

Спектры излучения и оценка качества мощного лазерного диода при выходе на рабочий режим

В.В. Близнюк^{1,*}, В.А. Паршин¹, А.Г. Ржанов^{2,**}, О.И. Семенова¹, А.Е. Тарасов¹,
Н.А. Хлынцев¹

¹ Национальный исследовательский университет «МЭИ»

² Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

*4059541@mail.ru, **rjanov@mail.ru

Существует несколько методов оценки качества многослойной гетероструктуры в мощных лазерных диодах (МЛД). Примеры можно найти в работах [1-3].

Так, в патенте [3] описан прямой способ оценки качества гетероструктуры полупроводникового лазера, который включает в себя воздействие на волноводный слой полупроводникового лазера световым излучением, не испытывающим межзонного поглощения в его активной области. В волноводных и ограничительных слоях гетероструктуры излучение поглощается на свободных носителях и дефектах структуры. Регистрация величины интенсивности светового излучения, прошедшего через указанные слои при отсутствии тока накачки и при определённой заданной величине тока накачки, позволяет определить величину внутренних оптических потерь. При величине внутренних оптических потерь, меньших заданной величины для данного типа лазера, судят о высоком качестве гетероструктуры полупроводникового лазера. Технический результат заключается в обеспечении возможности контроля отдельного полупроводникового лазера в линейке или матрице лазеров при высоких токах накачки. Подобный способ хорош, но он требует трудоёмких измерений, сложного оптического оборудования и вмешательства в конструкцию МЛД. Поэтому он не годится для МЛД с выходом излучения в волокно.

В данной работе мы предлагаем метод оценки качества гетероструктуры МЛД на основе измерений спектрограмм в надпороговом режиме генерации. Как и в работах [1, 2], в качестве спектрального прибора мы использовали монохроматор МДР-23. Метод имеет ряд особенностей. Во-первых, мы исключили фактор временной деградиационной зависимости спектральной характеристики лазера при заданных параметрах тока накачки. Для этого измерения спектра излучения лазера при разных токах накачки проводились в течение малого (не более 30 минут) интервала времени. Во-вторых, значения тока накачки лежат в диапазоне $1.15 I_{\text{пор}} - 2.6 I_{\text{пор}}$. Это меньше штатного значения для данного типа МЛД. Для каждого экземпляра лазерного диода была измерена зависимость тока накачки от напряжения, приложенного к входу лазерного модуля. Для всех измерений характерно, что при пороговом токе $I_{\text{пор}}$ примерно равно для большинства диодов 65 мА, напряжение на входе лазерного модуля даже при максимальном значении тока накачки 167 мА, при котором проводились измерения, не превышает значения, при котором драйвер начинает работать в штатном режиме источника тока. В такой ситуации были приняты меры для стабилизации тока накачки во время измерений спектральных характеристик. Это было сделано с помощью дополнительной стабилизации напряжения питания драйвера.

Было установлено, что в течение 10 секунд после подключения лазерного модуля к блоку питания УБП наблюдается монотонное увеличение тока на входе модуля на 0,5%. По истечении указанного времени относительная нестабильность тока накачки не превышает 0,02% в течение всего времени измерений спектрограмм, то есть в течение 60 секунд. Как показывает практика, при таком уровне нестабильности тока накачки обеспечивается повторяемость результатов измерения спектральных линий, как по амплитуде, так и по центральной частоте. Таким образом, точность измерений

спектрограмм лазерного диода можно увеличить путем задержки начала измерений относительно момента включения питания лазерного модуля не менее чем на 10 секунд. Кроме того, нами было установлено, что при токах накачки, не превышающих $1.7 I_{\text{пор}}$, охлаждение корпуса лазерного модуля направленным потоком воздуха не приводит к изменению спектрограмм, измеренных без принудительного охлаждения модуля, а значит и к изменению условий анализа спектрограмм с целью определения качества гетероструктуры, зондируемой такими токами накачки.

На рис. 1 приведена при токе накачки $I_n=95$ мА спектрограмма МЛД №121, имеющего пороговый ток $I_{\text{пор}}=65$ мА, штатный ток $I_{\text{ш}}=275$ мА, штатную мощность $P_{\text{ш}}=200$ мВт. В спектре при токе $I_n=95$ мА наблюдалось две группы продольных мод ($N_k=2$). При увеличении тока накачки в указанном выше диапазоне значений происходит возгорание новых групп спектральных линий, вызванное перераспределением энергии между каналами генерации. В наших измерениях число групп (каналов) достигало $N_k=5$. Это вызвано тем, что указанный лазер уже имел наработку более 1000 часов. Число каналов генерации при малой накачке МЛД определяется шириной контакта (активной области) прибора. Для исследуемого устройства с наработкой минимальное число каналов оказалось равным двум. В случае, если бы данный прибор имел нулевую наработку часов, этот результат свидетельствовал бы о плохом качестве гетероструктуры. Далее, имея указанные спектральные данные при малых и больших токах накачки, с помощью методики, описанной нами в [4], можно делать более определённые выводы о качестве гетероструктуры МЛД как при нулевой наработке, так и при наличии приобретённой деградации.

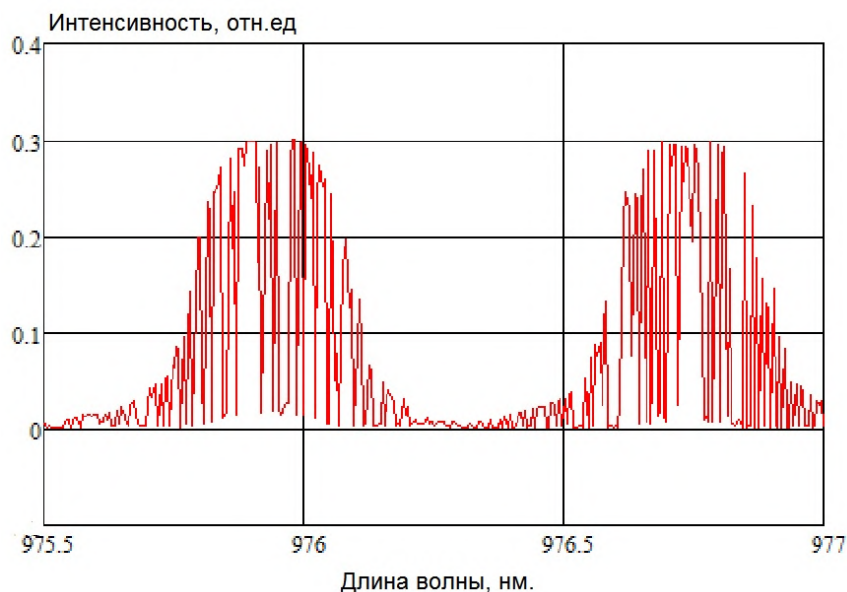


Рис. 1. Спектрограмма МЛД №121 при токе накачки $I=95$ мА.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Близнюк и др. // Изв. РАН. Сер. физ. 2022. Т. 86. № 11 С. 1598.
2. В. В. Близнюк и др. // Изв. РАН. Сер. физ. 2022. Т. 86. № 7. С. 1008.
3. Д. А. Веселов и др. "Способ оценки качества гетероструктуры полупроводникового лазера". Патент RU2015121783/28A. 2015-06-08.
4. А.Г. Ржанов и др. // Самарцевские Чтения (ФЭКС/IWQO-2023): Сборник тезисов. г. Светлогорск, 18 – 22 сентября 2023 г. С. 174.