

# Зависимость численных показателей качества изображений в лазерном мониторе от стабильности параметров импульсов накачки

К.Ю. Семенов  
Томский политехнический университет  
Томск, Россия  
ИОА СО РАН  
Томск, Россия  
kys6@tpu.ru

Н.А. Васнев  
ИОА СО РАН  
Томск, Россия  
vasnev.nickol@yandex.ru

П.И. Гембух  
ИОА СО РАН  
Томск, Россия  
gembukh.pavel@yandex.ru

М.В. Тригуб  
ИОА СО РАН  
Томск, Россия  
trigub@iao.ru

**Аннотация** — В работе впервые рассмотрена корреляция качественных характеристик изображений, формируемых при помощи усилителя яркости, с нестабильностью параметров импульсов накачки. Для этого было проведено сравнение изображений, сформированных в усилителе яркости с разным уровнем пульсаций импульса накачки. Выявлена значительная нестабильность яркости пикселей изображения, вследствие пульсации мощности усиленного спонтанного излучения, возникшей из-за нестабильности энергии импульсов накачки. Также показано, что стабилизация напряжения питания усилителя яркости позволяет практически полностью разрешить данную проблему.

**Ключевые слова** — *CuVr-лазер, визуализация, усилитель яркости*

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире существует множество технологических процессов, протекающих в условиях мощной широкополосной фоновой засветки, которая экранирует сам процесс от простых способов визуального наблюдения. Например, такие процессы как сварка, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, лазерная абляция мишеней из металлов и тугоплавких оксидов и т.п. Визуальное исследование хода протекания таких процессов является ключом к повышению качественных и технологических показателей. Усилители яркости (УЯ) изображения [1], выполняя усиление в активной среде (например,  $\text{CuVr}$  или  $\text{MnCl}_2$ ), практически полностью подавляют излучение засветки, что в совокупности с высокой частотой возбуждения активных сред позволяет кадрово регистрировать протекающий процесс с временным разрешением до 10 мкс [2]. При этом весьма важно получать стабильные параметры изображения такие как яркость и контрастность в каждом кадре которые, предположительно, зависят от параметров импульсов возбуждения активного элемента. Ранее исследования подобных зависимостей в литературе представлены не были.

В настоящей работе поставлена цель исследовать как коррелируют параметры изображения, сформированные в активной оптической системе с УЯ, с нестабильностью параметров импульсов его возбуждения.

## 2. ХОД ЭКСПЕРИМЕНТА

Возбуждение активных сред, используемых в УЯ изображения, производится коротким (до сотни наносекунд) высоковольтным импульсом, при этом эквивалентная нагрузка, представленная активным элементом, находится в диапазоне от 20 Ом до 160 Ом [3]. Для получения требуемых параметров импульса возбуждения используется полный разряд накопительной емкости либо тиратроном, либо коммутаторами на базе однотипных транзисторных ячеек [4]. При использовании типового для таких задач способа индуктивного заряда [5] накопительного конденсатора весьма затруднительно организовать регулирование уровня заряда с целью стабилизации максимального напряжения на емкости. Поэтому в настоящей работе выполнялась стабилизация напряжения питания устройства.

Исследование проводилось для моностатического лазерного монитора с неизменными параметрами оптической схемы при возбуждении УЯ от нестабилизированного источника и от импульсного преобразователя со стабилизацией выходного напряжения. Первая часть эксперимента состояла в следующем: используя функцию посегментной записи в осциллографе DSOX3054T была получена серия из 320 осциллограмм с временным интервалом 62,5 мкс, что соответствовало частоте следования импульсов накачки 16 кГц. Указанная серия охватывала период в 20 мс, необходимый для оценки пульсаций при питании от нестабилизированного источника. На рис. 1 показана нормированная на среднее значение зависимость энергии импульсов излучения от амплитуды импульсов на газоразрядной трубке активного элемента.

При питании от нестабилизированного источника пульсация напряжения на ГРТ составила 10%, а пульсация импульса генерации 20%. При использовании импульсного преобразователя со стабилизацией выходного напряжения пульсации составили 2% и 4% соответственно.

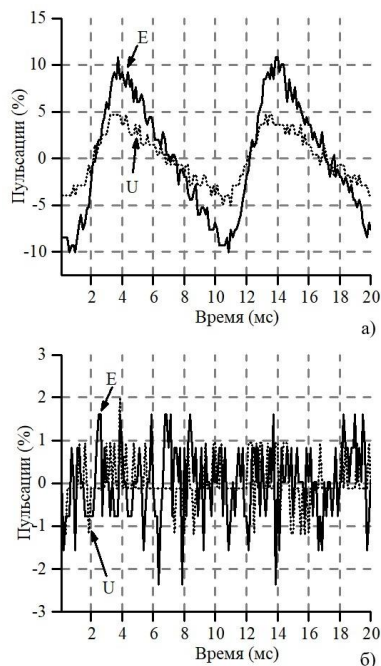


Рис. 1. Пульсации напряжения на ГРТ (U) и излучения (E) для источника без стабилизации (а) и со стабилизацией (б)

Следующим этапом была оценка влияния нестабильности параметров лазерного излучения на формируемое изображение. Для этого при помощи камеры Mega Speed-130МК производилась регистрация тестового объекта. Изображение формировалось одиночным импульсом усилителя яркости, частота съемки составляла 4 тыс. кадров в секунду. Было зафиксировано 80 кадров, что соответствует временному промежутку в 20 мс, необходимому для оценки полной пульсации параметров излучения при работе от нестабилизированного источника. На рис. 2 показано два изображения с наибольшей и наименьшей яркостью при питании устройства от источника без стабилизации. Результаты для стабилизированного источника соответствуют рис. 2а и не приводятся в работе, т.к. визуально изображения идентичны.

Распределение яркости пикселей изображения вдоль линии (рис. 2) представлено на рис. 3 для нестабилизированного источника (а) и при работе устройства от импульсного преобразователя со стабилизацией выходного напряжения (б).

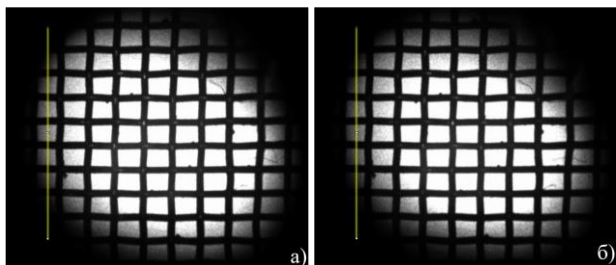


Рис. 2. Изображения кадра с максимальной (а) и минимальной (б) яркостью

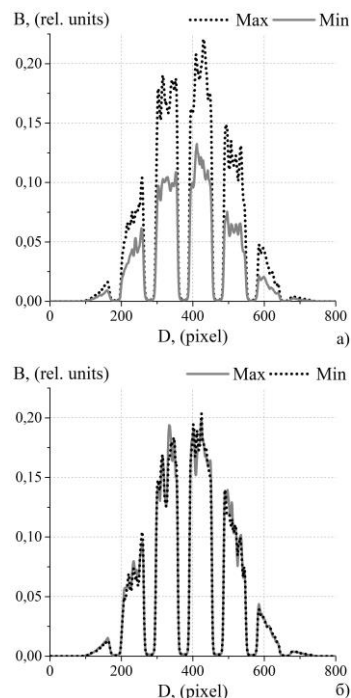


Рис. 3. Распределение яркости вдоль линии на кадрах с максимальной и минимальной общей яркостью для источника без стабилизации (а) и со стабилизацией (б)

Видно, что яркость пикселей статичного объекта изменяется при пульсации напряжения питания. При этом, яркость яркой области изменяется на 40%, что будет вносить искажения при математической обработке полученных данных. В случае использования стабилизированного источника питания, яркость пикселей изменяется от кадра к кадру в пределах 4%, что повышает достоверность получаемой информации.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом можно сделать вывод о том, что для получения стабильных численных показателей качества изображения в лазерном мониторе на разных кадрах необходимо стабилизировать параметры возбуждающих импульсов усилителя яркости, например, используя стабилизированный источник для питания устройства.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках проекта РФФ 19-79-10096-П.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Trigub, M.V. Bistatic laser monitor for imaging objects and processes /M.V. Trigub, N.A Vasnev, G.S. Evtushenko // Appl. Phys. B. – 2020. – Vol. 12(33). – 7387. DOI: 10.1007/s00340-020-7387-5
- [2] Торгаев, С.Н. Исследование высокочастотной активной среды на парах бромида меди в режиме сверхизлучения / И.С. Мусоров, М.В. Тригуб, Г.С. Евтушенко // Оптика Атмосферы и Океана. – 2018. – Vol. 31(3). – P. 198–202. DOI: 10.15372/AO020180307.
- [3] Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов – 2. В 2 т. Т. 1 / под ред. В.М. Батенина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 544 с. – ISBN 978-5-9221-1085-3.
- [4] Суханов, В.Б. Эксплуатационные характеристики CuBr-лазера с транзисторным коммутатором / В.Б. Суханов, В.В. Татур // Известия ТПУ. – 2008. – Т. 312, №2. – С. 108-110.
- [5] Опре, В.М. Индуктивный заряд емкостных накопителей / В.М. Опре // Силовая электроника. – 2008. – Т. 4. – С. 42-46.