

# Селекция латеральных мод микролинеек одномодовых лазерных диодов (1050 нм) во внешнем резонаторе

© А.А. Подоскин, И.В. Шушканов, А.Э. Ризаев, М.И. Кондратов, А.Е. Гришин, С.О. Слипченко

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук,  
194021 Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: podoskin@mail.ioffe.ru

Поступила в Редакцию 17 ноября 2023 г.

В окончательной редакции 4 декабря 2023 г.

Принята к публикации 4 декабря 2023 г.

Исследованы излучательные характеристики микролинеек лазерных диодов, работающих во внешнем резонаторе на основе асферической линзы и плоского диэлектрического зеркала. Микролинейки имели излучающую апертуру 185 мкм, сформированную 10 полосками шириной 6 мкм, разделенными мезаканавками. Работа во внешнем резонаторе всей излучающей апертуры характеризуется многомодовым режимом генерации с пиковой мощностью 3 Вт/6 А. Селекция латеральных модовых структур и переход к одномодовому режиму возможен за счет ограничения количества полосков, вовлеченных в обратную связь. Продемонстрированы закономерности перестроения модовых конфигураций при введении ограничивающих экранов во внешний резонатор. Показано, что ограничение излучающей апертуры, вовлеченной в обратную связь, до 65 мкм позволяет реализовать режим генерации на одной общей латеральной моде с расходимостью в дальней зоне для центрального лепестка  $1^\circ$ .

**Ключевые слова:** лазерная линейка, внешний резонатор, мода высокого порядка.

DOI: 10.61011/FTP.2023.08.56969.5763

## 1. Введение

В настоящее время одним из условий повышения эффективности применения мощных полупроводниковых лазеров для решения практических прикладных задач является получение лазерного пучка с высоким оптическим качеством. Классические полупроводниковые лазерные излучатели на основе полосковых конструкций ограничены многомодовым характером излучения, возникающим при использовании широких излучающих апертур [1,2]. В качестве альтернативы как для получения высокого качества пучка, так и для повышения выходной мощности были предложены различные варианты конструкции излучателей: интегральные резонаторы [3–5], интегральные [6,7] и дискретные [8,9] Master Oscillator Power Amplifier (MOPA)-конструкции, схемы на основе внешнего резонатора [10–13]. Условием достижения высокого качества лазерного пучка является работа широкоапертурного излучателя (broad area laser) на общей оптической моде. Реализация этого принципа позволяет кардинально снизить расходимость (до величин  $< 1^\circ$ ) и повысить яркость излучения. Одним из вариантов конструкции для решения проблемы повышения качества оптического пучка является использование линеек на основе отдельных одномодовых волноводов с оптической связью между ними [14]. Основной проблемой в этом случае является генерация нежелательных модовых структур высокого порядка, возникающих вследствие низкой латеральной модовой селективности собственного резонатора Фабри-Перо лазерной линейки. Применение внешнего оптического резонатора позволит обеспечить как эффективную связь между отдельными

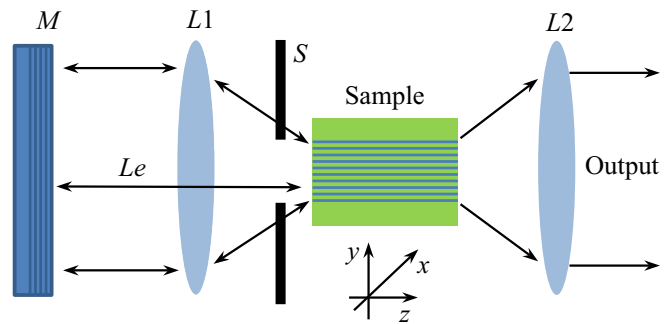
латеральными волноводами, так и селекцию с подавлением нежелательных модовых структур и работой на одной общей латеральной моде.

## 2. Экспериментальные образцы и методика исследований

Образцы микролинеек одномодовых лазеров были изготовлены на основе гетероструктуры с асимметричными эмиттерами и расположением активной области. Гетероструктура состояла из  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x = 10\%$ ) волновода толщиной 1.5 мкм, ограниченного широкозонными эмиттерами  $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x = 15\%$ ) и  $p\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x = 35\%$ ). Активная область на основе двух InGaAs квантовых ям ( $\lambda = 1050$  нм) размещалась в волноводном слое на расстоянии 0.2 мкм от  $p$ -эмиттера. Гетероструктура была выращена методом металлоорганических соединений (МОС)-гидридной эпитаксии. Для измерения общих излучательных характеристик из данной гетероструктуры были изготовлены образцы многомодовых лазеров мезаполосковой конструкции с шириной апертуры 100 мкм. При накачке непрерывным током были продемонстрированы внутренние оптические потери  $0.53 \text{ см}^{-1}$  и внутренний квантовый выход 97%. При этом ток прозрачности составлял  $100 \text{ А/см}^2$ . Диаграмма направленности в плоскости, перпендикулярной к слоям гетероструктуры, имела расходимость  $24^\circ$  на уровне половины от максимума интенсивности (FWHM) и была стабильна в широком диапазоне токов накачки. Далее были изготовлены образцы микролинеек одномодовых лазеров. Микролинейка содержала 10 полосков шириной

6 мкм каждый, которые были разделены мезаканавками шириной 14 мкм. Общая ширина микролинейки составляла 185 мкм. Глубина разделительной канавки выбиралась согласованно в ходе численного моделирования, исходя из двух требований: (1) обеспечение генерации на фундаментальной латеральной оптической моде отдельного изолированного полоска, (2) обеспечение требуемого значения параметра оптической связи (coupling parameter) между ближайшими полосками микролинейки. Выполнение второго условия так же обусловлено чувствительностью сформированного профиля показателя преломления к изменениям рабочей температуры и амплитуды тока накачки. Выбор глубины канавок является компромиссом между требованием к профилю показателя преломления, который формировал бы латеральный волновод, устойчивый к вариации тока накачки и температуры, а также обеспечивал возможность получения оптически связанной латеральной модовой структуры при работе от внешнего резонатора. Так, в работе [14] было показано, что значение параметра оптической связи  $\leq 10^{-5}$  обеспечивает независимую генерацию полосков в микролинейке, без следов общих латеральных модовых структур. В итоге в данной работе был выбран параметр оптической связи  $\leq 8 \cdot 10^{-6}$ . Для экспериментальных исследований особенностей работы микролинейки во внешнем резонаторе были изготовлены образцы микролинейек с длиной кристалла 2 мм. На торцевые грани микролинейек, формирующие собственный резонатор Фабри-Перо, были нанесены отражающие ( $R = 5\%$  для выходного торца) и просветляющие ( $R < 1\%$  со стороны внешнего резонатора) покрытия.

Для исследования особенностей генерации и характеристик общих модовых структур микролинейки была использована схема внешнего резонатора (рис. 1) на основе плоского диэлектрического зеркала с коэффициентом отражения 99.5%, которое располагалось со стороны грани с коэффициентом отражения  $R < 1\%$ . Коллимация пучка излучения микролинейки, направленного на зеркало, и обратный ввод отраженного пучка осуществлялись одной асферической линзой с числовой апертурой  $NA = 0.5$  и фокусным расстоянием  $f = 8$  мм. Данный выбор определялся желанием создания оптической схемы с минимальным количеством элементов, которая была бы максимально простой для реализации и юстировки. Длина внешнего резонатора в эксперименте была выбрана 70 мм. Эксперименты показали, что выбранное значение обеспечивает удовлетворительную устойчивость оптической схемы к механическим колебаниям и разъюстировке. Управление структурой мод латерального волновода микролинейки в рассмотренной схеме внешнего резонатора осуществлялось за счет: (1) латеральной юстировки микролинейки относительно коллимирующей линзы (вдоль оси  $y$  на рис. 1); (2) введения в оптический пучок между микролинейкой и диэлектрическим зеркалом дополнительных непрозрачных экранов (рис. 1). Образцы микролинейек рас-

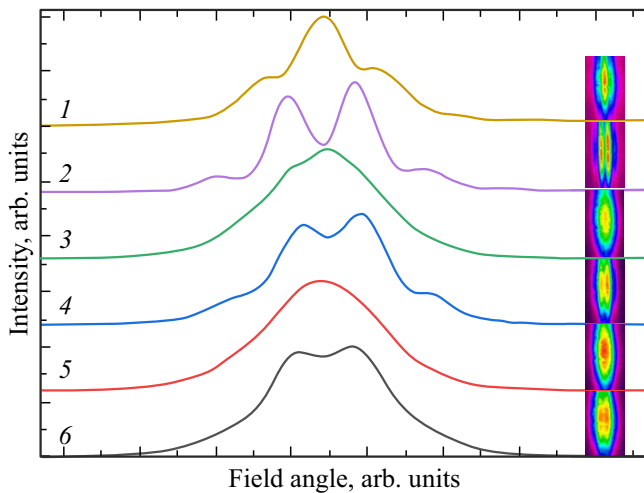


**Рис. 1.** Общий вид экспериментальной схемы внешнего резонатора.  $L1$  и  $L2$  — коллимирующие линзы,  $M$  — внешнее зеркало,  $S$  — ограничивающий экран,  $Le$  — длина внешнего резонатора.

полагались на термостабилизированном медном теплоотводе и накачивались прямоугольными импульсами тока длительностью 400 нс. Эксперименты проводились при температуре 20°C. В рамках экспериментальных исследований проводились измерения распределения интенсивности излучения в ближней и дальней зонах. Для измерения распределения интенсивности в ближней зоне с помощью оптической системы строилось увеличенное изображение плоскости выходного зеркала и проводилось измерение интенсивности с помощью CCD камеры. Для анализа углового распределения латеральных мод в дальней зоне с помощью оптической схемы формировался луч, сколлимированный в плоскости, перпендикулярной к слоям гетероструктуры. Распределение интенсивности в луче определялось с помощью CCD камеры на расстоянии 35 мм от линзы. В данной конфигурации оптической схемы регистрации излучения линейный латеральный размер оптического пучка отражает его расходимость. Данная схема анализа дальнего поля позволяет эффективно проводить настройку обратной связи в резонаторе одновременно с регистрацией параметров выходного излучения.

### 3. Результаты эксперимента и обсуждение

Эксперименты по модовой селекции во внешнем резонаторе проводились в два этапа. На первом этапе эксперимента была использована схема резонатора без ограничивающих экранов. В данной схеме исследовалось влияние латеральной юстировки на формируемые во внешнем резонаторе латеральные модовые структуры. При работе кристалла микролинейки во внешнем резонаторе изменение латерального положения образца относительно оптической оси схемы внешнего резонатора позволяло последовательно реализовать условия обратной связи для любого заданного числа группы ближайших полосков от 1 до 10 (вдоль оси  $y$  рис. 1). Для исключения влияния мод резонатора Фабри-Перо

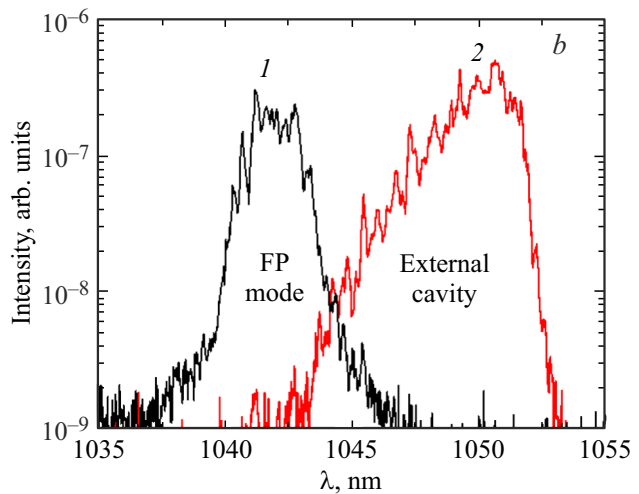
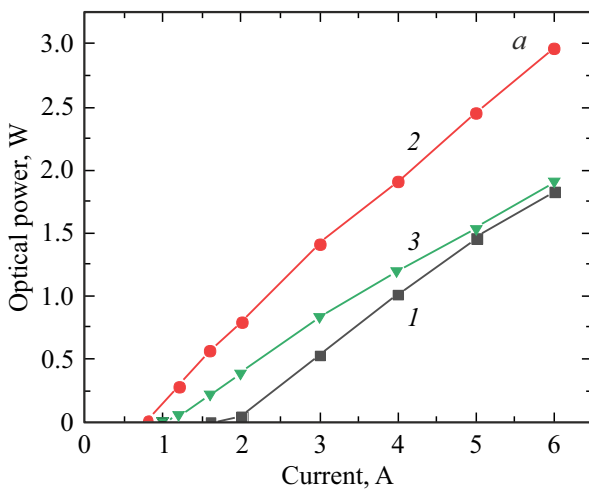


**Рис. 2.** Распределения интенсивности выходного излучения микролинейки в дальнем поле для сечения сколлимированного выходного пучка при токе накачки 1.6 А и наличии обратной связи для различного числа полосков: 1 — 1, 2 — 2, 3 — 5, 4 — 6, 5 — 9, 6 — 10. На вставках — двумерные распределения интенсивности сколлимированного пучка на расстоянии 35 мм от коллимирующей линзы. (Цветной вариант рисунка представлен в электронной версии статьи).

при анализе поведения профиля выходного оптического пучка с оптической обратной связью для различного числа полосков был выбран ток накачки 1.6 А, значение которого ниже порога генерации кристалла микролинейки без обратной связи от внешнего резонатора, т.е. на модах собственного резонатора Фабри-Перо (как будет показано далее, порог собственного резонатора Фабри-Перо достигает 2 А). В результате наблюдались особенности двух типов (рис. 2). Во-первых, форма

латеральной моды зависела от числа полосков, вовлеченных в обратную связь внешнего резонатора. Для нечетного числа полосков наблюдалась симметричная форма латерального профиля распределения интенсивности в дальней зоне с максимумом интенсивности в центре диаграммы направленности („четная“ мода). Для четного числа полосков форма имела центральный локальный минимум интенсивности („нечетная“ мода). Во-вторых, с возрастанием числа вовлеченных в обратную связь полосков наблюдается уширение лепестков латерального дальнего поля. Подобное уширение мы связываем с ростом числа не связанных латеральных модовых структур, одновременно работающих во внешнем резонаторе, т.е. с переходом к многомодовому режиму генерации.

Рассмотрим более подробно особенности работы микролинейки с обратной связью для всех 10 полосков. Образцы микролинеек с просветленными торцевыми гранями при отсутствии обратной связи во внешнем резонаторе демонстрировали порог генерации мод резонатора Фабри-Перо  $\sim 2$  А. При этом наклон ватт-амперной характеристики (ВтАХ) составлял 0.48 Вт/А (рис. 3, а), а максимум спектра генерации располагался в области 1042 нм для амплитуды тока 6 А (рис. 3, б). Переход работы микролинейки от режима мод собственного резонатора Фабри-Перо к работе во внешнем резонаторе для всех 10 полосков позволил снизить порог до 800 мА и увеличить наклон ВтАХ до 0.54 Вт/А (рис. 3, а). При этом выходная оптическая мощность достигала 3 Вт при амплитуде накачки 6 А. Спектр лазерной генерации (рис. 3, б) для микролинейки, работающей во внешнем резонаторе, демонстрирует значительное смещение в длинноволновую область: максимум в области 1051 нм для амплитуды тока накачки 4 А. Смещение спектра лазерной генерации в длинноволновую область свиде-

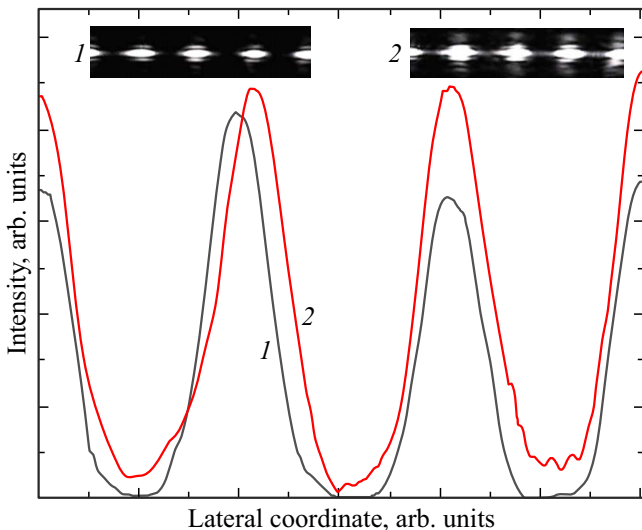


**Рис. 3.** а — зависимости пиковой выходной оптической мощности от амплитуды тока накачки; б — спектры лазерной генерации для тока накачки 6 А для различных схем резонатора: 1 — собственный резонатор Фабри-Перо без обратной связи во внешнем резонаторе; 2 и 3 — с обратной связью во внешнем резонаторе для всех 10 полосков микролинейки без и с ограничивающими экранами соответственно.

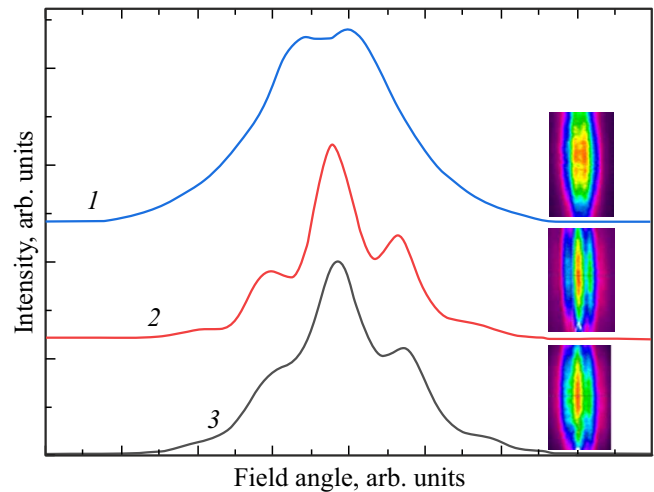
тельствует о снижении оптических потерь, что требует меньшего порогового усиления и, как следствие, меньшей концентрации носителей в активной области полосков микролинейки. Однако для образцов линеек с AR–HR зеркалами с коэффициентами отражения 97 и 5% наклон составлял 0.82 Вт/А, т. е. в схеме с внешним резонатором, несмотря на возникновение оптической связи между полосками линейки, полного восстановления излучательной эффективности не происходит.

Из рис. 4 видно, что в распределении интенсивности излучения в ближней зоне при работе в схеме внешнего резонатора латеральная модовая структура заполняет не только области под накачиваемыми полосками, но и области под непрокачиваемыми разделительными мезаканавками. С одной стороны, это свидетельствует об эффективности работы внешнего резонатора с точки зрения получения общей латеральной модовой структуры, оптически связывающей все полоски микролинейки. С другой стороны, наличие интенсивной лазерной генерации в областях мезаканавок, не накачиваемых током, позволяет сделать вывод о наличии дополнительных оптических потерь для общей латеральной модовой структуры микролинейки по сравнению с модами AR–HR излучателя без эффективной оптической связи между полосками, что также вносит вклад в снижение излучательной эффективности при работе с внешним резонатором.

На втором этапе эксперимента в схему внешнего резонатора между образцом микролинейки и коллимирующей асферической линзой (рис. 1) были добавлены дополнительные поглощающие экраны, ограничивающие

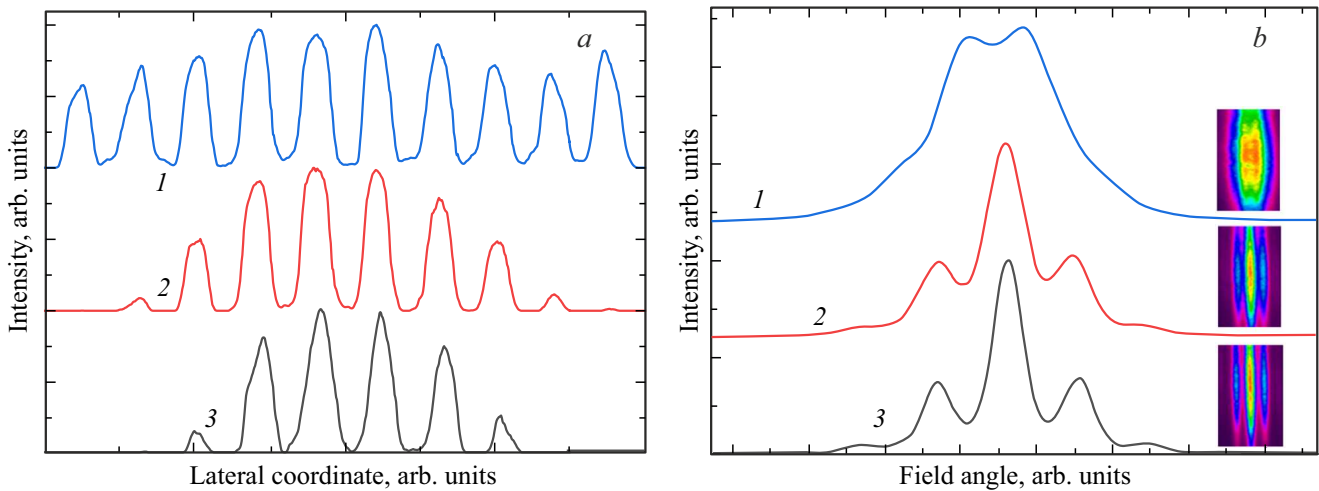


**Рис. 4.** Увеличенное изображение распределения интенсивности выходного излучения микролинейки в ближней зоне на выходной грани для центральной области микролинейки при токе накачки 6 А/400 нс: 1 — без внешней обратной связи, 2 — с внешней обратной связью для 10 полосков. На вставках — двумерные распределения интенсивности излучения на выходном зеркале микролинейки.

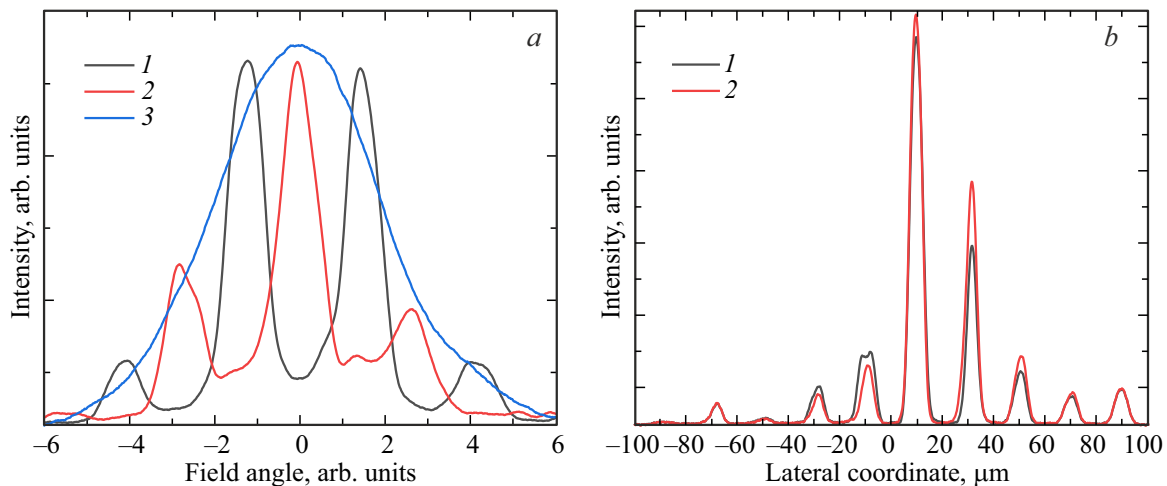


**Рис. 5.** Распределения интенсивности выходного излучения микролинейки в сечении сколлимированного выходного пучка: 1 — без внешнего резонатора при токе накачке 6 А; в схеме внешнего резонатора с обеспечением обратной связи для всех 10 полосков при наличии двустороннего симметричного латерального ограничивающего экрана при токах накачки, А: 2 — 2, 3 — 6. На вставках — двумерные распределения интенсивности сколлимированного пучка на расстоянии 35 мм от коллимирующей линзы. (Цветной вариант рисунка представлен в электронной версии статьи).

часть диаграммы направленности излучения в латеральной плоскости, что позволило исследовать влияние экранов на селекцию мод во внешнем резонаторе. Исходная схема внешнего резонатора была настроена для работы с обратной связью всех десяти полосков во внешнем резонаторе, при этом ток накачки составлял 1.6 А/400 нс. Наблюдаемый профиль сечения сколлимированного пучка (рис. 5) демонстрирует сужение распределения интенсивности в дальней зоне, что говорит о более высокой латеральной модовой селективности по сравнению со случаем работы внешнего резонатора без экранов (рис. 2, случай для 10 полосков). Также из рис. 5 следует, что характер генерации в микролинейке — латерально-многомодовый, а с ростом амплитуды накачки модовая селективность ухудшается. Зависимости выходной оптической мощности от амплитуды накачки для режима работы с ограничивающими экранами показаны на рис. 3, а. Видно, что достигаемая мощность для тока 6 А составила 1.7 Вт, что существенно ниже значения, полученного для схемы без ограничительных экранов, и сравнима со значением, достигаемым при работе линейки без внешнего резонатора. Однако пороговые токи, достигаемые при работе во внешнем резонаторе с ограничивающими экранами, составили 1050 мА, что несколько выше, чем в схеме без экранов, и заметно ниже, чем для режима работы без внешнего резонатора. Это свидетельствует о том, что излучательная эффективность схемы с дополнительным экраном значительно ниже, чем для случая его отсутствия (рис. 3, а, зависи-



**Рис. 6.** Распределения интенсивности выходного излучения микролинейки: *a* — на выходной грани („ближняя зона“) и *b* — в сечении сколлимированного выходного пучка в схеме внешнего резонатора с обратной связью для 10 полосков при токе накачки 1.6 А и добавлении латеральных ограничивающих экранов: 1 — без экранов, 2 — односторонний экран, 3 — двусторонний симметричный экран. На вставках — двумерные распределения интенсивности сколлимированного пучка на расстоянии 35 мм от коллимирующей линзы. (Цветной вариант рисунка представлен в электронной версии статьи).



**Рис. 7.** Распределения интенсивности выходного излучения микролинейки в схеме внешнего резонатора с обратной связью при наличии двустороннего симметричного латерального ограничивающего экрана при токе накачки 2.3 А: *a* — в дальней зоне (диаграмма направленности), *b* — в ближней зоне (на выходном торце) для двух вариантов латеральной юстировки (по оси у рис. 1): 1 — четная мода с минимумом в центре, 2 — нечетная мода с максимумом в центре, 3 — собственный резонатор Фабри-Перо без внешней обратной связи.

мости 1 и 2). Таким образом, ограничивающие экраны не только повышают латеральную селективность, но также вносят дополнительные внутррезонаторные оптические потери для части работающих мод.

Для исследования влияния ограничивающих экранов на модовую селекцию внешнего резонатора было снижено расстояние между симметрично расположенными экранами. В результате латеральный размер области с эффективной обратной связью был существенно уменьшен. Это привело к снижению количества полосков, работающих во внешнем резонаторе, до 4; при этом расходимость латерального поля в дальней зоне стала

еще уже (рис. 6). Удаление одного из экранов вызвало симметричное расширение области микролинейки, охваченной обратной связью. В приведенном примере количество работающих во внешнем резонаторе полосков увеличилось до 6, при этом также происходит расширение латерального дальнего поля. В результате показано (рис. 6), что введение экранов ограничивает часть диаграммы направленности излучения в латеральной плоскости. Одновременно с этим сокращается область обратной связи для полосков микролинейки с 10 до 4 (ширина области 65 мкм) и обеспечивается работа на единой латеральной моде, хотя и высшего порядка.



На заключительном этапе исследований рассмотрено влияние латеральной юстировки на модовую селекцию в схеме внешнего резонатора с оптимальным расположением дополнительных ограничивающих экранов. Для демонстрации угловой расходимости в итоговой части исследований были проведены измерения углового распределения дальнего поля (рис. 7, *a*). Как было показано ранее (рис. 6), добавление экранов позволяет достичь латерально-одномодового режима генерации. Дополнительная латеральная юстировка (вдоль оси  $y$  рис. 1) положения образца микролинейки относительно оптической оси схемы внешнего резонатора обеспечивает устойчивую генерацию в одномодовом режиме либо на четной, либо на нечетной общей латеральной моде (рис. 7, *a*) при сохранении общей формы распределения интенсивности излучения в ближней зоне (рис. 7, *b*). Из представленных зависимостей также видно, что общая латеральная расходимость излучения в случае работы с внешним резонатором сопоставима с таковой для режима работы на модах резонатора Фабри-Перо без обратной связи, которая составила  $4.6^\circ$  на полувысоте. При этом для внешнего резонатора ширина отдельных лепестков диаграммы направленности составляет  $\sim 1^\circ$  на полувысоте.

#### 4. Заключение

С использованием внешнего резонатора общей длиной 70 мм продемонстрирована обратная оптическая связь от внешнего плоского зеркала для всей ширины микролинейки — 185 мкм, сформированной периодической структурой из 10 одномодовых мезаполосков, располагаемых с периодом 20 мкм. Показано, что в рассмотренной схеме внешнего резонатора возникающая латеральная модовая структура имеет одномодовый характер (мода высокого порядка) для обратной связи 4 полоска и многомодовый характер для всей ширины линейки из 10 полосков. Это позволяет утверждать, что при построении оптической схемы внешнего резонатора на основе асферической оптики оптимальная ширина микролинейки, для которой реализуется модовая селекция и одномодовый режим работы, достигает 65 мкм. Для повышения оптической мощности в рамках данного значения суммарной апертуры в дальнейшем могут рассматриваться конструкции с меньшей шириной ограничивающих мезаканавок.

#### Благодарности

Авторы выражают благодарность П.С. Гавриной за помощь в оформлении материалов публикации.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

#### Список литературы

- [1] S.O. Slipchenko, D.A. Veselov, V.V. Zolotarev, A.V. Lyutetskii, A.A. Podoskin, Z.N. Sokolova, V.V. Shamakhov, I.S. Shashkin, P.S. Kop'ev, N.A. Pikhtin. *Bull. Lebedev Phys. Inst.*, **50**, S494 (2023). DOI: 10.3103/S1068335623160108
- [2] P. Crump, G. Erbert, H. Wenzel, C. Frevert, C.M. Schultz, K.-H. Hasler, R. Staske, B. Sumpf, A. Maaßdorf, F. Bugge, S. Knigge, G. Tränkle. *IEEE J. Select. Topics Quant. Electron.*, **19**, 1501211 (2013). DOI: 10.1109/JSTQE.2013.2239961
- [3] B. Sumpf, K.H. Hasler, P. Adamiec, F. Bugge, F. Dittmar, J.Ö. Fricke, H. Wenzel, M. Zorn, G.Ö. Erbert, G. Tränkle. *IEEE J. Select. Topics Quant. Electron.*, **15**, 1009 (2009). DOI: 10.1109/JSTQE.2008.2010952
- [4] G. Hergenhan, B. Lücke, U. Brauch. *Appl. Optics*, **42**, 1667 (2003). DOI: 10.1364/AO.42.001667
- [5] M. Yoshida, S. Katsuno, T. Inoue, J. Gellea, K. Izumi, M. De Zoysa, K. Ishizaki, S. Noda. *Nature*, **618**, 727 (2023). DOI: 10.1038/s41586-023-06059-8
- [6] H. Wenzel, S. Schwertfeger, A. Klehr, D. Jedrzejczyk, T. Hoffmann, G. Erbert. *Optics Lett.*, **37**, 1826 (2012). DOI: 10.1364/OL.37.001826
- [7] H. Wenzel, K. Paschke, O. Brox, F. Bugge, J. Fricke, A. Ginolas, A. Knauer, P. Ressel, G. Erbert. *Electron. Lett.*, **43**, 1 (2007).
- [8] H. Wenzel, A. Klehr, S. Schwertfeger, A. Liero, T. Hoffmann, O. Brox, M. Thomas, G. Erbert, G. Tränkle. *Proc. Volume 8241, High-Power Diode Laser Technology and Applications X* (82410V, San Francisco, California, United States, 2012). DOI: 10.1117/12.906320
- [9] S. Riecke, S. Schwertfeger, K. Lauritsen, K. Paschke, R. Erdmann, G. Tränkle. *Appl. Phys. B*, **98**, 295 (2010). DOI: 10.1007/s00340-009-3672-z
- [10] M. Niebuhr, C. Zink, A. Jechow, A. Heuer, L.B. Glebov, R. Menzel. *Opt. Express*, **23**, 12394 (2015). DOI: 10.1364/OE.23.012394
- [11] A. Jechow, M. Lichtner, R. Menzel, M. Radziunas, D. Skoczowsky, A.G. Vladimirov. *Opt. Express*, **17**, 19599 (2009). DOI: 10.1364/OE.17.019599
- [12] A. Podoskin, V. Golovin, P. Gavrina, D. Veselov, V. Zolotarev, V. Shamakhov, D. Nikolaev, A. Leshko, S. Slipchenko, N. Pikhtin, P. Kop'ev. *Appl. Optics*, **58**, 9089 (2019). DOI: 10.1364/AO.58.009089
- [13] A.A. Podoskin, V.S. Golovin, P.S. Gavrina, D.A. Veselov, V.V. Zolotarev, V.V. Shamakhov, D.N. Nikolaev, I.S. Shashkin, S.O. Slipchenko, N.A. Pikhtin, P.S. Kop'ev. *JOSA B*, **37**, 784 (2020). DOI: 10.1364/JOSAB.384971
- [14] S.O. Slipchenko, I.S. Shashkin, D.A. Veselov, V.A. Kriychkov, A.E. Kazakova, A.Y. Leshko, V.V. Shamakhov, D.N. Nikolaev, N.A. Pikhtin. *J. Light Technol.*, **40**, 2933 (2022). DOI: 10.1109/JLT.2022.3144663

Редактор Г.А. Оганесян

## Lateral mode selection of single-mode laser diode microstripe bar (1050 nm) in external cavity

*A.A. Podoskin, I.V. Shushkanov, A.E. Rizaev,  
M.I. Kondratov, A.E. Grishin, S.O. Slipchenko*

Ioffe Institute,  
194021 St. Petersburg, Russia

**Abstract** Radiative characteristics of microstripe laser diode bar in an external resonator based on an aspherical lens and a flat dielectric mirror were investigated. The bar had total emitting aperture of  $185\ \mu\text{m}$ , formed by 10 stripes with a width of  $6\ \mu\text{m}$  separated by mesa-grooves. Operation in the external resonator of the entire emitting aperture was characterized by a multimode generation regime with a peak power of  $3\ \text{W}/6\ \text{A}$ . Selection of lateral modal structures and transition to a single-mode regime is possible by limiting the number of stripes involved in optical feedback. Dependences of optical mode reconfiguration were studied by introducing limiting slits into the external cavity. It was shown that limiting the emitting aperture involved in the feedback to  $65\ \mu\text{m}$  allows us to demonstrate high-order single-mode operation with far-field divergence for the central lobe of 1 degree.