

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по научной работе
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института общей физики
имени А.М. Прохорова Российской академии
наук (ИОФ РАН)

д.ф.-м.н., профессор Михалевич В.Г.



17 » февраля 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Дудецкого Вадима Юрьевича
**«Параметрические процессы в твердотельном кольцевом лазере
с несимметричной связью встречных волн»**, представленную на
соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.05 - оптика).

Диссертация В.Ю. Дудецкого посвящена теоретическому исследованию синхронизации автомодуляционных колебаний лазерного излучения, анализу влияния шума на процесс синхронизации и изучению оптической бистабильности в монолитных твердотельных кольцевых лазерах (кольцевых чип-лазерах).

В работе найдены новые режимы синхронизации автомодуляционных колебаний внешним периодическим сигналом, впервые исследованы особенности синхронизации автомодуляционных колебаний излучения в условиях параметрического резонанса между автомодуляционными и релаксационными колебаниями. Найдены области параметров кольцевых чип-лазеров, в которых существуют две ветви бистабильных режимов синхронизации автомодуляционных колебаний. Изучены процессы синхронизации и десинхронизации автомодуляционных колебаний при одновременном воздействии на кольцевой чип-лазер шумовой и периодической модуляции излучения накачки. Исследовано влияние несимметричной связи волн и амплитудной невзаимности кольцевого резонатора на оптическую бистабильность в автономном кольцевом чип-лазере.

Актуальность проведенных исследований обусловлена широкими возможностями применения твердотельных кольцевых лазеров в качестве источников высокостабильного излучения в практических и научных приложениях: в метрологии, гироскопии, квантовой и нелинейной оптике.

Изучение динамики генерации твердотельных кольцевых лазеров, синхронизации автомодуляционных колебаний лазерного излучения внешним периодическим сигналом и стохастических процессов при наличии оптической бистабильности имеет фундаментальное значение, так как исследуемые процессы играют важную роль в нелинейной динамике систем различной природы.

Научная новизна результатов, полученных в диссертации, заключается в следующем:

Впервые изучены новые режимы синхронизации автомодуляционных колебаний в кольцевом чип-лазере: квазипериодический режим синхронизации и режим синхронизации с удвоенным периодом автомодуляции излучения. Найдены две бистабильные ветви синхронизации автомодуляционных колебаний.

Обнаружен новый эффект, возникающий при синхронизации автомодуляционных колебаний порядка $1/2$ под действием периодического сигнала и шума: установлено, что при малых интенсивностях шума шумовая модуляция накачки способствует синхронизации автомодуляционных колебаний периодическим сигналом.

Исследована оптическая бистабильность, возникающая в автономном кольцевом чип-лазере в области параметрического резонанса между автомодуляционными и релаксационными колебаниями излучения: впервые исследованы две ветви бистабильных автомодуляционных режимов генерации.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации составляет 106 страниц машинописного текста, включая 19 рисунков. Список цитированной литературы состоит из 90 наименований.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, научная новизна, значимость работы и сформулированы цели исследования.

Первая глава диссертации представляет собой краткий литературный обзор. В обзоре рассмотрены стационарные и автомодуляционные режимы генерации автономного твердотельного кольцевого лазера (ТКЛ), релаксационные колебания излучения ТКЛ. Описано влияние параметрического взаимодействия между автомодуляционными и релаксационными колебаниями излучения на динамику генерации ТКЛ. Описаны способы управления режимами генерации автономного ТКЛ.

Вторая глава диссертации посвящена теоретическому исследованию синхронизации автомодуляционных колебаний излучения ТКЛ при периодической модуляции накачки. Приведена использованная теоретическая модель и параметры ТКЛ. Исследована синхронизация в ряде автомодуляционных режимов, возникающих в условиях параметрического резонанса между автомодуляционными и релаксационными колебаниями. Описаны новые режимы синхронизации, возникающие в этих областях.

Исследованы особенности синхронизации автомодуляционных колебаний вблизи границы области параметрического резонанса и внутри этой области. Проведено сравнение полученных результатов с экспериментом. В результате проведенных в этой главе исследований найдены две ветви бистабильных режимов синхронизации автомодуляционных колебаний.

В третьей главе приведены результаты численного моделирования и экспериментальных исследований синхронизации и десинхронизации автомодуляционных колебаний в кольцевом чип-лазере под действием периодического сигнала и шума.

Установлено, что, в отличие от эффекта десинхронизации, обычно возникающего под действием шума при синхронизации автоколебаний (порядка $1/1$) периодическим сигналом, синхронизация порядка $1/2$ может сопровождаться конструктивным воздействием шума: при достаточно малой интенсивности шум накачки способствует синхронизации автоколебаний, сужению их спектра и увеличению отношения сигнал/шум.

В четвертой главе в рамках векторной модели ТКЛ с помощью численного моделирования проводится детальный анализ бистабильных автомодуляционных колебаний автономного ТКЛ с несимметричной связью встречных волн. В области параметрического резонанса между автомодуляционными и релаксационными колебаниями, а также вблизи этой области, найдены две ветви бистабильных автомодуляционных режимов генерации. На первой ветви возникают автомодуляционный режим первого рода, а также периодический и квазипериодический режимы с удвоенным периодом автомодуляции. На второй ветви существуют квазипериодический автомодуляционный режим, режим динамического хаоса, периодический и квазипериодический режимы с удвоенным периодом автомодуляции излучения. Полученные результаты сравниваются с результатами проведённых ранее экспериментальных исследований.

В заключении приводятся основные результаты, полученные в диссертационной работе.

В качестве наиболее важных можно выделить следующие **научные результаты**:

1. Найдены и впервые исследованы новые режимы синхронизации автомодуляционных колебаний в ТКЛ с несимметричной связью встречных волн: квазипериодический режим синхронизации и периодический режим синхронизации с удвоенным периодом автомодуляции излучения.
2. Впервые установлено, что при синхронизации автомодуляционных колебаний с удвоенным периодом возникает периодический режим синхронизации (без удвоения периода автомодуляции).
3. Впервые показано, что в области параметрического резонанса между автомодуляционными и релаксационными колебаниями при синхронизации автомодуляционных колебаний внешним периодическим сигналом возникает бистабильность: найдены две ветви бистабильных режимов синхронизации.

На первой ветви наблюдаются периодический и квазипериодический режимы синхронизации. На второй ветви в области синхронизации наблюдаются периодический и квазипериодический режимы синхронизации с удвоенным периодом автомодуляции излучения.

4. Исследованы процессы синхронизации и десинхронизации автомодуляционных колебаний при одновременном воздействии на ТКЛ шумовой и периодической модуляции мощности накачки. Впервые установлено, что при синхронизации порядка $1/2$ шум может способствовать вынужденной синхронизации автомодуляционных колебаний периодическим сигналом: если в отсутствие шума синхронизация отсутствует, то при добавлении слабого шума происходит стохастическое возбуждение синхронизации. Этот эффект, обнаруженный на основе численного моделирования, подтвержден экспериментально.

5. Найдены две ветви бистабильных автомодуляционных режимов генерации колебаний в автономном ТКЛ с несимметричной связью встречных волн. На первой ветви наблюдаются периодические автомодуляционные режимы: автомодуляционный режим первого рода и режим с удвоенным периодом. Для второй ветви характерна более сложная динамика излучения: с ростом превышения накачки над порогом генерации квазипериодический автомодуляционный режим переходит в режим динамического хаоса, затем в периодический автомодуляционный режим с удвоенным периодом, и, наконец, в автомодуляционный режим первого рода.

Научная значимость полученных в диссертации результатов связана с тем, что в ней:

1. впервые изучены новые режимы синхронизации автомодуляционных колебаний излучения ТКЛ с периодической модуляцией накачки,

2. впервые исследована оптическая бистабильность, возникающая при синхронизации автомодуляционных колебаний в области параметрического резонанса с релаксационными колебаниями,

3. впервые обнаружено конструктивное влияние шума на процессы синхронизации порядка $1/2$.

Практическое значение работы состоит в том, что синхронизация автомодуляционных колебаний внешним периодическим сигналом позволяет значительно увеличить стабильность автомодуляционных колебаний. Это расширяет возможности использования режима двунаправленной генерации ТКЛ в качестве высокостабильных источников бигармонических колебаний. Бистабильные режимы автомодуляционных колебаний, обнаруженные в диссертации, представляют интерес для дальнейших исследований по изучению и использованию стохастических процессов в лазерах (в частности, стохастического резонанса).

Достоверность полученных результатов определяется хорошим согласием с экспериментальными исследованиями, проведенными с целью их проверки. Проведенное в диссертации численное моделирование основано на

теоретической модели, адекватность которой подтверждена многочисленными исследованиями. Это позволяет считать все полученные результаты полностью обоснованными и достоверными.

Результаты диссертационной работы **могут быть использованы** в ФИ РАН, ИОФ РАН, МГУ, ИПФ РАН, НИИ “Полюс”, НЦВО РАН, НИИ лазерной физики (ГОИ) и других научных институтах и центрах.

При оценке диссертационной работы отметим некоторые **недостатки**:

1. Во второй главе при сравнении полученных в диссертации результатов с экспериментальными результатами утверждается о качественном согласии между теорией и экспериментом. Следовало бы обсудить более детально также вопрос и о количественном соответствии между значениями ширины областей синхронизации и частот дополнительных спектральных компонент f_1 в теории и эксперименте.

2. К сожалению, в диссертации не дано качественное физическое объяснение важного результата, связанного с конструктивной ролью шума в процессе синхронизации порядка $1/2$.

3. Во второй главе приведены результаты по синхронизации автомодуляционных колебаний в ТКЛ при симметричной связи встречных волн (параграф 2.2). Эти результаты не являются оригинальными, их следовало бы изложить в обзоре литературы (глава I).

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации В.Ю. Дудецкого. Диссертационная работа представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, относящуюся к одной из областей современной оптики. Новые научные результаты имеют важное значение для науки и практики. Выводы, полученные в диссертации, вполне обоснованы. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Все используемые в работе материалы других авторов подкреплены ссылками. Результаты, вошедшие в диссертацию, опубликованы, доложены на конференциях и известны специалистам. Содержание диссертации В.Ю. Дудецкого полностью соответствует специальности 01.04.05 – оптика.

Диссертация В.Ю. Дудецкого и отзыв на нее обсуждены и одобрены на заседании научного семинара отдела взаимодействия когерентного излучения с веществом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (руководитель семинара член-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Пашинин П.П.), протокол № 1 от 20 января 2016 г.

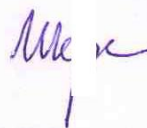
Диссертация В.Ю. Дудецкого. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным Положением ВАК о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842

от 24 сентября 2013 г. Дудецкий Вадим Юрьевич, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Отзыв составлен заведующим отделом взаимодействия когерентного излучения с веществом Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, доктором физико-математических наук Красюком Игорем Корнелиевичем.

д.ф.-м.н.,
зав. отделом взаимодействия когерентного излучения
с веществом ИОФ РАН

119991, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38
(499)-503-81-30, krazyuk99@rambler.ru



Красюк И.К.

Ученый секретарь ИОФ РАН,
д.ф.-м.н.
119991, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38
(499)-503-83-27, nauka@gpi.ru



Андреев С.Н.