

*Четырнадцатая Международная научно-техническая конференция
«Оптические методы исследования потоков»
Москва, 26 – 30 июня 2017 г.*

УДК 621.373

В.В.Близнюк, Е.Е. Виноградова, О.И. Коваль

*Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия,
111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, E-mail: vinogradova.mpei@gmail.com*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЛАЗЕРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ОДНОМОДОВЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ ПО ИХ СПЕКТРУ ИЗЛУЧЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

Показана возможность определения деградации одномодового лазерного диода по ширине спектра его излучения, измеренной на уровне 0,2 от максимального значения интенсивности на пиковой длине волны.

**ЛАЗЕРНЫЙ ДИОД, ДЕГРАДАЦИЯ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА, СПЕКТРАЛЬНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время лазерные диоды широко используются в различных устройствах и комплексах, предназначенных для применения в промышленном производстве, медицине и в научных исследованиях. При этом они являются приборами, требующими постоянного контроля и своевременной замены. Значительной проблемой является определение срока эксплуатации лазерного диода, после которого он начнет терять необходимое для работы качество. Именно это затрудняет своевременную замену деградирующих лазерных диодов в измерительных системах.

Для решения этой проблемы разрабатывается ряд новых методик диагностики состояния лазерных диодов. Несмотря на то, что многие из них представляют интерес с точки зрения используемых в них физических или математических моделей, возникает вопрос о практической применимости данных методик.

Анализ спектральных характеристик лазерного излучения позволяет судить о степени деградации лазерного диода. Для выработки алгоритма определения степени деградации лазерного излучения необходим тщательный входной контроль лазерного диода, а также результаты измерения спектральных характеристик в течение продолжительного времени.

В данной работе были изучены спектральные характеристики различных одномодовых лазерных диодов с разным временем наработки. Исследовались лазерные модули инфракрасного излучения KLM-N980-120-5, а также модули зеленого излучения KLM-D532-5-5 и модули красного излучения KLM-D650-5-5. Их технические паспортные характеристики приведены в, соответственно, [4], [5] и [6].

Эксперименты проводились с использованием стандартизированной методики [1]. Экспериментальная установка, базирующаяся на этих методиках, представлена на рис. 1. Она

представляет собой развитие измерительных стендов, описанных в [2] и [3].



Рис. 1. Схема установки для исследования спектров излучения лазерных диодов

Установка состоит из трех функциональных блоков. В состав первого блока входят исследуемый лазер и оптическая система, предназначенная для фокусировки его излучения и, при необходимости, чтобы не перегрузить фотодиод ФД-К-155, возможного ослабления лазерного излучения.

Второй функциональный блок представляет собой монохроматор МДР-23.

Третий блок предназначен для приема оптического излучения с выхода МДР-23, преобразования его в электрический сигнал с последующей подачей этого сигнала на вход платы NI-USB 6008. Обработанный платой сигнал поступает непосредственно на компьютер с установленным программным обеспечением NI SignalExpress. Благодаря использованию этого обеспечения становится возможной визуализация спектральной зависимости непосредственно после её измерений. Благодаря этому открывалась возможность корректировки условий проведения эксперимента.

Результаты экспериментов представлены на рисунках 2-4. В таблице 1 приведены сведения о ширине спектра на уровнях 0,2 и 0,5.

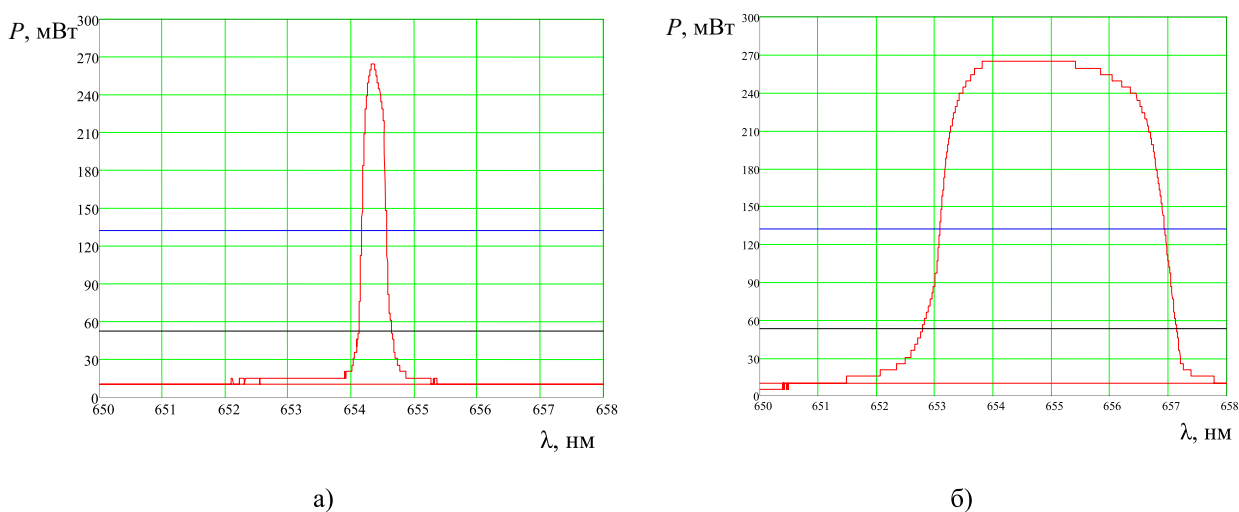
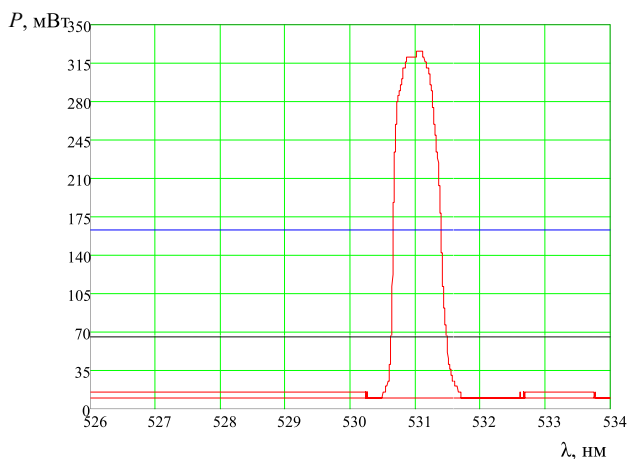
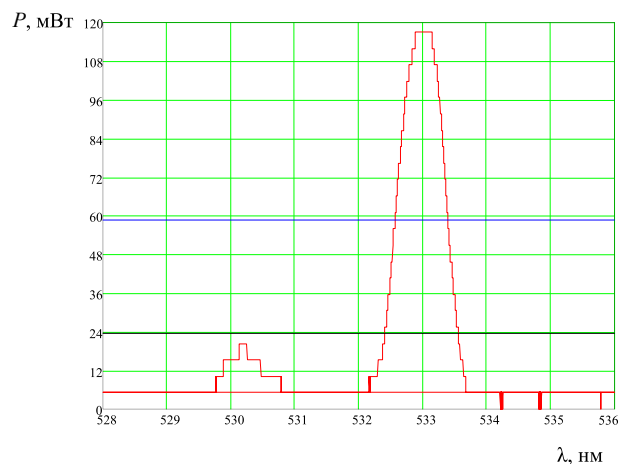


Рис. 2. Спектральные характеристики диода KLM-D650-5-5, измеренные: а) 20. 11. 2016, б) 29. 3. 2017. Синей линией показан уровень 0,5, черной - 0,2 от максимального значения интенсивности на пиковой длине волны.

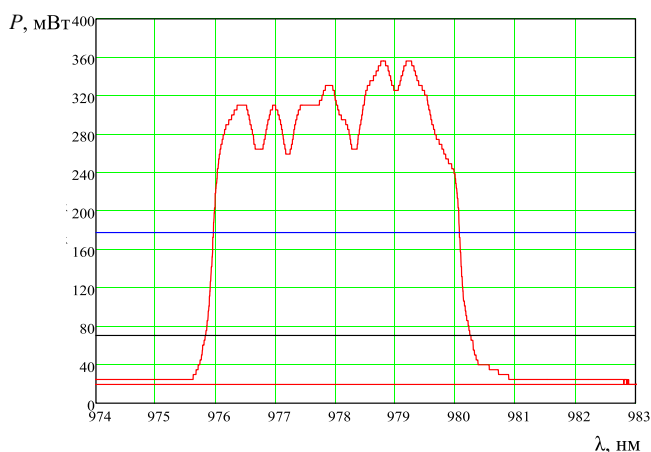


а)

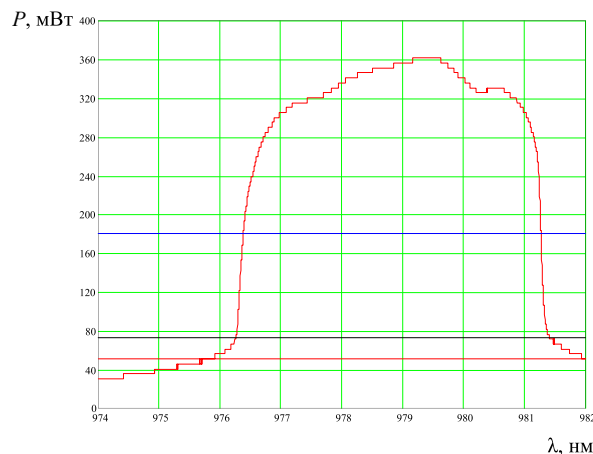


б)

Рис. 3. Спектральные характеристики диода KLM-D532-5-5, измеренные: а) 18. 10. 2016, б) 29. 3. 2017. Синей линией показан уровень 0,5, черной - 0,2 от максимального значения интенсивности на пиковой длине волны.



а)



б)

Рис.4. Спектральные характеристики диода KLM-H980-120-5, измеренные: а) 21. 4. 2016, б) 29. 3. 2017. Синей линией показан уровень 0,5, черной - 0,2 от максимального значения интенсивности на пиковой длине волны.

Таблица 1. Результаты измерений ширины спектральной линии на уровнях 0,2 и 0,5 исследованных лазерных диодов

Лазерный диод	Дата исследования	Ширина спектра на уровне 0,5, нм	Ширина спектра на уровне 0,2, нм
KLM-D532-5-5	18. 10. 2016	0,73	0, 84
KLM-D532-5-5	29. 3. 2017	0, 83	1, 17
KLM-D650-5-5	20. 10. 2016	0, 4	0, 53
KLM-D650-5-5	29. 3. 2017	3, 86	4, 28
KLM-H980-120-5	21. 4. 2016	4,1	4,43
KLM-H980-120-5	29. 3. 2017	4, 89	5,2

Следует отметить, что исследованные лазерные диоды за время их диагностики подвергались неоднократному нагреву и охлаждению в климатической камере, что привело к

их значительной деградации, которая, в частности, проявляется в трансформации спектральных характеристик диодов KLM-D650-5-5 и KLM-H980-120-5.

В случае с диодом KLM-D650-5-5 наблюдается настолько сильное уширение спектральных линий, что преимущество определения ширины этих линий на уровне 0,2 по сравнению с уровнем 0,5 незначительно. Та же ситуация имеет место при диагностике ИК-лазера KLM-H980-120-5, хотя при этом уширение не столь значительно.

Что касается преимуществ анализа спектра излучения на уровне 0, 2, то оно становится очевидным при диагностике KLM-D532-5-5 (видимое зеленое излучение на длине волны 532 нм), представляющих наибольший практический интерес у потребителя. При этом следует заметить, что излучение лазера KLM-D532-5-5 получается путем использования нелинейного кристалла-удвоителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были проведены измерения спектральных характеристик лазерных диодов с различной пиковой длиной волны излучения. Рассмотрена возможность использования ширины спектральной линии на уровне 0,2 от максимальной мощности на пиковой волне генерации в качестве критерия определения степени деградации лазерного диода. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что ширина спектральной линии на уровне 0,2 позволяет оценить степень деградации только на начальной стадии деградации лазерного диода. При сильной деградации в качестве такого параметра достаточно использовать параметр ширина линии излучения на уровне 0,5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ Р ИСО 13695–2010** – Оптика и фотоника. Лазеры и лазерные установки (системы). Методы измерений спектральных характеристик лазеров. – М. Стандартинформ, 2011.

2. **Близнюк В.В.** Спектральные, пространственно–энергетические и поляризационные характеристики лазеров на основе квантовой структуры InGaAs/GaAs/AlGaAs на конечной стадии деградации. / В.В. Близнюк [и др.] // Флуктуационные деградационные процессы в полупроводниковых приборах: Материалы докладов 39-го Международного научно-методического семинара. (25-27 ноября 2008 г). М.: МНТОРЭС им. А.С.Попова. МЭИ, 2009. С.120-125

3. **Близнюк В.В.** Оптико-электронный комплекс для диагностики излучения лазерных диодов, используемых в фотодинамической терапии // В.В. Близнюк [и др.] // Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте-2015: Труды XXIII Международной Конференции 7-11 сентября 2015 года; г. Новороссийск, Краснодарский край / под редакцией профессора В.Е. Привалова. – Новороссийск: Изд-во РИО ГМУ имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2015. – с.79-80

4. Технические характеристики инфракрасного лазерного модуля KLM–H980–120–5 производства ФТИ–Оптроник [Электронный ресурс] // ФТИ–Оптроник. – 2016. – Режим доступа: <http://www.fti-optronic.com/pdfs/klm-h980-x-5.pdf> (дата обращения 08.04.2017)

5. Технические характеристики зеленого лазерного модуля KLM–D532–5–5 производства ФТИ–Оптроник [Электронный ресурс] // ФТИ–Оптроник. – 2016. – Режим доступа: <http://www.fti-optronic.com/pdfs/klm-d532-x-5.pdf> (дата обращения 08.04.2017)

6. Технические характеристики красного лазерного модуля KLM–D650–5–5 производства ФТИ–Оптроник [Электронный ресурс] // ФТИ–Оптроник. – 2016. – Режим доступа: <http://www.fti-optronic.com/pdfs/klm-d650-x-5.pdf> (дата обращения 08.04.2017)

V.V. Bliznyuk, E.E. Vinogradova, O.I. Koval

*National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Russia,
111250, Moscow, Krasnokazarmennaya str., 14, E-mail: vinogradova.mpei@gmail.com*

**DEFINITION OF DEGRADATION DEGREE OF SINGLE-MODE LASER DIODES,
USED IN LASER MASURING, BY THEIR EMISSION SPECTRUM**

Hereby the possibility of determining of the degradation factor of single-mode laser diode with the use of it's emission spectrum width, measured at level 0.2 from the maximum value of the intensity at the peak is shown.

**LASER DIODE, LASER DIODE DETERIORATION, SPECTRAL CHARACTERISTICS
OF LASER RADIATION**