

УДК 535.33/34:621.373.826

Наблюдение объектов в условиях сильной фоновой засветки от плазмы

Р. О. Бужинский, В. В. Савранский

Центр естественно-научных исследований ИОФ им. А. М. Прохорова РАН, Москва, Россия

К. И. Земсков, А. А. Исаев

Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

О. И. Бужинский

ФГУП ГНЦ РФ ТРИНИТИ, г. Троицк, Московская обл., Россия

Представлены результаты наблюдения усиленного по яркости изображения объекта, экранированного слоем плазмы дугового разряда. В качестве усилителя яркости изображения используется активная среда импульсного газоразрядного лазера на парах меди. Показано, что качество изображения не изменяется при включении экранирующей засветки.

PACS: 06.30.-k

Введение

Данная работа представляет продолжение исследований оптических систем с усилением яркости изображения [1] — активных оптических систем (АОС) — на основе активных сред импульсных газоразрядных лазеров на парах металлов [2].

Широкое распространение плазменных технологий для обработки материалов, в энергетике, в информационных устройствах требует развития методов оперативного контроля и регистрации состояния элементов установок и обрабатываемых образцов непосредственно в процессе воздействия плазмы.

Одна из причин, сильно ограничивающих применение информативных и точных оптических методов, — мощные фоновые засветки регистраторов собственным излучением плазмы.

Сужение спектрально-временного интервала регистрации для уменьшения влияния засветок вызывает необходимость повышения чувствительности и существенного усложнения регистрирующей аппаратуры [3].

Применение АОС позволяет устранить эти трудности, так как наблюдение происходит в ширине спектральной полосы лазерного атомного перехода ~ 1 ГГц за время длительности импульса активной среды ~ 10 нс, а интенсивность на выходе системы наблюдения обеспечивается усиливающими свойствами лазерных сред с коэффициентами усиления до 1 см^{-1} , что дало возможность получить однопроходное усиление средней мощности слабого сигнала $\sim 10^4$. Такие оптические системы с усилителями яркости изображений уже

использовались для наблюдения объектов в плазме [4], где исследовались процессы на поверхности электродов в дуговом разряде.

Цель данной работы — исследовать качество (изменение контраста, деформации) усиленного по яркости изображения при наблюдении объектов через неоднородную плазму, какой является плазма электрической дуги.

Эксперимент

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. В качестве усилителя яркости 1 использовалась активная среда лазера на парах меди, которая представляла собой промышленную газоразрядную трубку (ГРТ) типа "Кулон" с диаметром разрядного канала 1,2 см и длиной нагреваемой части ~ 35 см, угловая апертура $\sim 0,03$. Средняя мощность питания ГРТ — около 1 кВт. Частота следования импульсов возбуждения — 12 кГц. Средняя мощность генерации лазера с таким активным элементом, помещенным в резонатор с плоскими зеркалами, составляла ~ 3 Вт.

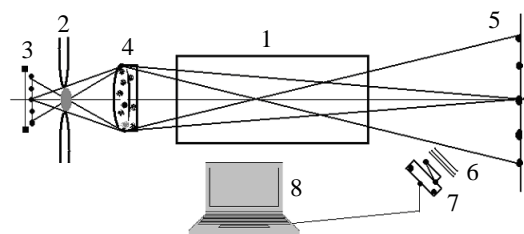


Рис. 1. Схема эксперимента

Источником фоновой засветки служила электрическая дуга 2 переменного тока. Сила тока со-

ставляла ~ 10 А, падение напряжения на дуге — порядка 10 В, мощность дуги — около 100 Вт.

Дуга зажигалась при контакте угольных электродов, положение которых во время горения не регулировалось, время горения составляло ~3 мин, максимальная длина дуги 5—6 мм. Типичные параметры плазмы такой дуги, по литературным данным, следующие: плотность электронов порядка 10^{15} см^{-3} , равновесная температура плазмы 8—10 кК.

За дугой на расстоянии ~5 мм располагался объект наблюдения 3, который представлял собой металлическую сетку с размерами ячеек ~ 0,5×0,5 мм и диаметром проволок ~ 0,2 мм, помещенную на металлическую подложку. Освещение, обеспечивающее формирование изображения объекта, создавалось излучением сверхсветимости той же активной среды 1. Излучение сверхсветимости фокусировалось на объект линзой 4 (диаметр 3 см, фокусное расстояние 10 см), отражалось и рассеивалось объектом, и с помощью той же линзы 4 формировалось изображение объекта на экране 5. Линейное увеличение изображения было ~ 20, поле зрения составляло ~ 4 мм. Изображение объекта регистрировалось цифровой фотокамерой 7 с CCD-матрицей 320×320 пикселей, которая была подключена к персональному компьютеру 8. Линейность работы камеры проверяли с помощью стандартного девятиступенчатого ослабителя. Для реализации линейного режима перед приемником располагали набор нейтральных светофильтров 6. Для анализа распределений интенсивности в различные моменты горения и в различных сечениях дуги полученные изображения обрабатывались с помощью программ, приведенных в работах [5, 6].

Результаты

На рис. 2, а—з приведен пример изображения объекта на экране компьютера. По одинаковой схеме были получены изображения объекта при включенной дуге и выключенном усилителе яркости. Как видно, без спектрально-временной фильтрации, которую обеспечивает активная среда — усилитель, наблюдение объекта через слой плазмы невозможно.

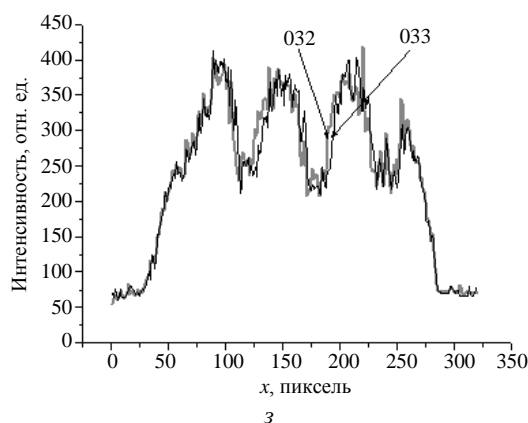
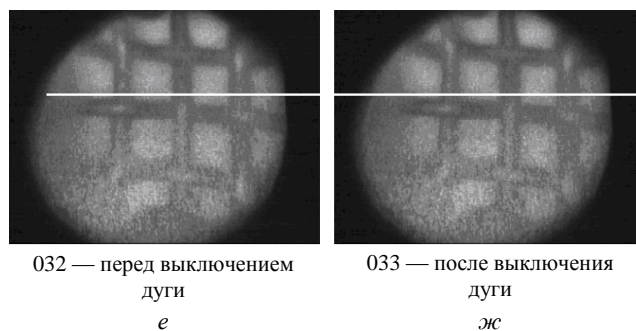
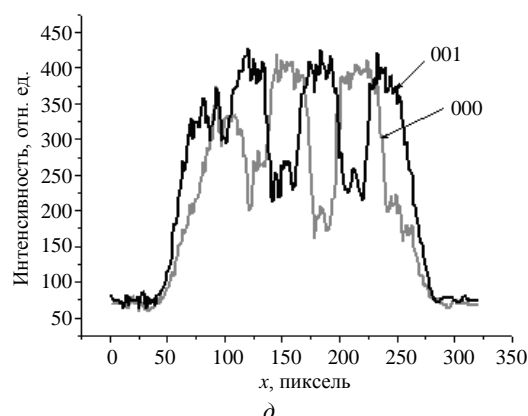
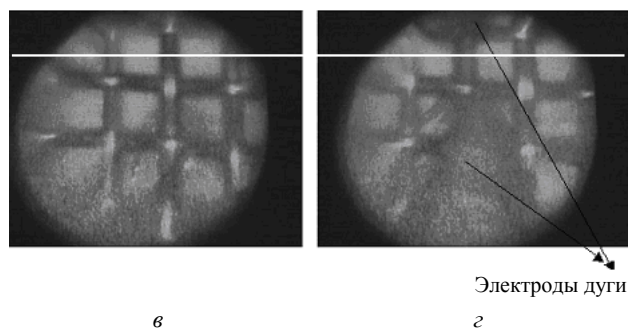
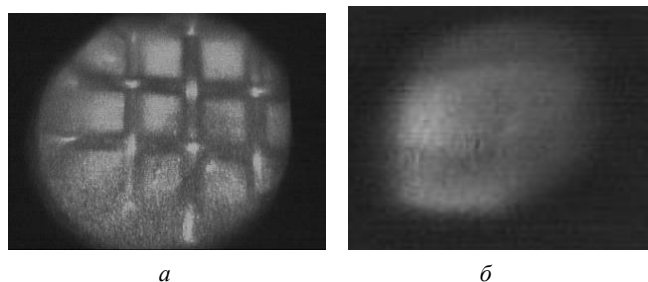


Рис. 2. Изображение объекта на экране компьютера:
 а — усиленное по яркости; б — изображение объекта и дуги на экране при выключенном усилителе яркости;
 в — перед включением дуги (кривая 000 — на рис. д);
 г — после включения дуги (кривая 001 — на рис. д);
 д — распределения интенсивностей по сечению, показанному белой линией на рис. в и г, кривые на графике смещены на полпериода сетки для удобства сопоставления; е — перед выключением дуги (кривая 032 — на рис. з); ж — после выключения дуги (кривая 033 — на рис. з);
 з — распределения интенсивностей по сечению, показанному белой линией — на рис. е и ж

Измерения оптических характеристик изображений, проведенные непосредственно перед и сразу после включения дуги (см. рис. 2, *в* и *г*, соответственно), а также после ~ 3 мин горения дуги и сразу после окончания горения (см. рис. 2, *е* и *ж*, соответственно), показали, что распределения интенсивностей во всех этих случаях практически совпадают (см. рис. 2, *д* и *з*).

Заключение

Получены усиленные по яркости изображения объектов, экранированных от оптической системы плазмой электрической дуги.

Подобрано программное обеспечение и разработана методика обработки изображений для определения таких характеристик системы как распределения интенсивностей, контраст, разрешающая способность.

Показано, что контраст усиленного изображения практически не меняется при включении/выключении дуги, а также, что без усилителя яркости наблюдение объекта, расположенного за плазмой дуги, практически невозможно.

Оценка времени, необходимого для обработки изображений, позволяет рассчитывать на контроль состояния наблюдаемых объектов в реальном масштабе времени.

Работа поддержана грантом РФФИ
№ 08-08-00504-а.

Литература

1. Земсков К. И., Исаев А. А., Казарян М. А., Петраш Г. Г. Исследование основных характеристик лазерного проекционного микроскопа// Квант. электроника. 1976. Т. 3. № 1. С. 35.
2. Петраш Г. Г. Импульсные газоразрядные лазеры// УФН. 1971. Т. 105. С. 645.
3. Guilhem D., Adjeroud B., Balorin C., Desgranges C., Mitteau R., Reichle R., Roche H., Vallet S. Infrared Thermography on Tore-Supra Tokamak// High temperature plasma diagnostics Conference. — Moscow — June 13—18, 2005.
4. Батенин В. М., Климовский И. И., Селезнева Л. А. Исследование поверхностей электродов угольной дуги во время ее горения// ДАН СССР. 1988. Т. 303. № 4. С. 857.
5. Еременко Е. Н. Программа "Анализатор"// e-mail: go-shick@mail.ru.
6. Научно-графический редактор Microcal "Origin" <http://www.originlab.com/index.aspx>.

Статья поступила в редакцию 25 ноября 2008 г.

Observation of the objects under powerful plasma parasitic illumination

R. O. Buzhinsky, V. V. Savransky

Prokhorov General Physics Institute of the RAS, Moscow, Russia

K. I. Zemskov, A. A. Isaev

Lebedev Physical Institute, Moscow, Russia

O. I. Buzhinsky

TRINITI, Troitsk, Russia

Experiments on image observation through a masking arc discharge are presented. Copper vapor laser active medium was used as a narrow-band frequency and temporal filter and image brightness amplifier. As is shown, amplified image quality has not become worse under parasitic arc illumination.

PACS: 06.30.-k

* * *