



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9
Iyun
June 2005
Июнь

səhifə
№214 page 815-816
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СЛОИСТЫХ СИСТЕМАХ

САДЫХОВ М.А., АЗИЗОВ С.Т., ЗЕЙНАЛОВА А.С.

*Институт Физики Национальной Академии Наук Азербайджана
AZ 1143, Баку, пр. Джавида 33, samir_azizov@rambler.ru*

Разработаны алгоритм и реализующая его программа, для автоматизированного расчета частотных характеристик отражения микроволнового излучения в слоистых системах. Она основана на последовательном расчете входных сопротивлений каждого слоя.

Р. Касимовым был предсказан и экспериментально подтвержден эффект безотражательного поглощения электромагнитного излучения в двухслойных системах диэлектрик-металл [1]. Эффект узкополосного поглощения наблюдался для определенных характеристических для используемого диэлектрика частот. Поглощающие покрытия из таких диэлектриков могут найти широкое применение для защиты объектов от узкополосного излучения. Для увеличения полосы частот безотражательного поглощения было предложено использовать четвертьволновые слои из непоглощающего материала нанесенных на двухслойную систему диэлектрик-металл. Использование таких слоистых систем позволит заметно увеличить относительную полосу поглощения.

Для расчета частотных характеристик отражения такой системы вблизи избирательных значений l_0 , λ_0 использовалось следующее выражение для модуля коэффициента стоячей волны [1, 2]

$$\rho = \left| \frac{Z_{\text{вхм}} - Z_0}{Z_{\text{вхм}} + Z_0} \right| \quad (1)$$

где $Z_{\text{вхм}}$ — входное сопротивление многослойной системы, зависящая от частоты, свойств веществ и геометрических размеров направляющей системы.

Для автоматизированного расчета частотных характеристик, а именно коэффициента стоячей волны ρ при заданной длине волны, была создана программа, алгоритм которой представлен на рисунке 1.

Он построен по принципу последовательных вычислений входных сопротивлений составляющих систему слоев по ходу подключения их к поглощающему основному слою. Учитывая такой принцип входное сопротивление системы при подключении к ней i -дополнительного слоя покрытия будет равно:

$$Z_{\%i} = \frac{Z_{\%i-1} + Z_i \operatorname{th} \gamma_i l}{1 + \frac{Z_{\%i-1}}{Z_i} \operatorname{th} \gamma_i l} \quad (2)$$

где $Z_{\text{вх}i}$, $Z_{\text{вх}i-1}$ — входные сопротивления системы при наличии в ней соответственно i и $i-1$ слоев; Z_i — волновое сопротивление i -слоя; γ_i — постоянная распространения в веществе i -слоя [3,4].

Из уравнения (2) следует, что входное сопротивление многослойной системы, состоящей из поглощающего слоя и одного дополнительного слоя определится уравнением вида

$$Z_{\text{вх}1} = \frac{Z_{\text{вх}} + Z_1 \operatorname{th} \gamma_1 l}{1 + \frac{Z_{\text{вх}}}{Z_1} \operatorname{th} \gamma_1 l} \quad (3)$$

где $Z_{\text{вх}}$ — входное сопротивление поглощающего слоя.

По определению $Z_{\text{вх}} = Z \operatorname{th} \gamma l$. Используя в ней выражение для Z и γ получим

$$Z_{\text{вх}} = M + iN \quad (4)$$

$$\text{где } M = \frac{1}{n(1+y^2)} \frac{sh4\pi\bar{x}y - y \sin 4\pi\bar{x}}{ch4\pi\bar{x}y + \cos 4\pi\bar{x}};$$

$$N = \frac{1}{n(1+y^2)} \frac{y sh4\pi\bar{x}y + \sin 4\pi\bar{x}}{ch4\pi\bar{x}y + \cos 4\pi\bar{x}}$$

Блок-схема алгоритма расчета функциональной зависимости модуля коэффициента стоячей волны ρ от длины волны λ падающего на систему излучения, представленная на рисунке 1, составлена для случая отражения волны, распространяющейся в свободном пространстве. При этом допускалось, что диэлектрические свойства вещества поглощающего слоя описываются уравнением Дебая, а диэлектрические проницаемости m дополнительных слоев имеют соответственно значения $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_m$.

Для проведения вычислений в программу надо вносить значения $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_m$, и значение l_0 , найденное в соответствии с алгоритмом рис.1 и соответствующее условию полного безотражательного поглощения излучения в многослойной системе. Выбирается интервал варьирования длины волны ($\lambda_{\min}, \lambda_{\max}$) и шаг его изменения $\Delta\lambda$.

В соответствии с алгоритмом при каждом фиксированном значении λ_i производится расчет $\varepsilon', \varepsilon'', y, x, n$ по формулам, вытекающим из уравнения Дебая [1,2,3]:

$$\varepsilon' = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + (2\pi \frac{c}{\lambda} \tau)^2}; \quad \varepsilon'' = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + (2\pi \frac{c}{\lambda} \tau)^2} \quad (5)$$

$$y = \frac{\sqrt{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2} - \varepsilon'}{\varepsilon''}; \quad n = \sqrt{\frac{2y}{\varepsilon''}};$$

$$x = 2\pi \frac{l_0 n}{\lambda} \quad (6)$$

где c — скорость света.

Далее, последовательно вычисляются входное сопротивление поглощающего слоя по уравнению (4), входное сопротивление при наличии 1-го дополнительного слоя по уравнению (3) и т.д. После завершения расчета входного сопротивления всей системы, содержащей m -дополнительных слоев с использованием уравнения (2), производится вычисление модуля коэффициента отражения ρ по уравнению (1).

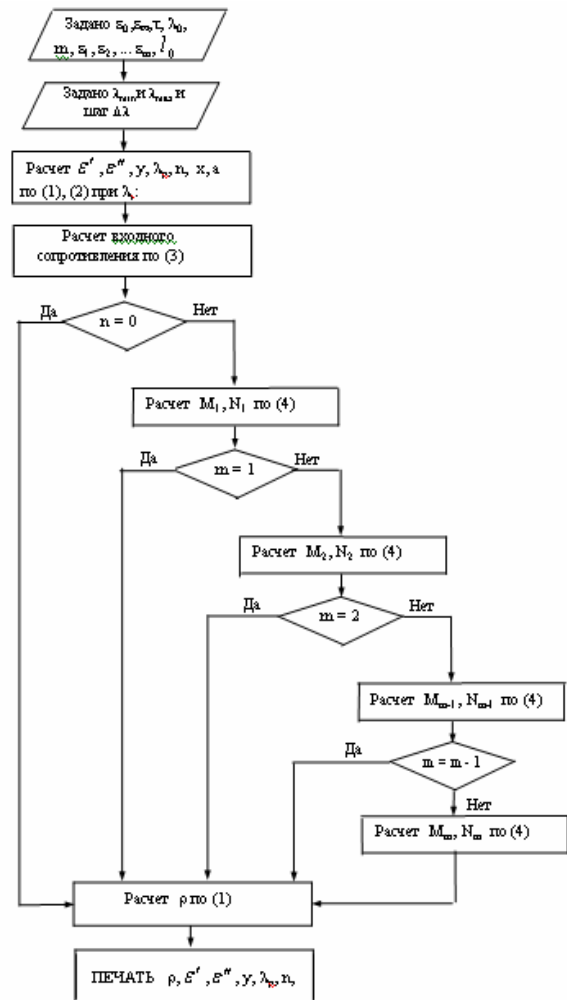


Рис.1 Блок-схема алгоритма расчета частотных характеристик отражения слоистой системы, формируемой на металлической подложке. где c — скорость света.

При распространении волны в волноводе или другой направляющей системе, структура данного алгоритма расчета частотных характеристик отражения многослойной системы сохраняется. В этом случае необходимо произвести замену используемых значений $\varepsilon_0, \varepsilon_\infty, \tau, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_m, \lambda$ на их приведенные значения $\frac{\varepsilon_0 - p}{1 - p}; \frac{\varepsilon_\infty - p}{1 - p};$

$$\tau \sqrt{1 - p}; \frac{\varepsilon_1 - p}{1 - p}; \frac{\varepsilon_2 - p}{1 - p}; \frac{\varepsilon_n - p}{1 - p}.$$

Касимов Р.М. Инженерно-Физический журнал, 1994, т.66, N 5-6, стр.
 [1]. Касимов Р.М., Калафи М.А., Касимов Э.Р., Каджар Ч.О, Салаев Э.Ю. Журнал технической физики, 1996, т.67, 2.с.167

[2]. М.А. Садыхов, Э.Р. Касимов, Р.М. Касимов, Ч.О. Каджар. Физика, т.4, №4, 1998, сс. 63-66.
 [3]. М.А. Садыхов, Э.Р. Касимов, Препринт, №001, 1999, 49с.