



Секция 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

MATEMATYCZNE METODY POPRAWY DOKŁADNOŚCI POMIARU KĄTA
ZAKOTWICZENIA MOLEKUŁ CIEKŁEGO KRYSZTAŁU W WARSTWIE
ORIENTUJĄCEJ LCD

Gospodarczyk J.

Jednym z ważniejszych czynników decydujących o jakości obrazu wyświetlanego na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym jest prawidłowa, wstępna orientacja molekuł ciekłego kryształu (LC). Mierzalnym parametrem dostarczającym informacji o ułożeniu molekuł w warstwie LC wyświetlacza oraz o jakości warstwy orientującej jest kąt zakotwiczenia - kąt nachylenia molekuł ciekłego kryształu względem powierzchni warstw orientujących, ograniczających warstwę ciekłokrystaliczną. Jedną z metod pomiaru kąta zakotwiczenia jest metoda rotacji kryształu, znana od lat 70-tych ubiegłego wieku [1]. Jest to metoda optyczna, posiadająca ograniczoną dokładność, zależną od zastosowanego rozwiązania aparaturowego. Możliwa jest jednak poprawa dokładności pomiaru poprzez zastosowanie nowoczesnych rozwiązań z obszaru mechatroniki oraz metod obróbki danych pomiarowych.

1. METODA ROTACJI KRYSZTAŁU

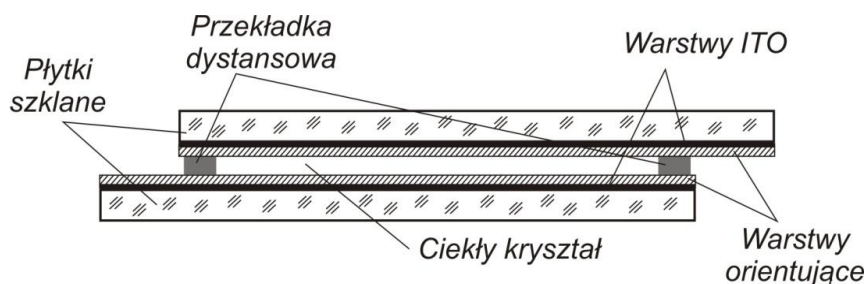
Metoda rotacji kryształu polega ona na pomiarze przepuszczalności (transmitancji) światła monochromatycznego przez układ złożony z komórki ciekłokrystalicznej (rys. 1) umieszczonej pomiędzy dwoma polaryzatorami o skrzyżowanych płaszczyznach polaryzacji, w funkcji kąta padania światła na badaną komórkę. Na podstawie otrzymanej zależności wyznacza się następnie kąt przesunięcia symetrii $\Delta\varphi$ względem kąta zerowego - odpowiadającego prostopadłemu padaniu wiązki światła na próbkę. Kąt zakotwiczenia ciekłego kryształu θ wyznacza się za pomocą wzoru:

$$\theta = \arcsin \frac{\sin(\Delta\varphi)}{(n_e + n_o)} \quad (1)$$

gdzie: n_e , n_o – współczynniki załamania światła dla promienia nadzwyczajnego i zwyczajnego, charakterystyczne dla zastosowanego ciekłego kryształu [1, 2].

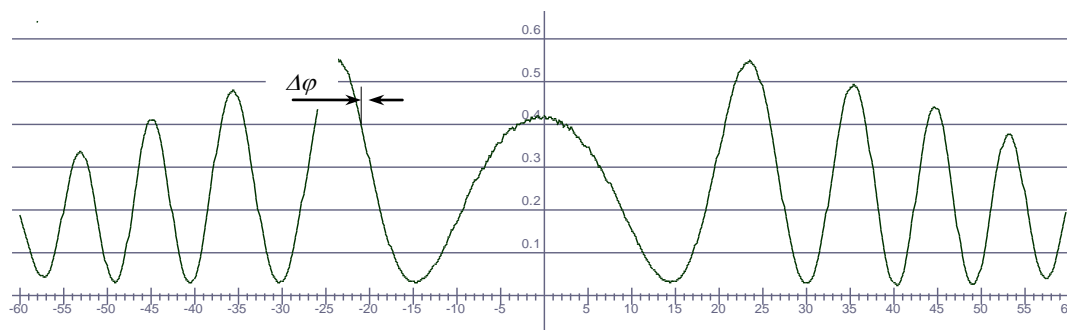
Istotnym elementem metody jest komórka ciekłokrystaliczna (rys. 1) stanowiąca uproszczoną wersję wyświetlacza i nie posiada polaryzatorów.

* Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy, Instytut Informatyki i Mechatroniki, Zakład Fizyki i Badań Materiałowych, ul. Garbary 2, 85-229 Bydgoszcz.



Rys. 1. Budowa komórki ciekłokrystalicznej

Charakterystykę wyznacza się w zakresie -60° do $+60^\circ$. Przykładową charakterystykę przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Przykładowa charakterystyka - transmitancja w funkcji kąta padania światła

Metoda rotacji kryształu posiada ograniczoną do 1° dokładność pomiaru z uwagi na występowanie w środkowej części charakterystyki interferencji znacznie utrudniających wyznaczenie położenia wierzchołka głównego piku charakterystyki, a więc i kąta przesunięcia symetrii. Możliwa jest jednak poprawa dokładności pomiaru poprzez zastosowanie nowoczesnych rozwiązań z zakresu mechatroniki oraz metod obróbki danych pomiarowych.

2. ROZWIĄZANIA APARATUROWE POPRAWY DOKŁADNOŚCI

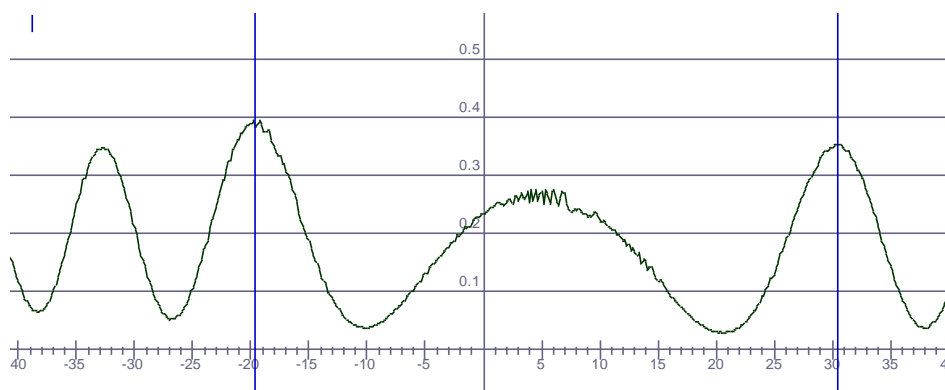
Głównymi parametrami, które można poprawić rozwiązaniami sprzętowymi są: rozdzielczość pomiaru, powtarzalność pomiaru, czas pomiaru. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych mikrokontrolerów współpracujących z precyzyjną mechaniką realizującą rotację komórki ciekłokrystalicznej, możliwe jest zwiększenie rozdzielczości pomiaru poniżej $0,01^\circ$ i skrócenie czasu pomiaru do kilku sekund. W praktyce okazało się, iż optymalną rozdzielczością jest $0,2^\circ$, natomiast czas pomiaru rzędu 15 sekund. Krótki czas pomiaru jest istotny z uwagi na kształt charakterystyki, która ulega zmianom pod wpływem zmian temperatury.

W zrealizowanym stanowisku badawczym uzyskano następujące parametry: rozdzielczość pomiaru: $0,178^\circ$; czas pomiaru: 15s; powtarzalność pomiaru: $0,05^\circ$.



3. GRAFICZNA METODA POPRAWY DOKŁADNOŚCI

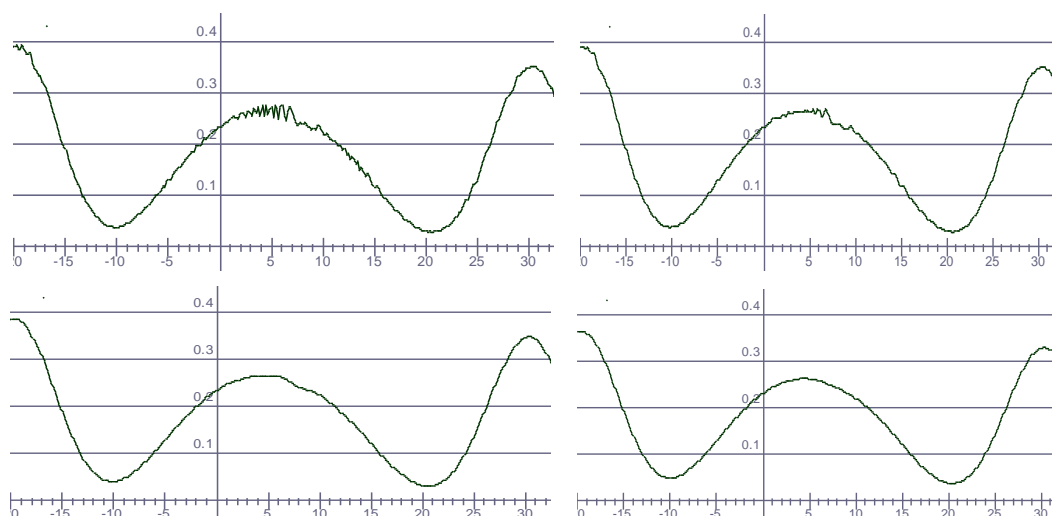
Graficzna metoda poprawy dokładności pomiaru polega na wykorzystaniu, przy wyznaczaniu kąta przesunięcia symetrii, pików sąsiednich zamiast głównego, który jest zniekształcony interferencjami. Najpierw wyznacza się kąty położenia wierzchołków pików sąsiednich i dzieląc na pół odległość między nimi wylicza kąt przesunięcia symetrii $\Delta\varphi$ (rys. 3)



Rys. 3. Graficzna metoda poprawy dokładności odczytu kąta symetrii charakterystyki

4. MATEMATYCZNE METODY POPRAWY DOKŁADNOŚCI

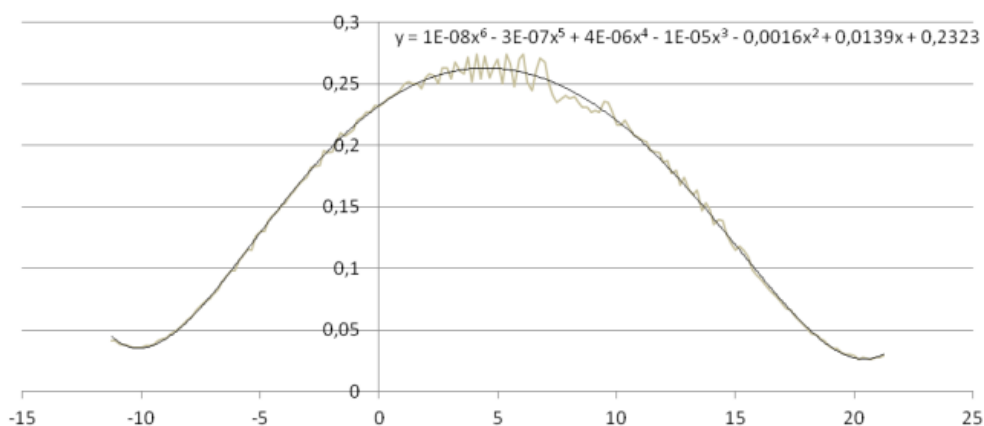
Matematyczne metody poprawy dokładności odczytu kąta symetrii sprowadzają się do dwóch rozwiązań. Pierwsze polega na matematycznym odfiltrowaniu zniekształceń charakterystyki w taki sposób, aby faza sygnału użytecznego nie uległa zmianie. Dokonuje się tego poprzez szereg kolejnych uśrednień przy szerokości okna uśredniania równej 3. Efekt działania filtru matematycznego obrazuje rysunek 4.



Rys. 4. Efekt działania filtru uśredniającego a) charakterystyka początkowa, b) po jednokrotnym użyciu filtru, c) po 10 cyklach filtrowania, d) po 30 cyklach filtrowania



Druga metoda to aproksymacja średniokwadratowa wielomianem 2-6 stopnia danych pomiarowych. Dla wybranego zakresu kątów wyznaczane jest równanie wielomianu, na podstawie którego obliczany jest następnie kąt symetrii - kąt dla ekstremum (maksimum) funkcji (rys. 5).



Rys. 5. Aproksymacja średniokwadratowa wielomianem 6 stopnia dla przykładowej charakterystyki

Nie zawsze wymagane jest stosowanie wielomianu 6 stopnia. Przy mniejszym zakresie aproksymowania wystarczający jest stopień 3 i 4.

Wszystkie opisane powyżej metody zostały zaimplementowane w oprogramowaniu służącym również do akwizycji danych ze stanowiska pomiarowego.

5. WNIOSKI

1. Dzięki zastosowanym metodom uzyskano dokładność pomiaru rzędu $0,1^\circ$.
2. Metoda graficzna oraz metody matematyczne mogą być łączone ze sobą. Wszystkich przekształceń dokonuje autorskie oprogramowanie komputerowe.

1. SCHEFFER T.J., NEHRING T. "Accurate Determination of Liquid-Crystal Tilt Bias Angles". J. Appl. Phys. – 1977. – Vol.48, No. 5. – P.1783-1792.
2. WITWERT V., BAUR G., BERREMAN D. W.: Phys. Lett. 56A, 1976, 142.