

НЕЛИНЕЙНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ИМПУЛЬСЫ В СРЕДАХ С НЕСИММЕТРИЧНЫМ УСИЛЕНИЕМ

Беднякова А.Е.^{1*}, Турицын С.К.², Подивилов Е.В.³

¹ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

² Aston Institute of Photonic Technologies, Aston University, Birmingham, United Kingdom

³ Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск

*E-mail: anastasia.bednyakova@gmail.com DOI 10.24412/2308-6920-2023-6-261-262

Во многих практических задачах, связанных с оптическим усилением, частотная зависимость коэффициента усиления считается симметричной и аппроксимируется лоренцевским спектральным профилем [1-2]. Данное предположение допустимо в спектральной области вблизи пика кривой усиления и при условии, что ширина полосы усиления существенно превосходит ширину спектра оптического импульса. Однако существуют менее изученные возможности использования краёв полосы усиления, являющихся несимметричными. В данной работе выполнено исследование влияния несимметричности спектра усиления на формирование и эволюцию оптических импульсов. Недавно был продемонстрирован новый режим нелинейного распространения импульса [3], отличающийся наличием динамически изменяющегося вдоль световода спектра усиления. Динамическое изменение коэффициента усиления и спектральное уширение приводили к квазиустойчивым режимам, в которых импульс распространялся на краю полосы усиления.

Нами будет представлена базовая математическая модель, описывающая распространение оптического импульса в нелинейной дисперсионной усиливающей среде с несимметричным усилением. Будут приведены результаты теоретического и численного исследования свойств несимметричных импульсов, формирование которых происходит в подобных средах.

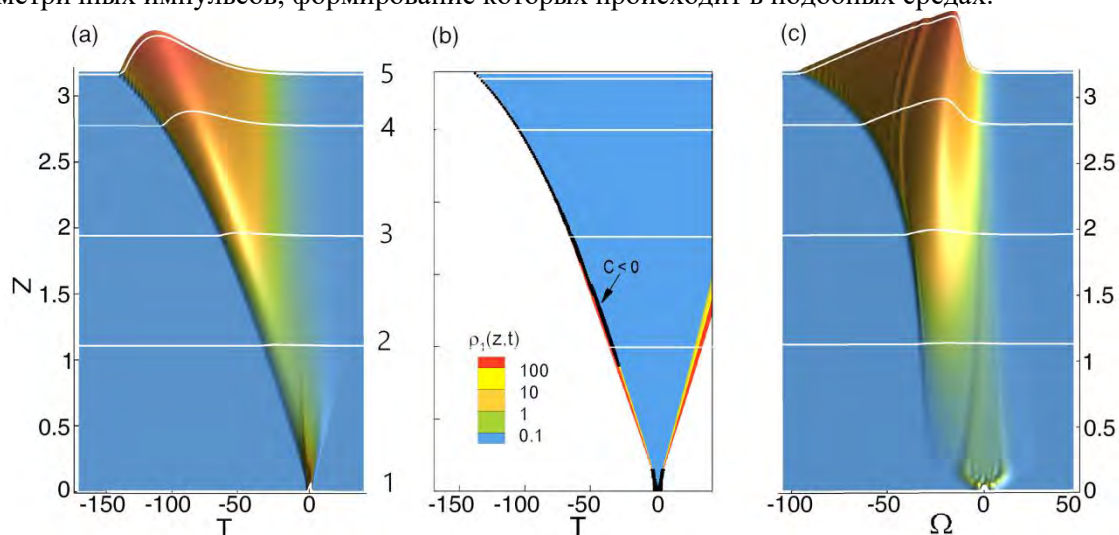


Рис. 1. Формирование несимметричного импульса в среде с наклонным по частоте усилением (а) Эволюция временной огибающей импульса вдоль световода (б) Область, в которой распространение импульса описывают модифицированные уравнения мелкой воды (синий цвет) (с) Эволюция спектра импульса

В квазиклассическом пределе некоторые решения предложенной модели могут быть описаны упрощенной системой уравнений, являющейся модификацией известных одномерных уравнений мелкой воды. В докладе будет обсуждаться аналогия рассмотренных уравнений с гидродинамической моделью. Будет рассмотрено развитие спектральных оптических ударных волн и найдены условия их возникновения. Эволюция начального гауссовского импульса в среде с усилением, приводящая к формированию несимметричного импульса, показана на рисунке 1. Профиль интенсивности на переднем фронте импульса является параболическим, что позволяет ему распространяться на большие расстояния без обрушения волны. Важно отметить, что динамическая эволюция несимметричного импульса может быть описана модифицированными уравнениями мелкой воды, за исключением точки, близкой к переднему фронту импульса (черные точки на рис.1б). Это является прямой аналогией с известным автомодельным параболическим импульсом [4].

Однако рост отрицательного чирпа на заднем фронте несимметричного импульса, вызванный фазовой самомодуляцией, приводит к развитию нового спектрального обрушения волны, характеризующегося образованием высокого спектрального пика вблизи несущей частоты. Показано, что стабилизация импульса возможна только при учёте в модели насыщения усиления и ограничения полосы усиления. В этом случае импульс эволюционирует к асимптотической форме без обрушения волны. В заключение, представленная теория и результаты численного моделирования дают представление о природе несимметричных оптических импульсов, способных накапливать большую нелинейную фазу без разрушения, что является ключевым моментом при разработке оптических волоконных усилителей.

Работа поддержана РФФ (проект №17-72-30006).

Литература

1. *Siegman, Lasers (University Science Books, 1986)*
2. *Dienes et al., J. Opt. Soc. Am. B 13, 725-734 (1996)*
3. *P. Sidorenko et al., Optica 6, 1328-1333 (2019)*
4. *D. Anderson et al., J. Opt. Soc. Am. B 10, 1185-1190 (1993)*