

## ВЛИЯНИЕ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ И СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА ДИСПЕРСИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В УПОРЯДОЧЕННОМ МАССИВЕ МИКРОПОР

Румянцев В.В., Федоров С.А., Гуров Д.А., Рыбалка А.Е.

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина, Донецк, Украина,

E-mail: [380957931135@yandex.ru](mailto:380957931135@yandex.ru)

**Введение.** Создание и использование новых материалов в качестве источников когерентного излучения занимают сегодня огромную область экспериментальных и теоретических исследований на стыке различных научных направлений: лазерной физики, физики конденсированного состояния, химии, информационных наук, а также нанотехнологии. Актуальны при этом работы, связанные с модификацией их физических свойств в результате внешних воздействий (например, упругой деформации), с возможностью контролировать распространение электромагнитных возбуждений в полученных композитных структурах. В связи с созданием оптоэлектронных устройств возрос интерес к изучению оптических мод в системе микрорезонаторов [1,2]. При этом, оптоэлектронные устройства сегодня, как правило, существуют двух типов – одни функционируют на основе возмущений электронной подсистемы используемых материалов, а другие опираются на оптические характеристики соответствующих структур. Однако, в последнее время при создании вышеупомянутых устройств приходится решать ряд проблем, связанных с формированием поляритонных структур [3,4] - особого класса фотонных кристаллов, в которых реализуется сильная связь квантовых возмущений среды (экситонов) и электромагнитного поля. В связи с необходимостью изучения поляритонных структур рождается новая область науки - поляритоника, как самостоятельный раздел фотоники. Одним из объектов изучения поляритоники, в частности, может быть такая поляритонная структура, как пространственно периодическая атомарная система, образованная слабо взаимодействующими кластерами двухуровневых атомов (квантовыми точками) с оптическим полем в туннельно связанном массиве микрорезонаторов [2].

В настоящее время интенсивно развивается поляритоника несовершенных структур [5]. Проведенные в рамках данной работы исследования показали, что в результате наличия в исследуемой 2D решетке микропор, содержащих квантовые точки, структурных дефектов и/или внешнего воздействия можно добиться необходимого изменения энергетического спектра элементарных электромагнитных возбуждений и оптических свойств материала, обусловленных перестройкой его структуры

**Цель** данной работы - исходя из представлений о поляритонных структурах [5], исследовать зависимость дисперсии электромагнитных возбуждений и величины запрещенной фотонной зоны неидеальной топологически упорядоченной системы пор - туннельно связанных микрорезонаторов от концентрации дефектов структуры исследуемого массива и упругой деформации.

**Результат.** В рамках приближения виртуального кристалла [6] выполнено численное моделирование спектра электромагнитных возбуждений в неидеальной 2D решетке связанных микропор, содержащих квантовые точки (атомарная подсистема). На рис.1 представлена схема неидеальной 2D одноподрешеточной системы микропор, содержащих квантовые точки, и закон дисперсии поляритонов  $\Omega_{\pm}(\hat{\varepsilon}, \mathbf{k})$  в зависимости от величин деформации и значения параметра  $g$ , определяющего взаимодействие атомарной и фотонной подсистем (перекрытие оптических полей и взаимодействие квантовых точек в соседних микропорах). Закон дисперсии поляритонов  $\Omega_{1,2,3,4}(k_x, k_y, C_1^V, C_2^V)$  в зависимости от концентрации  $C_1^V$  дефектов, как в атомарной

подсистеме решетки, так и в резонаторной  $C_2^V$  для двуподрешеточного 2D массива микропор приведен на рис. 2а, а концентрационная зависимость запрещенной фотонной зоны – на рис. 2б.

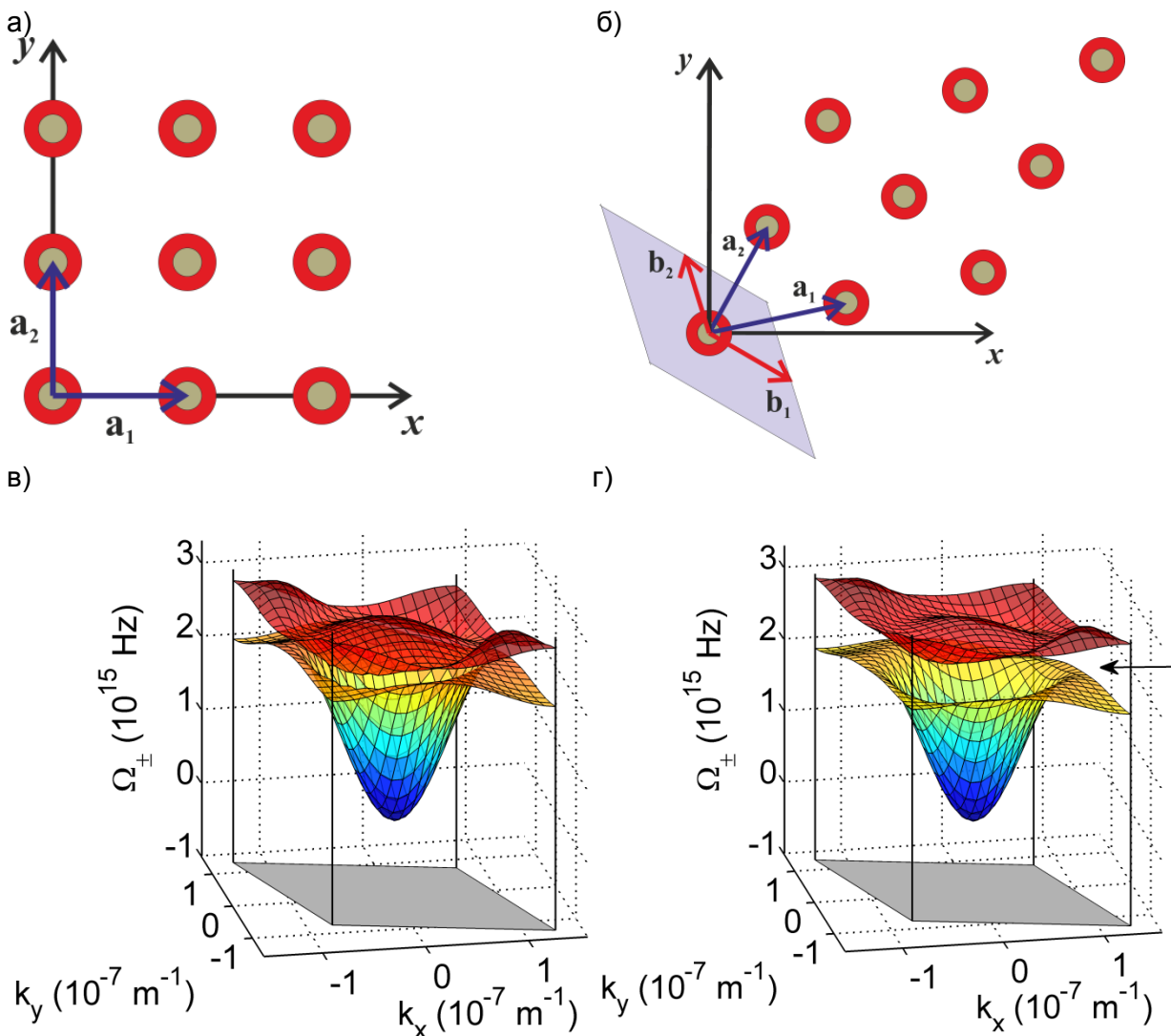


Рисунок 1 - Схема неидеальной 2D решетки микропор, содержащих квантовые точки: а) – идеальной ( $a_1 = a_2 = a$  - постоянная решетки), б) – деформированной ( $\mathbf{a}_1(\hat{\varepsilon}), \mathbf{a}_2(\hat{\varepsilon})$  - вектора деформированной решетки,  $\hat{\varepsilon}$  - тензор деформации). Изменение дисперсионных поверхностей  $\Omega_{\pm}(\hat{\varepsilon}, \mathbf{k})$  деформированной системы (для значений  $\varepsilon_{xx} = 0.1; \varepsilon_{yy} = 0.1; \varepsilon_{xy} = 0.3$ ) при изменении параметра  $g$ , определяющего взаимодействие атомарной и фотонной подсистем: в)  $g/\hbar = 9 \cdot 10^{13}$  Hz, г)  $g/\hbar = 3 \cdot 10^{14}$  Hz

Использованы модельные значения величин из работ [5]. В качестве дефектов решетки микропор рассмотрены вакансии, их концентрация в первой и/или во второй подрешетках  $C_{1(2)}^V$ .

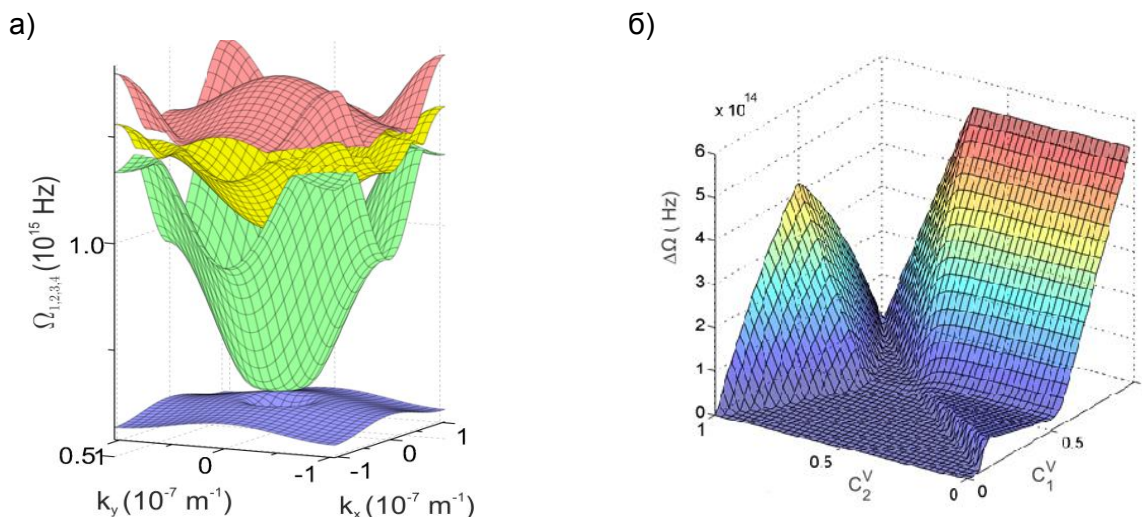


Рисунок 2 - Концентрационная зависимость а) - дисперсии поляритонов  $\Omega_{1,2,3,4}(k_x, k_y, C_1^V, C_2^V)$  в неидеальной 2D решетке микропор для  $C_1^V = 0.5$ ,  $C_2^V = 0.25$ , б) -  $\Delta\Omega(C_1^V, C_2^V)$  запрещенной фотонной зоны неидеальной 2D решетки микропор

**Заключение.** В работе выполнено математическое моделирование зависимости дисперсионных характеристик неидеальной 2D решетки микропор от концентрации дефектов структуры и упругой деформации. Показано, что в результате наличия структурных дефектов в квазидвумерном массиве или упругих деформаций можно добиться необходимого изменения энергетической структуры электромагнитных возбуждений и, следовательно, оптических свойств исследуемой системы, обусловленных перестройкой электромагнитного спектра.

#### Список литературы

1. Kaliteevskii M. A.. Coupled vertical microcavities / M. A. Kaliteevskii // Tech. Phys. Lett. - 1997. – V. 23(2), P. 120-121.
2. Vahala K.J. Optical microcavities / K.J. Vahala // Nature. - 2003. - V. 424, - P. 839-846.
3. Alodjants A.P. Strongly localized polaritons in an array of trapped two-level atoms interacting with a light field / A.P. Alodjants, I. O. Barino., S. M. Arakelian // J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 2010. V.43. P. 095502.
4. Sedov E. S. Tunneling-assisted optical information storage with lattice polariton solitons in cavity-QED arrays / E. S. Sedov, A. P. Alodjants, S. M. Arakelian, Y.-L. Chuang, Y. Y. Lin, W.-X. Yang, R.-K. Lee // Phys. Rev. A. - 2014. – V. 89. – P. 033828.
5. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V., Gurov D.A., Kavokin A.V. - Effects of elastic strain and structural defects on slow light modes in a one-dimensional array of microcavities // Superlattices and Microstructures. - 2018. - V. 120, - P. 642-649.
6. Займан Дж. Модели беспорядка. - М: Мир, 1982. - 592 с.