

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Wzmacnianie światła w domieszkowanych układach o właściwościach ciekłokrystalicznych

Rozprawa doktorska zatytułowana: „Wzmacnianie światła w domieszkowanych układach o właściwościach ciekłokrystalicznych” została zrealizowana w Katedrze Inżynierii i Modelowania Materiałów Zaawansowanych, na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej oraz w laboratorium NEST (National Enterprise for Nanoscience and Nanotechnology) instytutu CNR i SNS (Institute of Nanoscience - CNR i Scuola Normale Superiore - SNS w Pizie, Włochy), pod opieką Promotora Dr. hab. inż. Jarosława Myśliwca, prof. uczelni oraz Kopromotora, Dr Andrea Camposeo.

Motywacją do badań i napisania niniejszej rozprawy były interesujące właściwości fizyczne i optyczne ciekłych kryształów. Pierwszym celem, jak i etapem pracy, było wykonanie następujących zadań: przestudiowanie właściwości ciekłych kryształów, barwników luminescencyjnych oraz innych materiałów organicznych, w tym ich selekcja i ocena kompatybilności do wytworzenia systemów wieloskładnikowych. Ciekłe kryształy, zostały następnie wykorzystane do stworzenia różnych hybrydowych systemów takich jak: ciekłokrystaliczne komórki domieszkowane jednym i/lub trzema barwnikami komercyjnie dostępnymi lub zsyntezowanymi, emulsje ciekłokrystaliczne (ciekły kryształ, trzy barwniki, matryca polimerowa) oraz drukowane 3D struktury kompozytowe - ciekłe kryształy, fotoaktywny oligomer, fotoinicjator i barwniki luminescencyjne. W celu stworzenia wymienionych systemów konieczne było dobranie odpowiednich technik wytwarzania: metoda nawirowania, metoda nanoszenia kroplowego oraz wypełnianie komórki ciekłokrystalicznej za pomocą sił kapilarnych. Następnie, hybrydowe systemy podlegały dalszym badaniom, w celu określenia ich podstawowych cech spektroskopowych (absorpcja, emisja). Wykorzystane zostały techniki mikroskopowe – mikroskopia optyczna oraz konfokalna. Bardzo istotnym tematem dla tej rozprawy było sprawdzenie możliwości uzyskania wzmocnienia światła, charakterystyki tego zjawiska oraz jego kontroli. Szczególnie istotnymi zadaniami były: wyznaczenie progów emisji stymulowanej, przyłożenie zewnętrznego pola elektrycznego oraz sprawdzenie możliwości modulowania emisji stymulowanej w tych warunkach, przestrajanie pomiędzy emitowanymi kolorami, charakterystyka białej emisji laserowej pochodzącej z emulsji ciekłokrystalicznych i krótka ocena właściwości użytkowych badanych układów.

Na początku, ciekłokrystaliczne systemy zostały stworzone bazując na dobrze znanych, komercyjnie dostępnych materiałach, w celu potwierdzenia możliwości uzyskania emisji

stymulowanej. Również ręcznie konstruowane komórki ciekłokrystaliczne z powierzchniową siatką dyfrakcyjną, jako dodatkowym elementem, zostały eksperymentalnie zbadane względem osiągnięcia wzmocnienia światła i modulacji zewnętrznym polem elektrycznym.

Dzięki współpracy z Politechniką Poznańską (grupa Profesora Martyńskiego), możliwe było zbadanie ręcznie skonstruowanej komórki ciekłokrystalicznej, wypełnionej mieszaniną ciekłokrystaliczną 1742 (charakteryzująca się negatywną anizotropią dielektryczną) i domieszkowanej syntezowaną pochodną perylenu. Rezultaty eksperymentu wskazują na bardzo wysoką fotostabilność układu, dzięki krystalizacji użytego barwnika luminescencyjnego. Zwrócono uwagę na odpowiedź układu po przyłożeniu pola elektrycznego, objawiającą się w znacznym wzroście intensywności emisji stymulowanej. Następnie, badania skoncentrowane były na sprawdzeniu możliwości domieszkowania matrycy ciekłokrystalicznej trzema barwnikami luminescencyjnymi oraz przestrajaniu emitowanego koloru za pomocą zmiany stosunku barwników oraz przyłożonego napięcia prądu stałego.

Kolejnym etapem było stworzenie emulsji ciekłokrystalicznych, dedykowanych do otrzymania akcji laserowej w zakresie światła białego. Konstrukcja tego systemu opierała się na separacji faz pomiędzy użytymi materiałami i otrzymanie kropli ciekłokrystalicznych, domieszkowanych trzema barwnikami, zawieszonych w matrycy polimerowej. Tak przygotowany system został scharakteryzowany spektroskopowo, mikroskopowo, pod kątem otrzymania stymulowanej emisji oraz dystrybucji rozmiaru otrzymanych kropelek.

Ponadto, dzięki możliwości zoptymalizowania procesu tworzenia emulsji ciekłokrystalicznej (w laboratorium NEST), możliwe było otrzymanie rzetelnego i powtarzalnego schematu konstrukcji i charakterystyki w pełni organicznego, ciekłokrystalicznego systemu, pozwalającego na emisję światła białego na drodze akcji laserowej. Wykorzystanie metod takich jak: mikroskopia konfokalna, spektroskopia czasowo-rozdzielcza i metoda nawirowania, w systemie warstwa po warstwie okazały się kluczowe dla procesu optymalizacji i stanowiły bazę dla dalszych badań, zakładających stworzenie emulsji w komórce ciekłokrystalicznej i poddanie jej działaniu zewnętrznego pola elektrycznego.

Ostatecznie, jako perspektywy – wykorzystane zostały metody drukowania (np. stereolitografia), pozwalające na stworzenie ciekłokrystalicznych, drukowanych 3D systemów w formie elastycznych membran lub kontrolowanych co do wymiarów kwadratowych struktur ciekłokrystalicznych. Układy te, domieszkowane barwnikami luminescencyjnymi są aktywne optycznie i pozwalają na otrzymanie emisji stymulowanej.

Niniejsza rozprawa doktorska przedstawia iż ciekłokrystaliczne materiały są cennymi składnikami hybrydowych systemów, przeznaczonych do wzmacniania światła i modulowanych zewnętrznymi bodźcami. Stworzone systemy są organicznymi, prostymi w budowie i aktywnymi optycznie urządzeniami. Przedstawiono możliwość kontrolowania stymulowanej emisji za pomocą przyłożonego pola elektrycznego, pompowanej gęstości energii i modyfikacji ilości barwników luminescencyjnych. Ponadto, uzyskane wyniki potwierdzają otrzymanie jednokolorowej, wielokolorowej i białej, przestrajalnej emisji stymulowanej.