

5-й Международный
радиоэлектронный форум
«Прикладная радиоэлектроника
Состояние и перспективы
развития»

МРФ–2014

Том 4

КОНФЕРЕНЦИЯ

**«ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БАЗА
НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»**

Украина, г. Харьков, 2014

СИСТЕМА ДИОДНОЙ НАКАЧКИ ИМПУЛЬСНЫХ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРОВ

Мачехин Ю.П., Старчевский Ю.Л., Бабаев В.А., Мелехов Н.Н.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина 14, каф. ФОЕТ, тел. 702-14-84
E-mail: starchevskiy@yahoo.com

In this paper we consider a number of issues related to LED-pumped solid-state lasers. A brief overview of modern power supplies for laser diode bars pumping from leading manufacturers is presented. Their basic parameters and price range are given. The principles of design built-in power supplies for control equipment are shown. Represented an oscillogram of the pulses with amplitude up to 50 A and duration 1 ms.

Введение

Твердотельные лазеры с момента их появления получили значительное развитие и применяются во многих отраслях: лазерная технология (сварка, резка и др.), технология производства электронных приборов, медицина, лазерная локация, системы контроля состава атмосферы, оптическая обработка информации, интегральная и волоконная оптика, лазерная спектроскопия, лазерная диагностика плазмы и управляемый термоядерный синтез, лазерная химия и лазерное разделение изотопов, нелинейная оптика, сверхскоростная фотография, лазерные гироскопы, сейсмографы и другие точные физические приборы [1]. Каждое направление использования твердотельных лазеров предъявляет ряд требований к параметрам лазерного излучения, блокам питания лазера, конструктивным параметрам излучателя, тепловым режимам, и др.

Известно, что одним из направлений улучшения характеристик лазерных установок является переход от ламповой к диодной накачке. Оптический КПД диодной накачки может достигать 50%, что значительно эффективнее, чем применение импульсных газоразрядных ламп, у которых рекордный КПД составляет 10% [2, 3]. На практике, в типовых конструкциях, применение диодной накачки позволяет обеспечить оптический КПД на уровне 30% [4].

Несмотря на явное преимущество использования диодной накачки, твердотельные лазеры с ламповой накачкой всё ещё широко распространены, поскольку ламповая накачка способна обеспечить более высокие мощности при меньшей себестоимости системы накачки.

Благодаря целому ряду научных работ в различных областях в продаже с каждым годом появляются диоды для накачки твердотельных лазеров большей мощности. Также разрабатываются и появляются в продаже новые лазерные кристаллы и стёкла для диодной накачки с повышенной концентрацией атомов активного вещества [5]. Новые материалы и источники накачки позволяют проектировать более совершенные конструкции лазерных излучателей, поэтому разработка новой системы диодной накачки импульсных твердотельных лазеров является важной и актуальной задачей.

Блоки питания для лазерных диодов накачки

Поскольку системы диодной накачки лазеров применяются уже не один десяток лет, то на рынке присутствуют блоки питания для лазерных диодов накачки. Рассмотрим их наиболее важные параметры на примере линейки продукции ООО «Федал». Импульсные источники питания лазера SF302, SF304, SF306, SF308 и SF350 предназначены для питания диодных линеек, используемых для накачки мощных твердотельных или волоконных лазеров и выпускаются в нескольких модификациях на различные напряжения и токи накачки. Конструктивно источники выполнены в 19" корпусе и устанавливаются в стойку или отдельно. Источники оснащены удобным интерфейсом управления, графическим ЖК-дисплеем, входом и выходом синхронизации, поддерживает различные интерфейсы управления и обеспечивает широкий диапазон плавного изменения частоты, амплитуды и длительности импульсов тока накачки.

Источники рассчитаны на питание от однофазной сети $\sim 220\text{В} \pm 20\%$, 50Гц и оптимизированы для работы в составе лабораторных, учебных, экспериментальных и промышленных установок. Дополнительно источники питания могут быть оснащены блоками температурной стабилизации (с элементами Пельтье), дополнительными входами и выходами, измерителем мощности, разъемом для синхронизации нескольких источников питания. Частота следования импульсов может находиться в диапазоне от 1 Гц до 1кГц, рабочее напряжение на диодах накачки может быть от 160В до 5В, диапазон регулировки тока накачки от 1А до 300А. Масса блоков питания находится в пределах от 22 кг до 10 кг. Стоимость блоков питания от \$2500 до \$4400. Стоимость импортных блоков питания для диодной накачки с аналогичными параметрами находится на таком же уровне.

В процессе разработки готовых устройств и систем, которые используют твердотельные лазеры, необходимо обеспечить конкретный режим работы системы диодной накачки. Приобрести блок питания со специальными характеристиками достаточно сложно и, как правило, его необходимо проектировать совместно с системой, для которой он применяется. При проектировании встроенного в систему блока питания из него исключается излишняя функциональность (например, светодиодные индикаторы, экраны, ручки и кнопки для настройки) и обеспечивается необходимый режим работы с целью снижения стоимости и улучшения массогабаритных характеристик системы.

В данной работе рассматривается спроектированный блок питания, который обеспечивает импульс тока 50А длительностью 1 мс для линейки лазерных диодов SC808-100QCW (рис. 1). Линейка стоит 150\$, работает в квази-непрерывном режиме QCW, охлаждается путём кондуктивного теплообмена через встроенный радиатор (Conduction Cooled Package - CCP). Предельная максимальная мощность излучения на длине волны $808 \pm 10\text{nm}$ составляет 100W. Расходимость излучения по уровню половинной мощности не превышает 9 градусов для медленной оси и 38 градусов для быстрой оси. Пороговый ток 20А, а рабочий ток может устанавливаться до 110А при частоте следования импульсов 1 кГц.

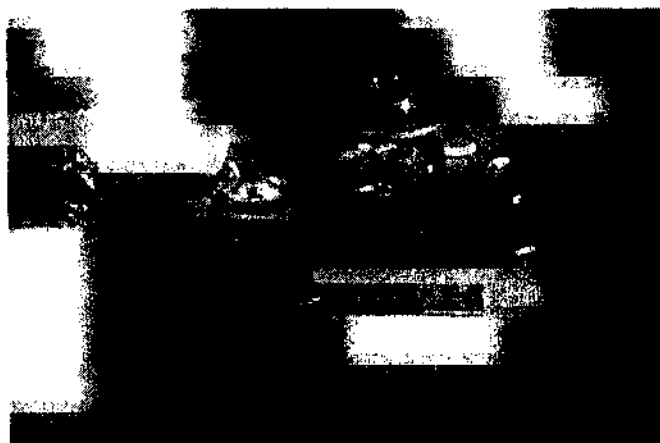


Рисунок 1 – Линейка лазерных диодов

Изготовленный блок питания для системы накачки твердотельного лазера состоит из импульсного блока питания с выходами +5В и +12В, блока управления с контроллером АТmega8, транзисторного усилителя последовательности импульсов с пассивной системой охлаждения и блока накопления заряда с ёмкостью.

Электрическая схема блока питания для системы накачки твердотельного лазера приведена на рис. 2. В качестве импульсного блока питания используется стандартный блок питания для компьютера, позволяющий обеспечить ток 20А при напряжении +5В

(красный вывод) и ток 16А при напряжении +12В (жёлтый вывод). Для включения блока питания обеспечивается электрический контакт зелёного провода и чёрного, который имеет потенциал земли.

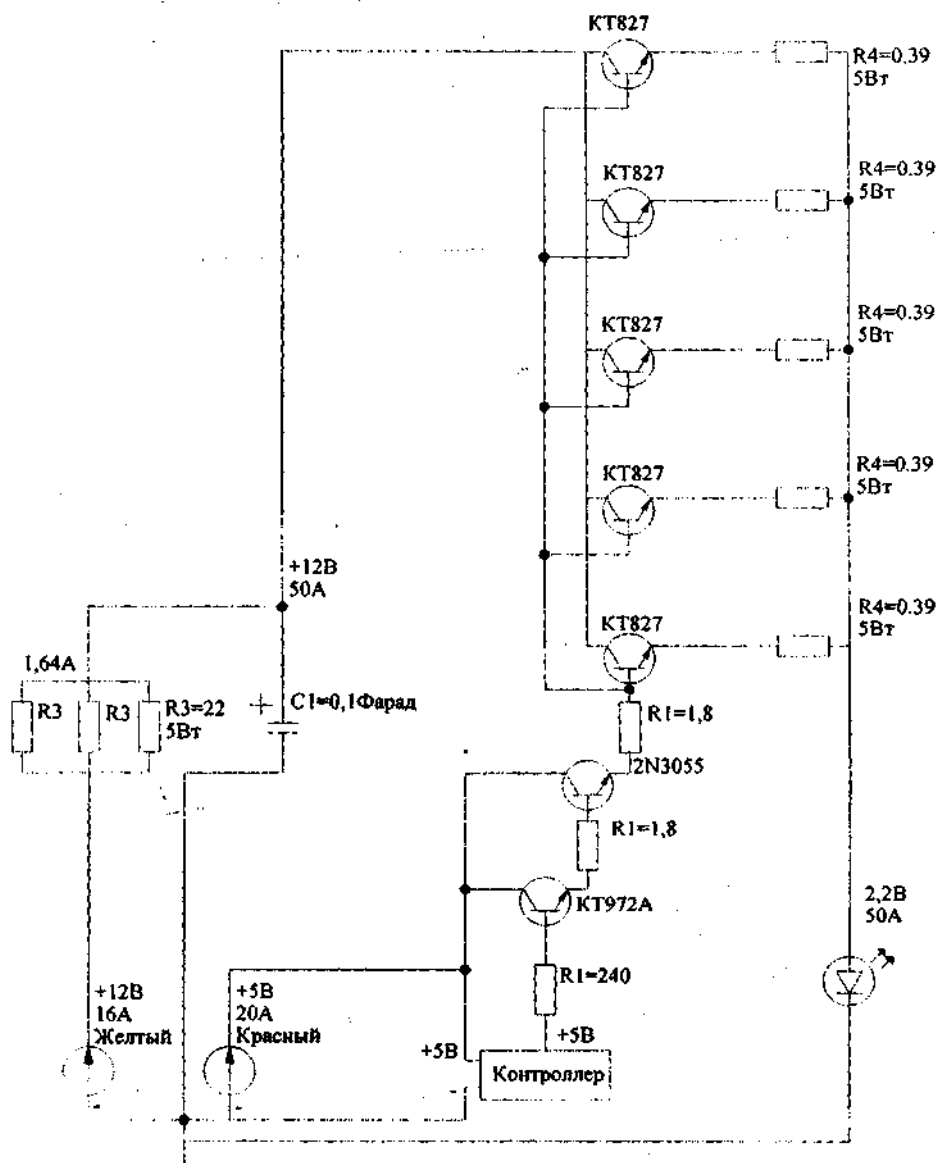


Рисунок 2 – Схема блока питания для системы накачки твердотельного лазера

Блок управления с контроллером ATmega8 предназначен для задания последовательности импульсов (рис. 3), которая будет подана на линейку лазерных диодов накачки с целью управления её режимами работы. Блок управления представляет собой плату, на которой размещён контроллер ATmega8, разъём для подключения программатора, светодиодный индикатор и предварительный усилитель последовательности прямоугольных импульсов.

Предварительный усилитель тока выполнен на транзисторе KT972A. Резисторы, подключённые к базе и эмиттеру транзистора, выполняют функцию ограничения тока. Ток вывода контроллера не должен превышать 40 мА. Далее ток усиливается более

мощным транзистором 2N3055, который открывает параллельные транзисторные ключи КТ827. Каждый из транзисторов КТ827 обеспечивает ток 10А. Их использовано 5 штук, поэтому выходной ток составляет 50А. Транзисторы закреплены на радиаторах с использованием термопасты КТП-8.

Чтобы обеспечить большой ток 50А в импульсе (рис. 4) необходимо иметь накопительную ёмкость, которая будет заряжаться сравнительно небольшим током, например 1,5А, который задаётся резисторами R3. Разряд ёмкости и формирование импульса тока происходит во время открытого состояния транзисторов КТ827. Амплитуда импульса тока разряда задаётся резисторами R4.

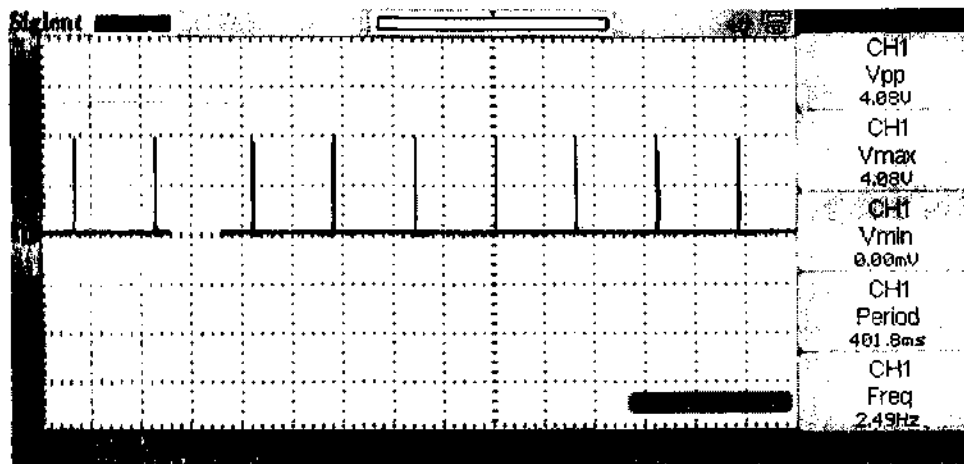


Рисунок 3 - Осциллограмма последовательности импульсов на резисторе R4

Выводы

В данной работе рассмотрена возможность развития твердотельных лазеров путём усовершенствования системы накачки. Показано, что переход от ламповой накачки к диодной повышает эффективность твердотельных лазеров, а применение современной элементной базы для диодной накачки даёт возможность увеличить максимальную мощность излучения.

Разработан импульсный блок питания для современной линейки лазерных диодов SC9001-1000CW, который позволяет получать импульсы тока 50А длительностью 1 мс. Приведена осциллограмма импульсов, которые формирует блок питания.

Список литературы:

1. http://laser-portal.ru/content_126.
2. Глухих И.В. Формирование узконаправленного излучения мощных лазеров инфракрасного и ультрафиолетового диапазона длин волн: Диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук: 01.04.21. – Санкт-Петербург, 2012. – 209 с.
3. Чижиков Н.И. Твердотельные лазеры с диодной накачкой. – Соревновательный журнал. - 2001. – Т.7, №8. – С. 103-107.
4. Глухих И.В. Димаков С.А., Курунов Р.Ф., Поликарпов С.С., Фролов С.В. Мощные твердотельные лазеры на Nd:YAG с поперечной диодной накачкой и улучшенным качеством излучения. – ЖТФ. - 2011. – Т.81, №8. – С. 70-75.
5. P.A. Lukko, A.S.Yasukevich, A.E.Gulevich, M.P.Demesh, M.B.Kosmyna, B.P.Nazarenko, V.M. Puzikov, A.N.Shekhovtsov, A.A.Kornienko, E.B.Dunina, N.V.Kuleshov, K.V.Yumashev. Growth, spectroscopic and thermal properties of Nd-doped disordered Ca₉(La/Y)(VO₄)₇ and Ca₁₀(L/K)(VO₄)₇ crystals. – Journal of Luminescence. - 2013. - No. 137. – pp. 252-258.