2. V.S. Voitsenya, A.F. Bardamid, M. Balden et al. On the Prospects of Using Metallic Glasses for In-vessel Mirrors for Plasma Diagnostics in ITER. *Chapter 7 in: Metallic Glasses: Formation and Properties.* B. Movahedi (Ed), IntechOpen, 2016, pp. 136-167. http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/51366.pdf.

DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-043-8-13

НИЗЬКОЧАСТОТНА ДІЕЛЕКТРИЧНА СПЕКТРОСКОПІЯ РІДКОГО ФЕНІЛДИФТОРМЕТИЛСУЛЬФАТУ

Саєнко О. В.
кандидат фізико-математичних наук, доцент,
завідувач кафедри загальної фізики і математики
Полтавський національний педагогічний університет
імені В. Г. Короленка

Гетало А. М.
старший викладач кафедри загальної фізики і математики
Полтавський національний педагогічний університет
імені В. Г. Короленка

Хорольський О. В.
кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри загальної фізики і математики
Полтавський національний педагогічний університет
імені В. Г. Короленка
м. Полтава, Україна

Для фізики рідин і рідинних систем значний інтерес мають фундаментальні аспекти вивчення галогенпохідних сполук: фторзаміщення в молекулі органічної сполуки часто призводить до неочікуваних змін фізичних властивостей рідини. З іншого боку, дослідження фізико-хімічних властивостей фторзаміщених сполук актуальне, оскільки такі речовини широко використовуються як холодильні агенти і теплоносії, барвники та пестициди, інгаляційні анестетики і кровозамінники, проміжні продукти органічного синтезу і мономери для отримання полімерних матеріалів [1].

Об'єктом дослідження даної роботи є рідкий фторзаміщений фенілметилсульфата – фенілдифторметилсульфат ($C_6H_5SO_2CHF_2$), який

відноситься до ароматичних сполук і використовується як проміжний продукт для синтезу барвників і пестицидів [1]. Метою роботи є дослідження низькочастотних діелектричних властивостей рідкого фенілдифторметилсульфату. Вимірювання діелектричної проникності та тангенса кута діелектричних втрат проводилося в інтервалі частот (1,0–500,0) кГц при температурі 295 К із сумарною похибкою 3 % за допомогою установки, яка докладно описана в [2].

Квантово-хімічні дослідження фторзаміщених фенілметилсульфата проведені в роботі [3]. Цікаво, що електронно-акцепторні властивості груп SO_2CF_3 і SO_2CHF_2 характеризуються величинами σ_n-констант, які значно перевищують значення константи нітрогрупи: відповідно – 1,04, 0,87 і 0,77. Внесення таких груп у бензольне кільце не тільки полегшує делокалізацію пари електронів, але й ефективно стабілізує вільний радикал [1, 3]. У роботах [3, 4] показано, що заміна атомів водню на атоми фтору в молекулі ароматичних сполук призводить до порушення симетрії бензольного кільця.

Аналіз акустичних і теплофізичних властивостей фторзаміщених фенілметилсульфата в [4, 5] свідчить про зменшення енергії міжмолекулярної взаємодії у порівнянні з незаміщеними аналогами, незважаючи на істотне збільшення дипольних моментів молекул (наприклад, для молекули толуолу дипольний момент 0,37 Д, для молекули бензотрифториду – 2,7 Д). При цьому основний внесок у потенційну енергію міжмолекулярної взаємодії рідких фторзаміщених бензолу вносять зв'язку типу $C-H...F$, $C-F...C$, а асоціація молекул у них може бути обумовлена слабкими міжмолекулярними зв'язками з ентальпією утворення близько ($6{,}0 \pm 1{,}5$) кДж / моль [5].

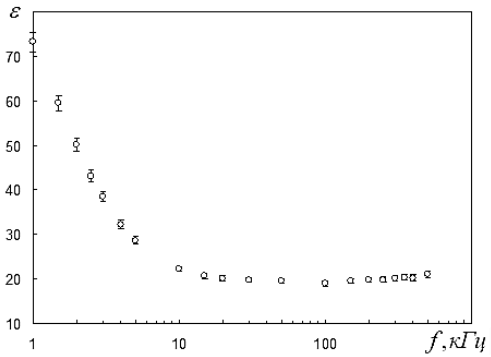

Рис. 1. Частотна залежність діелектричної проникності фенілдифторметилсульфату при температурі 295 К.

Результати експериментальних вимірювань частотних залежностей діелектричної проникності та тангенса кута діелектричних втрат при температурі 295 К представлені на рис. 1 та рис. 2.

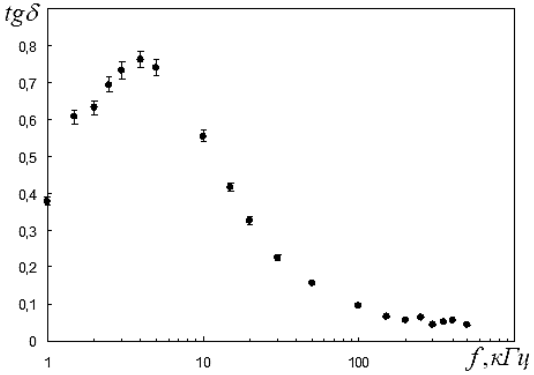

Рис. 2. Частотна залежність тангенса кута діелектричних втрат фенілдифторметилсульфату при температурі 295 К.

Згідно теорії діелектриків для більшості полярних рідин розподіл часу релаксації τ_0 може бути виражений аналітичним співвідношенням [6, с. 392]:

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - i\varepsilon'' = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{1 + (i\omega\tau_0)^\beta}, \qquad (1)$$

де ε^*, ε', ε'' – комплексна діелектрична проникність, дійсна та уявна компоненти діелектричної проникності; i – уявна одиниця; ε_∞ – діелектрична проникність, виміряна при високій частоті (для оптичних частот); ε_0 – квазістатичне значення діелектричної проникності (при $\omega \to 0$); $\omega = 2\pi f$ – колова частота; f – частота; $1 > \beta > 0$ – емпіричний коефіцієнт, який пов'язаний з часом релаксації τ_0 [6, с. 390]. Дійсна та уявна компоненти діелектричної проникності між собою пов'язані співвідношенням:

$$\varepsilon'' = \varepsilon' \cdot tg\delta, \qquad (2)$$

де $tg\delta$ – тангенса кута діелектричних втрат.

Аналіз експериментальних кривих на рис. 1–2 може свідчити про наявність низькочастотного релаксаційного процесу. Частотна залежність діелектричної проникності фенілдифторметилсульфату при температурі 295 К має ознаки релаксаційного процесу на частоті $f0$=4,0 кГц. При цьому частотна залежність тангенса кута діелектричних втрат фенілдифторметилсульфату при температурі 295 К на частоті $f0$=4,0 кГц має чітко виражений максимум.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження діелектричної проникності та тангенса кута діелектричних втрат рідкого фенілдифторметилсульфату в інтервалі частот (1,0–500,0) кГц при температурі 295 К. Встановлено наявність релаксаційного процесу на частоті 4,0 кГц.

Література:

1. Kirsch P. Modern Fluoroorganic Chemistry: Synthesis, Reactivity, Applications. Wiley, 2004. 320 p.

2. Руденко О. П., Сперкач В. С., Шилов В. В., Нестеренко В. М., Калаптурівський В. К. Установка для вимірювання електричних властивостей рідин в діапазоні частот 10 Гц-100 кГц. *Збірник наукових праць Полтавського державного педагогічного університету імені В.Г. Короленка. Серія: «Фізико-математичні науки»*. 1998. Випуск 3. С. 72–75.

3. Бжезовский В. М., Чура М. Б. Неэмпирическое квантово-химическое исследование в приближении MP2(full)/6-31+G{*} соединений C6H5SO2CH3 и C6H5SO2CF3 с анализом волновых функций методом NBO. *Журнал общей химии*. 2007. Т. 77, № 10. С. 1714–1720.

4. Хлопов А. М. Фізико-хімічні властивості фторзаміщених метоксибензолу : монографія. Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2018. 152 с.

5. Бурмистров А. Н., Руденко А. П., Сперкач В. С., Ягупольский Л. М. Исследование равновесных свойств некоторых фторорганических соединений. *Теплофизика высоких температур*. 1997. Т. 35, № 3. С. 498–500.

6. Эмульсии / под ред. Ф. Шермана. Ленинград : Химия, 1972. 448 с.