Руководство по эксплуатации диодного лазера с внешним резонатором ECDL-6415R (S/N 071575 retuned)

Механическая стабильность ECDL-6415R 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.

В качестве активного элемента в восстановленном приборе используется просветленный лазерный диод (LD) типа Thorlabs L638P040. Следующие экспериментальные данные описывают работу ECDL-6415R и могут служить в качестве образцовых при его юстировке.

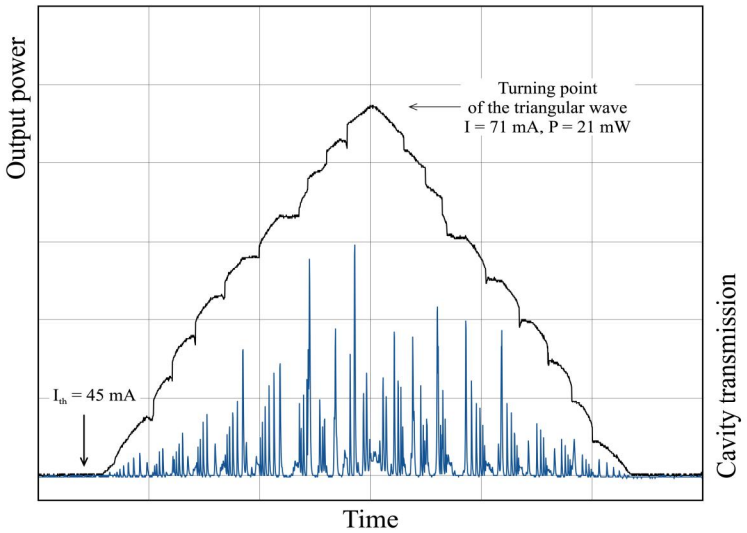

Рис.1. Зависимость выходной мощности лазера (показано черным) **и пропускание конфокального интерферометра** (показано синим) **от тока инжекции.** Ток лазерного диода модулируется симметричным треугольным сигналом. Зависимость снята при постоянном напряжении на пьезоэлементе.

На рисунке 1 показана ватт-амперная характеристика (ВтАХ) ECDL-6415R, 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 служат 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 лазера с внешним резонатором 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 ВтАХ обусловлены перескоками по модам ECDL.

Одновременно с ВтАХ регистрируется пропускание конфокального интерферометра Фабри-Перо с областью свободной дисперсии 250 МГц (синяя кривая на Рис.1). Интерферометр позволяет оценить спектральное качество лазерного излучения и измерить диапазон перестройки его частоты.

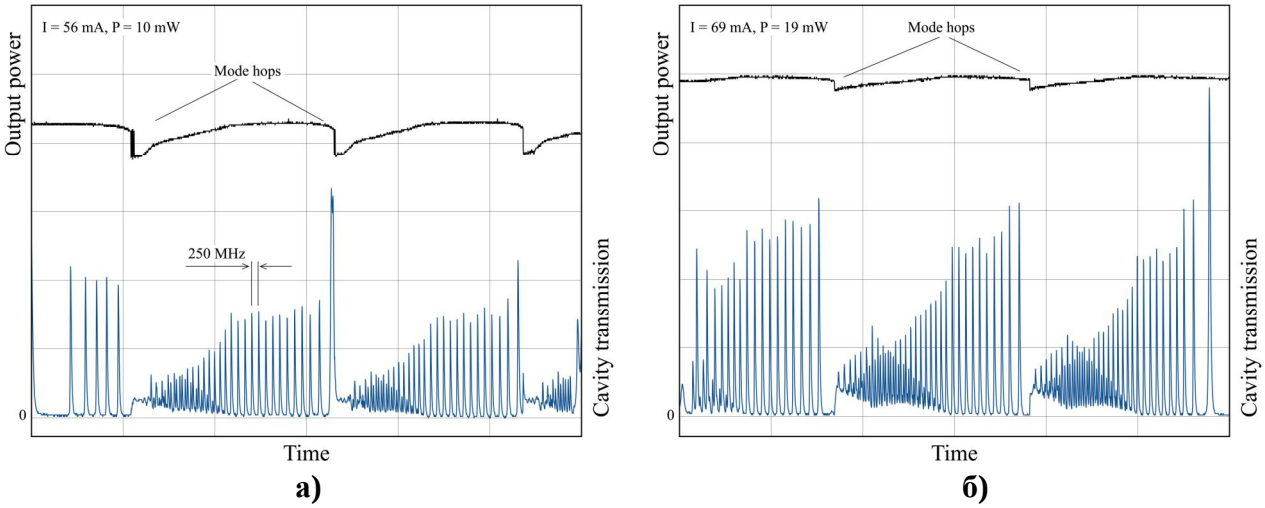

Рис.2. Зависимости выходной мощности лазера от напряжения на пьезоэлементе при двух значениях тока LD (верхние черные кривые). Внизу (синие кривые) – пропускание конфокального интерферометра Фабри-Перо.

Если ВтАХ записана при постоянном напряжении на пьезоэлементе (рукоятка SCAN установлена в крайнее левое положение), то следующие осциллограммы (Рис.2) зарегистрированы при постоянном токе лазерного диода и линейно изменяющемся со временем напряжении на пьезоэлементе. Амплитуда сканирования пьезоэлемента выбрана максимальной. Осциллограммы соответствуют только одному склону модулирующего сигнала. На верхней кривой, отражающей выходную мощность лазера, хорошо видны скачки, связанные с перескоками мод внешнего резонатора, между

которыми выходная частота лазера меняется на несколько ГГц (диапазон, соответствующий области свободной дисперсии ECDL).

Нижние осциллограммы показывают пропускание конфокального интерферометра с областью свободной дисперсии 250 МГц и резкостью около 50. Из приведенных осциллограмм видно, что вблизи области перескока мод спектральное качество выходного излучения ухудшается вследствие одновременного сосуществования мод. Конкуренция мод приводит к избыточному амплитудному шуму в мощности и появлению дополнительных пиков со сниженным контрастом в пропускании интерферометра. Признаком перехода из режима сосуществования мод в режим устойчивой одночастотной генерации является излом в мощности, сопровождаемый практически горизонтальной полкой с минимальным уровнем амплитудных шумов.

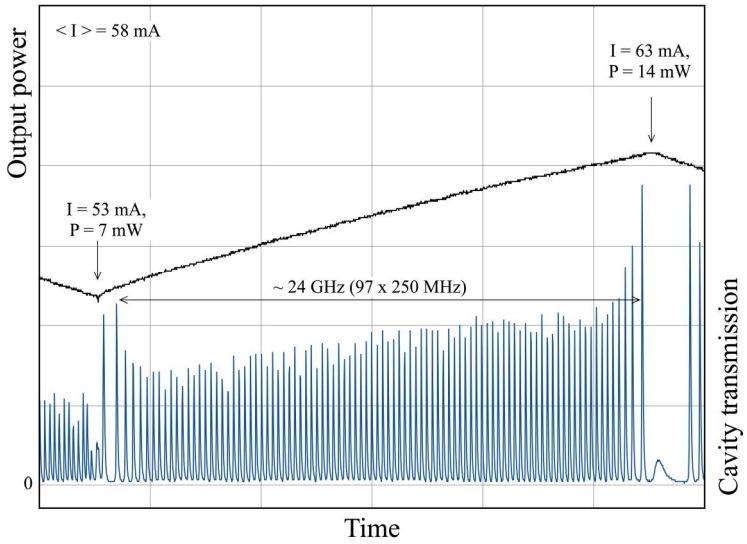

Рис.3. Эволюция мощности ECDL-6415R (верхняя черная кривая) **и пропускание конфокального интерферометра** (нижняя синяя кривая) **при синхронном сканировании пьезоэлемента и тока накачки.**

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-6415R. На рисунке 3 показан пример такого согласованного сканирования длины внешнего резонатора и тока инжекции LD. Черным цветом выделена осциллограмма, регистрирующая мощность ECDL, синим – соответствующее ей пропускание интерферометра. Флуктуации амплитуды резонансов интерферометра связаны с оцифровкой сигнала и ограниченной полосой регистрации фотоприемника.

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

1) установить рукоятку SCAN на максимум;

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.

Юстировка ECDL-6415R.

Ниже приведена последовательность действий, если выявлено, что требуется подюстировка лазера. Также по ссылке можно посмотреть видео с примером юстировки https://www.youtube.com/watch?v=NtuYDkxFnBU&feature=emb_logo.

1) Вставить П-образный ключ из ремкомплекта (Рис.4) в шлицевой паз горизонтальной оси дифракционной решетки.

Рис.4. П-образный шлицевой ключ из ремонтного комплекта.

2) Определить направление, в котором движение П-образного ключа приводит к уменьшению порогового тока. Для этого мягко понажимать на рычаг вверх и вниз.

3) Если движение рычага вниз (т.е. лазерный луч, отраженный от дифракционной решетки движется вверх) приводит к уменьшению порогового тока, то следует вращать фиксирующий винт по часовой стрелке. В противоположном случае фиксирующий винт следует слегка ослабить. Для вращения фиксирующего винта используется усиленный шестигранный (имбусовый) ключ 1.5 из ремкомплекта. Как правило, вращения на несколько градусов достаточно для восстановления режимов работы ECDL-6415R.

4) После достижения минимума порога генерации установить, если требуется, необходимую длину волны горизонтальным юстировочным винтом, доступ к которому

возможен и при закрытой крышке оптической головки. Для вращения горизонтального юстировочного винта используется стандартный шестигранный ключ 1.5 из ремкомплекта.

Общие рекомендации по эксплуатации ECDL-6415R.

1. Не пытайтесь изменить настройку выходного объектива. В случае деградации лазерного диода единый модуль диода и объектива должен заменяться целиком.

2. Не нарушайте последовательность включения и выключения лазера.

3. Не понижайте температуру лазерного диода ниже точки росы, это может привести к деградации лазерного диода. Температура лазерного диода может быть оценена из ТКС (температурный коэффициент сопротивления) термистора:

ТКС = - 4 %/°C .

4. Используйте оптический изолятор для устранения паразитных отражений обратно в лазер.

5. Следуйте **золотому правилу**: ECDL как часть экспериментальной установки должен включаться последним и выключаться первым.

Спецификация.

1. Длина волны	**638** нм
2. Выходная мощность	
@ 50 mA	4,5 мВт
@ **60** mA	**12** мВт
@ 70 mA	20 мВт
3. Диапазон непрерывной перестройки	
by PZT only	4 ГГц
by PZT+LD current	24 ГГц
4. Диапазон грубой перестройки	± 2 нм
5. Поляризация	линейная вертикальная
6. Пучок	эллиптический 5×1.5 мм^2
7. Пороговый ток	**45** мА
8. Рабочий ток	**60** мА
9. Величина термосопротивления	**11.5** кОм
10. Размеры оптической головки	51×46×35 мм^3
11. Вес оптической головки	120 г
12. Размеры блока управления	245×200×55 мм^3
13. Вес блока управления	1.2 кг