

# РАЗРАБОТКА МОДУЛЯТОРА ДЛЯ БИСТАТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО МОНИТОРА

Н.А. Васнев

vasnev.nickol@yandex.ru

Научный руководитель: Тригуб М.В., кандидат технических наук, доцент, Томский политехнический университет, Институт оптики атмосферы им. Академика В.Е. Зуева

## I. ВВЕДЕНИЕ

В современном научном мире одним из перспективных применений активных оптических систем является визуализация быстропротекающих процессов, экранированных от наблюдателя мощной фоновой засветкой [1]. В качестве примера можно привести получение новых материалов плазменным методом, обработку и модификацию поверхностей с целью улучшения их эксплуатационных характеристик, получение наночастиц, термоядерный синтез т.д. Такие процессы характеризуются, как правило, малыми размерами области воздействия и высокой скоростью протекания, а интенсивность возникающей засветки может достигать весьма высоких величин. Перечисленные факторы делают визуализацию такого рода процессов практически невозможным в режиме реально-го времени [2]. Однако существуют оптические методы неразрушающего контроля с использованием индуцированного излучения, которые позволяют решить данную задачу [3, 4]. В частности, для визуализации перечисленных процессов активно используются CuVr-лазеры, которые обладают весьма высоким качеством пучка и коэффициентом полезного действия [5–6].

## II. БИСТАТИЧЕСКИЙ ЛАЗЕРНЫЙ МОНИТОР

Существует метод, основанный на использовании систем с усилителями яркости на парах металлов. Устройство, использующее в основе этот метод, получило название лазерный монитор. Данный термин был введен И.И. Климовским [7]. Суть метода заключается в подсветке исследуемого объекта излучением сверхсветимости, формировании усиленного изображения объекта и его последующей регистрации с помощью видеорегирующего устройства. Пространственное разрешение системы составляет порядка 1 мкм и определяется используемой оптикой. К недостаткам следует отнести невозможность независимой регулировки параметров лазерной подсветки и усиления изображения [8].

Бистатический лазерный монитор представляет собой активную оптическую систему (АОС), построенную с использованием двух лазеров. Один используется в качестве внешнего источника подсветки, другой – в качестве усилителя изображения. Это дает пользователю возможность автономной подстройки параметров подсветки и усиления изображения. Также данное обстоятельство позволяет увеличить область зрения исследуемого объекта и предельно-допустимое расстояние от источника излучения до исследуемого объекта. На рис. 1 представлена схема бистатического лазерного монитора. Объект исследования (1) подсвечивается CuVr-лазером (2), после чего отраженный сигнал проходит через объектив (5), формирующий изображение. Формирование изображения происходит в активной среде усилителя яркости (6), работающего в режиме сверхсветимости. В результате процессов, протекающих в активной среде при инверсной населенности, на выходе усилителя яркости (6) получается усиленное изображение, которое затем проходит через оптическую систему (7, 8, 9), согласующую параметры излучения с матрицей видеорегирующего устройства.

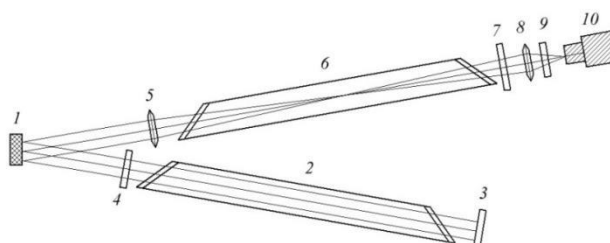


Рисунок 1. Визуализация объекта по бистатического лазерного монитора: 1 – объект наблюдения; 2 – внешний источник подсветки; 3 – зеркало; 4 – плоскопараллельная пластина; 5 – собирающая линза (объектив); 6 – усилитель яркости; 7 – полосовой фильтр; 8 – собирающая линза (объектив); 9 – полосовой фильтр; 10 – видеорегирующее устройство

Для функционирования бистатического лазерного монитора необходимо обеспечить согласованность работы внешнего источника подсветки и усилителя изображения, длительность импульса излучения которых составляет порядка 50 нс. Таким образом, подобное устройство должно обладать системой управления, обеспечивающей синхронизацию работы используемых лазеров. Реализация системы управления такого устройства включает в себя задачу разработки модулятора.

### III. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Для обеспечения генерации вынужденного индуцированного излучения необходим процесс накачки лазерной среды. Типовым источником накачки газовых лазеров является емкостной накопитель энергии, который разряжается на нагрузку при переключении коммутационного прибора. Таким образом, синхронизация работы двух лазеров может быть достигнута путем реализации независимой регулировки времен запуска коммутационных элементов первого и второго источников накачки.

На рис. 2 изображена структурная схема разрабатываемой системы управления. Блок управления (БУ) включает микроконтроллер, который генерирует один общий импульс запуска для двух коммутационных приборов. Временная задержка между переключением коммутационных приборов реализована за счет изменения скорости нарастания тока в модуляторе посредством регулируемой индуктивности (рис. 4). Это позволяет осуществить подстройку режима работы бистатического лазерного монитора: при согласованной работе лазеров выходная мощность устройства должна быть максимальной. В качестве коммутационных приборов источников накачки  $\text{CuBr}$ -лазеров активно используют тиратроны, поскольку в отличие от полупроводниковой техники они обеспечивают коммутацию высоковольтного напряжения с высокой скоростью нарастания тока, что способствует эффективному созданию инверсной населенности [9]. Для коммутации каждого из тиратронов необходимо подать на их управляющий электрод сетку кратковременный высоковольтный импульс. Для формирования импульса с требуемыми параметрами в качестве коммутатора VL1 (рис. 3) также целесообразно использовать тиратрон ТГИ1-100/8.

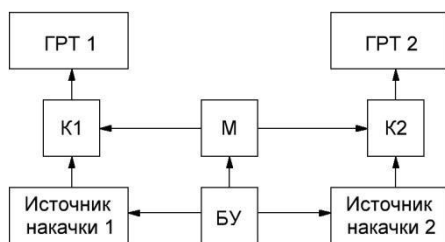


Рисунок 2. Структурная схема системы управления бистатическим лазерным монитором: БУ – блок управления; М – модулятор; К1, К2 – коммутаторы 1 и 2 соответственно; ГРТ1, ГРТ2 – газоразрядные трубки 1 и 2 соответственно

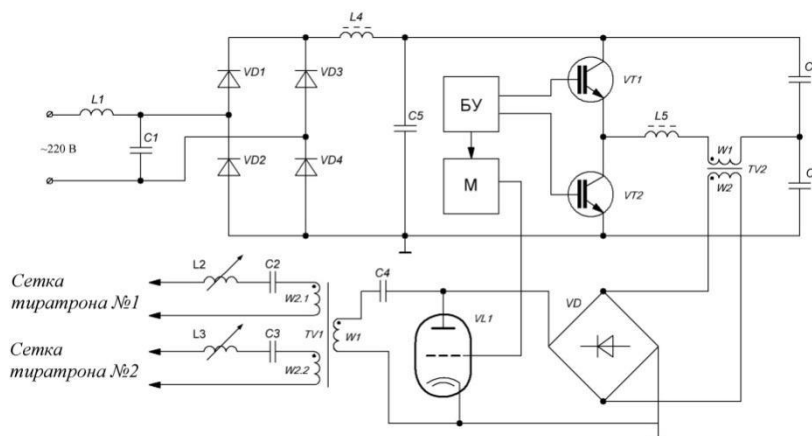


Рисунок 3. Принципиальная высоковольтной части системы управления бистатическим лазерным монитором

Полумостовой инвертор выполнен на полевых транзисторах VT1 и VT2. Поочередное отпирание транзисторов осуществляется посредством управляющих сигналов, генерацию которых осуществляет система управления, выполненная на базе микроконтроллера ATmega8 семейства AVR. Также микроконтроллер генерирует импульс запуска тиратрона. Преобразования этого сигнала до необходимых параметров осуществляется в модуляторе (М). На рис. 4 приведена принципиальная схема модулятора разрабатываемой системы управления. Модулятор, по сути, представляет собой два источника напряжения. Один из них формирует высоковольтные импульсы на сетку запускающего тиратрона с регулируемой частотой. Второй обеспечивает постоянное отрицательное напряжение смещения для ликвидации его возможных ложных коммутаций. Сетевой трансформатор обеспечивает питание схемы необходимыми уровнями напряжения, а также осуществляет гальваническую развязку от сети. Выпрямители и фильтры преобразуют переменное напряжение в постоянное с необходимыми параметрами. В цепи заряда происходит запас энергии для ее дальнейшей передачи через импульсный трансформатор, у которого две вторичные обмотки. Каждая из вторичных обмоток предназначена для одного из высоковольтных источников накачки CuBr-лазеров.

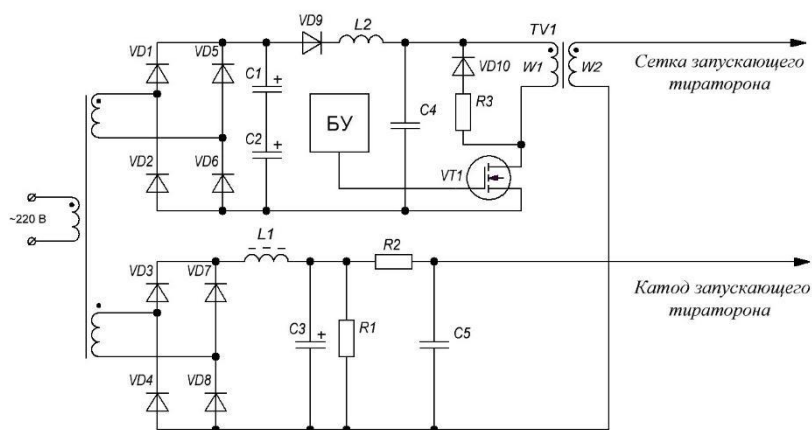


Рисунок 4. Принципиальная схема модулятора системы управления бистатическим лазерным монитором

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В работе представлены результаты разработки бистатического лазерного монитора, основанного на использовании усилителей яркости на парах металлов. Для реализации подобной активной оптической системы с усилителем яркости предложена схема управления, обеспечивающая синхронизацию всех элементов, входящих в активные оптические системы – источники накачки лазера и усилителя яркости, а также их коммутаторов. В качестве последних использованы тиратроны. Приведены схемотехнические решения. В дальнейшем планируется проведение экспериментов по визуализации тестовых объектов посредством бистатического лазерного монитора.

#### Список литературы

1. Красников И.В. Источник накачки cuBr-лазера с импульсным зарядом рабочей емкости / И.В. Красников, М.В. Тригуб, Г.С. // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 5 (6). – С. 54–58.
2. Trigub M.V. , Evtushenko G.S. , Gubarev F.A. , Torgaev S.N. Abstracts of the XIII-th International Conference Seminar on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices: proceedings, Altai, July 2-6, 2012. – Novosibirsk: IEEE Russia Siberia Section, 2012. – p. 260–263.
3. Yermachenko V.M., Kuznetsov A P., Petrovskiy V.N., Prokopova N.M., Strel'tsov A.P., S.A. Uspenskiy. Specific Features of the Welding of Metals by Radiation of HighPower Fiber Laser. Laser Physics. 2011, Vol. 21, No. 8, pp. 1530–1537.
4. Abramov D.V., Arakelyan S.M., Galkin A. F., Klimovskii I.I., Kucherik A.O., Prokoshe V.G v. On the possibility of studying the temporal evolution of a surface relief directly during exposure to high-power radiation // Quantum Electronics. Vol. 36. 6. – 2006. – P. 569–571.
5. Батенин В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов. В.М. Батенин, В.В. Бучанов, М.А. Казарян. – М.: «ФИЗМАТЛИТ», 2011. – 616 с.