

АО Нолатех, Москва

Тел. +7 (495) 333 55 68

www.nolatech.ru

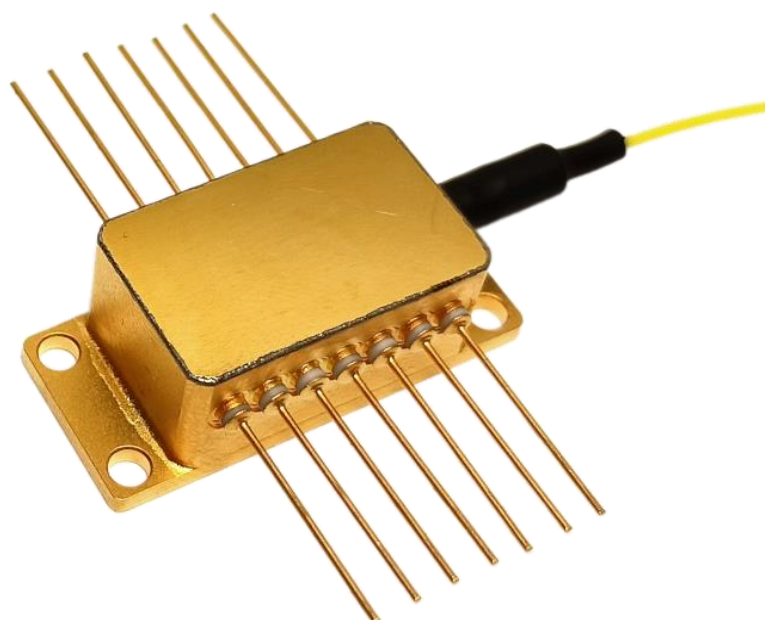
nolatech@mail.ru



TLD

**Одночастотный лазерный модуль с
перестройкой длины волны**

Руководство пользователя



Содержание

ГЛАВА 1. Описание	3
ГЛАВА 2. Подготовка к работе с модулем.....	3
ГЛАВА 3. Настройка лазерного модуля.....	4
3.1. Одночастотный режим работы TLD модуля	4
3.2. Регулировка центральной длины волны	9
3.3. Перестройка длины волны PZT элементом.....	9
3.4. Температурная и токовая настройка.....	11
3.5. Высокочастотная модуляция и импульсный режим работы	12
3.6. Ширина линии спектральной линии	12
ГЛАВА 4. Общие правила безопасной эксплуатации лазерного модуля	12
Приложение 1	14
Приложение 2	15

ГЛАВА 1. ОПИСАНИЕ

Лазеры серии TLD являются источниками лазерного излучения с одной частотой, обладающими спектральными свойствами, сопоставимыми с лазером DFB, но с более узкой линией и большей выходной мощностью. Лазер с одной частотой, с внешним гибридным резонатором на основе «ближней» (расположена на расстоянии около 10 мм от передней просветленной грани кристалла лазера) волоконной брэгговской решетки (ВБР). Полупроводниковый лазерный модуль в компактном 14-выводном корпусе "Butterfly" с PZT элементом и возможностью перестройки длины волны. Лазер с одной частотой содержит встроенный термоэлектрический охладитель (Пельтье), терморезистор с одномодовым выходным волокном или выходным волокном с поддержанием поляризации (PM) с диаметром сердцевины от 2,1-9,1 мкм. Разъемы FC/APC являются стандартными, но этот лазер может быть поставлен с любым запрашиваемым типом разъема.

ГЛАВА 2. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ С МОДУЛЕМ

Лазер типа TLD совместим со стандартным 14-выводным креплением для корпуса типа «Butterfly». Выполнение конфигураций «Тип 1» и «Тип 2» невозможно. Идеальная работа серии лазеров TLD требует очень точного контроля тока (10^{-5} - 10^{-6} А) и температуры (10^{-2} °С), также необходимо использование малошумящего драйвера накачки. Эти лазеры совместимы со стандартными драйверами лазерных диодов и контроллерами температуры, например: DLC-1200 OEM (см. рис. 1.), DLC-1300 (см. рис. 1), а также зарубежными аналогами.

Драйверы DLC-1200-OEM и DLC-1300 обеспечивают стабильность поддержания рабочего тока накачки (10^{-3} - 10^{-4} А) и точность контроля температуры примерно (10^{-1} °С). Эти драйверы способны обеспечить возможность получения одночастотного режима генерации и достижения ширины спектральной линии порядка 0,5-1 МГц в зависимости от типа лазера и длины волны.



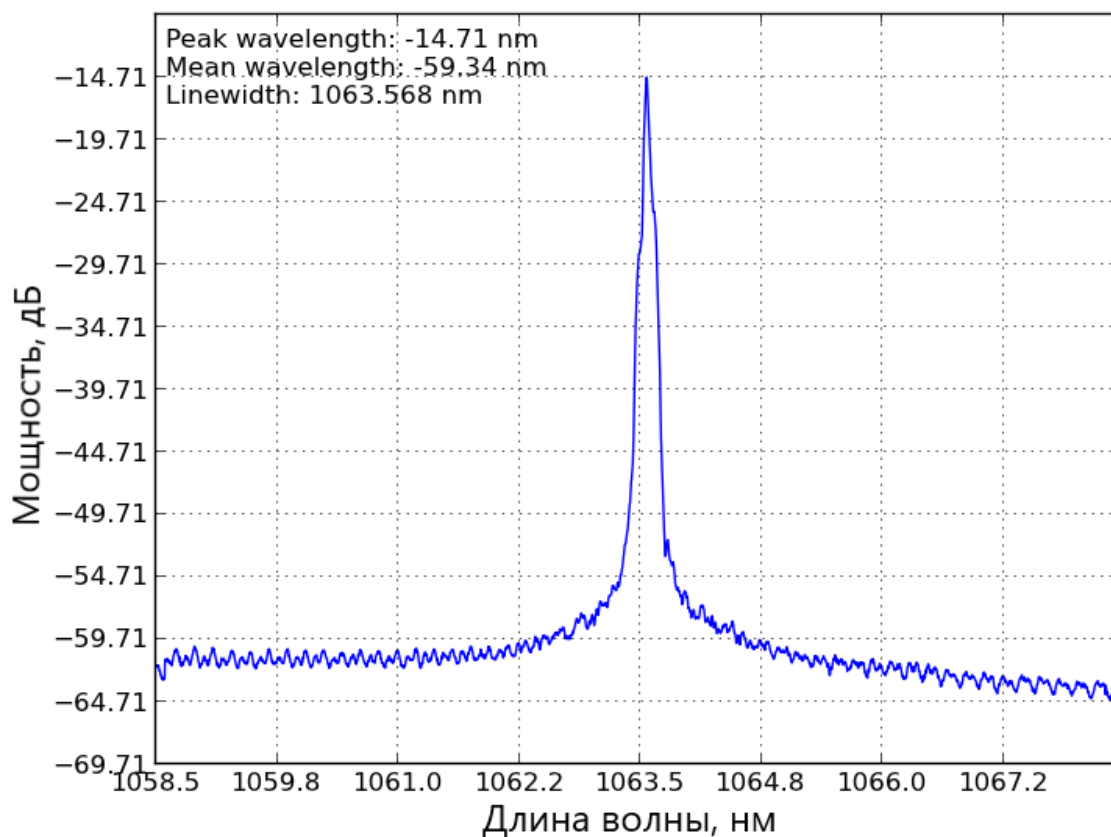
Рисунок 1 –Драйверы тока накачки DLC-1200 OEM (слева) и DLC-1300 (справа)

Производитель - АО «НОЛАТЕХ»

ГЛАВА 3. НАСТРОЙКА ЛАЗЕРНОГО МОДУЛЯ

3.1. Одночастотный режим работы TLD модуля:

Серия лазеров TLD представляет из себя лазер с внешним резонатором, который обеспечивает более узкую линию спектра, чем DFB-лазер, но может уступать BLD лазеру. Так как в TLD модуле расстояние от переднего торца кристалла до ВБР минимум в 2 раза больше чем в BLD модуле, что обусловлено конструктивными особенностями, однако, в отличие от DFB-лазера, лазер серии TLD не является безусловно одночастотным. Одночастотная генерация определяется как наличие отношения подавления боковой моды (SMSR) ≥ 40 дБ, как показано ниже на рисунке 2. Лазер серии TLD разработан и изготовлен для обеспечения высокомошной одночастотной генерации в диапазоне рабочих токов и температур. Однако существуют определенные рабочие токи и температурные условия, при которых лазер серии TLD может демонстрировать многочастотную лазерную генерацию (более 1 моды), как показано на рисунке 2. Для того, чтобы помочь пользователю в выборе необходимых и правильных условий работы с лазерным модулем, с каждым устройством поставляется технический паспорт, который предоставляет рабочие характеристики изделия.



2 – График спектра TLD-1064 для примера

На рисунке 2 наблюдается устойчивый одночастотный режим генерации на длине волны 1063.57 нм при измерении в логарифмическом масштабе. Также вместе с выделенной с помощью ВБР длиной волны в общем контуре усиления могут присутствовать в остаточном виде подавленные моды собственного резонатора лазерного чипа. Из-за «неидеальности» технологии нанесения и качества оптических просветляющих покрытий, коэффициент отражения которых может составлять 0,5% и менее.

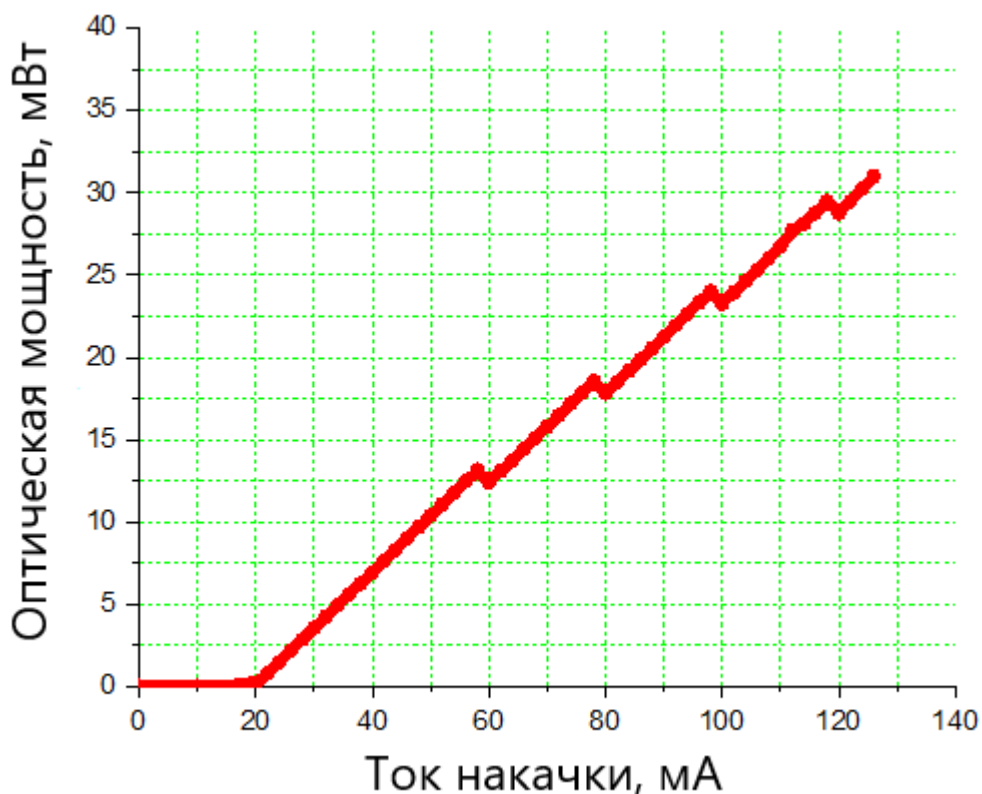
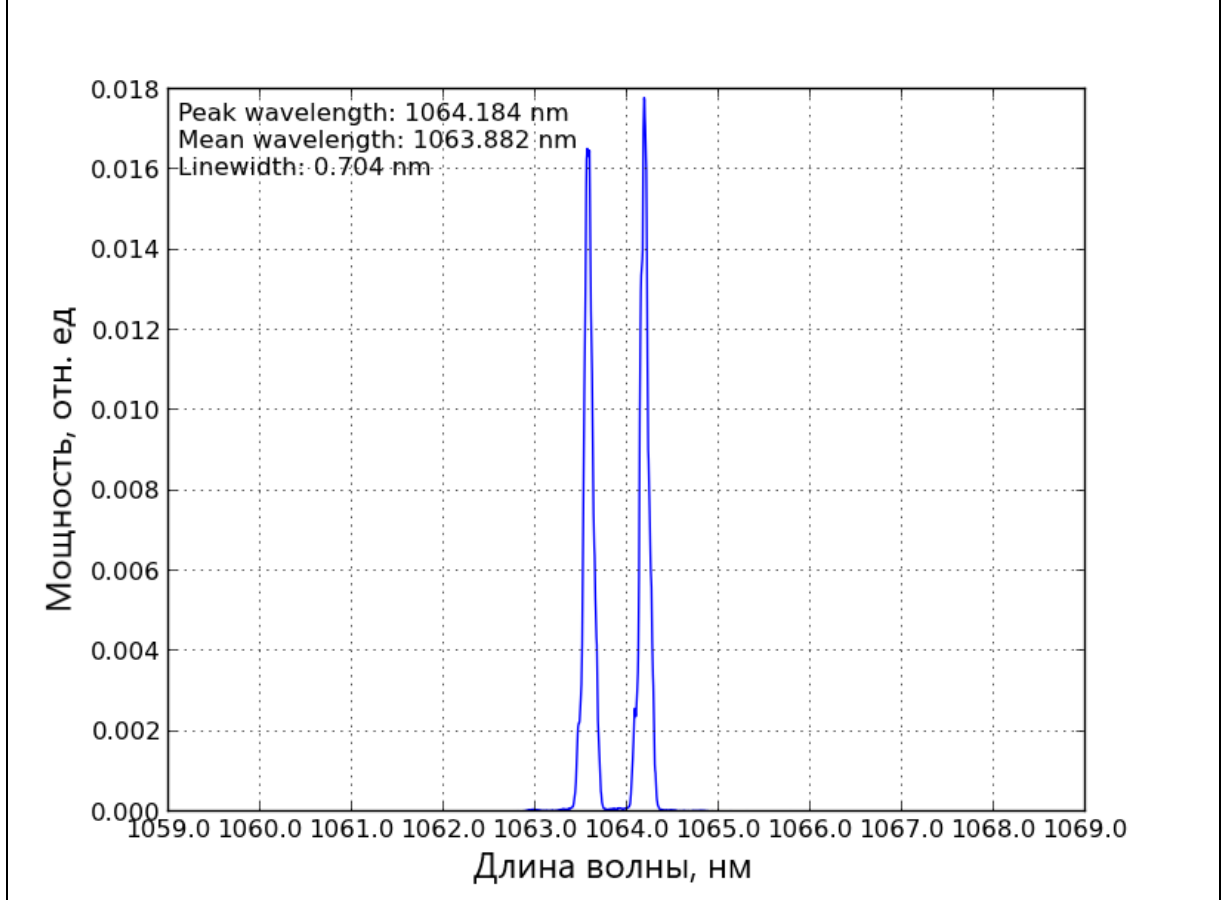
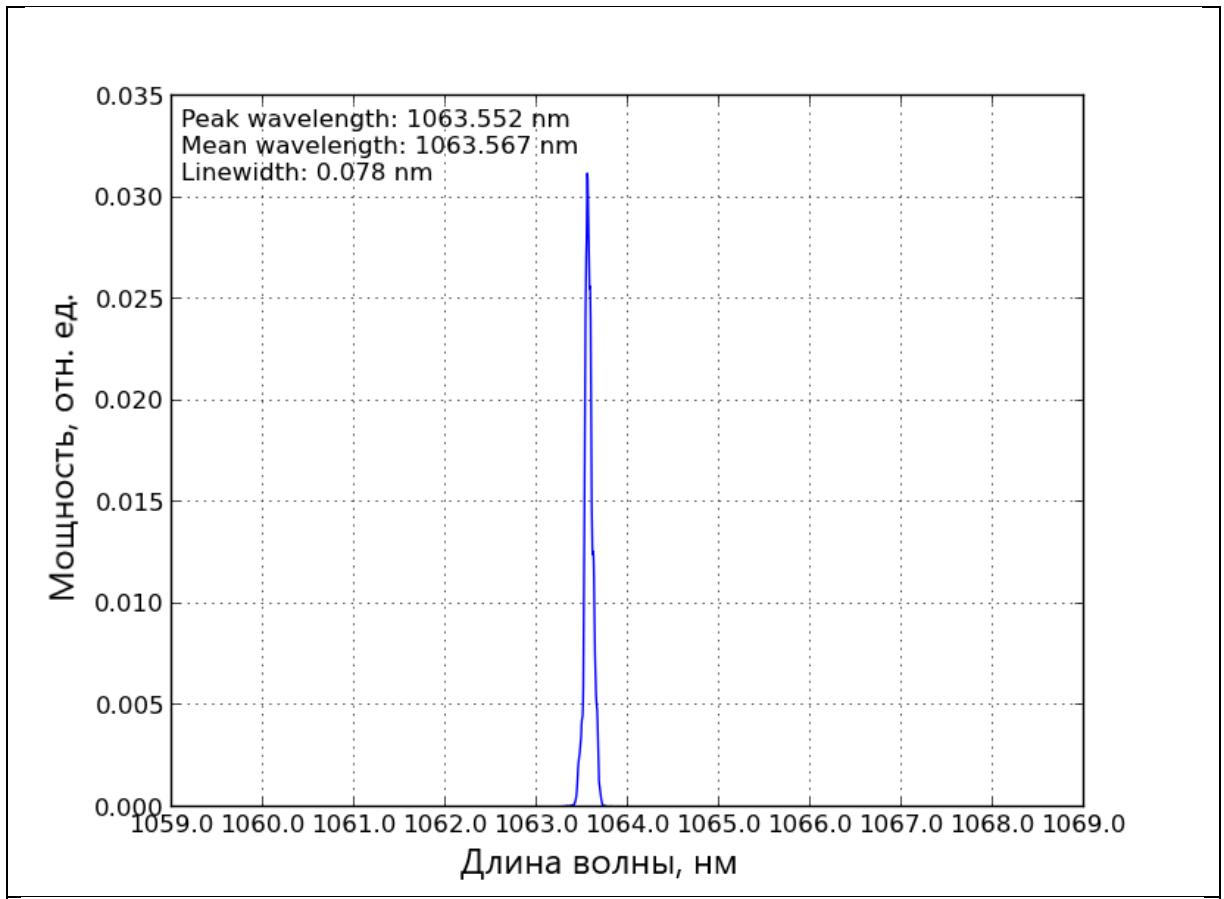


Рисунок 3 – Пример ВТАХ характеристики лазерного модуля TLD с ВБР

На рисунке 3 отражено поведение ВТАХ в лазерном модуле с встроенной ВБР. При небольших токах накачки наблюдается достаточно линейное поведение ВТАХ и высокостабильный одночастотный режим работы. Однако при увеличении тока накачки начинают сказываться эффекты, связанные с неидеальным просветлением передней грани кристалла лазера $< 0,5\%$ и не сверхузкой полосы отражения ВБР (0,08-0,1 нм). Соответственно возможна ситуация с перескоком моды, что отражено на графике.

Чем меньше длина волны излучения лазерного чипа, тем меньше межмодовое расстояние собственных мод резонатора. Соответственно сложность настройки рабочего режима такого модуля повышается, так как необходимо совместить по фазе моду внутреннего резонатора и моду внешнего резонатора, при этом выбрать линейный участок ВТАХ с которым предстоит работать.

На рисунке 4 (верхний) наблюдается стабильная одночастотная лазерная генерация. Существуют такие точки в диапазоне тока накачки, в которых может происходить фазовое рассогласование собственных мод кристалла лазера и мод ВБР. Следствием этого является «развал спектра» и многочастотный режим работы лазера, что отражено на рисунке 4 (нижний).



4 – График с демонстрацией развала спектра и его причин (многочастотная генерация)

Паспортные данные предоставляют рекомендуемые параметры рабочего тока и температуры в некотором диапазоне заданной мощности, при которых устройство соответствует всем спецификациям (одиночная частота, мощность, длина волны).

Непосредственно при самом использовании лазерного модуля необходимо проводить дополнительную настройку тока и температуры, подбирать участки линейности ВТАХ с одночастотным режимом работы. Самый простой способ проверить работу на одной частоте – это наблюдать выходной спектр лазера серии TLD на оптическом спектроанализаторе (ОСА). Если ОСА недоступен, то выходной сигнал можно наблюдать, подключив выход лазера непосредственно к измерителю мощности, например. Разница в выходном сигнале обычно наблюдается, когда лазер переключается между одночастотной и многочастотной работой (во время перескоков мод мощность лазера может скачкообразно уменьшаться, так и увеличиваться). Например, в интерферометрических исследованиях и применениях выход лазера с одной частотой с высокой когерентностью (ширина линии, ограниченная Лоренцовским приближением, ≤ 50 кГц) даст очень чистый интерферометрический сигнал, но многочастотное лазерное излучение значительно ухудшит сигнал. Наблюдать точки перескоков мод можно в широком диапазоне токов накачки, поэтому требуется тщательный контроль параметров лазера (тока и температуры) и первичный поиск рабочей точки с заданной выходной оптической мощностью.

При непосредственной работе с модулем TLD:

1. Установите температуру ТЕС (Т) и рабочий ток (I) в соответствии с рекомендациями, указанными в паспорте изделия. Лазер должен иметь стабильную работу на одной частоте. Однако из-за различных температур окружающей среды (тестирование и настройка лазерного модуля перед последующей поставкой производится при стабилизированной температуре корпуса изделия $T = 25$ °С) и точности калибровки контроллера температуры возможно, что лазер находится вне режима одночастотной работы. Небольшое изменение тока вернет лазер к работе на одной частоте.

2. ВТАХ лазера чувствительна к температуре ТЕС. Паспортные данные задают рекомендуемый диапазон рабочей температуры (обычно ± 5 °С вокруг центральной точки $T = 25$ °С). Изменяя ток накачки лазера всегда можно добиться одночастотного режима работы с качественными выходными характеристиками, заданной оптической мощностью, узкой шириной линии и высоким подавлением боковых мод > 40 dB в этом диапазоне температур.

3. Температура окружающей среды имеет слабое влияние на ВТАХ лазера. В большинстве лабораторных условий работа на одной частоте всегда останется неизменной по сравнению с паспортными данными изделия. Если температура окружающей среды значительно отклоняется от 25 °С, может потребоваться изменить ток и температуру лазера, чтобы найти «рабочую точку» с одночастотным режимом работы. Если температура окружающей среды находится между 10 и 60 °С, всегда будет возможно достичь работы лазера на одной частоте, регулируя ток и температуру кристалла.

4. Температура корпуса лазерного модуля имеет серьезное влияние. При несоблюдении температурного режима и нарушении отвода тепла от корпуса лазерного модуля, корпус может расширяться при увеличении температуры (ТКЛР $4,5-6,5 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$). Это расширение повлечет за собой физическую деформацию ВБР и сдвиг центральной рабочей длины волны). Для обеспечения максимальной стабильности, при больших токах накачки, высоких рабочих напряжениях, высоких мощностях выходного излучения, более 10 мВт, необходимо использовать охлаждение с высокотеплопроводящим радиатором с рассчитанными геометрическими параметрами.

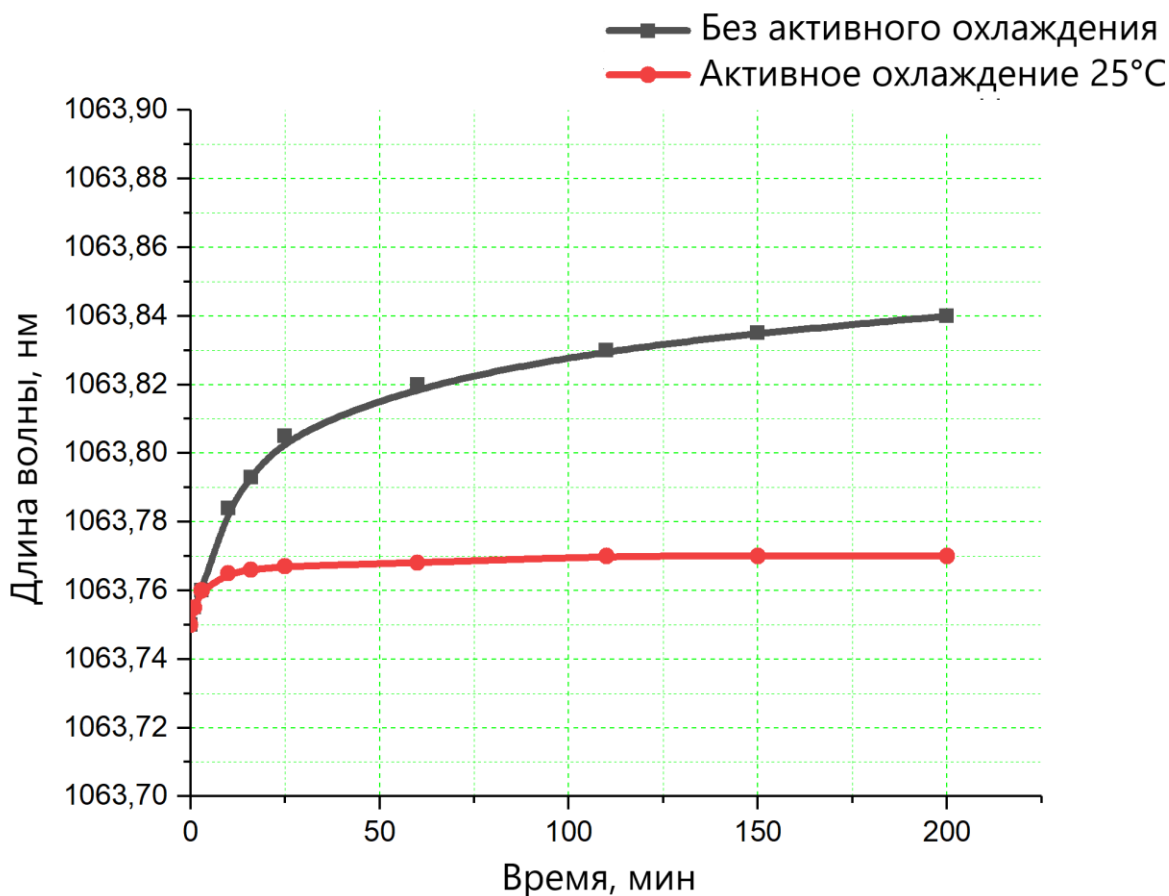


Рисунок 5 – График зависимости длины волны при разном типе охлаждения корпуса лазерного модуля

На рисунке 5 черный график отражает поведение длины волны в отсутствие активного охлаждения (пассивное охлаждение) в зависимости от температурных флуктуаций среды и физической деформации ВБР, вследствие, отсутствия термодинамического равновесия корпуса лазерного модуля. Красный график отражает поведение длины волны при полной температурной стабилизации корпуса лазерного модуля в состоянии термодинамического равновесия при стационарной комнатной температуре $T = 25^\circ\text{C}$.

Отдельную опасность представляет высокая температура окружающей среды **во время работы** лазерного модуля в «экстремальных условиях». Корпус модуля и

содержимое начинают нагреваться до температуры окружающей среды, к примеру 50°C. Термоэлектрический охладитель будет работать усерднее, охлаждать лазерный чип, однако корпус лазерного модуля будет стремительно нагреваться, и минимальная его температура не может быть ниже температуры окружающей среды. В результате весь модуль будет быстро нагреваться и в какой-то момент настанет критическая точка перегрева, примерно 80°C. При которой может наступить выход прибора из строя и внутренние поломки из-за особенностей конструкции изделия).

Примечания:

1. Использование фиксированного на радиаторе кулера в качестве элемента активного охлаждения для одночастотного TLD лазера не рекомендуется, так как напрямую влияет на качественные спектральные характеристики модуля. Происходит спектральная модуляция с частотой колебания лопастей кулера в результате механических колебаний;

2. Использование активного водяного охлаждения также требует дополнительного отвода тепла от самой охлаждающей жидкости, что усложняет общую конструкцию;

3. В идеальном случае необходимо осуществить подбор пассивного радиатора с высокой теплопроводностью и верными геометрическими параметрами, которые позволят осуществлять полный и быстрый отвод тепла от корпуса лазерного модуля в течении длительного времени.

3.2. Регулировка центральной длины волны лазерного модуля:

Лазер с одной частотой имеет фиксированную длину волны, определяемую конструкцией лазера с «ближней» ВБР, которая находится в пределах $\pm 0,5$ нм от центральной длины волны. Центральная длина волны лазерного излучения может регулироваться в небольшом диапазоне ($\sim 0,06-0,12$ нм) путем регулировки температуры и тока. Также можно перестраивать длину волны с помощью встроенного PZT элемента (см.п.3.3). При изменении температуры и тока для нахождения желаемой длины волны лазерного излучения необходимо наблюдать за спектром или обнаруженным сигналом, чтобы контролировать параметры и не допускать фазового рассогласования мод собственного резонатора лазера и гибридного резонатора, образованного ВБР.

3.3 Перестройка длины волны PZT элементом

В TLD модуле есть возможность перестройки длины волны путем непосредственного механического воздействия на ВБР, записанную в сердцевине оптического волокна. Вследствие этого воздействия происходит смещение длины волны в некотором диапазоне (0,5-1,5 нм). **Максимальный диапазон перестройки зависит от большого количества факторов, в частности от длины волны изделия! Чем выше длина волны, тем больше общая перестройка длины волны и наоборот!**

Далее на рисунке 6 будет представлен график, отражающий поведение длины волны, в результате подачи положительного потенциала на контакты PZT элемента.

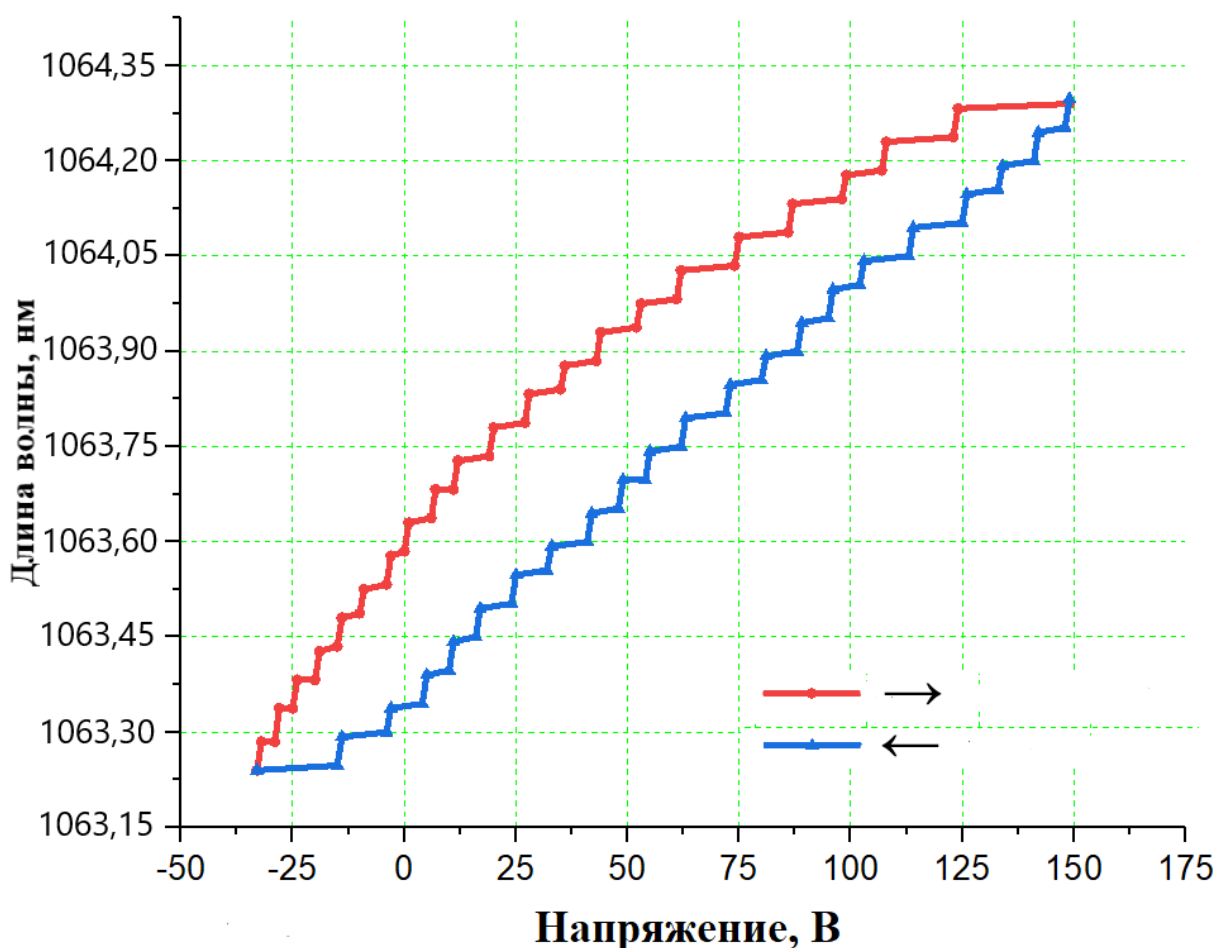


Рисунок 6 – График перестройки длины волны TLD модуля от напряжения между контактами PZT элемента

Из рисунка 6 видно, что общая перестройка длины волны составляет более 1 нм. При использовании пьезокерамического элемента имеет место гистерезис. По этой причине есть некоторая «задержка» в перестройке длины волны в обратном направлении в отличие от переднего направления. Как видно из графика, длина волны в точке 0 В не совпадает для двух направлений перестройки. Однако использование пьезокерамического элемента не позволяет получить непрерывную перестройку. Реальные перестроенные кривые обладают некоторым шагом и не являются строго линейными, это также связано с петлей гистерезиса.

Примечания:

1. Не допускать превышение положительного потенциала на PZT элементе, максимально допустимое значение (+ 150 В)!
2. Возможна подача отрицательного потенциала на PZT элемент, не более (- 10 В)!

3. При работе с модулем подавать напряжение на PZT элемент нужно плавно, без резких перепадов напряжения! При прекращении работы с модулем, также плавно опускать напряжение с рабочего значения до нуля. Нарушения в работе с модулем могут привести к трещине в оптическом волокне или его разрыву.

4. **Не допустимо использование высокочастотной модуляции PZT элемента, так как это может привести к разрыву оптического волокна!**

3.4. Температурная и токовая настройка

Как только установлена подходящая рабочая точка центральной длины волны, длину волны можно настраивать без каких-либо скачков (непрерывно настраиваемая) в узком диапазоне (~5 ГГц и более, в зависимости от длины волны лазера). Коэффициент зависимости длины волны лазера (λ) от температуры (Т) составляет ~0.08 нм/°С, а коэффициент зависимости длины волны лазера (λ) от тока накачки (I) составляет примерно от 0.0008 до 0.0015-0.002 нм/мА (см. рисунок 7). Эти значения немного варьируются в зависимости от условий работы. Настройка с помощью изменения тока накачки является наиболее распространенным подходом для непрерывной перестройки, в первую очередь потому, что она легко масштабируется до быстрых скоростей настройки (100-1000 Гц и выше).

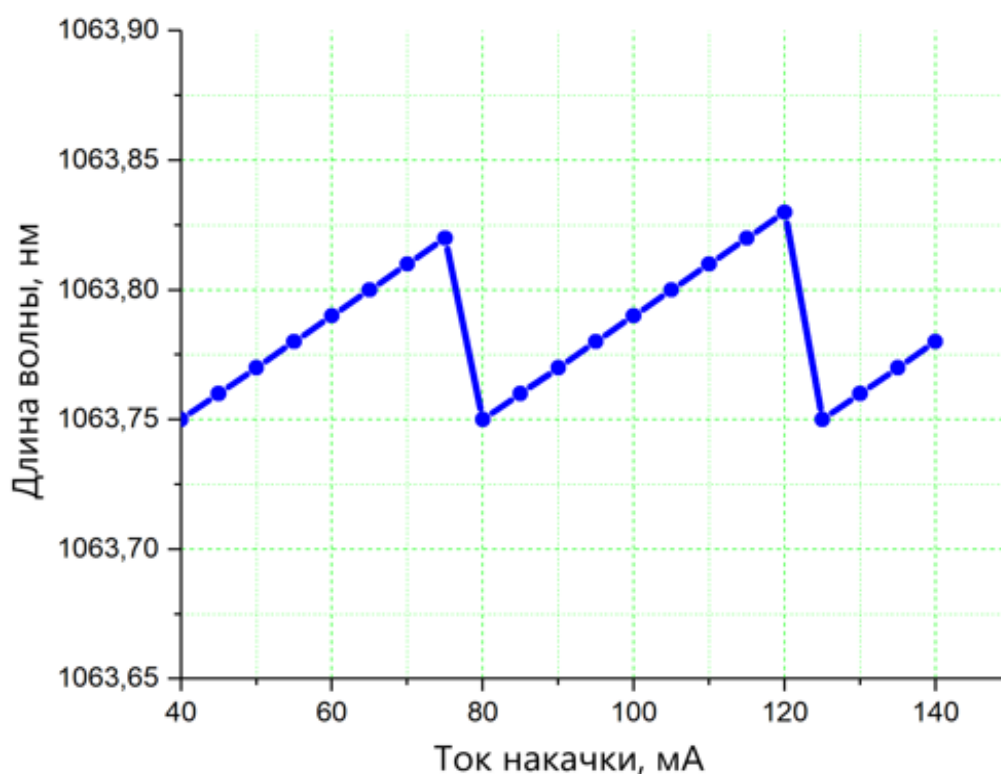


Рисунок 7 – График перестройки длины волны TLD лазерного модуля внутри селективности решетчатой структуры от тока накачки ЛД

3.5. Высокочастотная модуляция и импульсный режим работы

Для **TLD лазера** конструкции доступна токовая модуляция (1 ГГц).

В импульсном режиме работы быстрдействие, длительности фронтов и длительности импульса TLD лазера ограничены. Типичные **минимальные значения** длительности импульса составляют 10-50 нс, а длительности фронтов составляют 1-5 нс. Также из-за особенностей конструкции модуляцию лазерного модуля нужно производить от «верхнего значения». Модулировать анод ЛД, катод на «земле». Также в зависимости от лазера при работе в импульсном режиме желательно выполнять некоторое DC смещение по току на величину порога.

3.6. Ширина спектральной линии

Ширина линии лазера TLD оценочно может составлять вплоть до 100 кГц. Это так называемая ширина линии Лоренца. Для получения этой Лоренцевской формы линии необходимо использовать драйвер тока с ультранизким уровнем шума (батареиное питание) и контроллер ТЕС, чтобы избежать технического шума, который проявляется как искажение Лоренцевской формы линии. Ширина линии, наблюдаемая с использованием типичных контроллеров тока/ТЕС, будет в диапазоне 200-500 кГц для длин волн 1310-1650 нм. Вплоть до 1 МГц на длинах волны 633-1180 нм.

ГЛАВА 4. Общие правила безопасной эксплуатации лазерного модуля

Из-за высокой чувствительности к электростатическому разряду (ЭСР) при обращении с лазерными диодами и работе с ними следует соблюдать осторожность:

1. При работе с диодами используйте заземленные антистатические браслеты;
2. Всегда работайте на заземленных антистатических ковриках.

Хранение лазерных диодов:

Когда лазер не используется, соедините его выводы, чтобы защитить от повреждения электростатическим разрядом.

Используйте подходящий драйвер

Лазерные диоды требуют точного контроля рабочего тока и напряжения, чтобы избежать перегрузки лазера. Кроме того, лазерный драйвер должен обеспечивать защиту от скачков напряжения в источнике питания. Выберите лазерный драйвер, подходящий для ваших целей. Не используйте источник питания с токоограничивающим резистором, так как он не обеспечивает достаточную стабилизацию для защиты лазерного диода.

Радиаторы

Срок службы лазерного диода обратно пропорционален рабочей температуре. Всегда устанавливайте лазерный диод на подходящий радиатор, чтобы отводить избыточное тепло от корпуса лазера.

Перегрузка по напряжению и току

Не превышайте максимальное напряжение и силу тока, указанные в спецификации для каждого лазерного диода, даже на короткое время. Кроме того, обратное напряжение всего в 2-3 В может повредить лазерный диод.

Устройство, чувствительное к электростатическому разряду

Лазерные диоды подвержены электростатическому повреждению даже во время работы. Это особенно усугубляется при использовании длинных интерфейсных кабелей между лазерным диодом и его драйвером из-за индуктивности кабеля. Не допускайте воздействия электростатического разряда на лазерный диод или его монтажное устройство.

Переходные процессы при включении/выключении и при подаче питания

Из-за малого времени отклика лазерные диоды могут быть легко повреждены при скачках напряжения длительностью менее 1 мкс. Сильноточные устройства, такие как паяльники, вакуумные насосы и люминесцентные лампы, могут вызывать кратковременные скачки напряжения, поэтому при работе с лазерными диодами всегда следует использовать розетки с защитой от перенапряжения.

R25=10kΩ±1% B25/50=3950±1%							
Temp(°C)	Rmin(KΩ)	Rnor(KΩ)	Rmax(KΩ)	Temp(°C)	Rmin(KΩ)	Rnor(KΩ)	Rmax(KΩ)
-40	287.255	300.197	313.691	3	26.893	27.440	27.996
-39	269.681	281.652	294.124	4	25.634	26.143	26.660
-38	253.296	264.372	275.904	5	24.441	24.914	25.394
-37	238.011	248.263	258.930	6	23.308	23.748	24.194
-36	223.747	233.238	243.108	7	22.234	22.643	23.057
-35	210.428	219.219	228.354	8	21.215	21.595	21.979
-34	197.987	206.131	214.588	9	20.247	20.600	20.957
-33	186.359	193.906	201.739	10	19.328	19.656	19.987
-32	175.488	182.483	189.739	11	18.456	18.760	19.067
-31	165.318	171.805	178.528	12	17.627	17.909	18.193
-30	155.801	161.817	168.049	13	16.839	17.100	17.364
-29	146.890	152.472	158.250	14	16.090	16.332	16.577
-28	138.544	143.724	149.082	15	15.378	15.602	15.829
-27	130.724	135.531	140.502	16	14.701	14.909	15.118
-26	123.392	127.855	132.467	17	14.057	14.249	14.443
-25	116.516	120.661	124.940	18	13.444	13.622	13.800
-24	110.065	113.914	117.887	19	12.860	13.025	13.190
-23	104.009	107.585	111.274	20	12.305	12.457	12.609
-22	98.323	101.646	105.071	21	11.776	11.916	12.056
-21	92.981	96.070	99.251	22	11.273	11.402	11.531
-20	87.962	90.832	93.787	23	10.793	10.911	11.030
-19	83.250	85.920	88.665	24	10.336	10.445	10.554
-18	78.819	81.301	83.853	25	9.900	10.000	10.100
-17	74.648	76.957	79.329	26	9.476	9.576	9.676
-16	70.723	72.870	75.075	27	9.073	9.172	9.272
-15	67.026	69.023	71.074	28	8.688	8.787	8.887
-14	63.543	65.402	67.308	29	8.322	8.420	8.519
-13	60.261	61.990	63.763	30	7.972	8.070	8.168
-12	57.167	58.776	60.425	31	7.639	7.736	7.833
-11	54.249	55.746	57.280	32	7.321	7.417	7.513
-10	51.496	52.890	54.316	33	7.017	7.112	7.208
-9	48.898	50.195	51.522	34	6.728	6.822	6.917
-8	46.445	47.653	48.887	35	6.452	6.545	6.638
-7	44.129	45.253	46.401	36	6.188	6.280	6.372
-6	41.941	42.987	44.055	37	5.936	6.027	6.118
-5	39.873	40.847	41.840	38	5.696	5.785	5.875
-4	37.919	38.825	39.749	39	5.466	5.554	5.642
-3	36.071	36.914	37.773	40	5.246	5.333	5.420
-2	34.322	35.107	35.906	41	5.037	5.122	5.208
-1	32.668	33.398	34.142	42	4.836	4.920	5.004
0	31.102	31.782	32.473	43	4.644	4.727	4.810
1	29.623	30.255	30.898	44	4.461	4.542	4.624
2	28.221	28.810	29.407	45	4.286	4.365	4.445

Приложение 1

R25=10kΩ±1%				B25/50=3950±1%			
Temp(°C)	Rmin(KΩ)	Rnor(KΩ)	Rmax(KΩ)	Temp(°C)	Rmin(KΩ)	Rnor(KΩ)	Rmax(KΩ)
46	4.118	4.196	4.275	89	0.892	0.923	0.954
47	3.957	4.034	4.111	90	0.864	0.894	0.925
48	3.804	3.879	3.955	91	0.837	0.866	0.897
49	3.657	3.730	3.805	92	0.811	0.840	0.870
50	3.516	3.588	3.661	93	0.786	0.814	0.843
51	3.383	3.454	3.525	94	0.762	0.789	0.818
52	3.255	3.325	3.395	95	0.739	0.766	0.793
53	3.133	3.201	3.270	96	0.716	0.743	0.770
54	3.016	3.083	3.151	97	0.695	0.720	0.747
55	2.904	2.970	3.036	98	0.674	0.699	0.725
56	2.797	2.861	2.926	99	0.653	0.678	0.703
57	2.694	2.757	2.821	100	0.634	0.658	0.683
58	2.596	2.657	2.719	101	0.615	0.639	0.663
59	2.501	2.561	2.622	102	0.597	0.620	0.644
60	2.411	2.469	2.529	103	0.579	0.602	0.625
61	2.324	2.381	2.440	104	0.562	0.584	0.607
62	2.240	2.297	2.354	105	0.546	0.567	0.590
63	2.160	2.215	2.272	106	0.530	0.551	0.573
64	2.084	2.137	2.192	107	0.515	0.535	0.557
65	2.010	2.063	2.116	108	0.500	0.520	0.541
66	1.939	1.991	2.043	109	0.485	0.505	0.526
67	1.871	1.922	1.973	110	0.471	0.491	0.511
68	1.806	1.855	1.906	111	0.458	0.477	0.497
69	1.743	1.792	1.841	112	0.445	0.464	0.483
70	1.683	1.730	1.778	113	0.433	0.451	0.469
71	1.625	1.671	1.719	114	0.420	0.438	0.457
72	1.570	1.615	1.661	115	0.409	0.426	0.444
73	1.516	1.560	1.605	116	0.397	0.414	0.432
74	1.465	1.508	1.552	117	0.386	0.403	0.420
75	1.415	1.457	1.501	118	0.375	0.392	0.409
76	1.368	1.409	1.451	119	0.365	0.381	0.398
77	1.322	1.362	1.404	120	0.355	0.371	0.387
78	1.278	1.317	1.358	121	0.345	0.361	0.377
79	1.236	1.274	1.314	122	0.336	0.351	0.367
80	1.195	1.233	1.271	123	0.327	0.342	0.357
81	1.156	1.193	1.231	124	0.318	0.332	0.347
82	1.118	1.154	1.191	125	0.310	0.324	0.338
83	1.082	1.118	1.154				
84	1.048	1.082	1.117				
85	1.014	1.048	1.082				
86	0.982	1.015	1.049				
87	0.951	0.983	1.016				
88	0.921	0.952	0.985				

Приложение 2