

06;07

Влияние разогрева активной области в инжекционных InGaAsP/InP лазерах на спектральные характеристики

© Л.Я. Карачинский, А.М. Георгиевский, Н.А. Пихтин,
С.В. Зайцев, И.С. Тарасов, П.С. Копьев

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию 22 декабря 1998 г.

Исследованы спектральные и пространственные характеристики излучения инжекционных РО ДГС InGaAsP/InP лазеров. Измерения проводились в режиме квазинепрерывной и непрерывной накачки при комнатной температуре. Показано, что эти лазеры являются пространственно одномодовыми во всем рабочем диапазоне токов. Уширение продольных мод при квазинепрерывной накачке объясняется разогревом активной области лазеров. Произведена оценка длительности импульса накачки, при которой разогревом активной области лазеров можно пренебречь.

Инжекционные гетеролазеры на базе четверных твердых растворов InGaAsP являются основными источниками излучения для систем считывания, обработки и передачи информации по волоконным оптическим линиям связи (ВОЛС). В настоящее время основное внимание уделяется увеличению мощности излучения таких лазеров как при непрерывной, так и при импульсной накачке. При этом основным условием является сохранение генерации излучения только в поперечной моде нулевого порядка [1].

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию спектральных и пространственных характеристик излучения инжекционных InGaAsP/InP лазеров с длиной волны генерации 1.3–1.55 μm . Цель данной работы — продемонстрировать пространственную одномодовость излучения исследуемых лазеров для случая неоднородного режима генерации лазера. Измерения проводились в широком диапазоне токов для случая как непрерывной, так и квазинепрерывной накачки.

Двойная гетероструктура с отдельным ограничением (РО ДГС) была выращена модифицированным методом жидкофазной эпитаксии [2]. Использовалась конструкция лазера, описанная в работе [3], с шириной

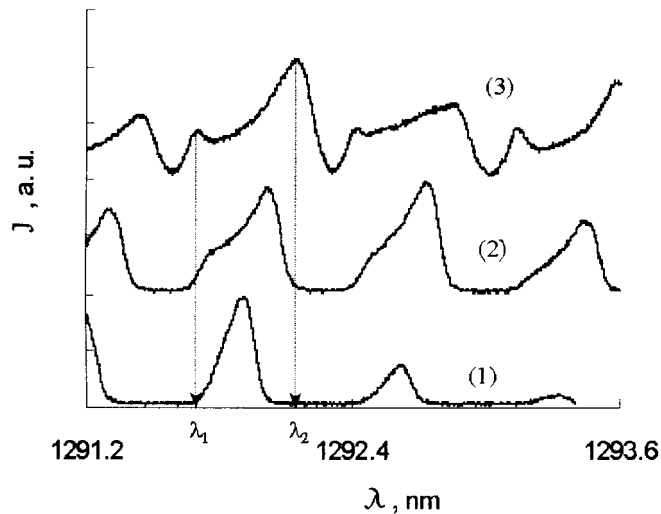


Рис. 1. Спектры излучения InGaAsP/InP лазеров при накачке импульсами тока длительностью $1 \mu\text{s}$: 1 — при токе накачки $2I_{th}$, 2 — при токе накачки $3I_{th}$, 3 — при токе накачке $4I_{th}$.

мезаполоска $W = 4 \mu\text{m}$ и толщиной активной области 200 \AA . Лазерные диоды монтировались на медный теплоотвод полоском вниз, для обеспечения более эффективного отвода тепла. Максимальная мощность излучения при непрерывном режиме накачки составляло 50 mW при токе, равном четырем пороговым ($4I_{th}$).

Были исследованы спектры излучения лазеров в режиме квазинепрерывной накачки (импульсами прямоугольной формы с длительностью $0.5\text{--}10 \mu\text{s}$ и скважностью порядка 100) и при непрерывной накачке. Измерения спектров проводились выше порога лазерной генерации при температуре $T = 300 \text{ K}$. Точность стабилизации температуры теплоотвода составляла $\pm 0.2 \text{ K}$.

Спектры излучения лазеров при накачке импульсами тока длительностью $1 \mu\text{s}$ для разных уровней инжекции представлены на рис. 1. Наряду со смещением продольных мод в длинноволновую область наблюдалось уширение мод в коротковолновую область спектра. Кроме того, с ростом тока накачки при постоянной длительности импульса

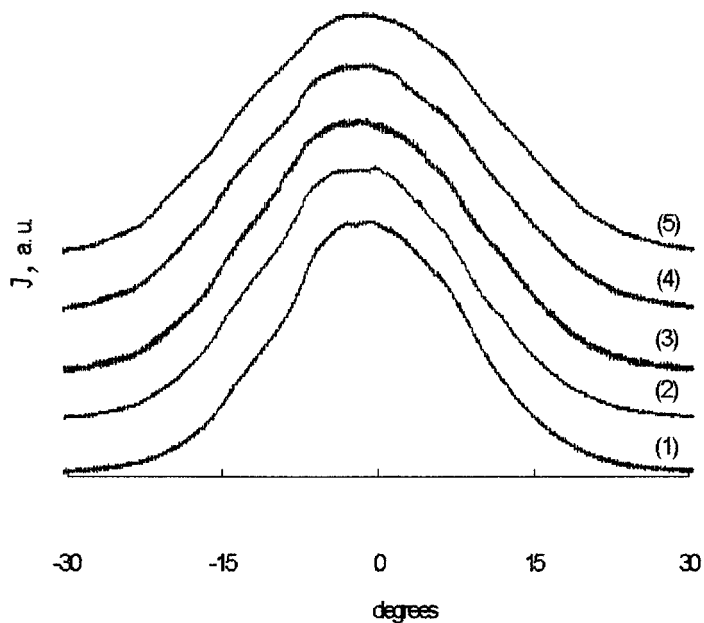


Рис. 2. Дальнее поле InGaAsP/InP лазеров в плоскости p - n -перехода при токе $4I_{th}$ для различных длительностей импульса накачки: 1 — $0.5 \mu s$, 2 — $1 \mu s$, 3 — $2 \mu s$, 4 — $4 \mu s$, 5 — $8 \mu s$.

происходит не только уширение моды за счет смещения основного максимума, но и зарождение второго максимума. Такой вид спектров давал нам основание предполагать, что в спектрах излучения лазеров наряду с нулевой присутствует и первая поперечная мода. Однако в режиме непрерывной накачки такого рода уширение продольных мод не наблюдалось. Отсюда можно сделать вывод, что такого рода изменение формы продольной моды является следствием динамических процессов в лазере и могло быть вызвано, скажем, конкуренцией поперечных мод лазера в процессе установления термодинамического равновесия. Исследования дальних полей лазеров как в плоскости p - n -перехода, так и в перпендикулярной плоскости при различных токах накачки и длительностях импульса не выявили неодномодовости излучения лазеров (рис. 2). Также было проведено исследование дальнего поля со

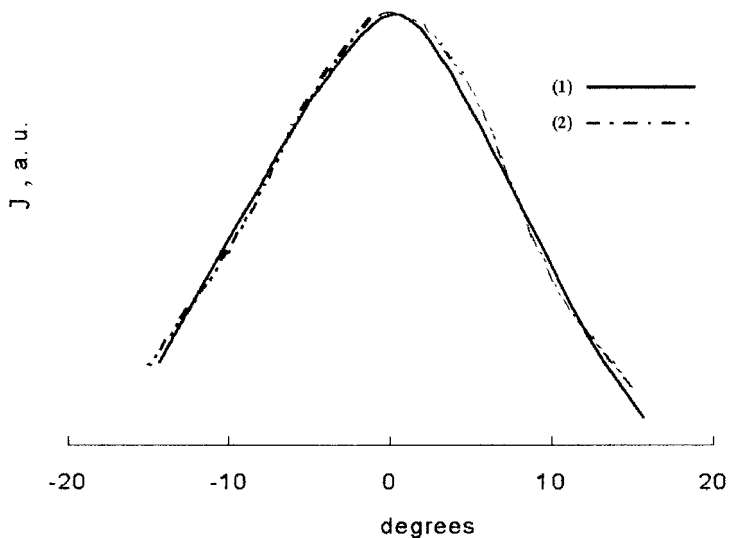


Рис. 3. Дальнее поле лазера со спектральным разрешением в плоскости p - n -перехода при $4I_{th}$ и длительности импульса $1 \mu s$ для двух максимумов спектра продольной моды (см. также рис. 1): 1 — на длине волны λ_1 , 2 — λ_2 .

спектральным разрешением. При этом монохроматор настраивался на разные максимумы (λ_1 и λ_2 на рис. 1) уширенной моды. Методика такого исследования была предложена в работе [4]. Измерения подтвердили, что исследуемые лазеры являются пространственно одномодовыми и оба максимума в спектре имеют одинаковый профиль распределения (рис. 3) и соответствуют одной и той же поперечной моде.

Принято считать [5, т. 1, с. 44], что существует два механизма, которые могут приводить к изменению показателя преломления в структуре, а следовательно, и к смещению продольных мод. Показатель преломления n может меняться из-за разогрева лазера и/или из-за изменения концентрации носителей. Изменение n в результате изменения концентрации носителей (чирп) может быть связано как с релаксационными процессами в лазере [5, т. 2, с. 296], имеющими характерное время много меньше 100 ns, так и с автомодуляцией излучения в лазере [6] с характерными временами много меньше 100 ps. Изменение показателя

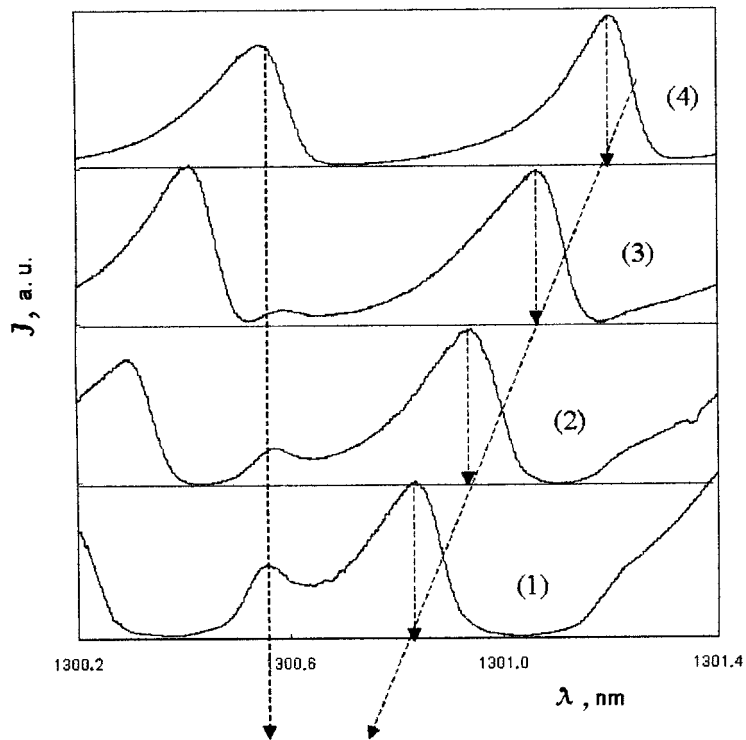


Рис. 4. Спектры излучения InGaAsP/InP лазеров при токе $3I_{th}$ для разных длительностей импульса накачки: 1 — $1 \mu s$, 2 — $2 \mu s$, 3 — $4 \mu s$, 4 — $8 \mu s$.

преломления, связанное с разогревом, может наблюдаться на временах порядка десятков микросекунд. Такая разница временных масштабов позволяет выделить влияние разогрева на величину сдвига моды.

Были измерены спектры излучения лазеров при постоянном значении тока накачки в зависимости от длительности импульса накачки (рис. 4). Измерения проводились при постоянной скважности импульсов, чтобы избежать сдвига мод в спектре излучения, связанного с изменением постоянной составляющей температуры активной области лазера. Из рис. 4 видно, что величина уширения продольной моды

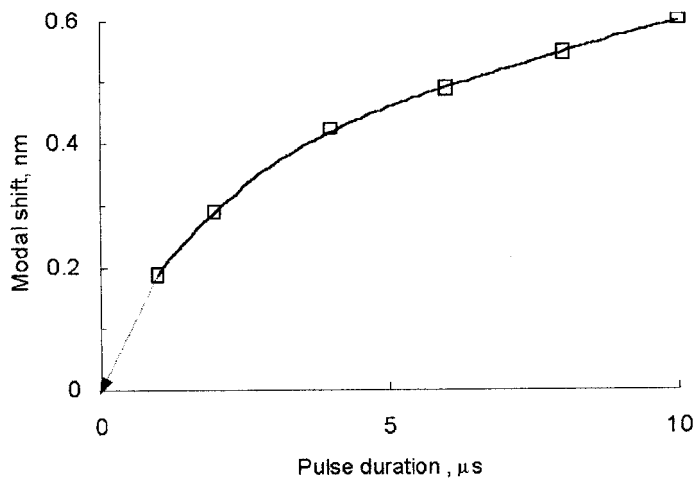


Рис. 5. Зависимость величины смещения главного максимума продольной моды от длительности импульса накачки.

зависит от длительности импульса накачки. Была исследована зависимость смещения главного максимума продольной моды от длительности импульса накачки (рис. 5). Так как длительность импульса менялась от 0.5 до 10 μs , то это смещение может быть объяснено температурным эффектом, связанным с разогревом активной области лазера относительно теплоотвода. Интерполяция зависимости (рис. 5) экспонентой (пунктирная линия) дает практически нулевое смещение максимума продольной моды для длительности импульса накачки, стремящейся к нулю. Это позволяет исключить из рассмотрения эффекты, связанные с изменением концентрации носителей в активной области лазера.

На рис. 4 схематически показано, как интерполяция сдвига максимума моды позволяет оценить времена, на которых величина сдвига будет меньше ширины продольной моды. Для этого на рисунке спектры даны в логарифмической последовательности по длительности импульса накачки. Полученная длительность, при которой разогрев активной области не вносит изменений в спектр излучения, равная 100 ns, вполне согласуется с результатами, полученными в работе [7].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что исследуемые InGaAsP/InP лазеры являются пространственно одномодовыми в рабочем диапазоне токов. Наличие второго максимума в уширенной продольной моде не является следствием присутствия в спектре излучения поперечной моды первого порядка. Оно может быть объяснено перераспределением интенсивности между продольными модами в процессе установления термодинамического равновесия. Было установлено, что уширение продольных мод с ростом тока накачки или с увеличением длительности импульса является чисто температурным эффектом.

Список литературы

- [1] *Гарбузов Д.З., Бершнев И.Э., Ильин Ю.В., Ильинская Н.Д., Пихтин Н.А., Овчинников А.В., Тарасов И.С.* // Письма в ЖТФ. 1991. Т. 17(6). С. 17.
- [2] *Garbuzov D.Z., Arsenyev I.N., Ovchinnikov A.V., Tarasov I.S.* // CLEO-88. Anaheim. Techn. Digest Series. 1988. V. 7. P. 396.
- [3] *Иванов М.А., Ильин Ю.В., Ильинская Н.Д., Корсакова Ю.А., Лешко А.Ю., Лунев А.В., Лютецкий А.В., Мурашова А.В., Пихтин Н.А., Тарасов И.С.* // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21(5). С. 70.
- [4] *Gordeev N.Yu., Georgievski A.M., Kopchatov V.I., Zaitsev S.V., Egorov A.Yu., Kovsh A.R., Ustinov V.M., Zhukov A.E., Kop'ev P.S.* // Proc. 5th Int. Symp. "Nanostructures: Physics and Technology". St. Petersburg. Russia. 1997. P. 183.
- [5] *Кейси Х., Паниш М.* // Лазеры на гетероструктурах. (В 2 т.). М.: Мир, 1981.
- [6] *Zaitsev S.V., Georgievski A.M.* // Proc. Int. Conf. QDS'96. JJAP, part 1. 1997. V. 36. P. 4209.
- [7] *Пихтин Н.А., Тарасов И.С., Иванов М.А.* // ФТП. 1994. Т. 28(11). С. 1983.