

УДК 538.956:544.25:537.622.6(045)

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НЕМАТИЧНОГО РІДКОГО КРИСТАЛУ ПРИ ВВЕДЕННІ СУПЕРІОННИХ НАНОЧАСТИНОК

Студ. М.О.Шаульська, гр. БШМК1-16
Науковий керівник проф. О. В. Ковальчук
Київський національний університет технологій та дизайну

Мета і завдання. Мета роботи - дослідити вплив наночастинок суперіонного провідника на електричні властивості нематичного рідкого кристала 6СВ.

Для досягнення мети були поставлені та розв'язані такі завдання: виготовити зразки з диспергованими у нематичному рідкому кристалі (РК) суперіонними наночастинами та дослідити вплив наночастинок на електричні властивості РК.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дослідження були електричні властивості рідкого кристала 6СВ. Предмет дослідження – вплив суперіонних наночастинок на електричні 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 «сандвіч» 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 комірок складала 10 мкм.

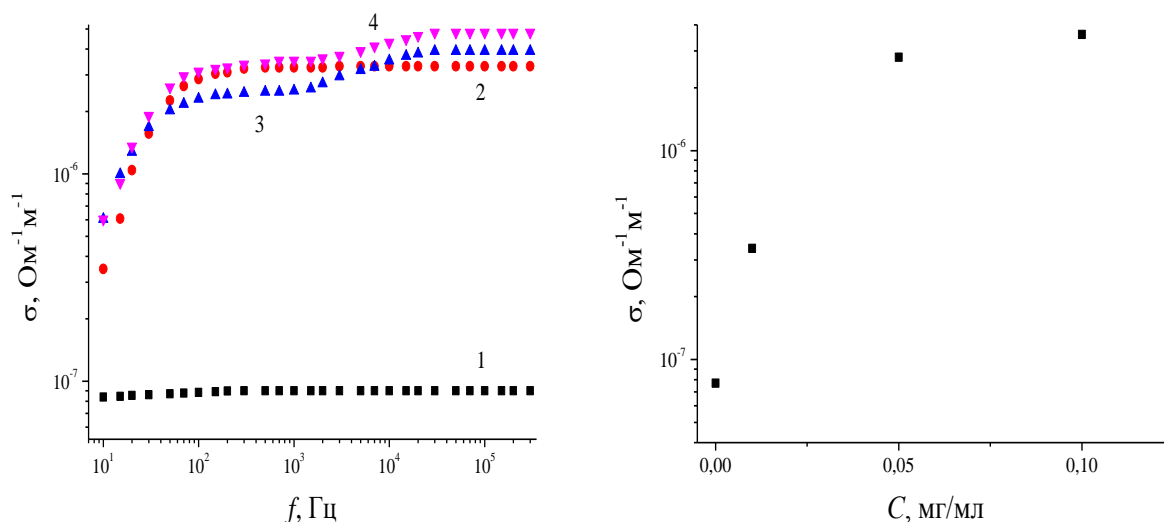
Електричні властивості отриманих сандвіч-комірок досліджували в діапазоні частот 10^1 - 10^6 Гц при температурі 293 К за допомогою осцилоскопічного методу [1]. Амплітуда вимірювального сигналу синусоїдальної форми складала 0,2 В. Приймаючи, що еквівалентною схемою вимірювальної комірки є паралельно з'єднані опір та конденсатор, визначали величини опору R . По величині опору R на ділянці частотної залежності де опір не залежав від частоти визначали провідність рідкого кристала.

Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. У даній роботі було вперше досліджено і пояснено вплив суперіонних наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ на електричні властивості нематичного рідкого кристала 6СВ.

Результати дослідження. На рис.1а наведені частотні залежності провідності планарно орієнтованих: 6СВ (1), 6СВ+0,01 мг./мл $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (2), 6СВ+0,05 мг/мл $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (3) та 6СВ+0,1 мг/мл $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (4). Як випливає із отриманих даних при низьких частотах величина провідності залежить від частоти. Така залежність зумовлена впливом приелектродних процесів. Фактично для такої ділянки частот не можна використовувати поняття провідності оскільки електричне поле є неоднорідним і в основному прикладене до приелектродної ділянки [2].

На рис.1а видно, що починаючи з $f > 5 \cdot 10^4$ Гц величина σ для всіх зразків не залежить від частоти. Саме провідність в цьому діапазоні частот дорівнює провідності об'єму зразка. Важливо відмітити суттєву різницю між частотними залежностями провідності зразків 6СВ і 6СВ+0,01 мг./мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ та зразків 6СВ+0,05 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ і 6СВ+0,1 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$. Якщо у випадку зразків 6СВ і 6СВ+0,01 мг./мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ спостерігається тільки одна “поличка” для частотної залежності провідності то для зразків 6СВ+0,05 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ і 6СВ+0,1 мг/мл наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ таких “поличок” дві.

Оскільки провідність на ділянці частот де не має залежності від частоти відповідає провідності об'єму зразка то можна припустити, що у випадку зразків 6СВ+0,05 мг/мл 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.



а

б

Рисунок 1. Частотні залежності провідності 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 $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (а). Залежність провідності 6CB від концентрації наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (б).

На рис. 1б показана залежність провідності 6CB від концентрації наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$. По-перше, провідність 6CB рідкого кристалу є монотонною функцією від концентрації наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$. По-друге, для однакових величин концентрацій наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ зміни провідності 6CB рідкого кристалу значно більші ніж отримані нами раніше для 6CHBT рідкого кристала [3]. Найбільш суттєва різниця провідностей спостерігається при концентрації наночастинок $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ 0,05 мг/мл.

Висновки. Показано, що на відміну від 6CHBT провідність 6CB з наночастинами $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ є монотонною функцією концентрації. Зроблено припущення, що основною причиною таких ефектів є генерація додаткових до існуючих у 6CHBT іонів. Зеленоватий колір 6CB з наночастинами $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ (у випадку 6CHBT з наночастинами такий колір відсутній) дає підстави стверджувати, що такими додатковими іонами є іони Cu^+ .

Ключові слова. Нематичний рідкий кристал, суперіонні наночастинок, електропровідність, 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), 2255-23261(1979).
2. A.V. Koval'chuk, Low and infra-low dielectric spectroscopy liquid crystal-solid state interface. Sliding layers // Ukr. J. Phys. 41(10), p. 991-998(1996).
3. I.P.Studenyak, P.Yu.Demko, A.V.Bendak, O.V.Kovalchuk, T.M.Kovalchuk, V.Lisý, P.Kopčanský, M.Timko, N.Tomašovičová, V.Zavisova, V.Gdovinova, J.Miskuf, I.V.Oleinikova, A.I.Lad, N.M. Kucheriavchenkova / Influence of superionic nanoparticles $\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{I}$ on dielectric properties of nematic liquid crystal 6CHBT// Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics, 18(2), p.205-208(2015).