

В. П. Д у р а е в (Москва, Нолатех). **Полупроводниковый кольцевой лазер.**

Полупроводниковый кольцевой лазер (ПКЛ) относится к классу приборов, в котором в замкнутом оптическом контуре распространяются встречно бегущие световые волны. Полупроводниковые кольцевые лазеры представляют собой сложные нелинейные автоколебательные системы с распределенными параметрами, в которых возможно возбуждение большого числа различных режимов генерации (режимов стоящей и бегущей волны, автомодуляционных режимов, явлений самопульсаций и т. д.) [1, 2].

Таким образом, ПКЛ имеют много возможностей для применения в новых функциональных устройствах типа восстановления синхронизации цепи, логических устройств или оптического гироскопа [3].

Явления самопульсации в кольцевом полупроводниковом лазере были исследованы в работе [4], где показано, что ПКЛ могут использоваться как самоквантующиеся оптические генераторы импульсов тока.

Исследование генерационных характеристик и активная синхронизация мод в ПКЛ с внешним волоконным кольцевым резонатором приведены в работах [5, 6].

Применение полупроводникового оптического усилителя (ПОУ) в качестве внешнего кольцевого резонатора было предложено в работе [7]. В этой же работе впервые был подробно изучен электрический отклик на оптический сигнал, проходящий по активному элементу (ПОУ).

В работе, представленной данным сообщением, описана конструкция и приведены результаты экспериментальных исследований основных характеристик полупроводниковых кольцевых лазеров.

Изменения порогового тока, длины волны излучения, величины выходного напряжения были обнаружены при замыкании и размыкании кольца, а также при изменении степени поляризации света в кольцевом резонаторе ПКЛ.

Общий вид полупроводникового кольцевого лазера представлен на рис. 1.

В основу полупроводникового кольцевого лазера заложен полупроводниковый оптический усилитель (ПОУ) [8], основные характеристики которого приведены в работе [9].

Конструктивно кольцевой полупроводниковый лазер состоит из металло-керамического корпуса типа 14-pin DIP или «Баттерфляй» (1), активного элемента (2), микроохлаждителя (3), термистора (4) и одномодового оптического волокна (5) с сохранением поляризации окольцованного и состыкованного с активным элементом ПКЛ. На концах световода сформированы микролинзы (6).

С целью повышения коэффициента ввода лазерного излучения в световод микролинзы просветлены и имеют остаточный коэффициент отражения не более 0,5%.

Активный элемент ПКЛ изготовлен на основе InGaAsP/InP квантоворазмерной гетероструктуры с 5 квантовыми ямами с длиной волны излучения 1550 нм. Длина активного элемента составляла 1200 мкм, а ширина мезаполоски — 3 мкм. Мезаполоска была сформирована методом фотолитографии под углом 7° к просветленным граням активного элемента [7].

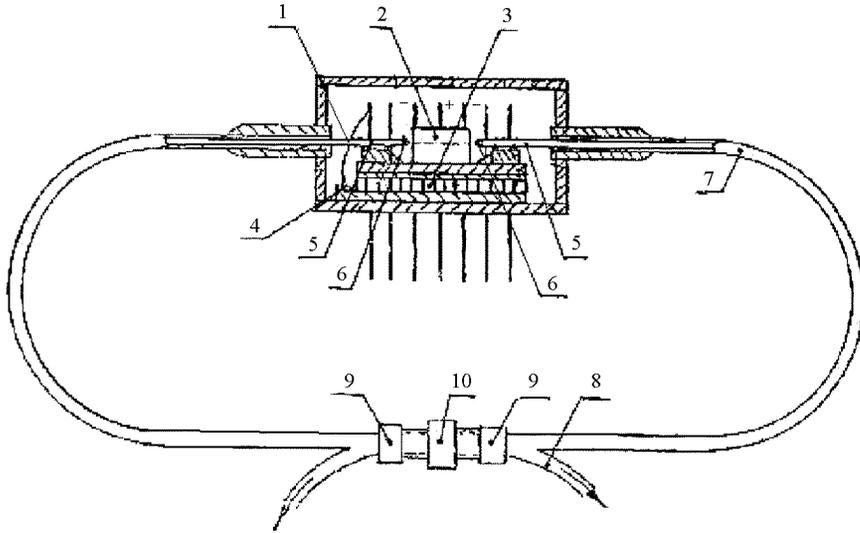


Рис. 1. Кольцевой полупроводниковый лазер, элементы конструкции

Длина световода в кольце составляла 3,55 метра (7). Температура активного элемента поддерживалась постоянной с точностью $0,1^{\circ}\text{C}$ при помощи микроохлаждителя.

Для регистрации параметров оптического излучения в цепь обратной связи включался X-образный оптический разветвитель (8) с помощью коннекторов (9) и соединительной розетки (10).

Ватт-амперные характеристики ПОУ до замыкания и ПКЛ после замыкания кольца показаны на рис. 2, а) и рис. 2, б), соответственно. Мощность излучения ПОУ составляла 1,8 мВт при токе накачки 250 мА и имела чисто суперлюминисцентную зависимость мощности от тока накачки. Пороговый ток у ПКЛ составил 66 мА и мощность излучения 10 мВт при токе накачки 150 мА.

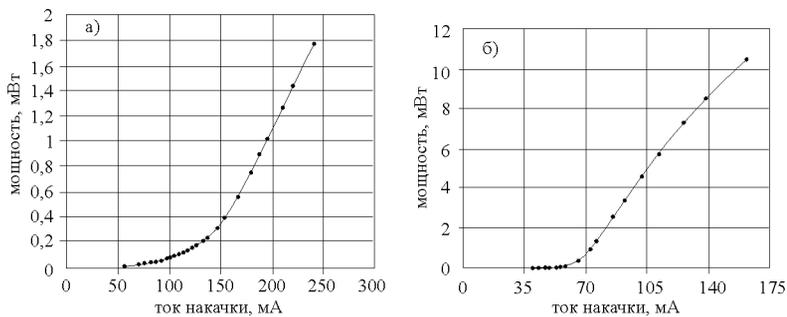


Рис. 2. Ватт-амперные характеристики ПОУ (а) и ПКЛ (б)

На рис. 3 представлена вольт-амперные и первые производные вольт-амперных характеристик ПКЛ в разомкнутом (1) и замкнутом (2) вариантах. По первой производной вольт-амперной характеристики был определен электрический отклик («отрицательный фото ЭДС») на оптический сигнал ПКЛ (7), проходящий по активному элементу при достижении порога генерации. Измеренная величина электрического отклика (фото ЭДС) на пороге генерации составила 46 мВ.

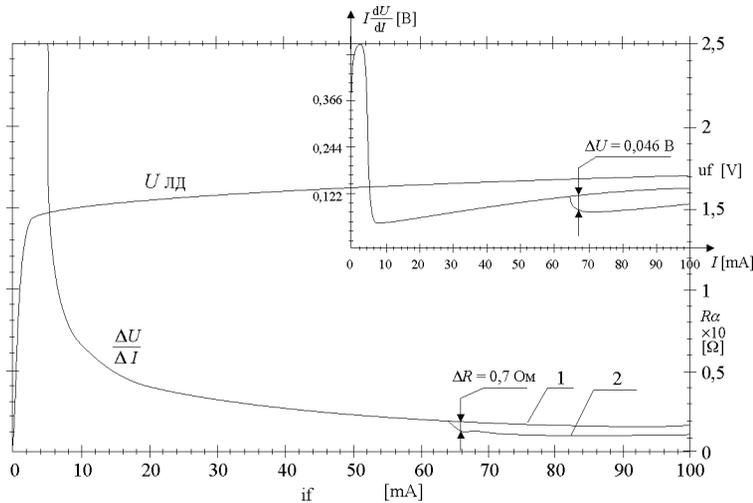


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) и первые производные ВАХ ПКЛ в разомкнутом (1) и замкнутом (2) состоянии

Изменение выходного напряжения на пороге генерации ПКЛ вызвано фотоэлектрическим эффектом, появляющимся в связи с изменением квазиуровней Ферми, а, соответственно, и эффективной шириной запрещенной зоны (что выражается также в уменьшении эффективного времени жизни избыточных носителей) [7].

Оптический спектр излучения (ПОУ) показан на рис. 4, а), а полупроводникового кольцевого лазера показан на рис. 4, б). Увеличение длины волны излучения с 1536,4 нм до 1540,2 нм и резкое сужение спектра на пороге генерации свидетельствует о наличии эффекта вынужденного излучения, т. е. о работе кольцевого лазера.

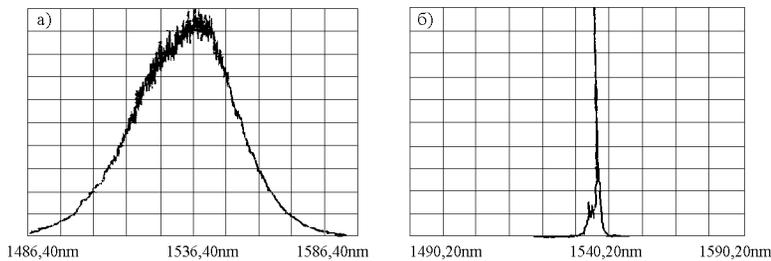


Рис. 4. Оптический спектр излучения ПОУ (а) и ПКЛ (б)

Явления изменения порогового тока ПКМ, длины волны излучения и изменение выходного напряжения (отрицательного фото ЭДС) на ПКЛ были обнаружены при изменении поляризации света; использовался контролер поляризации. Пороговое значение тока уменьшалось до 50 мА, длина волны излучения увеличилась до значения 1550 нм, что указывало на то, что концентрация неравновесных носителей заряда уменьшалась при переходе света из ТМ-поляризации в ТЕ-поляризацию. Уменьшение концентрации носителей в активной области приводило к уменьшению эффективной ширины запрещенной зоны ПКЛ, а, соответственно, к снижению напряжения на $p-n$ переходе рис. 3. Для данного типа лазеров усиление для ТМ-поляризации сигнала меньше, чем для ТЕ-поляризации.

Было также обнаружено, что ток накачки влияет на изменения поляризации в активном элементе ПКЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шереметьев А. Г.* Волоконный оптический гироскоп. М.: Радио и связь, 1987.
2. *Кравцов Н. В., Кравцов Н. Н.* Невзаимные эффекты в кольцевых лазерах. — Квантовая электроника, 1999, т. 27, № 2, с. 98–118.
3. *Ikeda M., Taguchi K., Fukushima K., Ishitani A.* Self-pulsation in a semiconductor ring laser. — In: Proceedings of Conference on Lasers and Electro-Optics, 1998.
4. *Taguchi k., Fukushima K., A. Ishitani A., Ikeda M.* Obsrvations of self-pulsation phenomenon in a semiconductor ring laser. — IEICE Trans. Elektron., 1999, v. E82-C, № 4.
5. *Акапаров В. В., Дураев В. П., Логгинов А. С., Неделин Е. Т.* Активная синхронизация мод в кольцевом лазере на основе полупроводникового оптического усилителя. — Вестник МГУ, в печати, 2005.
6. *Yao X. S., Maleki L.* Dual microwave and optical oscillator. — Optic Letters, 1997, v. 22, № 24, p. 1867–1869.
7. *Ви Ван Лыж, Дураев В.П., Елисеев П.Г. и др.* Оптический усилительный модуль и его оптоэлектронные свойства. Препринт. М.: ФИАН, 1989.
8. *Дураев В. П., Неделин Е. Т., Недобывайло Е. П., Сумароков М. А.* Кольцевой лазер. Патент № 41924, 2004.
9. *Дураев В. П.* Полупроводниковый оптический усилитель. — Lightwave (русск. изд.), 2004, № 2, с. 45.