

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОСВЕТЛЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРИЕМНИКОВ В ОБЛАСТИ ИХ ДИСПЕРСИИ ВОЛН

Ч.О.КАДЖАР, С.Р.КАСИМОВА

*Институт Физики НАН Азербайджана
AZ 1143, г.Баку, пр. Г.Джавида, 33*

Исследованы частотные характеристики отражения волн просветленного теплового приемника электромагнитного излучения при избирательных толщинах слоя покрытия и в предположении, что диэлектрические свойства материала приемника описываются дисперсией релаксационного типа.

Чувствительность плоского теплового приемника электромагнитного излучения может быть существенно повышена нанесением на его внешнюю поверхность слоя покрытия из непоглощающего вещества [1]. Исследуя подобное просветляющее действие покрытия и моделируя тепловой приемник сильнопоглощающей подложкой бесконечной толщины, в работе [2] было установлено, что безотражательное или полное гашение волны в рассматриваемой двухслойной системе покрытие-подложка возникает при избирательных значениях толщины слоя покрытия, частоты падающего излучения и определенных соотношениях между диэлектрическими параметрами системы. При этом отмечалось, что существование зависимости диэлектрических свойств материала подложки от частоты изменяет условия просветления системы и приводит к спектральному по своему характеру полного поглощения излучения в подложках, имеющих просветляющее покрытие.

В этой связи определенный практический интерес представляют исследования частотных характеристик отражения волн просветленной двухслойной системы покрытие-подложка при условии, что изменения диэлектрических свойств материала подложки с частотой описываются дисперсией релаксационного типа. Функциональная связь между толщиной l слоя покрытия, длиной волны λ падающего излучения и оптическими параметрами покрытия и подложки просветленной двухслойной системы определена следующими уравнениями:

$$\chi = \sqrt{(n-1)(n_1^2 - n)} \quad (1)$$

$$\frac{l}{\lambda_1} = \frac{2N-1}{4} + \frac{1}{4\pi n} \operatorname{arctg} \frac{2\chi n_1}{n_1^2 - n^2 - \chi^2} \quad (2)$$

где $\lambda_1 = \lambda/n$, n_1 – коэффициент преломления волны вещества просветляющего покрытия, n , χ – соответственно коэффициент преломления и показатель поглощения волны материала поглощающей подложки, λ_1 – длина волны в веществе покрытия, N – номер нулевого минимума зависимости амплитуды отраженной волны от l [1].

Входящие в уравнения (1) и (2) величины n , χ и n_1 связаны со значениями диэлектрической проницаемости покрытия ε_1 , диэлектрической проницаемости ε' и диэлектрических потерь ε'' подложки следующими известными соотношениями:

$$\varepsilon' = n^2 - \chi^2, \quad \varepsilon'' = 2n\chi, \quad \varepsilon_1 = n_1^2 \quad (3)$$

Уравнения (1) и (2) описывают условие полного или безотражательного прохождения волны в поглощающую подложку при заданной длине волны падающего излучения. Для того чтобы определить оптимальную область частот, где выполнимы условия просветления подложки, необходимо знание зависимости ее диэлектрических параметров от частоты. Дисперсии волн большинства поглощающих веществ в области сверхвысоких частот являются дисперсией релаксационного типа и достаточно адекватно описываются уравнениями Дебая:

$$\varepsilon' = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + (\omega\tau)^2}, \quad \varepsilon'' = \omega\tau \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + (\omega\tau)^2}, \quad (4)$$

где ε_0 , ε_∞ – соответственно внедисперсионные значения статической и высокочастотной диэлектрической проницаемости вещества подложки, τ – время релаксации, ω – круговая частота излучения [3].

Для анализа частотных характеристик отражения волны просветленной системы покрытие-поглощающая подложка вблизи избирательных значений толщины l_0 слоя покрытия и длины волны λ_0 падающего излучения использовалось выражение для определения комплексной величины коэффициента отражения волны ρ рассматриваемой двухслойной системы:

$$\rho = \frac{Z_{\text{ex}} - Z_0}{Z_{\text{ex}} + Z_0}, \quad (5)$$

где $Z_{\text{ex}} = Z_1 \frac{Z + iZ_1 \operatorname{tg} 2\pi x}{Z_1 + iZ \operatorname{tg} 2\pi x}$ – входное сопротивление системы, Z_0 , Z_1 , Z – волновые сопротивления соответственно свободного пространства, веществ покрытия и подложки, $x = l_0/\lambda_1$.

Подставим в уравнение (5) выражения для $Z = Z_0/(n - i\chi)$ и $Z_1 = Z_0/n_1$. Получим следующее выражение для модуля коэффициента отражения волны:

$$\rho = \sqrt{\frac{(E-1)^2 + F^2}{(E+1)^2 + F^2}}, \quad (6)$$

$$\text{где: } E = \frac{n(1+a^2)}{n^2 + \chi^2 - 2an_1\chi + a^2\chi^2}, \quad F = \frac{a(n^2 + \chi^2 - n_1^2) + n_1\chi(1-a^2)}{n_1(n^2 + \chi^2 - 2an_1\chi + a^2\chi^2)}.$$

Исследования частотных характеристик отражения волны просветленных двухслойных систем покрытие-подложка проводились при заданных избирательных значениях толщины слоя просветляющего покрытия. Последние определялись предварительно из совместного решения уравнений (1)-(4) при заданных величинах n_1 покрытия и дисперсионных параметрах ε_0 , ε_∞ , τ материала подложки.

Исследования частотных характеристик проводились в свободном пространстве в интервале частот 1÷100ГГц. В качестве материала подложки рассматриваемых систем были выбраны вещества, диэлектрические свойства которых описываются уравнениями Дебая и имели значения ε_0 , τ в пределах соответственно 5-30 единиц и 0.05÷1.10⁻¹⁰сек. При этом величина ε_∞ принималась равной 2, а в качестве материала покрытия использовалось вещество со значением коэффициента преломления $n_1=1.5$.

Результаты проведенных исследований отражены в Таблице и на Рис.1, Рис.2. Они показывают, что при заданном значении ε_0 нулевой минимум частотных характеристик отражения волн рассматриваемых двухслойных систем смещается с

ростом τ в область низких частот. Аналогичная картина поведения частотных характеристик отражения волн двухслойных систем отмечается с увеличением ε_0 при фиксированном значении τ . Было установлено, что при заданном значении ε_0 положение нулевого минимума и вид самой частотной характеристики отражения волн системы не изменяется, если по оси абсцисс в качестве переменного параметра использовать отношение τ/λ (Рис.1.). Последнее указывает на синхронность изменения избирательного значения λ_0 с изменением величины τ вещества подложки при заданной величине ε_0 .

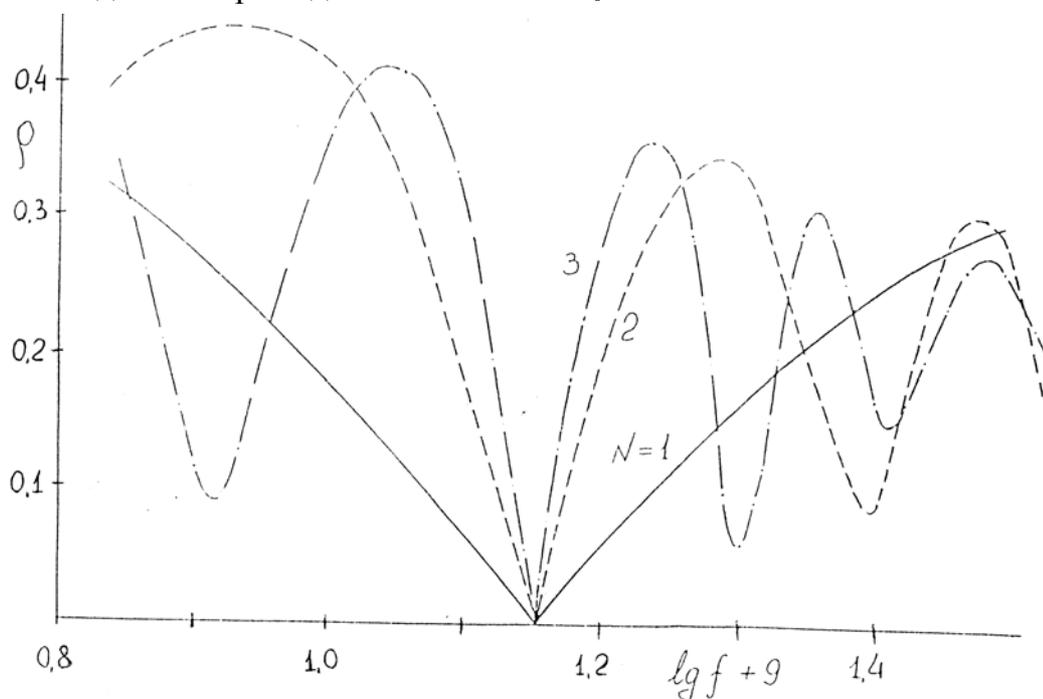


Рис.1.

Частотные характеристики отражения волны просветленной двухслойной системы покрытие-подложка при коэффициенте преломления покрытия $n_1=1.5$ и различных значениях статической диэлектрической проницаемости ε_0 и времени релаксации τ подложки. Высокочастотная диэлектрическая проницаемость подложки $\varepsilon_\infty = 2$.

По найденным частотным характеристикам отражения волн двухслойных систем были определены величины их относительных полос просветления $\Delta\lambda/\lambda$ в зависимости от диэлектрических свойств подложки и номера нулевого минимума зависимости ρ от l . Результаты этих расчетов даны в таблице для ряда гипотетических полярных веществ подложки. Величина $\Delta\lambda/\lambda_0$ оценивалась вблизи избирательных значений λ_0 и l_0 при $n_1=1.5$ и в предположении, что значения модуля коэффициента отражения волны ρ_2 двухслойной системы на границах полосы не превышает величину 0.01. Полученные результаты указывают на инвариантность значения полосы просветления $\Delta\lambda/\lambda_0$ для заданного соотношения τ/λ_0 и величин $\varepsilon_0, \varepsilon_\infty$. Установлено, что с ростом номера N полоса избирательного поглощения излучения существенно снижается по своей величине. Это подтверждают приведенные на Рис.2 частотные характеристики отражения волны просветленной двухслойной системы, где в качестве материала подложки использован этиловый спирт, а в качестве покрытия – вещество с коэффициентом преломления $n_1=1.5$ и с расчетными значениями толщины слоя покрытия 0.21, 0.92, 1.63 см, соответствующими $N=1, 2$ и 3.

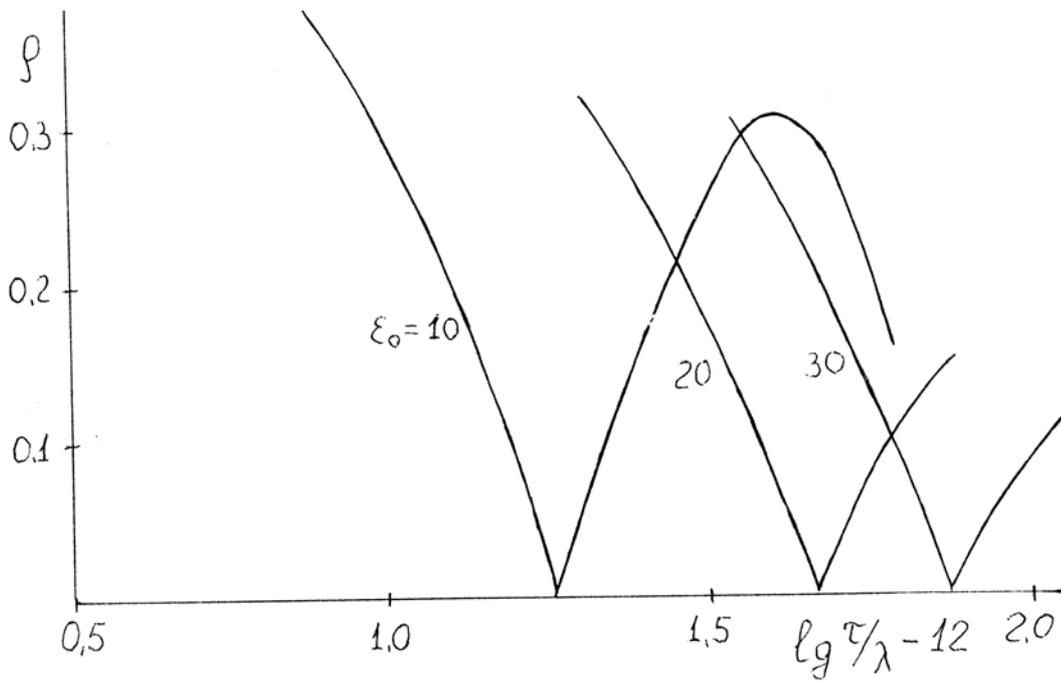


Рис.2.

Частотные характеристики отражения волны этилового спирта при наличии просветляющего покрытия с коэффициентом преломления $n_1=1.5$.

Таблица

Связь между избирательными значениями длины волны λ_0 излучения, толщинами слоя покрытия l_0 , относительными полосами поглощения $\Delta\lambda/\rho_e\lambda$, статической диэлектрической проницаемостью ϵ_0 и временем релаксации τ вещества подложки. Высокочастотный предел дисперсии волн подложки $\epsilon_\infty=2$. Коэффициент преломления волны покрытия $n_1=1.5$.

ϵ_0	$\tau \cdot 10^{10} \text{ с}$	$l_0, \text{ см}$	$\lambda_0, \text{ см}$	$N = 1$	$N = 2$	$N = 3$
				$\Delta\lambda/\rho_e\lambda$	$\Delta\lambda/\rho_e\lambda$	$\Delta\lambda/\rho_e\lambda$
20	1	0.223	2.147	3.70 ± 0.08	1.13 ± 0.05	0.66 ± 0.04
	0,5	0.111	1.073			
	0,3	0.067	0.644			
	0,2	0.0445	0.429			
	0,1	0.0222	0.215			
	0,05	0.0111	0.107			
10	1	0.611	5.443	3.60 ± 0.08	1.12 ± 0.05	0.66 ± 0.04
	0,5	0.306	2.721			
	0,3	0.183	1.833			
	0,2	0.122	1.089			
	0,1	0.061	0.544			
	0,05	0.031	0.272			

Таким образом, проведенные исследования частотных характеристик отражения волн двухслойных просветленных систем вблизи их избирательных значений длины волны λ_0 падающего излучения и толщины l_0 слоя покрытия указывают, что их поведение и величина полосы просветления системы зависят от l_0 и значений статических диэлектрических проницаемостей материала подложки и сохраняются инвариантными в зависимости от соотношения между его временем релаксации и λ_0 .

1. Ч.О.Каджар, Р.М.Касимов, С.Р.Касимова, *Прикладная физика*, № 4 (2000) 101.
2. Ч.О.Каджар, С.Р. Касимова, *Физика*, 6 № 3 (2000) 45.
3. Я.Ю.Ахадов, *Диэлектрические параметры чистых жидкостей*, М.: Изд. МАИ, (1999) 834.

**ŞƏFFAFLANMIŞ İSTİLİK QƏBULEDİCİLƏRİNİN DALĞA DISPERSİYASI MÜHİTİNDƏ
ELEKTROMAQNİT ŞÜALANMASININ ƏKSETMƏ TEZLİK XARAKTERİSTİKALARI**

Ç.O.QACAR, S.R.QASIMOVA

Qəbuledici materialın dielektrik xassələri relaksasiya tipli dispersiya ilə göstərilməklə, örtük qatının seçilmiş qalınlığında elektromaqnit şüalarının şəffaflanmış istilik qəbuledicilərinin əksetmə dalğasının tezlik xarakteristikaları tədqiq edilmişdir.

**THE FREQUENCY CHARACTERISTICS OF REFLECTION OF ELECTROMAGNETIC
RADIATION OF TRANSLUCENCED THERMORECEIVERS
IN ITS WAVE DISPERSION DIAPASONE**

Ch.O.QAJAR, S.R.KASIMOVA

The frequency characteristics of wave reflection of translucenced thermo receiver of electromagnetic radiation at selective thicknesses of cover's layer and under suggestion that dielectric properties of receiver's material were described by dispersion of relaxation type are investigated.

Редактор: Э.Гусейнов