

УДК 621.383.8:621.385.833.2

**ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕНОСА  
ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО  
ПРОЕКЦИОННОГО МИКРОСКОПА**К.Л. Карюгин<sup>1</sup>, С.Н. Торгаев<sup>1,2</sup>, М.В. Тригуб<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Томский политехнический университет<sup>2</sup>Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

E-mail: konstantin.lod@gmail.com

**Торгаев Станислав Николаевич**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ, мл. науч. сотр. Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук.

E-mail: torgaev@tpu.ru

Область научных интересов: физика лазеров, физика плазмы, активные оптические системы.

**Карюгин Константин Леонидович**, магистрант кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ, инженер-конструктор 3-й категории ОАО «НПЦ «Полус»». E-mail:konstantin.lod@gmail.com

Область научных интересов: цифровые устройства, встраиваемые системы, преобразовательная техника.

**Тригуб Максим Викторович**, инженер, ассистент кафедры промышленной и медицинской электроники Института неразрушающего контроля ТПУ, мл. науч. сотр. Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук.

E-mail: torgaev@tpu.ru

Область научных интересов: активные оптические системы, неразрушающий контроль, визуализация.

Разработка приборов, позволяющих проводить обработку материалов с помощью высококонцентрированных потоков энергии, является весьма актуальной задачей. Одним из классов таких приборов являются лазерные системы, которые могут применяться как в технике, так и в медицине. Разработка устройств, позволяющих формировать «силовой» пучок с заданной конфигурацией позволит значительно увеличить скорость обработки материалов и минимизировать побочные действия при использовании в медицинских целях. В работе представлено подобное устройство, позволяющее изменять распределение интенсивности по пучку с использованием активных оптических систем с усилителями яркости на парах металлов. В качестве усилителя яркости использовался CuVg-лазер с тиратронным источником питания с импульсным зарядом рабочей емкости. Мощность источника питания варьировалась от 900 до 1500 Вт. Проведены исследования зависимости контраста получаемых изображений и влияние параметров используемого дисплея.

**Ключевые слова:**

Газоразрядная трубка, лазер на парах бромида меди, активная оптическая система, лазерный микроскоп (монитор), ЖК-дисплей.

Целью работы является разработка системы переноса изображения, формируемого на ЖК-дисплее с использованием лазерного проекционного микроскопа.

Принцип действия лазерного монитора (термин введен авторами работы [1]) аналогичен работе лазерного проекционного микроскопа [2]: наблюдаемый объект 1 подсвечивается сфокусированным с помощью линзы 2 собственным сверхизлучением усилителя яркости 3, возбуждаемого источником 6, отраженный сигнал, проходя через активную среду оптического усилителя 3, усиливается и проецируется с помощью проецирующей системы 4 на CCD-матрицу камеры 5, соединенной с ПК 7. Схема представлена на рис. 1.

Отличительной особенностью данного устройства по сравнению с классическим проекционным усилителем яркости является возможность наблюдения процессов в режиме реального времени.

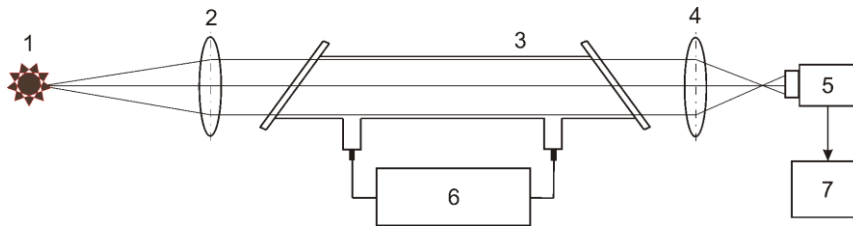


Рис. 1. Схема лазерного монитора

Использование активных оптических систем на основе высокочастотных лазеров на парах бромида меди позволяет визуализировать процессы, микрообъекты, в том числе экранированные мощной фоновой засветкой. Яркость получаемого изображения не зависит от линейного увеличения, получаемого в системе.

Для реализации цели данной работы был построен макет на основе микроконтроллера STM32F103RBT6 [3] и монохромного ЖК-дисплея Nokia 1202.

На рис. 2 представлена структурная схема макета.

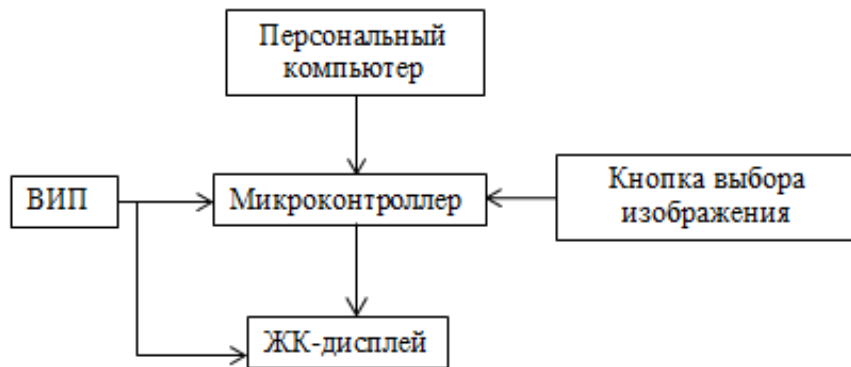


Рис. 2. Структурная схема макета: ВИП – вспомогательный источник питания

На основе структурной схемы была разработана принципиальная схема устройства, представленная на рис. 3.

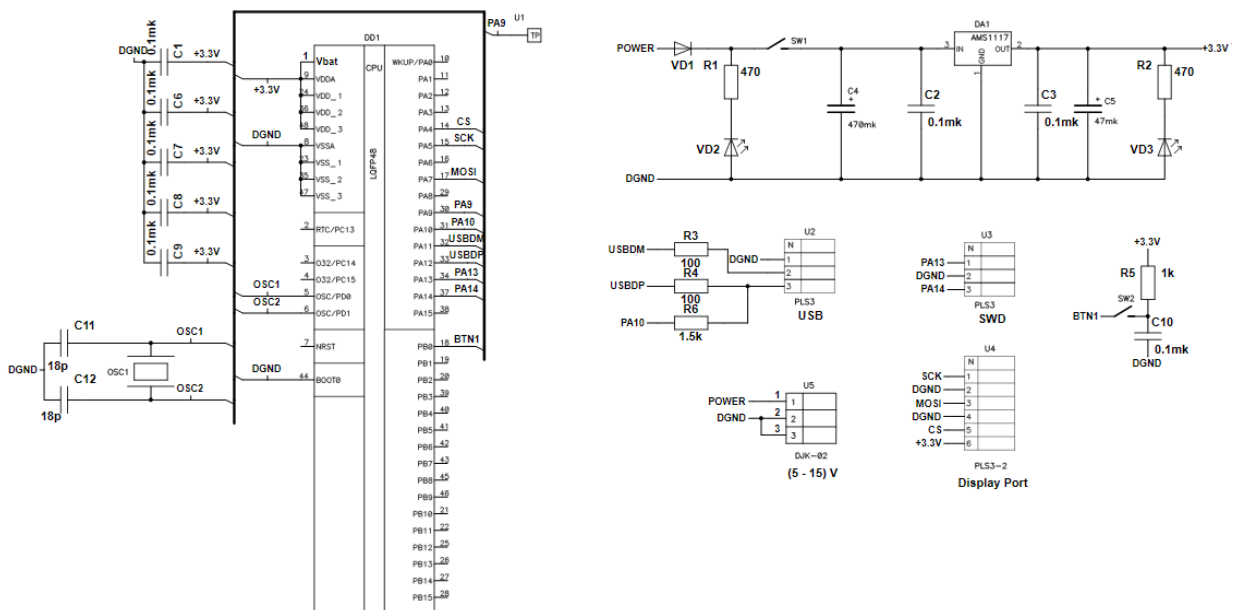
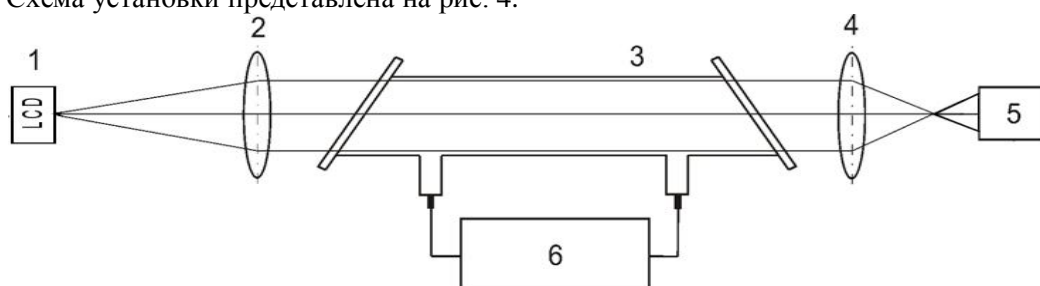


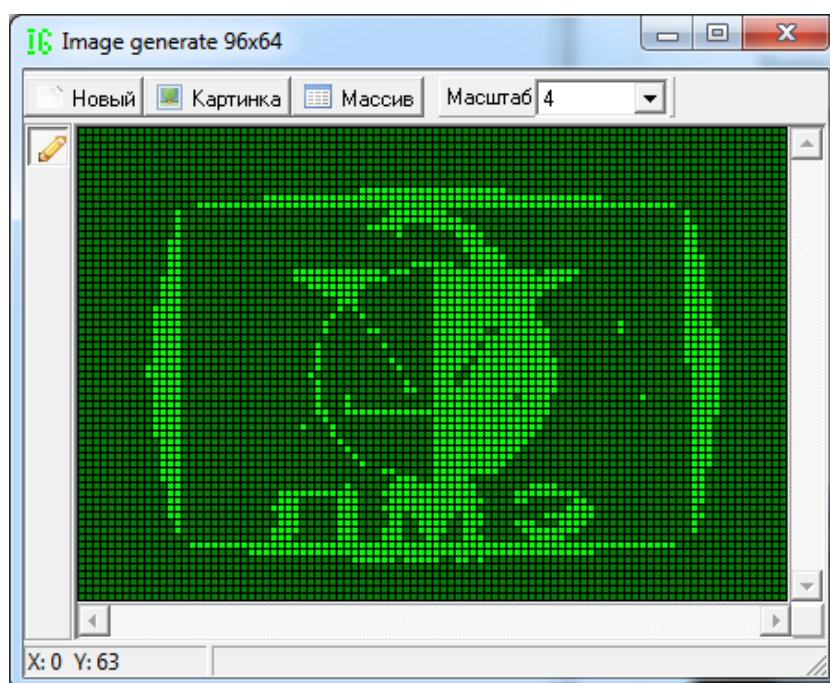
Рис. 3. Принципиальная схема устройства

Схема установки представлена на рис. 4.



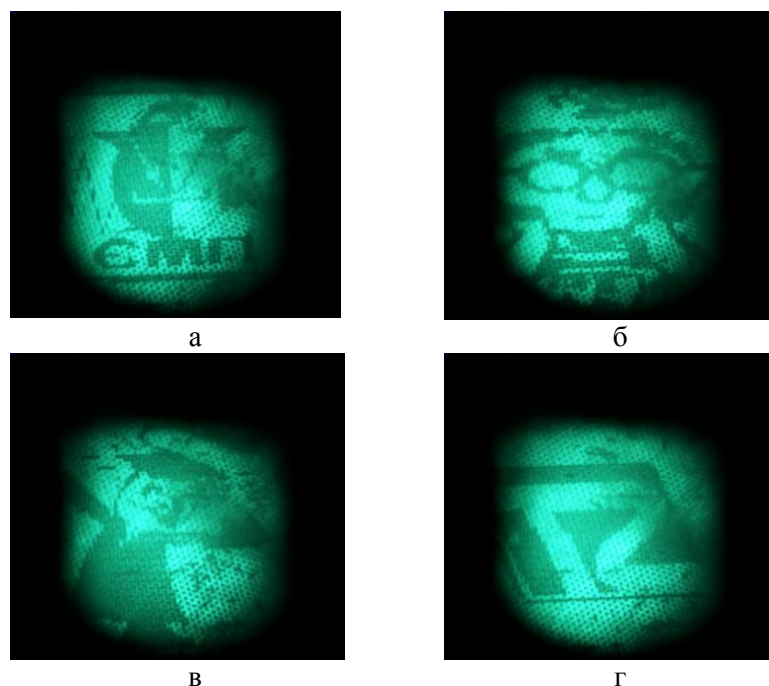
**Рис. 4.** Схема установки: 1 – ЖК экран; 2 и 4 – фокусирующие линзы; 3 – оптический усилитель; 5 – мишень; 6 – источник накачки

Данный макет позволяет выводить на дисплей как статические изображения, так и динамические (в виде анимации). Изображения были подготовлены с помощью программы Image Generate. На рис. 5 представлен внешний вид главного окна программы.

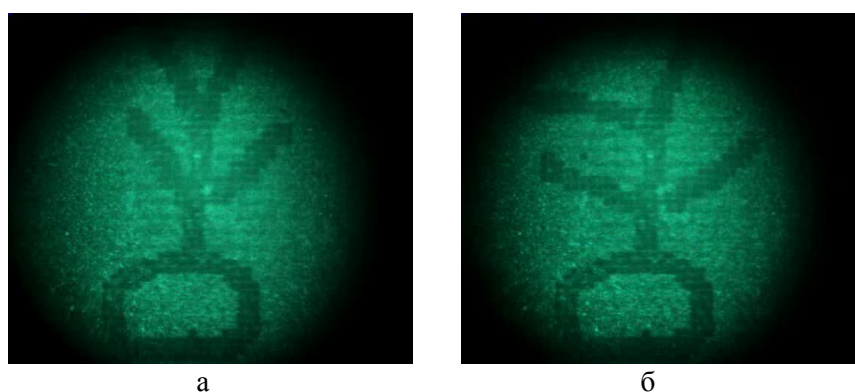


**Рис. 5.** Вид главного окна программы Image Generate

Для демонстрации возможности переноса изображения с матрицы используемого LCD-дисплея с помощью лазерного монитора был проведен ряд экспериментов. Изображение формировалось на матрице высокоскоростной камеры (Fastec Imaging HiSpec 1) и на экране. Второй вариант может быть интересен для демонстрационных проекционных систем. Было исследовано два вида дисплеев – с подложкой (рис. 6) и без подложки (рис. 7), что позволяло строить схемы лазерного проекционного микроскопа в проходящем и отраженном свете.

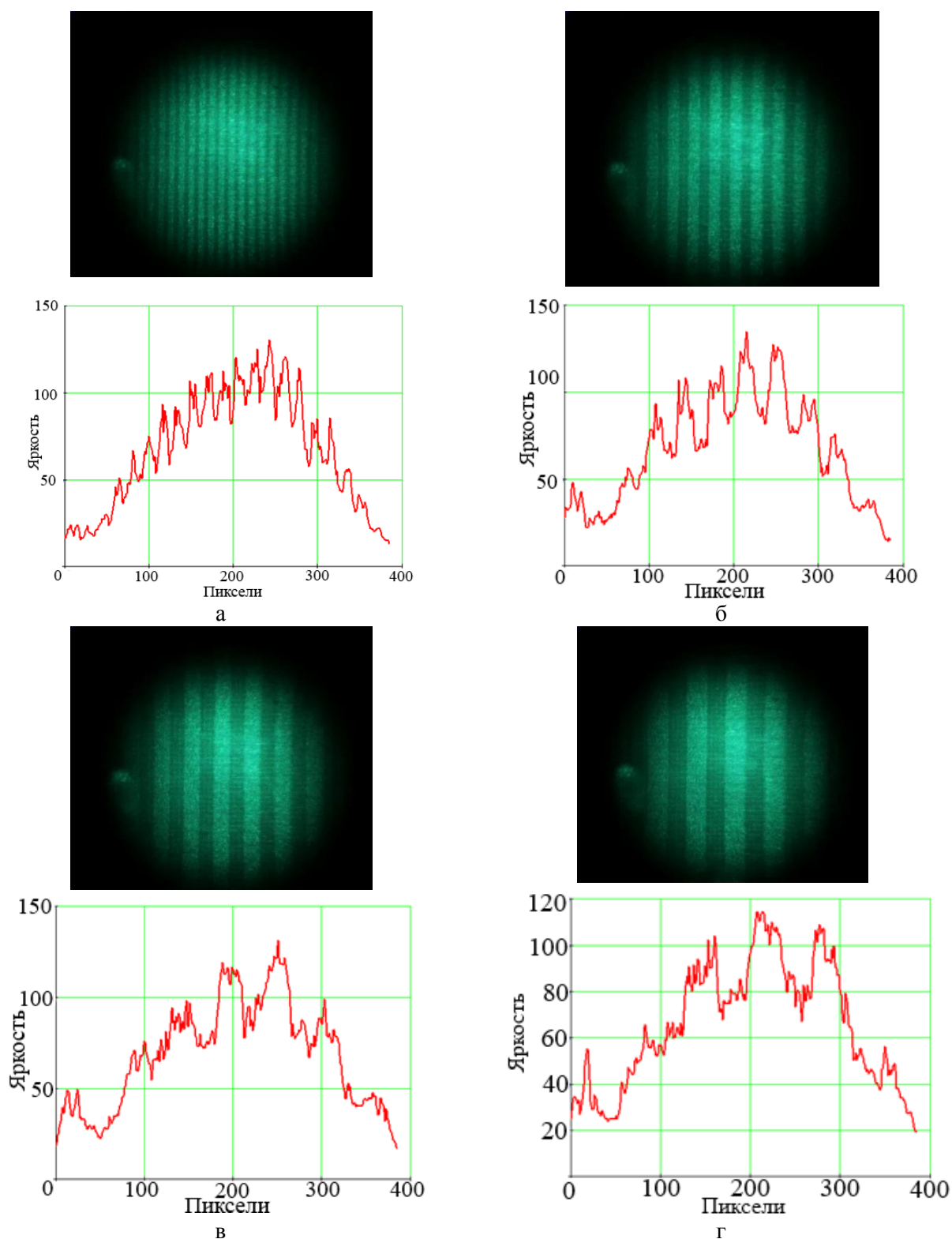


**Рис. 6.** Изображение, получаемое на дисплее с подложкой: *а-г* – различные изображения, выведенные на дисплей без светоотражающей подложки



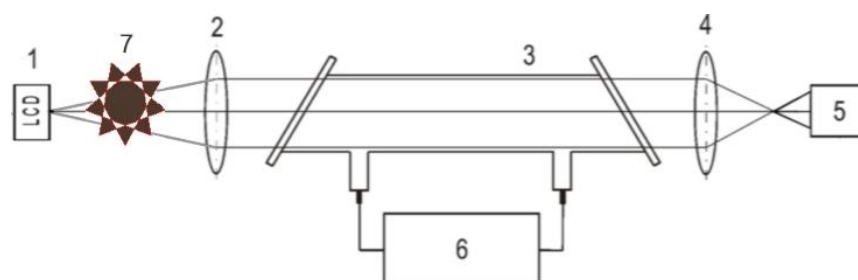
**Рис. 7.** Изображения с дисплея без подложки: *а, б* – нарисованные от руки изображения, выведенные на дисплей со светоотражающей подложкой.

Проверка передачи контраста при различных изображениях проводилась при выводе линий на дисплей. При этом толщина линий изменялась. Контраст измерялся в программе ImageJ [4]. Ниже, на рис. 8, представлены результаты опыта. На рис. 8, *а* показан снимок полученного изображения, при этом на экран выводились линии шириной в 1 пиксель и расстоянием между линиями также в 1 пиксель. Для рис. 8, *б-г* ширина линии и расстояние между линиями 2, 3 и 4 пикселя соответственно. На графиках оси X соответствуют номера пикселей, оси Y – яркость этих пикселей в оттенках серого. Контраст составил 3 : 1, что является типичным значением для проекционных систем на основе лазерного проекционного микроскопа.

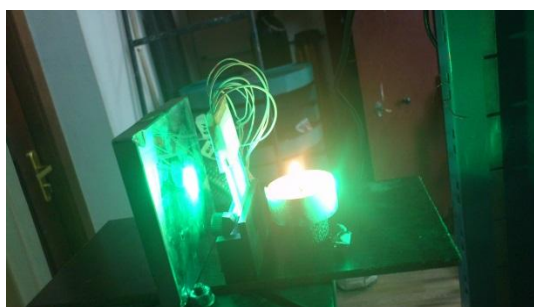


**Рис. 8.** Изображения линий и их контраст соответственно: *a–г* – ширина линии и расстояние между линиями 1, 2, 3 и 4 пиксела соответственно

Дополнительно был проведен эксперимент по получению изображения с фоновой засветкой. В качестве засветки выступала свеча. Схема установки представлена на рис. 9. На рис. 10, *a* фотография схемы эксперимента. Как видно, мощная фоновая засветка не влияет на качество получаемого изображения (рис. 10, *б*).



**Рис. 9.** Схема установки: 1 – ЖК-экран; 2 и 4 – фокусирующие линзы; 3 – оптический усилитель; 5 – мишень; 6 – источник накачки; 7 – источник фоновой засветки (свеча)



а



б

**Рис. 10.** Изображение с дисплея с фоновой засветкой: а – схема эксперимента с фоновой засветкой в виде свечи; б – результат эксперимента

Для систем с усилителями яркости на парах металлов характерным является возможность наблюдения процессов в условиях фоновой засветки. Проведенный эксперимент показывает, что отраженного от экрана сигнала достаточно для получения неискаженного изображения при экранировании его внешним источником засветки.

Таким образом, в работе продемонстрирована возможность получения изображения, сформированного на ЖК-индикаторе, с помощью активной оптической системы с усилителем яркости на парах бромида меди. Дальнейшим развитием работы является разработка системы генератор-усилитель для нанесения изображений, сформированных с помощью ЖК-индикатора, на различные объекты.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Госзадание № 7.586.2011.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скоростная визуализация микрообъектов посредством активных сред лазеров на парах / М.В. Тригуб, Г.С. Евтушенко, Ф.А. Губарев и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 4. – С. 141–146.
2. Оптические системы с усилителями яркости / Г.А. Пасманик, К.И. Земсков, М.А. Казарян и др. // ИПФ АН СССР. – Горький, 1988. – 173 с.
3. STMicroelectronics / STMicroelectronics. 2013. – URL: <http://www.st.com>
4. Image Processing and Analysis in Java: September 2013 – URL: <http://rsbweb.nih.gov/ij>

*Поступила 19.01.2014 г.*