

# 150-ваттные квазинепрерывные диодные линейки на основе гетероструктур AlGaAs/GaAs с длиной волны 808 нм и улучшенными тепловыми параметрами

А.Ю.Абазадзе\*, В.В.Безотосный\*\*, Т.Г.Гурьева\*, Е.И.Давыдова\*, И.Д.Залевский\*, Г.М.Зверев\*, А.В.Лобинцов\*, А.А.Мармалюк\*, С.М.Сапожников\*, В.А.Симаков\*, М.Б.Успенский\*, В.А.Шишкин\*

Получены лазерные линейки на длине волны 808 нм с рекордно высокими излучательными параметрами. Выходная мощность линеек равнялась 150 Вт при токе накачки 146 А и длительности импульса 0.2 мс и была ограничена максимальным током источника питания. Внешняя дифференциальная квантовая эффективность, измеренная со стороны выходного зеркала, составила 80 %, максимальный полный КПД – 51 %.

**Ключевые слова:** мощная диодная линейка, квантовая дифференциальная эффективность.

## 1. Введение

Лазерные диодные линейки являются одним из основных компонентов систем накачки твердотельных лазеров. Сложность создания и производства диодных линеек связана с тем, что это интегральный монолитный прибор, содержащий 50–100 однополосковых или многополосковых лазерных структур, полная ширина которого составляет 10 мм. Получение лазерных линеек мощностью 100 Вт и более возможно только при обеспечении высокой однородности выходных параметров всех полосковых лазеров. В противном случае вследствие локальных неоднородностей параметров гетероструктуры, дефектов зеркал резонаторов или дефектов сборки при токах накачки, как правило, до 100 А один или несколько полосковых лазеров выходят из строя, что приводит к деградации параметров всей линейки. С точки зрения практического использования к диодным линейкам предъявляется набор жестких требований, наиболее важными из которых являются высокая выходная мощность, небольшое допустимое изменение длины волны излучения вблизи полосы поглощения накачиваемого твердотельного кристалла, большой полный КПД, высокая надежность и долговечность.

## 2. Конструкция линеек

Лазерные гетероструктуры, из которых изготовлены диодные линейки, были выращены методом МОС-гидридной эпитаксии и содержали двойную гетероструктуру с отдельным ограничением носителей на основе AlGaAs/GaAs с одной квантовой ямой шириной 10 нм. Планарная конструкция линейки имеет 50 полосковых лазеров с шириной активной полоски 170 мкм, разделен-

ных глубокими канавками с протравлением активного слоя до *n*-эмиттера для подавления усиленного спонтанного излучения в поперечном к оси резонатора направлении. Таким образом, чистая излучающая апертура линейки составила 85 % от общей ширины 10 мм. Линейки были собраны на термокомпенсаторах из Cu–W для согласования коэффициентов теплового расширения тепловода и полупроводникового кристалла с использованием «жесткого припоя» на основе Sn.

## 3. Экспериментальные результаты

Лазерные диодные линейки накачивались с помощью источника питания SDL-928. Выходная мощность и энергия в импульсе измерялись с использованием калиброванной интегрирующей сферы и измерителя Ophir Nova с пирозлектрической головкой PE-25. Во время измерений температура корпуса линеек поддерживалась на уровне 20 °С с помощью термоэлектрического холодильника.

Типичные пороговые токи линеек равнялись 20–23 А (рис.1), а усредненный наклон ватт-амперной характеристики со стороны выходного зеркала составлял около 1.2

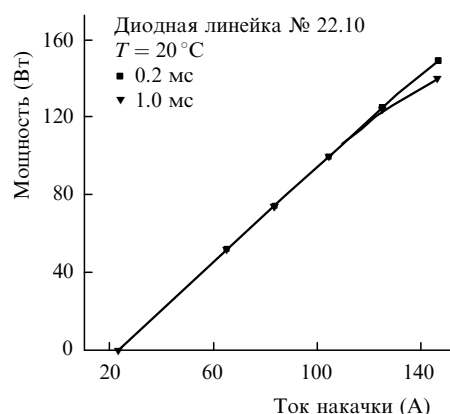


Рис.1. Ватт-амперные характеристики лазерной диодной линейки при длительности импульсов накачки 0.2 и 1 мс и частоте повторения импульсов 20 Гц.

\*Федеральное государственное унитарное предприятие "НИИ «Полос» им. М.Ф.Стельмаха", Россия, 117342 Москва, ул. Введенского, 3  
 \*\*Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 53

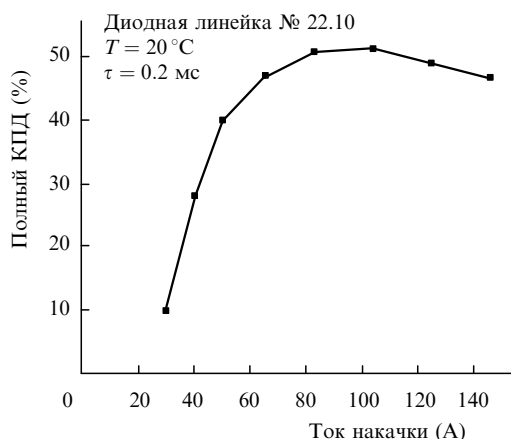


Рис. 2. Зависимость полного КПД лазерной диодной линейки от тока накачки при длительности импульса накачки 0.2 мс.

Вт/А при длительности импульса 0.2 мс и частоте повторения до 100 Гц. Максимальная мощность была равна 150 Вт при токе накачки 146 А и длительности импульса 0.2 мс, что составляет в среднем по 3 Вт импульсной мощности от каждого из 50 полосковых лазеров. Отклонение ватт-амперной характеристики от линейной при максимальном токе 146 А и длительности импульса 0.2 мс не превышало 1.5 %. При длительности импульса 1 мс максимальная мощность составила 140 Вт, причем существенное отклонение ватт-амперной характеристики от линейной наблюдалось при мощности более 120 Вт.

На рис.2 показана зависимость полного КПД линейки от тока накачки. Максимальный КПД составил 51.5 % при токе накачки 100 А и длительности импульса 0.2 мс.

Энергия линейки в импульсе измерялась при длительности импульсов накачки от 0.2 до 1 мс с шагом 0.2 мс. Зависимости энергии в импульсе от тока накачки при различных длительностях импульсов показаны на рис.3. Заметное отклонение этих зависимостей от линейных наблюдается при длительности импульса 0.8 мс и более, что свидетельствует о высоком качестве сборки и высокой однородности параметров как исходной эпитаксиальной гетероструктуры, так и изготовленного активного элемента лазерной диодной линейки.

#### 4. Обсуждение результатов

Полученные выходные параметры лазерных диодных линеек – максимальная выходная мощность, внешняя дифференциальная квантовая эффективность и полный КПД – являются рекордными. Они принципиально лучше параметров, представленных в [1], и превосходят параметры линеек, производимых ведущими компаниями [3] (максимальная мощность 120 Вт при длительности импульса 0.2 мс).

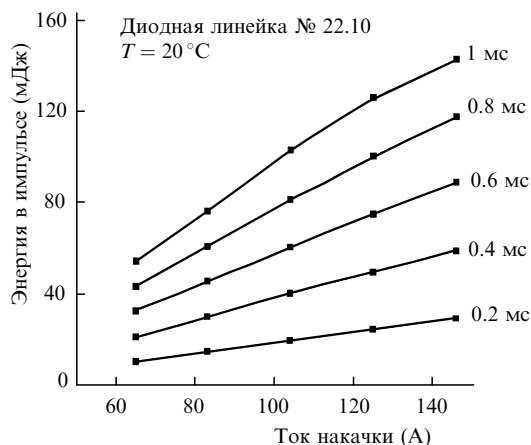


Рис. 3. Зависимости энергии импульса излучения диодной линейки от тока накачки при длительностях импульсов накачки 0.2–1 мс.

Тренировка линеек в течение  $10^6$  импульсов не привела к изменению выходных параметров. По нашему мнению, достижение указанных результатов стало возможным в результате проведения комплекса мер. Прежде всего была проделана большая работа по оптимизации ростового процесса МОС-гидридной эпитаксии, позволившая получить полный КПД структур более 50 % [2], усовершенствованы и развиты планарные процессы создания активного элемента и методы изготовления зеркал резонаторов. И наконец, усовершенствованы процессы сборки линеек, в первую очередь за счет использования термокомпенсаторов из Cu–W и применения «жестких припоев», обеспечивающих улучшенный тепловой контакт кристалла с теплоотводом в отсутствие механических напряжений в лазерном кристалле. Важную роль сыграло совершенствование метрологического обеспечения при тестировании выходных параметров линеек. Высокая выходная мощность, полученная на линейках с длиной волны 808 нм при больших длительностях импульсов накачки, позволяет надеяться на достижение аналогичных излучательных параметров на линейках других спектральных диапазонов, предназначенных для накачки кристаллов с временем флуоресценции до 1 мс.

Авторы считают своим долгом поблагодарить сотрудников НИИ «Полус» Е.А.Белановского, А.И.Данилова, В.В.Дмитриева, Ю.В.Курнякко, Е.И.Лебедеву, Н.А.Марееву, Д.Б.Никитину, М.Н.Оглоблину, С.А.Пашко, А.А.Падалицу, В.Н.Пенкина, Н.В.Синицыну, Л.Н.Филиппову, Е.Д.Широкову и Ю.М.Колбацкова.

1. Безотосный В.В., Коваль Ю.П., Маркова Н.В., Попов Ю.М., Грудень М.Н., Швейкин В.И. *Квантовая электроника*, **22**, 101 (1995).
2. Безотосный В.В., Булаев П.В., Горбылев В.А., Залевский И.Д., Маркова Н.В., Попов Ю.М., Падалица А.А. *Квантовая электроника*, **25**, 303 (1998).
3. *Laser Focus World*. Supplement Buyers guide 2001.