

**ДИНАМИКА ИМПУЛЬСОВ СВЕТА В НЕЛИНЕЙНЫХ РАЗУПОРЯДОЧЕННЫХ  
ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛАХ**

*Институт физики им. Б.И.Степанова НАН Беларуси, пр. Независимости, 68, 220072  
Минск, Беларусь  
[dvnovitsky@gmail.com](mailto:dvnovitsky@gmail.com)*

Интерес к проблеме распространения электромагнитных волн в случайных средах связан прежде всего с явлением андерсоновской локализации, которое было впервые предсказано для волн материи в разупорядоченной кристаллической решетке [1]. К настоящему времени андерсоновская локализация света в неупорядоченных средах является надежно установленным экспериментальным фактом [2]. Одно из направлений исследований в данном разделе оптики связано с анализом влияния нелинейности на локализацию света в случайных средах и структурах. В настоящей работе изучены некоторые вопросы, касающиеся нелинейно-оптических эффектов при распространении сверхкоротких импульсов света в разупорядоченных фотонных кристаллах.

Рассматриваемая в работе структура представляет собой одномерный фотонный кристалл, т.е. набор периодически чередующихся слоев двух типов. Беспорядок вносится в структуру за счет случайной вариации толщины слоев. Основным инструментом анализа является численное моделирование распространения импульсов света в указанных слоистых структурах. Используемый метод решения волнового уравнения был описан в работе [3].

Прежде всего, было исследовано влияние мгновенной кубической нелинейности на взаимодействие света с разупорядоченным фотонным кристаллом. О режиме взаимодействия можно судить по зависимости интенсивности прошедшего света от времени: диффузионный режим характеризуется экспоненциальным затуханием «хвоста» импульса, тогда как отклонение от экспоненты трактуется как переход в режим локализации. Результаты расчетов показывают, что чем больше уровень беспорядка, тем более сильная нелинейность требуется для наблюдения отклонений в поведении «хвоста» от линейного случая. Справедливо и обратное: большое значение коэффициента нелинейности означает необходимость сильнее увеличивать степень беспорядка, чтобы наблюдать отклонения от поведения более упорядоченных систем. Это позволяет сделать вывод о том, что нелинейность и беспорядок являются конкурирующими факторами: большой уровень беспорядка подавляет проявления нелинейности на больших временах и наоборот.

Следующим шагом было введение релаксации нелинейности по модели Дебая. Расчеты, проведенные в этом случае, подтвердили конкурирующий характер факторов нелинейности и беспорядка. Показано, что влияние релаксации нелинейности мало в тех случаях, когда факторы беспорядка и нелинейности оба слабы или сильны. Чтобы увидеть изменение поведения «хвоста» или профиля импульса за счет ненулевого

времени релаксации, следует взять или сильную нелинейность и слабый беспорядок, или наоборот.

Как было показано в работе [3], в фотонном кристалле с инерционной нелинейностью возможно наблюдение эффекта самозахвата импульса. Было исследовано влияние беспорядка на этот эффект и показано, что самозахват сохраняется при достаточно слабом беспорядке, однако типичные распределения интенсивности по структуре изменяются принципиальным образом. При увеличении беспорядка происходит сначала увеличение пропускания системы, а затем переход в режим локализации, когда преобладает отражение.

Наконец, была предсказана возможность наблюдения захвата излучения, усиленного столкновениями импульсов в разупорядоченных фотонных кристаллах с инерционной кубической нелинейностью. Поскольку существует оптимальное значение беспорядка для наблюдения этого эффекта, данное явление может быть названо индуцированным беспорядком захватом света. При очень низких и очень высоких уровнях беспорядка вероятность эффективного захвата света мала, т.е. доля реализаций, в которых структуру покидает практически вся энергия падающего излучения, близка к 1. Другим условием индуцированного беспорядком захвата является не слишком большое значение коэффициента нелинейности, так чтобы самозахват не имел места в полностью упорядоченной структуре. При выполнении этих условий (оптимальные значения степени беспорядка и коэффициента нелинейности) возможность захвата возникает уже в случае одиночного импульса, однако в схеме столкновения последовательных или встречных импульсов вероятность такого исхода резко возрастает. Важно, что захват отсутствует при столкновении импульсов в упорядоченном фотонном кристалле, так что обсуждаемый эффект не может быть объяснен простым увеличением интенсивности излучения внутри структуры.

Детали проведенных исследований можно найти в статьях [4, 5]. Работа была поддержана БРФФИ (проект № Ф13М-038).

- [1] Anderson P. W. Absence of diffusion in certain random lattices / P. W. Anderson // *Phys. Rev.* – 1958. – Vol. 109, № 5. – P. 1492—1505.
- [2] Segev M. Anderson localization of light / M. Segev, Y. Silberberg, D. N. Christodoulides // *Nat. Phot.* – 2013. – Vol. 7. – P. 197–204.
- [3] Novitsky D. V. Pulse trapping inside a one-dimensional photonic crystal with relaxing cubic nonlinearity / D. V. Novitsky // *Phys. Rev. A.* – 2010. – Vol. 81. – P. 053814.
- [4] Novitsky D. V. Pulse propagation in one-dimensional disordered photonic crystals: interplay of disorder with instantaneous and relaxing nonlinearities / D. V. Novitsky // *J. Opt. Soc. Am. B.* – 2014. – Vol. 31, № 6. – P. 1282-1289.
- [5] Novitsky D. V. Disorder-induced light trapping enhanced by pulse collisions in one-dimensional nonlinear photonic crystals / D. V. Novitsky // *Opt. Commun.* – 2015. – Vol. 353. – P. 56-62.