

УДК 538.956:544.25:537.622.6(045)

ВПЛИВ НАНОЧАСТИНОК $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ НА ДІЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НЕМАТИЧНОГО РІДКОГО КРИСТАЛА 6СВ

Студ. В.К.Скрипка, гр. БТ-17

Науковий керівник проф. О.В. Ковальчук

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета і завдання. Метою роботи було дослідити вплив наночастинок суперіонного провідника $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ на діелектричні властивості нематичного рідкого кристала 6СВ.

Для досягнення такої мети в роботі були поставлені та розв'язані наступні завдання: а) виготовити зразки з диспергованими у нематичному рідкому кристалі (РК) суперіонними наночастинами $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ та дослідити вплив наночастинок на діелектричні властивості РК.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дослідження були діелектричні властивості рідкого кристала 6СВ. Предмет дослідження – вплив суперіонних наночастинок на діелектричні властивості нематичного рідкого кристала 6СВ.

Методи та засоби дослідження. Рідкий кристал 6СВ без/з наночастинами $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ ми досліджували у комірках типу сендвіч з прозорими ІТО електродами. Концентрація сферичної форми наночастинок діаметром 35 нм у рідкому кристалі складала 0,01, 0,05 та 0,1 мг/мл. Товщина зразків складала 10 мкм.

Електричні властивості отриманих сандвіч-комірок досліджували в діапазоні частот 10^1 - 10^6 Гц при температурі 293 К за допомогою осцилоскопічного методу [1]. Амплітуда вимірювального сигналу синусоїдальної форми складала 0,2 В. Приймаючи, що еквівалентною схемою вимірювальної комірки є паралельно з'єднані опір та конденсатор, визначали величини опору R та ємності C . По величині C ми визначали дійсну компоненту комплексної діелектричної проникності ϵ' , а по величині R – уявну компоненту ϵ'' .

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. У даній роботі було досліджено і пояснено вплив суперіонних наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ на діелектричні властивості нематичного рідкого кристала 6СВ. Ці результати важливі для практичної модифікації властивостей РК за допомогою наночастинок.

Результати дослідження. На рис.1а наведені частотні залежності дійсної ϵ' (1,3) та уявної ϵ'' (2,4) компонент комплексної діелектричної проникності планарно орієнтованих 6СВ (1,2) та 6СВ+0,01 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$. Із аналізу цих даних випливає, що на ділянці частот $f < 10$ Гц для 6СВ і $f < 10^3$ Гц для 6СВ+0,01 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ спостерігається дисперсія ϵ' . У випадку рідкого кристалу без домішок аналіз такої дисперсії компонент діелектричної проникності провести важко оскільки зміни ϵ' та ϵ'' при зменшенні частоти дуже малі. Для аналізу дисперсії діелектричної проникності для рідкого кристалу з наночастинами були побудовані та проаналізовані залежності $\epsilon''(\epsilon')$ (діаграми Коул-Коула).

Аналіз отриманих нами діаграм Коул-Коула показав, що їх з малою похибкою можна апроксимувати півколом. Відповідно до теорії релаксаційних процесів [2], такому типу дисперсії величини діелектричної проникності відповідає дисперсія Дебая. наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ і 6СВ+0,1 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ їх провідність забезпечується принаймні двома різними системами заряду.

На рис.1б показані частотні залежності дійсної компоненти комплексної діелектричної проникності ϵ' планарно орієнтованих: 6СВ (1), 6СВ+0,01 мг./мл

наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (2), 6CB+0,05 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (3) та 6CB+0,1 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (4).

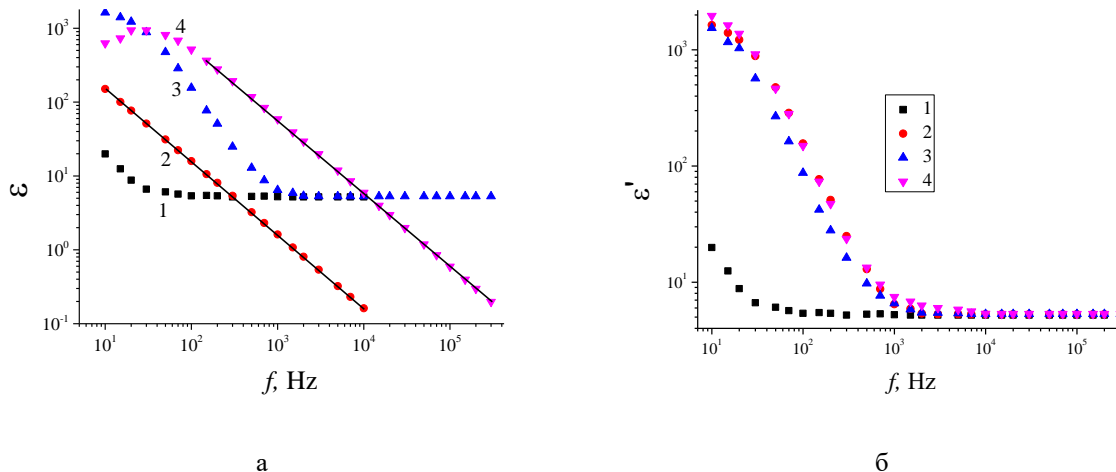


Рисунок 1 – Частотні залежності дійсної ϵ' (1,3) та уявної ϵ'' (2,4) компонент комплексної діелектричної проникності планарно орієнтованих 6CB (1,2) та 6CB+0,01 мг/мл $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (а). Частотні залежності ϵ' планарно орієнтованих: 6CB(1); 6CB+0,01 мг/мл $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (2); 6CB+0,05 мг/мл $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (3); 6CB+0,1 мг/мл $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (6)

Із даних результатів випливає, що при введенні наночастинок у РК відбуваються суттєві зміни діелектричного спектру саме в діапазоні частот $f < 10^3$ Гц. Ці різкі зміни діелектричного спектру спричинені приелектронними ефектами. Як випливає із рис.1б для $f > 10^4$ Гц величина ϵ' не залежить від частоти. Величина ϵ' на цій ділянці частот відповідає діелектричній проникності об'ємної частини зразка. Аналіз залежності величини ϵ' від концентрації наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ вказує на те, що введення наночастинок призводить до незначного збільшення діелектричної проникності (різниця у величині ϵ' між зразками 6CB+0,1 мг/мл $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ та 6CB без наночастинок близька до 1).

Висновки. Знайдено, що наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ не суттєво впливають на величину діелектричної проникності 6CB (різниця у величині діелектричної проникності між зразками з максимальною концентрацією наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ та 6CB без наночастинок була близька до 1). Основними причинами такого ефекту можуть бути: не досить висока порівняно з рідким кристалом діелектрична проникність наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$, агрегація наночастинок та не суттєвий вплив наночастинок на орієнтацію молекул рідкого кристалу завдяки їх сферичній формі.

Ключові слова: нематичний рідкий кристал, суперіонні наночастинок, діелектрична проникність, частотні залежності.

ЛІТЕРАТУРА

1. A.J. Twarowski, A.C. Albrecht, Depletion layer in organic films: Low frequency measurements in polycrystalline tetracene//J. Chem. Phys **70**(5), 2255-2326(1979).
2. Kremer F., Schönhals A., Broadband Dielectric Spectroscopy. Springer, 2003, 723 s.