

Введение. Понятие связанных состояний в континууме пришло из квантовой механики. Как известно, частица, находящаяся в потенциальной яме обладает дискретным спектром энергий, в то время как вне области потенциальной ямы ее энергии принадлежат континууму. В 1929 году Ю. Вигнер и Д. фон Нейман построили виды таких потенциалов, при которых возможны дискретные состояния в области непрерывного спектра [1]. Такие состояния получили название связанных состояний в континууме (ССК). Локализованные состояния в области непрерывного спектра так же можно наблюдать и в фотонике в силу соответствия между квантово-механической и электромагнитной задачами нахождения собственных мод. В случае фотоники роль возмущающего потенциала играет фотонная структура с показателем преломления [2]. Собственные моды структуры, соответствующие модам ССК, будут находиться выше светового конуса, в области непрерывного спектра, в то время как аналогом дискретных состояний являются волноводные моды, расположенные ниже светового конуса. При этом добротность мод, образованных по механизму ССК, в силу нулевых излучательных потерь является бесконечной.

При изготовлении реальных структур, способных поддерживать связанные состояния в континууме, существует множество факторов, влияющих на добротность ССК, таких как: шероховатости, материальные потери, конечность структуры и геометрические дефекты. При этом добротность таких резонансных мод становится ограниченной, хотя всё ещё достаточно большой. В этом случае говорят о формировании квази-ССК. Сегодня большое внимание уделяется исследованию влияния различных факторов на формирование мод, образованных по механизму ССК. Так, например, в работе [3] был рассмотрен двухслойный резонатор, и была показана зависимость добротности квази-ССК от структурного беспорядка, а также локализация поля при увеличении степени беспорядка. Однако на сегодняшний день было мало исследовано влияние геометрических дефектов на формирование ССК.

Основная часть. В нашей работе, мы исследовали, как геометрические дефекты влияют на добротность мод связанных состояний в континууме. В качестве материала был выбран наиболее используемый материал с фазовой памятью - Ge-Sb-Te (GST), способный сосуществовать как в аморфной, так и в кристаллической фазе при нормальных условиях. Данный материал нашел свое применение в перезаписываемых хранилищах данных, управлении свойствами пространственного отклика [4, 5]. Также является важным, что GST подходит для применения в инфракрасном спектре, включая телекоммуникационный диапазон. Изучаемой нами структурой были периодически расположенные бруски из материала GST на стеклянной подложке. Нами было рассмотрено 2 дефекта: изменение ширины одного из брусков в элементарной ячейке и изменение сечения структурного элемента с прямоугольного на трапециевидное. Последний дефект представляет особый интерес, поскольку он появляется при изготовлении реальных фотонных структур.

Выводы. Мы проводили численное моделирование рассматриваемой нами метаповерхности на основе GST. Нами были найдены моды квази-ССК в ИК-диапазоне, в том числе в диапазоне телекоммуникационной связи для аморфной фазы GST. Мы показали, что добротность квази-ССК падает при изменении ширины одного из структурных элементов. В структуре с измененным сечением мы нашли моды квази-ССК, однако их резонансные длины волн уже находились в другом диапазоне. Также при переходе к трапециевидному сечению структурного элемента мы наблюдали падение добротности квази-ССК в случае аморфной фазы GST, однако в кристаллической фазе добротность моды квази-ССК практически не менялась. Таким образом, мы показали, что геометрические

дефекты могут влиять на добротность связанных состояний в континууме в GST-материалах, что стоит учитывать при экспериментальных исследованиях и практическом применении.

Список использованных источников:

1. J. von Neumann and E. P. Wigner, *Z. Phys.* 30, 465 (1929)
2. K. Koshelev, A. Bogdanov, and Y. Kivshar, *Opt. Photon. News* 31, 38 (2020).
3. E. E. Maslova et al.: Bound states in the continuum in periodic structures with structural disorder. *Nanophotonics* 10, 4313 (2021).
4. M. Wuttig et al.: Phase-change materials for rewriteable data storage. *Nat. Mater.* 6, 824 (2007)
5. M. V. Rybin et al.: Optically Reconfigurable Spherical Ge-Sb-Te Nanoparticles with Reversible Switching. *Laser Photonics Rev.* 16, 2100253 (2022)