

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРА НА ПАРАХ БРОМИДА МЕДИ

*Малышкина Е.Г., Тригуб М.В.*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Евтушенко Г.С., д.т.н., профессор кафедры  
промышленной и медицинской электроники*

Уникальная совокупность параметров излучения лазеров на парах бромида меди способствует их эффективному использованию при решении широкого круга задач [1].

Одним из направлений применения излучения лазеров на парах бромида меди в медицине является селективная фотодеструкция сосудистых патологий и пигментных новообразований кожи. Как и лазеры на парах меди (ЛПМ), CuBr-лазеры генерируют излучение в зеленом  $\lambda = 510,6$  нм и желтом участках спектра  $\lambda = 578,2$  нм, в максимумах поглощения меланина и гемоглобина [2,3]. По сравнению с ЛПМ, рабочая температура CuBr-лазеров почти на 1000 градусов ниже, что позволяет значительно снизить расходы на производство и эксплуатацию активных элементов этих лазеров. Разработанная в Институте оптики атмосферы СО РАН конструкция CuBr-лазера с активным теплоизолятором обеспечивает минимальное время выхода лазера на рабочий режим и позволяет значительно повысить надежность источника питания [1,4].

Также лазер на парах бромида меди может успешно применяться в фотодинамической терапии, поскольку его спектральные линии генерации и его пиковая и средняя мощности удовлетворяют условиям эффективной накачки лазера на растворах красителей [5]. Другими направлениями использования CuBr-лазеров являются технологический процесс прецизионной обработки материалов и генерация кратных гармоник в нелинейных оптических кристаллах [1].

Поскольку лазер на парах бромида меди генерирует излучение на двух длинах волн (578,2 нм и 510,6 нм) одновременно, необходимо предусмотреть возможность выделения одной длины волны для повышения эффективности использования лазера. Самый простой способ заключается в использовании частотно-избирательного фильтра, однако, в этом случае наблюдаются существенные потери мощности полезного сигнала, которые могут достигать 30%.

Учитывая, что лазеры на парах металлов имеют достаточно высокий коэффициент усиления, было сделано предположение, что потери полезного сигнала можно уменьшить, если использовать фильтр в обратной связи (ОС) лазера – внутри резонатора. Это также позволит

снизить эксплуатационные требования к фильтру, поскольку на него будет воздействовать излучение меньшей мощности. Для проведения эксперимента использовали нейтральные светофильтры (НС), оптическая плотность которых не зависит от длины волны, белые стекла (БС) и полосовые светофильтры ФЖ с максимумом коэффициента пропускания на линии 578,2 нм, ФЗ с максимумом на линии 510,6 нм. Для всех используемых фильтров были определены коэффициенты пропускания. Располагая фильтры внутри резонатора (рис. 1) проводились измерения выходной мощности без фильтра  $P_0$  и мощности с использованием фильтра  $P_\phi$  для желтой и зеленой длин волн. В установке использовали неустойчивый резонатор телескопического типа, что позволило получить на выходе пучок с хорошим дифракционным качеством. Для выделения отдельных линий применялась призма (7 на рис. 1).

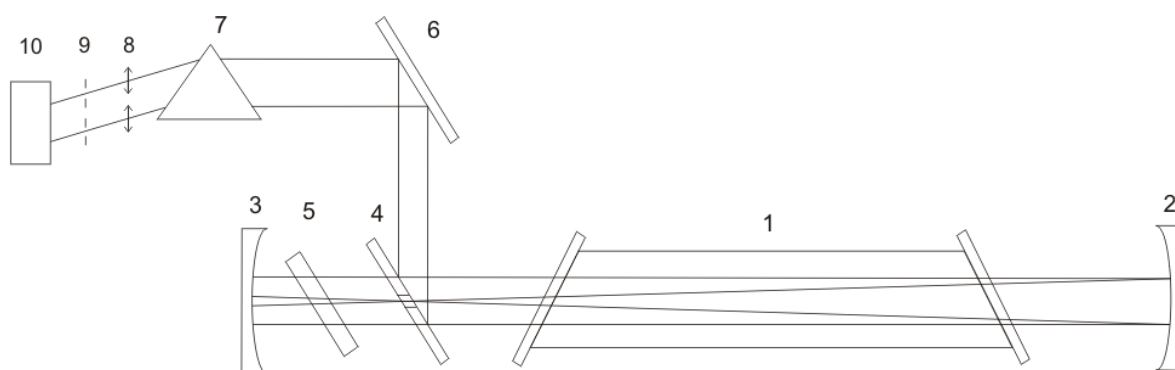


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 – активная среда; 2, 3 – сферические зеркала; 4 – поворотное зеркало с отверстием; 5 – светофильтр; 6 – поворотное зеркало; 7 – призма; 8 – линза, 9 – диафрагма, 10 – измеритель мощности.

Результаты проведенных измерений представлены на рисунке 2. На рисунке 2 а представлены результаты измерений для линии 578,2 нм. Для полосового фильтра ФЖ коэффициент пропускания составляет 92%, при введении фильтра в обратную связь лазера на выходе получили 99% от максимальной мощности на данной линии. Коэффициент пропускания фильтра НС7 составляет 47%, при заведении фильтра в ОС усилителя получили на выходе 79,6%.

Для зеленой линии результаты показаны на рисунке 2 б. Для применяемого полосового фильтра ФЗ коэффициент пропускания составил 65%, при введении его в резонатор выходная мощность составляет 98,5% от максимальной мощности генерации на этой линии. У фильтра НС7 коэффициент пропускания  $\beta$  равен 44%, при заведении фильтра в ОС лазера получили 91,7%.

Для устранения некогерентной составляющей излучения, в фокусе линзы устанавливали диафрагму. Сравним результаты эксперимента без и

с использованием диафрагмы. Для желтой длины волны: ФЖ – 100% и 99%, НС7 – 82% и 79,6%, НС2 ( $\beta = 31\%$ ) – 74% и 68,6% соответственно.

Для зеленой длины волны: ФЗ – 100% и 98,5%, НС7 – 94% и 91,7%, НС2 ( $\beta = 32\%$ ) – 91% и 84,8% без и с использованием диафрагмы соответственно.

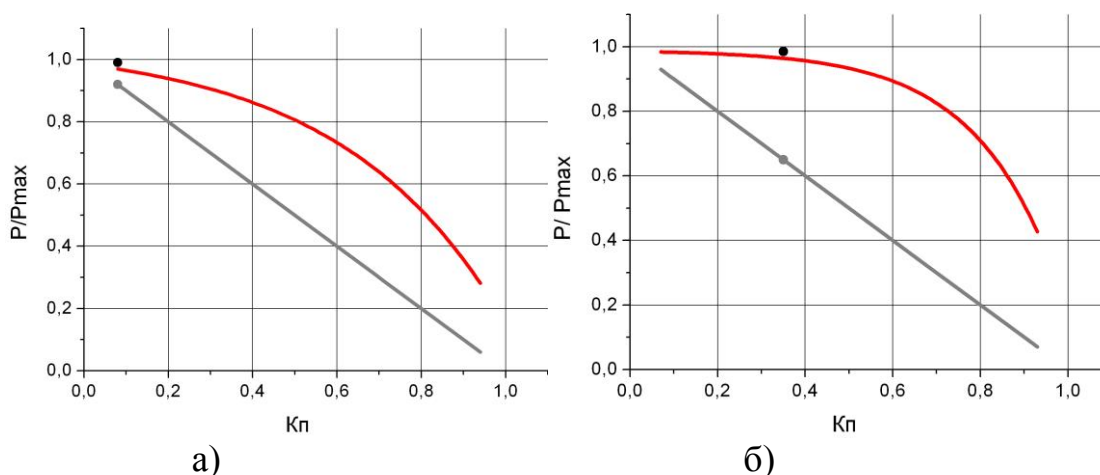


Рис.2. Относительная выходная мощность в зависимости от потерь в резонаторе а) для желтой, б) для зеленой длин волн.

Таким образом, высокий коэффициент усиления среды позволяет достигнуть фильтрации сигнала за счет использования резонатора с частотно-избирательными свойствами. Коэффициент усиления среды на линии 510,6 нм значительно выше, чем для линии 578,2 нм. При введении 50% потерь в резонатор эффективность генерации составила 90% для линии 510,6 нм и 80% для линии 578,2 нм. Введение полосовых фильтров в обратную связь лазера позволяет получать генерации на требуемой длине волны без потери мощности.

### Список информационных источников

1. Андриенко Ф.С., Губарев Ф.А., Димаки В.А. и др. Лазеры на парах бромида меди нового поколения // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22. – № 10. – С. 999–1009.
2. Ключарева С.В., Никонова С.М., Пономарев И.В. Лечение лазерами доброкачественных пигментных новообразований кожи // Экспериментальная и клиническая дерматокосметология. – 2006. – №3. – С.22-31.
3. Ключарева С.В., Пономарев И.В. Лазеротерапия сосудистых дефектов кожи // Журнал по прикладной эстетике. – 2005. - №3. – С.2-6.
4. Димаки В.А., Суханов В.Б., Троицкий В.О., Филонов А.Г. Лазер на парах бромида меди со стабилизацией температуры стенок активного

объема // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 4. – С. 152–155.

5. Лазеры на парах бромида меди для применения в медицине [Электронный ресурс] / Томский инновационный центр лазерных технологий. Режим доступа: [http://topaz.tomsk.ru/ir\\_projects.html?id=6](http://topaz.tomsk.ru/ir_projects.html?id=6). – Загл. с экрана.

6. Gain characteristics of large volume CuBr laser active media [Electronic resource] / F. A. Gubarev [et al.] // Optics Communications: Scientific Journal. — 2011. — Vol. 284, iss. 10-11. — С. [P. 2565-2568].

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ**

*Толмачев И.В.<sup>1</sup>, Милгадаев А.М.<sup>2</sup>, Пронькина Е.М.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск*

*<sup>2</sup>Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Пеккер Я.С., к.т.н., профессор кафедры промышленной и медицинской электроники*

**Ключевые слова:** анализ движения, видеозахват, кинект, oculus, движущаяся платформа.

### **Введение**

Организм человека очень чувствителен к изменениям происходящим во внешней и внутренней среде. Такие изменения в том числе отражаются на биомеханических показателях позы и движения, которые не только показывают непосредственную реакцию человека на внешние воздействия на уровне внешних реакций его организма, но и интегрально отражают функционирование центральных механизмов управления и энергообеспечивающих систем. Под позой понимают взаимное положение звеньев тела друг относительно друга и положение всего тела относительно опорной поверхности и гравитационной вертикали [1]. В управлении движениями принимают участие многие отделы ЦНС, оценка нарушений координации движений может быть использована в целях диагностики работы системы поддержания равновесия человека.

### **Актуальность**

На сегодняшний день оценка качества движения человека является актуальной проблемой в неврологии.

При попытке контроля и анализе движения человека, мы сталкиваемся со всем спектром проблем, которые приходится решать мозгу при управлении двигательной деятельностью. Поэтому исследование качества движения – это, в сущности, один из способов исследования работы мозга,