

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный университет систем управления  
и радиоэлектроники  
Болгарская Академия наук  
Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова  
Международная научно-техническая организация «Лазерная ассоциация»  
Всероссийское общество изобретателей и рационализаторов

# **ИННОВАТИКА-2021**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**XVII Международной школы-конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
22–23 апреля 2021 г.  
г. Томск, Россия**

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

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
Томск – 2021

## ЛАЗЕР НА ПАРАХ БАРИЯ

Л.Ю. Цакилиди, А.Н. Солдатов, А.С. Шумейко

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
leoncak1@gmail.com*

### BARIUM VAPOR LASER

L.Y. Tsakilidi, A.N. Soldatov, A.S. Shumeyko

*National Research Tomsk State University*

*The results of experimental studies of the lasing characteristics of a laser based on electronic transitions of an atom and a barium ion upon excitation of a working mixture of barium vapor in a mixture with inert gases helium and neon by a high-voltage pulsed discharge.*

*Keywords: barium vapor laser, laser, energy level configurations, excitation of the environment.*

Современная элементная база позволяет создавать источники накачки с широкими возможностями подбора параметров для эффективного возбуждения конкретной среды. Схемы питания позволяют формировать импульс возбуждения короткой длительности с крутыми фронтами и высокими напряжениями [1–7].

Основной причиной, ограничивающей срок службы активного элемента (АЭ) на парах бария, является высокая смачивающая способность керамического канала в жидкой фазе. Рабочая температура лазера превышает 800 °С, а температура плавления 710 °С, поэтому барий в разрядном канале находится в жидком виде. Растекаясь по стенке канала, он образует электропроводящую шину, шунтирующую разрядный канал, что приводит к выходу из строя АЭ [8].

Авторами была предложена конструкция газоразрядного керамического канала с изолированием металла от внутренней разрядной стенки (рис. 1), позволяющая предотвратить шунтирование разрядного канала и увеличить срок службы АЭ.

В эксперименте использовалась газоразрядная трубка (ГРТ) с диаметром активной зоны 12 мм и длиной разрядного канала 50 мм, Электроды изготавливались из ниобия, выходные окна из CaF<sub>2</sub>.

Для возбуждения рабочих сред применялись тиратронные схемы накачки с прямым разрядом накопительной емкости. ГРТ подсоединялась к вакуумной системе, обеспечивающей возможность наполнения инертными газами от десятых долей торр до атмосферного давления.



Рис. 1. Газоразрядный активный элемент на парах бария с изолированными полостями для металлического бария

Блок-схема экспериментальной установки представлена на рис 2. Для регистрации инфракрасных спектров лазерного излучения использовался спектрометр-монохроматор MSDD1000 производства фирмы ЭМТИОН (Минск). Для регистрации спектроскопических данных в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах использовались два спектроанализатора HR4000 фирмы Optics Ocean, один из которых работает в диапазоне  $200 \pm 1200$  нм и предназначен для анализа обзорных спектров, второй использовался для регистрации рекомбинационных линий иона бария в диапазоне  $330 \pm 430$  нм с высоким спектральным разрешением  $0,025$  нм. Это разрешение достигалось в результате использования линейной ПЗС-матрицы Toshiba TCD1304AP, состоящей из 3648 элементов (пикселей), дифракционной решетки  $2400$  шт./мм и входной щели размером  $25$  мкм.

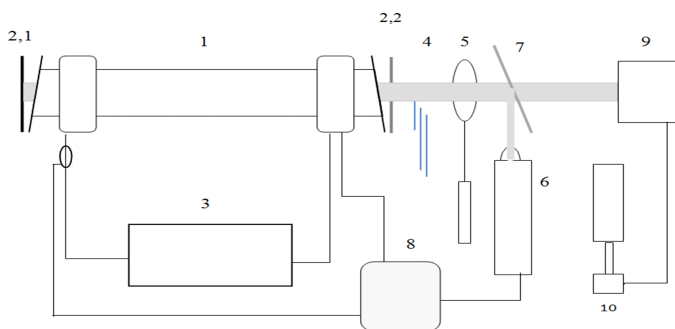


Рис. 2. Блок-схема экспериментальная установка: 1 – лазерная газоразрядная трубка; 2.1, 2.2 – зеркала резонатора; 3 – источник питания; 4 – набор светофильтров; 5 – измеритель мощности (Ophir); 6 – ФЭК-19 (ФЭК-22 СПУ); 7 – поворотная пластина, 8 – осциллограф (Tectronics), 9 – спектроанализатор Optics Ocean (спектрометр-монохроматор MSDD1000), 10 – ПК

На схеме уровней и переходов представлены лазерные переходы, которые наблюдались в данной работе (рис.3).

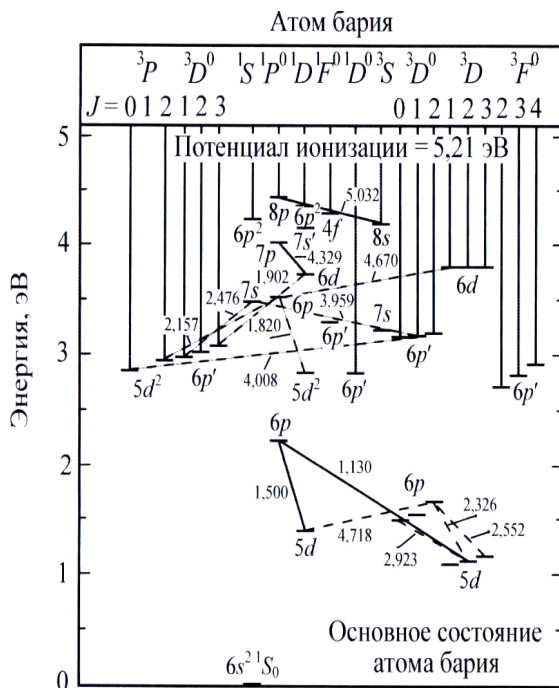


Рис. 3. Схема энергетических уровней и лазерных переходов атома бария.  
 Длина волны лазерной линии показаны в мкм

В таблице 1 представлено сравнение лазера на парах бария с аналогами.

Показано, что в лазере на парах бария в смеси с He и Ne, так же как в лазерах на парах кальция и стронция, характерны несколько механизмов создания инверсной населенности; самоограниченная генерация на ионе Ba 614,2 нм ( $^2P_{3/2} - ^2D_{5/2}$ ) и 649,7 нм ( $^2P_{1/2} - ^2D_{3/2}$ ), а также большое количество самоограниченных линий генерации на ИК переходах атома бария. Впервые на ионных ультрафиолетовых линиях Ba<sup>+</sup> 389,1 нм и 413,2 нм в послесвечении разряда получено слабое усиление, которое при оптимизации условий возбуждения можно перевести в режим генерации.

Полученные в работе энергосъемы с единицы объема  $\sim 8$  мкДж/см<sup>-3</sup> и КПД  $\sim 1\%$  позволяют сделать вывод, что лазер на парах бария по выходным энергетическим параметрам не уступает лучшим лазерным средам на парах металлов [8,9].

Т а б л и ц а 1

## Сравнение аналогов лазера на парах бария

Характеристики	Лазер на парах меди	Лазер на парах стронция	Лазер на парах бария	Полупроводниковый лазер (одномодовый)
Длины волн	510,6 нм; 578,2 нм	6,45; 3,01; 3,06; 2,92; 2,73; 2,69; 2,60; 1,03; 1,09; 0,43; 0,416	0,6142; 0,6497; 1,13; 1,50; 1,82; 2,16; 2,32; 2,55; 2,92; 4,33; 4,68; 4,72; 5,89	0,4 мкм (GaN) 0,63–1,55 мкм (AlGaAs) 3–20 мкм (соли свинца)
КПД	Реально достигнутый – не более 3%	Реально достигнутый – 1%	Реально достигнутый – 1%	Реально достигнутый – 10%
Максимальная достигнутая частота следования импульсов генерации	700 кГц	830 кГц	320 кГц	10 кГц

Новая конструкция позволила увеличить срок службы активного элемента, в эксперименте он составил около 500 ч. Специальных исследований срока службы установки на наработку на отказ не проводилось, однако можно предполагать, что она будет не меньше, чем у лазера на парах стронция, чей ресурс достигает 1000 ч.

## Литература

1. Солдатов А.Н. и др. Импульсно-периодические лазеры на парах стронция и кальция. // под. ред. А.Н. Солдатов, Е.Л. Латуша. Томск: ТМЛ-Пресс. 526 с.
2. Иванов И.Г., Латуш Е., Сэм М.Ф. Ионные лазеры на парах металлов. М.: Энергоиздат, 1990.
3. Бохан П.А., Закревский Д.Э. Исследование продольного импульсно-периодического разряда в паразолевых смесях высокого давления // ЖТФ, 1997. Т.67, №4. С. 25–31.
4. Исаев А.А., Казарян М.А., Маркова С.В., Петраш Г.Г. Импульсный лазер на парах бария // Труды ФИАН, Т.181, 1987.
5. Исаев А.А., Казарян М.А., Маркова С.В., Петраш Г.Г. Исследование импульсной генерации на парах бария в инфракрасной области спектра // Квантовая электроника. 1975. Т.2, №3. С. 285–287
6. Исаев А.А., Леммерман Г.Ю., Маркова С.В., Петраш Г.Г. Характеристики импульсной генерации на переходах в атоме бария // Квантовая электроника. 1979. Т.6, №9. С. 1942–1947.
7. Soldatov A., Sabatinov N., Latush E., Chebotarev G., Vuchhov N., Yudin N. Strontium and Calcium Vapor Lasers. Vol. 1, Sofia 213, p. 292.

8. Солдатов А.Н., Шумейко А.С., Юрин В.Ю. Газоразрядная трубка для лазера на стронции / Патент РФ 193604. Дата подачи заявки: 2018.12.25, Дата публикации: 2019.11.06
9. Brics B.G., Karras T.W., Anderson R.S.. An investigation of a discharge-heated laser // J. Appl. Phys. 1978. Vol. 49, No.1. P. 38–40.