

АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 621.373.8

Система возбуждения активных сред на парах металлов для реализации нетипичных режимов генерации

Н.В. Карасев, В.О. Троицкий, В.А. Димаки, М.В. Тригуб✉*

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634055, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1*

Поступила в редакцию 25.04.2024;
после доработки 17.05.2024;
принята к печати 06.06.2024

Проблема расширения функциональных возможностей лазеров в целом, и на парах металлов в частности, остается актуальной. Ее решение связано как с исследованием кинетики процессов в лазерных средах, так и с разработкой новых систем возбуждения. Представлены результаты создания и применения системы возбуждения активных сред на парах металлов, которая состоит из трех источников накачки, системы синхронизации и программного обеспечения. Высоковольтные импульсы формируются тремя независимыми инверторами, коммутация осуществляется с помощью тиратронов. Рассмотрены основные возможности системы и перспективы ее использования для реализации нетипичных режимов генерации. Экспериментально удалось установить, что в смеси CuBr + Ne + HBr генерация сохраняется при временах релаксации порядка 5000 мкс.

Ключевые слова: лазер на парах металлов, цуговой режим, режим одиночных импульсов, управление генерацией; metal vapor laser, train-pulse mode, single-pulse mode, continuous control.

Введение

Лазеры на парах металлов и их галогенидов находят широкое применение в различных областях науки и техники [1, 2]. Благодаря генерации излучения на необходимой длине волны такие лазеры применяются в ряде медицинских приложений [3, 4]. Перспективным направлением является использование лазеров в дерматологии для удаления сосудистых и пигментных дефектов кожи, а также для внутриполостного лечения и фотодинамической терапии [5, 6]. Лазеры на парах металлов возможно применять для обогащения урана [7, 8], в целях передачи информации и для связи [9–11]. В промышленности их используют для прецизионной микрообработки материалов [12], получения нанодисперсных порошков [13, 14]. В науке лазеры на парах металлов применяются достаточно широко, в том числе для целей лазерного зондирования атмосферы. Малая длительность импульса излучения дает возможность использовать подобные лазерные системы для высокоскоростной фотографии и визуализации быстропротекающих процессов [15, 16]. Последнее в свою очередь является перспективным средством неразрушающего контроля.

Важная задача с точки зрения практического использования подобных сред — повышение частотно-энергетических характеристик лазеров на парах металлов, которые зависят как от конструкций активных элементов лазеров, так и от источников питания. В настоящее время применяются источники питания различных топологий. Например, для высокочастотного CuBr-лазера активно используются полупроводниковые источники накачки [17, 18], а также на основе модуляторных ламп и таситронов [19, 20]. Еще один из заслуживающих внимания способов возбуждения — использование нескольких источников [21–23]. Такой подход позволяет оперативно управлять энергией излучения. Меняя относительное время следования импульсов и их энергетические параметры, удается изменять интенсивность излучения вплоть до полного подавления [24]. Менее распространен способ управления параметрами генерации с помощью индукционного разряда или приложения внешнего магнитного поля [25–27]. Весьма перспективным способом управления считается применение цугового режима. Изменяя число импульсов в цуге и скважность цугов, возможно регулировать среднюю мощность излучения в достаточно широких пределах [28].

С помощью различных подходов к возбуждению были получены заслуживающие внимания результаты. Например, в работе [29] показаны возможности повышения удельных характеристик активной среды на парах бромида меди за счет дополнительного предионизационного импульса, а также управления

* Николай Викторович Карасев (nvk@iao.ru); Владимир Олегович Троицкий (qel@iao.ru); Виктор Анатольевич Димаки (dimaki@iao.ru); Максим Викторович Тригуб (trigub@iao.ru).

амплитудными и спектральными параметрами излучения (соотношением амплитуды на линиях излучения).

Цель работы — создание системы возбуждения активных сред на переходах атомов металлов для реализации нетипичных режимов генерации и усиления оптических сигналов.

В рамках данного исследования создана универсальная система питания, позволяющая реализовывать нетипичные режимы накачки активных сред на переходах атомов металлов, а именно цуговой и режим возбуждения одиночными импульсами. Представлены некоторые экспериментальные результаты применения разработанной системы для CuBr-лазера.

Эксперимент

Система возбуждения включает в себя три независимых источника накачки. Каждый источник состоит из полумостового инвертора, предназначенного для импульсной зарядки накопительного конденсатора. Цифровые системы управления (DCS и PC) предназначены для управления параметрами заряда накопительных конденсаторов и формирования импульсов запуска высоковольтных коммутаторов, которые настраиваются независимо. Для синхронизации совместной работы источников созданы цифровая система управления и программное обеспечение. Схема системы возбуждения при накачке на газоразрядной трубке (ГРТ) показана на рис. 1.

Источники питания PS1–PS3, изображенные на рис. 1, имеют единую топологию. Накопительные

конденсаторы (C1–C3) заряжаются с помощью блоков заряда (HV1–HV3), каждый из которых состоит из низковольтного выпрямителя (LVR), полумостового инвертора (DC-AC), повышающего импульсного трансформатора (SUPT) и высоковольтного выпрямителя (HVR). В качестве высоковольтного коммутатора выступает тиратрон TGI1-1000/25. Схемы управления инвертором и запуска тиратрона (CS1–CS3) имеют идентичную конструкцию. Максимальное напряжение заряда накопительного конденсатора — 15 кВ. Частота следования импульсов может изменяться; максимальное ее значение определяется коммутатором и составляет 15 кГц. Для реализации некоторых режимов работы источник питания PS1 может работать в цуговом режиме; максимально возможное количество импульсов в цуге — 30000.

Таким образом, система позволяет оперативно управлять временными и энергетическими параметрами лазерного излучения в достаточно широких пределах. Также она сочетает в себе преимущества цугового и двухимпульсного режимов работы (возможность регулировать как ЧСИ, так и амплитуду и длительность импульса генерации). Возможно также реализовать импульсно-периодический (все временные задержки и амплитуды импульсов источников питания одинаковы) режим работы лазера.

Рассмотрим один из вариантов реализации нетипичного режима генерации. Источник питания PS2 может подавать импульсы с определенной задержкой относительно импульсов источника PS1. Амплитуда импульсов PS2 меньше, чем амплитуда

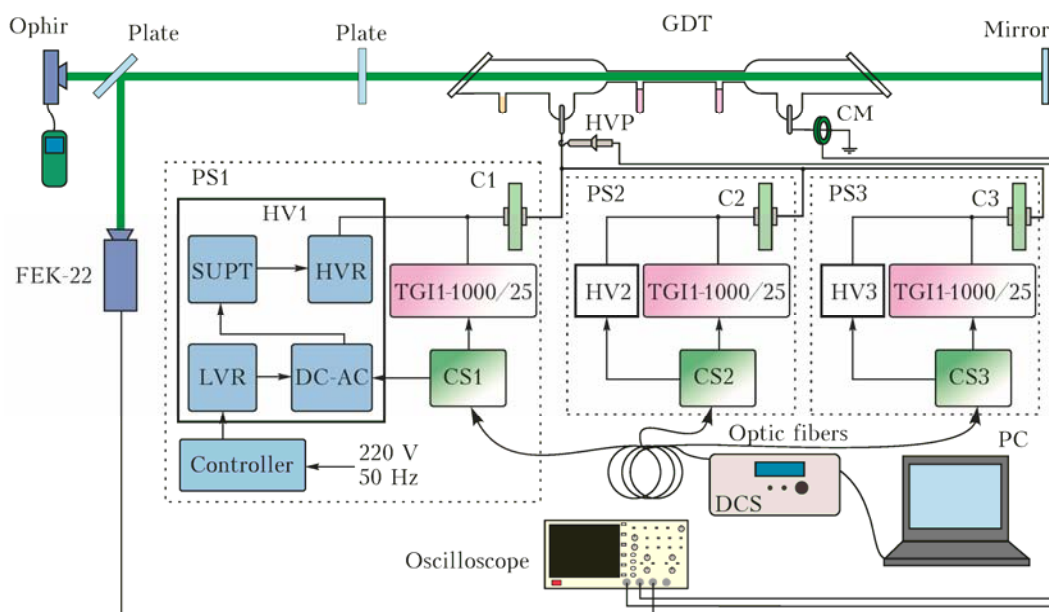


Рис. 1. Структурная схема системы возбуждения: источники питания (PS1–PS3); накопительные конденсаторы (C1–C3); блоки заряда (HV1–HV3); регулятор напряжения (Controller); низковольтный выпрямитель (LVR); полумостовой инвертор (DC-AC); повышающий импульсный трансформатор (SUPT); высоковольтный выпрямитель (HVR); схема управления инвертором и запуском тиратрона (CS1–CS3); тиратрон (TGI1-1000/25); цифровая система управления (DCS); персональный компьютер (PC); осциллограф (Oscilloscope); оптоволоконные кабели (Optic fibers); датчик напряжения (HVP); датчик тока (CM); газоразрядная трубка (GDT); зеркало (Mirror); полупрозрачное зеркало (Plate); фотоэлемент коаксиальный (FEK-22); измеритель оптической мощности (Ophir)

импульсов PS1. Источник питания PS3 осуществляет накачку активного вещества. Амплитуда напряжения при минимальном времени задержки между последним импульсом цуга и импульсом накачки составляет 14 кВ. Частота следования импульсов источника PS3 варьируется в зависимости от числа импульсов в цуге от нескольких сотен герц (202 Гц при 50 импульсах) до долей герц (0,76 Гц при 16000 импульсах). Емкости источников питания (C1–C3) одинаковы и составляют 1650 пФ.

Как было отмечено выше, для синхронизации работы источников питания каждый из них подключен к цифровой системе управления (DCS) через оптоволоконный кабель. Сама система управления подключена к персональному компьютеру (PC), через который и осуществляется управление временными параметрами импульсов источников питания. С помощью программы оператор может изменять: число импульсов в цуге; время паузы между импульсами цугов, а также «гасящим» импульсом и импульсом диссоциации; временную задержку между последним импульсом цуга и импульсом накачки, а также импульсом накачки и первым импульсом следующего за ним цуга. Диаграмма работы источников представлена на рис. 2.

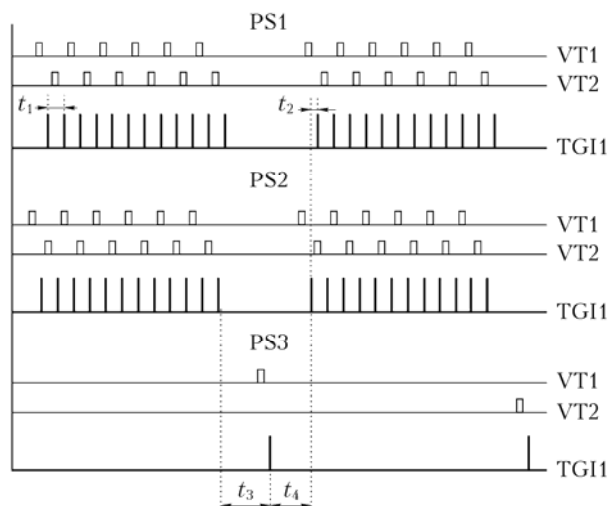


Рис. 2. Диаграмма работы источников питания: импульсы управления транзисторами (VT1, VT2) в инверторах, тиратроном (TGI1); времена задержки между импульсами цуга (t_1), импульсами диссоциации и гашения (t_2), последним импульсом цуга и импульсом накачки (t_3), импульсом накачки и первым импульсом цуга (t_4)

Для регистрации напряжения на ГРТ используется датчик напряжения Tektronix P6015A (HVP) с коэффициентом преобразования 1:1000; для регистрации тока разряда — датчик Pearson TM 8450 (CM) с коэффициентом преобразования 1:10. В качестве системы регистрации импульса выходного излучения применяется коаксиальный фотоэлемент (FEK-22). Данные со всех трех датчиков приходят на четырехканальный осциллограф, четвертый канал которого принимает импульс синхронизации от DCS. Необходимо это для регистрации только параметров импульса накачки от источника PS3. Внешний

вид осциллограммы, отображаемой на экране осциллографа, показан на рис. 3.

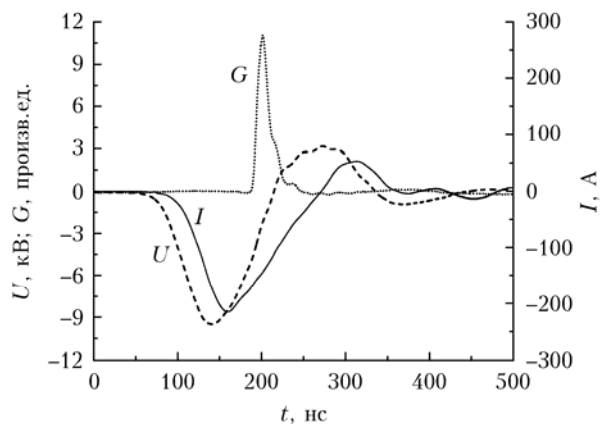


Рис. 3. Осциллограмма напряжения (U), тока (I) и импульса генерации (G)

Уникальность данной установки заключается в том, что каждый из трех источников выполняет определенные задачи: можно реализовать различные режимы возбуждения, как импульсно-периодический, так и цуговой.

Поскольку экспериментальные данные получены при цуговом режиме работы лазера, на описании данного режима остановимся подробнее. Первый источник питания (PS1), формирующий цуг импульсов, предназначен для диссоциации молекул CuBr, т.е. получения атомов меди. За счет регулирования количества импульсов в цуге достигается регулирование количества активного вещества в ГРТ. Кроме того существует возможность изменять время паузы между импульсами в цуге; энергия импульсов должна быть достаточной для диссоциации активного вещества.

Часть энергии от импульсов диссоциации (от источника PS1) будет приводить к возбуждению активного вещества и, как следствие, к появлению генерации. Эту генерацию для удобства измерения средней мощности необходимо подавить с помощью источника питания PS2. Данный источник формирует перед импульсом диссоциации (от источника PS1) «гасящий» импульс. Принцип гашения генерации заключается в заселении метастабильного уровня и последующей его релаксации для восстановления генерации [24]. Также имеется возможность изменять время паузы между «гасящим» импульсом и импульсом диссоциации, чтобы подобрать момент наиболее эффективного подавления.

Источник питания PS3 осуществляет накачку активного вещества. Импульс от этого источника (импульс накачки) следует после прохождения цуга. При этом существует возможность изменять временную задержку как между последним импульсом цуга и импульсом накачки, так и между импульсом накачки и первым импульсом следующего за ним цуга. Изменение временной задержки между последним импульсом цуга и импульсом накачки позволяет варьировать длительность импульса генерации.

Апробация системы при накачке CuBr-лазера

Работа источника питания была испытана на стандартном CuBr-лазере, а также на лазере с модифицированной кинетикой (с водородсодержащей добавкой HBr). Суть эксперимента заключалась в оценке эффективности возбуждения при разном числе импульсов в цуге N (400–100 импульсов) и разном времени задержки между последним импульсом цуга и импульсом накачки. Ниже приведены результаты, полученные для $N = 200$ импульсов. Графики напряжения на ГРТ при разных временах задержки представлены на рис. 4.

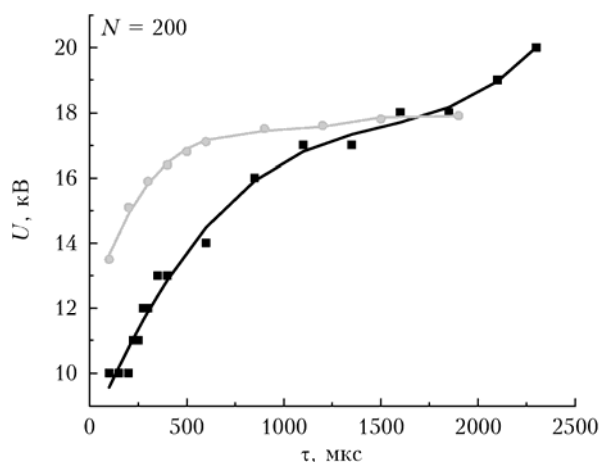


Рис. 4. Зависимость напряжения от времени задержки при наличии (серая кривая) и отсутствии (черная кривая) водородсодержащей добавки

Как видно из рис. 4, в обоих случаях (при наличии и отсутствии добавки HBr) напряжение увеличивается. При наличии добавки наблюдается стабилизация напряжения, что связано со стабилизацией сопротивления разрядного канала, в то время как без добавки напряжение продолжает расти из-за увеличения сопротивления канала при увеличении задержки. Рост сопротивления объясняется снижением предимпульсной концентрации электронов.

Пример осциллограммы на предельном времени задержки (2000 мкс) для 200 импульсов в цуге показан на рис. 5. Такое время задержки было выбрано, поскольку импульс генерации (G) лазера без водородсодержащей добавки значительно искажился по форме (по сравнению с рис. 2), а его амплитуда заметно снизилась (рис. 5, a). Однако хорошо видно, что импульс генерации лазера с модифицированной кинетикой (рис. 5, b), несмотря на искажения, по амплитуде превосходит импульс на рис. 5, a . Более того, длительность импульса генерации явно возросла по сравнению со стандартным значением в 50 нс. Также заметно изменение формы импульса, что может быть связано с кинетикой процессов и временной динамикой инверсии населенности. На основе полученных данных были по-

строены графики зависимости длительности импульса генерации от времени задержки (рис. 6).

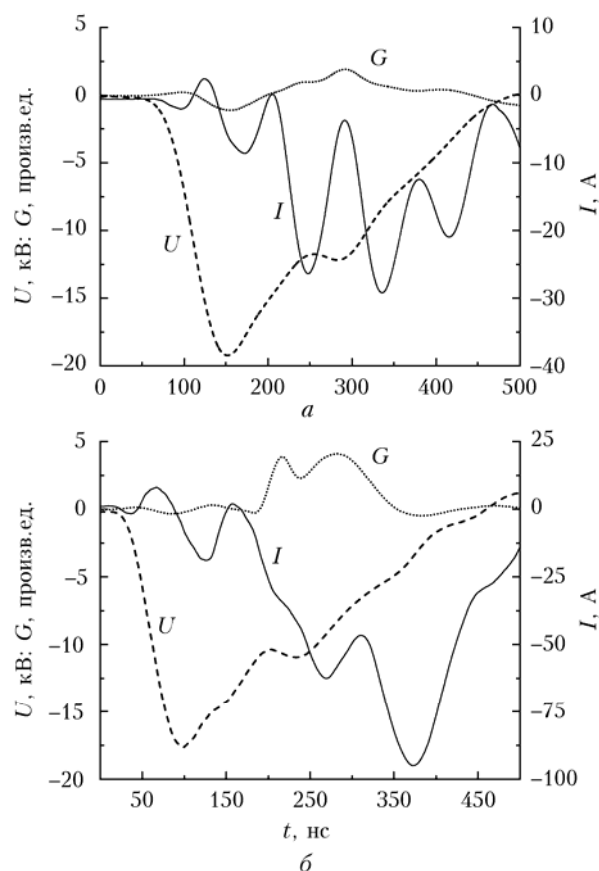


Рис. 5. Осциллограммы для времени задержки $\tau = 2000$ мкс при 200 импульсах в цуге: при отсутствии (a) и наличии (b) водородсодержащей добавки

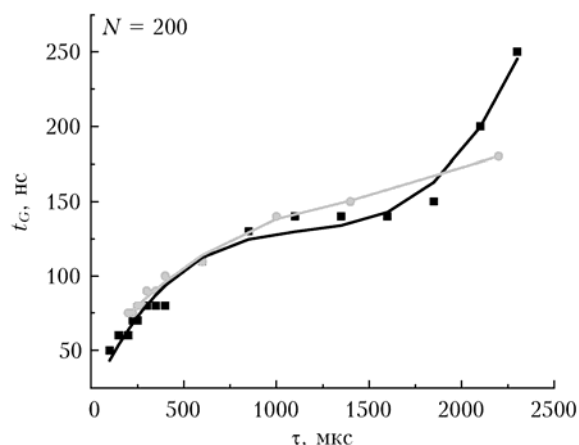


Рис. 6. Зависимости длительности импульса излучения от времени задержки при наличии (серая кривая) и отсутствии (черная кривая) водородсодержащей добавки

Видно, что длительность импульса может изменяться в весьма широких пределах, от стандартных для CuBr-лазера 50 до 250 нс, а для лазера с модифицированной кинетикой — до 200 нс. Однако в последнем случае есть возможность дальнейшего

увеличения времени задержки и, как следствие, длительности импульса. Связано это с большей энергией выходного излучения, что подтверждает рис. 7.

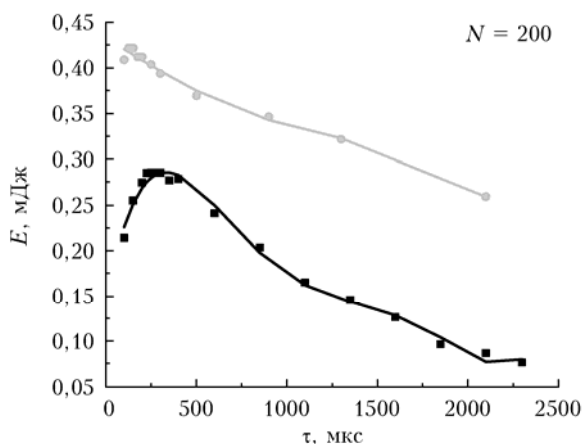


Рис. 7. Зависимости энергии импульса излучения от времени задержки при наличии (серая кривая) и отсутствии (черная кривая) водородсодержащей добавки

График для CuBr-лазера без водородсодержащей добавки имеет характерный пик. Вероятно, это связано со временем восстановления молекул бромида меди. Кроме того подтверждается, что генерация сохраняется даже при предельном времени задержки. Это противоречит известным экспериментальным результатам, которые утверждают, что при задержках более 600 мкс выходное излучение пропадает. Данный эффект требует более глубокого теоретического анализа. Экспериментальные результаты позволили установить особенности кинетики плазмы лазера при относительно больших паузах между импульсами возбуждения [30].

Закключение

Представлена система, предназначенная для реализации нетипичных режимов возбуждения активных сред на парах галогенидов металлов. Она включает три источника накачки, энергетические и частотно-временные параметры которых могут изменяться независимо друг от друга. Каждый источник имеет следующие предельные характеристики: максимальное напряжение зарядки накопительного конденсатора 15 кВ; максимальная частота следования импульсов 15 кГц.

Одно из применений системы — реализация моноимпульсного режима генерации при предварительной подготовке среды. Экспериментально показана возможность использования цугового режима работы для диссоциации активного вещества. Управление концентрацией активного вещества может осуществляться путем изменения числа импульсов в цуге. В данном эксперименте оптимальное значение количества импульсов в цуге находится в пределах 200–400. Моноимпульсный режим работы позволяет управлять длительностью импульса генерации за счет изменения времени задержки между последним импульсом цуга и импульсом накачки.

Максимально достигнутая длительность импульса излучения в данном эксперименте — 250 нс, что в пять раз больше стандартного значения для CuBr-лазера.

Экспериментальные результаты выявили ряд особенностей кинетики плазмы лазера в первую очередь при больших временах релаксации (межимпульсный период). Это подтверждает перспективность подобных схем возбуждения для фундаментальных исследований. В дальнейшем планируется проведение подобных экспериментов для лазера на парах чистой меди, в том числе для более детального изучения механизмов, определяющих длительность импульса генерации.

Список литературы

1. Евтушенко Г.С., Шиянов Д.В., Губарев Ф.А. Лазеры на парах металлов с высокими частотами следования импульсов. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2010. 275 с.
2. Солдатов А.Н., Латуш Е.Л., Чеботарев Г.Д., Юдин Н.А., Васильева А.В., Полунин Ю.П., Пруцков О.О. Импульсно-периодические лазеры на парах стронция и калия / под ред. А.Н. Солдатов, Е.Л. Латуш. Томск: ТМЛ-Пресс, 2012. 526 с.
3. Пономарев И.В., Топчий С.Б., Андрусенко Ю.Н., Шакина Л.Д. Лечение крапчатого лентигозного невуса двухволновым излучением лазера на парах меди // Вестн. дерматологии и венерологии. 2021. Т. 97, № 4. С. 100–106. DOI: 10.25208/vdv1210.
4. Пономарев И.В., Андрусенко Ю.Н., Топчий С.Б., Шакина Л.Д. Лечение лазером на парах меди гранулемы красной каймы губ, возникшей как осложнение после перманентного макияжа // Вестн. дерматологии и венерологии. 2021. Т. 97, № 1. С. 41–45. DOI: 10.25208/vdv1191.
5. Григорьянц А.Г., Казарян М.А., Лябин Н.А. Лазеры на парах меди: конструкция, характеристики и применения. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 312 с.
6. Ready J.F. Industrial Applications of Lasers. Elsevier, 1997. 624 p.
7. Закревский Д.Э., Мошкунев А.И., Рахимов Г.Г., Юдин Н.А. Лазерный комплекс на парах меди с высокой мощностью до 200 Вт для целей ALVIS // Тезисы докладов 5-й Всероссийской (международной) научной конференции «Физико-химические процессы при селекции атомов и молекул». Звенигород, 2–6 октября 2000 г. Звенигород, 2000. С. 48.
8. Бохан П.А., Бучанов В.В., Закревский Д.Э., Казарян М.А., Прохоров А.М., Фатеев Н.В. Оптическое и лазерно-химическое разделение изотопов в атомарных парах. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 224 с.
9. Белов В.В., Тарасенков М.В., Абрамочкин В.Н., Иванов В.В., Федосов А.В., Троцкий В.О., Шиянов Д.В. Атмосферные бистатические каналы связи с рассеянием. Часть 1. Методы исследования // Оптика атмосф. и океана. 2013. Т. 26, № 4. С. 261–267; Belov V.V., Tarasenkova M.V., Abramochkin V.N., Ivanov V.V., Fedosov A.V., Troitskii V.O., Shiyonov D.V. Atmospheric bistatic communication channels with scattering. Part 1. Methods of study // Atmos. Ocean. Opt. 2013. V. 26, N 5.
10. Белов В.В., Тарасенков М.В., Абрамочкин В.Н., Иванов В.В., Федосов А.В., Гриднев Ю.В., Троцкий В.О., Димаки В.А. Атмосферные бистатические каналы связи с рассеянием. Часть 2. Полевые эксперименты // Оптика атмосф. и океана. 2014. Т. 27, № 8.

- С. 659–664; *Belov V.V., Tarasenko M.V., Abramochkin V.N., Ivanov V.V., Fedosov A.V., Gridnev Yu.V., Troitskii V.O., Dimaki V.A.* Atmospheric bistatic communication channels with scattering. Part 2. Field experiments in 2013 // *Atmos. Ocean. Opt.* 2015. V. 28, N 3. P. 202–208.
11. *Дегтярев А.Е., Губарев Ф.А.* Исследование параметров генерации лазера на парах бромида меди при передаче информации // *Вестн. науки Сибири.* 2014. Т. 14, № 4. С. 9–15.
 12. *Григорьянц А.Г., Гусев А.Л., Казарян М.А., Лябин Н.А.* Лазеры на парах меди для прецизионной обработки изделий электронной техники // *Альтернативная энергетика и экология.* 2013. Т. 129, № 7. С. 86–98.
 13. *Кузьмин П.Г., Шафеев Г.А., Воронов В.В., Распоров Р.В., Арианова Е.А., Трушина Э.Н., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А.* Наночастицы, полученные при лазерной абляции селеновой мишени в воде и их биодоступность // *Квант. электрон.* 2012. Т. 42, № 11. С. 1042–1044.
 14. *Карпунин В.Т., Казарян М.А., Протасов М.В., Маликов М.М., Бородин Т.И., Вальяно Г.Е., Гололобова О.А.* Некоторые физические свойства наноструктур оксидов циркония и молибдена, полученных методом лазерной абляции металлов в воде // *Краткие сообщения по физике ФИАН.* 2017. № 6. С. 22–29.
 15. *Тригуб М.В., Платонов В.В., Федоров К.В., Евтушенко Г.С., Осипов В.В.* CuBr-лазер в задачах визуализации процессов получения наноматериалов // *Оптика атмосф. и океана.* 2016. Т. 29, № 3. С. 249–253. DOI: 10.15372/AOO20160312; *Trigub M.V., Platonov V.V., Fedorov K.V., Evtushenko G.S., Osipov V.V.* CuBr laser for nanopowder production visualization // *Atmos. Ocean. Opt.* 2016. V. 29, N 4. P. 376–380.
 16. *Тригуб М.В., Торгаев С.Н., Евтушенко Г.С., Троцкий В.О., Шиянов Д.В.* Бистатический лазерный монитор // *Письма в ЖТФ.* 2016. Т. 42, № 1. С. 51–56.
 17. *Евтушенко Г.С., Кашаев В.Ю., Паршина Н.В., Суханов В.Б., Татур В.В., Трифонов А.Н., Федоров В.Ф.* CuBr-лазер с транзисторным коммутатором // *Оптика атмосф. и океана.* 2000. Т. 13, № 3. С. 265–266.
 18. *Суханов В.Б., Татур В.В.* Эксплуатационные характеристики CuBr-лазера с транзисторным коммутатором // *Изв. Том. политехн. ун-та.* 2008. Т. 312, № 2. С. 108–110.
 19. *Евтушенко Г.С., Петраш Г.Г., Суханов В.Б., Федоров В.Ф.* CuBr-лазер с частотой повторения импульсов до 300 кГц // *Квант. электрон.* 1999. Т. 28, № 3. С. 220–222.
 20. *Musorov I.S., Torgaev S.N., Kulagin A.E., Evtushenko G.S.* 300 kHz metal vapor brightness amplifier // *Opt. Quant. Electron.* 2023. V. 55, N 1. P. 52. DOI: 10.1007/s11082-022-04178-6.
 21. *Импульсно-периодический лазер на парах химических элементов:* Пат. 2618477 С1. Россия, МПК H01S 3/227. Юдин Н.А., Юдин Н.Н.; ТГУ, НИ ТГУ; Заявл. 24.12.2015; Оpubл. 03.05.2017. Бюл. № 13.
 22. *Импульсно-периодические лазеры на парах химических элементов с управляемыми параметрами генерации:* Пат. 2237955 С2. Россия, МПК H01S 3/09. Юдин Н.А.; Институт физики полупроводников СО РАН; Заявл. 10.02.2004; Оpubл. 10.10.2004.
 23. *Способы возбуждения импульсных лазеров на самоограниченных переходах:* Пат. 2082263 С1. Россия, МПК H01S 3/097. Скрипниченко А.С., Солдатов А.Н., Юдин Н.А.; малое предприятие «Лазеры»; Заявл. 02.04.1992; Оpubл. 20.06.1997.
 24. *Юдин Н.А.* Физические процессы в активных средах лазеров на самоограниченных переходах в парах металлов и их взаимосвязь с параметрами разрядного контура: Автореф. дис. ... д. физ.-мат. наук. Томск: Том. гос. ун-т, 2009. 38 с.
 25. *Ghomi H., Latifi H.* Effect of an axial external magnetic field on the output power of a CuBr–Ne laser // *Japan. J. Appl. Phys.* 2004. V. 43, N 2. P. 824–824. DOI: 10.1117/12.518072.
 26. *Rahimi Ashtari F., Behrouzinia S., Sajad B., Zand M.* The effect of an axial external magnetic field on the output power of a small-bore CuBr laser // *Opt. Commun.* 2011. V. 284. P. 1318–1321. DOI: 10.1016/j.optcom.2010.10.090.
 27. *Behrouzinia S., Salehinia D., Khorasani K., Farahmandjou M.* The continuous control of output power of a CuBr laser by a pulsed external magnetic field // *Opt. Commun.* 2019. V. 436. P. 143–145. DOI: 10.1016/j.optcom.2018.12.016.
 28. *Гордон Е.Б., Егоров В.Г., Павленко В.С.* Возбуждение лазеров на парах металлов цугами импульсов // *Квант. электрон.* 1978. Т. 5, № 2. С. 452–454.
 29. *Тригуб М.В., Троцкий В.О.* CuBr-лазер большого объема с возможностью непрерывного управления энергией генерации // *Письма в журнал технической физики.* 2020. Т. 46, № 8. С. 40. DOI: 10.21883/PJTF.2020.08.49308.18095.
 30. *Kulagin A.E., Trigub M.V.* Kinetics of the CuBr vapor active medium under non-typical excitation conditions // *Appl. Phys. B.* 2023. V. 129, N 5. P. 67. DOI: 10.1007/s00340-023-08010-1.

N.V. Karasev, V.O. Troitskii, V.A. Dimaki, M.V. Trigub. System for metal vapor active medium excitation for non-typical lasing modes.

Expansion of the functional capabilities of lasers in general and metal vapor lasers in particular is a relevant problem. Its solution is associated with both the study of the kinetics of processes in laser media and the development of new excitation systems. In this work, a system for exciting metal vapor active medium is suggested. It consists of three pumping sources, a synchronization system, and software. High voltage pulses are generated by three independent inverters; thyratrons are used as switches. The main capabilities of the system and the prospects for its use for implementing non-typical lasing modes are considered.