

Руководство по эксплуатации диодного лазера с внешним резонатором ECDL-4003R

Диодный лазер с внешним резонатором ECDL-4003R является источником перестраиваемого высококогерентного излучения в фиолетовой области оптического спектра. Центральная длина волны рабочего диапазона равна 403 нм. При этом возможна ее отстройка на 1 нм, как в коротковолновую, так и в длинноволновую сторону. Лазер может использоваться в метрологии, спектроскопии, интерферометрии.

Оптическая головка.

В состав оптической головки (Рис.1) входят:

хладопровод (поз.2) с установленным в нем единым модулем (поз.3) лазерного диода (LD) и коллимирующего объектива ($N_A = 0.68$; $f = 3.1$ мм; выходная апертура – 5.0 мм);

термоэлектрический микрохолодильник (элемент Пельтье);

термодатчик (термистор 10 кОм), установленный в корпусе оптической головки вблизи хладопровода;

дифракционная решетка (поз.4), укрепленная на подвижном рычаге (поз.9);

пьезоэлемент (поз.7), приводящий рычаг в движение.

Корпус лазера (поз.1) служит в качестве каркаса для всех оптических и механических компонентов ECDL. Чтобы одновременно обеспечить хороший тепловой контакт и надежную электрическую изоляцию лазерного диода по отношению к корпусу лазера, его хладопровод крепится теплопроводящим клеем через сапфировую подложку. Пластиковая крышка ECDL защищает оптический резонатор от пыли, тепловых и акустических возмущений. Основание оптической головки имеет с боков продольные пазы для ее установки на оптический стол. Следует применять такой монтаж оптической головки, при котором обеспечивается хороший теплоотвод от ее основания.

Оптический резонатор перестраиваемого лазера формируется задней гранью лазерного диода, имеющей высокий коэффициент отражения (90-95%), и голографической дифракционной решеткой (3600 мм^{-1}), установленной в схеме Литтрова. Решетка укреплена на горизонтальном валу, положение которого и определяет требуемое направление дифракции лазерного пучка. Пьезоэлемент, толкающий рычаг с дифракционной решеткой, изменяет одновременно и угол падения луча на решетку, и длину резонатора. Это позволяет расширить диапазон непрерывной перестройки частоты

излучения. Подстроечный прецизионный винт (поз.6) обеспечивает грубую перестройку лазерной длины волны.

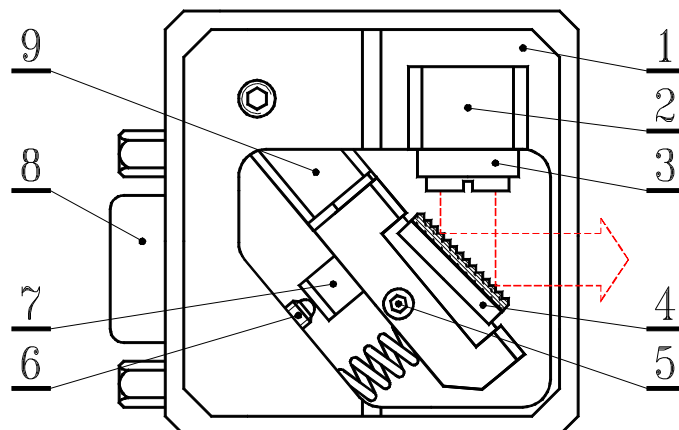


Рис.1. Оптическая головка (вид сверху при снятой крышке). 1 – корпус оптической головки; 2 – хладопровод лазерного диода; 3 – единый модуль лазерного диода и коллимирующего объектива; 4 – дифракционная решетка, укрепленная на горизонтальном валу; 5 – вертикальный фиксирующий винт M2; 6 – горизонтальный юстировочный винт M3x0,25; 7 – пьезоэлемент; 8 – разъем DHS-15F; 9 – подвижный рычаг.

Точное пространственное согласование падающей на решетку и дифрагированной волн критически важно для получения высокой когерентности и значительной мощности в выходном излучении лазера. ECDL-4020R не имеет штатных регулировок для настройки взаимного положения лазерного диода и коллимирующего объектива, а также для юстировки лазерного пучка в вертикальном направлении. Эти важные установки требуют серьезного навыка и выполнены предварительно на сборочном стенде. В случае повреждения или деградации лазерного диода модуль диода и коллимирующего объектива должен заменяться целиком.

В отличие от юстировки коллимирующего объектива небольшая подстройка лазерного луча в вертикальной плоскости возможна и после демонтажа оптической головки со сборочного стенда. Горизонтальная ось (горизонтальный вал) дифракционной решетки установлена в цанговом зажиме. Цанговый зажим фиксируется или отпускается, когда вертикальный винт (поз.5) закручивается или выкручивается соответственно. Слегка асимметричный захват цанги приводит к проворачиванию горизонтального вала при закручивании винта 5 (Рис.1). Закручивание фиксирующего винта приводит к смещению лазерного луча вверх, выкручивание смещает луч вниз. **Не следует вращать фиксирующий винт более чем на четверть оборота!** В противном случае он может быть поврежден, или горизонтальный вал будет полностью ослаблен.

Перестройка частоты ECDL-4020R.

Механическая стабильность ECDL-4003R достаточно высока, чтобы сохранять выходные параметры лазера в течение недель. Так что регулировка тока инжекции лазерного диода и напряжения на пьезоэлементе является достаточным средством для точной настройки лазера на желаемую длину волны (например, длину волны атомного перехода). Однако ухудшение характеристик ECDL (увеличение порогового тока, уменьшение выходной мощности и диапазона перестройки частоты, слабое подавление боковых мод, возрастание амплитудного шума) может свидетельствовать о необходимости подъюстировки внешнего резонатора.

Следующие экспериментальные данные описывают работу ECDL-4003R и могут служить в качестве образцовых при его юстировке.

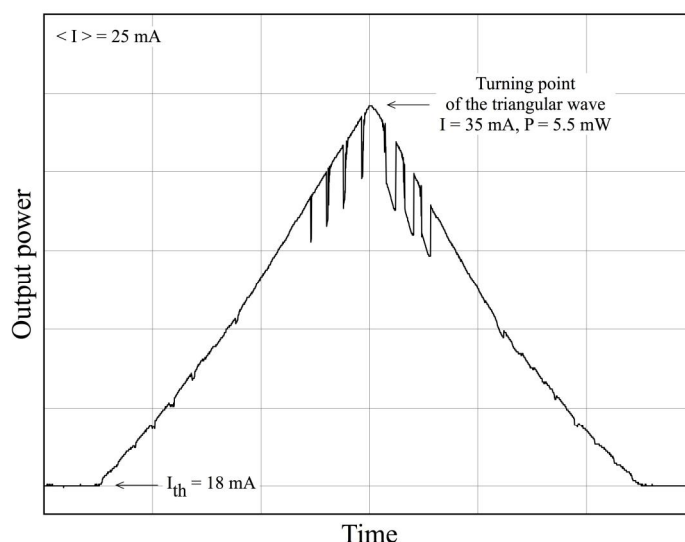


Рис.2. Зависимость выходной мощности лазера от тока инжекции. Ток лазерного диода модулируется симметричным треугольным сигналом. Зависимость снята при постоянном напряжении на пьезоэлементе.

На рисунке 2 показана ватт-амперная характеристика (ВтАХ) ECDL-4003R, т.е. зависимость выходной мощности лазера от тока инжекции. При вращении решетки в плоскости дифракции происходит изменение взаимного расположения по частоте контура селективности дифракционной решетки, мод лазерного диода (собственных мод) и мод ECDL (внешних мод). Такое изменение наглядно отражается в характере ватт-амперной характеристики, благодаря чему она служит удобным инструментом для выбора оптимального режима работы ECDL.

Встроенный генератор треугольного сигнала, по которому также синхронизируется развертка осциллографа, линейно во времени увеличивает и

уменьшает ток лазерного диода, а соответствующее изменение выходной мощности лазера регистрируется фотоприемником. Практически горизонтальные участки в основании осциллограммы соответствуют допороговому режиму лазера. С появлением генерации выходная мощность монотонно нарастает с ростом тока (исключая зоны перескоков мод).

Изменение тока накачки лазерного диода вызывает соответствующие вариации температуры и показателя преломления усилительной среды, что ведет к изменению оптической длины диода и в целом длины резонатора ECDL. Регулярные резкие скачки на ВtАХ обусловлены перескоками по модам ECDL.

Если ВtАХ записана при постоянном напряжении на пьезоэлементе (рукоятка SCAN установлена в крайнее левое положение), то следующие осциллограммы (Рис.3) зарегистрированы при постоянном токе лазерного диода и линейно меняющемся во времени напряжении на пьезоэлементе. Зависимости сняты для различных значений тока и амплитуды сканирования. Вблизи собственного порога генерации лазерного диода влияние внешнего резонатора максимально, и режим работы ECDL более предсказуем. При больших токах накачки не удается полностью подавить генерацию на собственных модах LD, что проявляется в уменьшении интервалов тока устойчивой одночастотной генерации ECDL и диапазона непрерывной перестройки его частоты. Все осциллограммы на рисунке 3 соответствуют только одному склону модулирующего сигнала. Верхние (черные) кривые на осциллограммах отражают выходную мощность лазера, нижние (синие) – пропускание эталона Фабри-Перо, который используется для оценки спектрального качества лазерного излучения и диапазона перестройки частоты лазера. Данный эталон имеет область свободной дисперсии 10 ГГц.

Для Рис.3а амплитуда сканирования пьезоэлемента выбрана максимальной, для Рис.3б составляет четверть от максимального значения. На верхних кривых хорошо видны скачки, связанные с перескоками мод внешнего резонатора, а также наблюдается волнообразное изменение мощности, связанное с последовательным прохождением контура селективности дифракционной решетки относительно собственных мод лазерного диода (три «волны» на Рис.3а). Интервалы непрерывной перестройки частоты лазера, разделенные перескоками мод, составляют несколько ГГц и соответствуют области свободной дисперсии ECDL.

Осциллограммы на рисунках 3в, 3г и 3д иллюстрируют режимы работы ECDL при дальнейшем увеличении тока накачки LD. Из приведенных осциллограмм видно, что вблизи области перескока мод спектральное качество выходного излучения ухудшается

вследствие сосуществования мод. Конкуренция мод приводит к избыточному амплитудному шуму в мощности и снижению контраста пиков пропускания эталона.

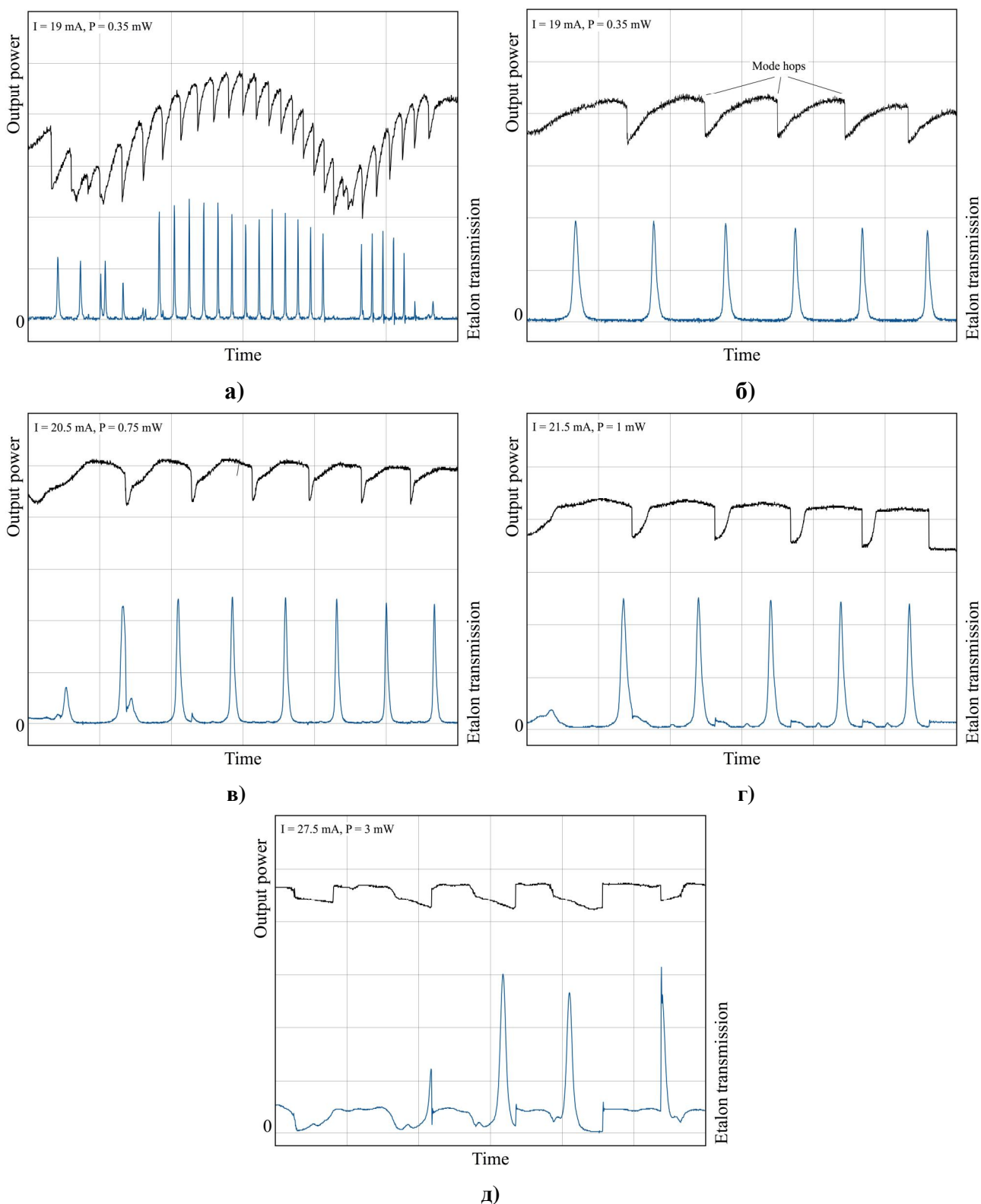


Рис.3. Зависимость выходной мощности лазера от напряжения на пьезоэлементе при постоянном токе LD (верхние черные кривые). Внизу – пропускание эталона Фабри-Перо с областью свободной дисперсии 10 ГГц.

Изменение тока инжекции приводит к изменению оптической длины собственного резонатора лазерного диода вследствие изменения показателя преломления активной среды и теплового расширения кристалла. Это принципиально позволяет в определенном диапазоне синхронизировать движение собственной и внешней мод составного резонатора лазера и увеличить диапазон непрерывной перестройки длины волны ECDL-4003R. На рисунке 4 показан пример такого согласованного сканирования длины внешнего резонатора и тока инжекции LD.

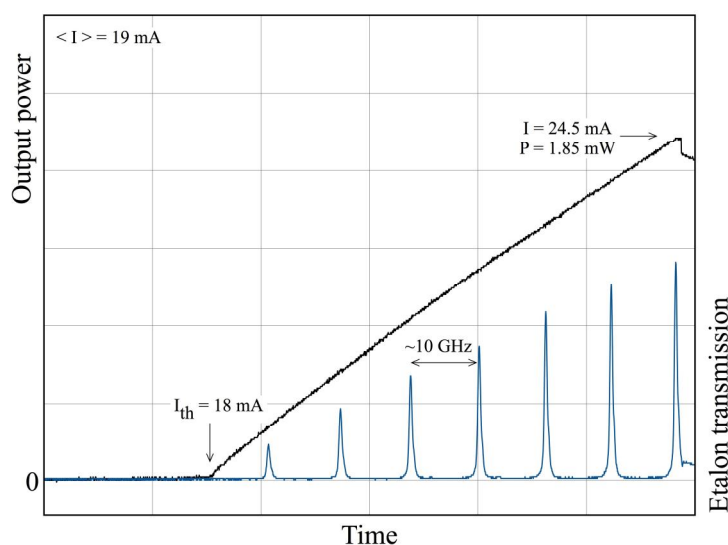


Рис.4. Зависимость мощности ECDL-4003R (верхняя кривая) и пропускание эталона (нижняя кривая) при синхронном сканировании пьезоэлемента и тока накачки.

Для получения максимального диапазона непрерывной перестройки частоты лазера последовательность действий такова:

- 1) установить рукоятку SCAN в положение, соответствующее амплитуде сканирования в треть ее максимальной величины;
- 2) установить рукоятку OFFSET в среднее положение;
- 3) рукоятку SWEEP ввести до уровня, при котором достигается максимальная длина непрерывного участка в выходной мощности лазера. При этом может потребоваться небольшая подстройка тока LD рукояткой LEVEL.

Следует отметить, что из-за определенной задержки пьезоэлемента в отклике на управляющий сигнал по отношению к току (степень задержки зависит от частоты и амплитуды сканирования) поведение лазера на разных склонах управляющего сигнала может отличаться.

Спецификация.

1. Длина волны	403 нм
2. Выходная мощность	
@ 22 mA	1 мВт
@ 27 mA	3 мВт
3. Диапазон непрерывной перестройки	
by PZT only	5 ГГц
by PZT+LD current	60 ГГц
4. Диапазон грубой перестройки	± 1 нм
5. Поляризация	линейная вертикальная
6. Пучок	эллиптический 5×1.5 мм ²
7. Пороговый ток	18 мА
8. Рабочий ток	27 мА
9. Максимальный рабочий ток	40 мА
10. Величина термосопротивления	11.5 кОм
11. Размеры оптической головки	$51 \times 46 \times 35$ мм ³
12. Вес оптической головки	120 г