

ФОТОН-ЭКСПРЕСС

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВОЛОКОННОЙ ОПТИКЕ

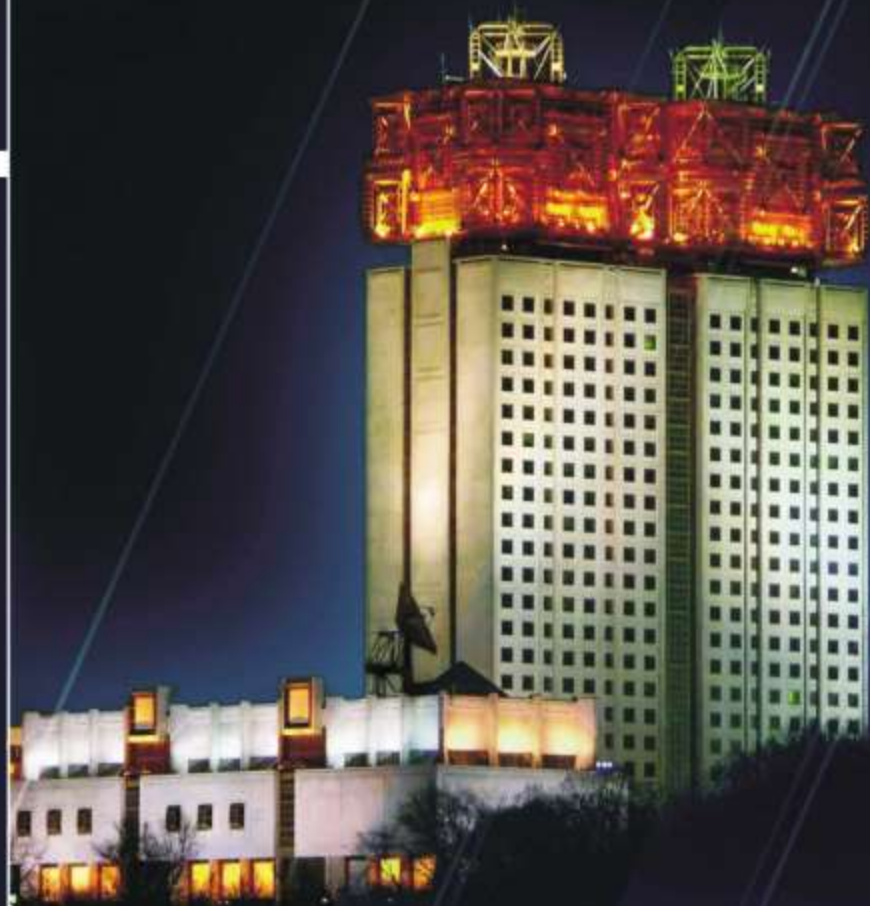
Организаторы:

Научный центр
волоконной оптики РАН

Пермская научно-
производственная
приборостроительная
компания

Пермский научно-
исследовательский
политехнический
университет (ПНИПУ)

Пермский государственный
национальный
исследовательский
университет (ПГНИУ)



ГЕНЕРАЦИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ КЛАСТЕРОВ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ЧИСЛОМ СВЯЗАННЫХ ИМПУЛЬСОВ В Yb-ВОЛОКОННОМ ЛАЗЕРЕ С КВАЗИСИНХРОННОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ НАКАЧКИ

Иваненко А.В.¹, Нюшков Б.Н.^{1,2}, Смирнов С.В.¹, Кобцев С.М.¹

¹Новосибирский государственный университет, 630090 Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный технический университет, 630073 Новосибирск, Россия

*E-mail: ivanenko.aleksey@gmail.com

Мы сообщаем о простом, энергоэффективном, управляемом электроникой методе устойчивой генерации кластеров высокоэнергетических лазерных импульсов с контролируемым количеством составляющих связанных импульсов в цельноволокном иттербиевом лазере с синхронизацией мод и с поддержкой линейно поляризации внутри резонатора и на выходе лазера. Такие лазерные источники с надежным контролем временной структуры и поляризации генерируемых кластеров высокоэнергетических импульсов могут значительно продвинуть вперед методы лидарных измерений, лазерной визуализации и зондирующей спектроскопии. Предлагаемый метод основан на квазисинхронной синусоидальной модуляции мощности накачки, вводимой в Yb-волоконный лазер, полностью состоящий из волокон и компонентов поддерживающих линейную поляризацию (PM элементы), что обеспечивает такие преимущества, как простота, энергоэффективность и надежность. Вызванная небольшая рассинхронизация между периодом модуляции накачки и собственной групповой задержкой в лазерном резонаторе приводит к дискриминации по усилению временного профиля лазерного импульса в активном волокне, тем самым обеспечивая уникальный энергосберегающий механизм формирования лазерного импульса [1]. В данной работе мы представляем его расширенные возможности: контролируемое количество связанных субимпульсов при сохранении интегральной энергии кластера. Такие пучки лазерных импульсов с контролируемым числом составляющих связанных импульсов и с высокой энергией (> 150 нДж) были впервые получены непосредственно из полностью сохраняющего поляризацию лазера без внешнего усиления.

Исследуемый полностью PM волоконный лазер имел конфигурацию кольцевого резонатора с встречным распространением волн накачки и генерации, как показано на рис. 1 (а). В нем использовалось активное волокно длиной 0,55 м, легированное ионами Yb, с накачкой в сердцевину, выходной ответвитель 30% и узкополосный фильтр с центром на длине волны ~ 1064 нм. Резонатор был удлинён PM-волоконном длиной 0,9 км. Длина резонатора соответствовала основной частоте следования импульсов 230,5 кГц. В качестве накачки использовалось излучение двух лазерных диодов на длине волны 980 нм с суммарной мощностью накачки не более 1.05 Вт. Мощность накачки регулировалась через входы модуляции драйверов тока лазерных диодов. Импульсная генерация запускалась подачей синусоидального модулирующего сигнала с частотой, немного превышающей частоту следования основных импульсов. На рисунках 1 (б) - 1 (ж) показаны измеренные осциллограммы модулированного излучения накачки и результирующие последовательности лазерных импульсов (пачки импульсов), полученные с частотой модуляции от 230,7 кГц до 230,52 кГц. На максимальной частоте лазер поддерживал режим одноимпульсной генерации (один импульс на период резонатора) с длительностью импульса 210 нс и энергией импульса 150 нДж. Постепенное снижение частоты модуляции переключало лазер на многоимпульсную генерацию, а затем последовательно увеличивало количество связанных импульсов в сгенерированных кластерах импульсов, как показано на рисунке 1 (h). Суммарно кластеры импульсов имели одинаковую энергию 150 нДж. Такое частотное регулирование количества импульсов было воспроизводимым и имело пренебрежимо малый гистерезис. Лазер мог поддерживать непрерывно выбранные многоимпульсные режимы генерации в течение нескольких часов.

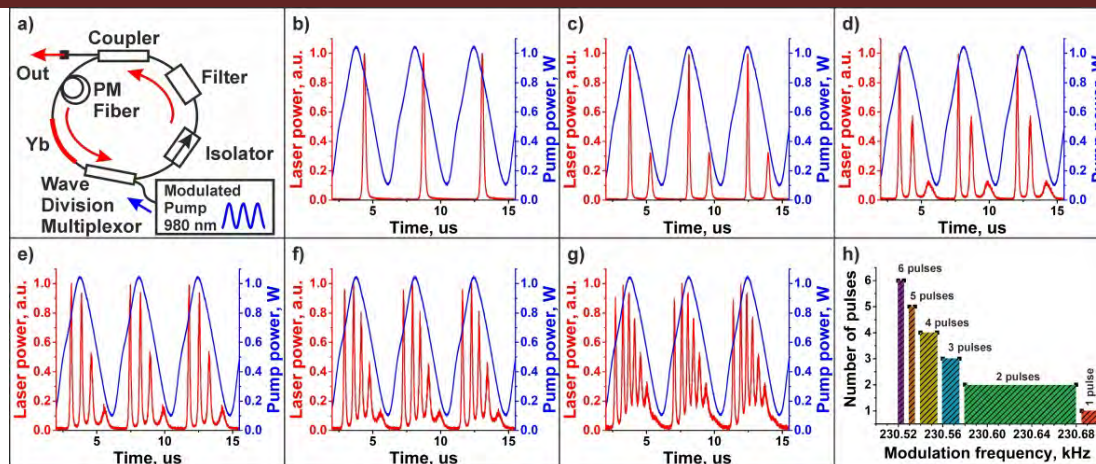


Рис. 1. (a) – схема лазера, (b-g) – осциллограмма промодулированной накачки (синяя кривая) и генерируемых кластеров импульсов (красная кривая) наблюдаемых при частотах модуляции в диапазоне от 230.7 до 230.52 кГц, (h) – гистограмма числа связанных импульсов в зависимости от частоты модуляции

Рассмотренный подход способствует развитию более совершенных методов управления различными импульсными режимами в волоконных лазерах [1, 2] и обеспечивает электронное управление временной структурой лазерных импульсов с высокой энергией. Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 20-42-543007).

Литература

1. S.Smirnov et al *J. Opt. Soc. Am. B*, **37**, 3068 (2020)
2. A.Kokhanovskiy et al, *Opt. Laser Technol.* **131**,106422 (2020)