




УТВЕРЖДАЮ

Директор ИСЭ СО РАН

Академик РАН

 Н.А. Ратахин

\_\_19\_\_ ноября \_\_2019\_\_ г.

## ОТЗЫВ

### ведущей организации

на диссертационную работу Яковина Михаила Дмитриевича

**“Суперлюминесцентная параметрическая генерация света в кристалле PPLN с накачкой от Nd:YAG лазера с СЗАОМ”**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

### Актуальность темы диссертационной работы

Получение когерентного перестраиваемого излучения за счет нелинейного преобразования частоты параметрической генерации света (ПГС) с высоким КПД преобразования и широким диапазоном перестройки остается актуальной задачей нелинейной оптики и лазерной физики.

Увеличение общего КПД преобразования параметрических генераторов света, как и диапазона перестройки, связано, помимо прогресса в полупроводниковых технологиях и появлением новых материалов, с использованием в качестве источников накачки диодно-накачиваемых твердотельных и волоконных лазеров, работающих на новых методах получения различных режимов лазерной генерации, повышающих эффективность и стабильность их генерационных характеристик наряду с компактностью и устойчивостью к внешним воздействиям.

Диссертационная работа Яковина Михаила Дмитриевича посвящена получению и исследованию параметрической генерации света (ПГС) в режиме однорезонаторного параметрического генератора света с синхронной

накачкой и суперлюминесцентном (безрезонаторном) режиме с накачкой от твердотельного Nd:YAG лазера с одновременной синхронизацией мод и модуляцией добротности, полученных с помощью нового метода, использующего акустооптический модулятор бегущей волны (АОМ) в сочетании со сферическим зеркалом резонатора (СЗ) – метод СЗАОМ. Этот простой метод позволяет существенно увеличивать и менять значение пиковой мощности лазера, работающего в режиме частоты повторения импульсов, не изменяя при этом его значения средней мощности и частоты повторения.

**Содержание диссертационной работы изложено в введении, трех главах и заключении.**

Во *введении* представлен обзор литературы, обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, представлена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации материалов диссертации, личном вкладе автора, описывается структура и объем работы.

*Первая глава* посвящена результатам экспериментов по параметрической генерации однорезонаторного ПГС на основе кристалла PPLN при накачке Nd:YAG лазером с СЗАОМ в многоимпульсном режиме генерации. Показано, что такой ПГС допускает увеличенный диапазон изменения длины резонатора, который до 20 раз больше, чем при других источниках синхронной накачки. Исследованы спектральные и генерационные характеристики параметрической генерации в резонаторе ПГС.

*Вторая глава* посвящена получению эффективной параметрической суперлюминесценции на основе кристалла PPLN при накачке Nd:YAG лазером с СЗАОМ в одноимпульсном режиме генерации. Был получен общий КПД преобразования в 80% по поглощенной мощности, приведен подробный анализ и указываются причины такого значения КПД. Исследованы



спектральные и генерационные характеристики. Ряд линий наблюдался впервые, объяснено их происхождение. Приведены измерения расходимости выходного излучения в спектральных областях красной линии, сигнальной и холостой волн. Показано, что расходимость выходного излучения суперлюминесцентной параметрической генерации не зависит от длины волны и задается пространственным распределением излучения накачки.

*Третья глава* посвящена сравнению выходных характеристик излучения в двух режимах параметрической генерации света – параметрической суперлюминесценции и синхронно-накачиваемого однорезонаторного ПГС на кристалле PPLN (длиной 50 мм) с накачкой от Nd:YAG-лазера с СЗАОМ. Суммарная выходная средняя мощность на сигнальной (1475 нм) и холостой (3820 нм) длинах волн в режиме суперлюминесценции составила ~120 мВт (пиковая мощность ~120 кВт). Максимальная суммарная эффективность преобразования по поглощенной мощности в режиме суперлюминесценции была на уровне 60%. Максимальная эффективность преобразования в холостую длину волны по поглощенной мощности накачки составила 15% и 25% (квантовая 54% и 90%) соответственно для режима суперлюминесценции и однорезонаторного ПГС. Максимальные значения средней выходной мощности на холостой длине волны составляли ~30 мВт и ~60 мВт при истощении накачки 47% и 55% для режимов суперлюминесценции и однорезонаторного ПГС, соответственно.

Таким образом показано, что резонатор на сигнальную длину волны для синхронной накачки влияет на параметры суперлюминесцентной генерации следующим образом: уменьшается порог генерации и увеличивается КПД преобразования для холостой длины волны в ~2 раза; изменяется расходимость выходного излучения с геометрической на дифракционную.

В *заключении* приведены результаты диссертационной работы выражены благодарности коллективу.

**К наиболее значимым результатам диссертации можно отнести следующее:**

- 1) Был создан безрезонаторный суперлюминесцентный параметрический генератор с общей эффективностью преобразования по поглощенной мощности  $\sim 80\%$  с накачкой от Nd:YAG лазера с СЗАОМ. Изучены его генерационные и спектральные характеристики. Максимальная общая выходная пиковая мощность составила 210 кВт.
- 2) Был создан однорезонаторный ПГС с синхронной накачкой от Nd:YAG лазера с СЗАОМ. Показано, что в многоимпульсном режиме генерации лазера накачки, ширина отстройки резонатора ПГС увеличивается в 10-20 раз.
- 3) Показано, что истощение излучения накачки в суперлюминесцентном и однорезонаторном режиме параметрической генерации остается на уровне  $\sim 50\%$  и не зависит от длины кристалла при использовании в качестве лазера накачки Nd:YAG лазера с СЗАОМ.

**Научная ценность:** Впервые получена суперлюминесцентная параметрическая генерация с накачкой излучением от Nd:YAG-лазера с СЗАОМ. Достигнут КПД преобразования по поглощенной мощности  $\sim 80\%$ . Обнаружено что однорезонаторный ПГС с синхронной накачкой от Nd:YAG-лазера с СЗАОМ допускает увеличенный диапазон изменения длины резонатора, который в 10-20 раз больше, чем при других источниках синхронной накачки.

**Практическая значимость:** Результаты работы содержат рекомендации по созданию эффективных источников параметрического излучения суперлюминесцентного типа на основе лазера накачки с СЗАОМ и нелинейных кристаллов с периодически поляризованными структурами.

Генерируемое излучение содержит набор спектральных компонентов (от видимого до среднего ИК), перестройка длин волн которых происходит одновременно. Каждая из спектральных компонент имеет высокую пиковую мощность ( $\sim 0,2-200$  кВт). Такие источники могут найти применения в спектроскопии быстро протекающих процессов и двухфотонного поглощения,



мультифлуоресцентного анализа, биофотоники и дистанционного зондирования атмосферы, медицинских приложениях и др.

**Обоснованность и достоверность** результатов, выводов и защищаемых положений подтверждается 4 публикациями в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, а также публикациями в трудах международных конференций.

### **Общие замечания**

Диссертационная работа и автореферат не свободны от некоторых недостатков: 1) Как в тексте диссертационной работы, так и в автореферате нам не удалось обнаружить химической формулы (расшифровки) нелинейного кристалла PPLN; 2) Не удалось обнаружить в работе в явном виде пункты, связанные с личным вкладом автора; 3) В некоторых местах, допущены грамматические и синтаксические ошибки, связанные с использованием жаргонных выражений; 4) Из текста диссертации (глава 2) не ясны причины очень высокого КПД (~80 %) параметрической суперлюминесценции в нелинейном кристалле PPLN.

### **Заключение**

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки работы.

Диссертационная работа Яковина Михаила Дмитриевича выполнена на высоком научном уровне и представляет собой цельное научное исследование, содержащее решение актуальных научных задач. Текст диссертации оформлен в соответствии с требованиями ВАК. Автореферат правильно отражает основные результаты диссертации. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Результаты диссертационной работы Яковина М. Д. опубликованы в 7 работах: 4 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них 1 статья в зарубежных научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, 3 статьи в российских научных журналах, переводные версии которых также индексируются в Web of Science и Scopus).

Диссертация Яковина Михаила Дмитриевича является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, соответствует специальности 01.04.05 – “Оптика” и отвечает требованиям п. 9 “Положения о присуждении ученых степеней”, утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, для кандидатских диссертаций, Яковин Михаил Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – “Оптика”.

Отзыв на диссертацию и автореферат заслушан и одобрен на семинаре лаборатории газовых лазеров 18 ноября 2019 г.

Заведующий лабораторией газовых

лазеров ИСЭ СО РАН,

д.ф.-м.н., профессор



Лосев В.Ф.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук. Адрес: Российская Федерация, 634055, г. Томск, пр-кт Академический, д. 2/3, тел.(3822) 491-544, факс (3822) 492-410, e-mail: [contact@hcei.tsc.ru](mailto:contact@hcei.tsc.ru), <http://www.hcei.tsc.ru>