

# Формирование сигналов с заданным распределением интенсивности с помощью активных оптических систем

Н.А. Васнев  
Институт оптики атмосферы СО РАН  
Томск, Россия  
vasnev.nickol@yandex.ru

М.В. Тригуб  
Институт оптики атмосферы СО РАН  
Томск, Россия  
trigub@iao.ru

**Аннотация** — В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований по формированию мощных сигналов с заданным распределением интенсивности в бистатической схеме лазерного монитора.

**Ключевые слова** — бистатический лазерный монитор, визуализация, контраст

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Лазерные мониторы на основе активных сред на парах металлов используются для визуально-оптической диагностики быстропротекающих процессов с мощной фоновой засветкой. Высокая спектральная яркость, узкая ширина спектральных линий и большой коэффициент усиления обеспечивают эффективную фильтрацию оптического изображения объекта/процесса наблюдения. В работах других авторов [1] показано, что использование двух активных сред позволяет создать лазерную проекционную систему, которая формирует изображения с более высокой яркостью и контрастом. Это достигается за счет того, что один из активных элементов (источник подсветки) используется для формирования изображения, а другой (усилитель) – для увеличения его яркости. Такой подход был использован для построения бистатического лазерного монитора на парах бромида меди [2], в том числе с покадровой регистрацией изображения [3].

Как правило, при изготовлении усилителя яркости стремятся обеспечить как можно большую числовую апертуру его газоразрядной трубки (ГРТ), чтобы получить наибольшее поле зрения при визуализации, а также наилучшие численные показатели качества изображений. Например, в работе [4] используется ГРТ с диаметром 4 см и длиной активной зоны 30 см.

ГРТ источника подсветки делают, как правило, более габаритными, поскольку для получения наибольшей мощности излучения требуется повышать объем активной среды. В работе [4] использовался источник подсветки с активным объемом  $1766 \text{ см}^3$ , мощность излучения которого достигала 8,2 Вт при потребляемой мощности 1,85 кВт.

Перечисленные соображения и подходы являются традиционными при построении активных оптических систем на парах металлов. Однако, такие активные среды могут быть использованы в том числе для формирования мощных сигналов с заданным распределением интенсивности. В этом случае речь идет о силовом воздействии на светочувствительный материал или какую-либо поверхность. Решение подобного рода задачи может быть связано с использованием нестандартной конфигурацией активных элементов.

В работе представлены первые результаты экспериментальных исследований, в рамках которых активный объем усилителя существенно превышает объем источника подсветки. В отличие от работ [3,4] система предназначена для формирования мощных пучков с заданным контрастом.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

На рис.1 изображена схема экспериментальной установки. Вынужденное излучение источника подсветки (1) формировалось за счет использования плоскопараллельного резонатора (2, 3) и направлялось с помощью зеркал (4, 5) на объект наблюдения (6). Отраженное от объекта (6) излучение проходило через объектив (7), который формировал его действительное перевернутое увеличенное изображение на поверхности проекционного экрана (8). Камера машинного зрения Baumer VLG-20C (9) использовалась для регистрации изображения. Такой способ визуализации является частным случаем метода лазерной подсветки, однако если в экспериментальную установку добавить активный элемент (10) и синхронизировать его накачку с импульсно-периодическим режимом работы источника подсветки, визуализация будет выполнена по схеме бистатического лазерного монитора.

Длина активной зоны и диаметр ГРТ усилителя составили 90 и 5 см соответственно. У источника подсветки аналогичные параметры были равны 50 и 3,2 см. В качестве активного вещества использовался бромид меди. Излучение формировалось одновременно на двух длинах волны:  $\lambda 1 = 510,6 \text{ нм}$ ,  $\lambda 2 = 578,2 \text{ нм}$ .

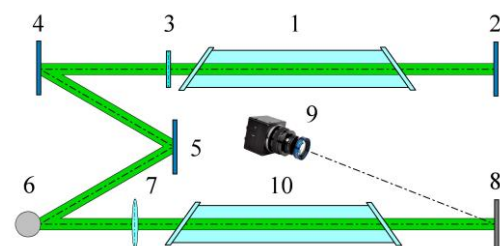


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – источник подсветки; 2, 3 – плоскопараллельный резонатор; 4, 5 – глухие зеркала; 6 – объект наблюдения; 7 – объектив; 8 – проекционный экран; 9 – камера машинного зрения; 10 – усилитель яркости

## 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

На рис. 2 представлены изображения, полученные различными способами, а также соответствующие им графики распределения яркости пикселей. При использовании метода лазерной подсветки (рис. 2а) контраст по Веберу в области пикселей ( $450 \div 520$ ) составил менее 1. Экспозиция съемки при этом составила 16 мс при частоте следования импульсов 16 кГц – следовательно, данное изображение

сформировали 256 импульсов излучения. В моностатической и бистатической схемах лазерного монитора (рис. 2б,в) изображения были сформированы одним импульсом излучения.

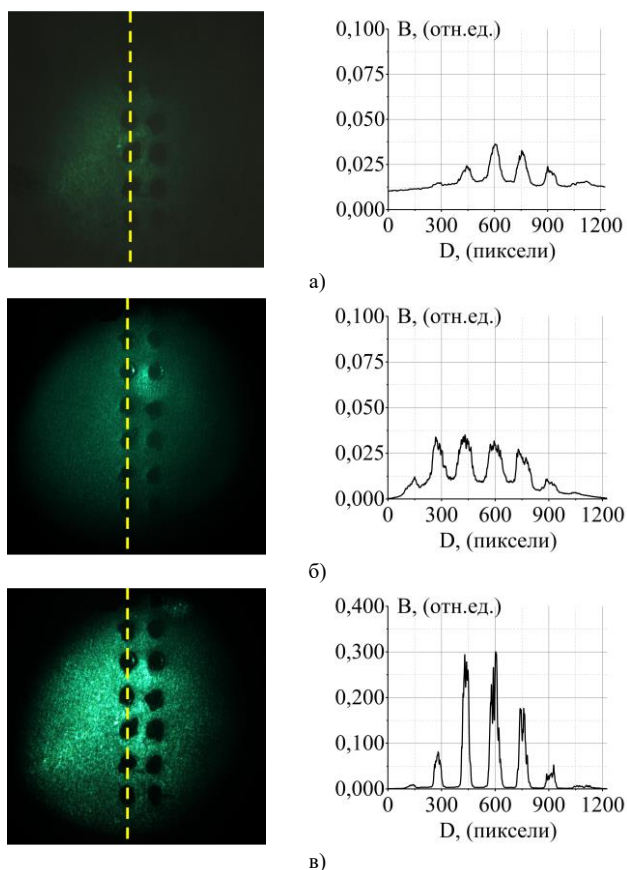


Рис. 2. Изображения и графики распределения яркости пикселей при визуализации по методу лазерной подсветки (а), в моностатическом лазерном мониторе (б) и бистатическом лазерном мониторе (в)

В моностатической схеме лазерного монитора наибольшая яркость изображения наблюдается в области пикселей  $(450 \div 520)$  и составляет 0,033 отн.ед. при яркости фона 0,010 отн.ед. Следовательно, контраст по Веберу составил 2,3 отн.ед. При использовании бистатической схемы лазерного монитора яркость изображения в указанном диапазоне пикселей возросла до 0,285 отн.ед., что почти в 9 раз выше. Контраст по Веберу составил 83 отн.ед., мощность изображения выросла до 950 мВт. Известно, что мощность выходного сигнала в бистатическом лазерном мониторе зависит от временного сдвига между импульсами излучения источника подсветки и усилителя яркости. Данная зависимость представлена на рис. 3а. Другой показательной характеристикой с точки зрения визуализации является зависимость контраста  $C$  от временного сдвига  $t$  (рис. 3б, кривая 1).

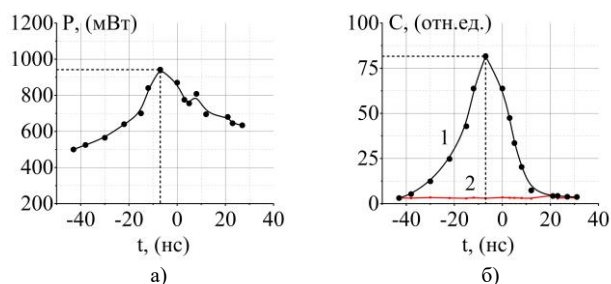


Рис. 3. Зависимости выходной мощности излучения (а) и контраста изображения (б) от временного сдвига  $t$  между импульсами излучения источника подсветки и усилителя яркости

Также на рис. 3б для сравнения показан контраст изображений, полученных в схеме моностатического лазерного монитора (кривая 2). Очевидно, что наибольший контраст изображения достигается при временном сдвиге  $t = -7$  нс, когда максимум импульса излучения подсветки приходится на фронт усиленного спонтанного излучения усилителя. В диапазоне временного сдвига  $(-12; 0)$  нс контраст (С) варьируется от 64 до 83 отн.ед. Дальнейшее изменение временного сдвига приводит к значительному падению контраста. Тем не менее, даже при рассогласовании импульсно-периодических режимов работы активных элементов на 15 нс в любую сторону относительно оптимального значения контраст изображений превышает контраст в моностатической схеме лазерного монитора не менее, чем в 8 раза.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены первые результаты работы по формированию мощных сигналов с помощью активных оптических систем. Результаты демонстрируют, что в моностатической схеме лазерного монитора энергетические и качественные характеристики сигнала с заданным распределением интенсивности находятся на довольно низком уровне. Данные параметры существенно увеличиваются в бистатической схеме лазерного монитора: при временном сдвиге  $t = -7$  нс, мощность выходного сигнала составляет 950 мВт, а яркость изображения в выбранной области пикселей  $(450 \div 520)$  и локальный контраст равны 0,285 и 83 отн.ед. соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 19-79-10096 - П.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Казарян, М.А. Проекционная система с усилителем яркости и автономным источником освещения / М.А. Казарян, В.М. Матвеев, Г.Г. Петраш. // Известия академии наук СССР. Сер. Физ. – 1982. – Т. 46, № 10. – С. 1898–1904.
- [2] Губарев, Ф.А. Лазерный монитор с независимой подсветкой для наблюдения процессов высокотемпературного горения нанопорошков металлов / Ф.А. Губарев, А.В. Мостовщиков, А.П. Ильин, Л. Ли., Е.Ю. Буркин, В.В. Свиридов // Письма в ЖТФ. – 2021. – Т. 47, № 8. – С. 20–24
- [3] Тригуб М.В., Васнев Н.А., Евтушенко Г.С., Димаки В.А., Троицкий В.О. Бистатический лазерный монитор // Патент на изобретение № 2755256. Дата государственной регистрации 14.09.2021. Правообладатель: ИОА СО РАН (RU).
- [4] Васнев, Н.А. Особенности работы усилителя яркости на парах бромида меди в схеме бистатического лазерного монитора / Н.А. Васнев, М.В. Тригуб, Г.С. Евтушенко // Оптика атмосферы и океана. – 2019. – Т. 32, № 3. – С. 247–253. DOI: 10.15372/AOO20190310