

2. Пророк В. Я., Шаймухаметов Ш. И. Моделирование движения маневрирующих летательных аппаратов на основе нечетких искусственных нейронных сетей // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. 2017. № 656. С. 18-24.

3. Толстых В.Н. Нейронные сети для экстраполяции временных рядов // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2023. Т. 15. № 6. С. 4-11.

4. Тран В.Т., Кориков А.М. Детектирование посадочной площадки и автоматическая посадка беспилотного летательного аппарата по ее изображению // Доклады ТУСУР. - 2023. - Т. 26, № 2. - С. 72-80.

УДК 544.25

В.С. Безбородов¹, С.Г. Михалёнок¹, Н.М. Кузьменок¹, В.И. Лапаник²

¹Белорусский государственный технологический университет

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

ХИРАЛЬНЫЕ МЕЗОМОРФНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ: СИНТЕЗ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрены подходы к синтезу хиральных мезоморфных соединений, представляющих практический интерес. Предлагаемая методология создания хиральных мезоморфных соединений, основанная на использовании соответствующих 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов, является креативной и с успехом может быть использована для создания новых поколений материалов и устройств с широким спектром практического использования.

V.S. Bezborodov¹, S.G. Mikhalyonok¹, N.M. Kuzmenok¹, V.I. Lapanik²

¹Belarusian State Technological University

²Institute of Applied Physics Problems
Minsk, Belarus

CHIRAL MESOMORPHOUS COMPOUNDS: SYNTHESIS AND DIRECTIONS OF PRACTICAL APPLICATION

Abstract. Approaches to the synthesis of chiral mesomorphic compounds of practical interest are considered. The proposed methodology for the preparation of chiral mesomorphic compounds based on the use of the corresponding 3,6-disubstituted

cyclohex-2-enones is creative and can be successfully used to create new generations of materials and devices with a wide range of practical application.

Хиральные (оптически активные) мезоморфные соединения представляют несомненный интерес для исследователей, занимающихся изучением жидкокристаллических (ЖК) материалов и созданием устройств отображения информации на их основе [1, 2]. Периодические спиральные структуры хиральных нематической (холестерической) и смектической С (ферроэлектрической) фаз, характерные для данных материалов, определяют их уникальные особенности – способность селективно отражать падающий свет от спиральной структуры, напоминая дифракционную решетку. При этом чрезвычайно высокая чувствительность холестерической фазы к различным внешним воздействиям: температуре, давлению, электрическим и магнитным полям и т. д., сопровождающаяся изменением шага спирали и длины волны отраженного света (окраски), позволяет широко использовать эти материалы в качестве высокоэффективных светофильтров, индикаторов и датчиков в различных технических областях, науке и медицине. Примечательно, что не только видимый свет, но и ультрафиолетовое и инфракрасное излучения селективно отражаются от спиральной структуры холестерических жидких кристаллов, позволяя значительно расширить спектр практического использования оптически активных мезоморфных материалов и устройств на их основе.

Что касается ферроэлектрических жидких кристаллов, то их уникальные свойства обусловлены скоростью переориентации молекул в слоях хиральной смектической С фазы под воздействием прикладываемого электрического поля. Время переориентации (быстродействие) молекул под действием электрического поля (3–5 В) в слоях смектической С фазы составляет 1–50 микросекунд, что на несколько порядков меньше времени переориентации молекул в нематической фазе (3–10 миллисекунд). Данная особенность является несомненным преимуществом подобных материалов перед нематическими жидкими кристаллами и позволяет применять их для создания и производства оптических затворов, фильтров, мониторов, панелей, других эффективных высококачественных ЖК устройств отображения информации.

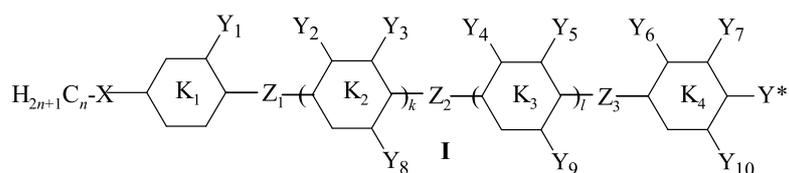
Из многочисленных оптически активных спиртов, карбоновых кислот, других функциональных производных, используемых для получения хиральных нематических или смектических жидких кристаллов, наибольший интерес представляют соединения, которые могут быть получены из природных источников.

Природные продукты – важнейший источник оптически активных веществ, таких как спирты, гидроксикислоты, аминокислоты, алкалоиды, сахара, терпены. Доступными природными оптически активными веществами являются, например, 2-метилбутан-1-ол, яблочная, винная, молочная кислоты, ментол, α -фенилаланин, пролин, другие аминокислоты и вещества. Все они находятся в природе в оптически активных формах и могут служить исходным сырьем для синтеза других оптически активных соединений, когда при их модификации хиральность не нарушается. Так, из (*S*)-2-метилбутан-1-ола, используя доступные реагенты и классические методы органической химии (нуклеофильное замещение гидроксильной группы и магнийорганический синтез, окисление спиртов и восстановление карбоновых кислот или их эфиров) могут быть получены другие оптически активные спирты, алкилгалогениды, карбоновые кислоты и затем жидкие кристаллы, образующие, в зависимости от химической структуры, хиральные нематическую или смектическую С (ферроэлектрическую) фазы в различных температурных интервалах. Алкилирование и нуклеофильное замещение гидроксильной группы, гидролиз и восстановление сложноэфирного фрагмента (*S*)-лактатов может приводить к образованию оптически активных алкокси(хлор, циано)замещенных спиртов, различных карбоновых кислот. Диазотирование природных оптически активных аминокислот, разложение солей диазония в присутствии минеральных кислот, замещение гидроксигруппы и восстановление карбоксильного или сложноэфирного фрагментов позволяют еще больше расширить ассортимент оптически активных веществ, которые могут быть использованы для синтеза хиральных мезоморфных соединений.

Из других веществ, применяемых для синтеза оптически активных ЖК, следует отметить 4-замещенные фенолы и аналогичные им ароматические кислоты, которые в настоящее время широко используются для синтеза и исследований разнообразных хиральных нематических, ферроэлектрических и антиферроэлектрических жидких кристаллов. Методы модификации этих соединений с использованием указанных хиральных реагентов, как правило, основаны на классических реакциях алкилирования, электрофильном и нуклеофильном замещениях, этерификации, других подобных превращениях.

Учитывая, что известные методы синтеза хиральных мезоморфных веществ имеют ряд ограничений и недостатков, нами была изучена возможность получения подобных веществ из других

доступных субстратов и реагентов. Анализ синтетических методов получения мезоморфных карбоциклических соединений показал [3], что для указанной цели наиболее перспективным является присоединение по Михаэлю арилвинилкетонов к 2-замещенным ацетоуксусным эфирам, производным бензилметилкетона, ацетилацетона или аналогичным им дикарбонильным соединениям с последующей циклизацией в присутствии оснований без выделения промежуточных аддуктов присоединения [4]. Данная методология синтеза указанных соединений характеризуется новизной подхода и позволяет получать с высоким выходом разнообразные жидкокристаллические замещенные циклогекс-2-еноны, из которых в зависимости от типа заместителей и их положения в циклических фрагментах, характера проводимых превращений может быть получен широкий спектр мезоморфных соединений (**I**) перспективных для практического использования в различных областях науки и техники.



где $n = 3-12$; $X =$ связь или O ; $K_{1-4} =$ бензольное циклогексановое, гетероциклическое кольца; $Z_{1-3} =$ связь или COO , $CH=CH$, $C\equiv C$, CH_2CH_2 , $OCHF_2$ и др.; $k, l = 0, 1$; $Y_{1-10} = H, F, Cl, CN, CF_3, CH_3$ и др.; $Y^* =$ хиральный фрагмент

В результате проведенных исследований было установлено, что для синтеза хиральных мезоморфных 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов (**1-5**) наиболее целесообразно использовать два подхода – конденсацию соответствующих гидрохлоридов 1-арил-3-(N,N -диметиламино)пропан-1-онов (солей Манниха) (**6**) с оптически активными 2-замещенными ацетоуксусными эфирами (**7**) (рис.1)

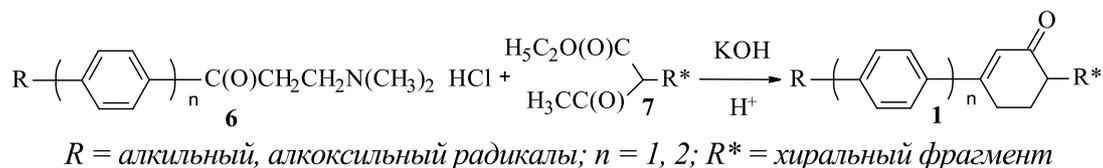
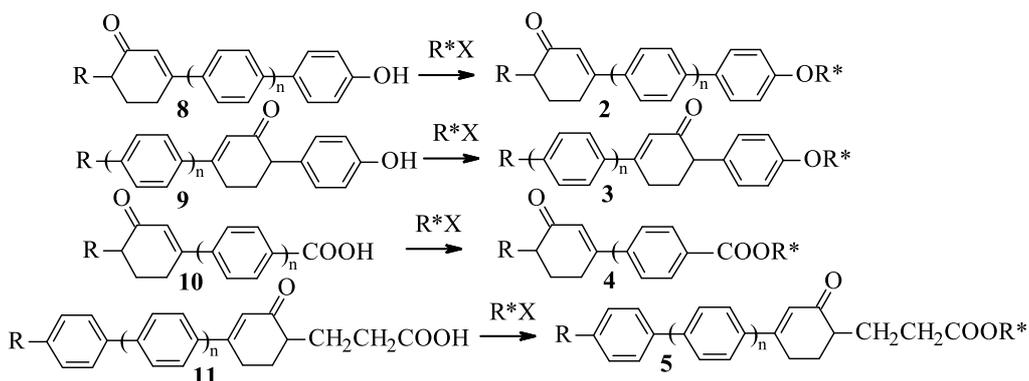


Рис.1 - Синтез хиральных мезоморфных 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов

или взаимодействие гидроксид- или карбоксипроизводных циклогекс-2-енонов (**8-11**) с хиральными реагентами (рис. 2).



$R =$ алкильный, алкоксильный радикалы; $n = 1, 2$; $R^* =$ хиральный фрагмент; $X = OH, Br, COOH$

Рис. 2 - Синтез хиральных мезоморфных 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов

При этом, как показали проведенные исследования, второй вариант является наиболее предпочтительным, поскольку позволяет получать большой ассортимент хиральных мезоморфных соединений с разнообразными свойствами.

Следует отметить, что для синтеза гидрокси- или карбоксипроизводных циклогекс-2-енонов (**8-11**) в качестве ключевых исходных субстратов использовали 2-(2-цианоэтил)ацетоуксусный эфир, 4-метоксифенилацетон, эфиры α -ацетилглутаровой кислоты, гидрохлорид 1-(4-цианофенил)-3-(N,N-диметиламино)пропан-1-она, различные 2-алкилацетоуксусные эфиры и гидрохлориды 1-арил-3-(N,N-диметиламино)пропан-1-онов.

Таким образом, как видно из приведенных примеров, данные субстраты позволяют получать с высоким выходом разнообразные хиральные мезоморфные 3,6-дизамещенные циклогекс-2-еноны, из которых в зависимости от характера проводимых превращений может быть получен ряд новых продуктов, перспективных для практического использования в различных областях науки и техники.

Важно отметить, что доступность и многообразие исходных реагентов, высокие выходы продуктов реакций, возможность модификации циклогексенонового фрагментов, других функциональных групп различными реагентами позволяют целенаправленно проводить синтез хиральных мезоморфных соединений с желаемой комбинацией алкильных, циклических, мостиковых фрагментов; необходимым количеством и положением атомов галогенов, гидрокси-, других функциональных или полярных групп в центральной и терминальных частях молекул, создавать на их основе материалы с заданными параметрами и свойствами.

Несомненно, предлагаемый нами подход синтеза хиральных мезоморфных 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов является креативным, имеет целый ряд отличительных достоинств, в сравнении с известными методами получения оптически активных жидких кристаллов и с успехом может быть использован для создания новых поколений материалов и разнообразных устройств на их основе с улучшенными свойствами.

Список использованных источников

1. Clark N.A., Lagerwall S.T. Appl Phys Lett. v.36, p.899-905,1980.
2. Hird M. Liq Cryst. v. 38, p. 1467–1393, 2011.
3. Безбородов В.С. Химия жидкокристаллических материалов / В.С. Безбородов. – Мн.: БГТУ, 2017.– 277 с.
4. Bezborodov V.S., Mikhalyonok S.G., Kuz'menok N.M., Lapanik V.I., Sasnouski G.M. Liq. Crys. v. 42, p.1124-1138, 2015.

УДК 54.057+536.46

**А.А. Берестовая, А.Н. Шавшина, А.В. Кара,
О.Ю. Светлаков, С.В. Журавлев**
«Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон»
Донецк

ПОЛУЧЕНИЕ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ МЕТОДОМ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$

Аннотация. В данной работе описан механизм образования алюмо-кобальтовой шпинели методом самораспространяющегося взаимодействия в тройной системе $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$ с дальнейшим прокаливание в печи. Получение частиц шпинели CoAl_2O_4 были доказано с помощью порошковой рентгеновской дифракции.

**A.A. Berestovaya, A.N. Shavshina, A.V. Kara,
O.Y. Svetlakov, S.V. Zhuravlev**
"Research Institute "Reactivelectron"
Donetsk

PREPARATION OF OXIDE MATERIALS WITH SPINEL STRUCTURE BY SELF-PROPAGATING INTERACTION IN THE TERNARY SYSTEM $\text{CoSO}_4\text{-Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{-Na}_2\text{O}_2$