ судном. В ТВ мониторе предусмотрена ручная регулировка яркости и контраста изображения, индивидуальное включение и выключение монитора, возможность замены на монитор Заказчика. Напряжение питание равно 18-30 В или ~220 при 50 Гц, энергопотребление 180 Вт. Габаритные размеры и масса составляют соответственно всей системы в целом 686×433×458 мм и 45 кг, ЭОБ 370×433×345 мм и 15 кг, ПБ (без бачка омывателя) 578×205×262 мм и 18 кг, ПУ 302×370×100 мм и 6 кг, ТВ монитора с диагональю 9” 217×260×227 и 6 кг. Диапазон рабочих температур (-30) – (+50)°С [23].

Уникальная многоцелевая лазерная АИ ТВ система ночного видения NORD LYNX (рис. 18) [23] является продуктом высоких технологий, созданным на основе новейших инженерных достижений. Система работает в пассивном, АН и АИ режимах. Это позволяет наблюдать выделенные объекты на определенных расстояниях, в том числе с отсечением яркого фонового света, в условиях тумана, дождя, снега, пурги и т.д. NORD LYNX устанавливается на автомобилях, грузовиках, карьерной технике, вертолетах, самолетах и т.д. и позволяет вести наблюдение, контроль, осуществлять видеозапись, управлять транспортными средствами в ночных и ограниченных условиях видимости, обеспечивать охрану различных объектов и безопасность вождения различных транспортных средств. АИ ТВ система позволяет предотвращать аварии на дорогах. Основные параметры системы: расстояние до границы зоны наблюдения 3-300 м, глубина зоны наблюдения 30-100 м, угол поля зрения 20×15°, рабочее напряжение – 24 В, энергопотребление 150 Вт, габаритные размеры 350×300×150 мм, масса 20 кг, диапазон рабочих температур: электронно-оптического блока (-45)–(+40)°С, ТВ монитора – (+5)–(+40)°С.

Рис. 18. Прибор NORD LYNX

Лазерная АИ ТВ система подводного видения LSV-W [23] (рис. 19) используется в качестве средства наблюдения на исследовательских подводных аппаратах, применяется для разведки полезных ископаемых, инспекции подводных трубопроводов, кабелей, скважин, поиска затонувших объектов, рыболовных сетей, контроля за поголовьем рыбы и других морских обитателей. ЭОБ и ИЛО устанавливаются на подводной части судна. ТВ монитор и ПУ могут быть смонтированы на надводной части или на судне. Есть возможность подавления дымки обратного рассеяния; наблюдения в мутной воде; увеличения дальности видения до 6 раз, т.е. в два и более раза по сравнению с обычными подводными ТВ системами; обеспечения высококачественного теленаблюдения под водой, охраны акваторий, кораблей, контроля состояния донной части кораблей и др. Основные параметры системы: разрешение 450 ТВ линий в воздухе, дальность видения в чистой воде до 150 м, угол поля зрения 60° (фокусное расстояние объектива 14 мм при относительном отверстии 1:2,3) или 15° (фокусное расстояние объектива 37 мм при относительном отверстии 1:1), габаритные размеры и масса ТВ камеры соответственно 170×160×105 мм и 3 кг, ТВ монитора 310×215×215 мм и 7,5 кг, импульсного лазерного осветителя 380×90×275 мм и 12 кг, напряжение питания ТВ камеры 12 В (от ТВ монитора), и у остальных блоков ~220 В при частоте 50 Гц.

Рис. 19. Прибор LSV-W LYNX и ТВ монитор

ОАО «НПО Геофизика-НВ» [24] разработала круглосуточную АИ ТВ камеру с повышенной дальностью действия (рис. 20). Она предназначена для распознавания оператором целей, предварительно обнаруженных с помощью РЛС или обзорной всепогодной тепловизионной системой в интересах охраны различных объектов. В блоке наблюдения камеры содержится ЭОП, стыкованный с матрицей ПЗС с чересстрочной разверткой и блок стробирования. Камера допускает круглосуточные поиск и разведку, возможность применения в случае необходимости неуправляемого оружия. Основные параметры прибора: дальность действия по группе людей – 1-2 км, угол зрения поля днем 1,1×1,5°, ночью 2×3°, разрешающая способность днем – 570 ТВ линий, ночью – 450 ТВ линий, рабочий диапазон освещенности – от 10^{-4} до $5 \cdot 10^{4}$ лк, масса 11 кг, габариты 350×310×230 мм, рабочая область спектра от 0,5 до 0,9 мкм или 0,4-1,1 мкм, диапазон рабочих температур от -40 до +40°С. В приборе используется ЭОП 3-го поколения с интегральной чувствительностью 1800 мкА/лм при яркости темнового фона $2 \cdot 10^{-3}$ кд/м^2, коэффициенте преобразования $35 \cdot 10^{3}$, отношении сигнал/шум 15, разрешающей способности 36 штр/мм, рабочем диапазоне освещенности 10^{-5}–10^{-1} лк, диаметре фотокатода 25 мм, длительности импульса строба до 5 мкс. Матрица ПЗС имеет формат 752×582 пикселя при его размере 8,3×8,3 мкм и размере всей матрицы 4,6×6,8 мм. ИЛО может быть выполнен на базе ИЛПИ с рабочей длиной волны 0,81 мкм, средней мощностью излучения 0,24 Вт, мощности излучения в импульсе 400 Вт при длительности импульса излучения 120 нс и частоте 5 кГц или на базе твердотельного импульсного лазера с диодной накачкой, работающего на длине волны 1,06 мкм при средней мощности излучения 1 Вт, мощности излучения в импульсе 10 МВт, длительности импульса излучения 10 нс и частоте 100 Гц.

Рис. 20. АИ ТВ камера с повышенной дальностью действия

Новые разработки активно-импульсных телевизионных приборов ночного видения

Предлагается рассмотреть новые лазерные АИ ТВ ПНВ с еще более высокими характеристиками, предназначенные для использования в системах обеспечения безопасности и охраны различных объектов. Разработчиком таких систем традиционно является ООО «Талос» [25]. В настоящее время в ООО «ТАЛОС» самостоятельно или совместно с заводом «Юпитер» и ОКБ «АСТРОН» разработан целый ряд АИ ТВ ПНВ. Они могут быть в различном исполнении: удерживаемые в руках (например, прибор «Призрак-М») либо мобильного и стационарного базирования (например, прибор «Призрак-С», модель TLS2503). На их основе осуществляется разработка новых АИ ТВ ПНВ: удерживаемых в руках («Призрак-Р»), а также мобильного и стационарного базирования («Призрак-СМ»).

Основные параметры этих приборов приведены в таблице 5 в приложении.

На рис. 21 показан внешний вид приборов класса «Призрак».

Рис.21. Внешний вид прибора наблюдения класса «Призрак»

Рис. 22-24 иллюстрируют широкие возможности таких АИ ТВ ПНВ по сравнению с пассивными или активно-непрерывными низкоуровневыми ТВ системами (НТВС). На рис. 22 представлен типичный характер изображения в лазерный прибор класса «Призрак» при его работе в АИ режиме. Если в пределы подсвечиваемого по глубине пространства не попадает фон, то видны светлые изображения объекта на темном фоне (положительный контраст). Если фон попадает в эти пределы, то видно изображение темного силуэта на светлом фоне (отрицательный контраст). На рис. 22 слева видно изображение группы бойцов спецподразделений при их наблюдении в положительном контрасте и одиночной фигуры человека, наблюдаемого в отрицательном контрасте. На рис. 22 справа видно изображение бойца спецподразделения в камуфляжной форме. В обычные НТВС такая фигура не видна.

На рис. 23 показано слева окно, освещенное солнцем, наблюдаемое в НТВС. Справа – то же окно, наблюдаемое в прибор класса «Призрак»,

работающий в АИ режиме. Ясно видна фигура человека, не просматриваемая в НТВС.

На рис. 24 представлен характер наблюдения стекол автомашины для обычной НТВС (слева) и при работе прибора класса «Призрак» в АИ режиме (справа). Видно, что внутренняя часть автомашины в НТВС не видна, в то время как в прибор класса «Призрак» она хорошо просматривается.

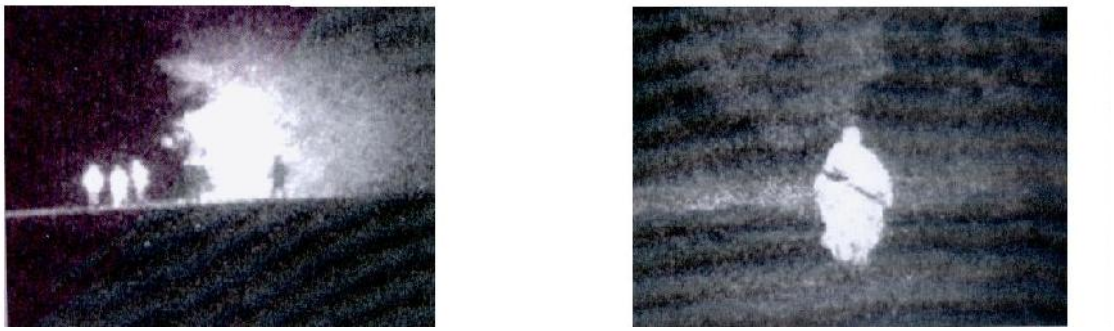


Рис. 22. Типичный характер изображения в лазерный прибор класса «Призрак» при его работе в активно-импульсном режиме. На левом рисунке слева видны фигуры людей при их наблюдении в положительном контрасте, справа – фигура человека при наблюдении в отрицательном контрасте. На правом рисунке показана фигура бойца спецподразделения при ее наблюдении в положительном контрасте.

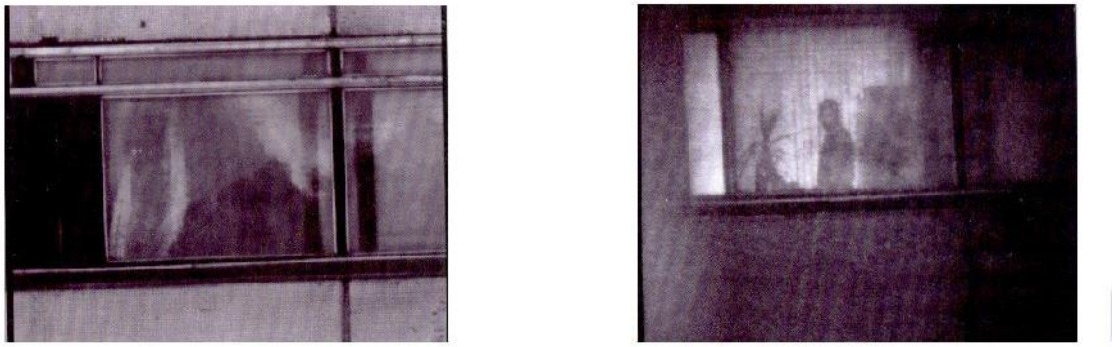


Рис. 23. Характер наблюдения окна здания для обычной низкоуровневой ТВ системы (слева) и при работе прибора класса «Призрак» в активно-импульсном режиме (справа)

Рис. 24. Характер наблюдения стекол автомашины для обычной низкоуровневой ТВ системы (слева) и при работе прибора класса «Призрак» в активно-импульсном режиме (справа)

Прибор разведки и целеуказания «Призрак-Р» обеспечивает следующие функциональные возможности: круглосуточность видения в любых погодных условиях, обнаружение встречного оптического или оптико-электронного наблюдения и прицеливания, защиту от встречных засветок и световых помех, раздельное наблюдение объектов по глубине просматриваемого пространства, расположенных на разных расстояниях от прибора, раздельное наблюдение малоконтрастных объектов и окружающего фона, подсвет затененных пространств, видение через тонированные или бликующие стекла зданий и автомобилей, фотографирование и видеозапись наблюдаемого изображения, точное измерение дальности до объекта наблюдения, точное измерение собственных координат и координат объекта наблюдения, дистанционное управление и передача данных, универсальность электронного питания.

Областью применения прибора «Призрак-Р» являются разведка и целеуказание, охрана VIP, охраняемых объектов, границ, территорий, акваторий и воздушного пространства. Областью применения прибора «Призрак-Р» является также повышение безопасности вождения автотранспортных средств и судов, пилотирования летательных аппаратов в условиях пониженной естественной освещенности (сумерки, ночь, полная темнота), а также в условиях пониженной прозрачности атмосферы и при воздействии световых помех, в том числе с использованием транспортных средств, осуществляющих патрулирование зон ответственности.

Прибор «Призрак-Р» отличается от своего прототипа – прибора «Призрак-М» расширенными функциональными возможностями, более высокими значениями параметров и уровнем защиты от воздействия внешней среды (см. таблицу 5 в приложении).

Прибор «Призрак-Р» содержит: ТВ визирный канал, лазерный канал обнаружения встречного наблюдения и прицеливания, а также точного измерения дальности, цифровой магнитный компас, ГЛОНАСС-GPS приемник, встроенное видеозаписывающее устройство, проводной и беспроводной канал внешнего управления и передачи данных, возможность подключения внешнего питания, возможность вывода видеосигнала, в том числе в персональный компьютер.

Прибор «Принц-Р» (рис. 25) предназначен для наблюдения окружающего пространства, обнаружения оптических и оптико-электронных средств противника, целеуказания и точного измерения дальности до объектов наблюдения. Он может быть использован для охраны VIP, охраняемых объектов, границ, территорий, акваторий и воздушного пространства, в том числе с использованием транспортных средств, осуществляющих патрулирование зон ответственности.

На рис. 26 показана возможность обнаружения бликов от оптических средств (в частности, прибора ПСО-1) с помощью прибора «Принц-Р».

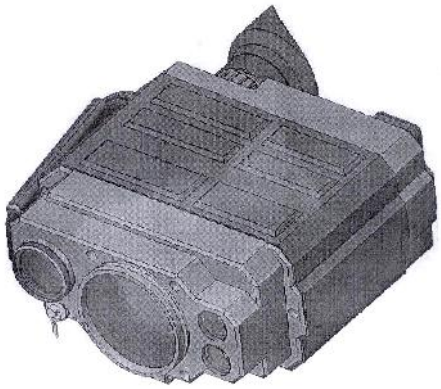


Рис. 25. Внешний вид прибора наблюдения «Принц-Р»

Рис. 26. Характер наблюдения бликов от оптического прицела ПСО-1, наблюдаемого в прибор «Принц-Р»

Прибор «Принц-Р» отличается от прототипа – прибора «ДОН-800» расширенными функциональными возможностями, более высокими значениями параметров и более высоким уровнем защиты от воздействий внешней среды. Основные параметры приборов «ДОН-800» и «Принц-Р» приведены в таблице 6 в приложении. Там же приведены параметры прибора «Принц-СМ» стационарного и мобильного базирования. Он обладает теми же функциональными возможностями, что и прибор «Призрак-СМ» и теми же преимуществами по сравнению с прибором «ДОН-800», что и прибор «Принц-Р».

Многоканальные комплексы наблюдения для систем обеспечения безопасности

В таблице 6 из приложения приведены также параметры перспективного многоканального приборного комплекса дальнего видеонаблюдения «Концепт-3СМ» и его прототипа – комплекса «ARGC-2400» фирмы Obzerv (Канада). Комплекс «Консепт-3СМ» содержит: тепловизионный (ТВП) канал, АИ ТВ канал, лазерно-дальномерный канал, систему видеоаналитики, навигационный модуль, систему управления, поворотное устройство, систему передачи данных, систему электропитания.

В качестве примера возможного конструктивного исполнения прибора «Концепт-3СМ» на рис. 27 представлен внешний вид многофункционального многоканального прибора наблюдения FLIR серии HCR фирмы FLIR Systems в переносном исполнении [26].

На рис. 28 показан вариант исполнения комплекса «Концепт-3СМ» в мобильном и в стационарном исполнении по типу конструкции многоканального прибора наблюдения «ABATAP» фирмы FLIR Systems в переносном исполнении [27].

На рис. 29 представлен вариант исполнения комплекса «Концепт-3СМ» в стационарном исполнении по типу конструкции поворотного многоканального прибора наблюдения «БРОНКО» фирмы FLIR Systems [28].

Рис. 27. Вариант исполнения комплекса «Концепт-3СМ» в переносном исполнении

Рис. 28. Вариант исполнения комплекса «Концепт-3СМ» в мобильном и в стационарном исполнении

Рис. 29. Вариант исполнения комплекса «БРОНКО» в стационарном исполнении

ТВП канал может использовать различные фотоприемные устройства, которые работают в области спектра либо 2-5 мкм, либо 8-12 мкм. Выбор рабочего спектрального диапазона определяется условиями применения ТВП канала. Диапазон спектра 2-5 мкм более эффективен при работе в условиях морского тумана, разряженной атмосферы и в условиях пустыни. Диапазон спектра 8-12 мкм целесообразно использовать при работе в приземных слоях атмосферы в условиях естественных природных температурных контрастов.

В отличие от прототипа «ARGC-2400» комплекс «Концепт-3СМ» содержит ТВП канал и лазерно-дальномерный канал. В приборе «ARGC-2400» используется ИЛО на основе мощной решетки лазерных диодов или на основе твердотельного лазера с диодной накачкой. Он обладает значительными массой и габаритами. [26]. В приборе «ARGC-2400» используется сложный и дорогостоящий объектив-трансфокатор с плавно изменяемым фокусным расстоянием. В приборе «Концепт-3СМ» вместо этого используются афокальные оптические насадки с дискретно изменяемым увеличением 2^x и 4^x как для осветителя, так и для приемного канала. Это позволяет упростить прибор и снизить его стоимость по сравнению с прототипом. Вместе с тем по дальности распознавания и идентификации прибор «Концепт-3СМ» не

уступает прототипу «ARGC-2400», который в настоящее время занимает пока еще доминирующее положение на мировом рынке.

Комплекс «Концепт-3СМ» предназначен для всепогодного и круглосуточного наблюдения наземного, надводного и воздушного пространства, обнаружения, распознавания и идентификации движущихся малоразмерных объектов, а также для целеуказания и точного измерения дальности и координат. Комплекс используется как составная часть системы обеспечения безопасности важных объектов, границ, территорий и воздушного пространства. Комплекс используется в качестве системы дальнего круглосуточного видения на транспортных средствах, включая бронемашины и суда. Комплекс может быть использован на летательных аппаратах (в первую очередь на вертолетах) для повышения безопасности полетов за счет своевременного обнаружения проводов ЛЭП и склонов гор при полетах в условиях пониженной прозрачности атмосферы и ночью.

В комплексе объединяются и представляются на едином ТВ мониторе изображения всех каналов в удобной для оператора форме.

Заключение

Таким образом, существует значительное количество видов твердотельных лазеров с накачкой ЛД для самых различных применений в науке и технике, и, прежде всего, в системах обеспечения безопасности. Описанные выше лазерные приборы наблюдения на основе указанных лазеров и многоканальный комплекс на их базе обладают высокими параметрами, многофункциональностью, круглосуточностью и всепогодностью работы. Это открывает новые возможности их применения в современной технике обеспечения безопасности.

Приложение

Таблица 1 - Основные характеристики мощных ЛД

№ п/п	Страна, фирма-поставщик	Модель	λ, нм/ $\Delta\lambda_{0,5}$, нм	*P*, Вт	$t_и$, мс/*F*, Гц	Размеры изл. обл., мм	$\Theta_{0,5}$, град.	$I_н$, А/ U, В	Режим работы/охл.	Габариты, мм/масса, г	Примечание
1	РФ, ОАО «НИИ «Полюс»	321 ДЛ-520В	920-960/5	85	4–5/1-2	10x0,001	10x40	100/2	КНР/без охл.		$P=10^8$ импульсов
2	-«-	321 ДЛ-520А	802-810/3	200	0,1-0,3/ 10-30	10x0,001	10x40	240/2	-«-		$P=10^8$ импульсов
3	-«-	322 ДЛ-522	920-960/5-8	175-300	4/1-2	(2x6)-(2x15)	10x40	20-25/ 20-42	-«-	-/50	$\Delta t_р$ = (-40)-(+60)
4	-«-	322 ДЛ-525А	795-812/3	1300 (λ = 807 нм)	0,25/20	4,5x5,5	10x40	130-/30	-«-	-/50	$\Delta t_р$ = (-40)-(+50)
6	-«-	322 ДЛ-525Б	795-812/3	2500 (λ = 802 нм)	0,25/20	10x5	10x40	300/36	-«-	-/50	$\Delta t_р$ = (-40)-(+50)
7	-«-	322 ДЛ-523	Многоспектр	1800-2000		5x10	10x40	90-250/ 60-70	-«-	-/50	$\Delta t_р$ = (-60)-(+65)
8	РФ, РФЯЦ ВНИИ ТФ	Наборная линейка ЛД сдвоенных	950-960/-	До 100	4/10			180/4,5		16x10x7/-	$P=5x10^7$ импульсов
9	-«-	Линейки ЛД	950-960/-	До 70	4/20	11x0,001		100/5			$P=5x10^7$ часов, $\Delta t_р$ до +50ºС
10	-«-	АТС-S1	665/-	1	-	$Ø_{ОВ}$ 0,2, NA=0,22		1,6/6	ТЭО	90x60x31/500	НР
11	-«-	АТС-S4	808; 980/-	4	-	$Ø_{ОВ}$ 0,2, NA=0,22		3,5/6	ТЭО	-«-	НР
12	-«-	АТС-S6	808; 980/-	6	-	$Ø_{ОВ}$ 0,4, NA=0,22		4,5/6	ТЭО	-«-	НР
13	-«-	АТС-S8	808; 980/-	8	-	$Ø_{ОВ}$ 0,2/0,6 NA=0,22		6/6	ТЭО	-«-	НР
14	-«-	АТС-Q70	950/5	70-80			40x12	100/2	ПО	24x12x10	КНР
15	-«-	АТС-Q150	805/4	150	$0,3/3,3x10^5$		40x12		ПО	24x12x10	КНР
16	-«-	Матрица ЛД	808/4	2400-2750				140/60	ПО	108x30x13	КНР
17	-«-	АТС-Q 2500-5x20	805/4	5000-5250			40x12	160/45	ПО	60x26x24	КНР

№ п/п	Страна, фирма-поставщик	Модель	λ, нм/ $\Delta\lambda_{0,5}$, нм	*P*, Вт	$t_и$, мс/*F*, Гц	Размеры изл. обл., мм	$\Theta_{0,5}$, град.	$I_н$, А/ U, В	Режим работы/охл.	Габариты, мм/масса, г	Примечание
18	-«-	АТС-Q 5000	805/4	5000	$0,3/3,3x10^5$		40x12		ПО	114x30x24	КНР
19	-«-	АТС-Q 5000-10x20	805/4	5000-5250			40x12	290/45	ПО	78x30x24	КНР
20	-«-	ЛД03-975-xxx-yzzz-0000	808; 975/3-5	До 100		10x0,001		110/1,9		32x12x11	КНР
21	-«-	МЛД02-114-1700-0000	808/2	1700	0,2/100	5,9x22,3		120/35		32,5x15x12	НР
22	-«-	МЛД01-xxx-yzzz-0000	808; 975/3-5	До 1000				110/20			
23	-«-	ЛМ-975-30-ТФ	975/7	30		$Ø_{ОВ}$ 0,125, NA=0,22		9/12	ВО	86x73x30	
24	-«-	ЛМ-975-40-ТФ	975/7	42		-«-		9/13,5	ВО	86x64x40	
25	-«-	Линейка ЛД	950-960/-	100	4/10			80/4,5		16X10X7	$P= 5x10^7$ импульсов
26	РФ, ГП НПП «Инжект»	Наборная решетка ЛД СЛМ-1	808/4	1000	0,5/100	10x5 (500 Вт) 10x10 (1000 Вт)	35x10	40/60	ВО со скоростью 1,5 л/мин.	9x13x15	КНР
27	-«-	То же СЛМ-2	808/4	1250	0,5/100	5x25	35x10	40/120	ВО	10x29x10	$P=10^9$ импульсов
28	-«-	То же 32ДЛ-501	808/4	250	0,4/20	5x5	35x10	40/30	ТЭО	7x40x8	-«-
29	-«-	То же 32ДЛ-502Л	808/4	400	0,4/20	10x5	10x5	40/60		40x40x8	-«-
30	-«-	То же 32ДЛ-503	808/4	250	0,4/20	9,5x2	35x10	16/60	ТЭО	12x12x10	-«-
31	-«-	То же 32ДЛ-504	808/4	1000	0,3/20	10x10	35x10	80/60	ТЭО	12x44x8	-«-

URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/06-Volkov.pdf

№ п/п	Страна, фирма-поставщик	Модель	λ, нм/ $\Delta\lambda_{0,5}$, нм	*P*, Вт	$t_{и}$, мс/*F*, Гц	Размеры изл. обл., мм	$\Theta_{0,5}$, град.	$I_{Н}$, А/ U, В	Режим работы/охл.	Габариты, мм/масса, г	Примечание
32	-«-	То же ЛЛД-10	808/3	15		7,5x0,001	35x10	15/2,5	ТЭО		
33	-«-	То же ЛЛД-20	808/3	25		5x0,001	35x10		ТЭО		$W_{и}$ = 7,5 мДж
34	-«-	СЛМ-П-8	808/5	4x2000	50/10	22,2x10,6	40x15	4x28/170			
35	Германия, JENO OPTIK Laser GmbH	JOLD-80-CANN-1L	807; 938; 976/3	80			37x7	95-97/ 1,7-2	ВО	38,9x16,2x11,2	НР, срок службы 10^4 часов
36	-«-	JUM10k/M40/CB	808/4	10		5,2x2,8	40x30	15/2	В	54x78x27	-«-
37	-«-	JUM26k/M60/CB	808/4	26		5,2x7,8	40x80	42/2	-«-	-«-	-«-
38	-«-	JUM4200/M10/CB_TEC	808/4	4,2		1,1x1,1	17x17	6,5/2	-«-	54x20x48	-«-
39	-«-	JUM3200/M20/CB_TEC	975/4	3,0		-«-	10x10	5,5/1	-«-	-«-	-«-
40	-«-	JUM7000/dental_HHL	810/-975	7,0 7,0		$Ø_{ОВ}$ 0,4, NA=0,22		1,7/2,4	-«-	44,5x19,2x31,8	-«-
41	-«-	JOLD-x-CPNN-1L	808; 915; 938; 976/5	100			46x6	112/1,8	ВО	25x15x 13,9	НР, срок служ бы 2x10^4 часов
42	-«-	JOLD-200-QPNN-1L	808/5	200			63x9	108/2,2	ВО	-«-	-«-
43	-«-	JOLD-310-HS-4L	807/5 938/5	310		6,4x1,3		102/8	ВО	72,1x30x9,5	НР
44	-«-	LenLas.® diode	808; 940	25-50		$Ø_{ОВ}$ 0,6, NA=0,22			В	1/Ø50x142 Длина волоконного кабеля 5 м Блок питания 20/482,6x193 0,4x500	НР

URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/06-Volkov.pdf

№ п/п	Страна, фирма-поставщик	Модель	λ, нм/ $\Delta\lambda_{0,5}$, нм	*P*, Вт	$t_и$, мс/*F*, Гц	Размеры изл. обл., мм	$\Theta_{0,5}$, град.	$I_Н$, А/ U, В	Режим работы/охл.	Габариты, мм/масса, г	Примечание
45	США, Cohe rent	High Light D-Series	975±10/-	2000	3/300	1x12		80-100/ ~400-460 В, 47-63 Гц	ВО	283x190x201/ 23 (ЛИ) 1360x586x850 /250 (БП) 2005x874x187 2/600 (БО)	НР
46	-«-	-«-	975±10/-	8000	3/300	1x30		-«-	ВО	-«-	НР
47	-«-	PulseLife G-stack	808/3,5	700	0,25/80	0,4x10	40x12	103/13,4	В	25,15x10,8x6, 86	

Примечания: λ – длина волны, *P* – мощность излучения, $t_и$ – длительность импульса излучения, *F* – частота, $\Theta_{0,5}$ –угловая расходимость излучения на уровне половинной интенсивности, $I_Н$ – ток накачки, напряжение питания, $\Delta t_р$ – диапазон рабочих температур, $Ø_{ОВ}$ – диаметр оптического волокна, NA – его апертура, $W_и$ – энергия в импульсе, ЛИ – лазерный излучатель, БП – блок питания, БО – блок охлаждения, НР – непрерывный режим, КНР – квазинепрерывный режим, Р – ресурс, ПО – пассивное охлаждение, В – воздушное охлаждение, ВО – водяное охлаждение.

Таблица 2 - Основные параметры типичных мощных твердотельных лазеров с диодной накачкой [5 – 10, 19]

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$W_и$, мДж	$P_{ср}$, Вт	$t_и$, нс/*F*, кГц	Ø пучка изл., $1/e^2$/ θ, мрад	*U*, В/$P_э$, Вт	Система охлаждения	Масса, кг/ габариты, мм
1	ЗАО «Полупроводниковые приборы»	Nd:YAG	1064	1,0	6-7	30-70 нс/10-30	0,8-1,0/-	~200±40/-	Воздушное	2/300x120x80
2	-«-	Nd:YAG	532	30	6	15/20	5/2	-/400	Воздушное	
3	General Atomics Photonics Division	Everest 1064	1064	2,5	25	4±1 нс/1-50	0,7/3,5	~220/5000	Замкнутое водяное	Лазерный излучатель 18,14/ 641,4x406,4x76,2; блок питания 63,5/654,1x567,7x939,8
4	-«-	Everest 532	532	1,5	15	-«-	-«-	-«-	-«-	-«-
5	-«-	Everest 355	355	0,8	8	-«-	-«-	-«-	-«-	-«-

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$W_и$, мДж	$P_{ср}$, Вт	$t_и$, нс/F, кГц	Ø пучка изл., 1/e^2/ θ, мрад	U, В/$P_э$, Вт	Система охлаждения	Масса, кг/ габариты, мм
6	JENOOPTIK GmbH	Jen Las® D2 fs	1025	40 20	4x10^{-9} 4x10^{-9}	<400 фс/100-200	-/1,25	~100-240/600	Воздушное или водяное	Лазерный излучатель 65/805x212x200 Блок контроля 20/- Блок охл. 42/-
7	-«-	JEN Las® D2	532	0,175	3,5	1 мс/20 или непрерывн.	2/5	2/60ВА		1,8/70x40x 200
8	-«-	JEN Las® D2,8	532	0,4	8	-«-	-«-	2/80ВА		2,6/110x55x225
9	Группа компаний «Лазер компакт»	DTL-419QT (527) импульсный	527	>30 (до 10 кГц)	0,5 (4 кГц)	<10 (до 10 кГц)/ до 10	2±0,6/0,7±0,4	=12±10% /72	В	<3,5/311x122x90 (И+УВО) <2,5/150x110x115 (БП+УВО)
10	-«-	DTL-314QT (532 нм) импульсный	532	>1 (до 10 кГц)	0,04 (3 кГц)	7±3 (до 1 кГц)/ до 10	≤0,4/≤3	=12±10%/ 72	-«-	≤3,5/299x122x90 (И+УВО) ≤2,5/150x110x115 (БП+УВО)
11	-«-	DTL-413 (527 нм) непрерывный	527		0,2-1,5		0,8±0,1/≤1	=10,8-13,2/65	-«-	≤1,6/241x90x122 (И+УВО) ≤0,6/203x121x94 (И+УВО)
12	-«-	DTL-329QT (1053 нм) импульсный	1053	0,2-0,3	0,6-0,9	7±3/ до 30	2,3±0,5/0,4±0,1	=12±10%/<72	-«-	<3,5/301x122x90 (И+УВО) <2,5/150x110x115 (И+УВО)
13	-«-	DTL-324QT (1064 нм) импульсный	1064	0,03 (10 кГц)	0,3 (10 кГц)	7,5±2,5/10	<1,5/<1,6	=12±10%/<72	-«-	<3,5/299x122x90 (И+УВО) <2,5/150x110x115 (И+УВО)
14	-«-	DTL-423 (1053 нм) непрерывный	1053		0,3-2,5		1,2±0,2/≤1,6	=10,8-13,2/65	-«-	≤1,6/241x90x122 (И+УВО) ≤0,6/203x121x94 (И+УВО)

URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/06-Volkov.pdf

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$W_и$, мДж	$P_{ср}$, Вт	$t_и$, нс/F, кГц	Ø пучка изл., 1/e^2/ θ, мрад	U, В/$P_э$, Вт	Система охлаждения	Масса, кг/ габариты, мм
15	-«-	DTL-322 (1064 нм) непрерывный	1064		0,3-2,0		1,2±0,1/≤1,2	=10,8-13,2/<100	-«-	≤2,3/236x90x116 (И+УВО) ≤1,6/206x121x94 (И+УВО)
16	-«-	DTL429QT (527 нм) импульсный	527	>0,1 (10 кГц)	1000	<15 (10 кГц)	2,3±0,5/0,8±0,2	=12±10%/<72	-«-	<3,5/301x122x90 (И+УВО) <2,5/150x110x115 (И+УВО)
17	-«-	DTL-394-QT (263, 522, 1053 нм одновременно) импульсный	263 527 1053	>0,01 >0,1 >0,1	0,016 >0,35 >0,7	<12/<10 <40/30 <60/30	<1/<1 <1/<3 <2/<4	=12±10%/-	-«-	-«-
18	-«-	DTL-399QT (351, 527, 1053)	351 527 1053	>0,05 >0,05 >0,1	0,1 >0,01 >0,1	<30/10 <40/30 <70/30	1,05/0,55 1,3/<1,3 <1,75/<2,5	=12±10%/-	-«-	-«-
19	-«-	DTL-392QT (527, 1053 нм) импульсный	527 1053	>0,15 >0,15	>0,35 >0,8	<60/50 <80/50	<0,7/<3 <1/<4	=12±10%/-	-«-	-«-
20	-«-	DTL-389QT (263 нм) импульсный	263	0,004-0,01	0,006-0,03	<5/10	<1/<1	=12±10%/<72	-«-	-«-
21	-«-	DTL-379 (351 нм) импульсный	351	0,05-0,1	0,1-0,2	5±2/10	<0,75/<0,7	-«-	-«-	-«-
22	-«-	DTL-375QT (355 нм) импульсный	355	0,02	>0,035	-«-	0,7±0,2/5±0,6	--«-	-«-	≤3,5/299x122x90 (И+УВО) ≤2,5/150x110x115 (БП+УВО)

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$W_и$, мДж	$P_{ср}$, Вт	$t_н$, нс/F, кГц	Ø пучка изл., 1/e^2/ θ, мрад	U, В/$P_э$, Вт	Система охлаждения	Масса, кг/ габариты, мм
23	ООО «Промэнерголаб»	Наносекундный лазер NT253 с перестраиваемой λ	210 – 12x10^3	0,45 при 480 нм	0,045-2,25	3-9/0,1-0,5	2,5/-	~110-220, 50/60 Гц/500	-«-	-/300x260x820 (И) -/365x289x392 (БП)
24	-«-	Наносекундный лазер NL220	1064	10	1000	<10/1	2,5/<	~100-220, 50/60 Гц/ <1000	ВО-В	-/453x274x824 (И) -/365x289x392 (БП)
25	-«-	Перестраиваемый наносекундный лазер NT242	400-2600	0,45	450	3-6/1	2,5/-	~90-240, 50/60 Гц/ 1000	-«-	-/453x274x824 (И) -/365x289x392 (БП)
26	-«-	Наносекундный лазер Baltic532	532	0,583x10^{-2}	3,5	6-18/2,5-100	0,7/< 1,4	~100-240, 50/60 Гц/<300	-«-	-/320x114x\751 (И) -/472x289x461 (БП)
27	-«-	Наносекундный лазер Baltic HP 1064	1064	20-60	20	10-30/5-100	0,7/<1,3	~100-240, 50/60 Гц/<600	-«-	-/396x123x480 (И) -/553x472x530
28	-«-	Пикосекундный лазер PL2250	1064	1	15x10^{-16}	30 пс/0-0,05	2,5/<1,5	~110-240, 50/60 Гц/<150	В	-/396x123x480 (И) -/553x472x530
29	ЗАО «Лазеры и оптические системы»	Nd:YAG лазер для дальномера	1064; 1570	100 (1064 нм) 30 (1570 нм)	2,5 (1064 нм) 0,075 (1570 нм)	12/25	-/3 DL (1064 нм) -/5 DL (1570 нм)		-«-	4/320x160x100
30	-«-	Лазер на Yb-Er для дальномера	1540	10	0,1; 0,2	25/10, 20	-/5 DL		-«-	0,4/140x60x48
31	-«-	Nd:YLF лазер для авиационного лидара	1047; 0,523; 0,262 (0,349)	50 (1047); 20 (0,523); 6 (0,262 (0,349)	5 (1047); 2 (0,523); 0,6 (0,262 (0,349)	10/100	-/1,2 DL		-«-	7/400x182x142

URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/06-Volkov.pdf

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$W_и$, мДж	$P_{ср}$, Вт	$t_и$, нс/F, кГц	Ø пучка изл., 1/e^2/ θ, мрад	U, В/$P_э$, Вт	Система охлаждения	Масса, кг/ габариты, мм
32	-«-	Nd:YLF лазер для спутник. высотомера	1047	150	0,15	10/1	-/3 DL		-«-	4/270x225x80
33	ООО «СОЛ инструментс», Беларусь	DF 152/4	1064 532 355 266	140 80 20 20	2,8 0,16 0,04 0,04	12-14/20	5/1,2	~90-240, 50-60 Гц/115	В	5,9/450x190x90 (И) 5,8/364x147x391 (БП)

Примечания: λ – рабочая длина волны, $W_и$ – энергия в импульсе, $P_{ср}$ – средняя мощность излучения, $t_и$ – длительность импульса излучения, F – рабочая частота, Ø пучка изл. – диаметр пучка излучения, θ – угол расходимости излучения, U – напряжение питания, $P_э$ – энергопотребление, И – излучатель, БП – блок питания, В – воздушное охлаждение, ВО – водяное охлаждение, ВО-В – водяное-воздушное охлаждение.

Таблица 3 - Основные параметры типичных малогабаритных твердотельных лазеров с диодной накачкой [6, 8, 11, 12, 14, 20]

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$W_и$, мДж	$P_{ср}$, Вт	$t_и$, нс/F, кГц	Ø пучка изл., 1/e^2/ θ, мрад	U, В/$P_э$, Вт	Система охлаждения	Масса, кг/ габариты, мм
1	Группа компаний «Лазер компакт»	LCS-T-11 (532 нм) Непрерывный	532		0,003		1±0,2/1,2±0,2	~110 – 240, 50-60 Гц/-	В	<0,2/Ø25x125 (И) <0,3/66x80x169 (БП)
2	-«-	LCM-S-111 (532 нм) Непрерывный одночастотный	532		0,011-0,022		0,6±0,1/1,1±0,1	=4,5-6/18-24	-«-	<0,15/90x40x29 (И) -/85x60x31 (БП)
3	-«-	LCM-T-111 (1064) непрерывный	1064		0,01-0,2		1±0,2/2,4±0,4	=3,3-3,5/5	-«-	-/Ø14,8x112
4	-«-	LCS-T-12 (1064 нм) Непрерывный	1064		0,05		-«-	~110 – 240, 50-60 Гц/-	-«-	<0,2/Ø25x125 (И) <0,3/66x80x169 (БП)

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$W_и$, мДж	$P_{ср}$, Вт	$t_и$, нс/F, кГц	Ø пучка изл., 1/e^2/ θ, мрад	U, В/$P_э$, Вт	Система охлаждения	Масса, кг/ габариты, мм
5	-«-	LCM-S-112 (1064 нм) Непрерывный одночастотный	1064		0,21		0,6±0,1/2,2±0,2	=4,5-6/18-24	-«-	<0,15/90x40x29 (И) -/85x60x31 (БП)
6	-«-	TECH-263	263	50	0,2	3/5		=24/<75	-«-	<1/175x70x40 (И) 4,5/232x204x95
7	-«-	TECH-351	351	250	1	4/5		=24/<75	-«-	
8	-«-	TECH-527	527	500	2	4/5		=24/<75	-«-	
9	-«-	TECH-1053	1053	10^3	4	5/5		=24/<75	-«-	
10	ЗАО «Полупроводниковые приборы»	Для лазерных дальномеров, импульсный	1500 1600	>2 >8	10 80	30/<5 30/<10	-/0,7		-«-	<0,3/- <0,8/-
11	-«-	На основе Nd:YAG, импульсный	1064/532	1,2/0,4	7	15-20/0,004-32		~220, 50-60 Гц/400	-«-	-/300x120x80
12	ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова	На основе Yb-Er для лазерных дальномеров	1540	8	0.08	25/10 Гц	-/5		-«-	0,7/140x60x48
13	ОАО ЛОМО	БИЛ-Д2 Эрбиевое стекло	1500	12	0,12	<40/2-10 Гц	2/8		-«-	<0,3/106x35x27
14	-«-	Л12-7Д Эрбиевое стекло	1540	12	0,12	<40/10 Гц	4/4		-«-	<0,36/120x50x64
15	-«-	Л11-Д Неодимовое стекло	1064	2		50/-	1/4		-«-	0,8/180x95x100
16	-	Laser Pointer, непрерывный	532		0,2		1,9/1,5	=4,2/2,5	-«-	0,16/Ø20x105
17	-	-«-	532		0,2		1,5/1,5	=3/1,65	-«-	0,12/Ø14x155
18	Мослазерлаб.	PC-01Q	1064	0,12	0,8	<10/30	1,8/1,4	=27/54 (135)	-«-	0,5/150x48x35 (И) 1,5/200x120x74
19	Standa Ltd., Литва	SNANDA-Q1	1064	0,1	100	1/1000	1,2/5	~110-230/-	-«-	-/79x39x110 (И) 223x94x197 (БП)
20	-«-	STA-02-SH-CW	532		0,02		1,2/1,5	=4,7-5,5/14-16,5	-«-	-/104x58x33 (И) -/124x104x34 (БП)

Примечания: см. примечания к табл. 2

URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/06-Volkov.pdf

Таблица 4 - Основные параметры типичных миниатюрных твердотельных лазеров с диодной накачкой [13-15, 18, 20]

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$P_{вых}$, мВт	Ø пучка изл., $1/e^2$/ θ, мрад	*U*, В	*I*, мА	Масса, г/габариты, мм	Примечание
1	ООО «ЛаС»	DMH-532-20	532	20	0,5	3/5	< 450	-/Ø20x80	Пятно подсвета - точка
2	-«-	DMH-532-30	532	30	1,0	3/5	< 500	-/Ø14x45	-«-
3	-«-	DMH-532-50	532	50	1,0	3/5	< 650	-/Ø14x45	-«-
4	-«-	DMH-532-65	532	65	0,8	3	< 600	-/Ø14x45	-«-
5	-«-	LMH650-15	532	15	0,5	3/5		Ø20x80	Пятно подсвета - линия
6	-«-	CMH532-10	532	10	0,1-0,2	3/5	-	Ø20x80	Пятно подсвета - перекрестие
7	-«-	LPH532-30	532	30	-	3	-	70/ Ø13,6x60	Пятно подсвета - точка
8	-«-	LPH532-50	532	50	-	3	-	-«-	-«-
9	-«-	LPH532/650-50	532/650	50/50	-	3	-	Ø15x150	-«-
10	-«-	LPH532/650-100	532/650	100/100	-	3	-	-«-	-«-
11	-«-	LPH532/405-50	532/405	50/50	-	3	-	-«-	-«-
12	-«-	LPH532/405-100	532/405	100/100	-	3	-	-«-	-«-
13	-«-	LSP-532/405/650-100	532/405 /650	100/100/100	-	3	-	Ø28,5x208	-«-
14	-«-	LPH-532-200	532	200	-	3	-	Ø14x160	-«-
15	-«-	LPH-532-300	532	300	-	3	-	Ø23x128	-«-
16	-«-	LSP-532-600	532	600	1,2±0,2	3	-	Ø40x220	-«-
17	-«-	LPH-405-200	405	200	-	3	< 250	Ø14x160	-«-
18	-«-	LSP-445-1000	445	1000	-	3	1100	Ø14x160	-«-
19	-«-	LSP-450-200	450	200	-	3	-	Ø14x130	-«-
20	-«-	LSP-473	473	50	-	3	-	Ø14x130	-«-
21	-«-	LPH-589-5	589	5	-	3	-	Ø14,5x150	-«-
22	-«-	-	445	600	< 1,5	3,7	< 1600	22x25,5x140	Наработка > $8x10^3$ час
23	-«-	-	445	1000	1,5	3,7	1600	22x25,5x140	Наработка > $5x10^3$ час
24	-«-	-	532	1000	-	3,7	-	-	-«-
25	-«-	-	445	1000	1,5	3,7	-	378/Ø35,8x228	
26	ГП НПП «Инжект»	ИЛТН-2001	531	20	-	3,7	3600		$U_{тэо}$ 3,7 В, $I_{тэо}$ = 3,6 А
27	-«-	ИЛТН-4001	531	50-100	1.2/6	3	1100 - 2500		-»-

№ п/п	Фирма	Модель	λ , нм	$P_{вых}$, мВт	Ø пучка изл., $1/e^2$/ θ, мрад	U, В	I, мА	Масса, г/габариты, мм	Примечание
28	-«-	ЛТИ-5001	1064	95 (средняя)	1,2/<1,3	2,5	1700 - 2000		$P_и$ = 9,5 кВт, $W_и$ = 3,6 мкДж, $t_и$ = 1,7 нс, F = 9,5 кГц
29	Nc STAR, США	NcSTAR ACPTLG	532	8	1/<1	3		100/83x33x40	Масса с источником питания
30	-«-	NcSTAR APRLSRG	532 и 635-652	5	1/<1	3		206/131x 35x44	Масса – с кронштейном и с выносной кнопкой
31	Институт физики им. Б.И. Степанова	IFL-E81-P	1535	8 (средняя)	-/1,3			75x45x30	$t_и$ = 20 нс, F = 1 Гц, $W_и$ = 8 мДж
32	Standa Ltd., Литва	STA-01-TH	355	15	1,3/-			Ø30x120	$t_и$ = 0,5 нс, F = 10 кГц, $W_и$ = 1,5 мкДж

Примечания: λ – рабочая длина волны, $W_и$ – энергия в импульсе, $P_{ср}$ – средняя мощность излучения, $t_и$ – длительность импульса излучения, F – рабочая частота, Ø пучка изл. – диаметр пучка излучения, θ – угол расходимости излучения, U – напряжение питания, $P_э$ – энергопотребление, И – излучатель, БП – блок питания, В – воздушное охлаждение, ВО – водяное охлаждение, ВО-В – водяное-воздушное охлаждение.

Таблица 5 - Основные параметры АИ ТВ ПНВ.

Тип АИ прибора	**удерживаемый в руках**		**мобильного и стационарного базирования**	
Фирма-производитель	ООО НПП «ТАЛОС»	ООО НПП «ТАЛОС»	ООО НПП «ТАЛОС»	ООО НПП «ТАЛОС», ОАО завод «Юпитер», ОКБ «АСТРОН»
Модель	«Призрак-М» «Призрак-С»	«Призрак-Р» «Призрак-СМ»	«Призрак-С» (модель TLS2503)	«Призрак-СМ»
Габариты, мм - длина - ширина - высота	 225 145 70	 200 150 70	 493 175 168	 350 250 168
Масса с батареей питания, кг	1,7	1,7	6,5	6
Энергопотребление, Вт	-	-	60 (включая подогрев)	70 (включая подогрев)
Время непрерывной работы от батареи (встраиваемой или внешней), ч	3	3	3	3
Внешнее управление	RS485	RS232/RS485/Ethernet	RS485	RS232/RS485/Ethernet
Внешний видеовыход	CCIR	CCIR/BT656	CCIR	CCIR/BT656
Угол поля зрения, град.	5,5x4,1	5,5x4,1/9,7x7,3	5,5x4,1	5,5x4,1/9,7x7,3
OLED дисплей	Черно-белый 800x600 эл.	Цветной 800x600 зл.	Черно-белый 800x600 эл.	Цветной 800x600 зл.
Дальность обнаружения ПСО-1, м	1200	1300	2500	3500
Дальность распознавания ростовой фигуры человека, м	600	700	700	700
Дальность распознавания танка, м	900	1000	2500	3500
Точность измерения дальности, м	± 10	± 10	± 10	± 10
Регулировка мощности излучения подсвета	1; ½; 1/4; 1/8; 1/16	1; ½; 1/4; 1/8; 1/16; 1/32	1; ½; 1/4; 1/8; 1/16	1; ½; 1/4; 1/8; 1/16; 1/32
Система бесперебойного питания	нет	есть	нет	есть
Индикация наработки прибора и состояния батареи питания	нет	есть	нет	есть
Уровень защиты от воздействия внешней среды	IP54	IP67	IP54	IP67
Сертификация	EMC Laser Safety	Все виды	EMC Laser Safety	Все виды
Встроенный цифровой магнитный компас	нет	есть	нет	есть
Встроенный GPS/ГЛОНАСС приемник	нет	есть	нет	есть
Автоматическое обнаружение	нет	есть	нет	есть
Встроенное фото- и видеозапись	нет	есть	нет	есть
Беспроводная передача данных	нет	есть	нет	есть
Рабочая внешняя освещенность, лк	0 – $8x10^4$	0 – $8x10^4$	0 – $8x10^4$	0 – 10^5
Диапазон рабочих температур, °С	(-25) – (+40)	(-40) – (+60)	(-40) – (+60)	(-50) – (+60)
Глубина зоны подсвета, м	10; 20, 50; 100; 200; 500	10; 20, 50; 100; 200; 500	10; 20, 50; 100; 200; 500	10; 20, 50; 100; 200; 500

URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/06-Volkov.pdf

Таблица 6 - Основные параметры лазерных приборов разведки и целеуказания, а также лазерных приборных комплексов дальнего видеонаблюдения

Тип прибора	антиснайперские приборы разведки и целеуказания			комплексы дальнего видеонаблюдения	
Характер применения	удерживаемый в руках	удерживаемый в руках	стационарного и мобильного применения	стационарного и мобильного применения	стационарного и мобильного применения
Фирма-изготовитель	ООО НПП «ТАЛОС»	ООО НПП «ТАЛОС»	ООО НПП «ТАЛОС»	Obzerv (Канада)	ООО НПП «ТАЛОС», ОАО завод «Юпитер», ОКБ «АСТРОН»
Модель	«ДОН-800»	«Принц-Р»	«Принц-СМ»	ARGC-2400	«Концепт-3СМ»
Общие данные					
Габариты, мм - длина - ширина - высота	 200 172 76	 170 140 70	 170 140 70	 560 520 370	 550 500 360
Масса с батареей питания, кг	1,8	1,9	4	55	42
Рабочий диапазон температур, °С	(-30) – (+50)	(-40) – (+50)	(-40) – (+50)	(-20) – (+40)	(-40) – (+50)
Защищенность от внешних воздействий	IP54	IP67	IP67	-	IP67
Рабочая внешняя освещенность, лк	10^{-2} – 6x10^{4}	10^{-2} – 8x10^{4}	10^{-2} – 8x10^{4}	-	0 – 10^{5}
Вид управления	RS485	RS485/Ethernet	RS485/Ethernet	RS232/Ethernet	RS232/Ethernet
Внешний видеовыход	CCIR	CCIR/BT656	CCIR	CCIR/BT656	CCIR/BT656
Время работы от батареи питания, ч	2	3	5	-	-
Дальность обнаружения ПСО-1, м	800	1000	1000	-	-
Напряжение, В	=12 – 16,8 или ~ (100 – 240, 50 – 60 Гц)	=12 – 16,8 или ~ (100 – 240, 50 – 60 Гц)	=12 – 16,8 или ~ (100 – 240, 50 – 60 Гц)	= 9 – 15 или ~ (100 – 240, 50 – 60 Гц)	=27 или ~ (100 – 240, 50 – 60 Гц)
Энергопотребление, Вт	6	6	6	350	250
Опции					
Цифровой магнитный компас, инклинометр	нет	есть	есть	есть	есть
GPS/ГЛОНАСС приемник	нет	есть	есть	нет	есть
Встроенная фото- и видеозапись	нет	есть	есть	нет	есть
Дистанционная передача данных	проводная	проводная и беспроводная	проводная и беспроводная	проводная	проводная и беспроводная
Тепловизор	нет	нет	нет	внешний	встроенный
Дальномер	нет	есть	есть	нет	есть

Тепловизионный канал					
Тип фотоприемного устройства (ФПУ)	-	-	-	-	Микроболометрическая матрица
Рабочая область спектра, мкм	-	-	-	-	7 – 14
Чувствительность, мк	-	-	-	-	< 40
Число пикселей в ФПУ	-	-	-	-	640x480
Угол поля зрения, град., узкое/широкое	-	-	-	-	2,3x1,7/12,4x9,3
Фокусное расстояние объектива, мм	-	-	-	-	275/50
Стандарт видеосигнала	-	-	-	-	PAL
Дальность распознавания ростовой фигуры человека, м	-	-	-	-	3000
Дальность распознавания танка, м	-	-	-	-	8000
Активно-импульсный канал обнаружения бликов					
Количество лазеров	2	1	1	-	-
Класс лазерной опасности	1М	1М	1М	-	-
Угол поля зрения, мрад. х град.	1x4	1x3	1x3	-	-
Точность определения координат цели, мрад х град.	1x0,17	1X0,17	1x0,17	-	-
Точность измерения дальности, м	± 5	± 5	± 5	-	-
Скорость горизонтального сканировании, град/с	10	10	20	-	-
Эффективность работы в тумане	высокая	высокая	высокая	высокая	высокая
Дальность обнаружения ПСО-1, м	800	1000	1000	-	-
Время обнаружения, с	-	0,04	0,04	-	-
Телевизионный визирный канал					
Угол поля зрения, град.	8x6	8x6	8x6	(0,12x0,09)x (0,46 – 0,34)	1,5x1,1 44x33
Увеличение, крат.	-	3,5	3,5	78 - 312	30
Внешний видеовыход	CCIR	CCIR/BT650	CCIR/BT650	CCIR/BT650	CCIR/BT650
OLED дисплей	Черно-белый, разрешение 800x600 эл.				
Минимальная рабочая освещенность, лк	-	-	-	1,5 - 2	0,1
Способ индикации обнаружения бликов	видео	видео, звуковой	видео	видео	видео
Дальномерный канал					
Измеряемая дальность, м	-	-	-	-	$50 – 10^4$
Длина волны, мкм	-	-	-	-	1,54
Частота измерений, Гц	-	-	-	-	2

URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/06-Volkov.pdf

Низкоуровневый защищенный пассивный/активно-импульсный ТВ канал					
Дальность распознавания ростовой фигуры человека, м	-	-	-	8000	9000
Дальность распознавания танка, м	-	-	-	15000	16000
Угол поля зрения, град., узкое/широкое	-	-	-	ТВ (0,15x0,11) – (0,61x0,46)	ТВ (0,15x0,11); (0,61x0,46)
Угол подсвета, град.	-	-	-	(0,15x0,11) – (0,61x0,46)	(0,15x0,11); (0,61x0,46)
Длина волны подсвета, мкм	-	-	-	0,808 – 0,86	0,808 – 0,806
Диапазон внешней освещенности, лк	-	-	-	-	$0 - 10^5$
Глубина зоны подсвета, м	-	-	-	30 - 1000	10 - ∞
Мощность излучения импульса подсвета, Вт	-	-	-	5250	16000
Средняя мощность излучения подсвета, Вт	-	-	-	16	16
Частота подсвета, Гц	-	-	-	30	10

Литература

1. Сравнение конструкций твердотельных лазеров. [Электронный ресурс] www.litografa global view…litografa.lt.index.php?id=65,319,0,0,1,0 (дата обращения 30.05.2016).

2. Лазерные диодные линейки и решетки // Проспект ОАО «НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха». М., 2013. – URL: http://www.polyus.msk.ru, http://www.polyus.info (дата обращения 30.05.16 г.).

3. Матрицы и линейки лазерных диодов // Каталог Российского Федерального Ядерного Центра – Всероссийского научно-исследовательского института технической физики им. Академика Е.И. Забабахина. Снежинск, 2012. – URL: www.vniitf.ru. (дата обращения 30.05.16 г.).

4. Наборные решетки лазерных диодов // Каталог ГП НПП «Инжект», Саратов, 2013. – URL: www.inject-laser.ru/products/oscillators/subpagel.ivp. (дата обращения 30.05.16 г.).

5. High Brightness Diode Laser Modules // Каталог фирмы JENOPTIK Germany GmbH, Diode Laser Group, Германия. 2012. – URL: www.jenoptik-com/en-semiconductor-lasers, www.jenoptik.com/diodelasers (дата обращения 02.06.16 г.).

6. Лазерные модули, диоды, линейки и твердотельные лазеры с диодной накачкой // Каталог ЗАО «Полупроводниковые приборы». СПб., 2016. – URL: www.atcsd.ru/prodl.php (дата обращения 02.06.16 г.).

7. Diode-Pumped Q-switched Laser Systems // Проспект фирмы General Atomics Photonics Division, США, 2005.

8. Твердотельные лазеры с диодной накачкой от инфракрасного до ультрафиолетового // Каталог группы компаний «Лазер-компакт» ООО «Лазер-экспорт». М., 2013. – URL: www.laser-compact.ru (дата обращения 03.06.16 г.).

9. Высокомощные нано- и пикосекундные лазеры с диодной накачкой и модуляцией добротности // Каталог ООО «Промэнерголаб», М., 2013. – URL: www.czl.ru (дата обращения 03.06.16 г.).

10. Лазеры с диодной накачкой для лазерных дальномеров, авиационного лидара и спутникового высотомера // Каталог ЗАО «Лазеры и оптические системы», СПб., 2013. – URL: http://www.los.su (дата обращения 03.06.16 г.).

11. Лазеры с диодной накачкой на основе Yb-Er для лазерных дальномеров // Проспект ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова. СПб.: ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова, 2013. – URL: www.npk.goi.ru (дата обращения 07.06.2016).

12. Твердотельные лазеры с диодной накачкой // Каталог ОАО ЛОМО, РФ, СПб., 2013. – URL: www.lomo.ru (дата обращения 07.06.16 г.).

13. Твердотельные лазеры с диодной накачкой // Официальный дистрибьютер ООО «ЛаС», СПб., 2014. – URL: www.lascompany.ru (дата обращения 07.06.16 г.).

14. Импульсный твердотельный лазер с диодной накачкой. Модель РС-01Q. – URL: www.moslaserlab.ru (дата обращения 30.05.16 г.).

15. Лазерные целеуказатели (ЛЦУ) для оружия. – URL: www.andex.ru/yandsearch?=231&text=лазерный+целеуказатель+NCTAR+APPLS MG (дата обращения 07.06.16 г.).

16. Highlight D-Series // Проспект фирмы Coherent, США, 2014. – URL: www.Coherent.com (дата обращения 07.06.16 г.).

17. PulseLife G-stack // Проспект фирмы Coherent, США, 2014. – URL: www.Coherent.com (дата обращения 09.06.16 г.).

18. Твердотельные лазеры с диодной накачкой // Проспект Института Физики им. Б.И. Степанова // Национальная академия наук Беларуси. Минск, 2014. – URL: http://ifanbel.bas.by. (дата обращения 09.06.16 г.).

19. DPSS Твердотельные импульсные Nd:YAG лазеры с диодной накачкой серии DF // Проспект фирмы «ООО Инструментс», Минск, 2014.

20. Sub-nanosecond DPSS micro laser // Каталог фирмы Standa Ltd., Литва, 2014 г. – URL: www.standa.LT (дата обращения 09.06.16 г.).

21. Гейхман И. Л., Волков В. Г. Видение и безопасность. – М.: Новости, 2009. – 840 с.

22. Волков В. Г., Гиндин П. Д. Техническое зрение. Инновации. – М.: Техносфера, 2014. – 840 с.

23. Оптико-электронные приборы и системы // Каталог фирмы ООО «ТУРН», М., 2016. – URL: www.turn.ru/rus/index.shtm (дата обращения 14.06.16 г.).

24. Круглосуточная активно-импульсная телевизионная камера повышенной дальности действия. Проспект ОАО «НПО Геофизика-НВ». – М., 2016.

25. Случак Б. А. Лазерные системы видеонаблюдения и видеорегистрации // Технические предложения ООО «ТАЛОС». М., 2016.

26. Многоканальный прибор наблюдения FLIR HCR фирмы FLIR Systems // Проспект фирмы FLIR Systems. США, 2014.

27. Многоканальный прибор наблюдения «АВАТАР» фирмы FLIR Systems // Проспект фирмы FLIR Systems. США, 2014.

28. Поворотный многоканальный прибор наблюдения «БРОНКО» фирмы FLIR Systems // Проспект фирмы FLIR Systems. США, 2014.

References

1. *Sravnenie konstrukzyj tverdotel'nyh laserov* [Comparison of the structures of solid-state lasers]. Available at: www.litografa global view...litografa.lt.index.php?id=65,319,0,0,1,0 (accessed 30.05.16) (in Russian).

2. *Lasernye diodnye lineyki i reshetki* [Laser diode bars and grates]. The prospectus of JSC "research Institute "Polyus" them. M. F. Stelmakh". Of the Russian Federation, Moscow, 2013. Available at: http//: www.polyus.msk.ru., http://www.polyus.info. (accessed 30.05.16) (in Russian).

3. *Matrizy i lineyki lasernyh diodov* [Matrix and laser diodes]. Catalogue of the Russian Federal Nuclear Center – all-Russian research Institute of technical physics. Academician E. I. Zababakhin. Russia, Snezhinsk, 2012. Available at: www.vniitf.ru (accessed 30.05.16) (in Russian).

4. *Nabornye reshetki lasernyh diodov* [Composing lattice of laser diodes]. Directory of GP NPP "Inject", Russia, Saratov, 2013. Available at: www.inject-laser.ru/products/oscillators/subpagel.ivp (accessed 30.05.16) (in Russian).

5. *High Brightness Diode Laser Modules*. The catalogue of the company JENOPTIK Germany GmbH, Diode Laser Group, Germany. 2012. Available at: www.jenoptik-com/en-semiconductor-lasers (accessed 02.06.16) (in Russian).

6. *Lasernye moduli, diody, lineyki b tverdotel'nye lasery s diodnoi nakachkoy* [Laser modules, diode line and a solid-state diode-pumped lasers]. Catalogue of CJSC "Semiconductor devices", Saint-Petersburg, 2016. Available at: www.atcsd.ru/prodl.php. (accessed 02.06.16) (in Russian).

7. *Diode-Pumped Q-switched Laser Systems*. Prospect firm General Atomics Photonics Division, USA, 2005. (in Russian).

8. *Tverdotel'nye lasery s diodnoy nakachkoy ot infrakrasnogo do ul'trafioletovogo* [Solid-state diode-pumped lasers from infrared to ultraviolet]. Directory, group of companies Laser-compact" the company "Laser-export". Of the Russian Federation, Moscow, 2013. Available at: www.laser-compact.ru (accessed 03.06.16) (in Russian).

9. *Vysokomoshnye nano- i picosecundnye lasery s diodnoy nakachkoy i moduljaziey dobrotnosty* [High-power nano - and picosecond lasers with diode pumping and q-switching]. Catalog, OOO Promenergolab", Russia, Moscow, 2013. Available at: www.czl.ru (accessed 03.06.16) (in Russian).

10. *Lasery c diodnoy nakachkoy dlja lasernyh dal'nomerov, aviazionnogo lidara i sputnikovogo vysotomera* [The diode-pumped lasers for laser rangefinders, aircraft lidar and satellite altimeter]. The catalogue of ZAO "Lasers and optical systems", Saint-Petersburg, 2013. Available at: http//:www.los.su (accessed 03.06.16) (in Russian).

11. *Lasery s diodnoy nakachkoy na osnove Yb-Er dlja lasernyh dal'nomerov* [The diode-pumped lasers based on Yb – Er laser rangefinders]. The prospect of VSC GOI them. S. I. Vavilov, Saint-Petersburg, 2013. Available at: www.npk.goi.ru (accessed 07.06.16) (in Russian).

12. *Tverdotel'nye lasery s diodnoy nakachkoy* [Solid-state lasers with diode pumping]. The catalog of JSC LOMO, Saint-Petersburg, 2013. Available at: www.lomo.ru (accessed 03.06.16) (in Russian).

13. *Tverdotel'nye lasery s diodnoy nakachkoy* [Solid-state lasers with diode pumping]. Official distributor of LLC "Las", Saint-Petersburg, 2014. Available at: www.lascompany.ru (accessed 07.06.16) (in Russian).

14. *Impulsnyi tverdotel'nyi laser s diodnoy nakachkoy* [Pulsed solid state diode pumped laser]. Model PC-01Q, 2016. Available at: www.moslaserlab.ru (accessed 30.05.16) (in Russian).

15. *Lasernye zeleukazateli (LZU) dlja orujoija* [Laser target designators (LTD) for weapons]. Available at: www.andex.ru/yandsearch?=231&text=лазерный+pointer + NCTAR + APPLSMG (accessed 07.06.16) (in Russian).

16. *Highlight D-Series*. The prospectus of the company Coherent, USA, 2014. Available at: www.Coherent.com (accessed 07.06.16) (in Russian).

17. *PulseLife G-stack*. The prospectus of the company Coherent, USA, 2014. Available at: www.Coherent.com (accessed 09.06.16) (in Russian).

18. *Tverdotel'nye lasery s diodnoy nakachkoy* [Solid-state lasers with diode pumping]. Avenue Institute of Physics. B. I. Stepanov, Minsk, The national Academy of Sciences of Belarus, 2014. Available at: http://ifanbel.bas.by (accessed 09.06.16) (in Russian).

19. *DPSS Tverdotel'nye impul'snye lasery s diodnoy nakachkoy serii DF*. [DPSS Solid-state pulse Nd:YAG diode-pumped lasers DF series]. The prospectus of the company "company instruments", Belarus, Minsk, 2014. (in Russian).

20. *Sub-nanosecond DPSS micro laser*. Catalogue Standa Ltd., Lithuania, 2014. Available at: www.standa.LT (accessed 09.06.16) (in Russian).

21. Gaykhman I. L., Volkov V. G. *Videnie i besopasnost* [Vision and safety]. Moscow, Novosti Publ., 2009. 840 p. (in Russian).

22. Volcov V. G., Gindin P. D. *Tehnicheskoe zrenie. Innovazii* [Technical vision. Innovation]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2014. 840 p. (in Russian).

23. *Opto-electronic devices and systems*. The catalogue of the company OOO "THURN", Russia, Moscow, 2016. Available at: www.turn.ru/rus/index.shtm (accessed 14.06.16) (in Russian).

24. *Kruglosutochnaja aktivno-impul'snaja televisionnaja kamera povyshennoy dal'nosti deystvija* [Round the clock active pulse TV camera high range]. The prospectus of JSC "NPO Geofizika NV", Russia, Moscow, 2016. (in Russian).

25. Sluchak B. A. *Lasernye systemy nabljudenija i videoregistrazii* [Laser video surveillance and video recording]. The technical proposal, OOO TALOS". Russia, Moscow, 2016. (in Russian).

26. *Mnogokanal'nyi pribor nabljudenija FLIR HCR firmy FLIR Systems* [Multi-channel surveillance device FLIR HCR of the company FLIR Systems]. The prospectus of the company FLIR Systems, USA, 2014. (in Russian).

27. *Mnogokanal'nyi pribor nabljudenija «AVATAR» firmy FLIR Systems* [Multi-channel surveillance device "AVATAR" of the company FLIR Systems]. The prospectus of the company FLIR Systems, USA, 2014. (in Russian).

28. *Povorotnyi mnogokanal'nyi pribor nabljudenija «BRONCO» firmy FLIR Systems* [Rotary multi-channel surveillance device "BRONCO" company FLIR Systems]. The prospectus of the company FLIR Systems, USA, 2014. (in Russian).

Статья поступила 12 июля 2016 г.

Сведения об авторе

Волков Виктор Генрихович – доктор технических наук, академик Российской академии естественных наук. Профессор кафедры РЛ-2 «Лазерные и оптико-электронные системы». Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: приборы визуализации изображения. E-mail: volkvik2009@yandex.ru

Адрес: Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Solid-State Lasers with High-Power Laser Diodes Pumping Used in Security Systems

V. G. Volkov

Problem statement: *considered the powerful laser diodes (LD) used for pumping solid-state lasers, described the characteristics of LD and solid-state lasers based on them, showed the features of design and their application in a security systems.* ***Objective:*** *to show the specific devices, made on basis of these lasers for use in safety systems: laser designators, active pulse TV night vision devices, intelligenceanti-sniper laser devices and pointing of targetsdevices, multi-channel system.* ***Methodology:*** *comparative scientific and technical analysis of the capabilities of solid-state lasers and security devices on their basis.* ***Novelty:*** *for the first time shown in a systematic way the technical characteristics of solid-state lasers with diode pump and safety devices on their basis. All of these devices have the performance in the form of mobile and stationary devices or hand held devices. Also discusses multi-channel complexes round-the-clock and all-weather surveillance.* ***Practical significance:*** *shownthe efficiency and prospects of application of such laser devices in a security systems due to their versatility and parameters, shown the ability to provide around the clock surveillance and reconnaissance.*

Key words: *laser diode, solid state laser pumping, operation mode, radiation power, wavelength, beam divergence, size of the emitting region, the pulse duration, frequency, surveillance device, security system, weight, dimensions, voltage, power consumption, detection range, recognition range, angle of sight, the measurement accuracy range.*

About the Author

Viktor Genrichovich Volkov – Dr. habil. of Engineering Sciences, Academician of Russian Academy of Natural Sciences. Professor at the Department RL-2 “Laser and Optic Electron Systems”. Bauman Moscow State Technical University. Field of research: devices of images visualization. E-mail: volkvik2009@yandex.ru

Address: Russia, 105005, Moscow, 2nd Baumanskaya str., 5-1.