

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ГОУ «ХГУ имени академика
Бободжона Гафурова».

профессор Усмонзода А. И.



12 20 23 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ГОУ «ХУДЖАНДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ АКАДЕМИКА БОБОДЖОНА ГАФУРОВА»

Диссертация Гафурова Халимджона на тему «Физические основы управления временных характеристик в непрерывно действующих лазерах с насыщающимся поглотителем внутри резонатора» выполнена на кафедре общей физики и твердых тел Государственного образовательного учреждения «Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова».

Гафуров Х. родился 21 мая 1957 года в джамоате Ёва Бободжон Гафуровского района Согдийской области Республики Таджикистан.

В 1979 году с отличием окончил физический факультет Таджикского государственного университета имени В.И. Ленина по специальности «физика». С 15.11.1979 г. по 15.11.1982 г. проходил очную аспирантуру на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

13 ноября 1985 года на Специализированном Совете №1 отделения радиофизики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова К 053.05.21, под руководством кандидата физико-математических наук Д.П. Криндач, защитил кандидатскую диссертацию.

Ныне работает на должности доцента кафедры общей физики и твердых тел ГОУ «Худжандского государственного университета имени академика Бободжона Гафурова

Научный консультант:

Тошходжаев Хаким Азимович - доктор физико-математических наук, профессор, зав.каф. электроники, ГОУ «Худжандского государственного университета имени академика Бободжона Гафурова».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Гафурова Х. «Физические основы управления временных характеристик в непрерывно действующих лазерах с насыщающимся поглотителем внутри резонатора», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированных состояний, удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (Приложение 2 к постановлению Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года, №267 и постановлению Правительства Республики Таджикистан от 26 июня 2023 года, №295) и является законченным научным исследованием.

Объектом диссертационного исследования являются: Временные и энергетические характеристики режима синхронизации продольных мод в непрерывных лазерах на примере ионного аргонового и лазера на красителе Родамина 6Ж.

Предметом исследования являются: Физические основы формирования сверхкоротких световых импульсов в непрерывных лазерах при пассивной и комбинированной синхронизации продольных мод.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы являлось исследование физических основ для создания высокой эффективности режима генерации световых импульсов при использовании насыщающегося поглотителя.

Научно-информационная база исследования. В основе научных разработок применены теоретические модели пассивной и активной синхронизации мод в непрерывных лазерах, процессов взаимодействия световых импульсов с насыщающей усиливающей и поглощающей средой, в условиях медленного восстановления усиления и поглощения, интерференция гармонических колебаний и формирование волнового пакета на основе стоячих волн в резонаторе лазера.

Научная новизна. Полученные в диссертационной работе результаты являются новыми и открывают новое направление в проектировании и создании лазеров работающих в режиме генерации сверхкоротких электромагнитных импульсов.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Установлено, что для непрерывных лазеров с насыщающимся поглотителем, кроме условия порога генерации, существуют условия нижней и верхней границы области существования синхронизации продольных мод.

2. В результате экспериментальных исследований показана возможность улучшения временных и энергетических характеристик и стабильности излучения непрерывного Ar^+ лазера с пассивной синхронизацией мод за счет разницы в условиях насыщения усиления и поглощения, достигаемой выбором геометрии резонатора и местоположением активных элементов.

3. Разработана конструкция газоразрядного поглотителя для пассивной синхронизации мод Ar^+ лазера, исходя из экспериментальных исследований радиальной зависимости величины ненасыщенного поглощения в трубках с различными диаметрами разрядного канала.

4. Экспериментально показано существование критерия выбора оптимального насыщающегося поглотителя по спектральным характеристикам для синхронизации мод конкретно выбранного лазера. Выбранный таким образом краситель малахитовый зеленый, для комбинированной синхронизации мод лазера на красителе Rh6G , позволил вдвое уменьшить длительность генерируемых световых импульсов (до $0,7 \pm 0,2$ пс).

5. Установлено, что не критичность точного согласования длин резонаторов лазера на красителе и лазера накачки в режиме

комбинированной синхронизации мод, приводит к повышению стабильности характеристик излучения лазера на красителе при таком режиме работы.

6. Проведенные численные расчеты режима комбинированной синхронизации мод лазера на красителе с насыщающимся поглотителем с учетом разницы энергий насыщения усиливающей и поглощающей среды полностью экспериментальные результаты по комбинированной синхронизации мод родамина 6Ж с помощью красителя малахитового зеленого.

7. Показан однозначная корреляция временных, спектральных и стабильности режима генерации лазера с синхронизацией мод в случае формирования импульсов сателлит.

8. Предложен способ формирования световых импульсов, как носителя информации, за счет насыщающихся поглотителей внутри резонатора лазера с синхронизацией мод, обладающий уникальным свойством, занимать меньше интервал времени при большем объеме размещенной информации в каждом световом импульсе.

9. Численными расчетами установлена возможность повышения энергетической эффективности воздействия светового импульса сложной временной структуры, которые, как правило, формируются в области высоких энергетических показателей лазеров с синхронизованными модами.

Оценка выполненной соискателем работы: Выводы диссертационной работы и опубликованные научные статьи по теме диссертации свидетельствуют о соответствии научной квалификации Гафурова Х. на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированных состояний.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных докторантом. По результатам исследований опубликовано 36 научных работ, из них 18 в журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях:

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

[1-А] Гафуров Х. Исследование временных и энергетических характеристик непрерывного лазера при пассивной синхронизации продольных мод // Учёные записки ХГУ им Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2023. № 3 (66). С. 10-15.

[2-А] Гафуров Х. Применение дифракционных решеток для размещения много битной информации в световых импульсах лазера с синхронизованными модами // Политехнический вестник. Таджикского политехнического университета имени академика М.С.Осими, серия: интеллект, инновации, инвестиции. // 2023. №1 (61). С. 22-26.

[3-А] Гафуров Х. Синхронизация нескольких групп продольных мод непрерывных лазеров // Учёные записки ХГУ им Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2022. № 3 (62). С. 50 - 55.

[4-А] Гафуров Х. Исследование границ существования синхронизации продольных мод лазера с нелинейным поглотителем в резонаторе // Политехнический вестник. Таджикского политехнического университета имени академика М.С.Осими, серия: интеллект, инновации, инвестиции. // 2022. №3 (59). С.19-23.

[5-А] Гафуров Х.Г., Тошходжаев Х.А. Механизм высокой стабильности временной структуры лазера с синхронизацией мод // Известия Академии наук Республики Таджикистан отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2020. №1 (178) 57-64.

[6-А] Гафуров Х.Г., Сархадов И., Тошходжаев Х.А., Хомидов М. Моделирование воздействия лазерного импульса сложной временной структуры на тепловые процессы в твердых телах // Политехнический вестник. Таджикского политехнического университета имени академика М.С.Осими, серия: интеллект, инновации, инвестиции. // 2019. №2 (46). С.41-46.

[7-А] Гафуров Х.Г., Тошходжаев Х.А., Рахматов М.Н. К волновой теории пассивной синхронизации мод непрерывных лазеров // Учёные записки ХГУ им Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2019. № 3 (50). С. 33 - 38.

[8-А] Гафуров Х.Г., Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф. Способ формирования многобитной информации в лазерах с пассивной синхронизацией мод // Известия Академии наук Республики Таджикистан отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2019. №3 (176), С. 32-37.

[9-А] Гафуров Х.Г., Тошходжаев Х.А. Самостабилизация режима генерации аргонового лазера с нелинейным поглотителем внутри резонатора // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2019, №4, 100 – 107.

[10-А] Гафуров Х.Г., Тошходжаев Х.А., Рахматов М.Н. Спектральный анализ излучения периодических импульсов сателлит // Учёные записки ХГУ им Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2018. №3 (46). С.12-17.

[11-А] Гафуров Х.Г., Тошходжаев Х.А., Рахматов М.Н. Анализ спектральной полосы отдельных импульсов // Политехнический вестник. Таджикского политехнического университета имени академика М.С.Осими, серия: интеллект, инновации, инвестиции. // 2018. №3 (43). С.36-38.

[12-А] Гафуров Х.Г., Тошходжаев Х.А., Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф. Применение синхронизации продольных мод лазеров для формирования многобитной информации // Учёные записки ХГУ им Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2017. №1(40). С.93-102.

[13-А] Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Гафуров Х.Г., Рахматов М.Н. Возможности применения волоконного лазера для обработки цифровой информации // Учёные записки ХГУ им Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2017. №4 (43). С.3-9.

[14-А] Гафуров Х.Г., Криндач Д. П. Гистерезисные эффекты в Ar⁺ лазера нелинейным поглотителем в резонаторе. Квантовая электроника. // 1985. Т.12. № 3. С.625-627.

[15-А] Гафуров Х.Г., Криндач Д. П., Нехаенко В.А., Яковлев А.Г. Повышение стабильности генерации непрерывного лазера на красителе с синхронным возбуждением при введении нелинейного поглотителя. Квантовая электроника. // 1985. Т.12. № 6. С.1279-1282.

[16-А] Гафуров Х.Г., Криндач Д. П., Яковлев А.Г. Стационарная пассивная синхронизация мод Ar⁺ лазера. Квантовая электроника. // 1985. Т.12. № 7. С.1503-1510.

[17-А] Гафуров Х.Г., Криндач Д. П., Назаров Б. И., Романюк А.К. Газоразрядный поглотитель для пассивной синхронизации мод Ar⁺ лазера. Докл. АН Тадж. ССР. // 1984. Т.27. № 11. С.648-651.

[18-А] Гафуров Х.Г., Криндач Д. П., Назаров Б. И., Новодережкин В. И. Энергетические характеристики излучения Ar⁺ лазера в режиме пассивной синхронизации мод. Журнал технической физики. // 1983. Т.53. № 8. С.1536-1540.

Статьи в книгах и сборниках:

[19-А] Криндач Д.П., Назаров Б.И., Гафуров Х. Фемтотехнология световых импульсов Душанбе, Ирфон, 2016. -156 С.

Статьи в материалах конференций и симпозиумах:

[20-А] Гафуров Х. Физические основы формирования импульсов сателлит при пассивной синхронизации продольных мод непрерывного лазера. *Fergana state university conference, [S. l.]*, p. 07, 2023. Disponível em: <https://conf.fdu.uz/index.php/conf/article/view/2308> . Acesso em: 2 dec. 2023

[21-А] Гафуров Х. Эффективный метод контроля синхронизации продольных мод непрерывного лазера. Материалы Республиканской научно-практической конференции с участием зарубежных учёных «Проблемы и перспективы оптики и лазерной физики» Посвященная 80-летию образования Академии наук Республики Узбекистан, 26 октября 2023 года, г. Ташкент. 2023. С.56-57.

[22-А] Гафуров Х. – Применение основного закона оптики для уплотнения информации. // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы физики конденсированных состояний», Посвященной 75-летию со дня основания Таджикского национального университета, Международному году защиты ледников и 80-летию со дня рождения доктора физико – математических наук, профессора Туйчиева Шарофидина (24-25 октября 2023 г.) г. Душанбе. 2023 . С.86-90.

[23-А] Гафуров Х. - Исследование области существования пассивной синхронизации мод. Маводи конференсияи ҷумхуриявии илмӣ-амалии «Саҳми олимони фанҳои дақиқ дар рушди саноатикунонии кишвар» бахшида ба “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф ” ва 85-солагии ʼʼзо-корреспонденти Академияи муҳандисони Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Руссия, профессор Рабечонов Набиҷон ва профессор Латипов Чалол Латипович. Хучанд, (18-уми октябри соли 2023) . С.106-109 .

[24-А] Гафуров Х. - Требование режима синхронизации мод непрерывных лазеров. Маводи конференсияи ҷумхуриявии илмӣ-амалии «Саҳми

олимони фанҳои дақиқ дар рушди саноатикунонии кишвар» бахшида ба «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» ва 85-солагии аъзо-корреспонденти Академияи муҳандисони Ҷумҳурии Тоҷикистон ва Руссия, профессор Рабечонов Набҷон ва профессор Латипов Ҷалол Латипович. Хучанд, (18-уми октябри соли 2023). С.58-59.

[25-А] Гафуров Ҳ. Воҳиди нави ҳаҷми иттилоот ва равандҳои мавҷӣ. // Маводи конференсияи ҷумҳуриявии илмӣ – амалӣ бахшида ба солҳои 2020-2040 «Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф» ва солҳои 2022-2026 «Солҳои рушди саноат» "Рисолати илми физика дар инкишофи техника ва технологияи муосир" 16-17-уми март соли 2023. ш.Хучанд, 2023 года. С. 100-108.

[26-А] Гафуров Х. - К вопросу выбора режима синхронизации мод в лазерах на квантовых точках. // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Развитие и достижения физической науки в годы независимости», посвященной 32-летию Государственной независимости Республики Таджикистан (25-26 августа 2023 г.). Душанбе: изд-во «Дониш», 2023 С. 113-118.

[27-А] Амирханов И. В., Сархадов И., Тухлиев З. К., Гафуров Х. «Численное моделирование лазерной абляции материалов в образцах конечной толщины» Материалы Всероссийской конференции с международным участием «ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ» Москва, РУДН, 18–22 апреля 2022 г.

[28-А] И.В. Амирханов, И. Сархадов, З.К. Тухлиев, Х. Гафуров. «Численное исследование влияния конечной толщины образца на лазерной абляции материалов» Тезисы докладов 51-й международной Тулиновской конференции по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами (Москва 24 мая – 26 мая 2022), стр.42-43

[29-А] Khalimdjon Gafurov - Using mode-locked laser for shaping many bit information.// Academia Letters, Article 2321. <https://doi.org/10.20935/AL2321>.

[30-А] Гафуров Х. - Критерии существования стационарного режима пассивной синхронизации мод с насыщающимся усилением. // Материалы Республиканской научно-практической конференции посвященной "Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования" на тему "Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физика" г.Душанбе, 19 февраля 2020 года. С. 43-45.

[31-А] Гафуров Х. - Сокращение длительности импульсов за счёт разницы в условиях насыщения. // Материалы Республиканской научно-практической конференции посвященной "Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования" на тему "Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физика" г.Душанбе, 19 февраля 2020 года. С. 27-29.

[32-А] Гафуров Х. - Расчет области существования пассивной синхронизации мод при протяженных активных и пассивных средах. // Материалы Республиканской научно-практической конференции посвященной "Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в сфере науки и образования" на тему "Современные проблемы физики конденсированного состояния и ядерной физика" г. Душанбе, 19 февраля 2020 года. стр. 160-163.

[33-А] Н. Ghafurov - Using mode-locked laser for shaping many bit information // Poster presentation ID: JW2A.39. Joint Poster Session Wednesday. October 2, 2019 from 10:00 AM to 11:30 AM. OSA Laser Congress and Exhibition. Austria Center Vienna, Vienna, Austria.

[34-А] Н. Ghafurov, I. Sarchadov - Laser ablation in solid states with pulse of complex structure // Poster presentation ID: JW2A.41. Joint Poster Session Wednesday. October 2, 2019 from 10:00 AM to 11:30 AM. OSA Laser Congress and Exhibition. Austria Center Vienna, Vienna, Austria.

[35-А] Х. Гафуров, Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Рахматов М.Н. - Об одном способе формирования многобитной информации в лазерах с пассивной синхронизацией мод // Материалы международной конференции "Актуальные проблемы современной физики" посвященной 80 - летию памяти Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, доктора физико-математических наук, профессора Нарзиева Бозора Нарзиевича, 18 апреля 2018 года, стр. 283-285.

[36-А] Х. Гафуров - Спектральный анализ периодических импульсов сложной структуры // Материалы международной конференции "Актуальные проблемы современной физики" посвященной 80 - летию памяти Заслуженного деятеля науки и техники Таджикистана, доктора физико-математических наук, профессора Нарзиева Бозора Нарзиевича, 18 апреля 2018 года, стр. 203-208.

Тема диссертационного исследования соответствует Паспорту номенклатуры специальностей ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 01.04.07 – физика конденсированных состояний.

Выводы: Диссертационная работа Гафурова Х. оформлена в соответствии с требованиями ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Выводы диссертационной работы и опубликованные научные статьи по теме диссертации свидетельствуют о соответствии научной квалификации Гафурова Х. на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированных состояний.

Диссертация Гафурова Халимджона на тему «Физические основы управления временных характеристик в непрерывно действующих лазерах с насыщающимся поглотителем внутри резонатора» рекомендуется к защите, на диссертационном Совете 6D.KOA-056 при Таджикском Национальном университете, на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированных состояний.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры общей физики и твердых тел ГОУ «Худжандского государственного университета имени академика Бободжона Гафурова».

На заседании присутствовали 21 чел., в том числе 3 доктора наук. Результаты голосования: «за» - 21 чел., «против» - нет, «воздержались» - нет

Протокол № 2/1 от «16» 10. 2023 г.

Председатель заседания,
к.ф.м.н., зав. кафедрой общей физики
и твердых тел



Умаров Н. Н.

Секретарь заседания, к.ф.м.н., доцент
кафедры общей физики
и твердых тел



Назаров Р. Р.

Подписи, к.ф.м.н., Н. Н. Умарова и Р. Р. Назаров заверяю
Начальник отдела кадров
и специальных работ



Наврузов Э. М.