

Техническое описание и руководство по эксплуатации диодного лазера с внешним резонатором ECDL-5203 (S/N 102058)

Диодный лазер с внешним резонатором ECDL-5203 является источником высококогерентного излучения в зеленой области оптического спектра. Центральная длина волны рабочего диапазона равна 514.24 нм. Лазер предназначен для проведения оптических измерений, базирующихся на интерферометрии лазерных пучков.

ECDL-5203 состоит из оптической головки и электронного блока управления, которые соединяются кабелем VGA типа. Стандартная длина кабеля составляет 1,8 м. Блок управления должен подключаться к сети переменного напряжения через розетку, имеющую контакт **независимого заземления**.

Оптическая головка.

В состав оптической головки (Рис.1) входят:

хладопровод (поз.1) с единым модулем (поз.2) лазерного диода Thorlabs L520P50 и коллимирующего объектива ($N_A=0.6$; $f=4.0$ мм; выходная апертура – 4.8 мм);

два термоэлектрических микрохолодильника (элементы Пельтье), установленных под хладопроводом и под корпусом оптической головки (поз.6);

два термодатчика (термисторы 10 кОм), вмонтированных в хладопровод и в корпус оптической головки;

дифракционная решетка (поз.3), укрепленная на горизонтальном валу (поз.5).

Лазерный диод (LD) и коллимирующий объектив жестко объединены в едином модуле (поз.2), который устанавливается в хладопровод (поз.1). Два контура термостабилизации поддерживают неизменными температуры хладопровода и корпуса оптической головки (поз.6) независимо друг от друга и таким образом, что корпус головки служит в качестве радиатора для внутреннего контура термостабилизации, а основание оптической головки (поз.7) является радиатором для внешнего контура термостабилизации. 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. Корпус лазера (поз.6) служит в качестве каркаса для всех оптических и механических компонентов ECDL. Пластиковая крышка с выходным окошком защищает оптический резонатор от пыли, тепловых и акустических возмущений.

Оптический резонатор перестраиваемого лазера формируется задней гранью лазерного диода, имеющей высокий коэффициент отражения (90-95%), и голографической дифракционной решеткой (3000 мм^{-1}), установленной в схеме Литтрова. Решетка укреплена на горизонтальном валу, положение которого и определяет требуемое направление дифракции лазерного пучка.

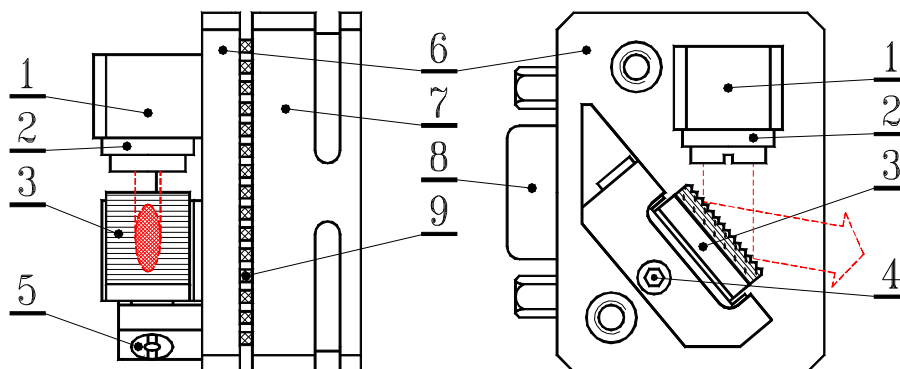


Рис.1. Оптическая головка (вид сверху при снятой крышке). 1 – хладапровод лазерного диода; 2 – единый модуль лазерного диода и коллимирующего объектива; 3 – дифракционная решетка, укрепленная на горизонтальном валу; 4 – вертикальный фиксирующий винт M2; 5 – горизонтальный вал; 6 – корпус оптической головки; 7 – основание оптической головки; 8 – разъем DHS-15F; 9 – микрохолодильник внешнего контура термостабилизации.

Точное пространственное согласование падающей на решетку и дифрагированной волн критически важно для получения высокой когерентности и значительной мощности в выходном излучении лазера. ECDL-5203 не имеет штатных регулировок для настройки взаимного положения лазерного диода и коллимирующего объектива, а также для юстировки лазерного пучка в горизонтальном и 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 юстировок коллимирующего объектива и угла дифракции небольшая подстройка лазерного луча в вертикальной плоскости возможна и после демонтажа оптической головки со сборочного стенда. Горизонтальная ось (горизонтальный вал поз.5) дифракционной решетки установлена в цанговом зажиме. Цанговый зажим фиксируется или отпускается, когда вертикальный винт (поз.4) закручивается или выкручивается соответственно. Слегка асимметричный захват цанги приводит к проворачиванию горизонтального вала при закручивании винта 4 (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.

Если требуется значительное смещение лазерного луча в вертикальной плоскости, то следует воспользоваться П-образным шлицевым ключом из ремонтного комплекта (Рис.6). Для установки данного ключа в торце горизонтального вала имеется шлицевой паз с резьбовым отверстием М1,6. При отпущенном фиксирующем винте 4 горизонтальный вал вращается свободно. После установки вала в требуемое положение он может быть вновь зажат с учетом упомянутого выше вращения вала при затяжке фиксирующего винта.

Как правило, выходной пучок лазера астигматичен. Это связано и с его эллиптичностью, и с типом волновода структуры LD. Поэтому иногда наиболее эффективная оптическая обратная связь достигается при слегка сходящемся пучке, т.е. незначительная сходимость ($\sim 2 \times 10^{-3}$) лазерного пучка не означает неправильной юстировки коллиматора ECDL.

Блок управления.

Блок управления (HPLDC016D – a high-power laser diode controller) устанавливает ток и температуру лазерного диода, а также температуру корпуса оптической головки с точностью, достаточной для достижения требуемых характеристик ECDL-5203. HPLDC016 в качестве опции может иметь до трех независимых контуров термостабилизации. В представленной модели прибора HPLDC016D активированы два из них (LD и CASE).

Аналоговый блок питания обеспечивает все напряжения, требуемые для работы электронных узлов: стабилизированные $\pm 15\text{В}$, $\pm 5\text{В}$ и нестабилизированные $\pm 6\text{В}$. Под крышкой блока управления рядом с сетевым разъемом расположены два гнезда для плавких сетевых предохранителей. Одно гнездо соответствует переменному напряжению силовой сети 230 В, другое – напряжению 120 В. **Единственный предохранитель номиналом 1 А должен быть установлен в соответствующее гнездо!** Для того чтобы снять крышку блока управления, следует выкрутить четыре винта с его верхней стороны.

Передняя панель блока управления разделена на несколько функциональных зон, отражающих работу источника тока (CURRENT), контроллеров температуры (THERMO) и шунта лазерного диода (LD) (Рис.2).

В зоне CURRENT расположены цифровой индикатор, рукоятки установки уровня тока лазерного диода (LEVEL), амплитуды сканирования тока (SWEEP) и уровня ограничения тока (LIMIT). Белый светодиод, расположенный над рукояткой LEVEL,

зажигается при достижении уровня ограничения тока. Максимальное значение тока для HPLDC016D составляет более 100 мА. Полный размах сканирования тока составляет четверть от максимального значения тока (~25 мА).

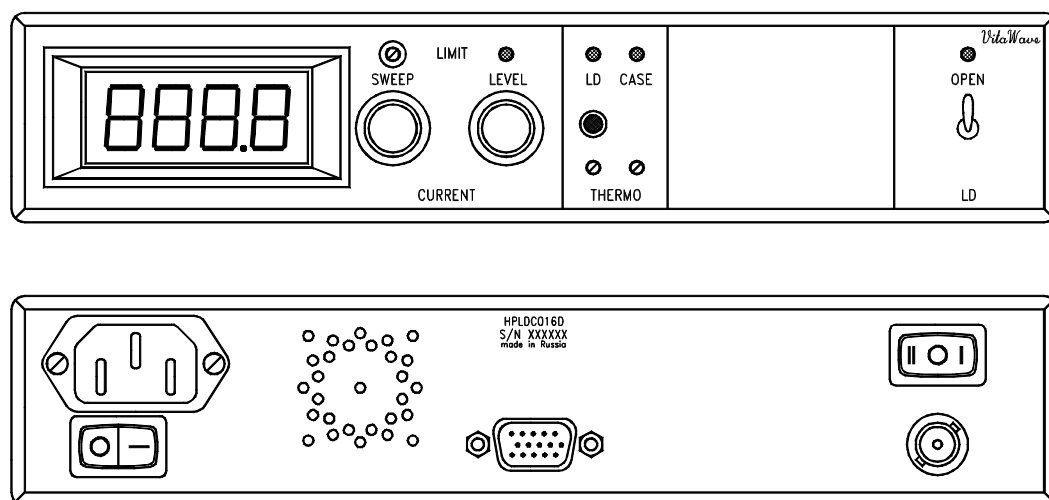


Рис.2. Вид спереди и сзади на блок управления.

Встроенный генератор треугольного сигнала может модулировать ток лазерного диода на сетевой частоте f и ее субгармониках $f/2$, $f/4$, $f/8$. Для установки частоты модуляции один из движков переключателя DIP-8 на печатной плате (SW5) должен быть установлен в положение ON. По умолчанию для ECDL-5203 предустановлена частота $f/2$ (т.е. 25 Гц для Европы и 30 Гц для США).

Триммер ограничения тока (LIMIT) расположен над рукояткой SWEEP. Установка ограничения тока необходима для предотвращения деградации лазерного диода вследствие случайных перегрузок по току.

В зоне THERMO расположены два подстроечных сопротивления, устанавливающих температуру внутреннего (LD) и внешнего (CASE) контуров термостабилизации. Вращение по часовой стрелке приводит к увеличению температуры контролируемого объекта. Двухцветные светодиоды над триммерами отражают состояние соответствующей термостабилизации. Отсутствие какого-либо света в зоне THERMO свидетельствует об установлении требуемых температур лазерного диода или корпуса оптической головки. Зеленый цвет светодиода информирует об активном охлаждении соответствующего объекта, т.е. внешняя температура выше предустановленной для данного объекта. Красный цвет светодиода индицирует нагрев (внешняя температура ниже предустановленной). Светодиоды в зоне THERMO также горят красным, если оптическая головка разъединена с блоком управления.

Кнопка в зоне THERMO переключает цифровой дисплей из режима измерения тока лазерного диода в режим измерения величины сопротивления, задающего температуру лазерного диода. При нажатии на нее дисплей показывает значение данного сопротивления в килоомах.

В зоне LD находятся тумблер размыкания шунта лазерного диода и индикатор состояния этого шунта. Рекомендуется держать лазерный диод закороченным (светодиод погашен) в момент включения блока управления и до установления стационарного состояния обоих контуров термостабилизации. Когда тумблер LD переводится в состояние OPEN, светодиод загорается зеленым, и величина сопротивления, шунтирующего выводы лазерного диода, плавно изменяется от долей Ом до величины в десятки МОм, размыкая лазерный диод и защищая его от бросков тока в переходных процессах. Также шунт защищает от перегрузок лазерный диод при аварийном исчезновении любого из питающих источников тока напряжений ± 15 В.

На задней панели HPLDC016D установлены:

сетевой разъем с выключателем,

разъем подключения оптической головки к блоку управления (DHR-15M),

переключатель управляющих сигналов,

BNC разъем для подключения внешнего управляющего сигнала и синхронизации.

В положении I переключателя управляющих сигналов на BNC разъем подается треугольный сигнал размахом 8 В с выхода встроенного генератора, который может быть использован для синхронизации внешних устройств. Для того чтобы контролировать ток лазерного диода внешним сигналом, переключатель управляющих сигналов должен быть установлен в положение II. В этом случае выход встроенного генератора отсоединяется от входа источника тока, на который теперь подается внешний сигнал.

Подготовка к работе ECDL-5203.

1. Соединить кабелем VGA типа оптическую головку и блок управления.
2. Проверить положение рукояток SWEEP и LEVEL. Они должны быть в крайнем левом положении.
3. Подсоединить сетевой шнур к **ЗАЗЕМЛЕННОЙ** розетке. Включить сетевой тумблер, расположенный на задней панели, и подождать до момента установления стационарного температурного режима лазерного диода и корпуса оптической головки (светодиоды в зоне THERMO должны погаснуть). Температуру корпуса оптической головки следует установить равной средней температуре помещения, в котором

эксплуатируется прибор. В этом случае свечение светодиода CASE отсутствует сразу в момент включения блока управления.

4. Разомкнуть выводы лазерного диода тумблером LD-OPEN и установить рекомендуемый уровень тока.

Выключение ECDL-5203.

1. Вывести обе рукоятки SWEEP и LEVEL до нуля (в крайнее левое положение).
2. Замкнуть выводы лазера тумблером LD-OPEN (рычажок вниз, индикатор состояния шунта погас).
3. Выключить блок управления сетевым тумблером.

Перестройка частоты ECDL-5203.

Механическая стабильность ECDL-5203 достаточно высока, чтобы сохранять выходные параметры лазера в течение недель. Так что регулировка тока инжекции лазерного диода является достаточным средством для точной настройки лазера на желаемую длину волны. Однако ухудшение характеристик ECDL (увеличение порогового тока, уменьшение выходной мощности, слабое подавление боковых мод, возрастание амплитудного шума) может свидетельствовать о необходимости подъюстировки внешнего резонатора.

Следующие экспериментальные данные описывают работу ECDL-5203 и могут служить в качестве образцовых при его юстировке.

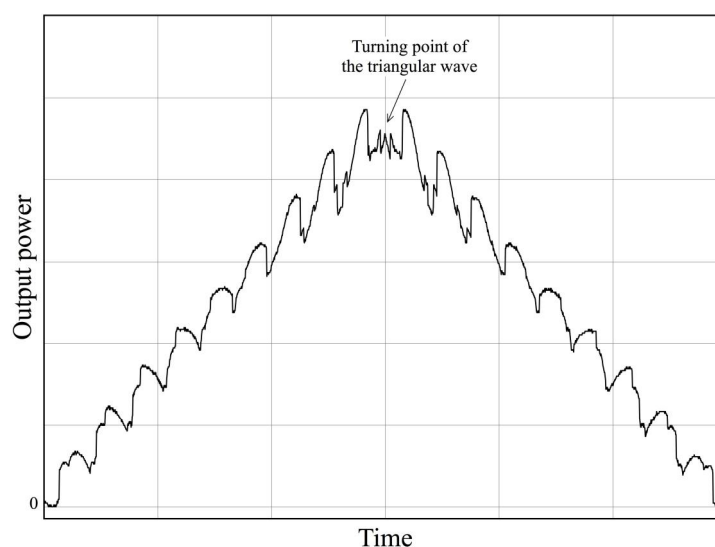


Рис.3. Зависимость выходной мощности лазера от тока инжекции. Ток лазерного диода модулируется симметричным треугольным сигналом.

Спектральные и мощностные характеристики лазера с внешним резонатором определяются взаимным расположением по частоте контура селективности

дифракционной решетки, мод лазерного диода (собственных мод) и мод ECDL (внешних мод). При изменении тока накачки лазерного диода, его температуры или температуры корпуса ECDL перестройка собственных мод диода и мод внешнего резонатора происходит с разной скоростью относительно спектрального пика отражения решетки и, как следствие, сопровождается их переключением. Это наглядно отражается в характере ватт-амперной характеристики (ВтАХ), т.е. зависимости выходной мощности лазера от тока инжекции. На рисунке 3 показана ватт-амперная характеристика ECDL-5203, которая служит удобным инструментом для выбора оптимального режима работы лазера.

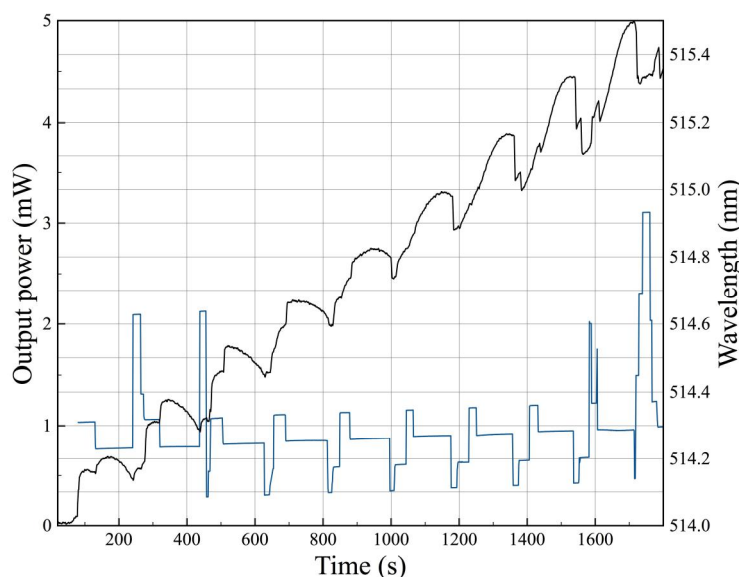


Рис.4. Выходная мощность лазера (черная кривая) и длина волны генерации (синяя кривая) при медленном сканировании тока.

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 нарастает с ростом тока (исключая зоны перескоков мод).

Изменение тока накачки 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.

На рисунке 4 одновременно с ВтАХ регистрируется длина волны генерации лазера. Поскольку для надежного измерения длины волны требуется значительное время, сканирование медленное. На Рис.4 представлен только нарастающий склон в токе LD. Участки плавного изменения мощности на ВтАх однозначно соответствуют практически

горизонтальным участкам на графике длины волны. Из зависимостей видно, что резкие изменения в мощности сопровождаются перескоками мод с частотным интервалом, равным области свободной дисперсии LD ($\sim 1 \text{ \AA}$). Внутри областей устойчивой генерации диапазон перестройки частоты соответствует области свободной дисперсии ECDL, не достигая ее ($\sim 4 \text{ ГГц}$). Вблизи областей перескока конкуренция мод может приводить к избыточному амплитудному шуму и ухудшению спектрального качества выходного излучения.

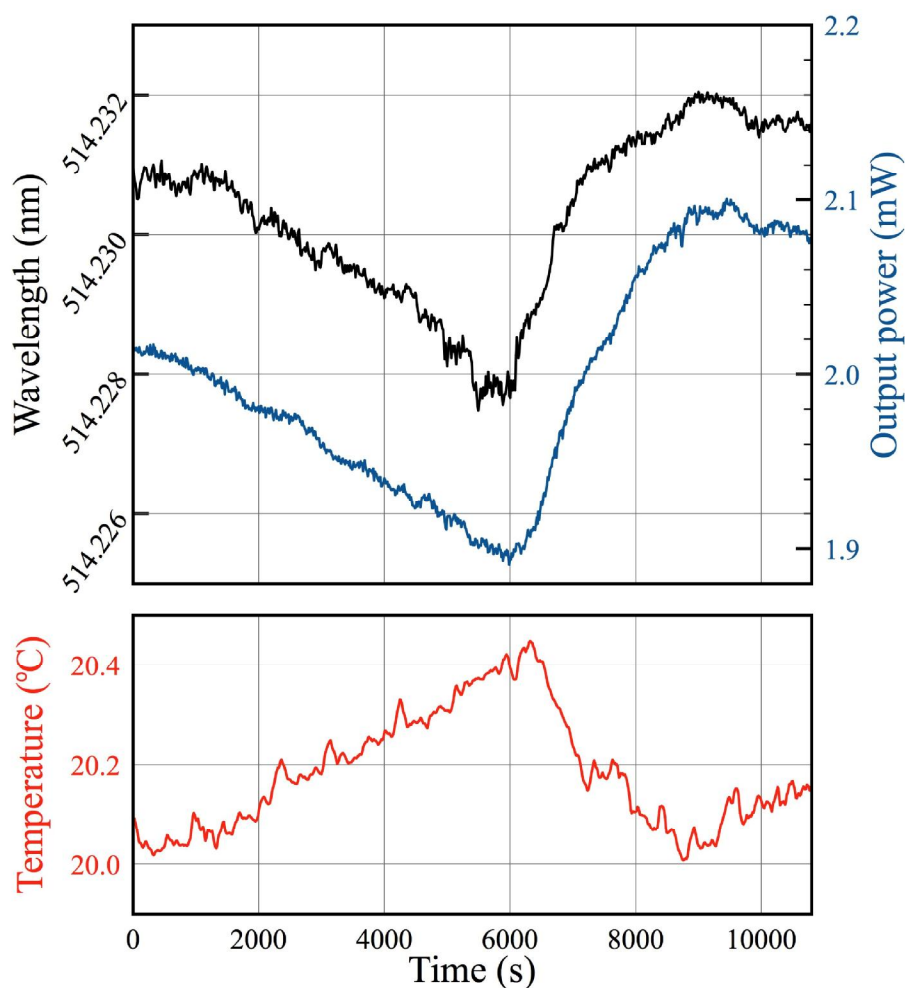


Рис.5. Зависимости мощности ECDL-5203 (синяя кривая), его длины волны (черная кривая) и температуры в помещении (красная кривая) от времени.

Для оценки влияния внешней температуры на работу прибора была произведена в течение нескольких часов одновременная запись выходной мощности ECDL-5203, его длины волны и температуры в рабочем помещении (Рис.5). Перед началом измерений выбиралась мода с максимальной областью непрерывной перестройки моды, и ток лазера устанавливался на уровне, соответствующем середине этой области. Из данных, приведенных на Рис.5, следует ожидать отсутствия перескоков мод при флуктуациях внешней температуры в пределах полуградуса.

Если работа с использованием ECDL-5203 производится в помещении со значительным суточным перепадом температуры, а при ее проведении можно пренебречь некоторым изменением мощности выходного излучения, то стабилизацию моды (отодвигание границ перескоков мод) можно осуществить введением компенсирующего изменения тока LD.

Юстировка ECDL-5203.

Ниже приведена последовательность действий, если выявлено, что требуется подъюстировка лазера.



Рис.6. П-образный шлицевой ключ из ремонтного комплекта.

1) Вставить П-образный ключ из ремкомплекта (Рис.6) в шлицевой паз горизонтальной оси дифракционной решетки.

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 (Рис.1, поз.4) 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-5203.

Приложение. Принципиальные и монтажные схемы HPLDC016.

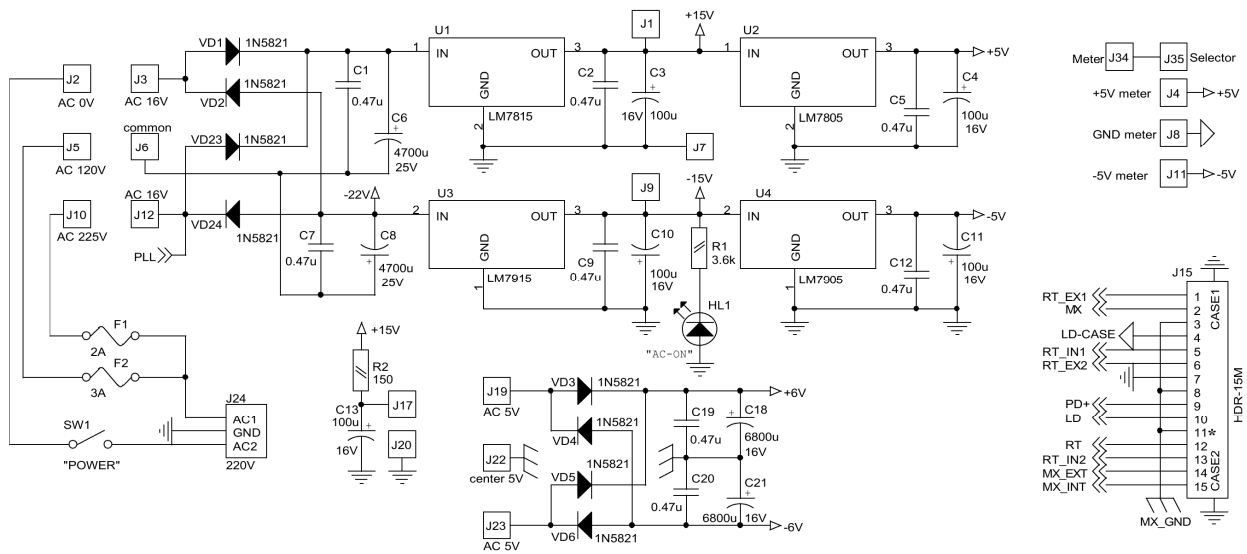


Рис.7. Схема блока питания.

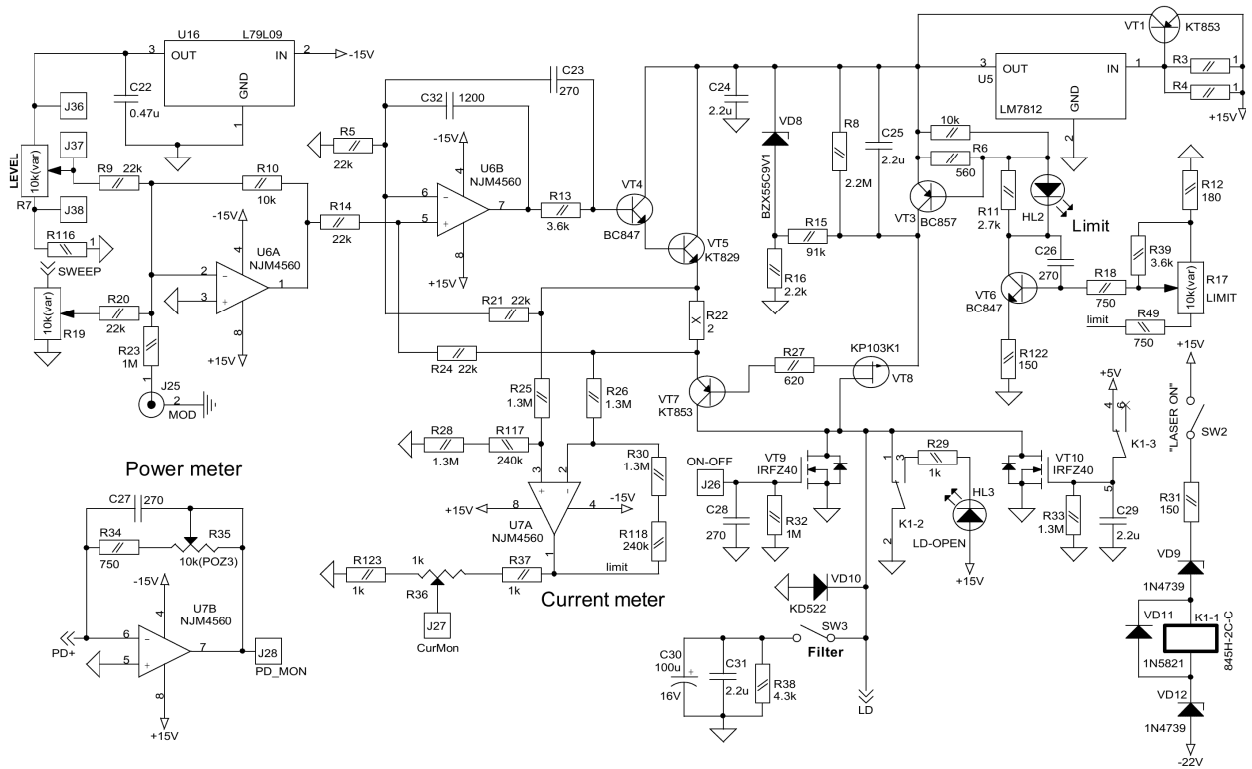


Рис.8. Схема источника тока.

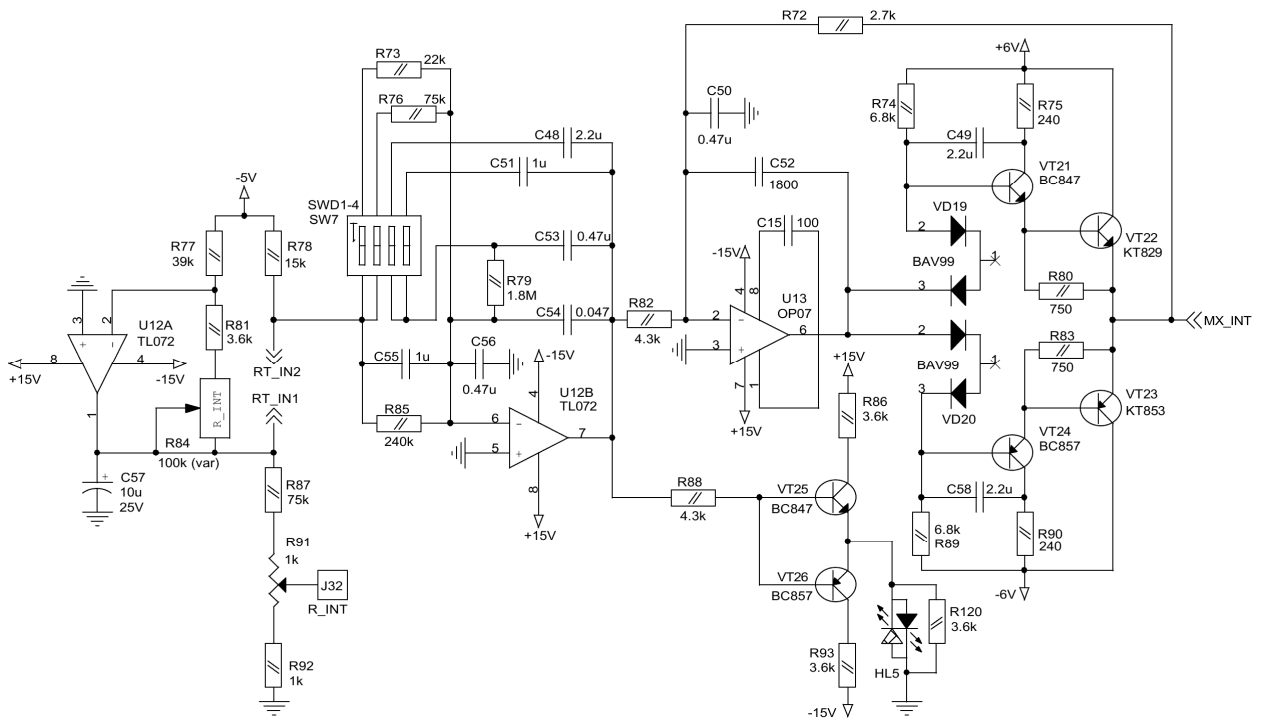


Рис.9. Схема контроллера температуры лазерного диода.

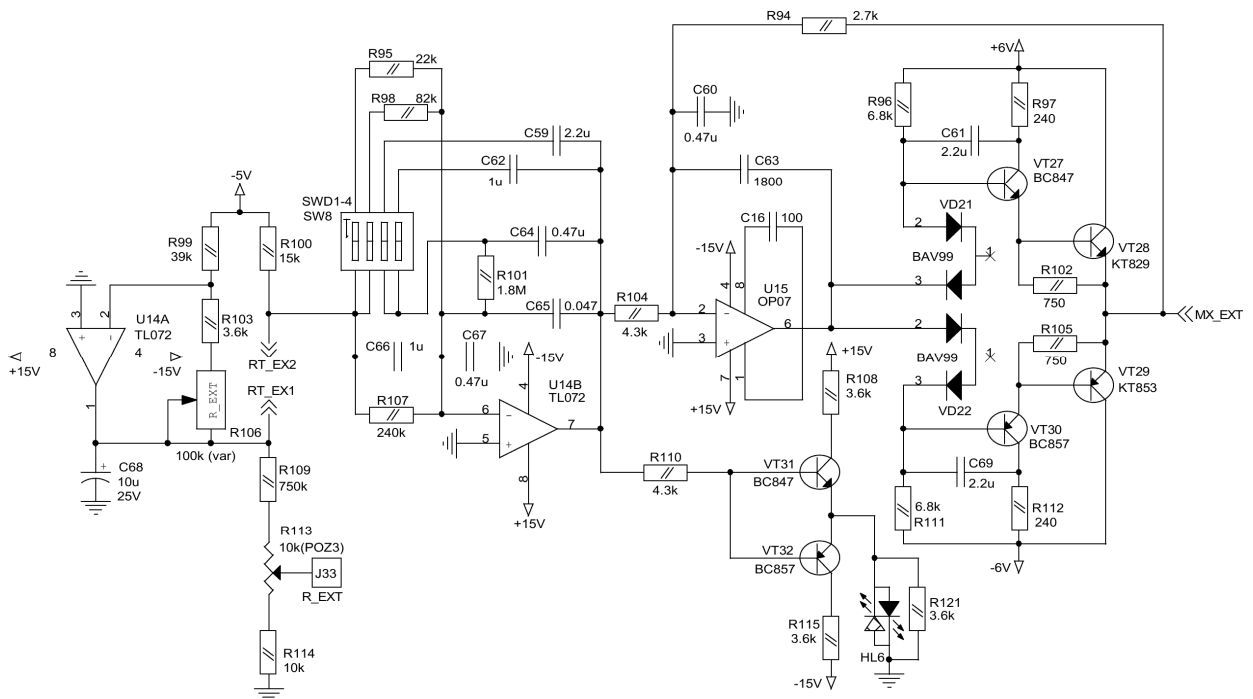


Рис.10. Схема контроллера температуры корпуса оптической головки.

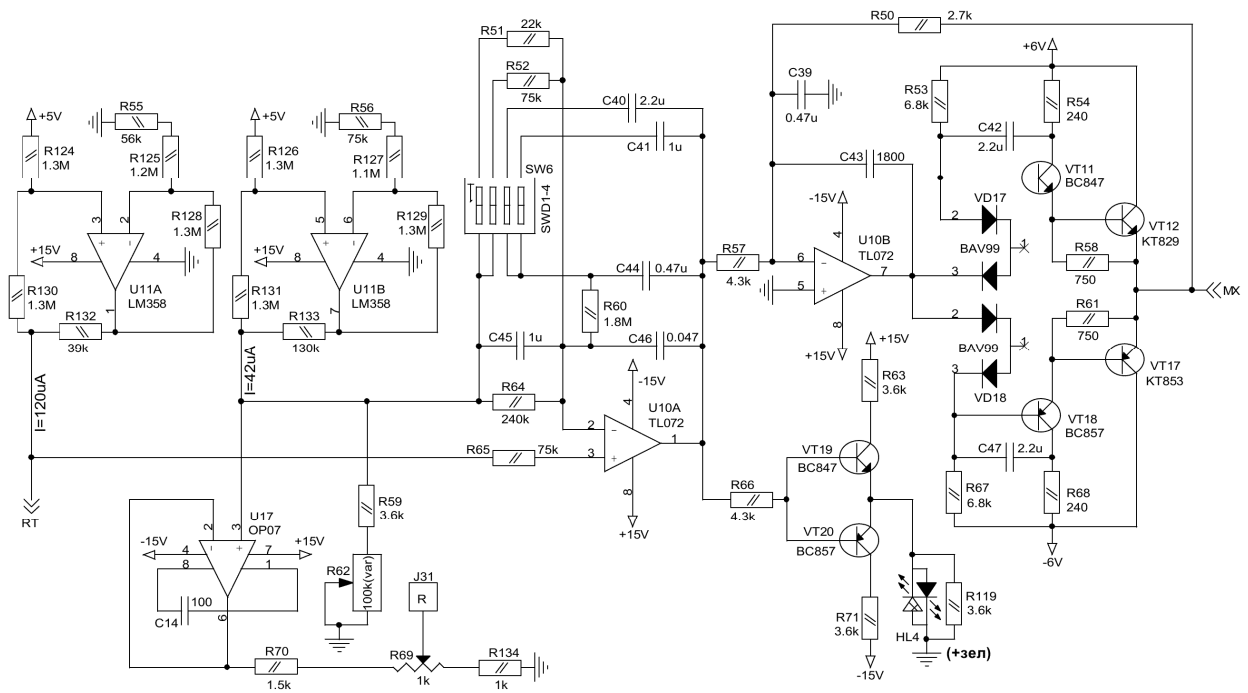


Рис.11. Схема генератора треугольного сигнала.

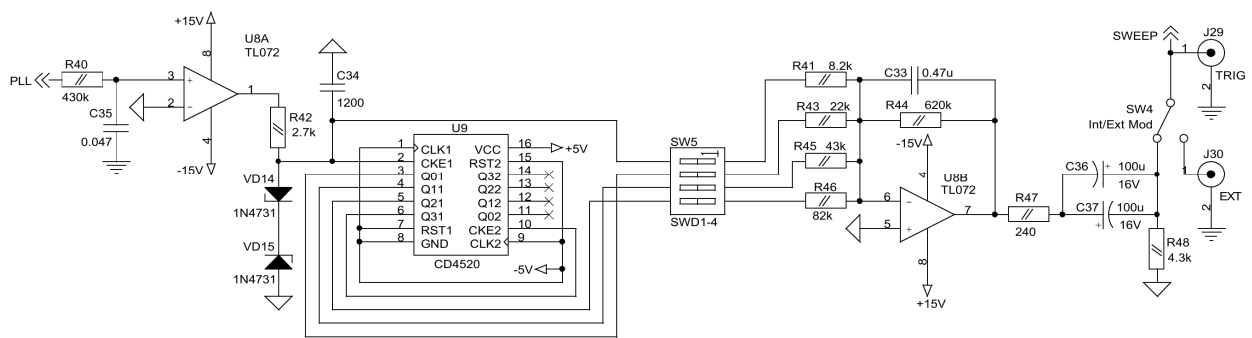


Рис.12. Схема генератора треугольного сигнала..

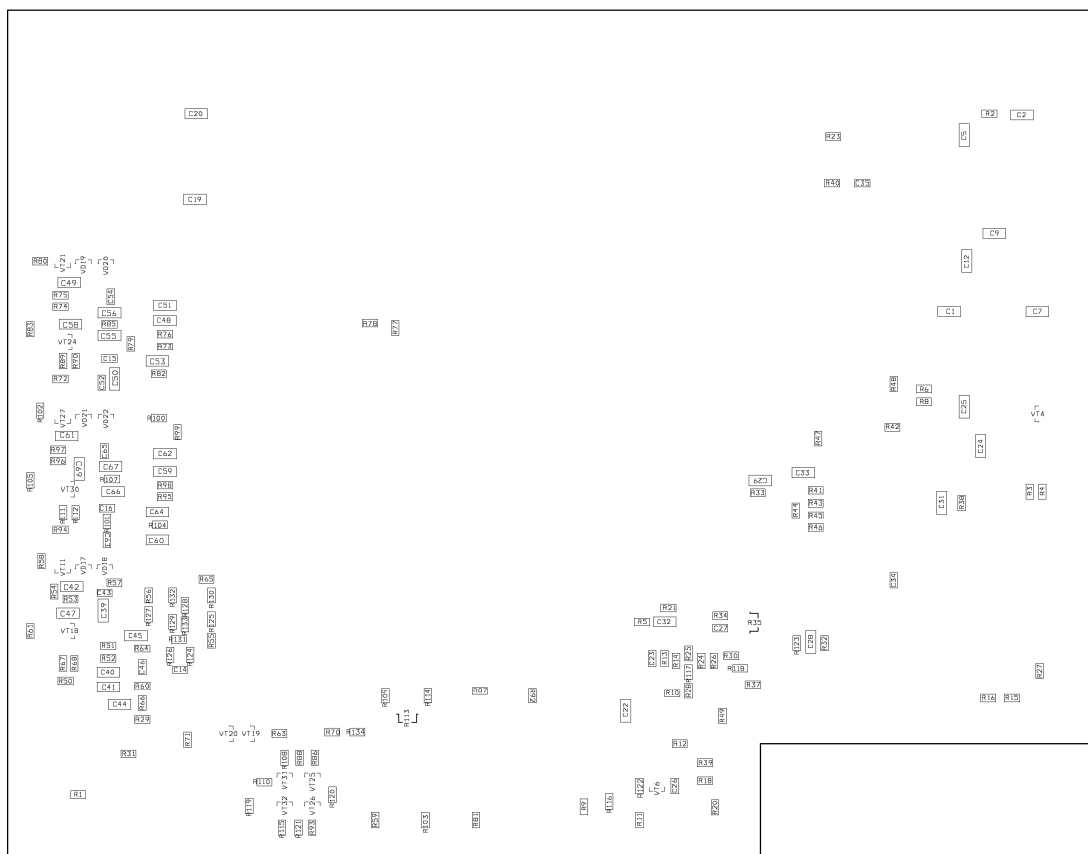
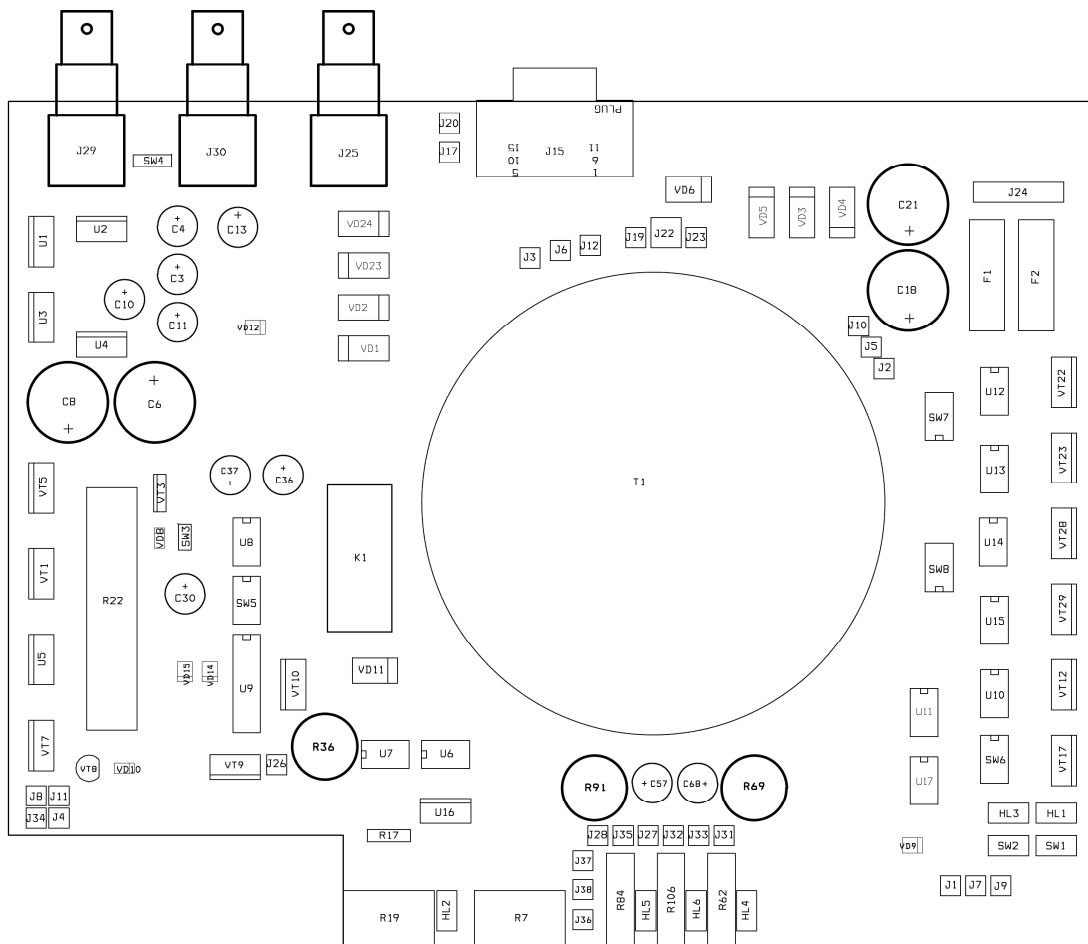


Рис.13. Монтажные схемы HPLDC016.

Общие рекомендации по эксплуатации ECDL-5203.

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:

$$\text{ТКС} = - 4 \text{ \%}/^{\circ}\text{C} .$$

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	514.24 нм
2. Выходная мощность @ 37.5 мА	1.6 мВт
3. Диапазон непрерывной перестройки	4 ГГц
4. Диапазон грубой перестройки	1 Å
5. Поляризация	линейная вертикальная
6. Пучок	эллиптический 5×1.5 мм ²
7. Пороговый ток	32 мА
8. Рабочий ток	37 мА
9. Максимальный рабочий ток	60 мА
10. Величина термосопротивления	11.5 кОм
11. Размеры оптической головки	45×39×38 мм ³
12. Вес оптической головки	100 г
13. Размеры блока управления	245×200×55 мм ³
14. Вес блока управления	1.2 кг