

STRESZCZENIE

Praca przedstawia charakteryzację właściwości modulacyjnych dwóch typów ciekłych kryształów, ze szczególnym naciskiem na dynamikę zmiany fazy fali optycznej oraz ich właściwości elektrooptycznych.

Pierwszą grupą materiałów były trójskładnikowe nematyczne ciekłe kryształy pozwalające na konstrukcję urządzeń z możliwością przestrajania częstotliwości sygnału sterującego. Wykonano pomiary transmisji oraz zmiany fazy w funkcji czasu dla badanych kompozycji mieszanin. Zaprezentowano skład mieszanin oraz wpływ grup składników ją tworzących na właściwości dielektryczne. Urządzenia bazujące na testowanych materiałach wykazują wielopoziomową skalę szarości ze stabilną fazą w zakresie częstotliwości poniżej 50 kHz. Udowodniono, że mechanizmy relaksacji i zmiany fazy w badanych materiałach zależą od amplitudy i częstotliwości sygnału, przy czym w przypadku zmiany częstotliwości maksymalna głębokość modulacji wzrasta wraz ze wzrostem częstotliwości, a czas włączania dla każdego poziomu szarości jest taki sam i jest zależny od stałych materiałowych.

W pracy scharakteryzowano również modulator ciekłokrystaliczny w układzie stabilizowanego powierzchniowo ferroelektrycznego ciekłego kryształu o kącie pochylenia molekuł 45° oraz nietypowym dużym kącie przełączania bliskim 90° . Szczegółowej analizie poddano granice częstotliwości oraz wpływ amplitudy sygnału na pracę urządzenia. Pod działaniem napięcia bipolarnego modulator działa jak przełączalna płytka półfalowa. W idealnej sytuacji badany układ zachowuje się jak binarny modulator fazy π niezależnie od stanu polaryzacji oświetlającej go fali świetlnej, o możliwym do uzyskania szybkim czasie odpowiedzi $\tau < 1 \text{ ms}$.

W celu charakteryzacji materiałów ciekłokrystalicznych zaproponowano układ interferometryczny do dynamicznego pomiaru zmiany fazy w domenie przestrzeni. Dokonano szczegółowego opisu jego konstrukcji i kalibracji. Technika ta nawiązuje do klasycznego doświadczenia Younga i umożliwia kontrolę domeny przestrzennej wzorca prążkowego, w której okres przestrzennej modulacji rozkładu natężenia może być kontrolowany przez zmianę odległości między dwoma wiązkami interferometru. Zmierzone przesunięcia fazowe w funkcji czasu pozwalają na wydobycie informacji o fluktuacjach faz w ciekłym kryształe w czasie rzeczywistym, co nie jest bezpośrednio możliwe dla standardowych metod pomiarowych używanych do charakteryzacji materiałów ciekłokrystalicznych.

Wyniki zaprezentowane w niniejszej rozprawie były częścią 7 publikacji, w tym 5 z listy JCR oraz 8 wystąpień konferencyjnych, których doktorantka jest współautorką.

ABSTRACT

The work presents the characterization of modulation properties of two types of Liquid Crystals – LCs, with particular emphasis on the dynamics of the optical wave phase change and electro–optical properties of LCs.

The first group of analyzed materials were three–component Nematic Liquid Crystals – NLCs with frequency tunable properties. Several mixture compositions were characterized by transmission and phase shift changes in time domain. The composition of the mixtures and the details on dielectric properties for each component are presented and discussed. A multi–level gray scale with a phase stable in the frequency range below 50 kHz is observed for devices based on such materials. The mechanisms of relaxation and phase shift change in tested NLCs depend on both, the amplitude and frequency of the signal, but in the case of frequency change, the maximum modulation depth increases with increasing frequency, and the switch–on time for each gray level is the same and depends only on the material constants.

Liquid crystal modulator in a Surface Stabilized Ferroelectric Liquid Crystal – SSFLC system with a tilt angle 45° and non–standard large switching rotation angle close to 90° is also characterized. The operational frequency limits and the influence on the performance of the device is analyzed. Under the action of bipolar voltage, the modulator acts as a switchable half–wave plate. Ideally, the SSFLC behaves like a binary π phase modulator independently of the input state of polarization with a possible response time τ under 1 ms.

In order to characterize LC materials, an interferometric system for dynamic phase shift measurement in the spatial domain was proposed. The work describes the theoretical model and detailed calibration process to run the setup. This system is based on the classical Young experiment with possibility to control the spatial domain of the fringe pattern, in which the spatial modulation period of the intensity distribution can be varied by changing the distance between the two interferometer beams. The measured phase shifts as a function of time allow us to extract information about phase fluctuations in LC in real time. This is not directly possible using standard methods used to characterize liquid crystal materials.

PhD student is a co–author of 7 publications, including 5 from the JCR list and 8 conference presentations, that are a part of the results presented in this dissertation.