

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Коптева Максима Юрьевича «Разработка перестраиваемого полностью волоконного источника фемтосекундных импульсов на основе гибридной Er-Tm лазерной системы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 - «Лазерная физика»

На сегодняшний день одной из важных задач современной лазерной физики является разработка компактных и надежных перестраиваемых источников когерентного излучения в ближнем и среднем ИК диапазонах. К этому диапазону можно отнести источники с длиной волны лежащей в интервале 1,5 – 10 мкм. Интерес к таким источникам во многом обусловлен широким спектром их практических приложений, среди которых медицина, спектроскопия газов и молекул, создание лидаров и оптических линий связи нового поколения, а также разработка средств ИК противодействия. Диссертационная работа М.Ю. Коптева в первую очередь направлена на исследование возможности создания полностью волоконного широкополосного, перестраиваемого в среднем ИК диапазоне длин волн, источника. Такие источники, по сравнению с неволоконными аналогами, имеют ряд неоспоримых преимуществ, среди которых компактность, отсутствие необходимости подстройки в процессе работы, высокая надежность и качество выходного излучения. В связи с этим актуальность исследования, проведенного М.Ю. Коптевым не вызывает сомнений.

Целью работы являлась разработка полностью волоконного источника фемтосекундного излучения в среднем ИК диапазоне длин волн, что включает в себя не только экспериментальное исследование широкополосной перестройки импульсов в специальных высоконелинейных оптических волокнах, но и разработку и создание источников накачки – фемтосекундных волоконных лазерных систем на основе эрбиевых и тулиевых активных световодов.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 106 страниц, включая 50 рисунков и список цитируемой литературы, состоящий из 103 источников.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цели, перечислены выносимые на защиту положения, приведены сведения об апробации работы, публикациях автора и его личном вкладе в диссертационную работу.

Первая глава посвящена разработке мощных фемтосекундных волоконных лазерных систем полуторамикронного диапазона длин волн. В ней демонстрируются две волоконные системы построенные в соответствии с концепциями МОРА и СРА. Первая – на основе эрбиевого световода с большой площадью поля моды, а вторая – на основе конусного активного эрбиевого световода, в котором за счет адиабатического увеличения диаметра сердцевины удается сохранить одномодовый режим распространения излучения и обеспечить высокое качество выходного излучения. Созданные на этих световодах лазерные системы способны генерировать импульсы с рекордными пиковыми мощностями и могут найти применение не только для задач нелинейного преобразования, но и в микрообработке материалов, медицине и для создания безопасных для глаз лидаров высокой точности.

Во второй главе описана гибридная эрбий-тулиевая волоконная система, в которой в качестве затравки для тулиевого усилителя используются нелинейно преобразованные фемтосекундные импульсы эрбиевой волоконной системы. Такой подход позволяет получить на выходе тулиевого усилителя импульсы высокого качества, пригодные для дальнейшего преобразования в высоконелинейных волокнах. Следует отметить, что кроме непосредственного усиления фемтосекундных импульсов, автором впервые был обнаружен двухцветный режим работы тулиевого усилителя, при котором на выходе одновременно присутствуют два фемтосекундных импульса на длинах волн 2 и 2,3 мкм, которые, при необходимости, могут быть усилены с помощью твердотельных усилителей на основе Cr:ZnSe и Cr:ZnS кристаллов.

В третьей главе рассматривается нелинейное спектральное преобразование фемтосекундных импульсов высоконелинейных германатных и теллуридных световодах. В качестве источника накачки используется описанная во второй главе эрбий-тулиевая волоконная система. Автором впервые продемонстрирована

генерация суперконтинуума в диапазоне 1,5 – 3 мкм в конусном германатном световоде, основной особенностью которого является возможность эффективного сопряжения с волоконным выходом лазеров накачки при помощи дуговой сварки. В теллуритных световодах с подвешенной сердцевинной была экспериментально показана возможность генерации рамановских солитонов перестраиваемых в диапазоне 1,6 – 2,65 мкм с длительностью порядка 100 фемтосекунд.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

В диссертационной работе представлены результаты, имеющие как научную новизну, так и практическую значимость:

- 1) Продемонстрирована волоконная лазерная система на основе эрбиевого световода-конуса с рекордной для эрбиевых волоконных систем пиковой мощностью 10 МВт.
- 2) Впервые экспериментально показан двухцветный режим работы тулиевого усилителя, позволяющий получить фемтосекундные импульсы на длинах волн 2 и 2,3 мкм одновременно.
- 3) Впервые продемонстрирована генерация широкополосного суперконтинуума в конусном германатном световоде в диапазоне 1,5 – 3 мкм.
- 4) Экспериментально продемонстрирована возможность генерации перестраиваемых в диапазоне 1,6 – 2,65 мкм рамановских солитонов высокого качества в теллуритном световоде с подвешенной сердцевинной.

Автором проделана значительная работа, созданы установки, в том числе с применением оригинальных схем, с помощью которых получены новые, практически значимые результаты. В своей работе Коптев М.Ю. проявил себя как квалифицированный специалист, обладающий как необходимой теоретической подготовкой, так и навыками экспериментальной работы.

Из недостатков работы следует отметить следующие:

- 1) В третьей главе говорится о нелинейном преобразовании полуторамикронных импульсов в средний ИК диапазон в нелинейных световодах, однако для

преобразования использовались импульсы с небольшой энергией (2 нДж, 100 фс), остается непонятным, почему для нелинейного преобразования не были использованы мощные микроджоульные импульсы на выходе волоконных эрбиевых систем, рассмотренных в первой главе.

- 2) Название диссертации «Разработка перестраиваемого полностью волоконного источника фемтосекундных импульсов на основе гибридной Er-Tm лазерной системы» не охватывает всего описанного в работе материала, в частности оно никак не отражает эксперименты по генерации широкополосного суперконтинуума, а также основную идею работы – преобразование излучения в средний ИК диапазон.
- 3) Стилль изложения результатов в диссертационной работе, полученных автором, не позволяет однозначно оценить их уровень и новизну. Нет четкого разделения обзора литературы и оригинальных результатов. В тексте не делаются акценты на принципиально новых достижениях, полученных автором работы, не приводятся сравнения с литературными данными, что усложняет оценку значимости результатов и их новизны.
- 4) В тексте диссертации расшифровку аббревиатур, таких как LMA, CPA, следовало дать при первом их упоминании. Также расшифровка некоторых аббревиатур, например, «HNLF», не были приведены в списке сокращений.

Перечисленные выше замечания носят, скорее, рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертационная работа Коптева М. Ю. «Разработка перестраиваемого полностью волоконного источника фемтосекундных импульсов на основе гибридной Er-Tm лазерной системы» представляет собой завершенное научное исследование и отвечает всем требованиям пунктов 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года (ред. от 01.10.2018 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Результаты полученные в ходе выполнения исследования в достаточной степени апробированы в виде докладов на российских и международных

конференциях, а также многочисленных публикаций в ведущих зарубежных научных журналах. Автореферат и опубликованные работы в полной мере соответствует содержанию, основным научным положениям и выводам диссертации.

Считаю, что Коптев Максим Юрьевич заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – лазерная физика.

Официальный оппонент,
зам. директора по научной работе
ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,
доктор физ.-мат. наук



Бутов Олег Владиславович

26 ноября 2021 г.

Адрес: 125009 Москва, ул. Моховая, д. 11, корп. 7,
ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
e-mail: obutov@mail.ru,
тел.: (495) 629-33-20