

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Елизаветы Андреевны Яруновой
«СТАБИЛИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ШИРОКОАПЕРТУРНЫХ ЛАЗЕРОВ С
ПОМОЩЬЮ ВНЕШНЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ ИНЖЕКЦИИ»,
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.3.6. – «Оптика»

Исследование эффекта стабилизации поля лазерного излучения является важным для широкого круга задач. В метрологии пространственная однородность и временная стабильность излучения играют ключевую роль при калибровке квантовых измерительных устройств, таких как оптические магнитометры или стандарты частоты на основе газовых ячеек. Пар щелочного металла является чувствительным элементом таких устройств, он накачивается и сканируется VCSEL лазерами, о которых идёт речь в диссертационной работе, поэтому автор отзыва, имея опыт работы в теории оптической накачки щелочных атомов, с большим интересом изучил проблемы пространственной неустойчивости лазерного поля и методы их решения, приведённые в автореферате.

В автореферате следует обратить внимание на то, что в основе теории лежат нелинейные эффекты взаимодействия излучения с веществом. Их трудно анализировать ввиду непредсказуемого результата моделирования и возможности возникновения динамического хаоса. Это не отражено непосредственно в автореферате, но применяемые соискателем методы решения нелинейных систем, которые привели к новым результатам, заслуживают подробного рассмотрения на предмет их использования в инженерных задачах.

Автореферат содержит необходимые формальные части (цель, задачи, новизна, актуальность), большое количество ссылок на другие современные работы, которые позволяют быстро определить узкую область исследований и вклад диссертационной работы в решение проблемы стабилизации поля широкоапертурных лазеров. Положения, вынесенные на защиту, сформулированы чётко и соответствуют заявленной цели работы.

В автореферате приведена структура диссертации.

Первая глава является вводной, в ней описан формализм уравнений Максвелла-Блоха, который применяется при решении подобных задач, также сделан краткий обзор предыдущих работ и последних достижений в исследуемой области. Сформулирована проблема возникновения неустойчивости пространственного распределения поля широкоапертурного лазера, обусловленная с точки зрения математического описания бифуркациями нелинейной динамической системы. Автореферат содержит общую систему нелинейных уравнений для амплитуды генерируемого поля, поляризации среды и инверсии населённости ансамбля активных атомов, а также её редуцированную версию без поляризации, более эффективную для описания генерации поля в полупроводниковых лазерах типа VCSEL.

Вторая глава посвящена исследованию механизма подавления неустойчивой динамики поля с помощью инъекции нерезонансного поля по отношению к генерируемому излучению. Результаты получены с помощью численного решения нелинейной системы (1), в которой варьировались амплитуда и частота отстройки инжектируемого поля. Приведены рисунки, на которых продемонстрирован эффект исчезновения бифуркаций при преодолении порога амплитуды инжектируемого поля, причём этот порог зависит от отстройки по линейному закону. Интерес представляет исследование влияния временной

модуляции тока накачки на область устойчивости. На рисунке 3 приведены три зависимости границы устойчивости решения системы (1) на диаграмме амплитуда-отстройка инжектируемого поля при разной глубине модуляции. В автореферате показано, что неустойчивость из-за нестабильности накачки можно подавить внешним нерезонансным полем.

В третьей главе проведено исследование пространственной и временной неустойчивости генерируемого излучения в присутствии инжектируемого поля. В отличие от второй главы, здесь строится математическая модель на основе системы уравнений (2), в которой присутствует фактор Генри, характерный для полупроводниковых лазеров. С помощью численного моделирования в автореферате продемонстрировано, что существует механизм подавления бифуркаций поля с помощью вывода системы в область устойчивости при вариации стационарного поля генерации, а не инжектируемого поля. Также в третьей главе диссертации приведены расчёты пространственного распределения стабилизированного поля при неоднородном токе накачки в поперечном сечении области генерации VCSEL. Интерес вызывает формирование паттернов в диаграмме интенсивности (рисунки 4в и 4г), которые меняются при увеличении или уменьшении сечения инжектируемого поля по сравнению с шириной гауссового распределения тока накачки в активной области лазера.

Четвёртая глава диссертации является продолжением исследований, проведённых в третьей главе, однако в ней фокус внимания сосредоточен на влиянии фактора Генри на временную динамику поля лазера, сделан подробный анализ решения нелинейной системы (2). Результаты четвёртой главы носят скорее фундаментальный характер, например предсказано формирование различных стационарных оптических структур в зависимости от знака фактора Генри.

В конце содержатся основные выводы, краткий список используемой литературы, а также работы, опубликованные в соавторстве с соискателем. Следует обратить внимание на высокий рейтинг журналов, в которых опубликованы результаты работ, полученных при непосредственном участии соискателя.

После прочтения автореферата, хочется сделать два пожелания: первое, чтобы во время записей нелинейной системы уравнений в частных производных были явно приведены граничные условия или хотя бы правила их постановки, без оных было довольно сложно интерпретировать результаты моделирования пространственного распределения поля, так как оно в значительной мере должно определяться именно граничными условиями; и второе, чтобы в тексте автореферата был упомянут численный метод, который использовался при решении нелинейных систем (1) и (2), очевидно, что во время решения могли возникать проблемы с точностью расчёта и их преодоление также вызывает интерес для проведения похожих теоретических исследований. В целом автореферат написан методически очень грамотно, позволяет быстро понять результаты работы и оценить степень высокой научной значимости проведённых исследований.

В дополнение хотелось бы сказать, что автор отзыва неоднократно слышал доклады Елизаветы Андреевны на конференциях и рекомендует соискателя как увлечённого и квалифицированного специалиста в оптике, который умеет вести научную дискуссию на профессиональном, а не любительском уровне.

Таким образом, диссертационная работа безусловно вносит вклад в развитие теории генерации излучения, который полезен при проведении как прикладных, так и фундаментальных работ. Считаю, что диссертация Е. А. Яруновой соответствует

требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК (утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842) к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Ярунова Елизавета Андреевна заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – «Оптика».

научный сотрудник лаборатории квантовых процессов и измерений
доцент научно-образовательного центра математики
к.ф.-м.н. Попов Е. Н.
университет ИТМО

28.11.2024

Е.Н. Попов

enp-tion@yandex.ru

+7 921 6 11 11 11

Подпись Попова
удостоверяю
Менеджер ОПС

Шушрахова А.С.

