

Квазинепрерывные линейки лазерных диодов мощностью 300 Вт на длине волны 808 нм

В.В.Безотосный, А.А.Козырев, Н.С.Кондакова, С.А.Кондаков, О.Н.Крохин, Г.Т.Микаелян, В.А.Олещенко, Ю.М.Попов, Е.А.Чешев

Разработаны и изготовлены образцы квазинепрерывных лазерных диодных линеек (ЛДЛ) с выходной мощностью более 300 Вт при длительности импульса 200 мкс и частоте их следования 100 Гц, излучающих в спектральном диапазоне 808 нм. Проведены измерения основных выходных параметров партии из пяти ЛДЛ, в том числе ватт-амперных и вольт-амперных характеристик, а также спектров излучения. Предварительные ресурсные испытания показали, что мощность излучения ЛДЛ остается стабильной в течение 10^8 импульсов.

Ключевые слова: лазерные диодные линейки, квазинепрерывный режим, мощность излучения, ресурс работы, C-S-маунт, КПД.

1. Введение

Мощность и яркость излучения квазинепрерывных лазерных диодных линеек (ЛДЛ) на длине волны 808 нм, применяемых в основном для накачки мощных импульсных твердотельных лазеров, в значительной степени определяют их полный КПД, поэтому задача повышения этих параметров является весьма актуальной.

Для получения высокой мощности излучения (свыше 150 Вт) при частоте следования импульсов 100 Гц и более требуется тщательная проработка дизайна активного элемента, конструкции корпуса и технологий монтажа ЛДЛ, поскольку при таких уровнях накачки и частотах следования импульсов возрастают пиковая и средняя рассеиваемые мощности. Для снижения тепловыделения при высоких уровнях накачки и получения указанных номинальных рабочих параметров в ресурсном режиме (300 Вт, 100 Гц), потребовалось в полной мере реализовать максимальный полный КПД чипов ЛДЛ до рекордных (около 75%) значений, а также обеспечить высокую однородность и эффективность отведения тепловых потоков экстремально высокой плотности путем использования новейших технологий монтажа лазерного кристалла. Решению указанных проблем посвящены, в частности, работы [1–4].

При суммировании и фокусировке излучения отдельных кластеров ЛДЛ с помощью специальной микрооптики (например, фирмы LIMO), а также в случае примене-

ния оптических сумматоров излучения нескольких ЛДЛ появляется возможность приблизиться к получению плотности мощности и суммарной мощности, требуемых для прямого использования лазерных диодных излучателей при обработке материалов. В настоящее время монолитные непрерывные и квазинепрерывные ЛДЛ являются одним из ключевых элементов в решении этой задачи. Пример ее практической реализации – лазерные сварочные аппараты фирмы Rofin-Sinar (Германия).

2. Параметры изготовленных ЛДЛ

Стандартные размеры чипа ЛДЛ были таковы: ширина 10 мм при длине лазерного резонатора 1.5 мм, фактор заполнения 75%. Ватт-амперная характеристика линейки ЛДЛ1, наиболее эффективного образца из партии изготовленных линеек, представлена на рис.1. Видно, что вплоть до максимальной мощности излучения 302 Вт ватт-амперная характеристика ЛДЛ была близка к линейной, а внешняя дифференциальная квантовая эффективность – высокой, около 88%.

Спектр излучения ЛДЛ4 при токе накачки 130 А представлен на рис.2. Ширины спектров всех линеек при этих

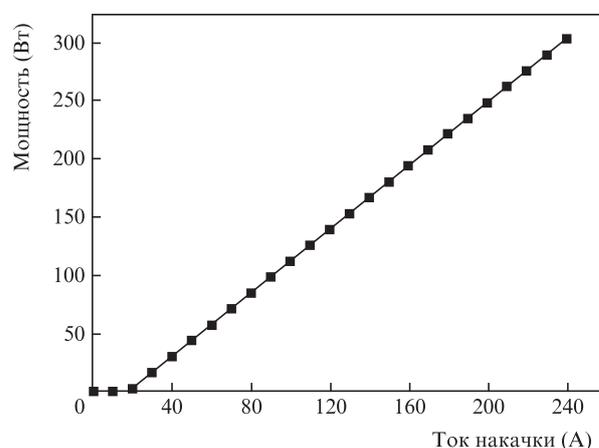


Рис.1. Ватт-амперная характеристика ЛДЛ1 в квазинепрерывном режиме: длительность импульса 200 мкс, частота следования 100 Гц.

В.В.Безотосный, О.Н.Крохин, Ю.М.Попов, Е.А.Чешев. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 53; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия, 115409 Москва, Каширское ш., 31; e-mail: victorbe@sci.lebedev.ru

А.А.Козырев, Н.С.Кондакова, С.А.Кондаков. ОАО «ИнжекТ», Россия, 410052 Саратов, просп. 50 лет Октября, 101

Г.Т.Микаелян. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Россия, 115409 Москва, Каширское ш., 31; ОАО «ИнжекТ», Россия, 410052 Саратов, просп. 50 лет Октября, 101

В.А.Олещенко. Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 53

Поступила в редакцию 2 декабря 2016 г.

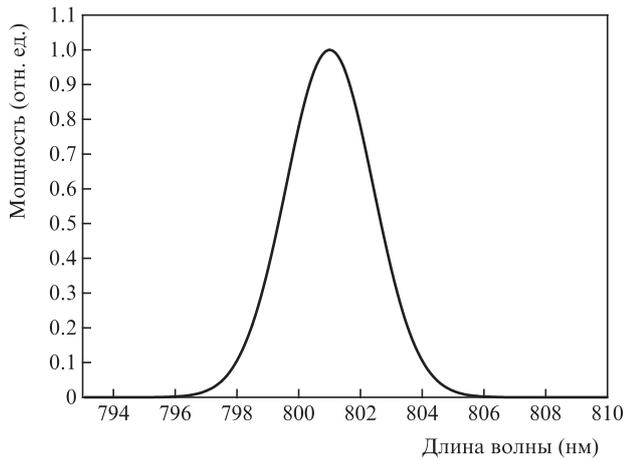


Рис.2. Спектр излучения ЛДЛ4 в квазинепрерывном режиме: ток накачки 130 А, длительность импульса 200 мкс, частота их следования 100 Гц.

же режимах работы находились в пределах 3.1 нм (на половине высоты), что свидетельствует о высокой однородности характеристик всех излучающих кластеров линеек. Параметры разработанных квазинепрерывных ЛДЛ приведены в табл.1.

Табл.1. Параметры квазинепрерывных ЛДЛ для спектрального диапазона 808 нм; измерения проведены в квазинепрерывном режиме при температуре теплоотводящего корпуса 25°C.

Линейка	I_{th} (А)	η (Вт/А) при $I =$ 50–200 А	P_{out} (Вт) при $I =$ 130 А	λ (нм) при $I =$ 130 А	$\Delta\lambda$ (нм) при $I =$ 130 А	U (В) при $I =$ 130 А
ЛДЛ1	18	1.36	152	800.6	2.7	1.78
ЛДЛ2	21	1.30	142	800.2	3.1	1.77
ЛДЛ3	18	1.35	151	800.2	2.7	1.79
ЛДЛ4	19	1.34	149	800.7	2.9	1.77
ЛДЛ5	18	1.35	151	800.7	3.0	1.78



Рис.3. Фотография собранной в корпусе типа С–S-маунт квазинепрерывной ЛДЛ5 мощностью 300 Вт, излучающей в спектральной области 808 нм.

Температура базовой теплоотводящей пластины и корпуса ЛДЛ поддерживалась при 25°C системой водяного охлаждения. Как следует из табл.1, параметры полученных образцов ЛДЛ, измеренные при токе накачки 130 А, соответствующем уровню пиковой выходной мощности 147 Вт и средней крутизне 1.33 Вт/А, достаточно близки. Так, разброс значений крутизны ватт-амперной характеристики $\Delta\eta$ был равен 0.06 Вт/А, мощность излучения при токе накачки 130 А находилась в диапазоне 142–152 Вт, длина волны излучения варьировалась в пределах 0.5 нм, ширина спектра на половине высоты составляла от 2.7 до 3.1 нм, падение напряжения изменялось от 1.77 до 1.79 В.

Измеренные ватт-амперные характеристики были линейны во всем изученном диапазоне токов накачки – от порога генерации до максимального (240 А) тока, обеспечиваемого драйвером; при этом токе выходная мощность ЛДЛ находилась в диапазоне 285–302 Вт.

3. Выводы

Разработанные образцы отечественных квазинепрерывных линеек лазерных диодов для спектральной области 808 нм с ресурсом 10^8 импульсов могут быть использованы для накачки твердотельных лазеров в навигации, медицине и в других применениях.

Фотография ЛДЛ, собранной в корпусе международного стандарта типа С–S-маунт, адаптированного под материалы, технологии и условия отечественного производства, приведена на рис.3. Измеренная максимальная выходная мощность 302 Вт при токе инжекции 240 А была ограничена драйвером накачки. Разработанная конструкция ЛДЛ по совокупности параметров не уступает лучшим образцам ведущих производителей, таких как Jenoptic, DILAS и др.

Полученные выходные параметры ЛДЛ, их достаточно высокая однородность, продемонстрированная на партии из пяти ЛДЛ, а также подтвержденный ресурсными испытаниями срок службы 10^8 импульсов свидетельствуют о высоком качестве и стабильности разработанных конструкций ЛДЛ, а также о высоком уровне технологий их изготовления.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, соглашение № 14.575.21.0047. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57514X0047.

1. Безотосный В.В., Крохин О.Н., Олещенко В.А., Певцов В.Ф., Попов Ю.М., Чешев Е.А. *Квантовая электроника*, **44** (10), 899 (2014).
2. Безотосный В.В., Крохин О.Н., Олещенко В.А., Певцов В.Ф., Попов Ю.М., Чешев Е.А. *Квантовая электроника*, **44** (2), 145 (2014).
3. Безотосный В.В., Крохин О.Н., Олещенко В.А., Певцов В.Ф., Попов Ю.М., Чешев Е.А. *Квантовая электроника*, **45** (12), 1088 (2015).
4. Безотосный В.В., Крохин О.Н., Олещенко В.А., Певцов В.Ф., Попов Ю.М., Чешев Е.А. *Квантовая электроника*, **46** (8), 679 (2016).