

**В.С. Безбородов¹, С.Г. Михалёнок¹, Н.М. Кузьменок¹,
О.Б. Дормешкин¹, И.М. Жарский¹, В.И. Лапаник²**

¹Белорусский государственный технологический университет

²НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко
Минск, Беларусь

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ РОЛЬ АНИЗОТРОПИИ, САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СИСТЕМ В РАЗВИТИИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ

***Аннотация.** Интеграция различных областей науки и техники привела к появлению новых направлений развития жидких кристаллов и анизотропных материалов. В статье рассматриваются последние достижения в разработке функциональных жидких кристаллов и анизотропных материалов от стратегий создания до практического применения. Также обсуждается концепция создания новых функциональных анизотропных материалов, основанная на результатах многочисленных исследований, полученных в последние десятилетия при изучении жидких кристаллов, анизотропных сред и самоорганизующихся систем.*

**V.S. Bezborodov¹, S.G. Mikhalyonok¹, N.M. Kuzmenok¹,
O.B. Dormeshkin¹, I.M. Zharski¹, V.I. Lapanik²**

¹Belarusian State Technological University

²Institute of Applied Physics Problems
Minsk, Belarus

THE FUNDAMENTAL ROLE OF ANISOTROPY, SELF- ORGANIZING SYSTEMS IN THE DEVELOPMENT OF NEW MATERIALS AND DEVICES

***Abstract.** The integration of various fields of science and technology has led to new directions in the development of functional anisotropic materials. This article describes the latest advances in the development of functional liquid crystals and anisotropic materials, from design strategies to practical applications. The concept of creating new functional anisotropic materials based on the results of numerous studies obtained in recent decades in the study of liquid crystals, anisotropic media and self-organizing systems is also discussed.*

Жидкие кристаллы (ЖК) — это самоорганизующиеся динамические материалы, которые в зависимости от строения молекул характеризуются различной степенью их упорядочения и организации [1]. Жидкокристаллическое состояние (мезоморфное), как правило, наблюдается у органических веществ, молекулы которых характеризуются стержнеобразной (анизотропной) формой молекул.

Благодаря своим уникальным свойствам ЖК и анизотропные материалы в последние пятьдесят лет все активнее используются в науке, технике, находят все более разнообразные практические применения в оптоэлектронике, биотехнологиях, энергетике, медицине, используются для изготовления различных датчиков, сенсоров, батарей, других устройств с улучшенными свойствами [2].

Новый молекулярный дизайн, управление процессами самоорганизации являются важнейшими задачами при создании функциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами и разработке разнообразных устройств на их основе. Было показано [3], что неравновесные термодинамические системы (диссипативные структуры) при определённых условиях, поглощая вещество и энергию из окружающего пространства, могут совершать качественный скачок к упорядочению и самоорганизации.

Учитывая, что большинство природных соединений и биополимеров – полисахариды, липиды и мембраны клеток, гликопротеины и полипептиды, РНК и ДНК характеризуются анизотропными свойствами; мы предлагаем при разработке новых материалов и устройств одновременно с условиями их получения рассматривать и учитывать фактор (роль) анизотропии – анизотропную форму молекул и анизотропию их свойств; самоорганизацию химических систем и органических молекул, обуславливающих региоселективность протекания реакций и образования комплементарных структур (супрамолекулярная химия).

Несомненно, что фундаментальный фактор анизотропии является определяющим в развитии современного материаловедения и создании новых поколений материалов и устройств.

Инновационным подходом к контролю структуры самоорганизующихся систем является управление градиентными полями (внешний фактор), определяющими силы притяжения и отталкивания ее элементов, а также, по нашему мнению, использование анизотропных материалов (внутренний фактор), которые будут способствовать созданию наведенной анизотропии, самоорганизации и упорядочиванию системы.

Предлагаемые подходы получения новых материалов и анизотропных веществ, моделирования различных процессов базируются на закономерностях эволюционного развития природных органических соединений; многочисленных данных, полученных в последние десятилетия при изучении жидких кристаллов и упорядоченных сред; на использовании анизотропии молекул полифункциональных соединений для дизайна новых молекулярных

структур (инженерия молекул), пленок, жидких кристаллов [1, 2, 4], мембран, мицелл и т. д.; для создания анизотропных ансамблей молекул и биологических систем.

Имея более чем 50 летний опыт исследований различных типов жидкокристаллических материалов, мы разработали оригинальную методологию создания не только ЖК материалов для всех типов электрооптических устройств отображения информации, но и новых анизотропных материалов и устройств различного целевого назначения [1, 4]. Мы полагаем, что для синтеза как известных, так и новых анизотропных карбоциклических и гетероциклических соединений, имеющих стержнеобразную форму молекул и характеризующихся их ориентационной упорядоченностью, целесообразно использовать полифункциональные анизотропные соединения, такие как 3,6-дизамещенные циклогекс-2-еноны, 3,5-дизамещенные 2-изоксазолины, 5-замещенные циклогексан-1,3-дионы, 1,2-дизамещенные циклопропанола и непредельные эпоксикетоны [4].

Результаты наших исследований также показали, что анизотропные свойства и хорошее упорядочение молекул природных полимеров дают возможность получения оригинальных высокоупорядоченных композитов путем включения биополимеров в синтетическую полимерную матрицу. Использование пептидных и углеводных строительных блоков в структуре сополимера позволяет не только улучшать мезоморфное поведение и свойства, но и контролировать упорядоченность структуры и его биологическую функциональность. Ожидается, что использование синтетических и природных полимеров в качестве функциональных составляющих и компонентов современных энергетических устройств и систем, дисплеев и устройств отображения информации приведет к новой парадигме развития инновационных материалов.

Методом электрохимического анодирования неорганических материалов был разработан способ создания упорядоченных структурированных поверхностей: наносетчатых пленок алюминия, оксидов In_2O_3 и SnO_2 (ITO), поры которых могут иметь различные диаметр, глубину и поверхностный рельеф [5]. Было установлено, что формирование структурированных пленок на указанных поверхностях с диаметром пор 150–200 нм позволяет получать однородную гомеотропную ориентацию молекул нематических жидких кристаллов. Используя данные плёнки в качестве ориентирующих поверхностей, можно достичь улучшения качества ориентации молекул НЖК, временных и электрооптических параметров жидкокристаллических устройств отображения информации. При этом по сравнению с

традиционными методами создания ориентирующих покрытий, электрохимическое анодирование, позволяющее получать различные плёнки с регулярной рельефной поверхностью, является более простым и экономичным методом.

Комбинация анизотропных материалов, плёнок и поверхностей, характеризующихся упорядоченной рельефной структурой, открывает новый подход к разработке и созданию различных устройств отображения информации с улучшенными параметрами.

Таким образом, управление процессами самоорганизации является важнейшей задачей на пути к формированию функциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами и разработке устройств на их основе. Очевидна несомненная роль анизотропной формы, анизотропии свойств, реакционной способности молекул и направленности процессов (реакций) в получении природных веществ, биополимеров в формировании природной среды и живых организмов, в возникновении жизни. В этой связи возникает необходимость перехода от химии индивидуальных молекул к химии анизотропных молекул в континууме, к новому направлению исследований – анизотропному материаловедению и детальному изучению процессов самоорганизации.

Предлагаемый нами подход отличается оригинальностью, является креативным, имеет целый ряд отличительных достоинств, в сравнении с известными методами получения аналогичных соединений и структур, моделирования биологических систем; с успехом может быть использован для разработки новых материалов и устройств с широким спектром практического использования.

Список использованных источников

1. Безбородов В.С. Химия жидкокристаллических материалов / В.С. Безбородов. – Мн.: БГТУ, 2017.– 277 с.
2. Uchida J., Soberats B., Gupta M., Kato T. v. 34, p. 2109063, 2022.
3. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с..
4. Bezborodov V.S., Mikhalyonok S.G., Kuz'menok N.M., Lapanik V.I., Sasnouski G.M. Liquid Crystals. v. 42, p.1124-1138, 2015.
5. V. Bezborodov, V. Zhyllinski, A. Chernik, N. Bogomazova, I. Zharski, A. Smirnov, A. Stsiapanau, V. Lapanik, S. Mikhalyonok. International Symposium. Digest of technical papers. Eurodisplay 2015. Ghent, Belgium. P26, p. 93, 2015.