



ПОВЫШЕНИЕ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ

С. Р. Касимова

*Кандидат физико-математических наук, доцент,
e-mail: sevda.gasimova@yahoo.com,
Азербайджанский технический университет,
г. Баку, Азербайджан*

INCREASE IN REFLECTIVE ABILITY OF COVERINGS

S. R. Kasimova

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
assistant professor,
e-mail: sevda.gasimova@yahoo.com,
Azerbaijan Technical University,
Baku, Azerbaijan*

Abstract. The possibility of increase in reflection of electromagnetic radiation from the flat absorbing covering by drawing on him not absorbing coordinating layer of the set thickness is considered. The dependence of the reflected wave on thickness of the coordinating layer and optical properties of substances of the similar two-layer system consisting of the infinite absorbing substrate and the layer of not absorbing covering regulated on thickness applied on her, for improvement reflective abilities of coverings is investigated. It is possible to estimate as far as the coefficient of a standing wave of the reflector when drawing changes on him not absorbing covering.

Keywords: electromagnetic wave; surface of reflection.

Анализ характеристик отражения электромагнитных волн двухслойной системы, состоящей из бесконечной поглощающей подложки и нанесенного на нее регулируемого по толщине слоя не поглощающего покрытия, может быть использован при решении задачи улучшения отражательной способности покрытий [1; 2]. Рассматриваемая двухслойная система представляет

собой плоский отражатель электромагнитного излучения, на поверхность которого нанесен регулируемый по толщине слой l_1 из не поглощающего вещества с коэффициентом преломления волны n_1 . При этом материал отражателя имеет комплексное значение коэффициента отражения волны $\hat{n} = n - i\chi$, где n и χ – соответственно ко-



эффиценты преломления и поглощения волны отражателя. Комплексное значение коэффициента отражения волны данной двухслойной системы равно:

$$\hat{\rho} = \frac{Z_{BX} - Z_0}{Z_{BX} + Z_0}; \quad (1)$$

где: $Z_{BX} = Z_1 \frac{Z + Z_1 \operatorname{th} \gamma_1 l_1}{Z_1 + Z \operatorname{th} \gamma_1 l_1}$ – входное

сопротивление системы; Z_0 , Z_1 и Z – волновые сопротивления соответственно вакуума, покрытия и отражателя; $\gamma_1 = i2\pi n_1 / \lambda$ – постоянная распространения волны в веществе покрытия; λ – длина волны падающего излучения [3].

Введем обозначения $a = \operatorname{tg} 2\pi n_1 / \lambda$. Тогда выражение для входного сопротивления системы представлено в следующем виде:

$$Z_{BX} = \frac{A + iC}{B + iD}; \quad (2)$$

где: $A = n_1 + a\chi$; $B = nn_1$; $C = an$; $D = n_1(an_1 - \chi)$.

Подставим выражение (2) в уравнение (1). Получим следующее уравнение для модуля коэффициента отражения волны данной двухслойной системы:

$$\rho = \sqrt{\frac{P - Q}{P + Q}}; \quad (3)$$

где: $P = A^2 + B^2 + C^2 + D^2$; $Q = 2AB + 2CD$

Зависимость ρ от l_1 представляет собой осциллирующую и затухающую функцию, у которой ее экстремальные значения реализуются при толщинах слоя покрытия, определяемых из соотношения:

$$\frac{l_{1\pm}}{\lambda_1} = \frac{1}{4\pi} \operatorname{arctg} \frac{2\chi n_1}{n_1^2 - n^2 - \chi^2}; \quad (4)$$

где: $\lambda_1 = \lambda/n_1$ = длина волны в веществе покрытия.

Экстремумы функции $\rho(l_1)$ находятся на расстояниях кратных $\lambda_1/4$. При этом первым экстремумом является ее мини-

мум. Входное сопротивление в экстремальных точках функции $\rho(l_1)$ является вещественной величиной и равно $Z_{BX} = MZ_0$, где:

$$M = \frac{an}{an_1^2 - \chi n_1}. \quad (5)$$

Из совместного решения уравнений (4) и (5), следует, что в точках экстремума функции $\rho(l_1)$ выполняется следующее соотношение:

$$\chi = \sqrt{(nM - 1)(n_1^2 - n/M)}. \quad (6)$$

Подставим выражение (5) в уравнение (3) и сравним полученное уравнение для ρ с известным соотношением между ρ и коэффициентом стоячей волны η :

$$\rho = \left| \frac{M - 1}{M + 1} \right| = \frac{\eta - 1}{\eta + 1} \quad (7)$$

Из их сравнения вытекает, что в экстремальных точках функции $\rho(l_1)$ возможны два варианта связи между экстремальными значениями η_{\pm} и волновым сопротивлением системы:

$$\eta_{\pm} = \begin{cases} M \\ 1/M \end{cases}. \quad (8)$$

Из анализа поведения зависимости $\rho(l_1)$ следует, что в точках максимумов функции $\rho(l_1)$ $M < 1$. Тогда, согласно выражениям (6) и (8), имеем, что максимальным значениям коэффициента стоячей волны η_{\max} соответствуют следующие соотношения:

$$\eta_{\max} = \frac{1}{M};$$

$$\chi = \sqrt{(n/\eta_{\max} - 1)(n_1^2 - n\eta_{\max})}. \quad (9)$$

Используя полученные уравнения (7)–(9) имеем, что максимуму отражения волны от рассматриваемой слоистой системы будет соответствовать следующее соотношение между коэффициентом преломления n_1 материала покрытия и коэффициентами преломления n и поглощения χ отражателя



$$\frac{n^2 + \chi^2 + n_1^2}{nn_1} = \frac{n_1}{\eta_{\max}} + \frac{\eta_{\max}}{n_1}. \quad (10)$$

При отсутствии покрытия модуль коэффициента отражения волны отражателя определяется уравнением Френеля:

$$\rho_0 = \sqrt{\frac{(1-n)^2 + \chi^2}{(1+n)^2 + \chi^2}}. \quad (11)$$

Из него следует, что выражение для коэффициента стоячей волны отражателя при отсутствии покрытия:

$$\frac{n^2 + \chi^2 + 1}{n} = \eta_0 + \frac{1}{\eta_0}. \quad (12)$$

Из совместного решения уравнений (10)–(12) можно оценить насколько изменится коэффициент стоячей волны отражателя при нанесении на него непоглощающего покрытия. Если пренебречь ввиду малости $1/\eta_0$ и $1/\eta_{\max}$, то получим:

$$\eta_{\max} = \eta_0 + \frac{n_1^2 - 1}{n}. \quad (13)$$

Ограничимся ближайшим максимумом функции $\rho(l_1)$. В этом случае требуемая толщина слоя покрытия определится из соотношения $l_{1\max} / \lambda = 0,25 + \Delta$, где

$$\Delta = \frac{1}{4\pi} \operatorname{arctg} \frac{2\chi n_1}{n^2 + \chi^2 - n_1^2}; \quad (14)$$

Библиографический список

1. Касимов Р. М., Каджар Ч. О., Касимова С. Р. Просветление тепловых приемников электромагнитного излучения. // Журнал прикладной физики. – 2000. – № 4. С. 101–106.
2. Kasimova S. R. Reflection less absorption of electromagnetic radiation incident at an angle upon a clarified absorbing substrate. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. USA, New-York. 2008, vol. 81. – № 2. – P. 236–241.
3. Харвей А.Ф. Техника сверхвысоких частот. – М. : Сов. Радио, 1965. т. 1. – 784 с.

Bibliograficheskiy spisok

1. Kasimov R. M., Kadzhar Ch. O., Kasimova S. R. Prosvetlenie teplovykh priemnikov jelektromagnitnogo izlucheniya. // Zhurnal prikladnoj fiziki. – 2000. – № 4. S. 101–106.
2. Kasimova S. R. Reflection less absorption of electromagnetic radiation incident at an angle upon a clarified absorbing substrate. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. USA, New-York. 2008, vol. 81. – № 2. – R. 236–241.
3. Harvej A.F. Tehnika sverhvysokih chastot. – М. : Sov. Radio, 1965. t. 1. – 784 s.

© Касимова С. Р., 2017.