

УДК 621.373.826

© М. О. Искандаров, А. А. Никитичев, М. А. Свердлов, А. Л. Тер-Мартirosян

## ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР БЕЗОПАСНОГО ДЛЯ ГЛАЗА СПЕКТРАЛЬНОГО ДИАПАЗОНА С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

В работе сообщается о создании опытного образца твердотельного Nd:YAG-лазера с полупроводниковой накачкой и внутрирезонаторным параметрическим преобразованием частоты излучения лазера в спектральную область 1.57 мкм. Выходная энергия лазера составляет 10 мДж, длительность импульса 10 нс, частота повторения импульсов до 20 Гц, расходимость излучения 0.7 мрад.

Кл. сл.: твердотельный импульсный лазер, диодная накачка, параметрическое взаимодействие

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений развития информационных лазерных систем является переход в безопасную для глаз область спектра.

Во-первых, безопасность лазерного излучения для глаз оператора и случайного наблюдателя является актуальной для многих применений, например при работе в густонаселенных районах, при проведении испытаний, выполнении учебно-тренировочных задач и др. Наличие безопасного для глаз лазерного канала часто является необходимым условием для экспорта продукции.

Во-вторых, в спектральной области 1.5 мкм значительно снижаются требования к энергетике лазерных излучателей и, следовательно, к мощности источников накачки. Лазерное излучение в области 1.5 мкм характеризуется меньшей величиной рассеяния и поглощения в приземных слоях атмосферы. Пороговая чувствительность прием-

ных устройств на основе InGaAs-фотодиодов (область спектральной чувствительности до 1.7 мкм) не уступает пороговой чувствительности приемников на базе кремниевых лавинных фотодиодов. В результате энергия излучения лазера в области 1.5 мкм, необходимая для решения задачи, в 5–8 раз меньше, чем в области 1 мкм [1].

В настоящей работе сообщается о создании опытного образца твердотельного лазера с полупроводниковой накачкой для дальномера, работающего в безопасной для глаз области спектра (1.57 мкм), на основе внутрирезонаторного параметрического преобразования излучения Nd:YAG-лазера в кристалле КТР.

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧАТЕЛЯ

Структурная схема излучателя показана на рис. 1.

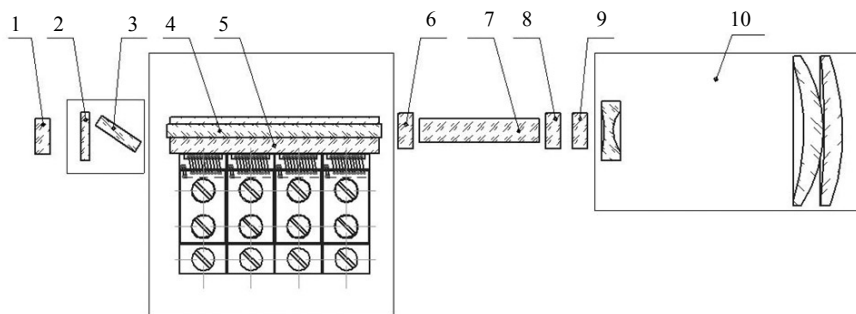


Рис. 1. Структурная схема излучателя.

Условные обозначения на схеме: 1, 9 — зеркала резонатора; 2 — пассивный затвор YAG:Cr<sup>4+</sup>; 3 — поляризатор; 4 — активный элемент YAG:Nd<sup>3+</sup>; 5 — оптический отражатель; 6, 8 — зеркала резонатора параметрического генератора света; 7 — нелинейный кристалл КТР; 10 — формирующий телескоп

Оптический резонатор лазера образован зеркалами 1 и 9, имеющими высокий коэффициент отражения на длине волны 1.06 мкм и пропускающими излучение с длиной волны 1.57 мкм. Резонатор включает в себя пассивный затвор 2 на основе  $\text{YAG:Cr}^{4+}$ ; поляризатор 3; активный элемент 4 из кристалла  $\text{YAG:Nd}^{3+}$ , находящийся в оптическом отражателе 5, и резонатор параметрического генератора света, образованный зеркалами 6 и 8 с нелинейным кристаллом КТР 7. Излучатель включает в себя формирующий телескоп 10.

Для накачки активного элемента используются четыре диодные линейки, излучающие на длине волны 808 нм с оптической мощностью 120 Вт при длительности импульса 250 мкс, разработанные специально для данного класса излучателей.

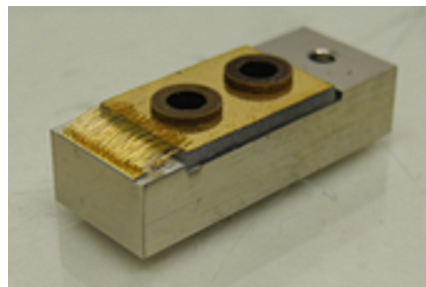
При разработке мощных лазерных линеек была выбрана перспективная гетероструктура, и был решен ряд проблем, связанных с различными механизмами ограничения мощности излучения. В работе была использована InAlGaAs-гетероструктура с расширенным асимметричным волноводом и сверхнизкими оптическими потерями, выращенная методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Одновременно были оптимизированы тех-

нологические процессы, направленные на защиту зеркал резонатора и улучшения отвода тепла из гетероструктуры.

Внешний вид лазерной линейки, ватт-амперная характеристика и зависимость КПД от тока накачки приведены на рис. 2, а, б.

Энергия оптического импульса диодной накачки составляет 120 мДж. Выходная энергия лазера на длине волны 1.57 мкм составляет 10 мДж, частота повторения импульсов до 20 Гц, расходимость излучения на выходе 7-кратного формирующего телескопа 0.7 мрад. Форма импульса излучения лазера показана на рис. 3.

Общий вид излучателя показан на рис. 4. Излучатель имеет герметичный корпус, внутренний объем заполнен сухим азотом. Термостабилизация диодных линеек и активного элемента осуществляется термоэлектрическим модулем. Модуль обеспечивает непрерывную работу излучателя с частотой повторения импульсов 10 Гц в интервале температур окружающей среды от  $-55$  до  $+55$  °С. Конструкция излучателя обеспечивает



а

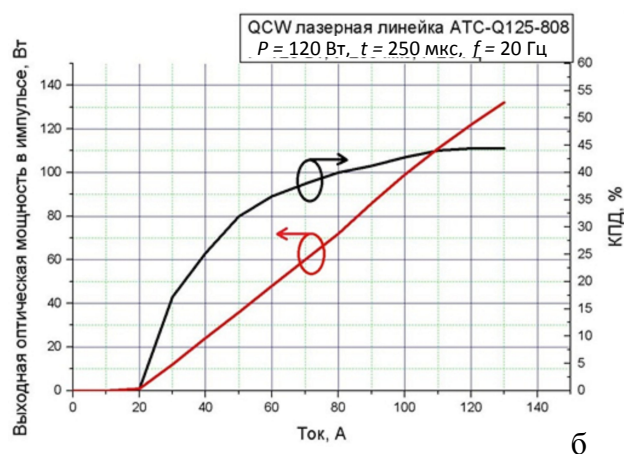


Рис. 2. Внешний вид лазерной линейки (а), ватт-амперная характеристика и зависимость КПД от тока накачки (б)

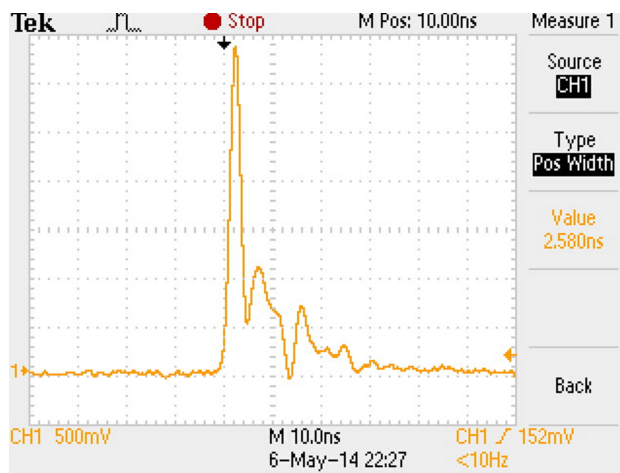


Рис. 3. Форма импульса излучения лазера

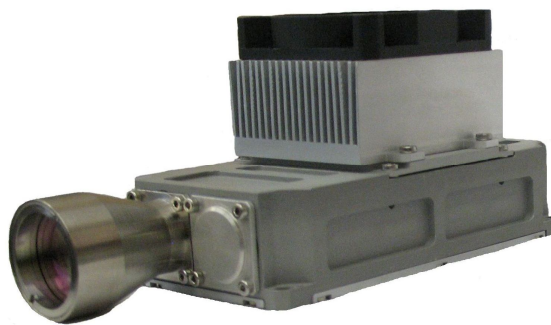


Рис. 4. Общий вид излучателя

устойчивость к механическим воздействиям (многократный удар с ускорением 15 g длительностью 2 мс, синусоидальная вибрация с ускорением 3 g в диапазоне 10–400 Гц). Габаритные размеры излучателя с формирующим телескопом и радиатором охлаждения составляют 142×58×54 мм.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан опытный образец твердотельного Nd:YAG-лазера с полупроводниковой накачкой и параметрическим преобразованием частоты излучения лазера в спектральную область 1.57 мкм. Выходная энергия лазера составляет 10 мДж, длительность импульса 10 нс, частота повторения импульсов до 20 Гц, расходимость излучения 0.7 мрад.

Лазер разработан для использования в составе дальномера безопасного для глаз спектрального диапазона, способен работать в диапазоне температур от –55 до +55 °С, имеет герметичный корпус, устойчив к механическим воздействиям.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Stepanov A.I., Nikitichev A.A., Iskandarov M.O. Solid-state diode pumped eye-safe lasers in remote sensing and ecological monitoring systems // Proc. SPIE. 2002. Vol. 4900. P. 1085–1089. doi: 10.1117/12.484506.

ООО "Квантовая оптика", Санкт-Петербург  
(Искандаров М.О., Никитичев А.А.)

ЗАО "Полупроводниковые приборы",  
Санкт-Петербург (Свердлов М.А.,  
Тер-Мартirosян А.Л.)

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург  
(Тер-Мартirosян А.Л.)

Контакты: Тер-Мартirosян Александр Леонович,  
ter@atcsd.ru

Материал поступил в редакцию: 22.05.2015

## DIODE PUMPED SOLID STATE EYE SAFE LASER (SHORT MESSAGE)

M. O. Iskandarov<sup>1</sup>, A. A. Nikitichev<sup>1</sup>, M. A. Sverdlov<sup>2</sup>, A. L. Ter-Martirosyan<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Ltd "QuantumOptics", Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup>JSC "ATC-Semiconductor Devices", Saint-Petersburg, Russia

<sup>3</sup>ITMO University, Saint-Petersburg, Russia

A prototype model of diode-pumped Nd:YAG solid state laser with an intracavity parametric frequency conversion of laser radiation to a spectral range of around 1.57 μm has been developed. A maximum output energy of 10 mJ, pulse duration of 10 ns, repetition rate up to 20 Hz and beam divergence of 0.7 mrad were obtained.

**Keywords:** Q-switched solid-state laser, diode pumping, parametric interaction

### REFERENCES

Stepanov A.I., Nikitichev A.A., Iskandarov M.O. Solid-state diode pumped eye-safe lasers in remote sensing and ecological monitoring systems. *Proc. SPIE*, 2002, vol. 4900, pp. 1085–1089.

Contacts: Ter-Martirosyan Aleksandr Leonovich,  
ter@atcsd.ru

Article received in edition: 22.05.2015