

ПЕРЕСТРОЙКА ЧАСТОТЫ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРАХ С «KINK» ЭФФЕКТОМ

В. А. Радион

Белорусский государственный университет, г. Минск;

vladimirradion@yandex.by;

науч. рук. – В. М. Стецук

Проведено экспериментальное исследование мощностных и спектральных характеристик лазерных диодов с «kink» эффектом. С помощью интерферометра Майкельсона измерены скорости перестройки частоты генерации при изменении тока накачки. Показано, что коэффициент перестройки частоты излучения с изменением тока накачки может изменяться более чем на 50 %. Впервые показано частотная перестройка излучения кванторазмерного полупроводникового лазера до и после «kink» эффекта в импульсном режиме работы. Данный эффект может найти применение в дальномерах частотного типа для увеличения точности проводимых измерений.

Ключевые слова: полупроводниковый лазер; «kink» эффект; токовая перестройка частоты излучения; интерферометр Майкельсона.

Известно, что полупроводниковые лазеры с полосковым контактом могут иметь нелинейное поведение зависимости мощности от тока. Нелинейное поведения ватт-амперной характеристики в литературе принято называть «kink» эффектом [1]. Также известно, что лазеры, как правило, эксплуатируются до области «kink» эффекта, а при дальнейшем увеличении тока очень часто деградируют. В этом случае «kink» эффект является причиной ограничения по току и мощности при эксплуатации

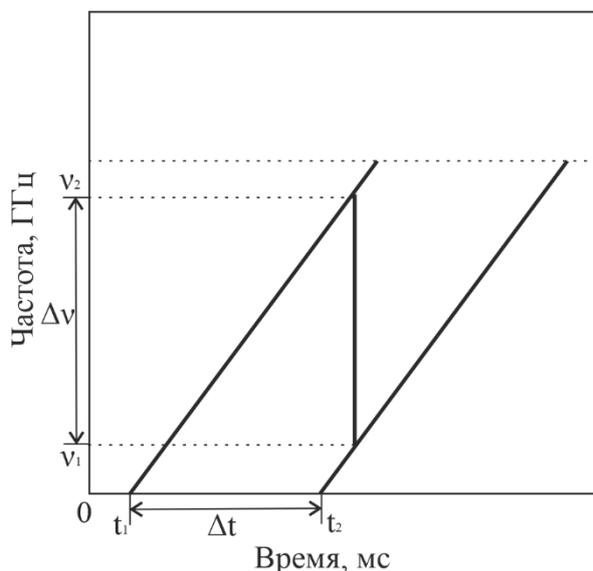


Рис. 1. Получение разностной частоты на выходе интерферометра при наличии временной задержки в одном из плеч

этих лазеров.

Целью данной работы является исследование перестройки частоты излучения полупроводниковых лазеров в области «kink» эффекта при пилообразном токе накачки.

Рассмотрению «kink» эффекта посвящено большое количество печатных работ [2–5]. Однако при изучении спектральных характеристик, как правило, использовались решеточные спектральные аппараты. Данные аппараты позволяют получить усредненный интегральный спектр при импульсном режиме накачки.

Динамику изменения спек-

тральных характеристик на данных аппаратах можно получить лишь точно. Поэтому для оценки изменения частоты излучения на различных участках пилообразного импульса нами был использован нескомпенсированный интерферометр Майкельсона.

При линейном пилообразном токе накачки вследствие изменения концентрации носителей и показателя преломления частота излучения должна изменяться линейно.

Вследствие разности плеч интерферометра Майкельсона данное изменение частоты будет происходить с задержкой, как показано на рис. 1. Поэтому на экране осциллографа мы будем фиксировать постоянную

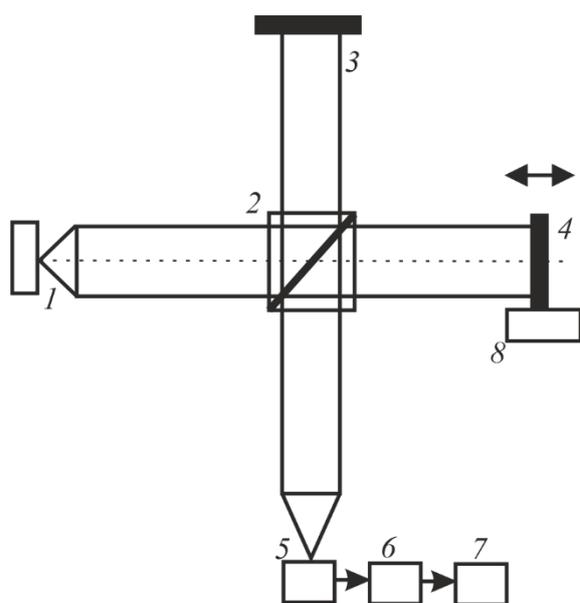


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки для определения изменения перестройки частоты излучения при пилообразном импульсе тока накачки

1 – лазерный диод, 2 – светоделительный кубик, 3, 4 – зеркала, 5 – фотоприёмное устройство, 6 – цифровой осциллограф Bordo, 7 – компьютер, 8 – микрометрическая подвижка

низкочастотную составляющую.

На рис. 2 представлена схема экспериментальной установки для определения изменения перестройки частоты излучения при пилообразном импульсе тока накачки. Коллимированное излучение лазера 1 поступало на делительный кубик 2. Затем излучение попадало на зеркала 3 и 4 и после отражения, проходя через делительный элемент, поступало на фотоприёмное устройство 5. С нагрузки этого устройства сигнал попадал на цифровой осциллограф 6 и визуализировался с помощью компьютера 7. Микрометрическая подвижка позволяла с высокой степенью точности (5 мкм) осуществлять перемещение зеркала 4 для достижения разности хода лучей в плечах интерферометра, кратной оптиче-

ской длине резонатора лазера $L_{\text{опт}}$. Это требование возникает в случае генерации лазером нескольких продольных типов колебаний. В этом случае функция временной когерентности также становится дискретной по пространственной координате [6]. То есть максимальный сигнал динамической интерференционной картины фиксируется фотоприёмным устройством 5 именно при разности хода лучей, кратной $L_{\text{опт}}$. Знание разности оптического хода лучей в интерферометре позволяет вычис-

лить перестройку частоты генерации, используя данные о количестве периодов синусоидальной функции из рис. 3.

Для исследования были выбраны лазеры видимого диапазона с $\lambda = 650$ нм, номинальной мощностью излучения 5 мВт, с шириной плоского контакта 5 мкм, длина кристалла составляла 250 мкм.

На рис. 4 представлен пилообразный импульс накачки полупроводникового лазера № 1 и соответствующее изменение мощности.

Порог генерации для данного лазера составил порядка 14 мА. На мощностной характеристике отчетливо виден «kink» эффект в диапазоне токов от 21 до 25 мА. Характеристика изменения мощности состоит из двух линейных участков: «а», «с» и области «kink» эффекта «b».

На рис. 3 из сравнения участков «а» и «с» видно, что период синусоидальной возрастающей функции участка «а» почти в два раза больше участка «с».

Частота перестройки на участке выше «kink» эффекта значительно больше. Но в области «kink» эффекта частота перестройки излучения понижается. На участке «а» коэффициент перестройки частоты генерации с изменением тока накачки составил 9 ГГц/мА, на участке «с» – 16,9 ГГц/мА.

Порог генерации лазера № 2 составил порядка 16 мА. На мощностной характеристике «kink» эффект наблюдался в диапазоне токов от 27 до 30 мА.

На участке до «kink» эффекта коэффициент перестройки частоты генерации с изменением тока

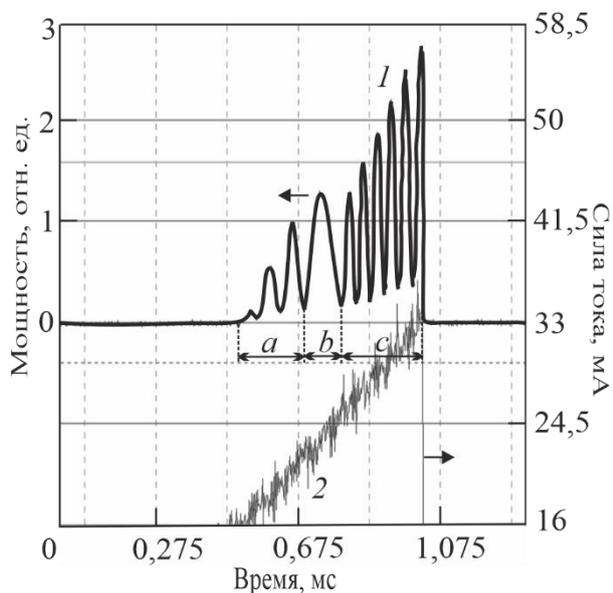


Рис. 3. Сигнал на выходе интерферометра Майкельсона (1) и пилообразный ток накачки (2) лазера № 1

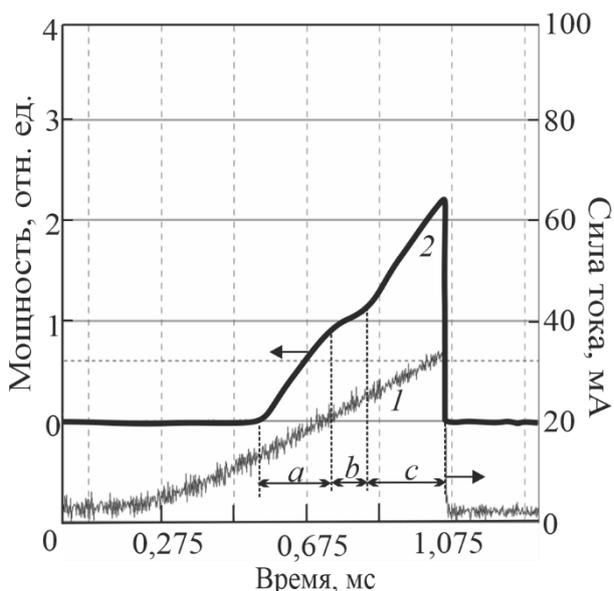


Рис. 4. Пилообразный импульс тока накачки (1) и изменение интенсивности излучения (2) для лазера № 1

накачки составил 12,3 ГГц/мА, на участке после – 30 ГГц/мА.

Следует отметить, что наряду с перестройкой под действием тока существует и температурный механизм перестройки частоты излучения. Так как длительность пилообразного импульса была порядка 0,8 мс, то в нашем случае действует два механизма, влияющие на перестройку частоты генерации: токовый и температурный. Поскольку для данного лазера появление «kink» эффекта связано с изменением положения активной области, то изменяется концентрация носителей заряда (уменьшается). Изменение частоты излучения на участке тока накачки «с» по сравнению с участком «а» будет больше. Однако не следует упускать из вида влияние температуры на частоту генерации. Возможным фактором появления «kink» эффекта является дефект в одной из областей волновода. При увеличении тока температура этой части волновода увеличивается, что приводит к образованию излома ватт-амперной характеристики, а также к увеличению перестройки частоты генерации с током.

В качестве основных результатов данной работы можем отметить следующее:

1. В результате применения нескомпенсированного интерферометра Майкельсона для оценки перестройки частоты излучения лазера была получена временная картина перестройки, которая позволила детально увидеть отличия в скорости перестройки частоты генерации на различных участках ватт-амперной характеристики.

2. Коэффициенты перестройки частоты излучения с изменением тока накачки до и после «kink» эффекта для лазера № 1 различались на 47 %, для лазера № 2 – на 59 %.

Библиографические ссылки

1. *Елисеев П. Г.* // Введение в физику инжекционных лазеров. 1983.
2. *Колыхалова Е. Д., Дюделев В. В., Зазулин С. В., Лосев С. Н., Дерягин А. Г., Кучинский В. И., Ефанов М. В., Соколовский Г. С.* // Получение ультракоротких мощных оптических импульсов от полупроводниковых лазеров за счет управления параметрами токовой накачки. 2017.
3. *Кунцевич Б. Ф., Мельников А. А., Кононенко В. К.* // Нелинейный отклик полупроводникового лазера с модуляцией тока накачки. 2002.
4. *Зегря Г. Г., Соловьев И. Ю.* // Влияние эффекта насыщения усиления на мощность излучения полупроводниковых лазеров на квантовых ямах. 2004.
5. *Бойкачев А. И., Грибковский В. П., Кононенко В. К., Охотников О. Г., Пак Г. Т., Рябцев Г. И., Яшумов И. В.* // Особенности ватт-амперной характеристики гетеролазеров с полосковым контактом. 1979.
6. *Alex R. Resinger, C. D. David, JR., K. L. Lawley, Amnon Yariv, FELLOW, IEEE* // Coherence of a Room-Temperature CVV GaAs/GaAlAs Injection Laser. 1979.