

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

экспертной комиссии Диссертационного совета 6D.КОА-056 при ТНУ по диссертационной работе Муроди Халимджон Гафурзода на тему «Физические основы управления временных характеристик в непрерывно действующих лазерах с насыщающимся поглотителем внутри резонатора», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности: 01.04.07- физика конденсированного состояния

Актуальность темы. Исследование физических основ формирования сверхкоротких импульсов электромагнитной волны направлено на создание уникальных источников энергии в пределах времени порядка пико и аттосекунд используемых для фундаментальных научных и практических задач. Целью данного исследования было создание высокой эффективности режима генерации световых импульсов при использовании насыщающегося поглотителя.

Следует отметить, что основным критерием достижения предельно коротких световых импульсов является обеспечение высокой энергетической стабильности генерации лазера, который достигается, главным образом, процессами насыщения и прежде всего насыщающегося поглотителя.

С другой стороны расширение направлений практического применения сверхкоротких импульсов, прежде всего, в сферах обработки информации и телекоммуникации, требует создание лазеров в новых диапазонах длин волн, где нужны новые поглощающие элементы, в том числе на основе квантовых точек.

Диссертационная работа выполнена в рамках реализации перспективных планов научно-исследовательских работ кафедры общей физики и твердого тела ГОУ «Худжандский государственный университет имени академика Бободжона Гафурова».

Тема диссертационной работы соответствует Перечню приоритетных направлений научных и научно-технических исследований, выполняемых в Республике Таджикистан (Согласно Постановлению Правительства РТ №765 от 04.12.2014 г.) и на период с 2021 по 2025 гг. (Согласно Постановлению Правительства РТ №503 от 20.09. 2020 г.).

Для достижения поставленной цели автором были решены следующие задачи:

- исследованы области существования режима синхронизации продольных мод непрерывного аргонового лазера с насыщающимся поглотителем внутри резонатора за счет выбора величин линейных потерь, поглощения и усиления;
- определены закономерности влияния местоположения и геометрических сечений пучков лазерного излучения в усиливающей и поглощающей среде на стабильность, временные и энергетические характеристики излучения аргонового лазера;
- установлен критерий выбора насыщающегося поглотителя по оптическому сечению перехода на длине волны генерации лазера на красителе Rh6G;
- определена корреляция между временными и спектральными характеристиками для достижения высокой стабильности режима пассивной синхронизации продольных мод;
- установлена природа сложной временной структуры излучения лазера в режиме пассивной синхронизации продольных мод и характер их влияния при практическом применении.

Научная новизна исследования. Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов состоит в следующем:

1. Экспериментально получена зависимость временных и энергетических характеристик и стабильности излучения лазера, работающего в режиме стационарной пассивной синхронизации мод от разницы в условиях насыщения усиливающих и поглощающих сред, определяемой как параметр S равной отношению энергии насыщения усилителя к энергии насыщения поглотителя. Параметр S , это безразмерная величина, определяющий, в какой степени быстрее происходит насыщение поглотителя по сравнению с усилителем в пределах формируемых импульсов.

2. Обнаружено существование порога режима пассивной синхронизации мод по параметру S и условие $S > S_{\min}$ сформулировано как критерий выбора насыщающегося поглотителя по спектральным характеристикам для заданной усиливающей среды лазера ($\sigma_p / \sigma_u > 1$) при комбинированной синхронизации мод.

3. Экспериментально показана возможность существования коротких световых импульсов излучения лазера на красителе в режиме комбинированной синхронизации мод в области отрицательных расстройек длин резонаторов лазера на красителе и лазера накачки.

4. Установлена однозначная зависимость спектральных и временных характеристик сложной временной структуры излучения лазера в режиме

синхронизации нескольких групп продольных мод.

5. Проведен численный расчет влияния импульсов сложной структуры при абляции, где имеет место дополнительное смещение нижней границы за счет действия второго импульса.

Положения, выносимые на защиту.

1. Для пассивной синхронизации мод, в случае когда длительность импульса - τ много меньше времен релаксации поглощения - T_p и усиления - T_u , важнейшим параметром является предельная плотность энергии излучения в поглотителе - $\varepsilon_n^{пр}$ и усилителе - $\varepsilon_v^{пр}$. Установлено, что величины $\varepsilon_n^{пр}$ и $\varepsilon_v^{пр}$ находятся в функциональной зависимости от разницы в условиях насыщения усиления и поглощения, выражаемой параметром S , от величин ненасыщенного поглощения - K_0 , ненасыщенного усиления - G_0 , времен релаксации усиливающих и поглощающих сред.

2. Установлено существование порога режима пассивной синхронизации мод по параметру S , который должен быть больше S_{min} , и критерий выбора насыщающегося поглотителя по спектральным характеристикам ($\sigma_p / \sigma_u > 1$) или оптимизацией геометрии резонатора $\alpha \frac{\sigma_p}{\sigma_u} \geq 1$ для лазеров, работающих в режиме пассивной и комбинированной синхронизации мод.

Для случая Ar^+ лазера с пассивной синхронизацией мод с помощью газоразрядного поглотителя показано существование оптимального значения параметра $S > S_{opt}$.

3. При комбинированной синхронизации мод непрерывного лазера на красителе использование насыщающегося поглотителя, для которого выполнено условие $\frac{\sigma_p}{\sigma_u} > 1$, приводит к дополнительному укорочению длительности генерируемых световых импульсов, повышению стабильности режима генерации лазера и возможности генерации световых импульсов минимальной длительности в области отрицательных расстроек длин резонаторов лазера на красителе и лазера накачки.

4. При условии генерации насыщающегося поглотителя повышается стабильность и энергетические характеристики лазера с синхронизацией продольных мод, которую можно использовать для уплотнения информации в виде светового импульса, длительность которого обратно пропорционально количеству синхронизованных продольных мод лазера.

5. Сложная временная структура световых импульсов сателлит

формируемых в области высоких энергетических характеристик излучения лазера с синхронизацией мод позволяет повысить эффективность воздействия при абляции твердых тел.

Теоретическая значимость исследования заключается в совершенствовании математических моделей непрерывных лазеров в режиме генерации сверхкоротких световых импульсов с целью повышения эффективности процессов насыщения в достижении предельных энергетических и временных параметров.

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

2. Впервые обоснована возможность одновременной синхронизации нескольких групп продольных мод.

3. 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.

4. 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, для процесса абляции.

Практическая значимость исследования состоит из полученных автором новых научных результатов содержащие конструктивные предложения по разработке и созданию новых источников сверхкоротких электромагнитных импульсов, повышения эффективности процесса лазерной абляции, а также способов уплотнения информации.

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. Впервые установлено наличие гистерезиса вблизи порога генерации лазера с насыщающимся поглотителем внутри резонатора, а также вблизи верхней границы области существования режима синхронизации продольных мод, указывающего на высокую стабильность режима генерации лазера.

3. В результате экспериментальных исследований показана воз-

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.

4. 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.

5. Экспериментально подтверждено 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).

6. 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.

7. Численные расчеты, по теоретической модели лазера на красителе при активной синхронизации мод с добавлением насыщающегося поглотителя, с учетом разницы в условиях насыщения, качественно полностью подтвердили экспериментальные результаты по комбинированной синхронизации мод родамина 6Ж с помощью красителя малахитового зеленого.

Следует отметить, что:

- личный вклад диссертанта состоит в выборе объектов и методов исследования, обработки и анализе полученных результатов. Результаты работы были опубликованы непосредственно диссертантом в виде статей и материалов конференций;

- тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, относится к смежной части этой специальности – Квантовая электроника и полностью соответствует формуле специальности и пункту «Разработка и исследования характеристик приборов и устройств (мазеров, лазеров, преобразователей излучения и т. п.)

позволяющих усиливать, генерировать и преобразовать излучение, управлять его характеристиками»;

- автореферат полностью отражает содержание диссертации;
- материалы диссертационной работы были представлены и обсуждены на конференциях и симпозиумах международного, республиканского и вузовского уровня;
- диссертационный материал отражен в 37 опубликованных работах, из них 1 монография и 19 статей в журналах из перечня рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 16 тезисов и докладов в материалах международных и республиканских научных конференций;
- достоверность результатов диссертационного исследования не вызывает сомнений, имеются полные доказательства сформулированных утверждений и выводов;
- ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов в диссертации имеются.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, общей характеристики исследований, шести глав, обсуждения полученных результатов, выводов и списка литературы (318 наименования работ). В диссертации применена сквозная нумерация формул и рисунков. Они имеют двойную нумерацию, в которой первая цифра совпадает с номером главы, а вторая указывает на порядковый номер рисунка или формулы в данной главе. Общий объем диссертации составляет 270 страниц компьютерного набора, содержащий 75 рисунка и 4 таблиц.

Диссертация соответствует требованиям пунктов 31, 33 и 34 Порядка присуждения учёных степеней и учёных званий (доцента и профессора), утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267. В ней освещены вопросы, важные для науки физики конденсированного состояния и квантовой электроники в Таджикистане.

Диссертация написана автором самостоятельно и имеет внутреннее единство. Результаты и новые научные положения, представленные на защиту, представляют собой личный вклад автора диссертации. Тема и содержание исследования соответствует паспорту специальности 01.04.07-Физика конденсированного состояния, согласно которому Диссертационному совету по приказу ВАК при Президенте Республики

Таджикистан от 05 июля, 2024 года по № 219/шд представлено право приема диссертаций на защиту.

На основании пунктов 61 и 62 Типового положения о Диссертационном совете, утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267, комиссия предлагает:

При этом исследование соответствует требованиям Реестра специальностей, по которым присуждаются ученые степени в Республике Таджикистан, утвержденного решением Коллегии ВАК при Президенте Республики Таджикистан от 30 июля 2021 года под №267.

В диссертационной работе Муроди Халимджон Гафурзода использование материала без ссылки на автора или источник не допускается, все использованные источники оформлены ссылкой на автора или источника посредством цитирования, что является свидетельством соблюдения пунктов 31, 32 и 34 Порядка присуждения учёных степеней и учёных званий (доцента и профессора). Принимая во внимание важность и новизну исследования, теоретическую и практическую значимость диссертации, комиссия пришла к выводу, что диссертация Муроди Халимджона Гафурзода **«Физические основы управления временных характеристик в непрерывно действующих лазерах с насыщающимся поглотителем внутри резонатора»**, -Душанбе. – 2024. – 270 с. является полным и законченным исследованием и соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Автореферат диссертации, статьи и тезисы докладов, опубликованные соискателем ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07-физика конденсированных сред соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

На основании пунктов 61 и 62 Типового положения о Диссертационном совете, утвержденного Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267, комиссия предлагает:

1. Докторскую диссертацию Муроди Халимджона Гафурзода на тему **«Физические основы управления временных характеристик в непрерывно действующих лазерах с насыщающимся поглотителем внутри резонатора»**, представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07-физика конденсированного состояния принять к защите на Диссертационном совете 6D.KOA-056 при Таджикском национальном университете.

2. **Официальными оппонентами** по диссертации назначит:

- Солихзода Давлат Куввата - д.ф.-м.н., профессора кафедры теоретической физики физического факультета ТНУ.

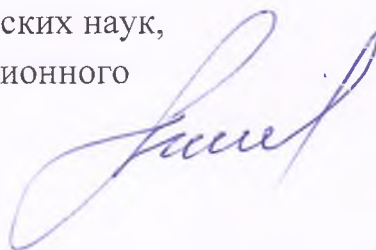
- Мышкина Вячеслава Фёдоровича - д.ф.-м.н., профессора отделения топливного цикла Томского политехнического института (Российская Федерация).

- Расулова Рустам Явкачовича - д.ф.-м.н., профессора кафедры физики физико-математического факультета Ферганского государственного университета (Республика Узбекистан).

3. В качестве ведущей организации назначить **Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А. Арифова Академии наук Республики Узбекистан.**

4. Опубликовать объявление о дальнейшей защите и размещение автореферата диссертации на сайте Учреждения и ВАК при Президенте Республики Таджикистан, одновременно дать разрешение на опубликование автореферата диссертации с правами на рукопись.

Председатель экспертной комиссии:
доктор физико-математических наук,
профессор, член диссертационного
совета



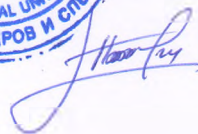
Махсуд Б.И.

Члены комиссии:
доктор физико-математических наук,
профессор, член диссертационного
совета



Джураев Х.Ш.

доктор физико-математических наук,
профессор, член диссертационного
совета



Акдодов Д.М.

04.12.2024