

ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНІ ЕФЕКТИ В КОЛОЇДНИХ СУСПЕНЗІЯХ ДІАЗОБАРВНИКІВ

О. Я. Дичко^{1, а}, Н. С. Арясова²

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Фізико-технічний інститут

²Інститут Фізики НАНУ

Анотація

Дана робота присвячена експериментальним дослідженням електрокінетичних властивостей неполярних колоїдних суспензій діазобарвника Pigment RED 176. Вивчено залежність діелектричних властивостей суспензії від концентрації частинок діазобарвника. Під дією зовнішнього електричного поля в системі було виявлено цілий ряд структур різних морфологій: поодинокі статичні частинки, статичні острови, ланцюжки з островів. Мета роботи – дослідити утворення різних структур в залежності від параметрів прикладеного поля та провести їх подальшу систематизацію.

Ключові слова: Електрокінетичні явища, колоїдні суспензії, діазобарвники

Вступ

Дослідження колоїдних суспензій анізотропних частинок вже майже століття є активною областю фізики колоїдів. Виявилось, що рідкокристалічний порядок не обмежується молекулярним рівнем, а виникає також на відстанях порядку нанометрів та більше. Теорія, що передбачає рідкокристалічний (РК) порядок в колоїдах паличкоподібних частинок, була запропонована Онзагером у 1949 році [1]. РК порядок і фазова поведінка, притаманні ліотропним рідким кристалам (в яких фаза спостерігається в певному діапазоні концентрацій), спостерігалися в різноманітних системах, утворених з жорстких та напівгнучких частинок [2], таких як: вірус тютюнової мозаїки [3, 4], FD-вірус [5, 6], глинисті частинки [7], гібсит [8], а також магнітні частинки, наприклад, гетит [9]. За складністю фазової поведінки, колоїдні рідкі кристали не поступаються молекулярним аналогам, і демонструють як нематичну, так і смектичну, гексатичну і стовпчасту фази. Поєднання рідкокристалічних властивостей з особливостями колоїдних взаємодій відкриває перспективу для розвитку розумних матеріалів. В цій роботі ми розглянемо електро-оптичні та електрокінетичні властивості колоїдних суспензій подовжених (паличкоподібних) частинок діазобарвника. Перевагами обраного матеріалу є наявність нематичного РК порядку при досить низьких концентраціях частинок (від 15 вагових %) та сильного електричного і оптичного відгуку на зовнішні електричні поля [10].

1. Експериментальні результати

1.1. Приготування зразків і методи дослідження

Для створення колоїдної суспензії використовувався типовий представник класу діазобарвників – 2-нафтаценкарбоксамід (Pigment Red 176), частинки якого мають паличкоподібну форму із довжиною 230 ± 70 нм та діаметром 46 ± 20 нм (Рис. 1).

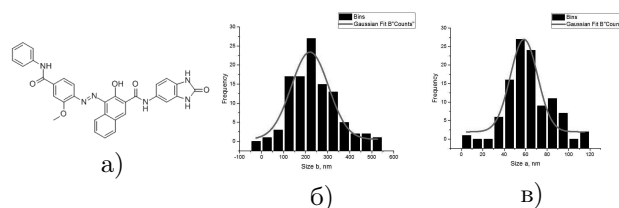


Рис. 1. Структура молекул а) та дисперсність частинок б), в) діазобарвника Pigment Red 176.

Частинки діазобарвника вкривались поверхнево-активною речовиною Solsperser 11200 (Lubrizol, Бельгія), щоб запобігти їх агрегації, та змішувались із неполярним розчинником додеканом (Sigma-Aldrich, Німеччина). Таким чином було отримано базову стабільну суспензію із концентрацією 20 вагових %. Суспензії із меншою концентрацією пігмента були отримані шляхом поступового розведення.

Комірки приготувались із скляних підкладок, на які було нанесено шар прозорого ІТО електроду (Рис.2). Товщина комірок (20 мікрон) контролювалась скляними спейсерами. Такий тип комірок дозволяє прикладати однорідне електричне поле вздовж нормалі до площини комірки.

^аdychko.oleg@yandex.ru



Рис. 2. Схема комірок, які використовувались у експериментах

Комірки, заповнені суспензією, під'єднувались до генератора сигналу та вивчались крізь поляризаційний мікроскоп. Суспензії реагують на прикладене електричне поле шляхом переорієнтації напрямку довгих осей паличкоподібних частинок, що призводить до зміни коефіцієнта пропускання зразка в схрещених поляризаторах.

1.2. Залежність структур від параметрів прикладеного поля

На Рис.3 наведено типовий відгук комірки на прикладання прямокутного пакету в залежності від амплітуди сигналу.

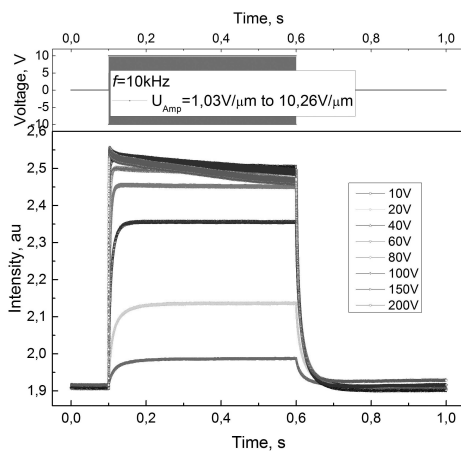


Рис. 3. Оптичний відгук суспензії пігменту в залежності від амплітуди сигналу.

У відсутності поля в комірці спостерігається практично однорідна структура (Рис.4. 1.). При прикладанні електричного поля оптичний відгук суспензії стає неоднорідним і виникають локальні збурення концентрації частинок пігменту. Утворені структури спостерігалися в режимі пропускання без поляризаторів в широкому діапазоні частот (0.1-10⁵ Гц) та амплітуд прикладеного поля (Рис.4 2. – 8.). Їх можна поділити на дві групи: динамічні і статичні. Динамічним станам притаманний інтенсивний рух елементів структури, тоді як статичні (або квазідинамічні) є стабільними протягом часів порядку секунд.

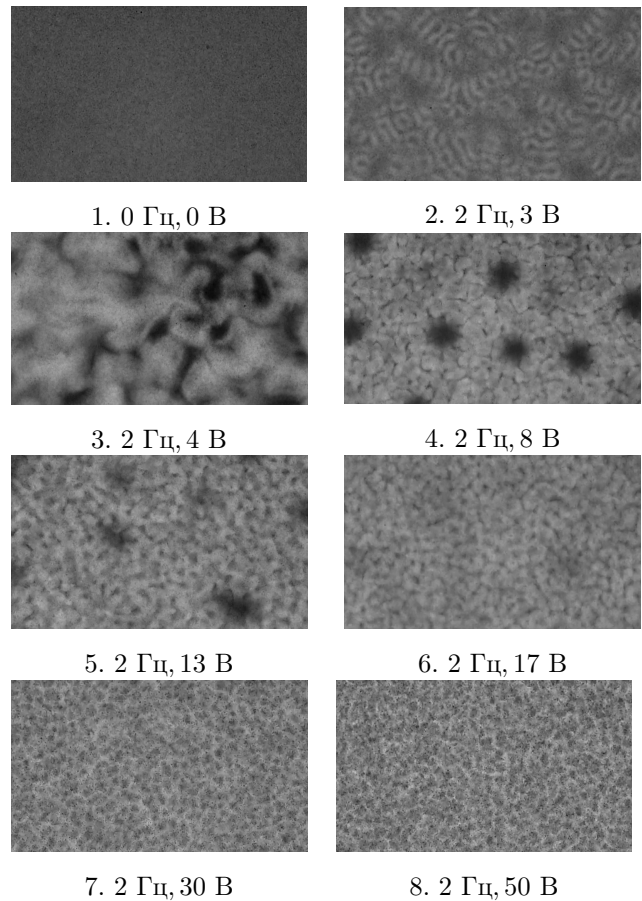


Рис. 4. Мікрофотографії структур, що утворюються в 1% суспензії, в залежності від параметрів прикладеного поля: 2. фаза у вигляді лабіринту, утворена ланцюгами островів; 3. утворення динамічних островів; 4,5. динамічні острови.

1.3. Діелектричні властивості суспензії

Механізми руху речовини під дією електромагнітного поля вивчаються електрокінетикою [11, 12]. Щоб мати можливість побудувати електрокінетичну модель системи, було досліджено залежність діелектричних властивостей суспензії від концентрації частинок діазобарвника (Рис.5).

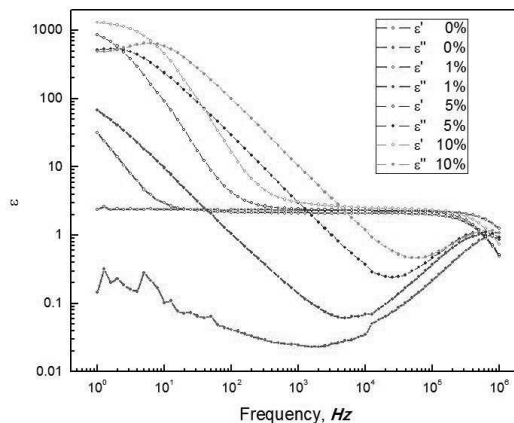


Рис. 5. Частотна залежність дійсної ϵ' та уявної ϵ'' компоненти діелектричної проникності для різних концентрацій суспензії.

2. Висновки

Таким чином, в даній роботі експериментально досліджені електрокінетичні властивості неполярних колоїдних суспензій діазобарвника Pigment RED 176. Під дією змінного електричного поля в системі спостерігалися структури різних морфологій, ми систематизували ці структури та вивчили їх поведінку при зміні характеристик поля. Крім того, досліджено залежність діелектричних властивостей суспензії від концентрації частинок діазобарвника.

Перелік використаних джерел

1. Onsager L. The Effects Of Shape On The Interaction Of Colloidal Particles // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* — 1949. — Vol. 59. — P. 627–659.
2. Gompper G., Schick M. Colloidal order: entropic and surface forces // *Soft Matter.* — 2007. — Vol. 3, no. 77.
3. Baus M., Rull L. F., Ryckaert J.P. Observation, prediction and simulation of phase transitions in complex fluids. — Kluwer Academic, 1995.
4. Isotropic-nematic phase transition and angular correlations in isotropic suspensions of tobacco mosaic virus / S. Fraden, G. Maret, D. Caspar, R. B. Meyer // *Phys. Rev. Lett.* — 1989. — Vol. 63.
5. Tumbling Behaviour of Nematic Worm-like Micelles under Shear Flow / J. Berret, D. Roux, G. Porte, P. Lindner // *Europhys.* — 1995. — Vol. 32.
6. Concentration Dependent Sedimentation of Colloidal Rods / Z. Dogic, A. P. Philipse, S. Fraden, J. K. G. Dhont // *J. Chem. Phys.* — 2000. — Vol. 113.
7. Yasarawan N., van Duijneveldt J. S. Dichroism in Dye-Doped Colloidal Liquid Crystals // *Langmuir.* — 2008. — Vol. 24.
8. Influence of a magnetic field on the nematic phase of hard colloidal platelets / D. van der Beek, P. Davidson, H. H. Wensink et al. // *Phys. Rev. Lett.* — 2008. — no. 77.
9. Simple Rectangular Columnar Phase of Goethite Nanorods and Its Martensitic Transition to the Centered Rectangular Columnar Phase / E. van den Pol, A. V. Petukhov, D. M. E. Thies-Weesie, G. J. Vroege // *Langmuir.* — 2008. — Vol. 24.
10. A. Eremin, R. Stannarius, S. Klein et al. // *Adv. Funct. Mater.* — 2011. — Vol. 21.
11. Morgan H., Green N. AC Electrokinetics: colloids and nanoparticles // *Research Studies Press.* — 2003.
12. Ramos A. Electrokinetics and Electrohydrodynamics in Microsystems. — Springer Vienna, 2011.