

УДК 621.373.826

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

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ БЛИЖНЕГО ИК-ДИАПАЗОНА С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

В работе сообщается о создании опытных образцов твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой, излучающих в ближней ИК-области спектра: 1.06 мкм на кристалле Nd:YAG и 1.57 мкм на базе параметрического преобразования частоты излучения в кристаллах КТР. Выходная энергия лазеров составляет 80 мДж в области 1.06 мкм и 25 мДж в области 1.57 мкм, длительность импульса — 10 нс, частота повторения импульсов — до 25 Гц. Лазеры унифицированы по питанию, управлению и габаритным размерам, устойчивы к внешним воздействиям.

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

ВВЕДЕНИЕ

Переход информационных лазерных систем, работающих на горизонтальных трассах, в область спектра 1.5 мкм оправдан не только безопасностью лазерного излучения для глаз, но и повышением потенциала лазерной системы. Излучение 1.5 мкм диапазона спектра характеризуется меньшей величиной рассеяния и поглощения в приземных слоях атмосферы. Энергия лазера в области 1.5 мкм, необходимая для решения задачи, в 5–8 раз меньше, чем в области 1 мкм [1].

При работе на вертикальных и наклонных трассах более эффективным оказывается использование неодимовых лазеров, излучающих на длине волны 1.06 мкм. На высотах более 0.5 км потери излучения в атмосфере снижаются [2] и с учетом невысокой эффективности параметрического преобразования излучения в область спектра 1.5 мкм (около 30 %) непосредственное использование излучения неодимового лазера становится предпочтительным с точки зрения требований к выходной

энергии, уменьшения мощности и стоимости полупроводниковых источников накачки.

В работе [3] мы сообщали о создании опытного образца малогабаритного твердотельного лазера с полупроводниковой накачкой для дальномера, работающего в безопасной для глаз области спектра (1.57 мкм). В настоящей работе сообщается о создании опытных образцов твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой, излучающих в ближней ИК-области спектра: 1.06 мкм на кристалле Nd:YAG и 1.57 мкм на базе параметрического преобразования частоты излучения неодимового лазера в кристаллах КТР.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧАТЕЛЯ

Структурная схема лазера с параметрическим преобразованием частоты излучения в область спектра 1.57 мкм показана на рис. 1.

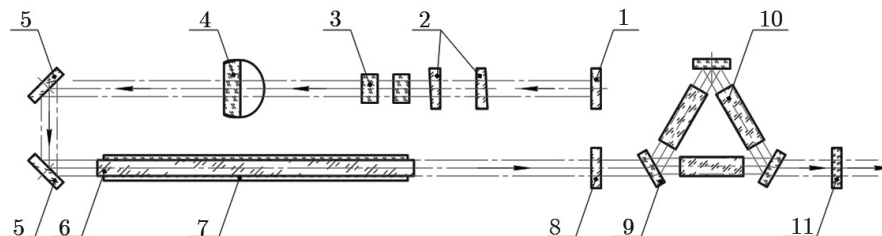


Рис. 1. Структурная схема излучателя.

Условные обозначения на схеме: 1, 8 — зеркала резонатора; 2 — юстировочные клинья; 3 — электрооптический затвор; 4 — поляризатор; 5 — поворотные зеркала; 6 — активный элемент YAG:Nd³⁺; 7 — оптический отражатель; 9 — зеркала резонатора параметрического генератора света; 10 — нелинейные кристаллы КТР; 11 — выходное окно

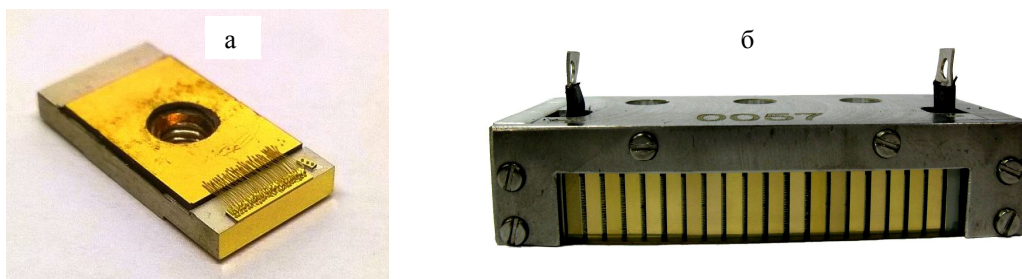


Рис. 2. Внешний вид лазерной линейки (а) и лазерной матрицы (б)

Оптический резонатор Nd:YAG лазера образован глухим зеркалом 1 и выходным зеркалом 8. Резонатор включает в себя юстировочные клинья 2, электрооптический затвор 3, поляризатор 4, поворотные зеркала 5, активный элемент 6 из кристалла YAG:Nd^{3+} , находящийся в моноблочном оптическом отражателе 7. Параметрический преобразователь излучения в область 1.57 мкм, выполненный в виде отдельного узла, включает кольцевой резонатор 9 и нелинейные кристаллы КТР 10. Выходное окно 11 служит для герметизации объема излучателя.

Для накачки активного элемента лазера используются две лазерные матрицы, излучающие на длине волны 807 нм с оптической мощностью 2250 Вт при длительности импульса 250 мкс и частоте 25 Гц, разработанные специально для данного класса излучателей. Каждая матрица состоит из 18 лазерных линеек с оптической мощностью 125 Вт, изготовленных из InAlGaAs гетероструктуры, выращенной методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Фотографии лазерной линейки и лазерной матрицы приведены на рис. 2. Ватт-амперная характеристика, зависимость КПД от тока накачки и спектр генерации лазерной матрицы приведены на рис. 3.

Выходная энергия лазера на длине волны 1.06 мкм составляет 80 мДж, на длине волны 1.57 мкм — 25 мДж; длительность импульса 10 нс; частота повторения импульсов до 25 Гц. Диаметр выходного излучения составляет 5 мм, расхожимость излучения лазера на длине волны 1.06 мкм 2 мрад, на длине волны 1.57 мкм 4 мрад. Лазеры унифицированы по питанию, управлению и габаритным размерам.

Общий вид излучателя с параметрическим преобразованием частоты излучения в область спектра 1.57 мкм показан на рис. 4. Излучатель имеет герметичный корпус, внутренний объем заполнен сухим азотом. Термостабилизация диодных линеек и активного элемента осуществляется термоэлектрическими модулями. Модули обеспечивают непрерывную работу излучателя с частотой повторения импульсов 25 Гц в интервале температур окружающей среды от -55 до $+55$ °С. Конструкция излучателя обеспечивает 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 излучателей с радиатором охлаждения составляют: излучатель с длиной волны 1.06 мкм — $250 \times 112 \times 100$ мм, излучатель с длиной волны 1.57 мкм — $300 \times 112 \times 100$ мм.

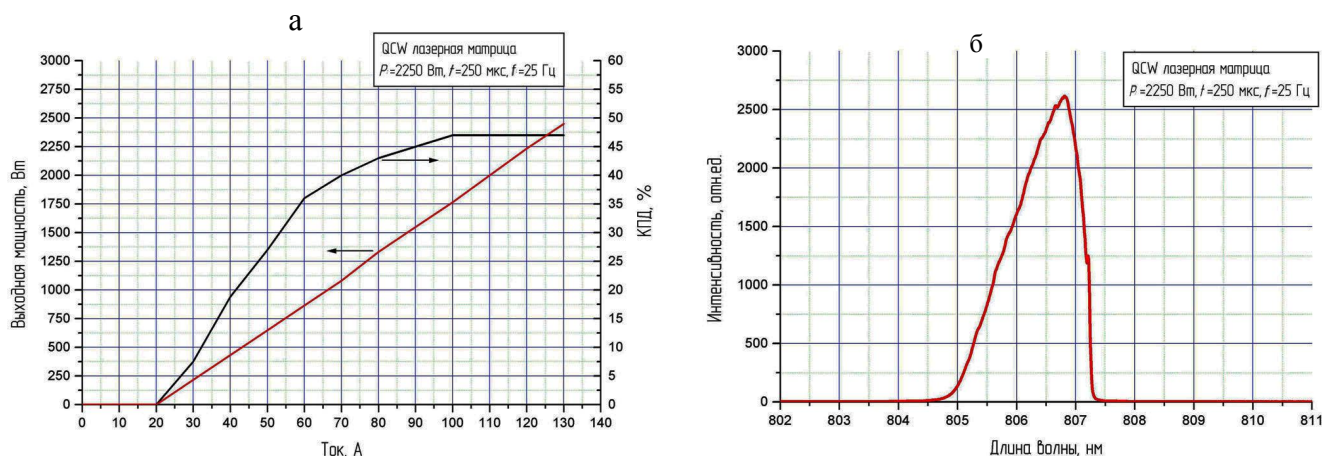


Рис. 3. Ватт-амперная характеристика и зависимость КПД от тока накачки лазерной матрицы (а), спектр генерации лазерной матрицы (б)

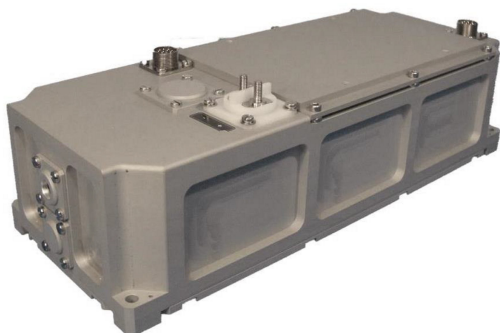


Рис. 4. Общий вид излучателя

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданы опытные образцы твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой, излучающие в ближней ИК-области спектра: 1.06 мкм на кристалле Nd:YAG и 1.57 мкм на базе параметрического преобразования частоты излучения в кристаллах КТР. Выходная энергия лазеров составляет 80 мДж в области 1.06 мкм и 25 мДж в области 1.57 мкм, длительность импульса 10 нс, частота повторения импульсов до 25 Гц. Лазеры унифицированы по питанию, управлению и габаритным размерам.

Лазеры разработаны для использования в составе дальномеров ближнего ИК-диапазона, способны работать в диапазоне температур от -55 до $+55$ °C, имеют воздушное охлаждение, герметичный корпус, устойчивы к механическим воздействиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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](https://doi.org/10.1117/12.484506).
2. Зув В.Е., Креков Г.М. Оптические модели атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 256 с.
3. Искандаров М.О., Никитичев А.А., Свердлов М.А., Тер-Мартirosян А.Л. Твердотельный лазер безопасного для глаза спектрального диапазона с диодной накачкой // Научное приборостроение. 2015. Т. 25, № 3. С. 124–126. doi: [10.18358/np-25-3-i124126](https://doi.org/10.18358/np-25-3-i124126).

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

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

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

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

Материал поступил в редакцию: 29.07.2015

DIODE-PUMPED SOLID-STATE LASERS NEAR IR RANGE

M. O. Iskandarov¹, A. A. Nikitichev¹, M. A. Sverdlov², A. L. Ter-Martirosyan^{2,3}

¹Ltd "Quantum Optics", Saint-Petersburg, Russia

²JSC "ATC-Semiconductor Devices", Saint-Petersburg, Russia

³ITMO University, Saint-Petersburg, Russia

A prototype models of diode-pumped solid state laser emitting in near IR spectral range has been developed: 1.06 μm on crystal Nd:YAG and 1.57 μm on the base of parametric frequency conversion of laser radiation on crystal KTP. Laser output energy of 80 mJ at wavelength 1.06 μm and 25 mJ at wavelength 1.57 μm , pulse duration of 10 ns and repetition rate up to 25 Hz were obtained. Lasers are unified by the power supply, control and overall dimensions, resistant to external factors.

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

REFERENCES

1. 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. doi: [10.1117/12.484506](https://doi.org/10.1117/12.484506).
2. Zuev V.E., Krekov G.M. *Opticheskie modeli atmosfery* [Optical models of the atmosphere]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1986. 256 p. (In Russ.).
3. Iskandarov M.O., Nikitichev A.A., Sverdlov M.A., Ter-Martirosyan A.L. [Diode pumped solid state eye safe laser]. *Nauchnoe Priborostroenie* [Science Instrumentation], 2015, vol. 25, no. 3, pp. 124–126. doi: [10.18358/np-25-3-i124126](https://doi.org/10.18358/np-25-3-i124126) (In Russ.).

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

Article received in edition: 29.07.2015