

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Болгарская Академия наук  
ООО «Научно исследовательское предприятие «Лазерные технологии»

# **ИННОВАТИКА-2018**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**XIV Международной школы-конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
26–27 апреля 2018 г.  
г. Томск, Россия**

*Под редакцией А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова*

Scientific & Technical Translations



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**

**Томск – 2018**

# РАЗРАБОТКА ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕЗКИ СТЕКЛА В.Ю. Юрин<sup>1</sup>, А.С. Шумейко<sup>1,2</sup>, А.Н. Солдатов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО «Научно исследовательское предприятие Лазерные технологии»

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет  
vova17.1993@bk.ru

## DEVELOPMENT OF LASER SYSTEM FOR GLASS CUTTING

V.Yu. Yurin<sup>1</sup>, A.S. Shumeiko<sup>1,2</sup>, A.N. Soldatov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LLC «Scientific Research Enterprise Laser Technologies»

<sup>2</sup>National Research Tomsk State University

*All modern works on the laser cutting of glass are based on the use of CO<sub>2</sub> laser, with a wavelength of 10.6 microns, which is absorbed in the surface layer of glass, and laser, with a wavelength of 1,064 microns, which is practically not absorbed in silicate glasses. Strontium vapor laser generates its radiation simultaneously at 8 wavelengths in the near and middle IR range and is a promising source of radiation for the creation of technology and industrial systems of laser glass cutting.*

*Keywords: strontium laser, glass cutting, vapor laser, laser system, glass cracking.*

На основании теоретических исследований и расчетов, проведенных ранее, было собрана экспериментальная установка для проведения исследований по лазерной резке тонких стекол. Экспериментальная установка состоит из: источника питания, лазерной газоразрядной трубки с активным элементом стронцием, резонатора, двух систем фокусировки излучения и системы перемещения образца в плоскости, перпендикулярной падению луча на образец.

Для осуществления работы лазера на парах металлов используется классический источник питания [1], состоящий из:

- 1) высоковольтный источник питания (ВИП);
- 2) электрические цепи зарядки накопительной емкости;
- 3) схемы, обеспечивающие разряд накопительной емкости на газоразрядную трубку (ГРТ);
- 4) схемы формирования импульсов напряжения на ГРТ.

На рисунке 1 представлена схема лазерной газоразрядной трубки на стронции. Газоразрядная трубка заполняется смесью буферных газов He, Ne.

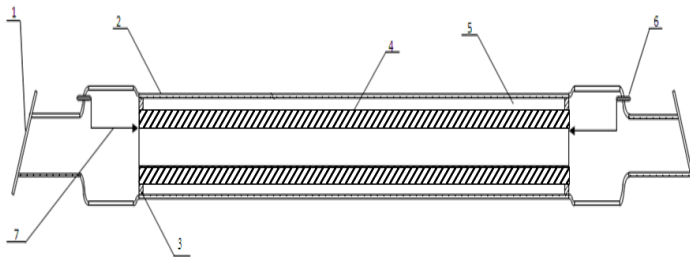


Рис. 1. Газоразрядная трубка на стронции: 1 – выходное окно; 2 – кварцевая оболочка; 3 – тепловая пробка; 4 – керамическая трубка; 5 – теплоизолятор; 6 – ввод электрода; 7 – электрод

Данная газоразрядная трубка для лазера на парах стронция работает следующим образом. При подаче электрического напряжения на электроды 7, установленные по концам разрядной трубки 4 в канале этой трубки создаётся высоковольтный электрический разряд, который разогревает внутренний объём разрядной трубки до температуры, при которой появляются пары металлического стронция. Далее, проходящий по этому каналу высоковольтный электрический разряд возбуждает пары стронция, вследствие чего происходит генерация излучения в разрядной трубке 4, которое попадает на плоские, прозрачные для инфракрасного излучения, пластины 1 и через эти пластины 1 выходит наружу, и попадает на зеркала резонатора, которые формируют вынужденное излучение необходимого качества. После резонатора, излучение выходит с минимальной расходимостью, близкой к дифракционной, что необходимо для обработки различных материалов, в том числе стекла.

В данной работе было создано две оптические схемы фокусировки излучения: фокусировка сферическим зеркалом и фокусировка собирающей линзой [2]. Основным преимуществом использования собирающей линзы перед сферическим зеркалом является геометрия фокального пятна, при использовании собирающей линзы фокальное пятно имеет форму круга. Данная геометрия фокального пятна, предположительно, является более подходящей, для осуществления криволинейного реза, при условии неподвижности фокального пятна в плоскости, параллельной плоскости мишени. В качестве системы перемещения используется двух координатный стол с шаговыми двигателями, длина шага –1 мкм (рис. 2). Стол

имеет квадратное рабочее поле и длиной и шириной 90 мм, и ход по осям  $x$ ,  $y$  – 110 мм в каждую сторону.

Излучение попадает на собирающую линзу 3, преломляется и попадает на поворотное зеркало 4, после чего отражается и падает на мишень под углом 90 градусов. Расстояние от линзы до мишени регулируется площадкой перемещения 2. Координатный стол 6 перемещает мишень относительно лазерного излучения. Стекло обдувается инертным газом, для его охлаждения, газ поступает через сопло 5, обдув происходит возле зоны нагрева.

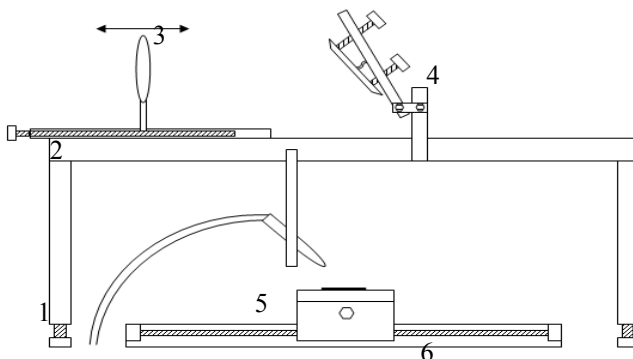


Рис. 2. Схема модуля фокусировки излучения и системы перемещения образца с использованием линзы: 1 – статичный стол; 2 – площадка перемещения линзы с механическим управлением; 3 – собирающая линза  $VaF_2$ ; 4 – плоское поворотное зеркало; 5 – сопло подачи хладагента; 6 – двух координатный автоматический стол

На рисунке 3 представлена схема экспериментальной установки. Суммарная мощность излучения достигала значения в 10 Вт, причем длина волны 6,45 мкм является самой мощной. Диаметр излучения зависит от внутреннего диаметра разрядного канала и составляет 26 мм. В экспериментальной установке используется неустойчивый резонатор отрицательного типа, который формирует вынужденное излучение необходимого качества. После того как излучение выходит из резонатора, оно попадает на диафрагму, с механическим затвором. При помощи диафрагмы регулируется мощность излучения, попадающая на фокусирующую систему. После диафрагмы устанавливается измеритель мощности. Для измерения мощности по группам длин волн, перед измерителем мощности поочередно ставятся оптические фильтры на 1 мкм и 3 мкм.

После измерений, фильтры и измеритель мощности сдвигаются в сторону, и излучение попадает на модуль фокусировки излучения и перемещения образца. С помощью управляющей программы, задается направление движения координатного стола и скорость перемещения. Образец стекла находится на координатном столе, и перемещается вместе с ним, в то время, как лазерное излучение неподвижно и постоянно бьет в одну точку плоскости, перпендикулярно мишени.

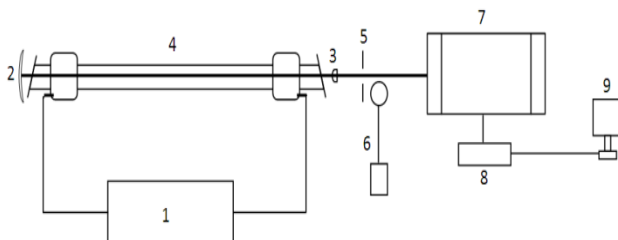


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 – высоковольтный источник питания; 2, 3 – зеркала резонатора; 4 – газоразрядная трубка со стронцием; 5 – диафрагма; 6 – измеритель мощности; 7 – модуль фокусировки излучения и перемещения образца; 8 – блок управления координатным столом; 9 – ноутбук

Данная экспериментальная установка обладает характеристиками необходимыми и достаточными для осуществления процесса резки стекла.

*Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям.*

#### Литература

1. Лазеры на парах стронция и кальция / А.Н. Солдатов и [др]. – Томск : ТМЛ-пресс, 2012. – 526 с.
2. Юрин В.Ю. Многоволновая лазерная резка стекла при помощи лазера на парах стронция : магистерская диссертация по направлению подготовки: 27.04.05 – Инноватика. – Томск : [б.и.], 2017. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vital:5974>.