

ПЕРЕСТРОЙКА ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАЦИИ КВАНТОВОРАЗМЕРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ ПРИ ПРЯМОУГОЛЬНОМ ТОКЕ НАКАЧКИ

Е. А. Лебедева

elizavetalebedeva748@gmail.com;

Научный руководитель — В. М. Стецик, старший преподаватель

Одной из важнейших характеристик полупроводникового лазера является перестройка частоты излучения. Наиболее часто она осуществляется за счет изменения температуры, при которой находится излучатель, или изменением тока накачки. Целью исследования являлось исследование перестройки частоты излучения квантоворазмерных полупроводниковых лазеров при прямоугольном импульсе накачки. Выявлено изменение частоты перестройки при укорочении переднего фронта. Изменения перестройки составили от $2 \cdot 10^{11}$ до $0.63 \cdot 10^{11}$ Гц, при изменении длительности от 350 до 1 мкс. На плоской вершине изменение частоты определяется температурой образца, которая зависит от амплитуды импульса накачки. Максимальная скорость перестройки частоты перестройки достигается в начале плоской вершины.

Ключевые слова: перестройка частоты излучения; интерферометр Майкельсона; прямоугольный импульс накачки; полупроводниковый лазер.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из параметров полупроводникового лазера является спектр генерации. Благодаря такому свойству лазера, как управления спектром генерации, они получили широкое применения в спектроскопии. На практике, чаще всего для регистрации спектра применяют спектрометр с решетчатым дисперсионным элементом. Спектр регистрируется фотоумножителем либо фотоприемником с ПЗС структурой. Регистрация спектра с помощью спектрометров с призмочно решетчатыми дисперсионными элементами позволяют получить усредненный спектр при импульсном излучении лазера [1].

Устройством, позволяющим регистрировать изменения частоты излучения в реальном масштабе времени, является интерферометр. Причем, для получения сигнала пропорционального изменению частоты генерации излучения, необходимо, чтобы разность длин плеч интерферометра ΔL не равнялась нулю. В нашем случае одно из зеркал интерферометра закреплялось на подвижный столик, снабжённый микрометрическим измерительным устройством. Одним из вариантов интерферометра является эталон Фабри-Перо. Однако у него отсутствует возможность изменения расстояния между зеркалами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из литературных данных известно, что перестройка частоты генерации чаще всего исследуется с помощью внешних резонаторов Фабри-Перо, а именно твердотельных элементов, именуемых эталонами. [2–5] Данный вид интерферометров является наиболее простым и легко применимым устройством. Однако имеется ряд существенных

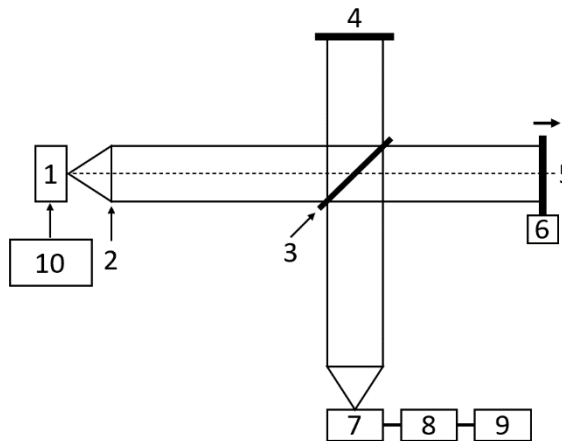


Рис. 3. Блок-схема экспериментальной установки для определения изменения частоты перестройки полупроводниковых лазеров при различных типах тока накачки

экспериментальной установки (интерферометра Майкельсона) показана на рис. 1 (1 – полупроводниковый диод, 2 – линза, 3 – светоделительное устройство, 4, 5 – зеркала, 6 – микрометрическая подвижка, 7 – фотоприёмное устройство, 8 – цифровой осциллограф Bordo, 9 – компьютер, 10 – генератор накачки).

Объектом исследования полной перестройки частоты излучения были лазеры с длиной волны $\lambda = 660$ нм, мощностью 50 мВт, производство Южной Кореи QL65J7SA, пороговый ток накачки составлял ~ 55 мА, максимальный ток накачки 105 мА.

недостатков данного устройства. В случае генерации большого количества продольных мод оптическая длина эталона Фабри-Перо чаще всего будет не соответствовать кратному числу оптических длин резонатора лазера, и глубина модуляции сигнала на выходе интерферометра не будет периодической и будет иметь малую амплитуду [6].

С этой точки зрения применение интерферометра Майкельсона позволяющего изменять положение одного из зеркал является более предпочтительным. Блок-схема

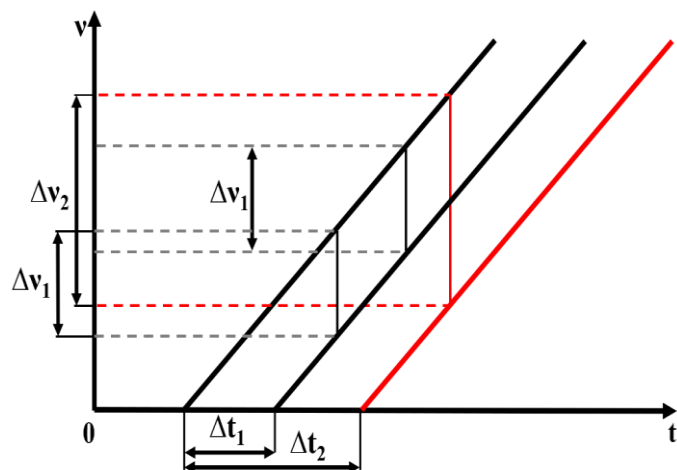


Рис. 2. Получение разностной частоты на выходе интерферометра при наличии временной задержки Δt в одном из плеч и линейном изменении частоты генерации от времени.

На рис. 2 представлены линейные зависимости перестройки частоты генерации лазера на выходе интерферометра. Результатом является появление на входе фотоприёмного устройства сигнала с постоянной частотой $\Delta\nu_1$, которая может изменяться в зависимости от задержки в плечах интерферометра Δt . Графики построены с учетом предположения, что при линейном изменении тока происходит линейное изменение концентрации носителей заряда и показателя преломления. Кратное изменение задержки в плечах интерферометра приводит к аналогичному изменению сигнала на выходе интерферометра $\Delta\nu_2$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В эксперименте передний фронт прямоугольного импульса накачки модулировался пилообразным импульсом различной длительности. На рис. 3 представлены сигналы на выходе интерферометра при длительности импульса накачки 350 (а) и 1 мкс (б). Из рисунков видно, что количество периодов динамической интерференционной картины на выходе устройства уменьшается с 13 до 8. Это объясняется меньшим температурным нагревом активной области, а следовательно, и меньшей перестройкой частоты генерации.

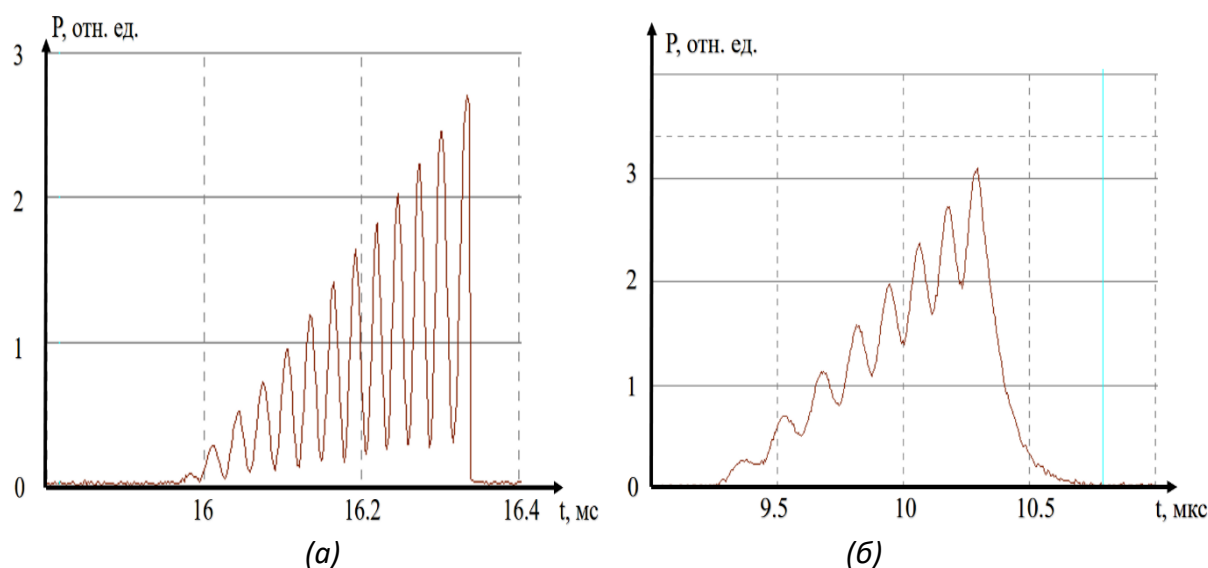


Рис. 3. Сигнал на выходе интерферометра при пилообразном токе накачки полупроводникового лазера при длительности импульса 350 (а) и 1 мкс (б)

При экспериментах с прямоугольным импульсом накачки значение длительности фронта нарастания было менее 100 нс. При этом нагрев кристалла и соответствующая ему перестройка частоты излучения на переднем фронте будет значительно меньше, чем изображенная на рис. 3. б.

На рис. 4 приведены результаты сигнала на выходе интерферометра при токах накачки 60 (а) и 80 мА (б). Данные графики различаются амплитудой и количеством периодов динамической интерференционной картины.

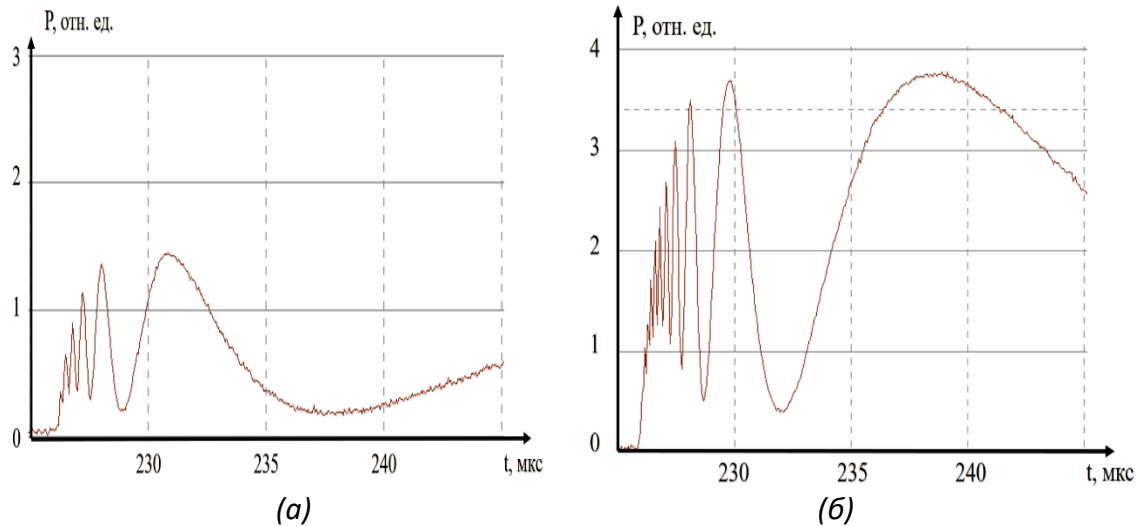


Рис. 4. Сигнал на выходе интерферометра при прямоугольном токе накачки полупроводникового лазера амплитудой 60 (а) и 80 мА (б)

Максимальное изменение частоты генерации происходит в самом начале плоской вершины. Далее эта частота понижается и к концу импульса лазер выходит в режим термодинамического равновесия, и частота перестройки излучения пропадает. Наибольшие частоты перестройки частоты генерации реализуются при больших амплитудах импульса накачки. Изменяя длительность импульса накачки, мы можем управлять импульсным нагревом активной области. Существенный нагрев происходит в начале плоской вершины. В нашем случае временной диапазон этого нагрева составляет ~ 5 мкс. Для лазера, у которых ток накачки существенно превышает 100 мА, временной диапазон нагрева может быть намного больше указанной величины 5 мкс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В случае прямоугольного импульса накачки его можно разделить на следующие участки: первое – фронт нарастания импульса накачки, второе – пологая вершина, третье – фронт спада импульса накачки.

Для первого характерно воздействие на частоту генерации изменения концентрации носителей заряда за счет амплитуды тока и температуры активной области. В случае уменьшения фронта импульса до значений 1 мкс и менее, воздействие температуры значительно уменьшается и область перестройки частоты уменьшается от значения $2 \cdot 10^{11}$ Гц до

$0.63 \cdot 10^{11}$ Гц. Таким образом, можно минимизировать воздействие температуры и изменения частоты будет фактически обусловлено изменением концентрации носителей заряда за счет тока накачки.

Плоская вершина импульса представляет собой включения постоянного тока, который действует в течение импульса накачки. Этот участок импульса определяет изменение частоты генерации за счет изменения температуры.

При больших длительностях импульса накачки можно наблюдать выход лазера в режим термодинамического равновесия (рис. 4 финальная часть импульса). Это хорошо видно по отсутствию колебательного процесса в сигнале на выходе интерферометра вблизи фронта спада.

В случае длительности фронта накачки 100 нс и менее нагрев на фронте минимизируется и резко увеличивается рост температуры в начале пологого фронта. Частота сигнала на выходе интерферометра в этой области может достигать 50 МГц и более. Поэтому уменьшение амплитуды синусоидальной функции в начале плоского фронта обусловлено недостаточной полосой пропускания фотоприёмного тракта.

Библиографические ссылки

1. Ветров А. А., Данилова Д. А., Есипов С. С., Комиссаров С. С. Сергушичев А. Н. // Сравнение температурных и электрических методов управления длиной волны излучения полупроводниковых лазеров. "Оптический журнал". Т. 76. В. 8. 2009. С. 90–96.
2. Астахова, А.П. Данилова, Т.Н. Именков, А.Н. Колчанова, Н.М. Яковлев, Ю.П. Одномодовые быстроперестраиваемые лазеры для диодно-лазерной спектроскопии. Т. 37. В. 8. 2003. С. 985–995.
3. Данилова, Т.Н. Именков, А.Н. Колчанова, Н.М. Яковлев, Ю.П. Лазеры на основе двойных гетероструктур InAsSb/InAsSbP излучающие в спектральной области 3–4 мкм // Физика и техника полупроводников. Т. 35. В. 12. 2001. С. 1466–1480.
4. Данилова, Т.Н., Евсеенко О. И., Именков, А.Н., Колчанова, Н.М., Степанов М. В., Шерстнев В. В., Яковлев Ю. П. Влияние носителей заряда на перестройку в лазерах на основе InAsSb // Физика и техника полупроводников. Т. 31. В. 6. 1997. С. 662–665.
5. Данилова А. П., Данилова Т. Н., Именков А. Н., Колчанова Н. М., Степанов М. В., Шерстнев В. В., Яковлев Ю. П. // Безынерционная перестройка частоты генерации диодных лазеров на основе гетероструктур InAsSb/InAsSbP, обусловленная нелинейными оптическими эффектами // Физика и техника полупроводников. Т. 33. В. 2. 1998. С. 243–248.