



УДК: 621:3.035.222.7: 621.317.335.3

DOI: 10.24045/pp.2017.3.5

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМПУЛЬСНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

С. Р. Касимова

*Кандидат физико-математических наук
(Ph. D.), доцент
Азербайджанский технический
университет
г. Баку, Азербайджан*

APPLICATION OF THE METHOD OF PULSE SOUNDING THE SUBSTANCE FOR IDENTIFYING AND MEASURING THE DIELECTRIC PROPERTIES OF POLAR LIQUIDS

S. R. Kasimova

*Ph. D., assistant professor
Azerbaijan Technical University
Baku, Azerbaijan*

Abstract. Provided a method of the identification of polar liquids and, based on a more accurate method of measuring their dielectric properties in the microwave frequencies. Used phenomenon or reflectorless total absorption of waves in a two-layer system of dielectric-metal that occurs in the wave dispersion coating agent under strictly defined election thicknesses of the coating layer and the incident frequency of the incident radiation. The existence of a spectrum election of frequency values and thickness makes it possible to identify the test substance by comparing its spectrum with spectra of known substances.

Keywords: identification; the dielectric properties of the liquid.



В практике измерения диэлектрической проницаемости ϵ' и диэлектрических потерь ϵ'' полярных жидкостей в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ) находит применение метод импульсного зондирования электромагнитным излучением поглощающего вещества [1]. Он оправдывает себя в случае измерения сильно поглощающей жидкости, в которой из-за сильного затухания излучения не возникает интерференция падающей и отраженной волн из-за конечности длины короткозамкнутой на конце измерительной ячейке. Вместе с тем, как установлено в работе [2], в области дисперсии волн любой полярной жидкости при определенных значениях ее толщины слоя l_0 и длины волны λ_0 излучения может возникнуть явление полного (безотражательного) падающей волны. Эти избирательные значения l_0 и λ_0 отличаются у различных веществ, что создает возможность идентифицировать по ним полярную жидкость.

В этой связи рассмотрена применимость метода импульсного зондирования слоя полярной жидкости в задаче ее идентификации, а также для более точного измерения ее диэлектрических свойств в диапазоне СВЧ. В основе такого подхода лежит использование явления безотражательного или полного поглощения волны в двухслойной системе диэлектрик-металл, которое воз-

никает в области дисперсии волн вещества покрытия при строго определенных избирательных значениях толщины слоя покрытия и частоты падающего излучения [2]. Их величины зависят только от диэлектрических или оптических параметров вещества покрытия, и определяются следующими уравнениями:

$$\pi(2N-1) - \varphi = \frac{\chi}{n} \ln\left(\frac{1}{r}\right) \quad ;$$
$$l = \frac{\lambda}{n} \left(\frac{2N-1}{4} - \frac{\varphi}{4\pi} \right) \quad (1)$$

где $r = \sqrt{\frac{(1-n)^2 + \chi^2}{(1+n)^2 + \chi^2}}$,

$\varphi = \arctg \frac{2\chi}{1-n^2-\chi^2}$ – модуль и фаза

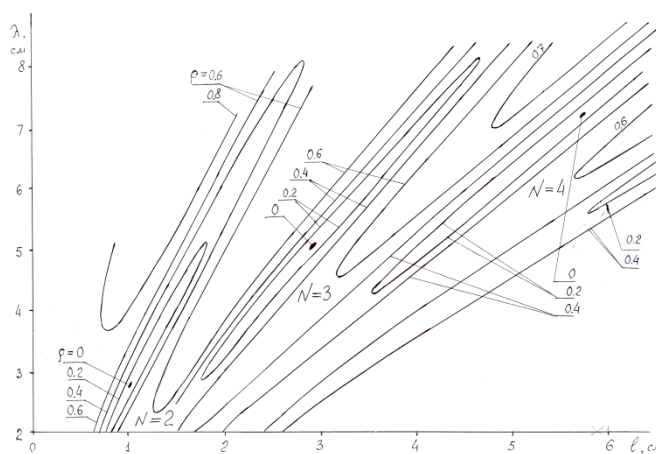
коэффициента отражения волны от границы раздела воздух-покрытие; $\epsilon' = n^2 - \chi^2$, $\epsilon'' = 2n\chi$, n , χ – соответственно коэффициенты преломления и поглощения волны вещества покрытия; N – номер нулевого минимума зависимости суммарного отраженного сигнала от толщины l слоя покрытия; λ – длина волны падающего излучения.

Если толщина слоя жидкости регулируема, то в результате ее импульсного зондирования и последующего Фурье-преобразования отраженного сигнала получаемое частотно-пространственное отображение отраженного сигнала будет представлять собой поверхность, обладающей рядом нулевых по величине минимумами модуля коэф-



коэффициента отражения волны ρ двух-слойной системы диэлектрик-металл. Их число и расположение на координатной плоскости $[\lambda, l]$ определяется положением дисперсионной области полярной жидкости в диапазоне в диапазоне сверх-высоких частот (СВЧ). Для иллюстрации на рис. 1 представлена типичное частотно-пространственное отображение отраженного сигнала у полярных жидкостей: хлороформа (a) и 2-этилпиридина (b), где точками отмечены избирательные значения λ и l , при которых модуль коэффициента отражения волны от двухслойной системы равен нулю, а эллипсоидальные кривые на рисун-

ке соответствуют определенным дискретным значениям ρ . Существование такого своеобразного спектра избирательных значений частоты и толщины слоя открывает возможность идентификации исследуемого вещества, путем сравнения его спектра со спектрами известных веществ. Так как каждое вещества обладает своим индивидуальным спектром избирательных величин λ_0, l_0 , то его экспериментальное определение и сравнение с предварительно найденными спектрами известных веществ делает возможным идентификацию по ним неизвестного исследуемого вещества.



Топологическая карта линий постоянных значений модуля коэффициента отражения волны вблизи избирательных величин длины волны λ падающего излучения и толщины l отражающего слоя хлороформа (a) и 2-этилпиридина (b). N – номер нулевого минимума.

Вместе с тем, получаемое в эксперименте пространственно-

частотное представление отраженного сигнала исследуемого веще-



ства позволяют также по новому подойти к задаче нахождения методом импульсного зондирования диэлектрических свойств полярной жидкости в области ее дисперсии волн. Известно, что при использовании этого метода при определении диэлектрических свойств слабопоглощающих жидкостей могут возникать ошибки измерения, которые неизбежно появляются из-за ограниченности длины используемой измерительной ячейки и не учета в этой связи отражения волны от ее задней стенки. В предлагаемом варианте использования этого способа можно не опасаться получения не достоверных результатов измерения. В этих целях из полученного массива данных о ρ , λ , l исследуемой жидкости при фиксированном значении длины волны λ снимается зависимость ρ от l вещества, и определяются величины ее информационных параметров: положения и величины ее экстремумов. Они затем используются для нахождения численных значений диэлектрической проницаемости ϵ' и диэлектрических потерь ϵ'' вещества при выбранной величине λ с помощью аналитических уравнений, связывающих их с полученными данными о положении и величине экстремальных точек снятой зависимости [3]. Выбор того или

иного метода определения диэлектрических коэффициентов ϵ' , ϵ'' вещества зависит от величины затухания волны в нем при заданной длине волны излучения.

Библиографический список

1. Ахадов Я. Ю. Диэлектрические параметры чистых жидкостей. – М. : Изд. МАИ., 1999. – 812 с.
2. Касимов Р. М. Поглощение электромагнитного излучения в слое полярного диэлектрика // Инженерно-физический журнал. – 1994. – Т. 67. – № 5–6. – С. 489–492.
3. Касимов Р. М. Методика измерения диэлектрических коэффициентов полярных жидкостей по отражению электромагнитной волны от регулируемого слоя жидкости // Метрология. – 1987. – № 7. – С. 42–49.

Bibliograficheski j spisok

1. Ahadov Ja. Ju. Dijelektricheskie parametry chistyh zhidkoste j. – M. : Izd. MAI., 1999. – 812 s.
2. Kasimov R. M. Pogloshhenie jelektromagnitnogo izluchenija v sloe poljarnogo dijelektrika // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. – 1994. – T. 67. – № 5–6. – S. 489–492.
3. Kasimov R. M. Metodika izmerenija dijelektricheskih koeficientov poljarnyh zhidkoste j po otrazheniju jelektromagnitnoj volny ot reguliruemogo sloja zhidkosti // Metrologija. – 1987. – № 7. – S. 42–49.

© Касимова С. Р., 2017.