

ВИВЧЕННЯ ГОСТРОКУТНИХ МОЛЕКУЛ РІДКИХ КРИСТАЛІВ

Б. В. Докашенко^{1, а}, В. Г. Назаренко², С. М. Пономаренко¹

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

²Інститут фізики НАН України

Анотація

Представлені результати вивчення фазової діаграми гострозігнутих молекул. Дослідження нової фази N2 у рідких кристалах.

Ключові слова: рідкий кристал, фаза, нематична, смектична, банана-шейп молекули, мезогени

Вступ

В останні роки стали з'являтися молекули які мають не тільки пряму форму, а й так звані зігнуті або банана-шейп молекули.

Такі молекули мають дуже специфічні особливості, фази та інші характеристики. Вперше вони були створені групою вчених Токійського Університету у січні 2015 року [1].

Такі молекули спочатку вивчалися як мезогени, однак останнім часом вони привертають велику увагу завдяки їх цікавим властивостям, таким як сегнетоелектричні властивості, спонтанна хіральність і нелінійно-оптичні властивості, а також появою нових фаз, що носять назву «бананових» – B1 – B7. Через молекулярне ущільнення вздовж вигнутих напрямків в таких фазах, важливу роль відіграє молекулярний кут вигину в утворенні цих фаз [2]. Зазвичай кут вигину, що наближається до 120°, призводить до унікального ізоморфізму в бананових фазах. Типові центральні ядра, мають кут вигину, що лежить в межах від 110° до 140°, що визнано сприятливим для утворення бананових фаз, на противагу цьому, в деяких дослідженнях були розглянуті молекули, у яких центральні ядра мають кут гострого вигину ($< 90^\circ$), ці молекули мають тенденцію утворювати каламійні мезофази. Приклад такої молекули можна побачити на рис. 1. Однак нещодавні дослідження показали, що гострокутні ізогені мезогени, які містять 1,7 нафталінове центральне ядро, утворили добре відому «бананову» фазу B4 і полярно смектичні фази [3]. Усвідомлення причин орієнтації в цій мезофазі залишається поки незрозумілим, зокрема, чи зігнутий напрямок є паралельним чи перпендикулярним до нормалі шару в смектичних фазах і n директорах в нематичних фазах.

Гострокутні зігнуті мезогени можуть бути граничним прикладом, що лежить між бананоподібними і кільцевими РК.

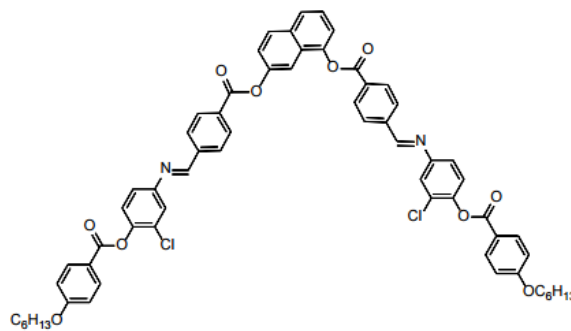


Рис. 1. Приклад зігнутої молекули

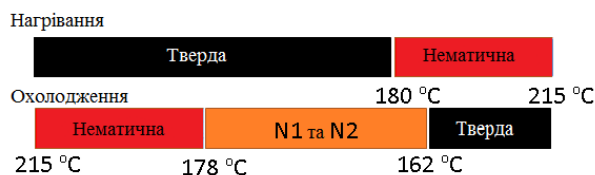


Рис. 2. Фазова діаграма при нагріві і охолодженні

1. Експеримент та його результати

При нагріванні матеріал починає плавитись і під дією капілярних сил всмоктується в комірку зібрану з двох підкладок. Товщина комірки встановлюється за допомогою скляних сферичних роздільників заданої товщини.

Переходи при нагріванні та охолодженні легко побачити на рис. 2. З рисунка видно, що переходи від твердої до нематичної фази відрізняються в залежності від напрямку. При нагріванні, нематична фаза існує до температури $T_{N \rightarrow IP} = 215^\circ\text{C}$, а потім переходить в ізотропну фазу (IP), при подальшому нагріванні. При охолодженні, перехід із ізотропної фази у нематичну спостерігаються приблизно при тій же температурі і нематична фаза існує аж до температури $T_{N \rightarrow N2} = 178^\circ\text{C}$, при якій спостерігається перехід до рідкокристалічної фази (рис. 3), далі

^аdokashenkobogdan@gmail.com

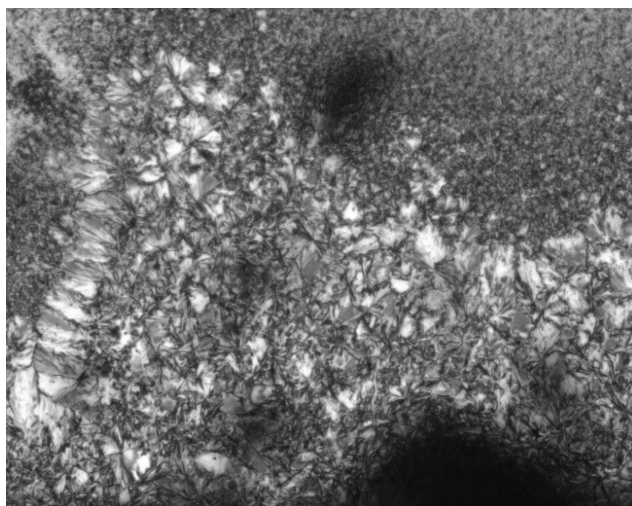


Рис. 3. Вигляд твердої фази зразка

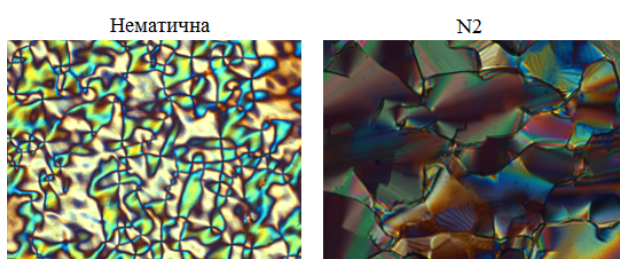


Рис. 4. Вигляд нематичної та N2 фаз

позначається як N2, і який помітно відрізняється від нематичного (рис. 4). При подальшому охолодженні, N2 фаза змінюється іншою фазою, яку ми позначимо, як N1, і існує аж до затвердіння. Ця фаза є новою і потребує подальшого більш детального вивчення.

При охолодженні зразків, дефекти текстури не змінюються до переходу у N2, яка повністю стирає нематичний зразок. Через це можливо, що нематична і N2 фази мають істотно різні пружні властивості.

Важко сказати точне значення температури переходу $N2 \rightarrow N1$, так як він помітно залежить від зразка. На першому, відносно швидкому ($1^\circ\text{C}/\text{хв}$), охолодженні температура переходу $N2 \rightarrow N1$ нижче 170° . Однак при довгій (кілька годин) стабілізації температури (всередині N2 або N інтервалу температур), можна виявити перехід $N2 \rightarrow N1$ навіть при

температурах трохи нижче $T_{N \rightarrow N2}$, це значно скорочує температурний діапазон існування N2 фази. Такі характеристики цієї фази дозволяють вивчати її при досить різних умовах і характеристиках експерименту. Зміна швидкості охолодження дозволить змінити температурні границі цієї фази.

Фаза N2 має не стабільної температури утворення і часто змінюється навіть протягом одного експерименту.

Крім того, в деяких випадках, на відкритих краях комірки, нематична фаза переходить безпосередньо до N1 фази, без транзиту до N2 фази.

Висновки

Після того, як N1 зароджується вона росте і замінює N2 фазу. В результаті, нижня межа температури N2 фази залежить від швидкості росту N1 фази і не може бути визначеною. Підвищення температури $T_{N \rightarrow N2}$ не призводить до зворотної заміни N1 фази до N2 фази. Вищезазначені спостереження, пов'язані з переходом $N2 \rightarrow N1$, дозволяє припустити, що N2 фаза може бути не справжньою термодинамічною фазою, а певним метастабільним станом.

Вивчення цієї фази дозволить краще зрозуміти внутрішні процеси в зігнутих кристалах і їх особливості. Подальші експерименти ставлять за мету повне вивчення даного матеріалу.

Наступні дослідження повинні визначити інші характеристики цього матеріалу, такі як направленість, константи деформацій, реакція такого стану на електричне поле та інше.

Перелік використаних джерел

1. Smectic A–hexagonal columnar–B7 phase transition of acute-angle bent core molecules / Lee Eun-Woo, Hattori Masaya, Uehara Fumiya et al. — 2015.
2. Two-Dimensional Skyrmion Lattice Formation in a Nematic Liquid Crystal consisting of Highly Bent Banana Molecules / Kang Sungmin, Lee Eun-Woo, Li Tianqi et al. — 2016.
3. Lee J., Yoon T.-H., Choi E.-J. Unusual temperature dependence of the splay elastic constant of a rodlike nematic liquid crystal doped with a highly kinked bent-core molecule. — 2007.