

Ciekłe kryształy (LC) to fascynujący stan skupienia o szerokim zastosowaniu w zastosowaniach wyświetlaczy i optoelektronice, szczególnie ważny przy opracowywaniu nowych materiałów funkcjonalnych, nanolitografii, inżynierii komórkowej, czujnikach i biosensorach, ale także dostarczający podstawowych modeli samoorganizacji biologicznej materii. Materiały mogą być stymulowane polami zewnętrznymi, ale mają również zdolność do samodzielnej naprawy powstałych defektów. Materiały ciekłokrystaliczne reagujące na bodźce zewnętrzne takie jak: pola elektryczne / magnetyczne, światło, naprężenia, ciśnienie, oddziaływanie z powierzchnią, środki chemiczne znacząco zmieniające swoje właściwości mogą pełnić rolę sensora i urządzenia przekazującego uzyskany efekt, ale także wykazywać cechy sprzężenia zwrotnego dlatego zasługują na miano funkcjonalnych materiałów inteligentnych. W ostatnich latach naukowcy skupili się na chiralnych superstrukturach i porządku polarnym w fazach ciekłokrystalicznych (LC) nie-chiralnych cząsteczek w kształcie litery V, które mają wygięty rdzeń lub zgięte dimery z połączone łańcuchem z nieparzystą liczbą atomów węgla.

Projekt dotyczy grupy materiałów LC, które mogą spontanicznie ulegać deformacji kierunku uporządkowania, co prowadzi do powstania nowego porządku nematycznego, w którym dyrektor podąża za ukośną helikoidą. Ta nowa faza, wygięta i skręcona (NTB) jest strukturalnym ogniwem pomiędzy dobrze znanymi jednoosiowymi fazami nematycznymi (N) i chiralnymi nematycznymi (N^{*}). W fazie NTB dyrektor tworzy stożkową helisę o skoku od kilku do kilkudziesięciu nanometrów, w której dyrektor jest nachylony względem osi helikalnej. Pomimo intensywnych badań, wiele właściwości fazy NTB oraz ich związek ze strukturą molekularną nie zostały jeszcze ustalone i zrozumiane. Szczególnie interesująca jest rola zgięcia molekularnego w tworzeniu fazy NTB a kluczową cechą molekularną, która decyduje o tym, jest natura grupy łączącej między mezogenem a łącznikiem dimeru. Niedawno pokazaliśmy, że wygięcie molekularne ma również wyraźny wpływ na dwuosiowość molekularną. Udowodniliśmy, że dwuosiowość ta może być bezpośrednio związana z okresowością struktury helikalnej. Zatem określając dwuosiowość molekularną za pomocą spektroskopii IR, możemy przewidzieć skok helisy w strukturze NTB. Ten parametr ma duże znaczenie dla zastosowania materiałów NTB. Skok spirali w nanoskali w porównaniu z zakresem mikrometrów typowych materiałów cholesterycznych może skrócić czas przełączania o 3 rzędy wielkości. Czas przełączania efektu fleksoelektrycznego jest rzędu kilku mikrosekund, niedawno informowaliśmy o częstotliwości przełączania modu miękkiego w regionie MHz.

Projekt przedstawia nowatorskie podejście do kompleksowego opisu właściwości makroskopowych materiału na podstawie ich właściwości molekularnych. Głównym celem projektu będzie określenie związku między strukturą molekularną a wynikającymi z niej makroskopowymi właściwościami materiału. Aby to osiągnąć, konieczne jest określenie orientacji i kolejności polarnej dla grupy ciekłych kryształów (LC) o różnej budowie molekularnej: różnych strukturach centralnej części rdzenia mezogenu i zmieniającej się strukturze łańcuchów w ogonach, by ostatecznie określić związek między budową cząsteczek i ich uporządkowaniem a makroskopowymi właściwościami fazy ciekłokrystalicznej.

Bezpośrednim rezultatem badań przewidzianych w projekcie będzie określenie szeregu parametrów makroskopowych opisujących właściwości termodynamiczne oraz charakteryzujących anizotropowe właściwości fizyczne grupy nowo zsyntetyzowanych materiałów LC o różnej budowie molekularnej. Jednym z ważnych zadań projektu jest uzyskanie możliwości modelowania efektu elektrooptycznego (EO), i czasu przełączania oraz modelowania zmian strukturalnych w funkcji temperatury i pola elektrycznego.

Połączenie szybkiego czasu reakcji elektrooptycznej (EO) z właściwościami analogowymi oznacza, że materiały ciekłokrystaliczne EC są niezwykle atrakcyjne dla szerokiego zakresu zastosowań. Materiały, które będziemy badać, są LC zbudowanych z achiralnych cząsteczek z wygiętym rdzeniem (wygięty rdzeń BC). Ta grupa materiałów jest dla nas szczególnie interesująca ze względu na ich wzajemną zależność między polaryzacją a dwuosiowością. Inaczej niż w przypadku kalamitycznego LC, wygięte rdzenie, nawet niechiralne, mogą wykazywać dużą spontaniczną polaryzację i dwuosiowość w fazach ortogonalnych. Materiały te pokazują szybkie przełączanie EO, wysoki kontrast między stanami ON-OFF, dając możliwość ich zastosowania w szybko przełączających się urządzeniach elektro-optycznych.

Wykorzystując mikroskopię polaryzacyjną, spektroskopię w podczerwieni i Ramana, pomiary anizotropii współczynnika załamania i anizotropii przenikalności dielektrycznej, wyznaczone zostaną temperatury przejść odpowiednich mezofaz oraz anizotropowe własności elektryczne i optyczne. Planowane badania obejmują badanie struktury tj. lokalnego uporządkowania cząsteczek, makroskopowego uporządkowania faz oraz dynamiki procesów molekularnych i kolektywnych. Zakres korelacji lokalnego uporządkowania wyznaczony zostanie z pomiarów nisko kąтового rozpraszania rentgenowskiego, który zostanie porównany z zakresem korelacji porządku polarnego wyznaczonego z pomiarów dielektrycznych i polaryzacji. Przybliżona funkcja rozkładu ODF i odpowiadające im parametry porządku zostaną określone przy użyciu pomiarów dwójłomności i Ramana.