

Н. Н. Белецкий, С. А. Борисенко

Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины

12, ул. Ак. Проскуры, Харьков, 61085, Украина

E-mail: beletski@ire.kharkov.ua

О СПЕКТРЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ОДНОМЕРНОМ ДЕФЕКТНОМ ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ, ГРАНИЧАЩЕМ С ПРОВОДЯЩЕЙ СРЕДОЙ

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию электромагнитных свойств дефектных фотонных кристаллов. Это связано как с наличием плазменных и дефектных волн в таких кристаллах, так и с зонным характером спектра этих волн. Одним из самых интересных электромагнитных свойств дефектных фотонных кристаллов является резонансное взаимодействие плазменных и дефектных волн. Установлено, что резонансное взаимодействие наиболее отчетливо наблюдается во второй запрещенной зоне фотонного кристалла. В связи с этим актуальной задачей является исследование свойств электромагнитных волн в различных типах дефектных фотонных кристаллов. Настоящая работа посвящена исследованию эффекта резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн в одномерных дефектных фотонных кристаллах, граничащих с проводящей средой при условии, что дефектный слой является плазмоподобным. Показано, что наилучшие условия для наблюдения эффекта резонансного взаимодействия плазменных и дефектных мод имеют место в случае, когда дефектный фотонный кристалл граничит с полупроводниковой плазмой, а величина диэлектрической проницаемости дефектного слоя является положительной и имеющей промежуточное значение между диэлектрическими проницаемостями двух слоев элементарной ячейки фотонного кристалла. Полученные результаты имеют важное прикладное значение для создания новых устройств микроэлектроники и фотоники. Ил. 5. Библиогр.: 19 назв.

Ключевые слова: дефектный фотонный кристалл, проводящая среда, плазменные волны, дефектные волны, резонансное взаимодействие.

Исследование спектра электромагнитных волн в дефектных фотонных кристаллах, граничащих с проводящими средами, представляет большой интерес для дальнейшего развития радиофизики, микроэлектроники и фотоники [1–19]. Это связано с наличием в таких структурах двух типов электромагнитных волн – плазменных и дефектных. Плазменные электромагнитные волны являются поверхностными волнами. Их электромагнитное поле локализовано вблизи границы «проводящая среда – дефектный фотонный кристалл». Дефектные электромагнитные волны являются объемными волнами. Их электромагнитное поле сконцентрировано вблизи дефектного слоя. В работе [2] впервые был предсказан эффект резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн в дефектном фотонном кристалле, граничащем с проводящей средой. Этот же эффект был предсказан и в дефектном фотонном кристалле, помещенном в плоскопараллельный волновод [3]. Оказалось, что условия возникновения эффекта резонансного взаимодействия электромагнитных плазменных и дефектных волн сильно зависят от величины диэлектрической постоянной кристаллической решетки проводящей среды [4]. Наилучшей проводящей средой для возникновения эффекта резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн оказалась полупроводниковая плазмоподобная среда. Вместе с тем эффект резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн изучен еще недостаточно хорошо. В связи с этим большое значение имеет дальнейшее исследование эффекта резонансного взаимодействия различных

типов волн в дефектных фотонных кристаллах в зависимости от различных параметров. Такого рода исследование существенно улучшит понимание особенностей спектра в дефектных фотонных кристаллах и расширит область применения дефектных фотонных кристаллов для различных практических целей.

В настоящей работе исследуются спектр и энергетические характеристики *TM*-электромагнитных волн в одномерном дефектном фотонном кристалле, граничащем с проводящей средой. Анализируется модификация спектра электромагнитных волн при изменении величины диэлектрической проницаемости дефектного слоя. Найдено, что эффект резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн исчезает, если величина диэлектрической проницаемости дефектного слоя превышает величины диэлектрических проницаемостей двух слоев элементарной ячейки фотонного кристалла. Рассмотрен случай, когда дефектный слой является плазмоподобной средой. В этой ситуации диэлектрическая проницаемость дефектного слоя зависит как от частоты электромагнитного поля, так и от величины его плазменной частоты. В работе показано, что выбором оптимального значения плазменной частоты дефектного слоя можно влиять на условия возникновения эффекта резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн. В работе использовались безразмерные величины, что позволяет использовать полученные результаты в широкой области частот – от терагерцевой до оптической.

1. Постановка задачи. Пусть граница раздела проводящей среды и дефектного фотон-

ного кристалла расположена в плоскости $xу$. Проводящая среда с диэлектрической проницаемостью ε_s занимает полупространство $z < 0$, а дефектный фотонный кристалл – полупространство $z > 0$. Элементарная ячейка фотонного кристалла размером d состоит из двух немагнитных диэлектриков с положительными диэлектрическими проницаемостями $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ и толщинами l_1, l_2 соответственно (рис. 1, $d = l_1 + l_2$). Дефектный слой с диэлектрической проницаемостью ε_d и толщиной l_d находится на расстоянии d от проводящей среды.

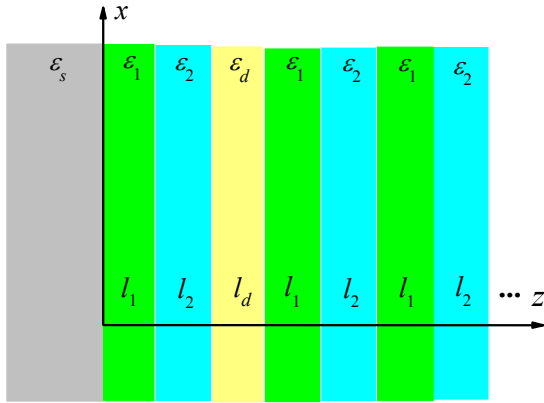


Рис. 1. Геометрия задачи

Зависимость напряженностей электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей TM -электромагнитных волн от координаты x и времени t будем описывать экспоненциальным множителем $\exp[i(k_x x - \omega t)]$. Здесь ω и k_x – частота и продольное волновое число электромагнитных волн. Вдоль оси y электромагнитные поля будем считать однородными ($\partial/\partial y = 0$).

Примем, что проводящая среда обладает электронным типом проводимости, а ее диэлектрическая проницаемость зависит от частоты следующим образом:

$$\varepsilon_s(\omega) = \varepsilon_{0s} \left(1 - \frac{\omega_s^2}{\omega^2} \right), \quad (1)$$

где $\omega_s = \sqrt{4\pi e^2 n_{0s} / (\varepsilon_{0s} m_s^*)}$ – плазменная частота проводящей среды; $\varepsilon_{0s}, e, n_{0s}$ и m_s^* – диэлектрическая постоянная кристаллической решетки, заряд, концентрация и эффективная масса электронов проводимости плазмподобной среды. Потери энергии в проводящей среде будем полагать равными нулю.

Диэлектрическая проницаемость дефектного слоя определяется выражением

$$\varepsilon_d(\omega) = \varepsilon_{0d} \left(1 - \frac{\omega_d^2}{\omega^2} \right), \quad (2)$$

где $\omega_d = \sqrt{4\pi e^2 n_{0d} / (\varepsilon_{0d} m_d^*)}$ – плазменная частота дефектного слоя; $\varepsilon_{0d}, e, n_{0d}$ и m_d^* – диэлектрическая постоянная кристаллической решетки, заряд, концентрация и эффективная масса электронов проводимости дефектного слоя.

Рассмотрим случаи, когда дефектный слой является диэлектриком ($\omega_d = 0$) и когда этот слой является проводником.

Исследование спектра $\omega(k_x)$ и закона распределения среднего потока энергии $S_x(z)$ электромагнитных волн в исследуемой структуре проводилось по методике, изложенной в работе [2]. При нахождении численных решений дисперсионного уравнения использовались безразмерные величины – частота ξ , волновое число ζ и толщина слоев рассматриваемого дефектного фотонного кристалла $\delta_{1,2,d}$:

$$\xi = \frac{\omega}{\omega_s}, \quad \zeta = \frac{ck_x}{\omega_s}, \quad \delta_{1,2,d} = d_{1,2,d} \frac{\omega_s}{c}. \quad (3)$$

При этом мы строили безразмерные зависимости $S_r(z) = S_x(z) / S_x^s(0)$, где $S_x^s(0)$ – плотность потока энергии на границе проводящей среды. Зависимости $S_r(z)$ строились для безразмерной координаты $\chi = z\omega_p / c$. Во всех численных расчетах предполагалось, что проводящая среда является полупроводниковой плазмой с диэлектрической постоянной кристаллической решетки $\varepsilon_{0s} = 16$. Считалось также, что элементарная ячейка фотонного кристалла состоит из диэлектриков с $\varepsilon_1 = 4,56$ и $\varepsilon_2 = 2,04$.

2. Спектр и плотность потока энергии электромагнитных волн в случае, когда дефектный слой является диэлектриком. Пусть диэлектрическая постоянная кристаллической решетки дефектного слоя $\varepsilon_{0d} = 10$, а проводимость дефектного слоя равна нулю ($\omega_d = 0$). Этот случай отличается от случая, рассмотренного в работе [2] тем, что величина диэлектрической проницаемости дефектного слоя ε_d превышает величины диэлектрических проницаемостей слоев ε_1 и ε_2 элементарной ячейки фотонного кристалла.

На рис. 2 приведен спектр электромагнитных волн в рассматриваемой структуре при условии, что $\delta_1 = \delta_2 = \delta_d = 3,0$. Светлые области соответствуют запрещенным зонам, а темные – зонам пропускания фотонного кристалла. Дисперсионные кривые электромагнитных мод изо-

бражены на рис. 2 черными сплошными линиями. Как правило, эти моды начинаются или заканчиваются на границах запрещенных зон фотонного кристалла.

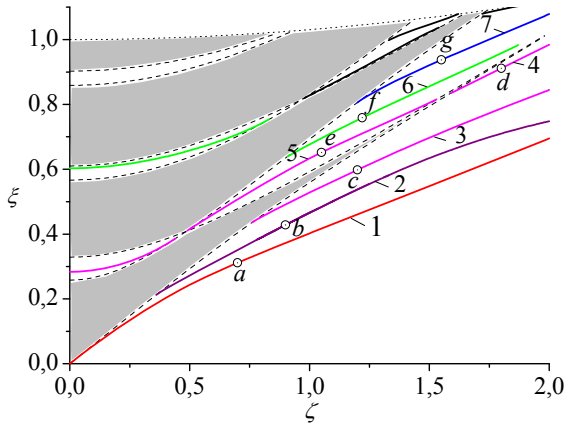


Рис. 2. Спектр электромагнитных волн при $\omega_l = 0$

Опишем дисперсионные свойства электромагнитных волн в первой и во второй запрещенных зонах фотонного кристалла, так как дефектный слой оказывает наиболее существенное влияние на спектр электромагнитных волн именно в этих запрещенных зонах. Дисперсионные кривые в первой и во второй запрещенных зонах фотонного кристалла обозначены цифрами. Отметим, что в отличие от случая, рассмотренного в работе [2], спектр электромагнитных волн в рассматриваемой структуре является более уплотненным. Так, в первой запрещенной зоне фотонного кристалла существуют четыре моды электромагнитных волн. Моды 1, 3 и 4 являются дефектными, имеющими различное число максимумов плотности потока энергии в дефектном слое. Мода 2 является поверхностной плазменной модой, максимум плотности энергии которой сосредоточен на границе проводящей среды $z = 0$. Число электромагнитных мод во второй запрещенной зоне фотонного кристалла также превышает число электромагнитных мод для случая, рассмотренного в работе [2]. Это происходит из-за увеличения числа дефектных мод. Так, во второй запрещенной зоне фотонного кристалла лишь дисперсионная кривая 6 соответствует поверхностной плазменной моде. Остальные дисперсионные ветви (кривые 5 и 7) представляют собой дефектные электромагнитные волны. Существенно, что в рассматриваемом случае не происходит резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн. Это связано с тем, что дефектная мода 5 является медленной электромагнитной волной в силу того, что диэлектрическая проницаемость дефектного слоя существенно превосходит диэлектрические проницаемости слоев элементарной ячейки фотонного кристалла. При этом дис-

персионная кривая 5 лежит гораздо ниже дисперсионной кривой 6 во всей области ее существования. В результате дисперсионные кривые 5 и 6 не пересекаются и резонансное взаимодействие плазменных и дефектных электромагнитных волн отсутствует.

Рассмотрим распределение плотности потока энергии $S_r(\chi)$ для различных электромагнитных мод в первой запрещенной зоне фотонного кристалла. На каждой из дисперсионных кривых мы выбрали по одной точке и обозначили эти точки буквами a, b, c и d (рис. 2).

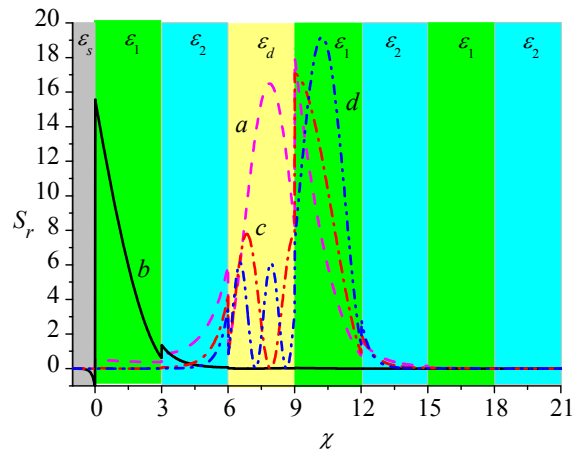


Рис. 3. Распределение плотности потока энергии в первой запрещенной зоне фотонного кристалла при $\omega_l = 0$

Для этих точек были построены зависимости $S_r(\chi)$, изображенные на рис. 3. Буквенные обозначения кривых на рис. 3 соответствуют выбранным буквенным обозначениям точек на рис. 2. В точке a , лежащей на дисперсионной кривой 1, плотность потока энергии имеет один максимум в дефектном слое. Таким образом, дисперсионная кривая 1 на рис. 2 соответствует основной дефектной моде. Дисперсионные кривые 3 и 4 соответствуют дефектным модам более высокого порядка. Дефектная мода 3 (кривая c на рис. 3) имеет два максимума плотности потока энергии в дефектном слое. Дефектная мода 4 (кривая d на рис. 3) характеризуется тремя максимумами плотности потока энергии в дефектном слое. В точке b (дисперсионная кривая 2 на рис. 2) максимум плотности потока энергии располагается вблизи границы «проводящая среда – фотонный кристалл». Такая зависимость соответствует поверхностной плазменной моде. Таким образом, в первой запрещенной зоне фотонного кристалла существует одна плазменная и три дефектных моды. Интересно, что дефектная мода 4 имеет один максимум плотности потока энергии в слое с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 , который непосредственно примыкает к дефектному слою. Отметим, что для того, чтобы наглядно изобра-

зить зависимости $S_r(\chi)$ на одном рисунке, нам пришлось уменьшать некоторые из них в несколько раз.

Рассмотрим распределение плотности потока энергии $S_r(\chi)$ для различных электромагнитных мод во второй запрещенной зоне фотонного кристалла. В этой запрещенной зоне мы выбрали три точки e, f и g на дисперсионных кривых 5–7 (рис. 2). Соответствующие этим точкам зависимости $S_r(\chi)$ изображены на рис. 4.

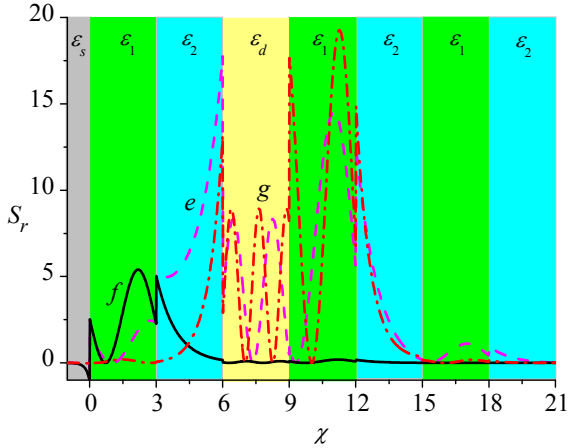


Рис. 4. Распределение плотности потока энергии во второй запрещенной зоне фотонного кристалла при $\omega_d = 0$

Из этого рисунка следует, что дисперсионная кривая 6 соответствует поверхностной плазменной моде. Дисперсионные кривые 5 и 7 описывают дефектные моды. Мода 5 имеет два максимума плотности потока энергии в дефектном слое, а мода 7 – три максимума потока энергии. Эти две дефектные моды характеризуются также наличием экстремальных значений плотности потока энергии в слое фотонного кристалла, который непосредственно примыкает к дефектному слою.

3. Спектр электромагнитных волн в случае, когда дефектный слой является проводящим. Пусть все параметры рассмотренной структуры остаются такими же, как и в предыдущем случае, за исключением лишь величины плазменной частоты дефектного слоя. Мы рассмотрели ситуацию, когда $\omega_d^2 = 0,5\omega_s^2$. Тогда в низкочастотной части первой запрещенной зоны фотонного кристалла диэлектрическая проницаемость дефектного слоя является отрицательной и в ней могут существовать лишь плазменные электромагнитные волны, локализованные вблизи границ проводящих слоев рассматриваемой структуры. Такие волны описываются дисперсионными кривыми 1–3 на рис. 5. В более высокочастотной второй запрещенной зоне фотонного кристалла диэлектрическая проницаемость дефектного слоя

является положительной. В ней наряду с плазменной модой могут существовать и дефектные электромагнитные волны, описываемые дисперсионными кривыми 4 и 5. Плазменной моде электромагнитных волн соответствует дисперсионная кривая 6. Во второй запрещенной зоне фотонного кристалла величина диэлектрической проницаемости дефектного слоя имеет промежуточное значение среди величин диэлектрических проницаемостей двух слоев элементарной ячейки фотонного кристалла. В этих условиях можно ожидать, что во второй запрещенной зоне фотонного кристалла будет существовать эффект резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн.

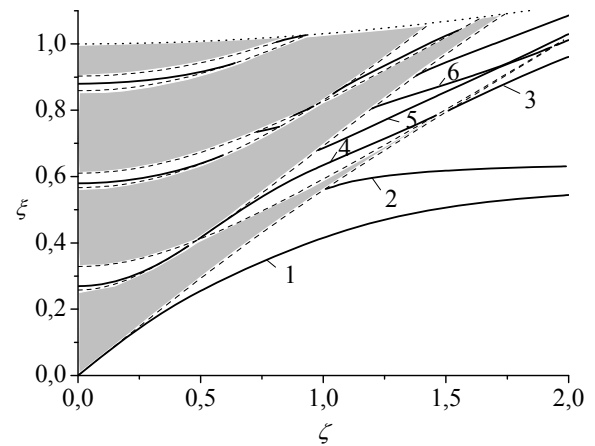


Рис. 5. Спектр электромагнитных волн при $\omega_d \neq 0$

Из рис. 5 видно, что этот эффект действительно имеет место. Об этом свидетельствует характерный изгиб дисперсионных кривых, соответствующий наличию области резонансного взаимодействия электромагнитных волн. Дисперсионная кривая 5 вначале соответствует дефектной моде. Дисперсионная кривая 6 начинается на верхней границе второй запрещенной зоны и при этом соответствует плазменной моде. С увеличением частоты электромагнитные волны начинают взаимодействовать между собой, обмениваясь при этом энергиями и областями локализации электромагнитного поля. В результате резонансного взаимодействия дефектная мода 5 превращается в плазменную моду, а плазменная мода 6 превращается в дефектную моду.

Таким образом, дефектные плазмоподобные слои с большими величинами диэлектрической постоянной кристаллической решетки могут использоваться для наблюдения эффекта резонансного взаимодействия электромагнитных волн в исследуемой структуре. Для этого необходимо выбрать величину плазменной частоты таким образом, чтобы диэлектрическая проницаемость дефектного слоя была положительной и имеющей

промежуточное значение между диэлектрическими проницаемостями двух слоев элементарной ячейки фотонного кристалла.

Выводы. Выполнены исследования спектральных и энергетических свойств электромагнитных волн в одномерных дефектных фотонных кристаллах, граничащих с плазмopodobной средой. Определены условия резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн во второй запрещенной зоне фотонного кристалла в случае, когда дефектный слой является проводящим. Установлено, что условия резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн сильно зависят от величины плазменной частоты дефектного слоя. Обнаружено, что эффект резонансного взаимодействия плазменных и дефектных электромагнитных волн возникает в том случае, когда величина плазменной частоты дефектного слоя такова, что величина диэлектрической проницаемости дефектного слоя является положительной и имеющей промежуточное значение между диэлектрическими проницаемостями двух слоев элементарной ячейки фотонного кристалла. Результаты проведенного исследования могут использоваться для создания новых типов приборов микроэлектроники и фотоники.

Библиографический список

1. *Surface state peculiarities in one-dimensional photonic crystal interfaces* / A. P. Vinogradov, A. V. Dorofeenko, S. G. Erokhin et al. // *Phys. Rev. B*. – 2006. – 74, N 4. – P. 045128 (8 p.).
2. *Белецкий Н. Н.* Взаимодействие плазменных и дефектных мод в одномерной дефектной диэлектрической структуре, граничащей с плазмopodobной средой / Н. Н. Белецкий, С. А. Борисенко, Н. И. Гвоздев // *Радиофизика и электрон.* – 2013. – 4(18), № 3. – С. 55–63.
3. *Белецкий Н. Н.* Резонансное взаимодействие электромагнитных волн в дефектной диэлектрической слоисто-периодической структуре, находящейся в плоскопараллельном волноводе / Н. Н. Белецкий, С. А. Борисенко, Н. И. Гвоздев // *Радиофизика и электрон.* – 2014. – 5(19), № 2. – С. 61–67.
4. *Белецкий Н. Н.* Влияние диэлектрической постоянной кристаллической решетки проводящей среды на резонансное взаимодействие электромагнитных волн в структуре дефектный фотонный кристалл-проводник / Н. Н. Белецкий, С. А. Борисенко, Н. И. Гвоздев // *Радиофизика и электрон.* – 2015. – 6(20), № 1. – С. 62–67.
5. *Optical Tamm States in One-Dimensional Magnetophotonic Structures* / T. Goto, A. V. Dorofeenko, A. M. Merzlikin et al. // *Phys. Rev. Lett.* – 2008. – 101, N 11. – P. 113902 (3 p.).
6. *Поверхностные состояния в фотонных кристаллах* / А. П. Виноградов, А. В. Дороеенко, А. М. Мерзликин, А. А. Лисянский // *Успехи физ. наук.* – 2010. – 180, вып. 3. – С. 249–263.
7. *Belozorov D. P.* Tamm states in magnetophotonic crystals and permittivity of wire medium / D. P. Belozorov, M. K. Khodzitskiy, S. I. Tarapov // *J. Phys. D.: Appl. Phys.* – 2009. – 42, N 5. – P. 055003 (5 p.).
8. *Bass F. G.* High-frequency phenomena in semiconductor superlattices / F. G. Bass, A. P. Teterov // *Phys. Rep.* – 1986. – 140, N 5. – P. 237–322.
9. *Tarapov S. I.* Microwaves in Dispersive Magnetic Composite Media / S. I. Tarapov, D. P. Belozorov // *Low Temperature Physics.* – 2012. – 38, N 7. – P. 766–792.
10. *Tamm plasmon polaritons: Slow and spatially compact light* / M. E. Sasin, R. P. Seisyan, M. A. Kaliteevski et al. // *Appl. Phys. Lett.* – 2008. – 92, N 25. – P. 251112 (3 p.).
11. *Tamm plasmon-polaritons: First experimental observation* / M. E. Sasin, R. P. Seisyan, M. A. Kaliteevski et al. // *Superlattices and Microstructures.* – 2010. – 47, N 1. – P. 44–49.
12. *Поверхностные электромагнитные состояния в структуре фотонный кристалл–феррит–плазмopodobная среда* / Ю. О. Аверков, С. И. Тарапов, А. А. Харченко, В. М. Яковенко // *Физика низких температур.* – 2014. – 40, № 7. – С. 856–863.
13. *Аверков Ю. О.* Зависимость частот поверхностных электромагнитных состояний в фотонных кристаллах от параметров двухслойной диэлектрической элементарной ячейки / Ю. О. Аверков, Н. Н. Белецкий, В. М. Яковенко // *Радиофизика и электрон.* – 2011. – 2(16), № 2. – С. 40–47.
14. *Аверков Ю. О.* Поверхностные электромагнитные волны в плазмopodobной среде, граничащей со слоисто-периодической структурой / Ю. О. Аверков, Н. Н. Белецкий, В. М. Яковенко // *Радиофизика и электрон.* – 2012. – 3(17), № 2. – С. 54–62.
15. *John S.* Strong Localization of Photons in Certain Disordered Dielectric Superlattices / S. John // *Phys. Rev. Lett.* – 1987. – 58, N 23. – P. 2486–2489.
16. *Photonic band structure and defects in one and two dimensions* / D.R. Smith, R. Dalicachouch, N. Kroll et al. // *J. Opt. Soc. Amer. B.* – 1993. – 10, N 2. – P. 314–321.
17. *Желтиков А. М.* Двумерные фотонные кристаллы с дефектом решетки: спектр дефектных мод, локализация света и формирование нерадиационных волн / А. М. Желтиков, С. А. Магницкий, А. В. Тарасишин // *Журн. эксперим. и теорет. физики.* – 2000. – 117, № 4. – С. 691–701.
18. *Ветров С. Я.* Локализованные электромагнитные моды и спектр пропускания одномерного фотонного кристалла с дефектами решетки / С. Я. Ветров, А. В. Шабанов // *Журн. эксперим. и теорет. физики.* – 2001. – 120, № 5. – С. 1126–1134.
19. *Ветров С. Я.* Особенности спектральных свойств одномерного фотонного кристалла с резонансным дефектным слоем нанокompозита / С. Я. Ветров, А. Ю. Авдеева, И. В. Тимофеев // *Журн. эксперим. и теорет. физики.* – 2011. – 140, № 5. – С. 871–878.

Рукопись поступила 23.03.2016.

N. N. Beletskii, S. A. Borysenko

ON THE SPECTRUM OF ELECTROMAGNETIC WAVES IN ONE-DIMENSIONAL DEFECTIVE PHOTON CRYSTAL BORDERING ON CONDUCTING MEDIUM

Currently much attention is paid to investigation of electromagnetic properties of defective photon crystals. This is stipulated by both the occurrence of plasma and defective waves in such crystals and the zone nature of the waves spectrum. One of the most interesting of the electromagnetic properties of the photon crystals is the resonance interaction of plasma and defective waves. It is found that the resonant interaction is observed most distinctly in the second forbidden band of the photon crystal. In this regard, the relevant problem is the study of the properties of the electromagnetic waves in various types of defective photon crystals. This paper is devoted to the study of the effect of resonant interaction of plasma and defective electromagnetic waves in one-dimensional defective photon crystals bordering on a conducting medium subject to the condition that the defective layer is plasma

like. It is shown that the best conditions for observing the effect of resonant interaction of plasma and defective electromagnetic waves take place in the case when the defective photon crystal borders on the semiconductor plasma and the magnitude of the dielectric permeability of the defective layer is positive and having an intermediate value between the values of the dielectric permeability of two layers of a unit cell of the photon crystal. The obtained results are of great practical importance for developing new devices of microelectronics and photonics.

Key words: defective photon crystal, conducting medium, plasma waves, defective waves, resonant interaction.

М. М. Білецький, С. А. Борисенко

ПРО СПЕКТР ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ
В ОДНОВИМІРНОМУ ДЕФЕКТНОМУ
ФОТОННОМУ КРИСТАЛІ, ЩО МЕЖУЄ
З ПРОВІДНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

У теперішній час велика увага приділяється дослідженню електромагнітних властивостей дефектних фотонних кристалів. Це обумовлено як наявністю плазмових і дефект-

них хвиль у таких кристалах, так і зонним характером спектра цих хвиль. Однією з найцікавіших електромагнітних властивостей дефектних фотонних кристалів є резонансна взаємодія плазмових і дефектних хвиль. Доведено, що резонансна взаємодія найбільш чітко спостерігається в другій забороненій зоні фотонного кристала. У зв'язку з цим актуальною задачею є дослідження властивостей електромагнітних хвиль у різних типах дефектних фотонних кристалів. Ця робота присвячена вивченню ефекту резонансної взаємодії плазмових і дефектних електромагнітних хвиль в одновимірних дефектних фотонних кристалах, що межують з провідним середовищем за умови, що дефектний шар є плазмоподібним. Виявлено, що найкращі умови для спостереження ефекту резонансної взаємодії плазмових і дефектних мод мають місце, коли дефектний фотонний кристал межує з напівпровідниковою плазмою, а величина діелектричної проникності дефектного шару є додатною і має проміжне значення між величинами діелектричної проникності двох шарів елементарної ланки фотонного кристала. Отримані результати мають важливе прикладне значення для створення нових приладів мікроелектроніки та фотоніки.

Ключові слова: дефектний фотонний кристал, провідне середовище, плазмові хвилі, дефектні хвилі, резонансна взаємодія.