

МОНОИМПУЛЬСНЫЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР С ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ НАКАЧКОЙ И КИЛОГЕРЦОВОЙ ЧАСТОТОЙ ПОВТОРЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ ГЕНЕРАЦИИ

© 2009 г. В. А. Беренберг, канд. физ.-мат. наук; С. В. Дороганов; А. А. Мирзаева;
В. А. Русов, канд. физ.-мат. наук; Г. Е. Новиков; В. И. Устюгов, канд. физ.-мат. наук;
М. М. Халеев

Институт лазерной физики НПК "Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова",
Санкт-Петербург

E-mail: berenberg@mail.ru

Представлены характеристики твердотельного лазера с полупроводниковой накачкой и модуляцией добротности резонатора электрооптическим затвором. Лазер излучает пачки 5 нс-импульсов с энергией до 70 мДж, при частоте повторения импульсов в пачке до 1 кГц, и с программируемой последовательностью импульсов и пачек.

Коды OCIS: 140.3480, 140.3530.

Поступила в редакцию 22.12.2008.

В статье описывается лазер, который может быть использован в оптико-локационных системах, а также в лазерной технологии для маркировки изделий и материалов. Лазеры для подобных систем должны излучать наносекундные импульсы (или пачки импульсов) с высокой пиковой мощностью на частоте повторения в килогерцовом диапазоне при высокой угловой направленности излучения. Жесткие эксплуатационные требования, предъявляемые к подобным лазерам в части энергетической эффективности, ресурса работы, массы и габаритов, определяют выбор твердотельных лазеров с полупроводниковой накачкой как наиболее перспективных источников излучения для этих целей.

Внешний вид лазера (левая часть – радиатор воздушного охлаждения со снятым теплоизолирующим кожухом) представлен на рис. 1.

Квантрон лазера включает лазерные диодные источники накачки (ЛДИН) с $\lambda \approx 0,8$ мкм и активный элемент (АЭ) из кристалла Nd:ИАГ, размещенный в концентраторе энергии накачки. Рабочая температура ЛДИН обеспечивается термоэлектрическими модулями (элементами Пельтье) с кондуктивным отводом тепла.

Конструкция системы накачки была выбрана таким образом, чтобы обеспечивались как высокая эффективность запасаения энергии накачки (порядка 23% от энергии импульса накачки), так и высокая степень однородности распределения в поперечном сечении АЭ усредненного по его длине коэффициента усиления. На рис. 2 и 3 представлены рассчитанные методом Монте-

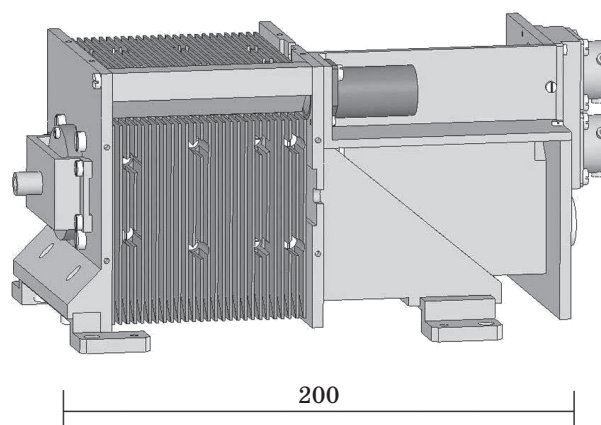


Рис. 1. Общий вид лазера.

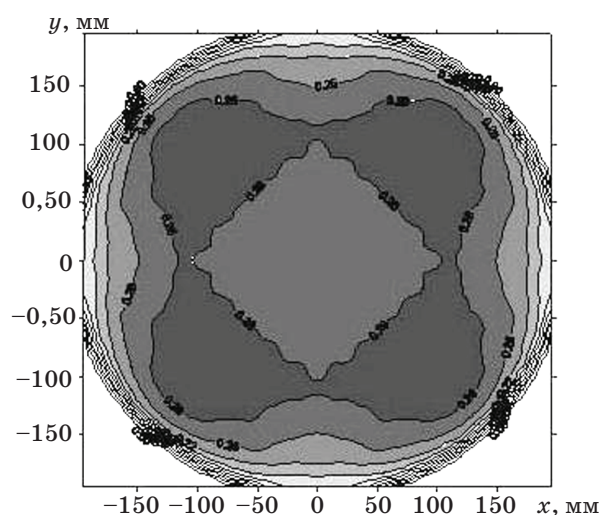


Рис. 2. Распределение в поперечном сечении АЭ усредненного по его длине коэффициента усиления.

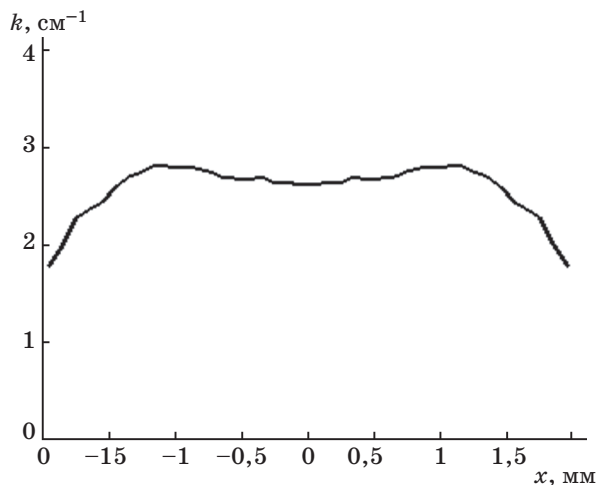


Рис. 3. Изменение коэффициента усиления, усредненного по длине АЭ, по оси x .

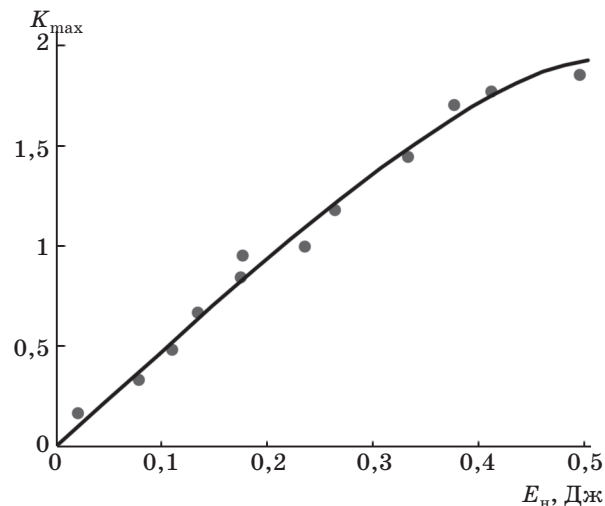


Рис. 4. Зависимость максимального значения интегрального коэффициента усиления от энергии накачки.

Карло распределение указанного коэффициента усиления по торцу АЭ и его изменение по оси x , проходящей через центр торца АЭ. Результаты расчета находятся в хорошем согласии с результатами экспериментальных исследований.

Резонатор лазера был образован плоским частично прозрачным зеркалом и электрооптическим затвором-ретрозеркалом. Принцип построения таких затворов описан в [1]. Электрооптический элемент затвора состоял из двух высокоомных кристаллов КТР [2, 3] с управляющим напряжением порядка 2,5 кВ.

Электрооптический затвор-ретрозеркало обладает рядом полезных свойств, гарантирующих надежность работы лазера. В частности, плотность излучения на электрооптическом элементе в 2 раза меньше, чем в стандартной схеме затвора; затвор работает с неполяризованным излучением, компенсирует клиновую разъюстировку резонатора, «осесимметризовывает» распределение коэффициента усиления в поперечном сечении АЭ, обеспечивает стабильность положения оси излучения относительно плоскости выходного зеркала.

Рисунки 4–8 иллюстрируют возможности лазера. На рис. 4 и 5 приведены зависимости максимального интегрального коэффициента

усиления $K_{\max} = \int_0^l k(z) dz$ (k – коэффициент уси-

ления в точке z , l – длина АЭ) и энергии излучения на длине волны 1,064 мкм от энергии накачки. Коэффициент усиления измерялся по порогу генерации, когда потери в резонаторе изменялись как за счет зеркал с разными коэффици-

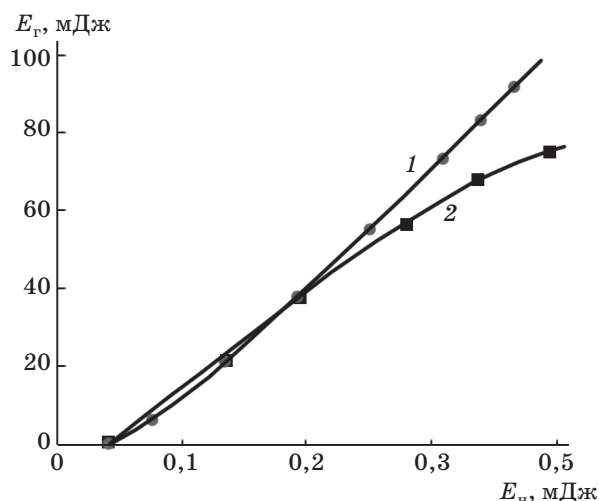


Рис. 5. Зависимость энергии излучения от энергии накачки в режиме свободной генерации (1) и моноимпульсном режиме генерации (2).

ентами отражения, так и за счет размещения в резонаторе светофильтров с известным пропусканием на длине волны генерации. Длительность импульса накачки составляла 250 мкс. Для получения режима свободной генерации на электрооптический элемент затвора подавалось постоянное напряжение.

Снижение энергии излучения в моноимпульсном режиме генерации по сравнению с режимом свободной генерации обусловлено уменьшением коэффициента усиления из-за развития суперлюминесценции.

На рис. 6 приведена типичная форма импульса генерации в режиме модуляции добротности

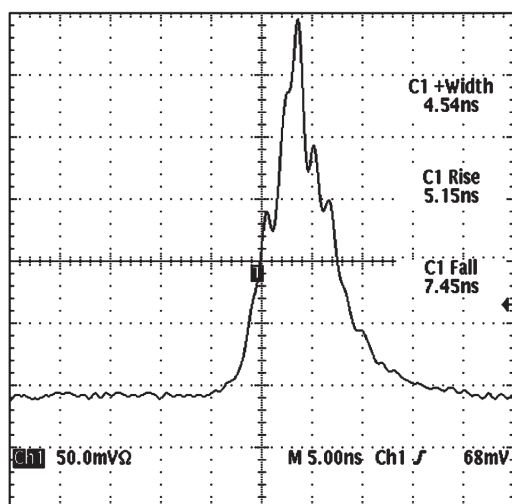


Рис. 6. Типичная форма импульса излучения.

длительностью (по уровню 50%) примерно 5 нс. Измерения проводились с использованием фотоприемного устройства и осциллографа с шириной полосы 500 МГц. Негладкость формы импульса генерации обусловлена наличием в спектре излучения нескольких продольных мод. Энергия в импульсе составляла 70 мДж.

Рисунки 7 и 8 иллюстрируют примеры возможных режимов работы лазера:

- пачки из 9 импульсов, частота следования импульсов в пачке 1 кГц, частота следования пачек 4 Гц;
- 10 пачек импульсов с интервалом между пачками 5 мс, каждая пачка состоит из 9 импульсов, следующих с частотой в пачке 1 кГц.

Угловая расходимость излучения лазера в обоих режимах работы лазера, измеренная по уровню 80% энергии, не превышает 4 мрад.

Некоторое снижение энергии излучения в импульсах в режиме 10 пачек связано с нестационарным характером термооптических aberrаций, возникающих в АЭ, и смещением максимума спектра излучения в ЛДИН вследствие их нагрева.

Благодаря вышеприведенным характеристикам, а также возможности гибко управлять режимами излучения внешним сигналом, программируя нужную последовательность следования импульсов и пачек, разработанный лазер может найти применение в дальномерных и других оптико-локационных системах, а также может быть полезен для лазерной обработки материалов.

В заключение авторы выражают благодарность Е.П. Миронову за проведение численных расчетов.

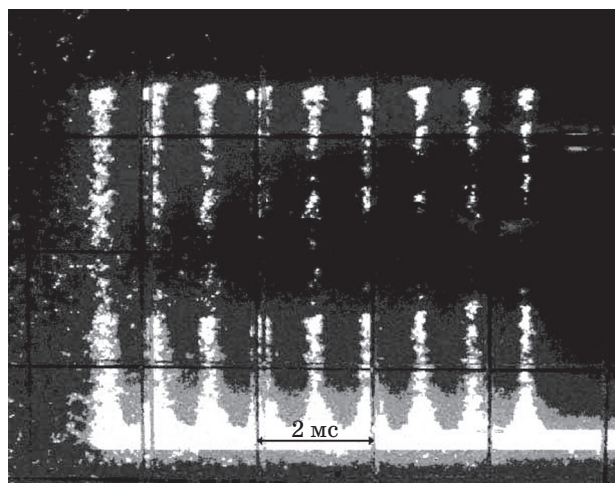


Рис. 7. Пачка импульсов с энергией в импульсе 70 мДж.

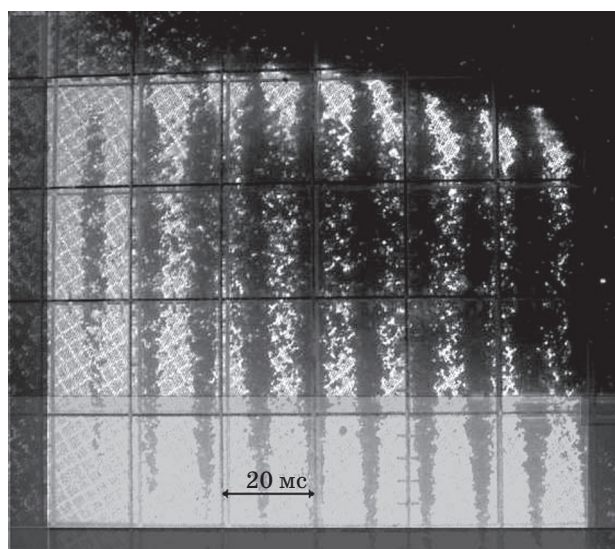


Рис. 8. 10 пачек импульсов с максимальной энергией в импульсе 70 мДж.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенов А.В., Сомс Л.Н., Степанов А.И. Термооптика твердотельных лазеров. Л.: Машиностроение, 1986. 199 с.
2. Горчаков А.В., Белостоцкий А.Л., Сапожников В.К., Русов В.А., Мешалкин А.Б., Каплун А.Б. Технология высококонтрастных электрооптических модуляторов на основе кристаллов КТiОР04 // Автометрия. 2001. № 3. С. 81–88.
3. Rusov V.A., Gorchakov A.V., Belostotsky A.L., Sapozhnikov V.K., Kaplun A.B., Meshalkin A.B., Shapovalov V.N. KTiOPO4 electro-optical devices with extinction ratio up to 1:1000 // Proc. SPIE. 2001. V. 4350. P. 117–119.