

06:07:12

Двухсекционный InGaAsP/InP Фабри-Перо лазер с 12 нм диапазоном перестройки длины волны

© Н.А. Пихтин, А.Ю. Лешко, А.В. Лютецкий, В.Б. Халфин,
Н.В. Шувалова, Ю.В. Ильин, И.С. Тарасов

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

Поступило в Редакцию 17 декабря 1996 г.

Получена перестройка длины волны в диапазоне 12 нм двухсекционного InGaAsP/InP Фабри-Перо лазера ($\lambda = 1.55$ мкм). Предложенный метод измерения профиля усиления лазера позволил теоретически определить диапазон возможной перестройки длины волны.

Перестраиваемые полупроводниковые лазеры, излучающие в диапазоне 1.3–1.55 мкм длин волн, являются незаменимыми источниками для когерентных оптических линий связи, оптических систем со спектральным уплотнением, а также для газоанализаторных приборов. В частности, линии поглощения большого количества молекул лежат в диапазоне длин волн 1.55 мкм.

Существует несколько способов перестройки длины волны излучения полупроводниковых лазеров. Электрическая перестройка длины волны является одним из простых и надежных способов. В большинстве случаев для этой цели используются многосекционные лазеры [1]. Несомненный интерес представляет возможность перестройки длины волны излучения многосекционных Фабри-Перо лазеров, обладающих высокой оптической мощностью излучения.

В настоящей работе исследуется перестройка длины волны излучения в двухсекционном Фабри-Перо гетеролазере, изготовленном на основе квантово-размерной InGaAsP/InP ($\lambda = 1.55$ мкм) двойной гетероструктуры с отдельным ограничением. Использование такого типа гетероструктуры с толщиной активной области 100–20 Å в лазерах конструкции типа "мелкая меза" позволяет получать высоконадежные одномодовые лазеры с высокой мощностью излучения [2]. Как уже отмечалось ранее [3], лазеры такой конструкции обладают аномально

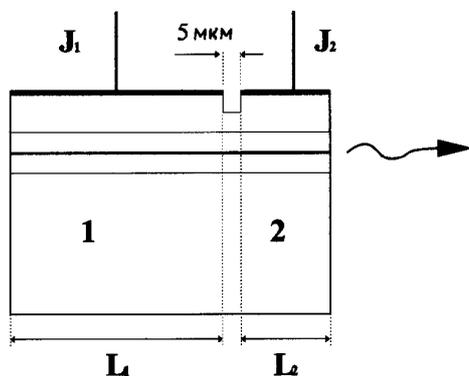


Рис. 1. Схематическое изображение двухсекционного Фабри-Перо InGaAsP/InP ($\lambda = 1.55$ мкм) лазера.

широким спектром генерации и спонтанного излучения. Наличие широкого профиля усиления позволяет перестраивать длину волны излучения в таких лазерах в широком спектральном диапазоне [4].

Для изготовления двухсекционного лазера на гетероструктуре формировалась изолирующая канавка с использованием фотолитографии и плазмхимического травления. Ширина и глубина канавки составили 5 и 3 мкм соответственно. Сопротивление между секциями лазера составляло 0.5 кОм. Лазеры монтировались на теплоотвод полоском вверх и исследовались как в импульсном, так и в непрерывном режимах. Схематическое изображение двухсекционного лазера представлено на рис. 1.

На рис. 2 представлен спектр генерации InGaAsP/InP ($\lambda = 1.55$ мкм) двухсекционного лазера при различных соотношениях токов накачки через секции 1 и 2 длиной $L_1 = 300$ мкм и $L_2 = 100$ мкм соответственно. Максимальный сдвиг длины волны излучения 12 нм наблюдается при подаче максимально допустимой плотности тока J_1 через 1 секцию и соответственно минимального тока через секцию 2. Следует подчеркнуть, что при этом мощность излучения двухсекционного лазера поддерживалась постоянной и составляла 5 вВт. При такой мощности лазер генерирует на одной продольной моде, совпадающей по длине волны с ее пороговым значением. Такая величина перестройки может быть объяснена изменением положения максимума суммарного усиле-

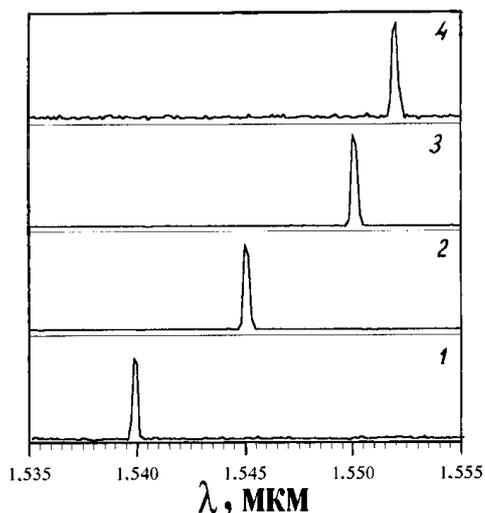


Рис. 2. Спектр излучения двухсекционного InGaAsP/InP лазера при постоянной излучаемой мощности $P = 5$ мВт и при различных плотностях тока J_1 и J_2 через секции 1 и 2 соответственно: 1 — $J_1 = 3$ кА/см², $J_2 = 3$ кА/см²; 2 — $J_1 = 5$ кА/см², $J_2 = 2$ кА/см²; 3 — $J_1 = 7$ кА/см², $J_2 = 1.5$ кА/см²; 4 — $J_1 = 10$ кА/см², $J_2 = 1$ кА/см².

ния ($G(\lambda)$) двухсекционного лазера при изменении соотношения тока накачки его секций.

Для объяснения эксперимента и оценки максимального диапазона перестройки в двухсекционном лазере были выполнены измерения спектров усиления ($g(\lambda)$) от плотности тока. С этой целью использовали развитую нами модификацию метода определения усиления по спектру спонтанного излучения. Были проведены измерения спектров спонтанного излучения каждой из секций двухсекционного лазера при разных токах накачки. При этом длины секций значительно отличались друг от друга. Спонтанное излучение наблюдалось при выводе излучения через торец каждой из секций. При этом другая секция лазера работала при обратном смещении, что обеспечивало односторонний режим излучения. Естественно, интенсивность излучения не зависела от обратного смещения на второй секции лазера. В этом случае интенсивность излучения $I(\lambda)$ из торца секции длиной L определяется следующим

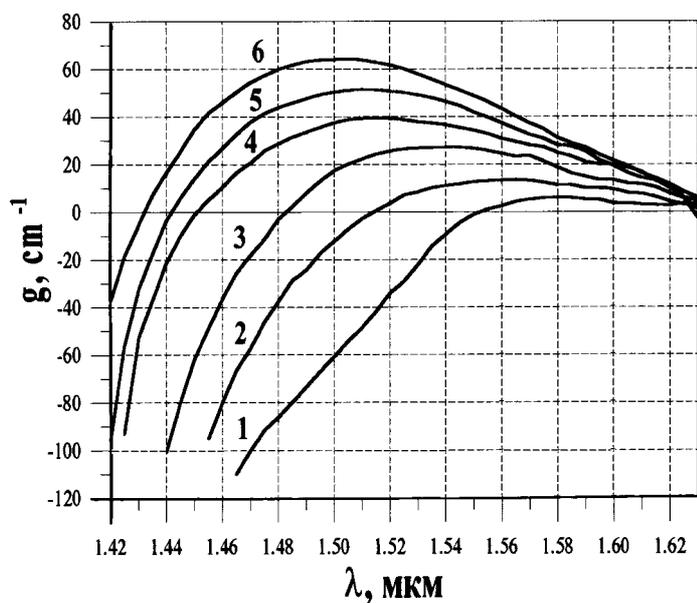


Рис. 3. Измеренный спектр усиления InGaAsP/InP лазерного диода при разных плотностях тока накачки: 1 — $J = 1 \text{ кА/см}^2$, 2 — $J = 2 \text{ кА/см}^2$, 3 — $J = 3 \text{ кА/см}^2$, 4 — $J = 5 \text{ кА/см}^2$, 5 — $J = 7 \text{ кА/см}^2$, 6 — $J = 10 \text{ кА/см}^2$.

выражением:

$$I(\lambda) \sim \frac{\{\exp[g(\lambda) \cdot L] - 1\} \cdot R(J, \lambda)}{g(\lambda)} \quad (1)$$

где $R(J, \lambda)$ — локальная интенсивность спонтанного излучения, которую мы предполагаем однородной по длине секции.

Отношение интенсивностей излучения из двух торцов $I_1(\lambda)$ и $I_2(\lambda)$ принимает следующий вид:

$$r(\lambda) = \frac{I_1(\lambda)}{I_2(\lambda)} = \frac{\exp[g(\lambda)L_1] - 1}{\exp[g(\lambda)L_2] - 1}. \quad (2)$$

Для нормировки $I_1(\lambda)$ и $I_2(\lambda)$ спектры спонтанного излучения были совмещены в области коротких длин волн, где $\exp(g(\lambda)L) \ll 1$ и, следовательно, $I_1(\lambda) = I_2(\lambda)$.

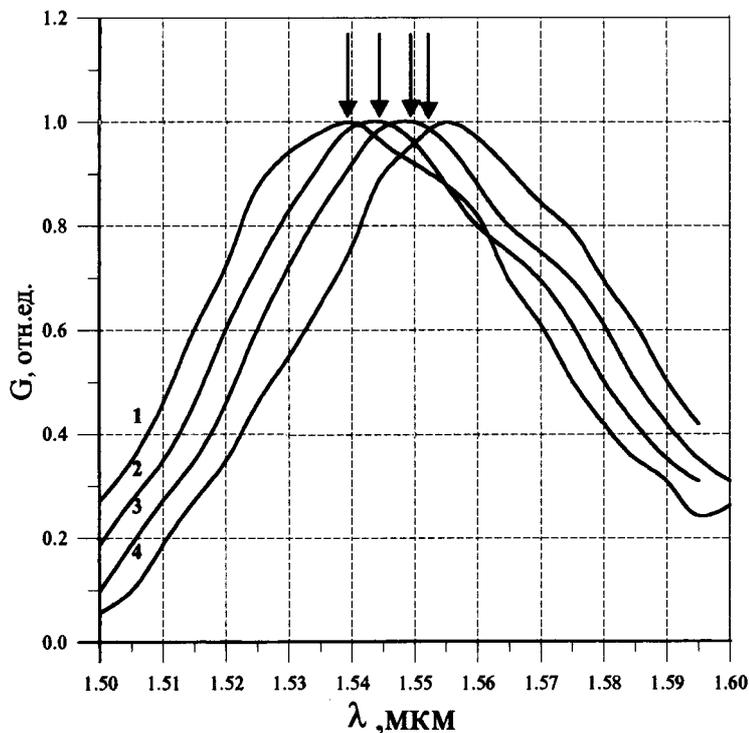


Рис. 4. Суммарный профиль усиления двухсекционного InGaAsP/InP лазера при плотностях тока накачки, соответствующих рис. 2. Стрелками показана измеренная длина волны генерации для каждой комбинации токов: 1 — $J_1 = 3 \text{ кА/см}^2$, $J_2 = 3 \text{ кА/см}^2$; 2 — $J_1 = 5 \text{ кА/см}^2$, $J_2 = 2 \text{ кА/см}^2$; 3 — $J_1 = 7 \text{ кА/см}^2$, $J_2 = 1.5 \text{ кА/см}^2$; 4 — $J_1 = 10 \text{ кА/см}^2$, $J_2 = 1 \text{ кА/см}^2$.

Рассчитанные по (2) спектры усиления из измеренных спектров спонтанного излучения при различных плотностях токов накачки J в диапазоне длин волн, существенных для перестройки, приведены на рис. 3. Эксперименты, сделанные для образцов с разным соотношением длин секций, дают согласующиеся результаты. Погрешность в определении усиления не превышает 10%.

Поскольку измерения проводились при малых превышениях тока накачки над пороговым, мы не учитывали влияния оптической мощности

на спектр усиления. И поэтому суммарный профиль усиления $G(\lambda)$ двухсекционного лазера определяется из следующего выражения:

$$G(\lambda) \sim \exp [g_1(\lambda)L_1 + g_2(\lambda)L_2], \quad (3)$$

где $g_1(\lambda)$ — усиление при плотности тока J_1 через секцию 1, $g_2(\lambda)$ — усиление при плотности тока J_2 через секцию 2.

На рис. 4 даны рассчитанные зависимости суммарного усиления InGaAsP/InP двухсекционного гетеролазера с длиной секций $L_1 = 300$ мкм и $L_2 = 100$ мкм при значениях плотностей тока через секцию лазера, соответствующих приведенным на рис. 2. Видно, что положение максимума зависимостей суммарного усиления хорошо совпадает с экспериментальными значениями длин волн генерации при данных плотностях тока через секции.

Таким образом, в двухсекционном Фабри-Перо InGaAsP/InP ($\lambda = 1.55$ мкм) лазере, созданном на базе описанной InGaAsP/InP структуры с тонкой активной областью, излучающей в одномодовом режиме генерации, получена перестройка длины волны излучения 12 нм при сохранении излучаемой оптической мощности. Предложенный метод измерения профиля усиления в двухсекционном лазере хорошо подтвержден экспериментом. Измеренные зависимости $g(J, \lambda)$ будут использованы в дальнейшем для расчета оптимального соотношения длин секций и токов накачки для расширения диапазона перестройки.

В заключение авторы выражают благодарность Н.Д. Ильинской, Т.Н. Дрокиной, Е.И. Кухаревой за помощь в подготовке образцов, С.Ф. Харлапенко за помощь в компьютерной обработке результатов, и Ж.И. Алферову за постоянное внимание к работе.

Список литературы

- [1] Hillmer H., Grabmaier A., Hansmann S., Zhu H.-L., Burkhard H., Mazagi K. // IEEE J. of Selected Topics in Quant. Electr. June 1995. V. 1. N 2. P. 356–362.
- [2] 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. В. 5. С. 70–75.
- [3] Пихтин Н.А., Тарасов И.С., Иванов М.А. // ФТП. 1994. Т. 28. В. 11. С. 1983–1990.
- [4] Huhse D., Schell M., Kaessner J., Bimberg D., Tarasov I.S., Gorbachov A.V., Garbuzov D.Z. // Electr. Lett. 1994. V. 30. N 2. P. 157–158.