

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКОННОГО ОСЦИЛЛЯТОРА МАМЫШЕВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИМПУЛЬСОВ МЕГАВАТТНОЙ МОЩНОСТИ

Перепелов А.Е.^{1*}, Куприков Е.А.¹, Кохановский А.Ю.^{1,2}

¹ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

² Институт точной механики и оптики, г. Санкт-Петербург

* E-mail: a.e.perepelov1@gmail.com DOI 10.24412/2308-6920-2023-6-351-352

Осциллятор Мамышева – это перспективная схема волоконного источника сверхкоротких лазерных импульсов высокой мощности [1], области применения которых включают обработку материалов, медицину, биологию, телекоммуникации и др. Проектирование волоконных лазеров с синхронизацией мод является нетривиальной задачей как с технической, так и с научной точек зрения. Основная причина состоит в сложности нелинейной внутрирезонаторной динамики излучения, вследствие чего невозможно аналитически предсказать характеристики генерируемых импульсов.

В данной работе мы демонстрируем применение метода роя частиц [2,3] для численной оптимизации архитектуры осциллятора Мамышева с целью достижения максимальной пиковой мощности выходных импульсов после внрезонаторного сжатия.

Схема осциллятора Мамышева приведена на Рис. 1.

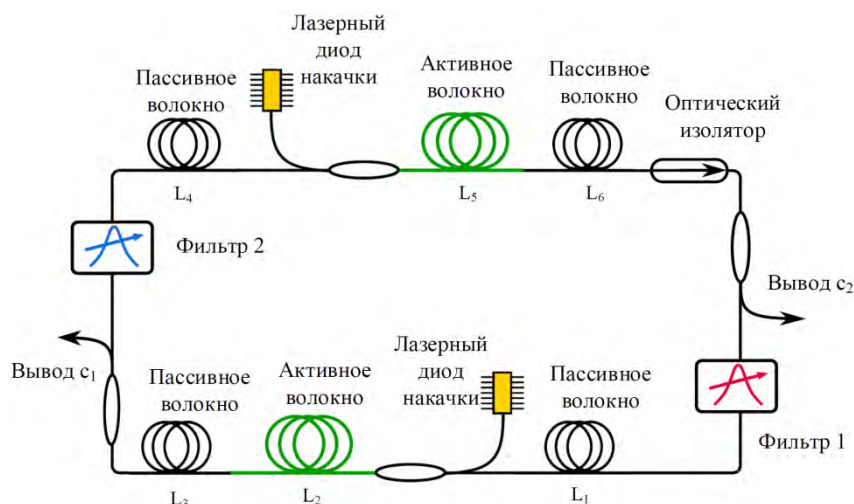


Рис. 1. Схема волоконного осциллятора Мамышева

Моделирование распространения излучения по волокну осуществлялось с помощью численного интегрирования обобщенного нелинейного уравнения Шредингера с учетом рамановского рассеяния:

$$\frac{\partial A}{\partial z} = i \sum_{n=2}^3 \frac{i^n \beta_n}{n!} \frac{\partial^n A}{\partial t^n} - \frac{\alpha}{2} A + i\gamma \left(1 + \frac{i}{\omega_0} \frac{\partial}{\partial t} \right) \left(A(z, t) \int_0^{\infty} R(t') |A(z, t - t')|^2 dt' \right),$$

$$R(t) = (1 - f_R) \delta(t) + f_R h_R(t),$$

где $A(z, t)$ – медленно меняющаяся амплитуда электрического поля импульса, β_n – коэффициенты хроматической дисперсии волокна, α – коэффициент линейных потерь, γ – коэффициент керровской нелинейности, $f_R = 0.18$ – коэффициент, определяющий рамановский вклад в нелинейный отклик, $h_R(t)$ – функция рамановского отклика. Другие элементы резонатора – спектральные фильтры и ответвители – моделировались точно.

Фильтры располагались симметрично относительно длины волны 1035 нм, выбранной в соответствии с пиком усиления в иттербии. Режим генерации считался стабильным, если некоторый набор параметров слабо менялся за последние 30 оборотов.

В качестве варьируемых параметров для оптимизации были выбраны длины пассивных волокон L_3 и L_6 (0 – 15 м), длины активных волокон L_2 и L_5 (0 – 5 м), расстояние между фильтрами

(5 – 50 нм), ширины фильтров (1 – 20 нм), коэффициенты деления ответвителей и параметры усиления активных волокон.

Целевой функцией для алгоритма роя частиц была выбрана пиковая мощность импульса после сжатия внешним компрессором. Алгоритм начинается со случайной инициализации 70 частиц с координатами в пространстве параметров резонатора. Затем, на каждой итерации каждая частица запускает численную модель лазера с соответствующей архитектурой и вычисляет значение целевой функции. После этого все частицы пересчитывают свои координаты по определенному закону так, чтобы рой находил глобальный максимум целевой функции в заданной области поиска.

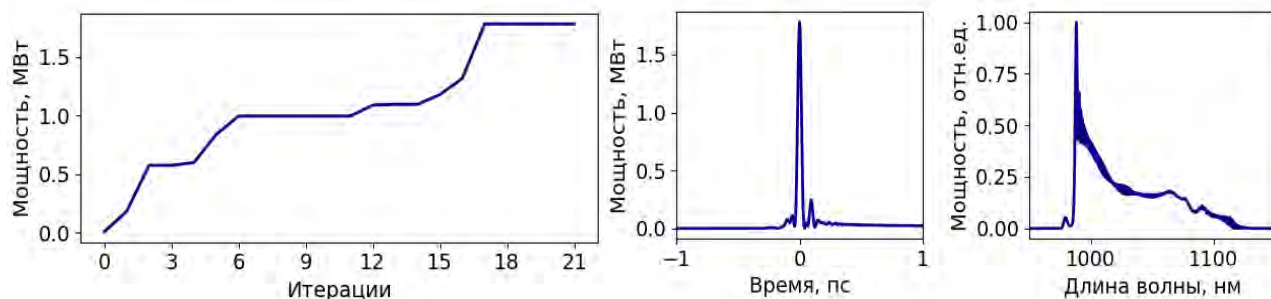


Рис. 3. Эволюция целевой функции – пиковой мощности после сжатия

Рис. 3. Импульс с наибольшей пиковой мощностью после сжатия (1.78 МВт)

На Рис. 2. показана эволюция целевой функции алгоритма. После ~20 итераций график выходит на плато. На Рис. 3. приведен наилучший найденный импульс, имеющий энергию 143 нДж, длительность 35 фс и пиковую мощность после сжатия 1.78 МВт.

Продемонстрированный метод позволяет проводить оптимизацию волоконных лазеров для получения импульсов высокой мощности, что важно для различных научных и технических задач.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 17-72-30006-П).

Литература

1. Regelskis K. et al, *Opt. Lett.* **40**, 5255-5258 (2015)
2. James K., Russel E., *Proceedings of ICNN'95.* **4**, 1942-1948 (1995)
3. Kokhanovskiy A. et al., *Scientific Reports.* **11**, 1-9 (2021)