

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ХЛОРБЕНЗОЛА В ДИАПАЗОНЕ МИКРОВОЛН

С.Т. АЗИЗОВ, А.С. ГАСАНОВА

Институт Физики Национальной Академии Наук Азербайджана

Азербайджан, г. Баку, AZ 1143, пр. Джавида 33

e – mail: samir_azizov@mail.ru

В работе представлена методика модификации короткозамкнутой линии для исследования температурной зависимости комплексной диэлектрической проницаемости ϵ^* в диапазоне микроволн.

Ключевые слова: диэлектрическая спектроскопия, диэлектрическая релаксация, диэлектрические свойства хлорбензола.

PACS: 61.20. – p; 77.22. – d; 77.22.Gm;

1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение диэлектрической проницаемости полярных жидкостей и связанного с ней сильного поглощения электромагнитной энергии способствует выяснению процесса диэлектрической поляризации. Тем самым, возможно получить ценные сведения о природе межмолекулярных сил.

Область аномальной дисперсии определяется временем релаксации τ . Время релаксации определяется выражением:

$$\omega_m \tau = I \quad (1)$$

Для большинства полярных жидкостей область аномальной дисперсии лежит в диапазоне микроволн. Как следует из соотношения (1) дисперсионную кривую можно изучить, меняя время релаксации τ при постоянной частоте ω . Согласно работе [1] время релаксации τ выражается следующим образом:

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{kT} \quad (2)$$

где η – коэффициент внутреннего трения, a – радиус молекулы, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура.

Анализ формулы (2) показывает, что наиболее характерной величиной, определяющей изменение времени релаксации τ , является температура T . Следовательно, дисперсионные явления можно изучить, снимая температурную зависимость комплексной диэлектрической проницаемости ϵ^* на фиксированной частоте.

Температурная зависимость диэлектрических коэффициентов полярных жидкостей изучалось в работе [2,3]. Однако в этих работах температурный интервал не охватывает весьма интересную область – область точки затвердевания.

2. ТЕОРИЯ МЕТОДА

В методе короткозамкнутой линии [4] используется связь между входным импедансом Z_0 и комплексной постоянной распространения γ линии, заполненной диэлектриком. Поскольку γ , в свою оче-

редь связана с комплексной диэлектрической проницаемостью ϵ^* , то измерив Z_0 , можно найти величину ϵ^* .

Величина γ связана с входным импедансом Z_0 следующим образом:

$$\frac{th\gamma d}{\gamma d} = -i \frac{\lambda_1}{2\pi d} \cdot \frac{Z_0}{Z_1} \quad (5)$$

где d – толщина диэлектрика, Z_1 – волновое сопротивление воздушной части линии.

Входной импеданс Z_0 выражается через экспериментально определяемые коэффициентом бегучести $q = E_{min}/E_{max}$ (E – напряженность электрического поля) и смещение узла y_1 стоячей волны, обусловленное введением в линию диэлектрика перед коротким замыканием:

$$Z_0 = Z_1 \frac{q - i \operatorname{tg} \beta_0 y_1}{1 - i q \operatorname{tg} \beta_0 y_1} \quad (6)$$

где $\beta_0 = \frac{2\pi}{\lambda_1}$

Следует отметить, что в случае малых и средних потерь ($\operatorname{tg} \delta < 0,1$), точные результаты достигаются при толщинах кратных нечетному числу четвертей длины волны в образце.

При больших потерях ($\operatorname{tg} \delta > 0,1$) толщину образца приходится брать настолько малой, что она сама становится источником заметных погрешностей.

Другим недостатком является крайняя чувствительность детекторной части аппаратуры к температурным колебаниям, что серьезно затрудняет проведение температурных измерений. Оба эти недостатка удается устранить в новой модификации метода [5].

Суть этой модификации состоит в том, что производится трансформация входного импеданса заполненной диэлектриком короткозамкнутой линии в измерительную линию таким образом, что создаются оптимальные условия для измерений. Измеряя трансформированный импеданс, по известному коэффициенту трансформации, находится искомый входной импеданс линии, заполненной диэлектриком.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таблица 2

На рис. 1 представлена блок – схема установки. Из сети напряжение поступает через феррорезонансный стабилизатор (1) на блок питания (2) генератора дециметровых волн (3), собранного на металлокерамическом триоде ГС-9Б по схеме с общей сеткой.

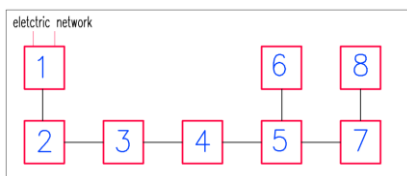


Рис. 1. Блок-схема установки.

Входной импеданс короткозамкнутой – секции (8), заполняемой исследуемой жидкостью, преобразуется с помощью регулируемого трансформатора (7) в коаксиальную измерительную линию (5) с волновым сопротивлением 70 Ом. Индикатором служит кремниевый детектор, на выходе которого включен прибор (6) на 100μА (6). Характеристика детектора – квадратичная.

Короткозамкнутая секция (8) является отрезком 70 – омной коаксиальной линии длиной 12 см. Ее нижняя часть закрыта тефлоновой пробкой. Секция окружена металлической рубашкой, по которой пропускаются пары жидкого воздуха. Высота столба жидкости устанавливается с помощью короткозамыкающего поршня, положение плоскости короткого замыкания которого определяется с точностью 0,05 мм.

Для испытания установки был проведен ряд контрольных измерений. В табл. 1 приведены результаты измерения при различной высоте *d* столба жидкости на примере хлорбензола на волне 11,5 см при 20°C. Разброс результатов различных измерений от среднего для ϵ' составляет меньше 1%, а для ϵ'' меньше 4%.

Сравнение с литературными данными показывает удовлетворительное согласие.

Таблица 1

<i>d</i>	ϵ'	ϵ''
1,28	5,58	0,63
1,50	5,60	0,62
3,00	5,59	0,66
3,42	5,58	0,64
3,76	5,57	0,64

На описанной установке была изучена температурная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости хлорбензола на волне 11,50 см в интервале от +20°C до -90°C. Результаты даны в таблице 2 и на рис. 3 и 4.

В точке затвердевания (-45°C) происходит резкое уменьшение диэлектрических коэффициентов [6,7], указывающее на наличие скачка времени релаксации τ . Следовательно, при температуре затвердевания жидкости происходит упорядочение молекул. Тем самым резко ограничивается их вращательная подвижность.

t°C	Хлорбензол	
	ϵ'	ϵ''
20	5,58	0,64
15	5,60	0,68
10	5,68	0,73
5	5,74	0,78
0	5,80	0,85
- 5	5,82	0,92
- 10	5,83	1,0
- 15	5,88	1,07
- 20	5,84	1,14
- 30	5,74	1,27
- 40	5,54	1,41
- 42	5,50	1,47
- 45	5,43	1,53
- 46	3,05	1,13
- 47	2,93	0,78
- 48	2,85	0,45
- 50	2,83	0,31
- 51	2,82	0,21
- 53	2,81	0,18
- 55	2,80	0,14
- 60	2,78	0,11
- 68	2,79	0,07
- 77	2,80	0,05
- 89	2,80	0,04

По измеренным значениям ϵ' и ϵ'' можно определить величину времени диэлектрической релаксации. Найденные значения времени релаксации для различных температур приведены в табл.3.

Таблица 3

t°C	Хлорбензол	
	$\tau \times 10^{10}$ сек	
20	0,13	
10	0,15	
0	0,17	
-10	0,19	
-20	0,22	
-30	0,25	
-40	0,30	
-45	0,34	
-46	2,39	
-47	3,47	
-48	6,04	
-50	8,89	
-51	13,2	
-53	15,6	
-55	20,2	
-60	26,3	
-68	42,9	

Из таблицы 3 видно, что время релаксации, при переходе через точку плавления, резко возрастает (почти на один порядок). Температурный ход τ показывает, что ниже температуры затвердевания нельзя межмолекулярное взаимодействие характеризовать одним определенным значением энергии

активации молекул, ибо зависимость τ от T выражается более сложным законом, чем $e^{U/kT}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описана модификация метода короткозамкнутой линии, предназначенная для измерения температурной зависимости комплексной диэлектрической проницаемости полярных жидкостей в диапазоне микроволн.

Метод основан на трансформации входного

сопротивления короткозамкнутой линии, заполненной исследуемой жидкостью. Приведены данные температурной зависимости ε^* хлорбензола в интервале $+20^\circ\text{C} \div -90^\circ\text{C}$ на волне 11,5 см.

При переходе через точку затвердевания исследуемой жидкости обнаружен скачок ε^* . Определены значения времени релаксации во всем температурном интервале и величины энергии активации для молекул жидкого хлорбензола.

-
- [1] П. Дебай. Полярные молекулы, М., 1931.
[2] И.И. Адаменко, Н.А. Адаменко, Л.А. Булавин, В.Е. Погорелов. Журн. физ. химии. 1996, т. 70, №1, с. 97-98.
[3] Ю.А. Фадеев. Вестник КузГТУ, 1998, № 3, с. 24-30.
[4] Я.Ю. Ахадов. Диэлектрические параметры чистых жидкостей, Москва, 1999, 854.
[5] С. Рамо, Дж. Рамо. Поля и волны в современной радиотехнике. М., 1948
[6] S.T.Azizov, O.A.Aliev, R.G.Abaszade. International Journal of Latest Research in Science and Technology, 2016, 5, 58-62.
[7] M.M.Palaiologou, G.K.Arianas, N.G.Tsierkezos. J. Solut. Chem., 2006, V. 35, P. 1551-1565.

S.T. Əzizov, A.S. Həsənova

MİKRODALĞALI DİAPAZONDA XLORBENZOLUN KOMPLEKS DİELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN TƏDQIQI

Məqalədə mikrodalğalı diapazonda kompleks keçiriciliyin ε^* temperaturdan asılılığını öyrənmək üçün qısa qapanmış koaksial xətt üsulunun yeni modifikasiyasına əsasən yığılmış qurğuda aparılmışdır.

S.T. Azizov, A.S. Gasanova

STUDY OF COMPLEX PERMITTIVITY CHLOROBENZENE IN THE RANGE OF MICROWAVES

The paper presents a technique for modifying a short-circuited line to study the temperature dependence of the complex permittivity ε^* in the microwave range.