

Wiedza o stanie polaryzacji światła i zmianach tego stanu na skutek interakcji z materią może dostarczyć wielu informacji o właściwościach badanego ośrodka. Może również służyć jako narzędzie pomiarowe do badania wpływu różnych czynników zewnętrznych (pól elektrycznych, magnetycznych, naprężeń) na te własności i tym samym do pomiaru tychże czynników. W najogólniejszym przypadku badamy albo tylko stan polaryzacji światła za pomocą tzw. analizatorów albo badamy zmiany stanu polaryzacji po przejściu przez badany obiekt. W tym drugim przypadku musimy kontrolować zarówno stan polaryzacji na wejściu (zwykle sami generujemy określone stany) jak i na wyjściu układu. Traktując badany obiekt jako „czarną skrzynkę” możemy zauważyć zawsze ten sam schemat pomiaru: odpowiedni dobór (generację) stanów polaryzacji na wejściu i odpowiedni dobór analizatorów na wyjściu powinien umożliwić utworzenie układów równań, umożliwiających obliczenie wszystkich interesujących nas parametrów ośrodka. W zależności od przyjętego formalizmu, parametry te mają różne nazwy, ale w najpopularniejszym ujęciu są to: kąt azymutu i kąt eliptyczności tzw. fal własnych ośrodka (fal o takich stanach polaryzacji, które nie zmieniają się po przejściu przez ośrodek), współczynników transmisji obu tych fal (ważne dla ośrodków dichroicznych) oraz różnicy faz, wprowadzanej przez ten ośrodek po przejściu lub odbiciu fali świetlnej od niego. W najogólniejszym przypadku takich parametrów jest pięć, ale sposób, w jaki wchodzi one do końcowych równań sprawia, że określenie potrzebnej ilości pomiarów i właściwych konfiguracji stanów wejściowych i stanów wyjściowych zależy mocno od wielu czynników i podlega wielu ograniczeniom. Pomysły i szczegółowe rozwiązania konkretnych układów pomiarowych znane są od dawna, znane są również ogólne kryteria, które mogą być pomocne przy ich projektowaniu. Kryteria te bazują przede wszystkim na dokładności pomiarów, ale niebagatelny są też: minimalizacja ilości pomiarów, łatwość automatyzacji, szybkość działania, odporność na możliwe zakłócenia. Standardowe układy pomiarowe bazowały na użyciu elementów, zmieniających stan polaryzacji światła poprzez wsuwanie i wysuwanie lub obrót azymutalny elementów dwójłomnych, wprowadzających znaną i ściśle określoną różnicę faz. Powodowało to trudności w automatyzacji i dużą niestabilność takich układów oraz brak powtarzalności otrzymanych wyników. Przełomem w optyce polaryzacyjnej było użycie elementów ciekłokrystalicznych – umożliwiały one kontrolowaną i ciągłą zmianę wprowadzanej różnicy faz poprzez zmiany napięcia, przyłożonego do takiego elementu. „Klasyczne” już modulatory ciekłokrystaliczne niestety nie umożliwiają zmian parametrów (kąta azymutu i kąta eliptyczności) fal własnych co powodowało, że albo trzeba je było znowu mechanicznie obracać albo używać zestawu wielu takich elementów. Sporym przełomem może i powinno być użycie układów modulatorów fazy opartych na tzw. skręconych nematycznie ciekłych kryształach – teraz zmiana przyłożonego napięcia powoduje zmiany wszystkich parametrów polaryzacyjnych takiego kryształu, choć wciąż nie ma możliwości zmian każdego parametru oddzielnie. Ze względu na to, że technologia wytwarzania takich elementów jest wciąż dopiero rozwijana, w literaturze spotyka się stosunkowo niewiele rozwiązań je stosujących. I takim problemem chcemy się zająć – badaniem możliwości konstruowania nowych układów pomiarowych, wykorzystujących ciekłe kryształy nematycznie skręcone. Przy czym postulujemy, że takie właśnie elementy mogą pomóc w rozwiązaniu dodatkowego, istotnego problemu: pomiaru parametrów ośrodków dwójłomnych, do których mamy ograniczony dostęp (np. rogówka oka), co powoduje, że trzeba używać tych samych elementów układu pomiarowego jako generatora i równocześnie analizatora stanu polaryzacji. Przy czym ciągle elementami krytycznymi byłyby dokładność i szybkość działania układu (badania in vivo nie powinny trwać zbyt długo) przy stosunkowo prostej i łatwej w analizie jego konstrukcji, składającej się z możliwie niewielkiej liczby elementów (koszty!). Badania wstępne potwierdzają, że rozwiązania takie są możliwe już przy zastosowaniu „zwykłych” (czyli nie skręconych) modulatorów ciekłokrystalicznych a równocześnie wskazują na potencjalne słabe punkty takich układów, którymi mogą być na przykład ograniczenie stosowalności metod pomiarowych do określonych typów ośrodków (np. tylko liniowo dwójłomnych). Ograniczenia te wynikają głównie z niemożliwości sterowania parametrami fal własnych modulatora (kąt azymutu i kąt eliptyczności) bez fizycznej zmiany jego orientacji w układzie, co możliwe jest w przypadku nematyków skręconych. Naszym celem będzie więc przestudiowanie możliwości użycia modulatorów fazy opartych na ciekłych kryształach, w tym nematycznie skręconych, do konstrukcji układów pomiarowych, ze szczególnym uwzględnieniem układów, które umożliwią pomiar „trudno dostępnych” ośrodków dwójłomnych, jak np. rogówka ludzkiego oka. Chcemy skoncentrować się przede wszystkim na układach, które będą wykorzystywały ten sam element konstrukcyjny równocześnie jako generator stanów polaryzacji jak i ich analizator. Uprości to znacznie wielkość układu pomiarowego, jego stopień skomplikowania oraz, być może, koszty. Skądinąd, konieczność stosowania elementów światłodzielących w takich konfiguracjach pomiarowych spowoduje nowe problemy do rozwiązania i wymusi opracowanie nowych metod obróbki wyników, ze szczególnym uwzględnieniem kalibracji układu pomiarowego. Założenia wstępne, dotyczące takich procedur, zostały już przez nas rozpoznane przy okazji dotychczasowych badań i jesteśmy przekonani, że zastosowanie nematyków skręconych wprowadzi nową jakość do konstrukcji polaryzacyjnych układów pomiarowych.