

Особенности регистрации перестройки частоты излучения полупроводниковых лазеров с помощью интерферометра Майкельсона

В. М. Стецик, В. В. Суринович

Белорусский государственный университет, Минск, e-mail:stetsik@bsu.by

В работе рассмотрены результаты исследований перестройки частоты генерации с использованием интерферометра Майкельсона. Отмечена возможность увеличения точности измерения перестройки частоты за счет увеличения разности оптического хода в плечах интерферометра. Указана возможность оценки изменения частоты при изменении длительности импульса накачки и температуры хладопровода. Показана возможность определения по току областей перескока мод, без определения изменения частоты в этих областях.

Ключевые слова: полупроводниковый лазер, перестройка частоты излучения, интерферометр Майкельсона, пилообразный импульс накачки.

Введение

Спектр применения полупроводниковых лазеров обусловлен их преимуществом по сравнению с другими типами лазеров. Основные применения – использование в оптоволоконных оптических линиях связи, накачка твердотельных, высокомоощных волоконных лазеров, применение для измерения скорости, дальности, профиля поверхности, вибрации различных объектов.

Одним из важных параметров полупроводникового лазера является: спектр генерации. Важным является возможность управления этим спектром и возможность регистрирования с высокой точностью изменения частоты генерации. На практике, чаще всего регистрация спектра производится с помощью спектрометра с решетчатым дисперсионным элементом. Спектр регистрируется фотоумножителем либо фотоприемником с ПЗС структурой. Оба эти варианта дают усредненный спектр при импульсном излучении лазера. Устройством позволяющим регистрировать изменения частоты излучения в реальном масштабе времени является интерферометр. В случае использования интерферометра Майкельсона с возможностью регулирования разности оптического хода в его плечах, появляется возможность регистрировать изменения частоты генерации в случае пилообразного импульса накачки. Можно рассматривать пилообразный импульс накачки как передний фронт прямоугольного импульса.

При исследовании перестройки частоты генерации полупроводниковых лазеров использовался интерферометр Майкельсона с возможностью изменения положения зеркала в одном из плеч.

Экспериментальные результаты

На рис. 1 представлены линейные зависимости перестройки частоты генерации лазера в двух плечах интерферометра. Результатом является появление на выходе устройства сигнала с постоянной частотой. Графики построены с учетом предположения, что с линейным изменением тока происходит линейное изменение показателя преломления. В случае линейного изменения частоты генерации от времени на выходе интерферометра появляется сигнал с постоянной разностной частотой $\Delta\nu$.

На рис. 2 представлены графики пилообразного тока накачки и сигнала на выходе интерферометра при разности плеч, равной оптической длине резонатора лазера $L_{\text{опт}}$, которая вычисляется по формуле

$$L_{\text{опт}} = L_{\text{г}} \cdot n ,$$

где L_r –геометрический размер резонатора полупроводникового лазера, n –эффективный показатель преломления.

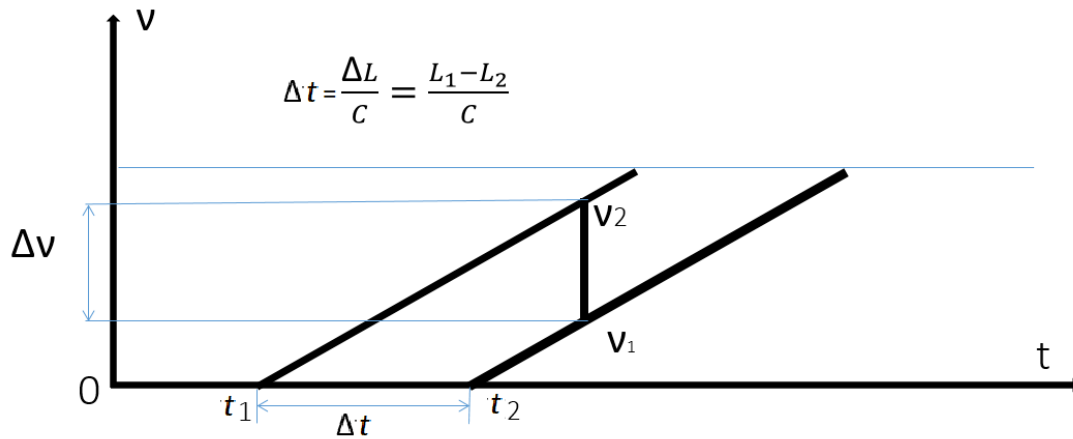


Рис. 1. – Получение разностной частоты на выходе интерферометра при наличии временной задержки Δt в одном из плеч и линейном изменении частоты генерации от времени.

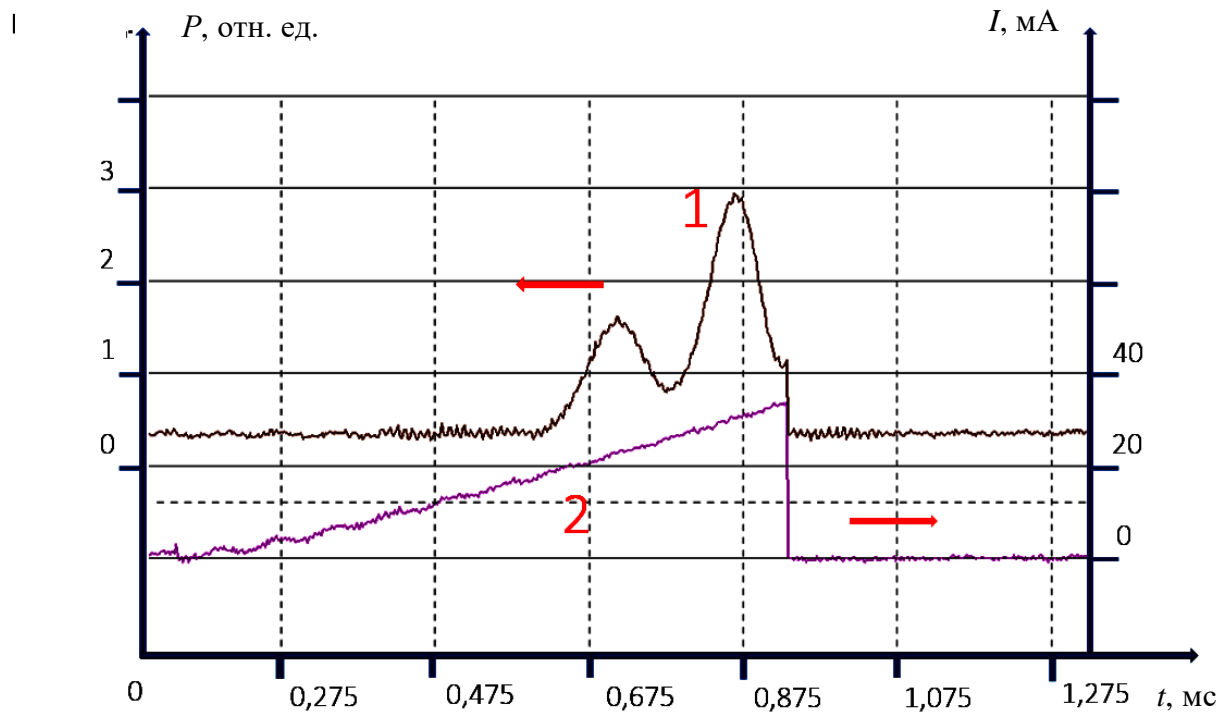


Рис. 2. – Сигнал на выходе интерферометра Майкельсона (1) при разности хода плеч равном оптической длине резонатора ($L_{\text{опт}}$) и пилообразный ток накачки (2).

При увеличении разности хода в плечах интерферометра кратно увеличивается количество периодов в динамической интервенционной картине, что показано на рис. 3.

В случае одночастотной генерации полупроводникового лазера с резонатором Фабри-Перо и пилообразного тока накачки, при настройке интерферометра на разность

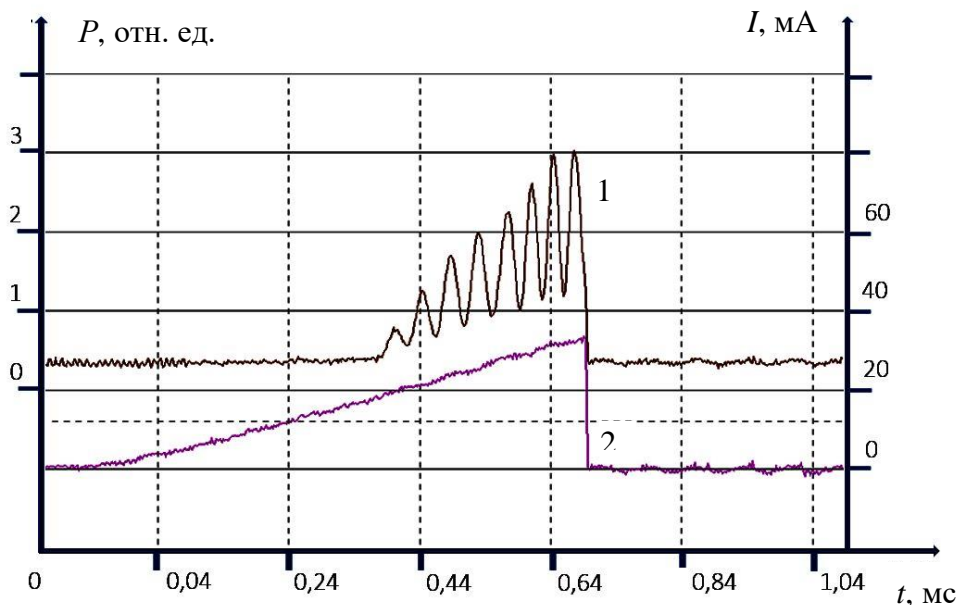


Рис. 3. – (1) Сигнал на выходе интерферометра Майкельсона (1) при разности хода в плечах интерферометра равном $4L_{\text{опт}}$, (2) пилообразный ток накачки полупроводникового лазера

плеч, не кратную $L_{\text{опт}}$, наблюдается срыв фазы синусоидальной зависимости в точках перескока мод.

Наиболее явственно области перескока мод наблюдаются при разности хода между зеркалами $0 < \Delta L < 1L_{\text{опт}}$, представленном на рис. 4. В этом случае пологие участки графика соответствует слабому изменению положения резонансных пиков резонатора полупроводникового лазера. В области линий с высокой крутизной происходит значительное изменение длины волны генерации. Эта область соответствует перескоку длины волны генерации с одного резонансного пика на другой или через один. Однако определить изменения частоты генерации в области перескока мод из данного графика не представляется возможным.

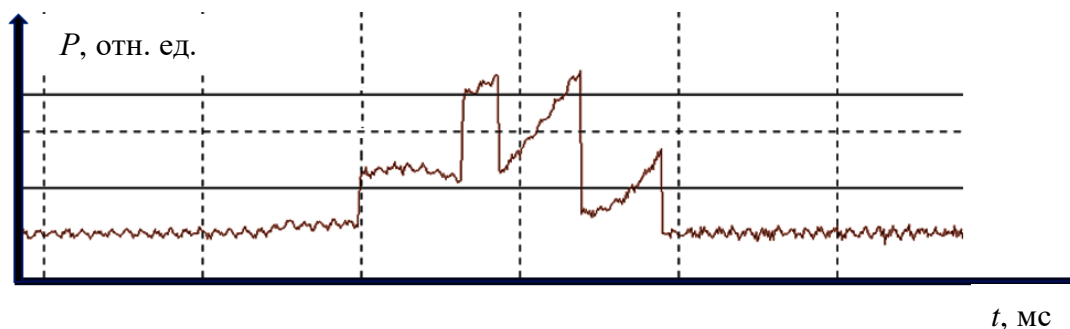


Рис. 4. – Сигнал на выходе интерферометра Майкельсона при разности хода в плечах интерферометра равном $0 < \Delta L < 1L_{\text{опт}}$, $t_{\text{и}} = 0.01$ мс.

При малом увеличении температуры и настройке интерферометра на разность хода кратной $L_{\text{опт}}$ происходит равномерный сдвиг фазы синусоиды к началу генерации лазера.

При увеличении длительности импульса накачки разогрев активной области увеличивается в пределах импульса и растет количество периодов в динамической интерференционной картине, что свидетельствует об увеличении перестройки частоты резонансов полупроводникового лазера. Это изображено на рис. 5.

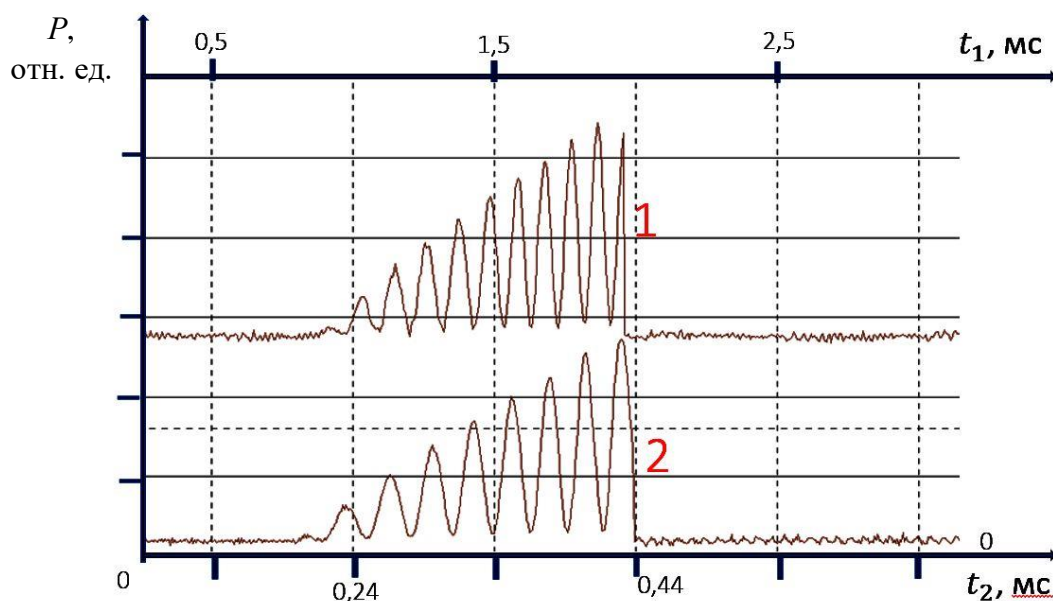


Рис. 5. – Сигналы на выходе интерферометра Майкельсона при разности хода в плечах интерферометра, равной $\Delta L = 4$, при длительностях импульса 20 мс (1) и 1,2 мс (2).

Заключение

В результате исследования интерферометра Майкельсона для оценки перестройки частоты излучения полупроводникового лазера были обнаружены следующие особенности работы этого устройства: (1) интерферометр Майкельсона позволяет с высокой точностью оценить перестройку резонансов резонатора полупроводникового лазера. Повышать точность в данном устройстве возможно при кратном увеличении разности плеч интерферометра. (2) Области перескока мод, существующие как при изменении тока, так и температуры могут быть отслежены лишь качественно без определения изменения длины волны генерации; (3) при увеличении температуры периоды синусоидальной функции, описывающей динамическую интерференционную картину на графике зависимости выходного сигнала от тока сдвигаются в сторону начала генерации лазера. Аналогичный эффект наблюдается и с областями перескока мод. (4) При увеличении длительности импульса область перестройки частоты генерации за счет изменения положения резонансов полупроводникового лазера увеличивается, что выражается в увеличении количества периодов синусоидального сигнала на выходе интерферометра

Features of registering the radiation frequency of semiconductor lasers using the Michelson interferometer

V. M. Stetsik, V. V. Surinovich

Belarusian State University, Minsk; e-mail: stetsik@bsu.by

The paper reviews the results of the generation frequency restructuring using the Michelson interferometer. It was noted the possibility of increasing the accuracy of measurement of the frequency restructuring due to an increase in the difference in the optical stroke in the shoulders of the interferometer. It is indicated for the possibility of estimating the change in frequency when changing the duration of the pump pulse and the temperature of the refrigeration. The ability to determine the current of the modes of the modes, without determining the change in frequency in these areas.

Keywords: semiconductor laser, radiation frequency restructuring, Michelson interferometer, sawtooth pumping pulse.