

ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

УДК 621.372

СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВАКАНСИЙ В МНОГОСЛОЙНЫХ РЕШЕТКАХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ

*Трубин А.А., доктор техн. наук, профессор
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина*

Вступление

Известно, что вакансии, реализованные в решетках диэлектрических резонаторов (ДР) в некоторых случаях ведут себя подобно высокодобротным резонансным структурам [1]. В отличие от резонаторов с колебаниями типа "шепчущей галереи" [2], частоты колебаний, локализованных вблизи вакансий, могут быть отделены от колебаний других типов некоторой частотной "щелью". Однако, для реализации перечисленных свойств, как было установлено ранее, решетка ДР должна располагаться в металлической полости, или волноводе [1], что не всегда целесообразно в виду достаточно высоких потерь электромагнитной энергии на металлических поверхностях в субмиллиметровом и инфракрасном частотных диапазонах.

В настоящем сообщении приведены результаты исследований собственных колебаний плоских решеток с вакансиями различных видов, экранированных решетками диэлектрических резонаторов.

Постановка задачи

Целью работы является исследование собственных колебаний многослойных решеток, содержащих вакансии ДР. Определение условий увеличения добротности собственных колебаний, локализованных вблизи вакансий. Улучшение спектральных характеристик многослойных структур ДР.

Геометрия структуры

Рассматриваются собственные колебания трех и пятислойной квадратных решеток цилиндрических ДР. Предполагается, что в каждом резонаторе решетки возбуждается основной магнитный тип колебаний H_{101}^+ . Нижняя и верхняя решетки играют роль "экранов" для поля собственных колебаний одной, или нескольких вакансий резонаторов, реализованных в центральной решетке (см., например, рис. 1, а). Центры соседних ДР внутри каждой плоскости решетки расположены на расстоянии $2r_0$ друг от друга. Относительное расстояние между соседними решетками равно $\lambda_0/2$, где λ_0 - длина волны в свободном пространстве на частоте собственных коле-

баний изолированных ДР ω_0 . Относительная диэлектрическая проницаемость материала $\varepsilon_1 = 16$, а относительные размеры ДР: $\Delta = L/2r_0 = 0,8$. Здесь L - высота, а $2r_0$ - диаметр резонаторов.

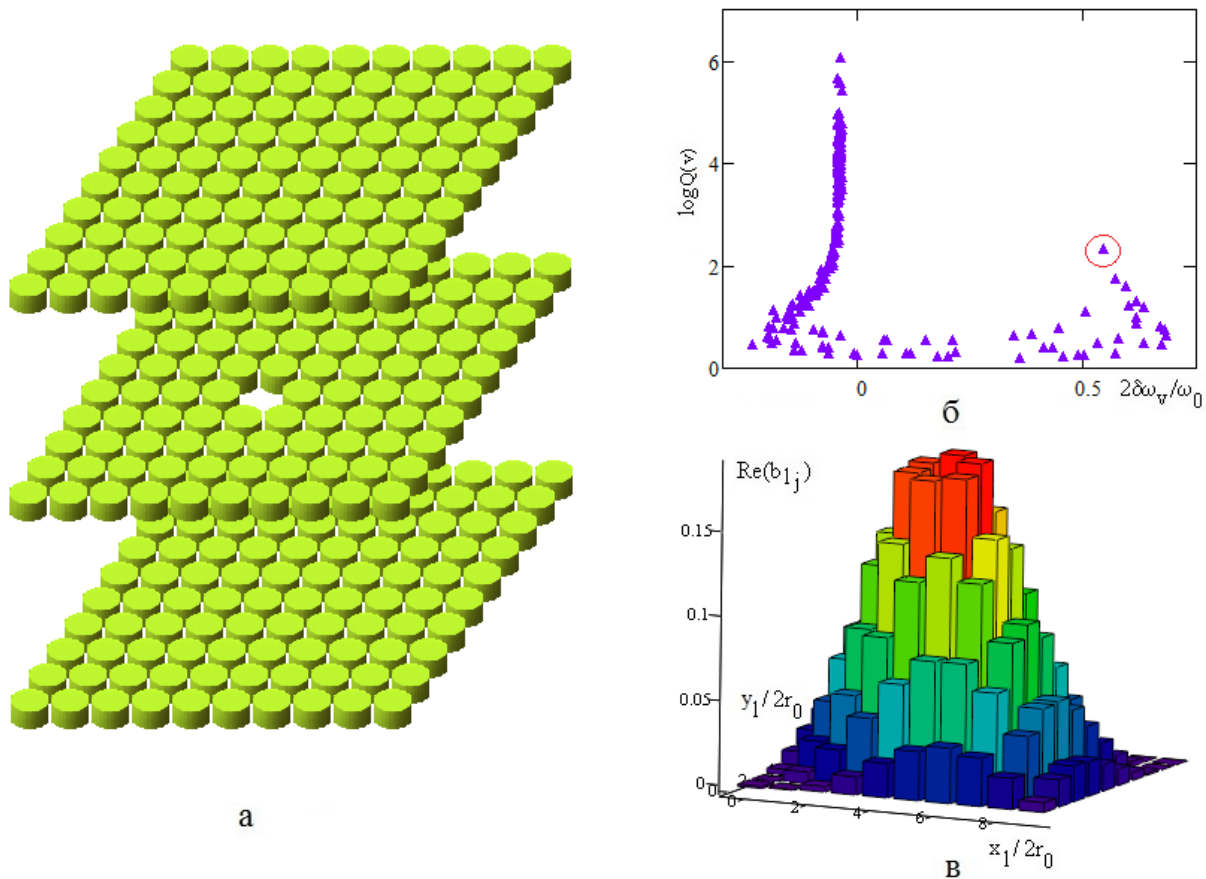


Рис. 1.

- а - многослойная гексагональная решетка с вакансией одного резонатора;
- б - комплексные частоты связанных колебаний;
- в - распределение действительной части амплитуд парциальных ДР для колебания, локализованного вблизи вакансии решетки.

Результаты вычислений

Расчет собственных колебаний решеток ДР проводился методом [3]. Найденные собственные значения комплексных частот связанных колебаний системы использовались для идентификации локализованного вблизи вакансии колебания, после чего, согласно соотношению: $Q(v) = \omega'_v / 2\omega''_v$, определялась величина ее добротности ($v=1,2,\dots,N$). Здесь ω'_v - действительная, а ω''_v - мнимая составляющие резонансной частоты v -го связанного колебания системы резонаторов; $\delta\omega_v = \omega'_v - \omega_0$.

На рис. 1 б показано распределение связанных колебаний на плоскости: "относительная частотная расстройка - логарифм добротности" для решетки с вакансией одного ДР в центральном слое. Колебание, локализованное

вблизи вакансии, отмечено кружком. Соответствующее ему распределение действительной части амплитуд поля каждого из парциальных ДР в центральной решетке структуры, показано на рис. 1 в. Как следует из проведенных вычислений, добротность локализованного колебания в данном случае превышает величину 10^2 , в то время добротность локализованного колебания этой же самой однослойной структуры без экранирующих решеток, приблизительно равна 10.

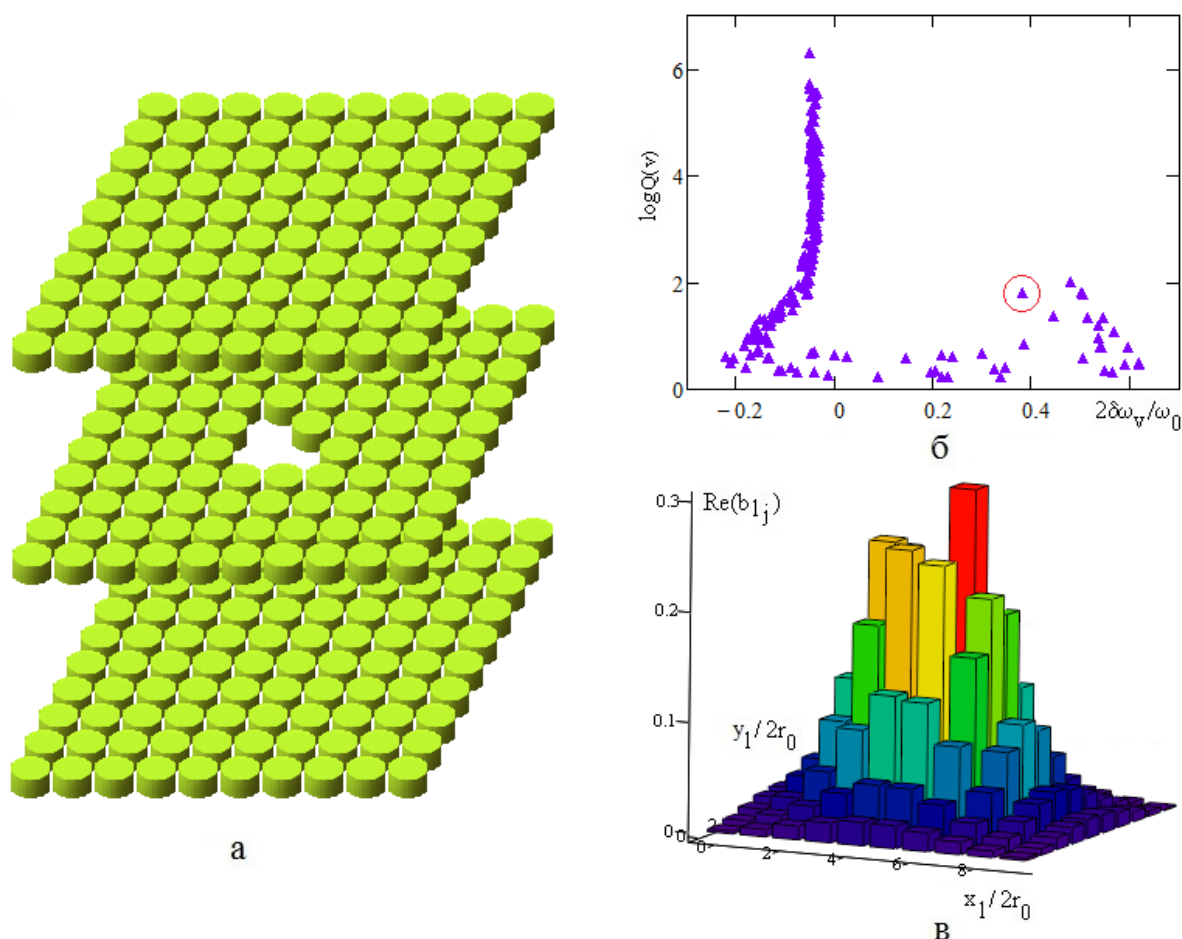


Рис. 2.

- а - трехслойная гексагональная решетка ДР с тремя вакансиями;
- б - частотные параметры связанных колебаний структуры (а);
- в - распределение действительной части амплитуд парциальных ДР для колебания, локализованного вблизи вакансий решетки.

На рис. 2 приведены результаты расчета параметров связанных колебаний той же самой решетки ДР, но содержащей уже 3 вакансии ДР (а). Как видно из данных, приведенных на рис. 2, б, увеличение размера полости за счет добавления дополнительных вакансий, приводит к сдвигу резонансной частоты локализованного колебания в область большего "разрежения" спектра, однако, сопровождается некоторым уменьшением его добротности.

сти.

Напротив, увеличение числа слоев решетки повышает добротность локализованного колебания. На рис. 3 показаны параметры связанных колебаний пятислойной квадратной решетки ДР, содержащих вакансию резонатора в центральном слое. Видно, что появление дополнительных экранирующих слоев в данном случае приводит приблизительно к удвоению добротности локализованного колебания (рис. 3, б, в).

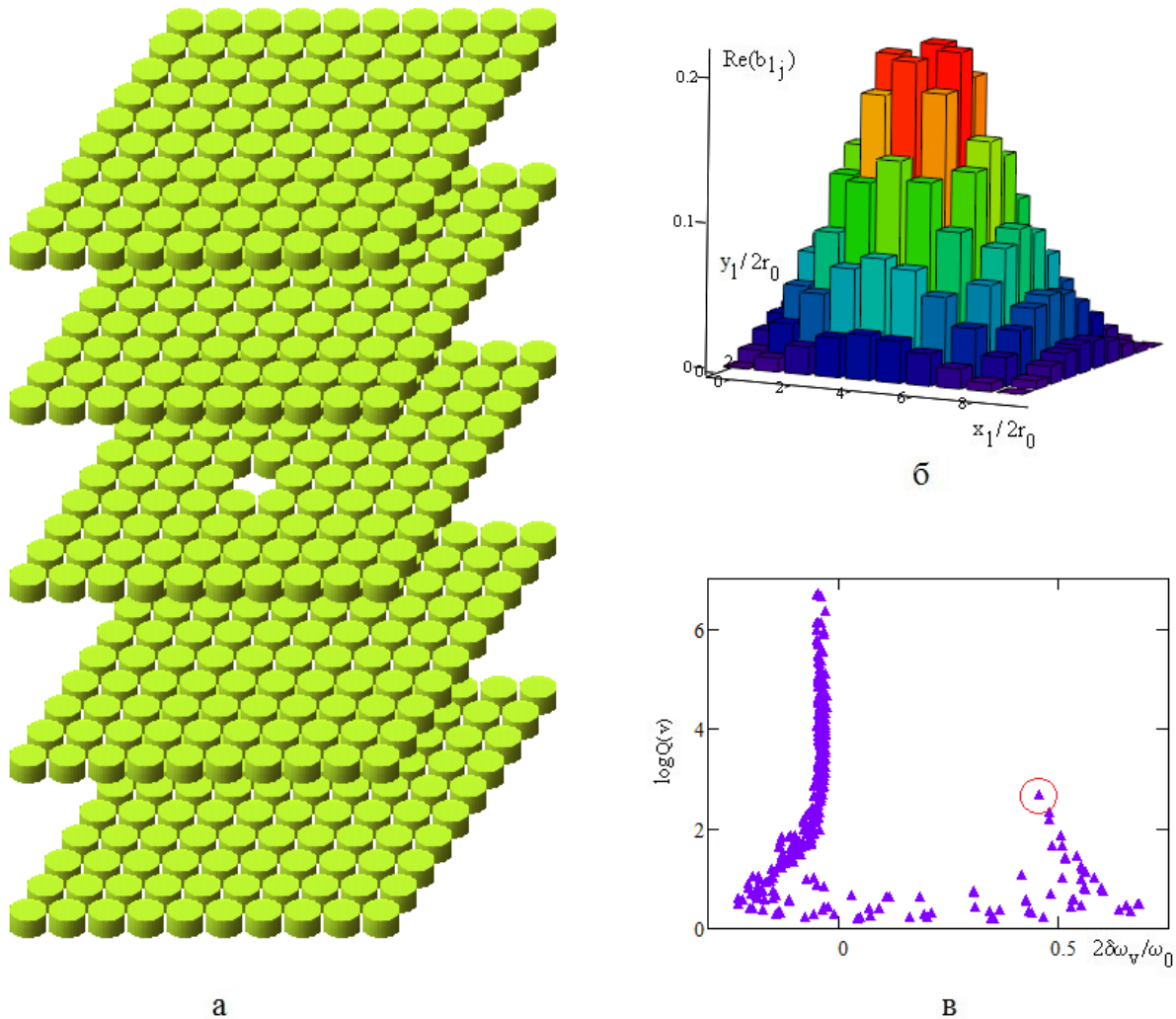


Рис. 3.

- а - квадратная пятислойная решетка ДР с одной вакансией в центре;
- б - распределение действительной части амплитуд парциальных ДР собственного колебания, локализованного вблизи вакансии;
- в - частотные параметры собственных колебаний структуры (а).

Выводы

Полученные данные расчета частот собственных колебаний многослойных решеток, содержащих вакансии ДР, позволяют утверждать, что сами такие решетки можно использовать для повышения добротности локализованных колебаний. В отличие от решеток, экранированных метал-

лическими поверхностями, добротность локализованных колебаний в рассмотренных решетках ДР, не является максимальной, однако, применение многослойных структур, а также их дальнейшая оптимизация расположения резонаторов позволит дополнительно увеличить их добротность.

Литература

1. Трубин А.А. Электродинамические свойства решеток диэлектрических резонаторов инфракрасного диапазона длин волн // Электроника и связь. № 4, 2010. с.27-33.
2. Взятыйшев В.Ф., Калинин В.И. Собственные и вынужденные колебания открытых резонансных систем на базе дисковых диэлектрических резонаторов // Изв. вузов. Сер. Радиофизика. Т. 26, №4, 1983. с. 475-482.
3. Трубин А.А. Рассеяние электромагнитных волн на системах связанных диэлектрических резонаторов // Радиоэлектроника, №2, 1997. с. 35-72.

Трубин О.О. Власні коливання вакансій в багатощарових решітках циліндричних діелектричних резонаторів. Приведено результати досліджень параметрів власних коливань багатощарових квадратних та гексагональних решіток діелектричних резонаторів (ДР) інфрачервоного діапазону довжин хвиль. Розглянуто вплив екранів на частотні параметри власних коливань різноманітних вакансій ДР, реалізованих в центрі структури. Показано можливість підвищення добротності коливань, які локалізовані поблизу вакансій, за рахунок додаткового екранування поля планарними решітками резонаторів. Розраховано розподіл амплітуд поля парціальних ДР. Встановлені умови розрідження спектру поблизу локалізованих коливань.

Ключові слова: діелектричний резонатор, власні коливання, добротність, інфрачервоний діапазон довжин хвиль

Трубин А.А. Собственные колебания вакансий в многослойных решетках цилиндрических диэлектрических резонаторов. Приведены результаты исследования собственных колебаний многослойных квадратных и гексагональных решеток диэлектрических резонаторов (ДР) инфракрасного диапазона длин волн. Рассмотрено влияние экранов на частотные параметры собственных колебаний различных вакансий ДР, реализованных в центре структуры. Показана возможность повышения добротности для колебаний, локализованных в области вакансий, за счет дополнительного экранирования поля планарными решетками резонаторов. Рассчитано распределение амплитуд поля парциальных ДР. Установлены условия разрежения спектра вблизи локализованных колебаний.

Ключевые слова: диэлектрический резонатор, собственные колебания, добротность, инфракрасный диапазон длин волн.

Trubin A.A. Resonances of vacancies the multilayer lattices of the cylindrical dielectric resonators. Multilayer lattices of dielectric resonators in infrared wavelength range has been studied. The screen influence on frequency parameters the different vacancies of DRs realized in the center of structure was considered. Q-factor increase showed for the resonances localized in region of vacancies at the expense of additional field screening by another DR flat lattices. The field amplitudes of partial DR distribution were calculated. The condition of the spectrum depression nearby localize oscillations has been determined.

Key words: dielectric resonator, modes, Q-factor, infrared wavelength range.