

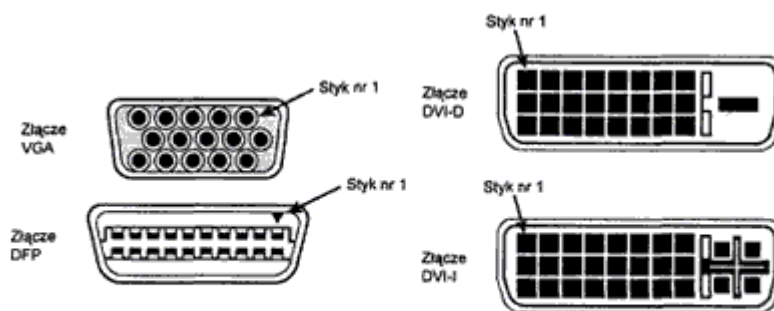
Monitory LCD, OLED, PDP oraz technologia 3D

Monitory ciekłokrystaliczne (LCD)

W 1888 roku austriacki botanik Friedrich Reinitzer odkrył substancję o właściwościach ni to cieczy, ni to ciała stałego. Nie mógł on jednak przypuszczać, że ta dziwna ciecz, nazwana **ciekłym kryształem**, ponad sto lat później zrobi zawrotną karierę w przemyśle komputerowym. **Monitory LCD**, czyli ciekłokrystaliczne, konkurują na rynku z monitorami kineskopowymi. Ich zalety to przede wszystkim mniejsze gabaryty, a także dobra ostrość obrazu. Nie bez znaczenia jest również całkowita eliminacja silnych pól elektromagnetycznych, oraz niższe wymagania energetyczne (a co za tym idzie - mniejsze wydzielanie ciepła). Panel ciekłokrystaliczny zużywa 60% mniej energii niż monitor kineskopowy. Panele oferują większą rozdzielczość obrazu przy tej samej przekątnej obrazu. Do niewątpliwych minusów należy wysoka cena, a także fakt, iż optymalna rozdzielczość obrazu jest w ich przypadku definiowane przez producenta w sposób jednoznaczny i prawie nieodwracalny. Jeżeli na panelu o nominalnej rozdzielczości 1024x768 spróbujemy wyświetlić obraz 640x480, to możemy się liczyć z poważnymi zniekształceniami obrazu i wystąpieniem „dziur” w czcionkach oraz zanikami linii. Nieliczne panele posiadają co prawda układy przeskalowania obrazu - niestety wpływa to widocznie na wzrost ich ceny. Tańsze modele mają również problem z wyświetlaniem obrazu w 24 bitowym kolorze, a dynamika barw jest znacznie niższa niż w monitorach kineskopowych. Inną poważną wadą tych monitorów jest ograniczony kąt widzenia. Patrząc na ekran monitora CRT z boku lub z góry widzi się obraz równie dobrze czytelny i o jednakowych kolorach jak na wprost. W przypadku paneli LCD, obraz oglądany pod kątem wygląda zazwyczaj na ciemny. Rozróżniamy dwa rodzaje monitorów LCD: cyfrowe oraz analogowe.

Modele analogowe mogą współpracować ze standardową kartą graficzną. Układ konwertujący musi zmieniać sygnał analogowy na cyfrowy, co może powodować różne przekłamania, np. cienie, odbicia itp.

Z kolei **modele cyfrowe** kosztują mniej, gdyż nie wymagają konwertera analogowo-cyfrowego, ale są za to trudniejsze w instalacji gdyż trzeba je podłączać do specjalnej karty i instalować sterowniki. W przypadku modeli cyfrowych istnieją dwa rodzaje gniazd wyjściowych **DVI (Digital Video Interface)** i **DFP (Digital Flat Panel)**

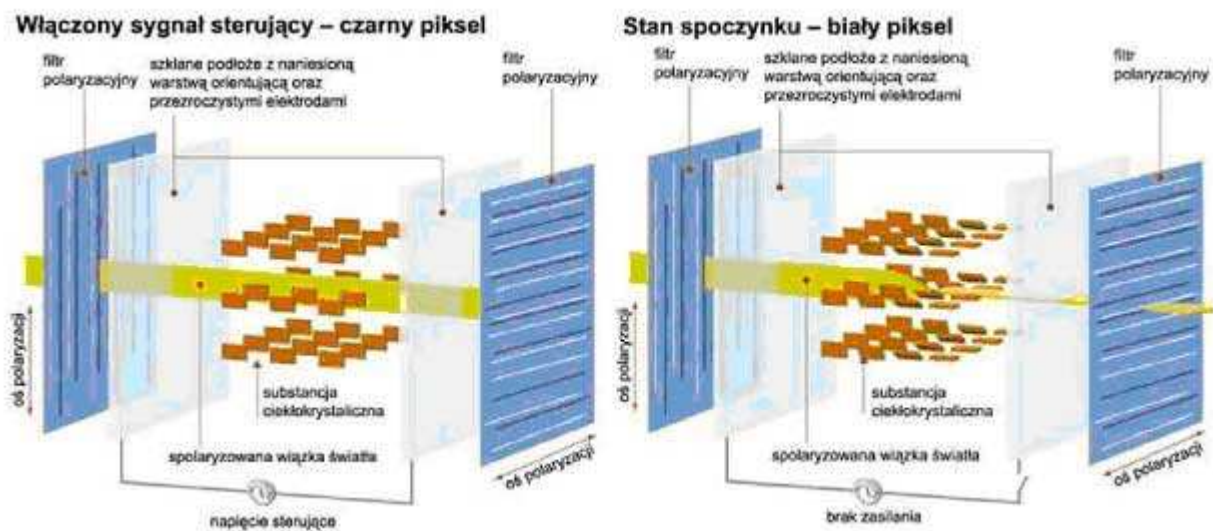


Rysunek 1. Rodzaje złączy do podłączania monitorów

Budowa i zasada działania monitorów LCD

Każdy element (piksel) obrazu to warstwka ciekłego kryształu, umieszczona pomiędzy dwoma filtrami polaryzacyjnymi o prostopadłych płaszczyznach polaryzacji. Cechą charakterystyczną stosowanych obecnie ciekłych kryształów jest skręcanie płaszczyzny polaryzacji przepuszczanego światła; przy odpowiedniej - łatwej do ustalenia dla każdego rodzaju substancji

ciekłoekrystalicznej - grubości warstwy uzyskujemy skrócenie płaszczyzny polaryzacji o 90 stopni. Taki układ jest optycznie przezroczysty. Jeżeli jednak ciekły kryształ znajdzie się w polu elektrycznym, kąt skrócenia płaszczyzny polaryzacji przepływającego światła maleje wraz ze wzrostem natężenia pola elektrycznego - element staje się coraz mniej przezroczysty. Dalsza konstrukcja ekranu jest już „prosta” - odpowiednie źródło światła, podświetlające całą powierzchnię ekranu od spodu oraz filtry barwne, umożliwiające nadanie poszczególnym elementom barw podstawowych RGB. Ten uproszczony model pojedynczego piksela jest niezależny od technologii, w jakiej wykonano ekran - zarówno w przypadku **DSTN (Dual Scan Twisted Nematic)**, jak i w technologii **TFT (Thin Film Transistor)** zasada działania jest identyczna zmienia się tylko sposób sterowania przykładanym polem elektrycznym. Najprostsze wyświetlacze LCD, takie jak te spotykane w zegarkach, kalkulatorach czy pierwszych laptopach, wykorzystują technologię **TN (Twisted Nematic)**. W przekroju ekran LCD TN można sobie wyobrazić jako wielowarstwową kanapkę. Pod ekranem znajduje się źródło światła, np. lampa fluorescencyjna. Światło oświetlające panel od tyłu przechodzi najpierw przez tzw. dyfuzor, który zapewnia równomierną jasność na całej powierzchni wyświetlacza. Na swojej drodze światło napotyka następnie pierwszy filtr polaryzacyjny, zespół przezroczystych elektrod sterujących ułożeniem cząsteczek ciekłego kryształu oraz warstwę orientującą, która ma za zadanie ustawić molekuly ciekłego kryształu w odpowiednim (tzw. spoczynkowym) położeniu. Znajdująca się bezpośrednio dalej warstwa ciekłego kryształu (np. bifenylu) skręca o 90° płaszczyznę polaryzacji światła. Dzięki temu swobodnie wydostaje się ono z panelu LCD, a użytkownik widzi jasny punkt na ekranie.



Rysunek 2. Zjawisko „świecenia” kryształu.

Taka sytuacja ma miejsce, gdy do znajdujących się po obu stronach warstwy ciekłoekrystalicznej przezroczystych elektrod nie przyłożono napięcia. Wówczas cząsteczki ciekłego kryształu ułożone są (dzięki warstwom orientującym) równoległe do osi polaryzacji filtrów, tworząc pomiędzy nimi specyficzną strukturę śrubową (stąd nazwa „twisted” - skręcony). Po przyłożeniu do elektrod napięcia molekuly ciekłego kryształu zmieniają swoje ułożenie, ustawiając się równoległe do linii pola elektrycznego, a więc prostopadłe do powierzchni ekranu. Gdy światło pada na taką komórkę ciekłoekrystaliczną, jego płaszczyzna polaryzacji nie ulega zmianie. W konsekwencji światło to jest pochłaniane przez drugi filtr polaryzacyjny. Punkt obrazu reprezentowany przez taką komórkę ma kolor czarny. Kąt reorientacji cząsteczek ciekłego kryształu odpowiada prawie liniowo wartości przyłożonego do elektrod napięcia. Oznacza to, że poprzez zmianę wartości przykładanego napięcia można uzyskać również stany pośrednie w przestrzennym ułożeniu cząsteczek.

W takim wypadku tylko część światła jest pochłaniana przez filtr, co umożliwia wyświetlanie różnych odcieni szarości.

Kolorowe wyświetlacze mają dodatkową warstwę, w skład której wchodzi barwne filtry w trzech kolorach podstawowych: czerwonym, zielonym lub niebieskim (RGB). Każdej komórce ekranu odpowiada jeden taki filtr, a jak wiadomo, za pomocą trzech różnobarwnych komórek można uzyskać dowolny kolor piksela.

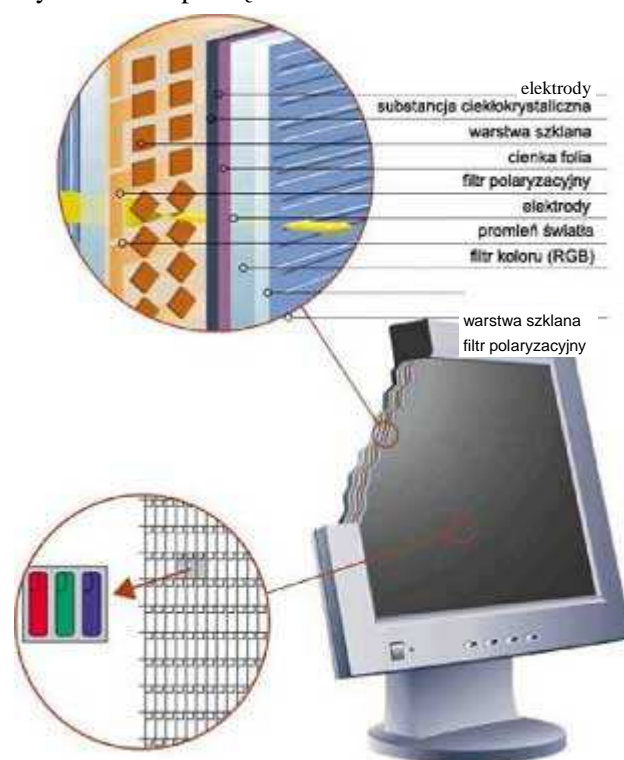
Wyświetlacze **DSTN (Dual Scan Twisted Nematic)**, określane też nazwą **wyświetlaczy pasywnych**, mają dwie dość istotne wady. Po pierwsze, potrzebny do reorientacji cząsteczek ciekłokrystalicznych poziom napięcia na elektrodach osiągany jest w stosunkowo długim czasie. Dzieje się tak dlatego, że elektrody znajdujące się po jednej stronie komórek umieszczone są pionowo, a po drugiej poziomo - tworzą swego rodzaju matrycę. Piksel przeznaczony do zapalenia (zgaszenia) wybiera się, wysyłając sygnały sterujące do punktu przecięcia obu matryc. Ze względu na to, że sygnał jest bardzo krótki (trzeba przecieź w ciągu sekundy kilkadziesiąt razy zaadresować cały ekran), zastosowany ciekły kryształ musi charakteryzować się znaczną bezwładnością. Właśnie dlatego wyświetlacze DSTN potrzebują nawet do 200 milisekund na odświeżenie obrazu. W konsekwencji na ekranie pojawiają się smugi, np. podczas ruchu wskaźnikiem myszki. Drugim minusem jest to, że ścieżki przewodzące oddziałują na siebie wzajemnie, co powoduje powstawanie przesunięć obrazu przy ostrych kontrastach oraz poważnie ogranicza możliwość uzyskania na wyświetlaczu paletę barw.

Tego typu problemy rozwiązano wprowadzając w 1970 roku technologię

matrycy aktywnej TFT (Thin Film Transistor), w której mechanizm sterowania komórkami ekranu został wbudowany w sam ekran. Każda komórka ma własny tranzystor cienkowarstwowy (Thin Film Transistor, stąd właśnie nazwa TFT), który reguluje napięcie na elektrodach. Dzięki lokalnemu sterowaniu wzajemna interakcja między punktami obrazu niemal zupełnie nie istnieje, a czas reakcji ekranu jest zdecydowanie krótszy. Najlepsze urządzenia osiągają czas odświeżania obrazu poniżej 35 milisekund, co już wystarcza do wyświetlania obrazu wideo i dynamicznie zmieniających się scen, np. w grach komputerowych.

Na rynku wyświetlaczy LCD możemy także spotkać panele typu **IPS (In-Plane Switching)**, gdzie obraz na płaskim ekranie można obserwować już pod kątem przekraczającym 60° w każdym kierunku. W technologii IPS

pałeczkowate cząsteczki ciekłego kryształu zawsze są ułożone równolegle do siebie i do powierzchni ekranu - zmianie ulega jedynie ich ułożenie z pionowego w poziome. W położeniu neutralnym - przy wyłączonym napięciu - molekuly ustawione są prostopadle do płaszczyzny polaryzacji światła wpadającego do komórki ciekłokrystalicznej i wytłumiają wiązkę światła (nie skręcają!). Piksel ekranu pozostaje czarny. Aby wyświetlić jasny punkt obrazu, kryształy muszą zostać ustawione równolegle w stosunku do osi polaryzacji filtrów. Do wytworzenia pola



Rysunek 3. Budowa wyświetlacza LCD.

elektrycznego wykorzystywane są dwie elektrody, które w przypadku paneli IPS znajdują się na jednej powierzchni wyświetlacza. W przeciwieństwie do stosowanej w ekranach TFT technologii TN ciekłe kryształy w monitorach IPS tworzą zawsze jednorodne struktury, co ma korzystny wpływ na wygląd wyświetlanego obrazu. Z komórek wyświetlacza nie wydostaje się praktycznie żaden błędnie skierowany strumień światła, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie czerni o dużym nasyceniu, a tym samym obrazu o wysokim kontraście.

Kolejny rodzaj wyświetlaczy LCD to panele

MVA (Multi-Domain Vertical Alignment). W wyświetlaczach tego typu cząsteczki ciekłego kryształu w stanie spoczynku są skośnie ustawione w stosunku do powierzchni wyświetlacza, pochłaniając całe światło - wtedy komórka ekranu jest ciemna. Sterując odpowiednio przykładanym do komórki napięciem, reguluje się kąt pochylenia molekuł, a więc jasność obserwowanego piksela. W przypadku paneli MV A jasność punktu jest ściśle uzależniona od kąta i miejsca, z którego obserwujemy obraz na ekranie.

Główną rolę w technice MVA odgrywa podział każdej komórki wyświetlacza na dwa lub więcej obszarów nazywanych domenami (stąd słowo multi-domain w nazwie technologii), w których znajdują się ukośnie ułożone w stosunku do siebie cząsteczki ciekłego kryształu. Jeśli się przyjrzymy się pod różnymi kątami pojedynczemu pikselowi podzielonemu na kilka domen, okaże się, że „błędy” powstające w poszczególnych obszarach komórki wzajemnie się znoszą. Ogólna jasność danego piksela pozostaje zachowana, a kontrast i paleta barw nie zmieniają się nawet w przypadku dużego kąta widzenia sięgającego nawet powyżej 85 stopni. Panele MVA charakteryzują się znacznie krótszym czasem reakcji niż wyświetlacze IPS. Ze względu na zastosowanie trójwymiarowych struktur (niezbędnych do podziału na domeny) wyświetlacze MV A są drogie w produkcji, a oferowana przez nie barwa czarna jest mniej nasycona niż w panelach IPS.

Monitory organiczne (OLED)

Producenci wyświetlaczy LCD borykają się z pewnym znaczącym problemem dotyczącym tego typu monitorów. Panel ciekłokrystaliczny nie świeci sam z siebie i musi być zawsze podświetlony od tyłu. Ciekłe kryształy sterują zaś wyłącznie natężeniem przechodzącego przez nie światła. Taka konstrukcja wyświetlacza zwiększa zużycie energii, które jest co prawda i tak mniejsze niż w monitorach CRT, ale jest to szczególnie ważne w przypadku urządzeń przenośnych. Ponadto mniejszy jest też kontrast generowanego obrazu. Tych wad pozbawione są najnowsze typy wyświetlaczy wykonane w technologii **OLED (Organic Light Emitting Diodes).**

Konstrukcja i zasada działania wyświetlacza OLED jest „bardzo prosta”. Wystarczy, że zetkniemy ze sobą dwa polimerowe półprzewodniki typu n i p, np. znane od ponad stu lat polipropylowinylen (PPV) oraz cyj anopolipropylowinylen (CN-PPV), a następnie przez taki układ przepuścimy prąd. Na skutek tzw. procesów rekombinacji nośników ujemnych (elektronów) i dodatnich (dziur) materiał wyemituje światło.

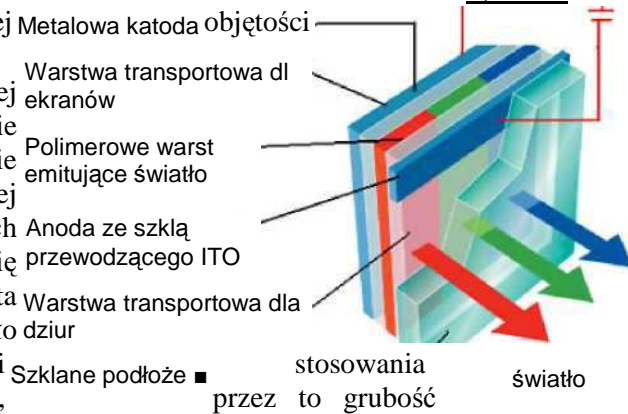
Jednak zestaw takich prostych elementów świecących nie nadaje się do budowy wyświetlacza. Najpoważniejszym problemem jest uzyskanie jednorodnej emisji światła na całej powierzchni polimerowego materiału. Nierównomierny rozkład natężenia światła związany jest z różnicą szybkości przepływu ładunków dodatnich i ujemnych - elektrony mogą migrować w kierunku nie najbliższych, ale oddalonych dziur. Wyświetlacze OLED wymagają więc kilku dodatkowych

warstw specjalnie dobranych substancji, tak aby ładunki elektryczne były równomiernie wprowadzane do całej Metalowa katoda objętości polimeru.

Panele OLED oprócz stosunkowo prostej konstrukcji wpływającej na zmniejszenie kosztów wytwarzania -szacuje się, że takie monitory są (będą) tańsze w seryjnej produkcji o około 30% od odpowiadających im wyświetlaczy LCD - charakteryzują się dużą jasnością świecenia. Właściwość ta wynika stąd, że materiał emituje światło

własne. Dzięki temu nie ma konieczności dodatkowych lamp oświetlających, wyświetlacza zmniejszyć można wręcz do kilku milimetrów. Co ważne, do zadształania nawet

kilkunastocentymetrowej matrycy OLED nie potrzeba dużego napięcia ani prądu. Z powodzeniem wystarczy zwykła 1,5-voltowa bateria, stosowana w zegarkach kwarcowych. Obecna generacja wyświetlaczy OLED wykorzystuje tzw. polimery krótkocząsteczkowe, które nanosi się na podłoże metodą naporowywania próżniowego - co niestety podnosi koszty produkcji. Od kilku lat trwają jednak prace zmierzające do wykorzystania w matrycach OLED polimerów długocząsteczkowych. Ich zastosowanie obniży w znaczący sposób koszty wytwarzania monitorów, gdyż proces produkcji przypominać wówczas będzie techniki drukarskie, a sam materiał stanie się bardzo elastyczny. Wyobrazić sobie więc można, że za kilka lat pojawią się na masową skalę elektroniczne gazety z wydrukowanymi na papierze małymi ekranikami, a nie fotografiami. Będziemy więc mogli oglądać najnowsze filmowe wiadomości, pobrane wprost z Internetu. Obecnie szacuje się, że w 2010 roku cena komputerowego monitora OLED o przekątnej ekranu 15 cali nie przekroczy 50 dolarów...



Rysunek 5. Budowa wyświetlacza OLED.

Monitory plazmowe (PDP)

Technologia plazmowa PDP (**Plasma Display**) opiera się na zastosowaniu rozwiązania podobnego do dwuelektrodowej tuby próżniowej (popularna „neonówka”). Gaz wypełniająca taki element (argon lub neon) jest umieszczony pomiędzy dwoma szklanymi płaszczyznami pokrytymi przezroczystymi elektrodami. Świecenie danego punktu uzyskuje się przez punktowe rozładowanie ładunku pomiędzy pojedynczym zespołem elektrod. Cechą charakterystyczną tej technologii jest fakt, że może ona być zastosowana do ekranów o dużej przekątnej.

Wyświetlacze 3D

Widzenie trójwymiarowe jest efektem współpracy obu oczu, które rejestrują nieznacznie różniące się płaskie obrazy, co jest efektem przesunięcia położenia każdego oka. Konstruktorzy od dawna szukają sposobów powstawania i wyświetlania obrazów z odpowiednio spreparowanym przesunięciem obrazu dla każdego oka. Jedną z najprostszych metod tego typu są prymitywne okulary do oglądania obrazów 3D, w których zastosowano dwa kolory „szkła” (niebieskie i czerwone).

W laboratoriach największych firm zajmujących się produkcją monitorów i wyświetlaczy opracowuje się wszelakie metody, które pozwoliłyby uzyskać obraz trójwymiarowy. Wiele tego typu rozwiązań zapewne nigdy nie doczeka się masowej produkcji, niemniej jednak na obecnym rynku możemy już spotkać pierwsze monitory 3D. Ceny tego typu wyświetlaczy są poza zasięgiem przeciętnego użytkownika komputerów, ale pewne rozwiązania tego typu wykorzystuje się np. w medycynie w aparaturze do operacji bezinwazyjnych.