

NON-REFLECTIVE COATINGS THAT PROVIDE DEFENSE FOR OBJECTS FROM LIGHT DETECTION

Kasimova S.,

*doctor of technical sciences, professor,
Azerbaijan Technical University*

Kasimov E.

*doctor of physical and mathematical sciences.
Baku, Azerbaijan*

БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ УКРЫТИЕ ОБЪЕКТОВ ОТ ИХ СВЕТОВОГО ОБНАРУЖЕНИЯ

Касимова С.Р.

*доктор технических наук, профессор,
Азербайджанский Технический Университет*

Касимов Э.Р.

*доктор физико-математических наук
Баку, Азербайджан*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10899506>

Abstract

The conditions and frequency band of complete absorption of electromagnetic radiation in the absorbing magnet-dielectric system were studied depending on the selective values of the dielectric constant of the substrate, magnetic properties and thickness of the magnetic coating layer, which make it possible to almost completely extinguish the radiation when creating anti-radar non-reflective coatings, providing shelter for objects from their light detection.

Аннотация

Исследовались условия и частотная полоса полного поглощения электромагнитного излучения в системе поглощающий магнетик-диэлектрик в зависимости от избирательных значений диэлектрической проницаемости подложки, магнитных свойств и толщины слоя магнитного покрытия, позволяющие практически полностью погасить излучение, при создании антирадарных неотражающих покрытий, обеспечивающие укрытие объектов от их светового обнаружения.

Keywords: non-reflective coatings, magnetic coatings, dielectric coatings, total absorption, electromagnetic radiation, substrate, layers.

Ключевые слова: неотражающие покрытия, магнитные покрытия, диэлектрические покрытия, полное поглощение, электромагнитное излучение, подложка, слои.

Анализировались характеристики отражения электромагнитной волны от плоского слоя поглощающего магнетика, нанесенного на непоглощающий полубесконечный слой диэлектрика. Определены границы существования у этих зависимостей нормальной и аномальной областей, отличающихся характером изменения их экстремальных величин с ростом толщины слоя [1,2].

При разработке безотражательных покрытий на диэлектрической подложке важным является оценка степени отражения падающего излучения в пределах некоторой полосы длин волн излучения вблизи избирательных значений l_0 и λ_0 , при которых в системе создаются условия полного прохождения волн [3,4].

Для определения полосы длин волн $\Delta\lambda$, в пределах которой значение ρ отлично от нуля и не превышает некоторой величины ρ_r , будем считать, что граничное значение ρ_r мало, а магнитные и оптические свойства поглощающего слоя покрытия и подложки не меняются с частотой [5,6]. При частотной

зависимости коэффициента отражения волны двух-слойной системы, определяемой уравнением (1), величина этой полосы будет равна:

$$Z_{BX} = Z_0(E + iF) = Z_0 \tanh(\psi_1 + i\psi_2); \quad (1)$$

$$\Delta\lambda = \frac{4\rho_r}{\sqrt{(E'_0)^2 + (F'_0)^2}}; \quad (2)$$

где: E'_0, F'_0 – производные соответственно вещественной и мнимой частей приведенного входного сопротивления Z_d/Z_0 рассматриваемой двух-слойной системы при ее избирательных значениях λ_0 и l_0 .

Используем выражения для E и F для нахождения E'_0 и F'_0 . После их подстановки в уравнение (2) получим:

$$\frac{\Delta\lambda}{\rho_r \lambda_0} = \frac{sh(4\pi x_0 y_0 - \ln r_{10})}{\pi x_0}; \quad (3)$$

где индекс 0 соответствует избирательным значениям n, y поглощающего слоя, длины волн излучения λ и модуля коэффициента отражения волны r_1 на границе покрытие–подложка.

При высоких значениях N величиной Δ в уравнении (4.11) для x_0 можно пренебречь ввиду ее малости по сравнению с N и воспользоваться приближенным уравнением:

$$\frac{\Delta\lambda}{\rho_z \lambda_0} = \frac{4sh[\pi y_0(2N-1) - \ln r_{10}]}{\pi(2N-1)}. \quad (4)$$

В частном случае, когда материал пограничного слоя не поглощает электромагнитного излучения ($y_0=0$, $\Delta=0$) и выполняются условия просветленной оптики, уравнение (4) приводится к виду:

$$\frac{\Delta\lambda}{\rho_z \lambda_0} = \frac{8n_0}{\pi(2N-1)(n_0^2-1)}; \quad (5)$$

Если в качестве вещества второй среды использовать металл, то $r_2 \rightarrow 1$. В результате из уравнения (4) следует соотношение:

$$\frac{\Delta\lambda}{\rho_z \lambda_0} = \frac{sh(4\pi x_0 y_0)}{\pi x_0}; \quad (6)$$

На рис.1 представлены вычисленные по уравнению (3) зависимости между приведенными значениями относительной полосы пропускания волны $\Delta\lambda/\rho_z \lambda_0$ и избирательными величинами n , n_1 соответственно покрытия и подложки. веществ поглощающего слоя вещества и прилегающих к нему

сред [7,8]. Зависимости даны для первых двух нулевых минимумов функции $\rho(x)$.

Значение относительной полосы поглощения $\Delta\lambda/\rho_z \lambda_0$ при заданных избирательных величинах λ_0 и l_0 уменьшается с увеличением N и величины n_1 . Величина полосы возрастает с увеличением n и проходит через максимум вблизи $n = n_1$. Положение этого максимума слабо зависит от N и n_1 . При заданной величине N получаемые зависимости в плоскости координат ограничены предельными кривыми, данными на рис.1 штриховыми и штрих-пунктирными линиями [9-12]. Из них, нижняя, описываемая уравнением (6), соответствует случаю, когда в качестве второй среды использована металлическая подложка, а верхняя, описываемая уравнением (5).

Таким образом, величина полосы поглощения у рассматриваемой системы всегда оказывается выше, чем при нанесении поглощающего слоя на металлическую подложку, но ниже при отсутствии в нем поглощения. Эти различия уменьшаются с увеличением избирательных значений n , а сами сравниваемые кривые в пределе при высоких значениях n асимптотически приближаются друг к другу [13-16].

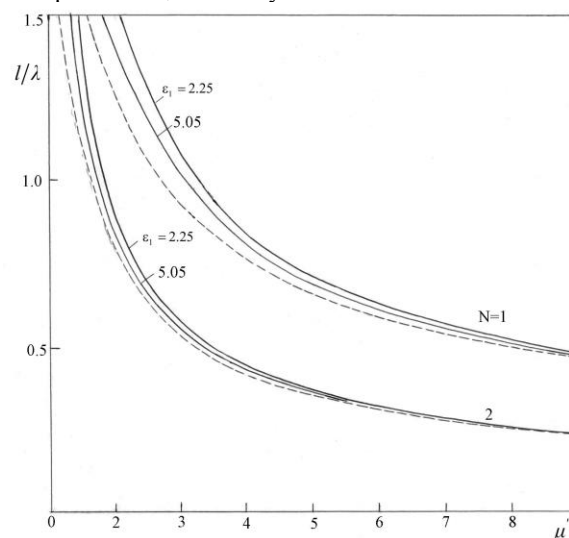


Рис.1. Зависимости между величинами относительной полосы $\Delta\lambda/\rho_z \lambda_0$ гашения электромагнитного излучения и избирательными значениями магнитной проницаемости μ' покрытия и диэлектрической проницаемости ϵ_1 подложки при прохождении волны через двухслойную систему магнетик-диэлектрик (штриховые кривые – металлическая подложка).

References:

1. R.M.Kasimov. Variational method for measuring the dielectric parameters of polar liquids in the microwave range, Measurement Techniques, № 10, 1963, ss.48-49.
2. R.M.Kasimov. Device for continuous measurement of the electromagnetic wavelength of liquid dielectrics in a flow in a microwave circuit, Certificate of authorship. № 254591, 1969, BI №32.
3. R.M.Kasimov, S.R.Kasimova, Measurements of the magnetic properties of magnetic liquids in waveguide, Measurement Techniques, USA, New-York, 2011, Vol.54, Is.6, pp.703-706
4. R.M.Kasimov, S.R.Kasimova, Nonreflective passage of electromagnetic radiation on its incidence at

an angle on the absorbing layer of a dielectric, Journal of Engineering Physics and Thermophysics, New-York, USA, 2011, Vol.84, Is.4, pp.787-793.

5. R.M.Kasimov, S.R.Kasimova, Measurements of the dielectric parameters of weakly absorbing liquids in the microwave band, Measurement Techniques, USA, New-York, 2002, Vol.45, №7, pp.765-768.
6. S.R.Kasimova, Reflectionless transmission of electromagnetic radiation through a magnetic-dielectric system, Journal of Engineering Physics and Thermophysics, USA, New-York, 2012, Vol.85, №3, pp.716-720.
7. S.R. Kasimova, 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, pp.236-241.

8. S.R.Kasimova. Measurements of the dielectric properties of strongly absorbing substances at microwave frequencies // Measurement Techniques, USA, New-York, 2016, Vol.58, Is.12, pp.1372-1375.

9. S.R.Kasimova, Methods for measuring dielectric and magnetic properties of solid and liquid substances in the ultrahigh frequency range, Monograph, 2016, Qrif №98-2016, 175 p.

10. S.R. Kasimova. Improvement of the reflectivity of flat coatings, Journal of Engineering Physics and Thermophysics, USA, New-York, 2018, Vol.91, Is.6, pp.1592–1594.

11. Kasimova S.R. The Application of effect of non-reflective absorption of electromagnetic radiation for increasing of sensitivity and exactitude in optical and dielectric measurements. Abstract of the PhD dissertation. ANAS. 2001. No.397

12. S.R. Kasimova, E.R. Kasimov, Complete absorption of an electromagnetic wave in a two-layer magnetodielectric-metal system, Paradigmata Poznání,

Czech Republic, Prague, 2019, №4, pp.18-20. (IF: 0.966).

13. S.R.Gasimova, E.R.Gasimov. Two layer non-reflecting absorber of electromagnetic radiation with magnetic absorbing coating // International Academic Conference on Engineering, Internet and Technology. Prague, Czech Republic. 2014, dec.12-13, pp.234-237.

14. S.R.Kasimova, E.R.Kasimov. Separation of an Assigned Polarization Component of Electromagnetic Radiation in its Reflection from an Antireflection Absorbing Substrate // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. USA, New-York. 2015, Vol.88, Is.5, pp 1175-1182.

15. S.R.Kasimova, E.R.Kasimov. Complete absorption of an electromagnetic wave in a two-layer magnetodielectric-metal system, Paradigmata Poznání, Czech Republic, Prague, 2019, №4, pp.18-20.

16. S.R.Kasimova. Microwave non-reflective coatings and development of methods of their dielectric and magnetic parameters. Abstract of doctoral dissertation. 2021.