

WYŚWIETLACZE CIEKŁOKRYSTALICZNE W ŚRODKACH TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO I LOTNICTWIE

W artykule przedstawiono podstawowe własności ciekłych kryształów ze szczególnym uwzględnieniem ich wykorzystania przy konstrukcji wyświetlaczy ciekłokrystalicznych. Omówiono podstawowe własności wyświetlaczy ciekłokrystalicznych, ich strukturę i zasadę działania. Na wybranych przykładach wykazano korzyści jakie płyną z zastosowania wyświetlaczy ciekłokrystalicznych w środkach transportu samochodowego i lotnictwie.

WSTĘP

W kokpicie samochodu kierowca ma dostęp do podstawowych urządzeń umożliwiających kierowanie pojazdem takich jak kierownica, dźwignia zmiany biegów, hamulec, pedał przyspieszenia. Na desce rozdzielczej zamontowane są wskaźniki informujące kierowcę o prędkości pojazdu, prędkości obrotowej silnika, napełnieniu zbiornika paliwa oraz różnego rodzaju przełączniki i kontrolki. W środkowej części deski rozdzielczej znajduje się konsola zawierająca radio, sterowanie klimatyzacją pojazdu oraz system nawigacji. W celu zapewnienia bardziej bezpiecznej jazdy samochodem wygląd i funkcje deski rozdzielczej w ostatnich latach uległy znacznej ewolucji. Optymalizacja funkcjonalności deski rozdzielczej w pojeździe polega między innymi na zastąpieniu wskaźników elektromechanicznych przez nowoczesne rozwiązania w postaci wyświetlaczy ciekłokrystalicznych. Zapewniają one większą czytelność przekazywanych informacji, łatwiejszą i szybszą interakcję kierowcy z pojazdem, możliwość wyświetlania informacji w postaci graficznej na dużych ekranach oraz bardzo nowoczesny design wnętrza pojazdu.

Natomiast w kokpicie samolotu, czyli wydzielonej części statku powietrznego dla załogi pilotów, znajduje się wielokrotnie większa, w porównaniu do samochodu, liczba przyrządów i elementów sterowania, nad którymi kontrolę sprawują piloci. Również w tym przypadku stosuje się najnowocześniejsze rozwiązania z zastosowaniem wyświetlaczy ciekłokrystalicznych, w celu ułatwienia i zapewnienia załodze pilotów optymalnej kontroli parametrów samolotu i jego nawigacji. Wielkoformatowe wyświetlacze ciekłokrystaliczne pozwalają na przedstawianie informacji w postaci graficznej oraz z zastosowaniem kolorów, co znacznie ułatwia kontrolę poprawności pracy podzespołów samolotu. Firmy lotnicze inwestują w modernizację kokpitów samolotów zastępując przestarzałe monitory CRT (*Cathode Ray Tube*) znacznie tańszymi, lżejszymi i pobierającymi mniej energii wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi.

Ciekłe kryształy, stosowanie w wyświetlaczach, to niezwykle ciekawy stan materii łączący w sobie własności cieczy i ciała stałego [1-8]. Nazwa ciekłe kryształy została wprowadzona przez niemieckiego fizyka *Lehmanna* w 1889 r., w rok po ich odkryciu przez austriackiego botanika *Reinitzera*, który zauważył występowanie mętnej fazy w trakcie podgrzewania benzoesu cholesterolu powyżej temperatury 145,5 °C. Dalsze badania *Lehmanna* i *Schenka* pokazały, że ciekłe kryształy stanowią nową klasę materiałów różnych od cieczy izotropowych i kryształów stałych. W 1905 roku było znanych około 250 związków wykazujących własności ciekłokrystaliczne, których

syntezy większości dokonał *Vorländer* [2]. Dopiero w 1922 roku *Friedel* odkrył, że ciekłe kryształy występują w trzech odmiennych stanach mezomorficznych - nematycznym, cholesterycznym i smektycznym. Podział faz ciekłokrystalicznych dokonany przez *Friedela* stosowany jest do dzisiaj.

Również polscy uczeni zapisali się na kartach historii rozwoju badań nad ciekłymi kryształami. Np. *Jeżewski* i *Mięsowicz* w Krakowie badali własności elektryczne, magnetyczne i reologiczne nematycznego ciekłego kryształu *p-azoksyanizolu (PAA)*. Pionierskie badania *Mięsowicza* dotyczące anizotropii współczynników lepkości są aktualne do dzisiaj i cytowane w literaturze [3].

Podstawową własnością ciekłego kryształu odróżniającą go od cieczy izotropowej i nadającą podobieństwo do ciała stałego (kryształu) jest występowanie orientacyjnego stopnia swobody, który charakteryzuje makroskopowe uporządkowanie długich osi molekuł w przestrzeni. Ten dodatkowy stopień swobody określa unikalne właściwości ośrodka takie jak zależność uporządkowania ośrodka od temperatury, stężenia domieszek, pola elektrycznego i magnetycznego, odkształcenia sprężystego oraz przepływów lepkich. Szczególnie wyraźnie objawia się zmiana własności optycznych w cienkich warstwach ciekłokrystalicznych. Znalazło to zastosowanie w budowie wyświetlaczy ciekłokrystalicznych, które w ostatnich kilkudziesięciu latach przeżywają burzliwy rozwój [4].

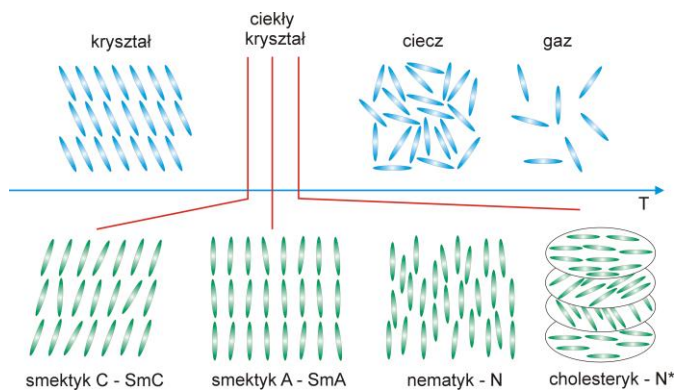
1. RODZAJE CIEKŁYCH KRYSZTAŁÓW

1.1. Termotropowe ciekłe kryształy

Ciekłe kryształy, które otrzymuje się przez ogrzanie ciała krystalicznego lub przez schłodzenie cieczy izotropowej nazywamy termotropowymi ciekłymi kryształami. Zgodnie z powyżej wspomnianą nomenklaturą wprowadzoną przez *Friedela*, termotropowe ciekłe kryształy można podzielić na trzy klasy: nematyki, cholesteryki i smektyki, których krótka charakterystyka zostanie przedstawiona w dalszej części tekstu [1, 2, 5].

Nematyczne ciekłe kryształy

W fazie nematycznej nie występuje długozasięgowe uporządkowanie środków mas molekuł, natomiast ich długie osie są zorientowane średnio wzdłuż pewnego, wyróżnionego kierunku wyznaczonego przez wektor jednostkowy zwany direktorem (rys. 1). Nematyk jest kryształem optycznie jednoosiowym. Nazwa nematycznej fazy ciekłokrystalicznej pochodzi od greckiego słowa *νήμα* - nić. Pod mikroskopem polaryzacyjnym obserwuje się w tej fazie szereg cienkich, ruchliwych nici – dysklinacji.



Rys. 1. Schemat uporządkowania molekuł w różnych fazach ciekłokrystalicznych w porównaniu do struktury kryształów, cieczy i gazów

Cholesteryczne ciekłe kryształy

Cholesteryczne ciekłe kryształy nie posiadają długozasięgowego uporządkowania translacyjnego i lokalnie nie różnią się od nematyków (rys. 1). Jednak w odróżnieniu od nematyków kierunek direktora zmienia się w przestrzeni tworząc strukturę spiralną (dzięki temu nazywane też są skręconymi nematykami) [6]. Skok struktury spiralnej w cholesterykach (około $0,3 \mu\text{m}$) jest dużo większy od rozmiaru molekuł i porównywalny z długością fali światła widzialnego. Obecność struktury spiralnej powoduje, że cholesteryki wykazują selektywne odbicie światła oraz wyjątkowo dużą aktywność optyczną.

Dyskotyczne ciekłe kryształy

Dyskotyczne ciekłe kryształy powstają w wyniku długozasięgowego uporządkowania molekuł dyskotycznych w postaci kolumn – faza kolumnowa [2]. Kolumny mogą tworzyć sieć o symetrii kwadratowej, rombowej i heksagonalnej.

Smektyczne ciekłe kryształy

W fazie smektycznej molekuły ciekłego kryształu uporządkowane są w warstwach (rys. 1). Ze względu na sposób upakowania molekuł w warstwach wyróżniamy [1-3, 5]:

- fazę smektyczną A (SmA), gdzie molekuły ułożone są swoimi długimi osiami średnio prostopadle do płaszczyzny warstw, a ich środki masy są rozłożone nieregularnie jak w cieczy (ciecz dwuwymiarowa, jednoosiowa optyczne),
- fazę smektyczną B (SmB), gdzie środki mas molekuł uporządkowane są heksagonalnie w warstwie smektycznej (dzwuwymiarowe ciało stałe),
- fazę smektyczną C (SmC), w której długie osie molekuł pochylone są pod pewnym kątem do warstw (faza optycznie dwuosiowa),
- fazę smektyczną C* (SmC*), gdzie gwiazdka oznacza fazę zbudowaną z molekuł chiralnych. W wyniku chiralności molekuł w fazie tej molekuły zmieniają orientację od warstwy do warstwy i powstaje struktura spiralna. Jeżeli molekuły posiadają moment dipolowy, to faza staje się ferroelektryczna (ferroelektryczne ciekłe kryształy). Własności elektrooptyczne fazy ferroelektrycznej wykorzystano przy konstrukcji wyświetlaczy ciekłokrystalicznych.

Wyróżnia się jeszcze inne fazy smektyczne np. SmE, SmG, SmH, które wykazują pozycyjne uporządkowanie molekuł w warstwach.

1.2. Liotropowe ciekłe kryształy

Stan ciekłokrystaliczny występuje także w roztworach koloidalnych związków amfifilowych, wirusów mozaiki tytoniowej oraz polipeptydów [2]. Ten typ ciekłych kryształów nazwany został liotropowymi ciekłymi kryształami, a głównym parametrem wywołującym kolejne przejścia fazowe jest stężenie rozpuszczalnika. Liotropowe ciekłe kryształy powszechnie spotyka się w przyrodzie, szczególnie w organizmach żywych. Konstrukcja współczesnych wyświetlaczy ciekłokrystalicznych oparta jest głównie na wykorzystaniu termotropowych ciekłych kryształów.

2. WYŚWIETLACZE CIEKŁORYSTALICZNE

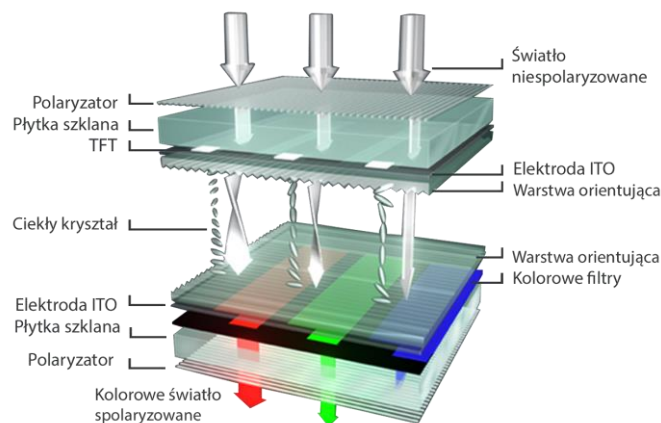
2.1. Podstawowe parametry i zasada działania wyświetlaczy ciekłokrystalicznych

Można powiedzieć, że zastąpienie lamp kineskopowych CRT przez wyświetlacze ciekłokrystaliczne dokonało rewolucji na rynku urządzeń elektronicznych, gdzie niezbędne jest przedstawianie informacji w postaci wizualnej. Wyświetlacze ciekłokrystaliczne stosowane są w urządzeniach codziennego użytku takich jak zegarki, telefony komórkowe, sprzęt AGD, telewizory, itp. Zdobyły one tak dużą popularność i znaczenie ze względu na niskie koszty produkcji, dużą niezawodność, dowolność kształtu, wysokiej jakości obraz barwny o dużym kontraście, niskie koszty eksploatacji ze względu na niewielki pobór energii (niskie napięcie pracy) oraz brak części ruchomych. W ostatnich kilkudziesięciu latach obserwuje się rosnące wykorzystanie wyświetlaczy ciekłokrystalicznych w środkach komunikacji samochodowej i lotnictwie.

Ze względu na zasadę działania wyświetlacze ciekłokrystaliczne można podzielić na dwie grupy [4]:

- wyświetlacze aktywne, które emitują światło, a jego natężenie jest niezależne od oświetlenia zewnętrznego,
- wyświetlacze pasywne, które rozpraszają, pochłaniają lub odbijają światło pochodzące ze źródła zewnętrznego.

Ponadto, ze względu na zastosowanie i sposób pracy wyświetlacze ciekłokrystaliczne podzielono na: transmisyjne, odbiciowe i transfleksyjne. Także parametry elektrooptyczne wyświetlaczy takie jak: kontrast, luminancja, jasność, kontrast barwny, chromatyczność i odbłask decydują o ich konkretnym przeznaczeniu w urządzeniach, gdzie niezbędne jest zastosowanie interfejsu komunikacji wizualnej między użytkownikiem i maszyną.

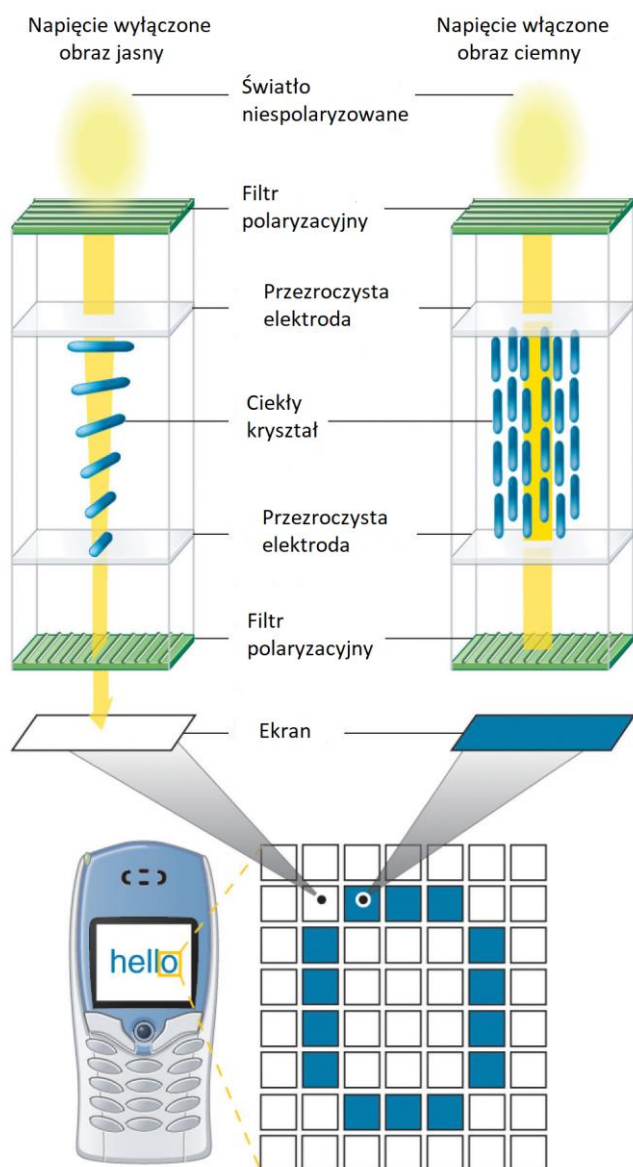


Rys. 2. Struktura wyświetlacza ciekłokrystalicznego [10]

Zazwyczaj wyświetlacze ciekłokrystaliczne zbudowane są z dwóch płytek szklanych o grubości około 1 mm , między którymi umieszczona jest warstwa ciekłego kryształu o grubości rzędu $5 \mu\text{m}$ (rys. 2). Grubość warstwy ciekłego kryształu ustala się za pomocą odpowiednich przekładek (mogą to być np. kulki szklane) umiesz-

czonych wewnątrz komórki ciekłokrystalicznej oraz blisko jej krawędzi [9]. Zewnętrzna powierzchnia każdej płytki szklanej pokryta jest folią polaryzacyjną. Natomiast wewnętrzna powierzchnia płytek szklanych pokryta jest przezroczystymi, przewodzącymi elektrodami ITO (*Indium Tin Oxide*) o grubości około 30 nm. Dodatkowo mogą tam być napyłone cienkowarstwowe tranzystory (matryca TFT – *Thin Film Transistor*), diody lub urządzenia oparte na złączach metal-izolator-metal w każdym elemencie ekranu. Umożliwiają one połączenie między pikselami ekranu, a elektroniką sterującą powstawaniem obrazu. Na powierzchni tych warstw naniesiona jest cienka warstwa polimeru wymuszającego określoną orientację molekuł ciekłego kryształu.

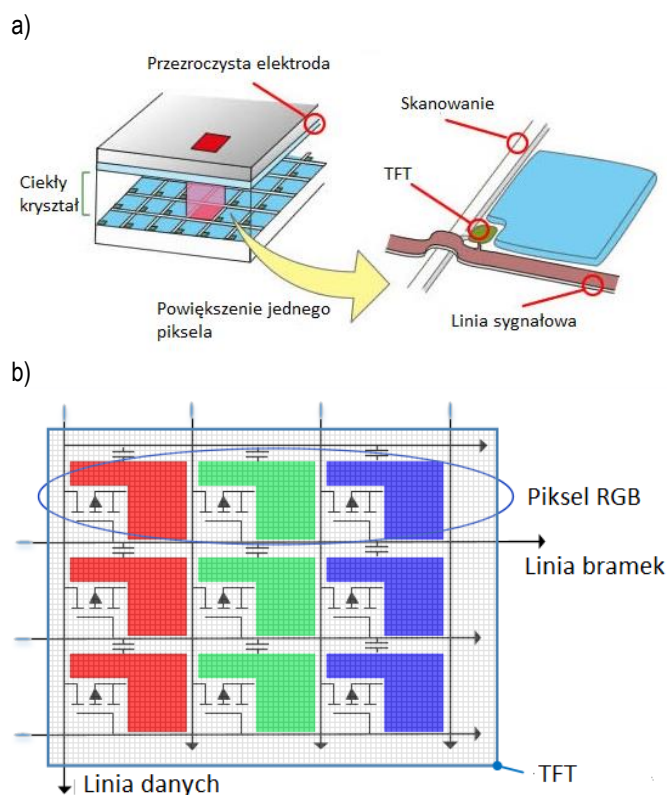
Optycznie aktywna warstwa w wyświetlaczu, to najczęściej nematyczny ciekły kryształ w konfiguracji skręconej (TN – *Twisted Nematic*). Transmisja każdego piksela modulowana jest za pomocą pola elektrycznego między stanem jasnym i ciemnym. Tylna część wyświetlacza podświetlana jest równomiernie białym światłem, np. za pomocą diod typu LED (*Light Emitting Diode*). Matryca barwnych filtrów RGB (*R - red* (czerwony), *G - green* (zielony), *B - blue* (niebieski)) o grubości rzędu 1,5 μm naniesiona na wyświetlacz, zapewnia wyświetlanie obrazów o szerokiej gamie kolorów.



Rys. 3. Zasada działania wyświetlacza ciekłokrystalicznego opartego o skręcony nematyk (TN) [11]

Na rys. 3 przedstawiono zasadę działania wyświetlacza ciekłokrystalicznego opartego o skręcony nematyk (TN) ze sterowaniem bezpośrednim [11]. Tego typu wyświetlacze stosowane są najczęściej w zegarkach, kalkulatorach, aparaturze pomiarowej, itp. Polimerowe warstwy orientujące wymuszają orientację molekuł ciekłego kryształu w kierunkach wzajemnie prostopadłych na obu powierzchniach płytek szklanych. W wyniku tego, molekuły ciekłego kryształu tworzą strukturę skręconą wewnątrz komórki elektrooptycznej. Warstwa ta jest aktywna optycznie i skręca płaszczyznę polaryzacji światła o $\pi/2$. Polaryzatory liniowe są tak naklejone na płytkach szklanych, aby ich kierunki polaryzacji były zgodne z kierunkami uporządkowania molekuł na powierzchniach płytek. W stanie wyłączonym (stan OFF) całe pole wyświetlacza jest jasne. Pod wpływem włączenia napięcia (stan ON) między elektrodę wspólną i elektrodę danego piksela struktura ciekłego kryształu ulega reorientacji, co powoduje, że płaszczyzna polaryzacji światła pozostaje nieskręcona. W wyniku tego na wyświetlaczu obserwowany jest ciemny segment obrazu.

Ciekłokrystaliczne wyświetlacze TFT, to obecnie najpopularniejsze na rynku aktywne matryce ciekłokrystaliczne [12-14]. W matrycy aktywnej każdy piksel może być adresowany indywidualnie, co ogranicza wpływ przyłożonego sygnału elektrycznego na sąsiadujące elementy (*cross-talk*). Wyświetlacze TFT zapewniają wysoki kontrast, rozdzielczość i jasność wyświetlanego obrazu, oferują dużą skalę szarości, lepszą kontrolę kolorów oraz duży kąt widzenia, a także szybszą reakcję na dynamiczną zmianę obrazu, co eliminuje zjawisko powidoków (*ghosting*). Poza tym koszty produkcji wyświetlaczy nawet o dużych rozmiarach są stosunkowo niskie dla odbiorcy końcowego. Budowa wyświetlacza TFT została schematycznie pokazana na rys. 4a i 4b.



Rys. 4. a) Schemat budowy pojedynczego piksela TFT. b) Schemat struktury wyświetlacza TFT [13, 14]

Każdy piksel wyświetlacza TFT składa się z trzech subpikseli z filtrami RGB (rys. 4b). Poszczególne subpiksele posiadają własny tranzystor TFT oraz wypełnione są ciekłym kryształem w konfiguracji

cji skróconego nematyka. TFT działa jak przełącznik współdziałając z kondensatorem utworzonym przez cały piksel wraz z ciekłym kryształem (pojemność C_{LC}) oraz kondensator magazynujący C_s . Elektrody uporządkowane są w wiersze (linia bramek) oraz kolumny (linia danych). Informacja o obrazie (linia danych) decyduje o poziomie napięcia na ciekłym kryształe. Natomiast czas aktywacji piksela jest ustalany przez napięcie na bramce TFT (linia bramek). Po doprowadzeniu do bramki napięcia dodatniego włącza się TFT, a kondensatory C_{LC} i C_s ładują się do napięcia równego napięciu przyłożonego do linii danych. Napięcie zostaje przeniesione na piksel, co powoduje przeorganizowanie ciekłego kryształu i transmisję światła na określonym poziomie. Po naładowaniu kondensatorów tranzystor zostaje wyłączony, a zaadresowany subpiksel utrzymuje napięcie. Po zaadresowaniu wszystkich wierszy wyświetlacz jest odświeżany, co zapobiega zanikaniu obrazu w wyniku upływu ładunków z kondensatorów [12]. Np. na wyświetlaczu Full HD/60 Hz każdy cykl włączania i wyłączania musi następować w czasie około $10 \mu s$. Mówiąc w uproszczeniu, molekuly ciekłego kryształu zmieniają orientację w wyniku przyłożenia napięcia do odpowiedniego subpiksela, który przepuszcza lub zatrzymuje światło. Przy milionach subpikseli (np. wyświetlacz o rozdzielczości 1024x768 zawiera 2359296 pikseli) w wyświetlaczu prowadzi to do powstawania obrazu o doskonałej jakości.

3. ZASTOSOWANIE WYŚWIETLACZY CIEKŁOKRYSTALICZNYCH W KOKPIECIE SAMOCHODU I SAMOLOTU

3.1. Wyświetlacze ciekłokrystaliczne w kokpicie samochodu

W obecnej postaci wyświetlacze ciekłokrystaliczne spełniają różnorodne funkcje w samochodzie od wyświetlania informacji o stanie klimatyzacji, czy działaniu systemu nagłaśniającego po zastąpieniu wskaźników analogowych informujących o podstawowych parametrach i stanie pojazdu w czasie ruchu. W zagłówkach pojazdu montuje się także ekrany ciekłokrystaliczne, na których pasażerowie mogą oglądać, w czasie długiej podróży, filmy lub mogą korzystać z Internetu.



Rys. 5. Panel wskaźników w samochodzie Lamborghini Huracán Performante z włączonym trybem Wyścig [15]

W samochodzie Lamborghini Huracán Performante, który został zaprezentowany na Geneva International Motor Show w marcu 2017 roku w kokpicie samochodu zastosowano nowoczesne rozwiązanie wizualizacji informacji w postaci wyświetlaczy ciekłokrystalicznych [15]. Zastosowano panel instrumentów w postaci wielofunkcyjnego wyświetlacza ciekłokrystalicznego (rys. 5) z możliwością jego optymalizacji w zależności od rodzaju jazdy. Wyświetlacz może prezentować różnego rodzaju informacje o stanie samochodu

w zależności od wyboru dokonanego przez kierowcę. Wyświetlacz umożliwia wybór następujących trybów pracy:



Rys. 6. Panel wskaźników w samochodzie Lamborghini Huracán Performante z włączonym trybem Droga [15]

- Wyścig – w tym przypadku ekran wyświetla podstawowe informacje na temat parametrów silnika (rys. 5),
- Droga – to podstawowy tryb wyświetlacza, gdzie w jego centrum wyświetlany jest kołowy tachometr, temperatura płynu chłodniczego, informacja o napełnieniu zbiornika paliwa, prędkość, itp. (rys. 6),
- Nawigacja – na ekranie wyświetlana jest trasa, po której porusza się pojazd (rys. 7),
- Sport – w tym trybie ekranu informacje dotyczące ruchu samochodu wyświetlane są na żółto (rys. 8).



Rys. 7. Panel wskaźników w samochodzie Lamborghini Huracán Performante z włączonym trybem Nawigacja [15]



Rys. 8. Panel wskaźników w samochodzie Lamborghini Huracán Performante z włączonym trybem Sport [15]

Sporą zaletą tego typu wyświetlacza jest jego duża funkcjonalność polegająca na możliwości łatwego przełączania jego trybów o różnym zakresie wyświetlanych informacji o stanie pojazdu oraz bardzo duża czytelność i łatwość wizualizacji wskaźników zamontowanych w pojeździe.

Natomiast w samochodzie Volvo V40 T5 zastosowano aktywną matrycę ciekłokrystaliczną TFT umożliwiającą personalizację wnętrza samochodu (rys. 9). Ponieważ samochód staje się coraz bardziej skomplikowany istotne jest stworzenie odpowiedniego interfejsu między kierowcą a samochodem, który wyświetla tylko niezbędne informacje bezpośrednio przed oczyma kierowcy [16]. Np. wskaźnik prędkości podświetlany jest tylko w miejscu końca wskazówki. Inne wskaźniki pozostają przygaszone, aby w czasie jazdy nocnej nie rozpraszać kierowcy.

Wirtualny kokpit proponowany przez firmę Audi [17] stanowi bardzo innowacyjne i przyszłościowe rozwiązanie (rys. 10). Jego podstawowym elementem jest 24-bitowy kolorowy wyświetlacz LCD o przekątnej ekranu 31 cm działający z rozdzielczością 1440x540 pikseli i gęstością pikseli 125 ppi (pixels per inch - pikseli na cal). Wyświetlacz charakteryzuje się też bardzo dużą prędkością przetwarzania obrazu rzędu 60 fps (frames per second - klatek na sekundę), co zapewnia płynne prezentowanie informacji wizualnych.



Rys. 9. Panel wskaźników widoczny na tle kierownicy w samochodzie Volvo V40 T5 [16]



Rys. 10. Wirtualny kokpit w samochodzie Audi z widocznym na tle kierownicy wyświetlaczem ciekłokrystalicznym [17]

Podobnie jak w przypadku wyświetlacza w samochodzie Lamborghini, na wyświetlaczu w samochodzie Audi można także wybierać między różnymi trybami ekranu:

- Sport z dominującym centralnym zegarem oraz segmentem informacyjnym otaczającym wskaźnik główny (rys. 11),

- Infotainment, gdzie szczegóły zredukowane są do dolnego rogu obrazu pozostawiając więcej miejsca na wyświetlenie mapy lub manipulację parametrami pojazdu (rys. 12),
- Classic, gdzie prędkościomierz i tachometr dominują na wyświetlaczu.



Rys. 11. Deska rozdzielcza w samochodzie Audi z włączonym trybem Sport [17]



Rys. 12. Deska rozdzielcza w samochodzie Audi z włączonym trybem Infotainment [17]

W najnowszych trendach w projektowaniu desek rozdzielczych samochodów wykorzystuje się możliwości formowania wyświetlaczy o dowolnym kształcie. Jak planuje wiodąca na rynku światowym firma Alpine Electronics GmbH z Monachium, deska rozdzielcza pojazdu przyjmie bardziej ergonomiczny i opływowy kształt przystosowany do potrzeb kierowcy oraz zapewniający bardziej bezpieczną jazdę (rys. 13). Np. w wyniku uszkodzenia wyświetlacza podczas wypadku może on rozpaść się na niewielkie odłamki w celu minimalizacji ryzyka zranienia pasażerów [18].



Rys. 13. Przewidywany wygląd deski rozdzielczej samochodu zaprojektowanej z wykorzystaniem wyświetlaczy ciekłokrystalicznych o dowolnym kształcie [18]

Od wyświetlacza ciekłokrystalicznego oczekuje się, aby można było obsługiwać go dotykowo oraz aby wytwarzał wyraźny, jasny i wysokiej jakości obraz, który jest dobrze widoczny niemal w każdych warunkach oświetlenia [19]. W celu uzyskania dowolnych kształtów wyświetlaczy firma Merck pracuje nad technologią polegającą na umieszczaniu ciekłych kryształów w komórkach polimerowych (rys. 14), gdzie możliwe jest zapewnienie stałej grubości warstwy ciekłego kryształu nawet po zgięciu wyświetlacza [18].

a)



b)



Rys. 14. a) Ugięcie konwencjonalnego wyświetlacza z przelkami. Widoczna zmiana grubości w wyniku deformacji. b) Wprowadzenie polimeru bezpośrednio do wyświetlacza (niebieskie słupki) zapewnia utrzymanie stałej grubości podczas zginania [18]

3.2. Wyświetlacze ciekłokrystaliczne w kokpicie samolotu

Kokpit samolotu wywiera ogromne wrażenie na osoby nie zajmujące się zawodowo lataniem ze względu na olbrzymią liczbę wskaźników i przyrządów obecnych w kabinie pilota. Interfejs zapewniający lepsze współdziałanie człowieka z maszyną powinien być bardzo czytelny i umożliwiać lepszą reakcję na dynamicznie zmieniającą się sytuację w czasie lotu.

Wielkim wyzwaniem dla producentów wyświetlaczy ciekłokrystalicznych jest zapewnienie odpowiedniego interfejsu między pilotem a samolotem w celu kontroli podstawowych parametrów lotu dotyczących zarówno bezpieczeństwa lotu jak i funkcjonowania podzespołów samolotu. Zastąpienie zwykle wykorzystywanych monitorów CRT przez wyświetlacze ciekłokrystaliczne prowadzi do oszczędności miejsca, zmniejszenia zużycia energii oraz zmniejszenia ciężaru samolotu.



Rys. 15. Wielkopowierzchniowy wyświetlacz ciekłokrystaliczny (LAAD - Large Area Avionics Display) przeznaczony dla samolotu F-35 (na zdjęciu w kolorze fioletowo-zielonym)[20]



Rys. 16. Opracowana przez firmę Jet Aviation ciekłokrystaliczna awionika (widoczna na wprost pilota) dla samolotu Falcon i Cessna [21]



Rys. 17. Kokpit w samolocie Airbus A380 z widocznymi na wprost ośmioma wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi [21]



Rys. 18. Kokpit w samolocie Boeing 787 Dreamliner. Nad siedzeniami pilotów widoczny system HUD [22]

Opracowany przez firmę Elbit System of America zmodernizowany panoramiczny wyświetlacz ciekłokrystaliczny z aktywną matrycą dla samolotu F-35 (rys. 15) jest jednym z największych wyświetlaczy, który będzie montowany w kokpicie samolotu bojowego [20].

Wyświetlacz o rozmiarach 50x20 cm został podzielony elektronicznie na dwa boczne sektory o rozmiarach 25x20 cm. Elbit Systems of America opisał wdrażany wyświetlacz jedynie ogólnie jako "wysokiej jakości, wysokowydajny ekran dotykowy o dużym obszarze, który integruje i wyświetla informacje o lotach i misjach na

jednym ekranie" [20]. Dzięki spółce *joint venture* z *Rockwell Collins ESA Vision Systems, Elbit Systems of America* zaopatruje pilotów samolotu *F-35* w system wyświetlaczy montowanych bezpośrednio na kasku (*HMDS - Helmet-mounted Display System*). Sygnały z *HMDS* wyświetlane są wprost w jednym z wydzielonych paneli na głównym ekranie kokpitu.

Starsze typy samolotów takich jak *Falcon* lub *Cessna* posiadają awionikę opartą na ekranach katodowych *CRT*, których żywotność dobiega końca, a ich naprawa jest nieopłacalna. Dlatego firma *Jet Aviation* przy współpracy z *Honeywell* opracowała nowoczesną awionikę opartą o najnowszy typ wyświetlaczy ciekłokrystalicznych, którymi można zastąpić przestarzałe monitory *CRT* (rys. 16). Nowe jednostki o nazwie *DU-875* mogą być montowane łatwo i szybko bez potrzeby zmiany okablowania (rozwiązanie typu *plug and play*) [21]. Wymianie mogą ulegać pojedyncze elementy awioniki kokpitu lub można dokonać wymiany wszystkich wyświetlaczy w tym samym czasie. Tego typu modyfikacja i unowocześnienie awioniki umożliwi przedłużenie czasu użytkowania samolotów oraz poprawia bezpieczeństwo ich eksploatacji. Ponadto pilot nie musi przechodzić specjalnego szkolenia, a kokpit nie wymaga żadnych modyfikacji.

Przedstawiony na rys. 17 kokpit samolotu *Airbus A380* został wyposażony, oprócz standardowych wskaźników, w osiem wyświetlaczy ciekłokrystalicznych o rozmiarze *15x20* cm zapewniających wyświetlanie podstawowych informacji o samolocie, nawigacji i bezpieczeństwie lotu. Natomiast w kokpicie samolotu *Boeinga 787 Dreamliner* przedstawionym na rys. 18 zastosowano wyświetlacz przezierny *HUD (Head-Up Display)*, który na specjalnej szybie o selektywnej absorpcji określonej długości fali światła, prezentuje nad głową pilota informacje o parametrach samolotu [22]. Rozwiązanie to stosowane jest również w niektórych samochodach (np. *BMW* serii 5, model *E60*). Do wyświetlania informacji używa się między innymi rzutniki ciekłokrystaliczne. Ponadto, kontrola parametrów lotu odbywa się z wykorzystaniem wielofunkcyjnych wyświetlaczy ciekłokrystalicznych zainstalowanych na konsoli kokpitu.

PODSUMOWANIE

Dynamiczny rozwój i różnorodność proponowanych rozwiązań dotyczących wyświetlaczy ciekłokrystalicznych nie ominął również środków komunikacji samochodowej oraz lotnictwa. Współczesne samochody i samoloty coraz częściej zawierają w swoich kabinach deski rozdzielcze i urządzenia do obrazowania i kontroli parametrów pojazdów oparte na wyświetlaczach ciekłokrystalicznych.

Podsumowując należy stwierdzić, że wykorzystywane obecnie wyświetlacze ciekłokrystaliczne:

- umożliwiają wyświetlanie obrazu o doskonałej jakości niezależnie od oświetlenia,
- charakteryzują się odpornością na drgania, wibracje i zmiany temperatury,
- zapewniają niskie koszty eksploatacji oraz mogą posiadać dowolny kształt.

Współczesna technika obrazowania informacji z zastosowaniem wyświetlaczy ciekłokrystalicznych zapewnia kierowcy samochodu, czy pilotowi samolotu czytelny interfejs, za pomocą którego bardziej optymalnie może kontrolować informacje wysyłane przez różnego rodzaju czujniki zainstalowane w pojeździe.

BIBLIOGRAFIA

1. de Gennes P. G., Prost J., *The physics of liquid crystals*, Clarendon Press, Oxford 1993.

2. Kelker H, Hatz K., *Handbook of liquid crystals*, Verlag Chemie, Weinheim-Deerfield Beach, Florida, Basel 1980.

3. Adamczyk A., *Niezwykły stan materii ciekłe kryształy*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1979.

4. Żmija J., Zieliński J., Parka J, Nowinowski-Kruszelnicki E., *Displeje ciekłokrystaliczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.

5. Chandrasekhar S., *Liquid crystals*, Cambridge University Press, Cambridge, Oakleigh, New York 1992.

6. Żmija J., Kłosowicz S., Borys W., *Cholesteryczne ciekłe kryształy w detekcji promieniowania*, WNT, Warszawa 1989.

7. Blinov L. M., Chigrinov V. G., *Electrooptic effects in liquid crystal materials*, Springer-Verlag, New York 1994.

8. *Liquid crystals*, Stegemeyer H., Guest Ed., Steinkopff Darmstadt Springer, New York 1994.

9. van Haaren J., *Course on modern optics. Liquid crystal displays*, Philips Electronics N. V., Eindhoven 2000.

10. http://www.magazine.emerck/en/culture/LCD/liquid_crystal_displays1.html

11. https://catalog.flatworldknowledge.com/bookhub/reader/26669?e=averill_1.0-ch11_s08

12. Matuszczyk M., *Structures and properties of ferroelectric liquid crystal displays*, Thesis, Göteborg 1996.

13. <http://www.fun-tek.com/newsshow.asp?ciid=403>

14. https://e2e.ti.com/blogs_/b/powerhouse/archive/2017/07/26/display-power-why-does-tft-lcd-needs-temperature-compensation

15. https://gigazine.net/gsc_news/en/20170823-lamborghini-huracan-performante

16. <https://www.carlist.my/news/new-volvo-v40-t5-now-safety-also-sexy/39535/>

17. <http://countersteer.my/2016/01/05/audi-virtual-cockpit/>

18. http://www.magazine.emerck/en/innovation/free_form_displays/cockpit.html

19. <https://www.automotive-iq.com/car-body-and-materials/articles/next-generation-display-systems>

20. <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2017-07-19/elbit-awarded-contract-develop-f-35-display-replacement>

21. <https://www.jetaviation.com/news/jet-aviation-develops-stc-replace-cockpit-displays-du-875-lcd-units>

22. Blasch E., Kostek P., Paces P., Kramer K., *Summary of Avionics Technologies*, IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, September 2015, pp. 6-11.

Liquid crystal displays in the vehicle transportation and aviation

The article presents the basic properties of liquid crystals with particular emphasis on their use in the construction of liquid crystal displays. The basic properties of liquid crystal displays, their structure and principle of operation are discussed. The selected examples show the benefits of using liquid crystal displays in vehicle transportation and aviation.

Autor:

prof. nadzw. dr hab. **Stanisław A. Różański** – PWSZ w Pile, Instytut Politechniczny, Pracownia Matematyki, Fizyki i Chemii.

JEL: L62 **DOI:** 10.24136/atest.2018.158

Data zgłoszenia: 2018.05.24 **Data akceptacji:** 2018.06.15