

Wyświetlacze PDP i LCD



na potrzeby seminarium ECS opracował:
Michał Ryms



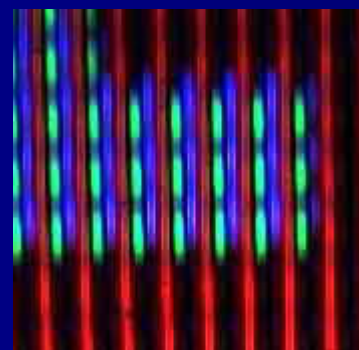
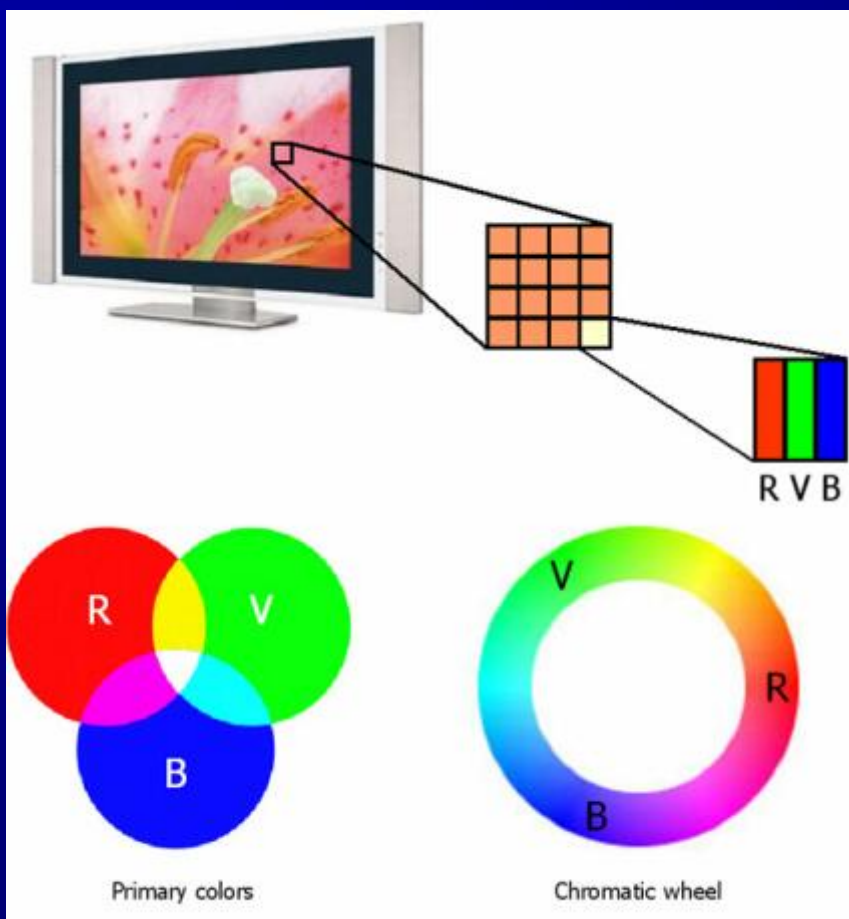
Plan wystąpienia:

1. Jak powstają obrazy na wyświetlaczach
2. Trochę historii wyświetlaczy PDP i LCD
3. Wyświetlacze PDP
 - zasada działania, zalety i wady technologii
4. Wyświetlacze LCD
 - Zasada działania
 - Rodzaje wyświetlaczy:
 - STN
 - TFT
 - TN+Film
 - IPS, MVA
 - LCD 3D
 - Zalety i wady poszczególnych rozwiązań
4. Porównanie możliwości technologicznych
5. Bibliografia

Jak powstają obrazy na wyświetlaczach

Jak powstają obrazy na wyświetlaczach

Aby możliwe było wyświetlanie pełnego zakresu kolorów należy najpierw je rozbić - to cecha wspólna rozwiązań przyjętych przez wszystkich producentów.



osobne subpiksele w barwach podstawowych dla technologii CRT

Trochę historii wyświetlaczy PDP i LCD

Trochę historii: wyświetlacze PDP

Prototyp pierwszego wyświetlacza Plazmowego skonstruowany został w lipcu 1964 roku w University of Illinois przez dwóch profesorów:



Donald'a Bitzer'a i Gene'a Slottow'a

oraz studenta Roberta Willsona w ramach pracy dyplomowej. Wszyscy trzej twórcy wymienieni są obecnie na patencie technologii wyświetlaczy plazmowych.



Trochę historii: wyświetlacze PDP

Pierwsza matryca posiadała rozmiar 4X4 piksele emitujące jednobarwne niebieskie światło.



W roku 1967 udało się zwiększyć rozmiar matrycy do wielkości 16X16 pikseli, które przy użyciu neonu emitowały jednobarwne światło czerwone.



Trochę historii: wyświetlacze LCD

Określenie „ciekłe kryształy” nie powstało w ubiegłym stuleciu. Termin ten powstał w roku 1889! Określenie to wywodzi się nie z elektroniki, a z botaniki.

Dopiero gdy w 1963 roku zjawiskiem tym zainteresowała się firma Radio Corporation of America, a właściwie jej dwóch pracowników: Richard Williams i George Heilmeyer.



W roku 1969 James Fergason odkrył efekt skręconego nematyka (twisted nematic - TN). Było to odkrycie o fundamentalnym znaczeniu, ponieważ wszystkie wyświetlacze LCD działają właśnie w oparciu o zasadę rotacji płaszczyzny polaryzacji.

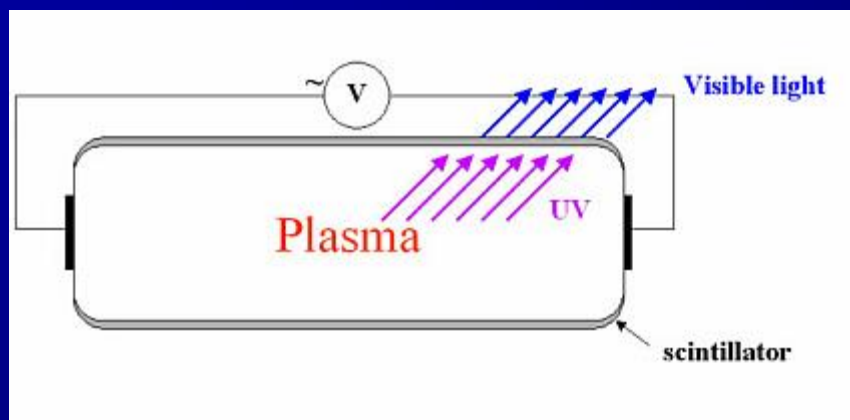
Wyświetlacze PDP

Wyświetlacze Plazmowe

Zasada działania

Wyświetlacze PDP

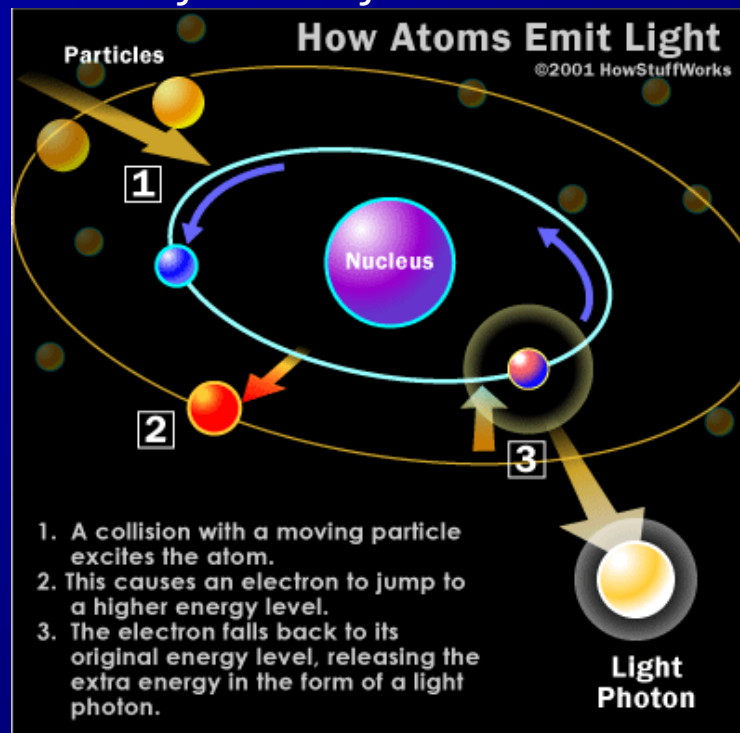
Ogólna zasada działania wyświetlaczy plazmowych jest dość prosta: każdy subpiksel to mikroskopijna lampa fluorescencyjna, emitująca jedną z barw podstawowych .



Gaz szlachetny jest elektrycznie obojętny, ale prąd elektryczny przekształca go w plazmę - gaz złożony z wolnych elektronów i jonów dodatnich.

Wyświetlacze PDP

Z powodu różnicy potencjałów elektrony przemieszczają się do dodatniej elektrody, a jony dodatnie są przyciągane przez ujemną końcówkę rurki. Te ruchy prowadzą do zderzeń atomów a w konsekwencji do emisji fotonów.

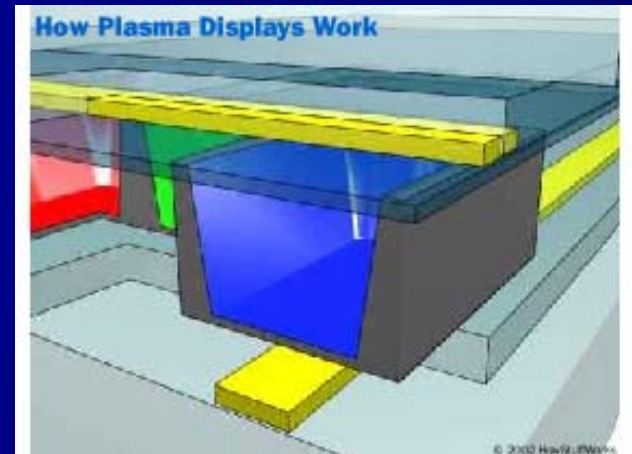
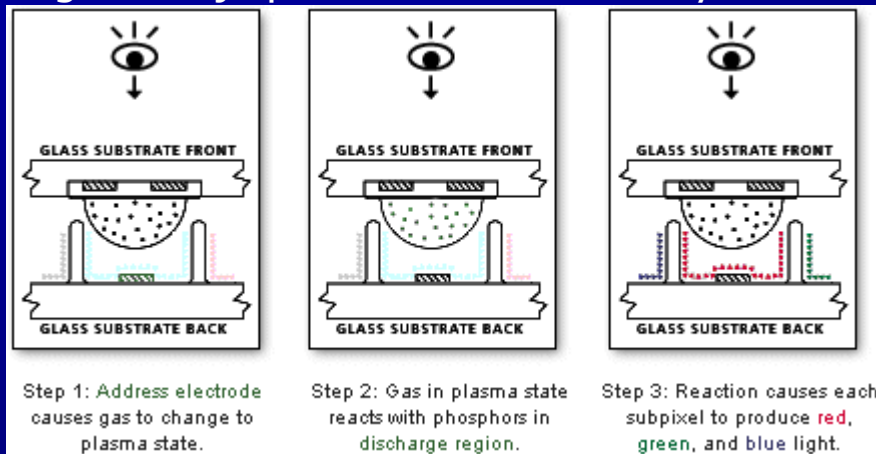


Emitowane światło jest efektem ruchu plazmy w silnym polu elektrycznym. Ale różnica potencjałów na końcach rurki nie wystarcza. Aby emitować światło, plazma musi być w ciągłym ruchu, dlatego też do końcówek podawany jest prąd zmienny. Powoduje to migrację jonów z jednego końca na drugi, tam i z powrotem.

Wyświetlacze PDP

Jest jednak jeden problem. Światło emitowane przez plazmę nie jest widoczne: jest to promieniowanie ultrafioletowe, którego nie rejestruje oko ludzkie. Dlatego też należy je zmienić w widzialne.

Aby to osiągnąć, ściany rurki pokrywane są emitującą białe światło substancją czułą na ultrafiolet. Ta substancja, zwana też fosforem, to luminofor, który służy do zamiany jednego rodzaju promieniowania na inny.



Dobór odpowiedniego luminoforu do piksela zależy od koloru emitowanego światła:

Zielony: $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ / $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$

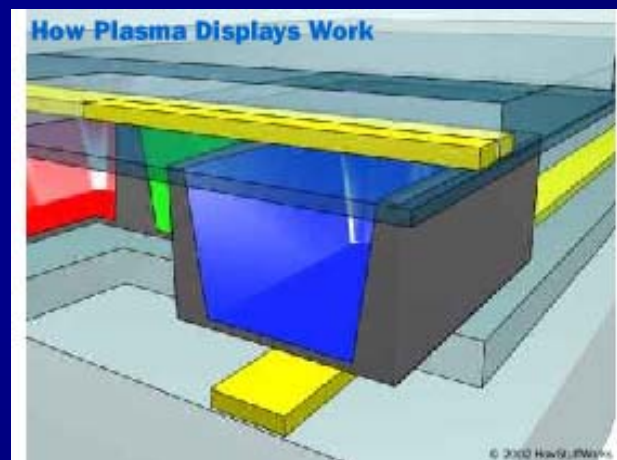
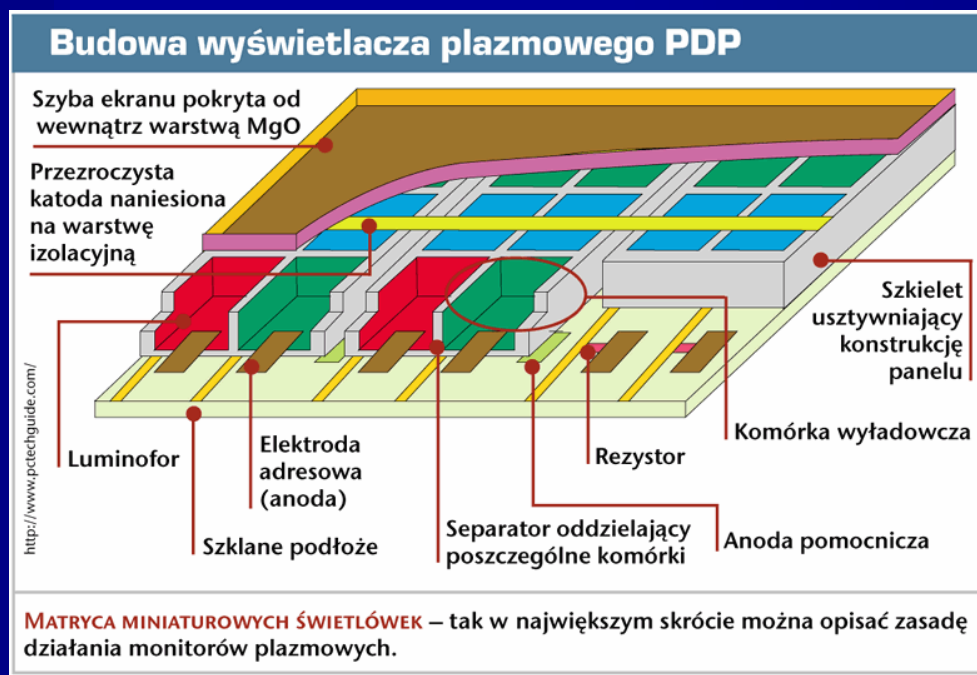
Czerwony: $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ / $\text{Y}_{0,65}\text{Gd}_{0,35}\text{BO}_3:\text{Eu}^{3+}$

Niebieski: $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$

Te trzy luminofory wytwarzają fale o długość 510-512 nm dla zielonego, 610 nm dla czerwonego i 450 nm dla niebieskiego.

Wyświetlacze PDP

Każdy piksel składa się z trzech identycznych mikroskopijnych otworów zawierających gaz szlachetny (ksenon lub neon) i posiadających dwie elektrody - przednią i tylną. Plazma w otworach porusza się wzbudzana silnym prądem zmiennym przebiegającym przez elektrody.

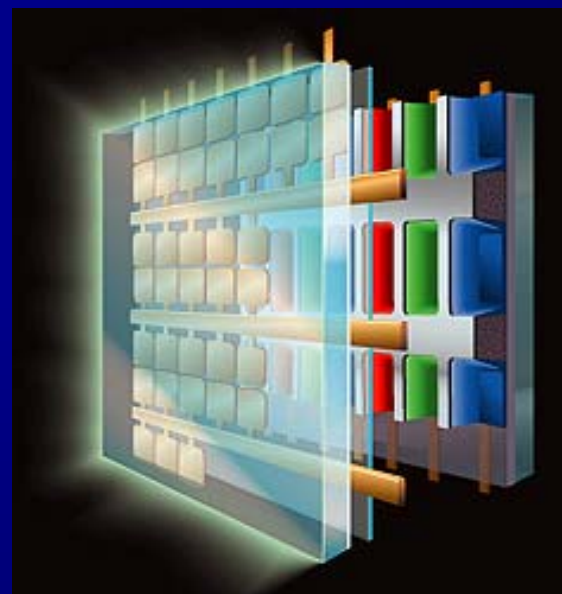
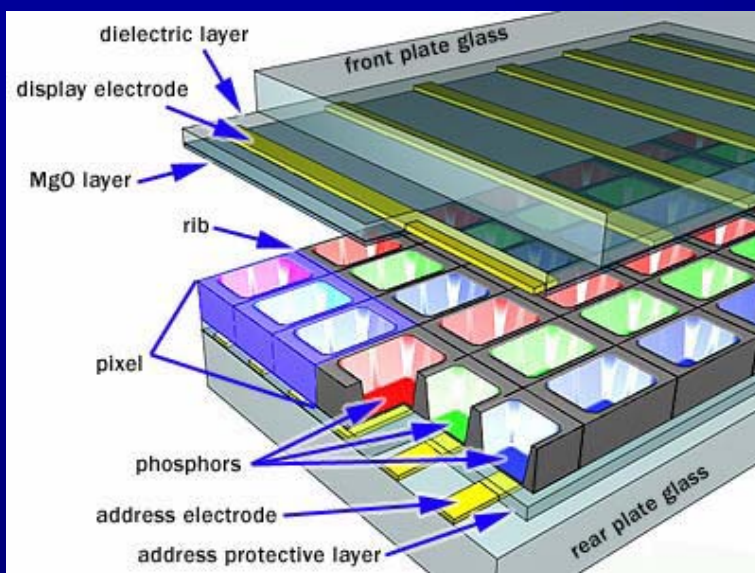


Plazma emituje promieniowanie UV które uderza w luminofor na dnie każdego otworu. Każdy z nich emituje jeden podstawowy.

Wyświetlacze PDP

Choć piksele plazmowe działają podobnie do lamp fluorescencyjnych, to produkcja ekranów składających się z ogromnej liczby pikseli jest dość skomplikowana.

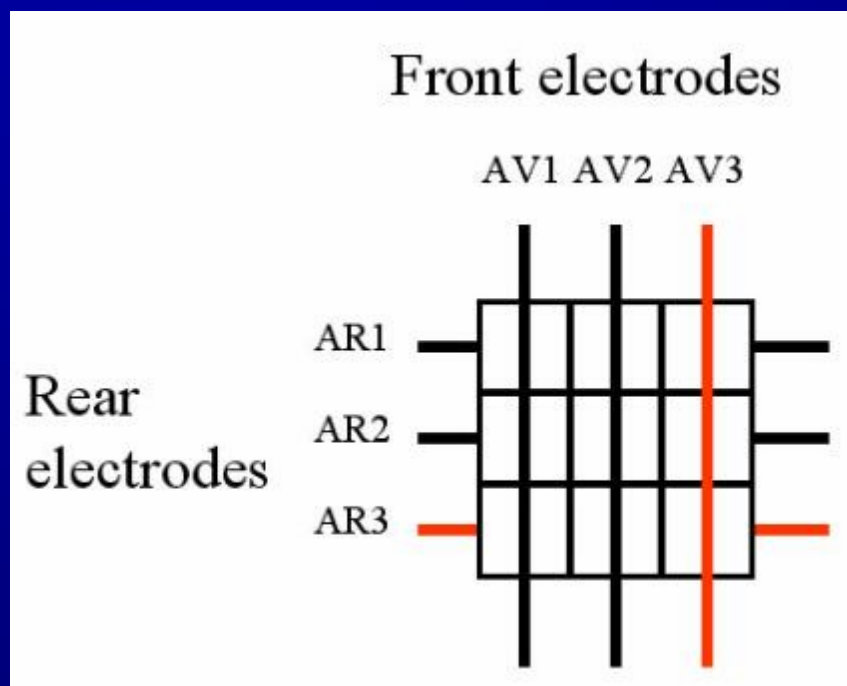
Pierwszą trudnością, jaką napotykają producenci jest rozmiar samych pikseli. Wymiary subpiksela to $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ i wcale nie jest łatwo umieścić obok siebie kilka milionów takich pikseli.



Przednia elektroda musi być maksymalnie przezroczysta. Do w tym celu używany jest tlenek cynowo-indowy (indium tin oxide - ITO), ponieważ równocześnie przewodzi prąd i jest przezroczysty.

Wyświetlacze PDP

Jak wiemy, w celu otrzymania różnych odcieni kolorów, intensywność kolorów podstawowych trzech subpikseli musi się zmieniać niezależnie od siebie.

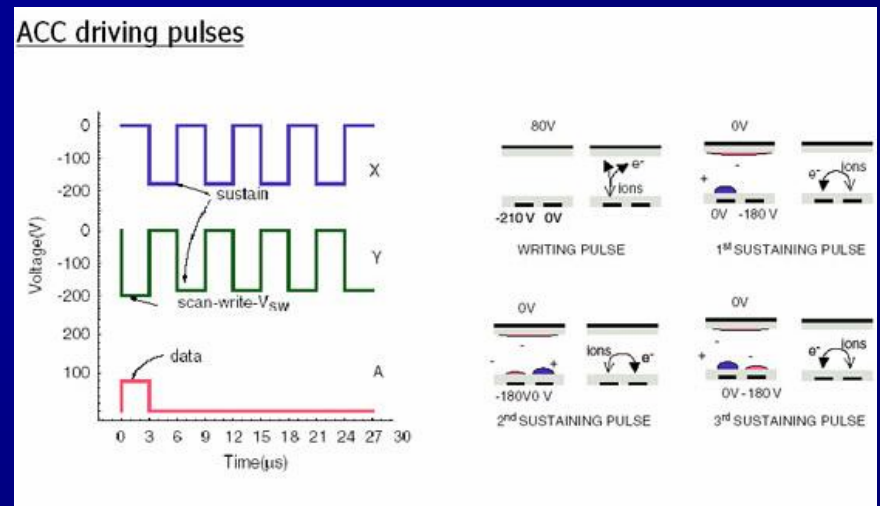
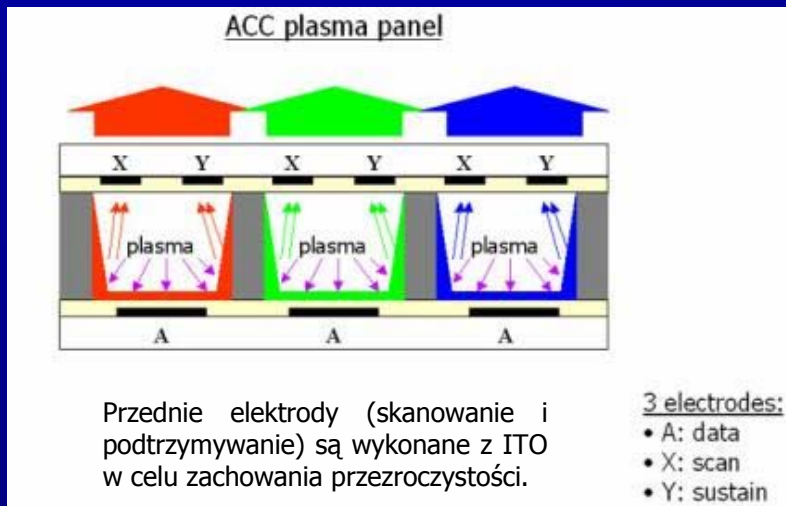


Wyświetlacz plazmowy o rozdzielczości 1280x768 to ok. 3 miliony subpikseli i 6 milionów elektrod.

Rzecz jasna niemożliwe jest wytyczenie 6 milionów niezależnych linii do kontroli subpikseli, więc są one multipleksowane (łączone). Przednie linie są wspólne dla całego rzędu, a tylne dla całej kolumny.

Wyświetlacze PDP

Najpopularniejszy obecnie wariant PDP to ACC (alternative coplanar current - prąd zmienny współpłaszczyznowy). Charakteryzuje się on nie dwiema, a trzema elektrodami dla jednego piksela.

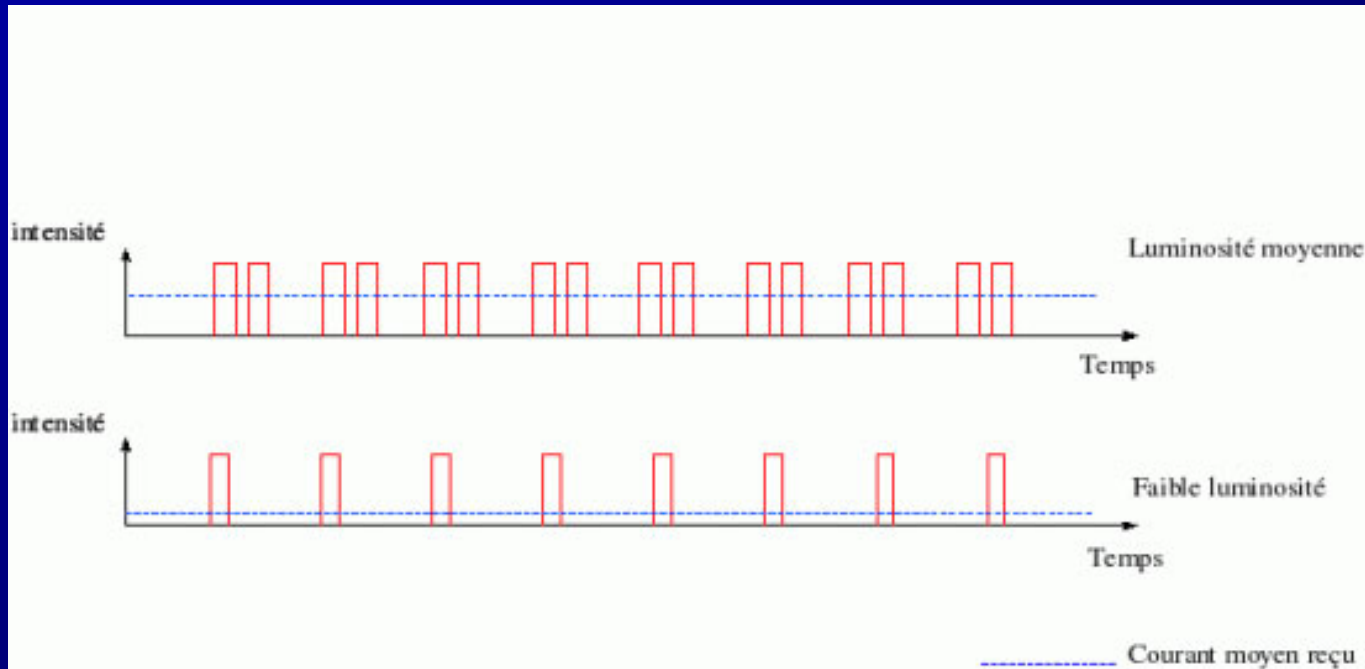


W czasie pierwszej fazy pomiędzy elektronami skanowania i danych silna różnica potencjałów wynosząca 300V (+100V i -200V) tworzy "ścianę" ładunków.

Następnie ładunki krążą pomiędzy elektrodami skanowania i podtrzymywania dzięki podawanemu na nie prądowi zmiennemu (+180V, -180V, +180V, itd.).

Wyświetlacze PDP

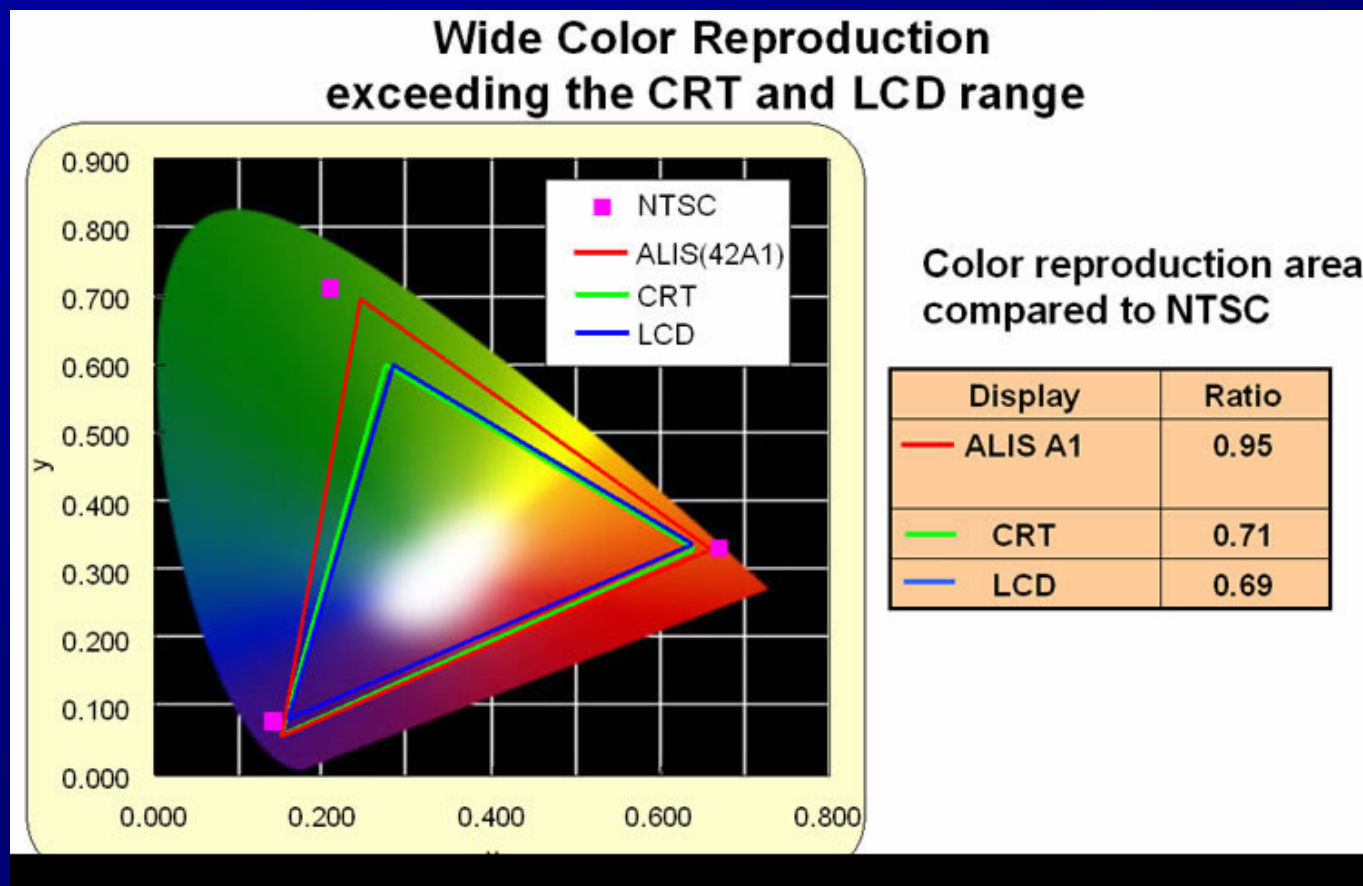
Piksele plazmowe potrzebują wyładowania elektrycznego, aby wyemitować światło, są one albo zapalone albo zgaszone, ale nie istnieje stan pośredni. Dlatego też do kontrolowania ich jasności używana jest modulacja impulsowa-kodowa (Pulse Code Modulation - PCM).



To nieskomplikowana metoda. Aby piksel był jasny, jest zapalany wielokrotnie. Aby uzyskać ciemniejszy odcień piksel zapalany jest rzadziej. Oko ludzkie dokonuje uśrednienia.

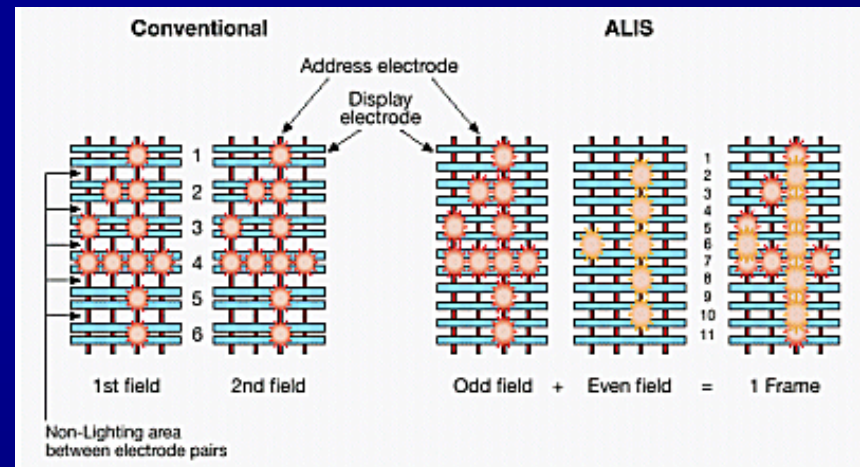
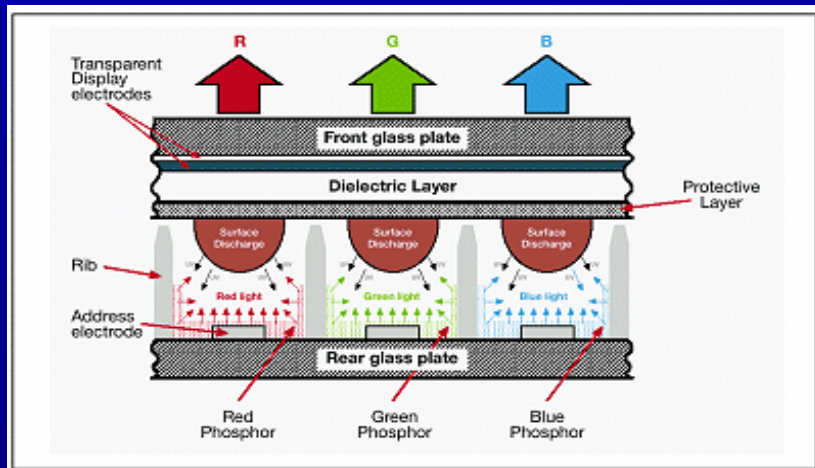
Wyświetlacze PDP

luminofory w telewizorach plazmowych pozwalają na uzyskanie szerszej gamy żywszych kolorów. Zakres chromatyczny ekranów plazmowych jest dużo szerszy niż w przypadku tradycyjnych telewizorów kineskopowych.



Wyświetlacze Plazmowe

As a next step in achieving the outstanding Plasma Display Panels FHP has produced the box shaped cell structure and the eALIS Technology.



The new cell structure provides a larger area for phosphor pasting and therefore gives a higher effective lighting area. The new cell structure is also required to operate the PDP in a progressive mode but still using the revolutionary ALiS technology. The luminous efficacy now could be raised up to 1.4 lm/w.

FHP has introduced a 55inch PDP with the resolution of 1366x768, brightness of 1000cd/m² and a contrast ratio of 1000:1

Wyświetlacze PDP

Zalety i wady rozwiązania

Wyświetlacze PDP

Zalety wyświetlaczy Plazmowych:

- dzięki zastosowaniu luminoforu, odwzorowanie barw oraz kąt widzenia są takie same jak w tradycyjnych kineskopach CRT
- wysokie częstotliwości odświeżania rzędu 100Hz nie stanowią problemu
- brak migotania wyświetlanego obrazu
- dość mała grubość wyświetlacza rzędu 40mm
- możliwość produkcji wyświetlaczy o bardzo dużej powierzchni

Wady wyświetlaczy Plazmowych:

- stosunkowo mała trwałość rzędu 30-40 tys. godzin (wypalanie się pikseli)
- niski kontrast nie przekraczający 70:1, czasem 500:1 (podane wcześniej 1000:1 to ewenement)
- kosztowny proces wytwarzania wyświetlaczy o wyśrubowanych parametrach
- problem z wytwarzaniem małych wyświetlaczy (poniżej 32")
- stosunkowo mała rozdzielczość przypadająca na jednostkę objętości, ze względu na duży rozmiar piksela (0,5 mm i nie może być mniejszy ze względu na zakłócenia)

Zastosowania:

- zestawy kina domowego, telebimy, tablice informacyjne na lotniskach, etc.
- praktycznie wszędzie, gdzie wymaga się wyświetlaczy dużych rozmiarów

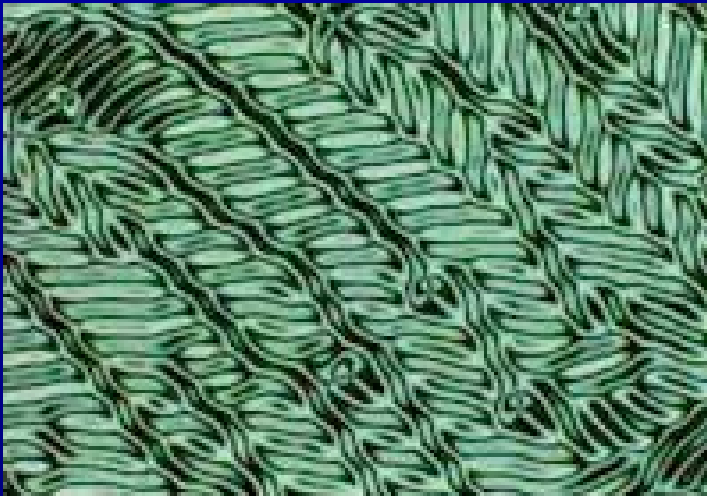
Wyświetlacze LCD

Wyświetlacze LCD

Zasada działania

Wyświetlacze LCD

Ciekłe kryształy są zazwyczaj jednorodnymi, organicznymi cieczami, które w obszarze temperatur między fazą ciekłą a fazą stałą, mają wyjątkowe właściwości.



Stan ciekłokrystaliczny występuje w charakterystycznym dla danej substancji zakresie temperatur (typowy jest przedział $-5... + 55^{\circ}\text{C}$),

Jeśli temperatura jest za niska, substancja zestala się (krystalizuje), jeśli temperatura jest wyższa staje się bezpostaciową, izotropową cieczą.

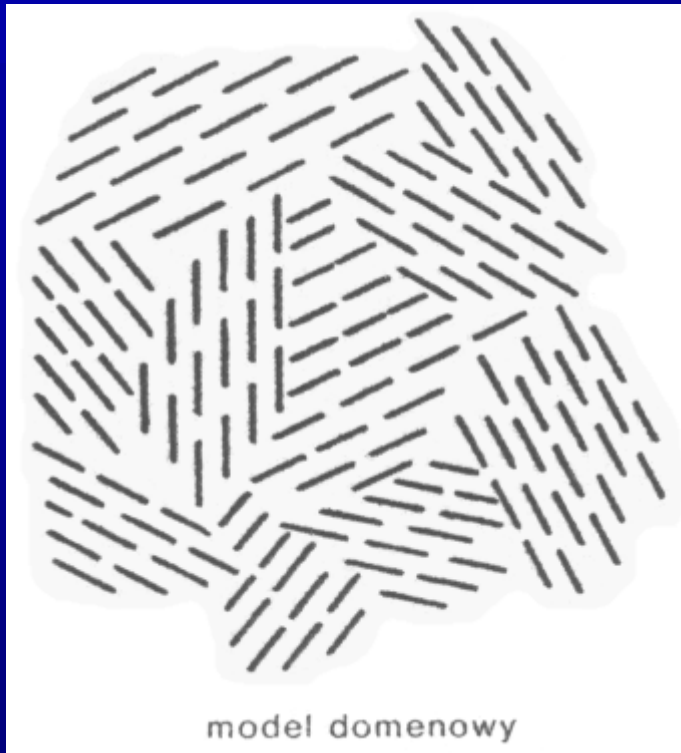
Wyjątkowe właściwości to uporządkowanie struktury pomimo stanu ciekłego.

Na tej podstawie wyróżnia się trzy zasadnicze typy ciekłych kryształów:

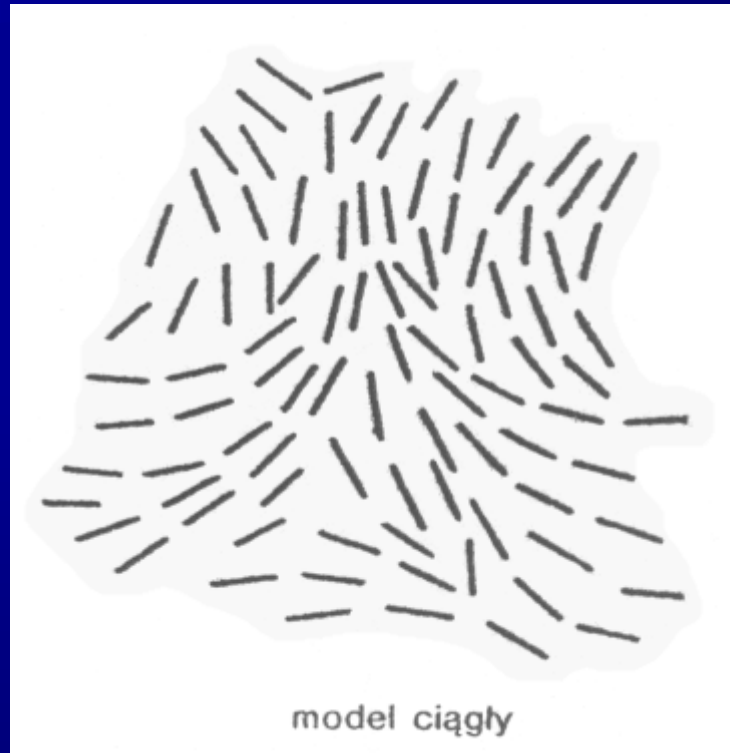
a) Nematyczny b) Smektyczny c) Cholesteryczny.

Wyświetlacze LCD

Ciekłe kryształy opisuje się matematycznie, stosując modele:



przypominający uporządkowanie momentów magnetycznych ferromagnetyka lub dipoli w ferroelektrykach

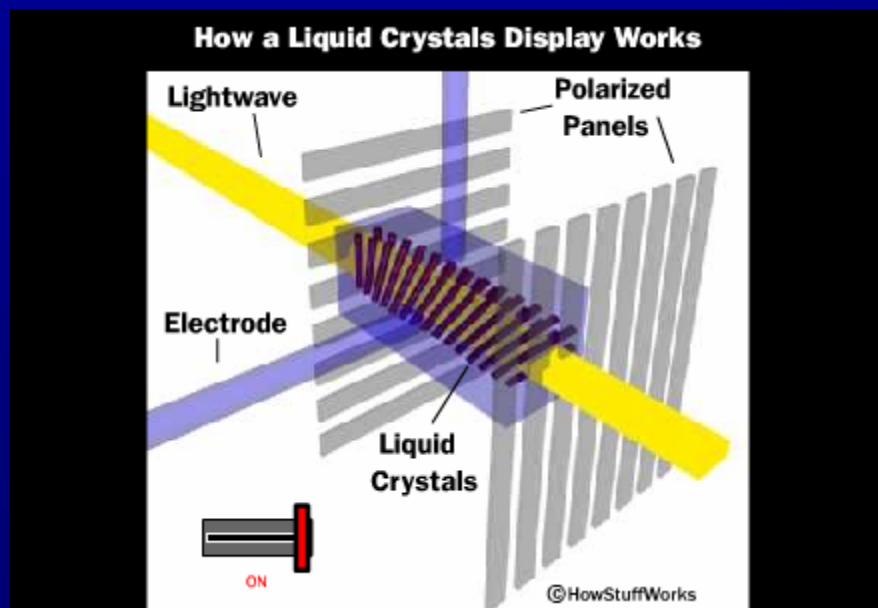
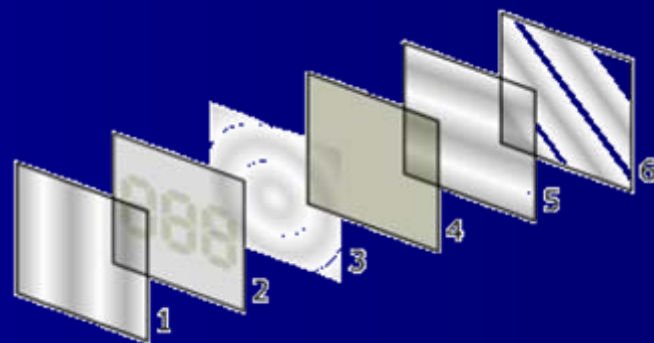


wprowadzający stopniowe przejścia pomiędzy obszarami o różnych kierunkach uporządkowania.

Wyświetlacze LCD

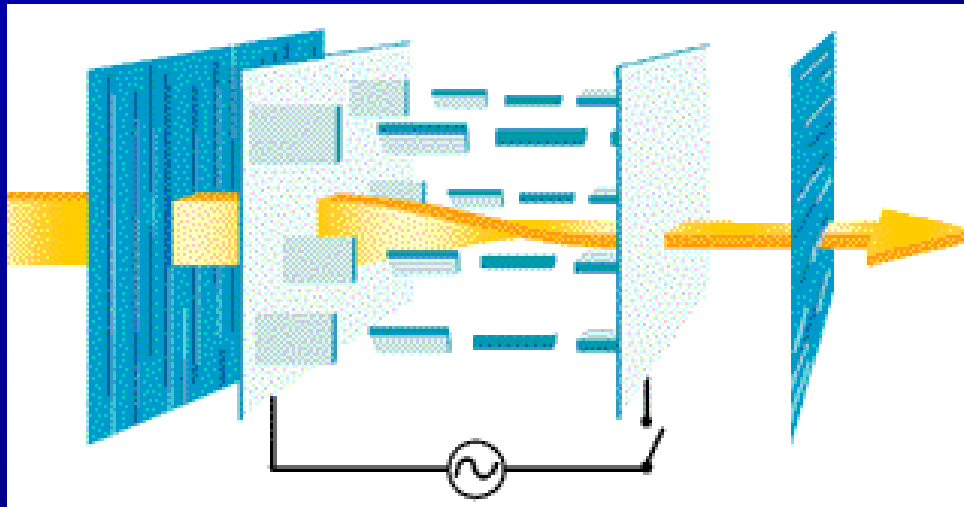
Podstawową różnicą między PDP a LCD jest to, że piksele ciekłokrystaliczne nie emitują światła. Fakt ten leży u podstawy wszystkich zalet i wad tej technologii.

Zasadę działania wyświetlacza najłatwiej jest prześledzić na przykładzie pasywnego wyświetlacza odbiciowego, z fazą nematiczną, skręconą

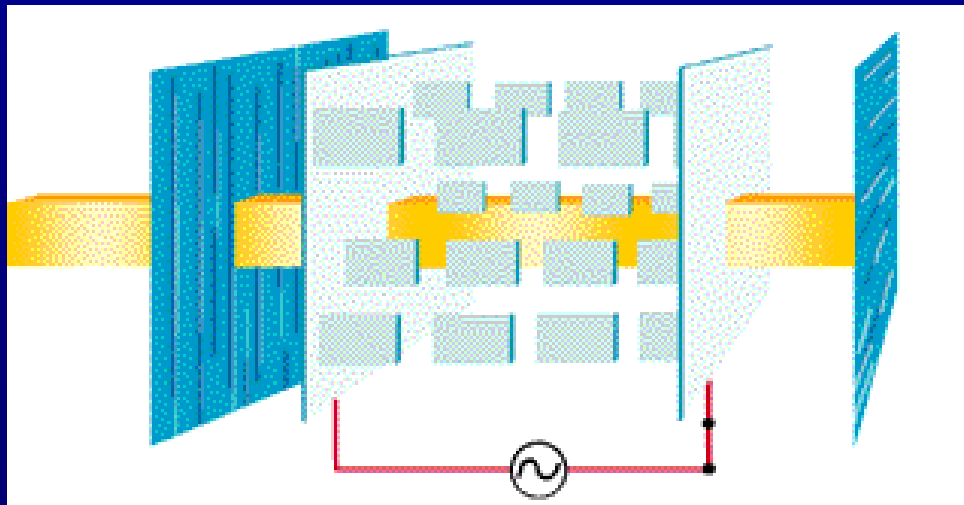


LCD nie emituje światła, ale działa jak swego rodzaju przełącznik, co powoduje, że wyświetlacze LCD muszą być dodatkowo podświetlane.

Wyświetlacze LCD

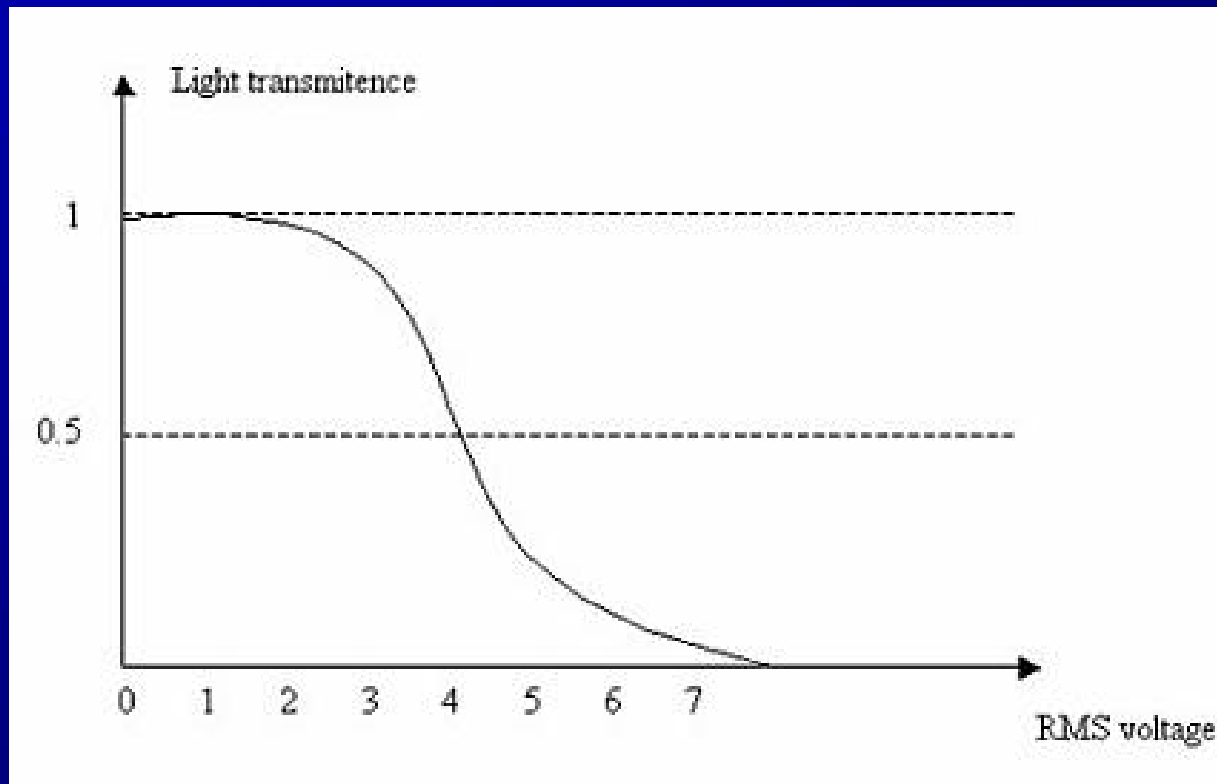


Jeżeli napięcie nie jest przyłożone struktura molekularna kryształów pozostaje skręcona o 90 stopni. Światło podświetlenia przechodzi przez strukturę.



Jeżeli przyłożymy napięcie struktura molekularna kryształów zorientuje się zgodnie z różnicą potencjałów uniemożliwiając rotację płaszczyzny polaryzacji. Światło podświetlenia nie przejdzie przez strukturę.

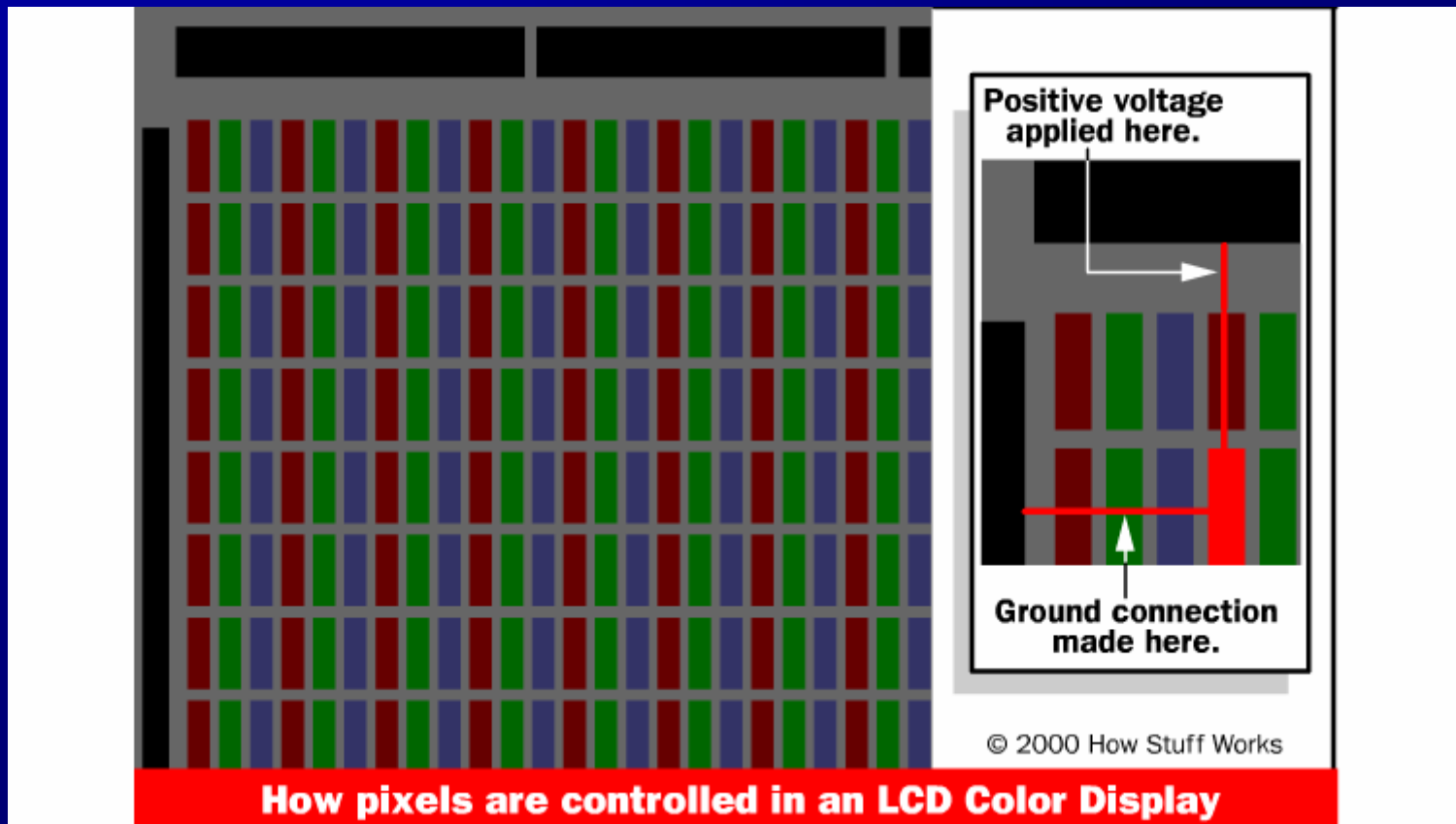
Wyświetlacze LCD



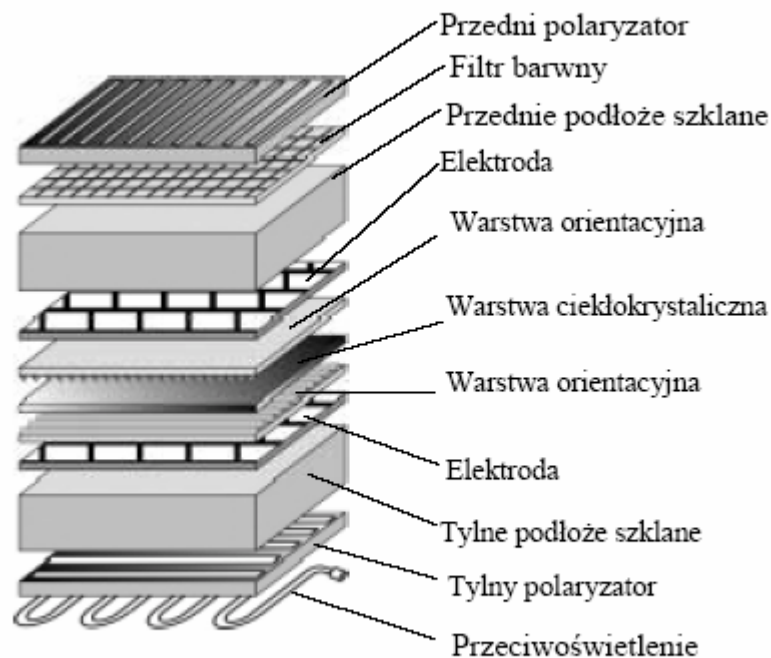
Różnicując napięcie na końcówkach ciekłego kryształu można modulować stopień zamknięcia przełącznika, aby uzyskać stany pośrednie.

Wyświetlacze LCD

Adresowanie pasywnych matryc LCD odbywa się na podobnej zasadzie, co w wyświetlaczach plazmowych. Przednia elektroda, wspólna dla całej kolumny, przewodzi prąd. Tylne elektrody, wspólne dla całego rzędu, służą jako uziemienie.



Wyświetlacze LCD



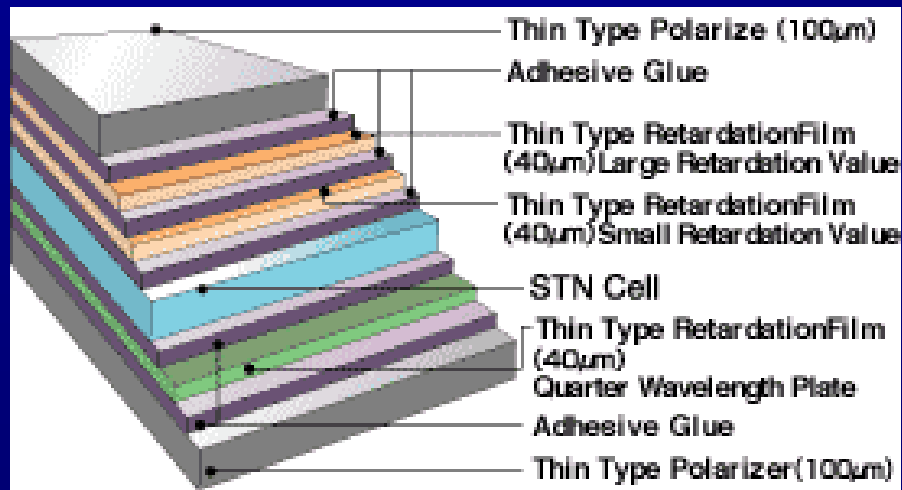
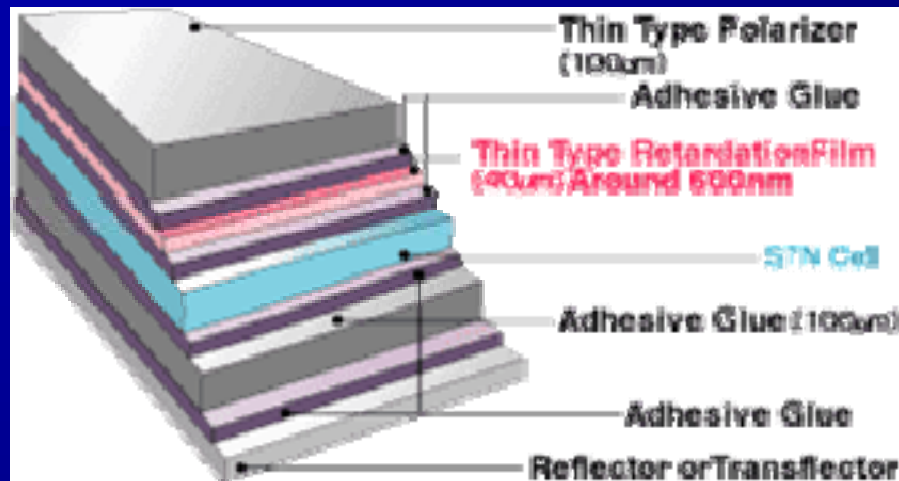
Warstwa orientacyjna na powierzchni elektrod zapewnia początkową orientację cząsteczek. Zwykle stosuje się tu polimery węglowodorowe, np. alkohol poliwinylowy lub termoodporny poliamid.

Grubość warstwy wynosi 30 –100 μm .

Grubość warstwy ciekłokrystalicznej wynosi około 5 μm .

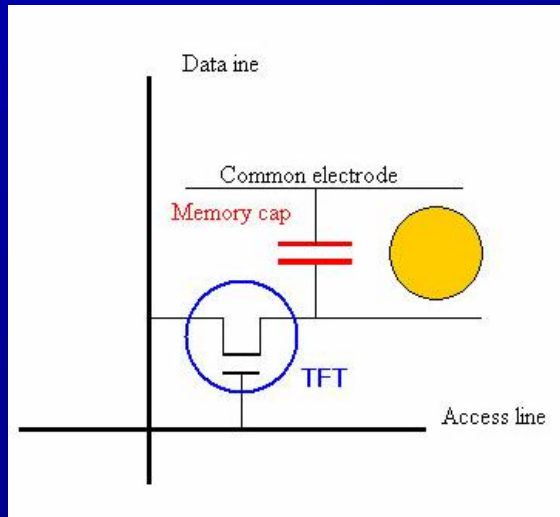
17 calowy monitor zawiera mniej niż 0,5g substancji ciekłokrystalicznej

Wyświetlacze LCD



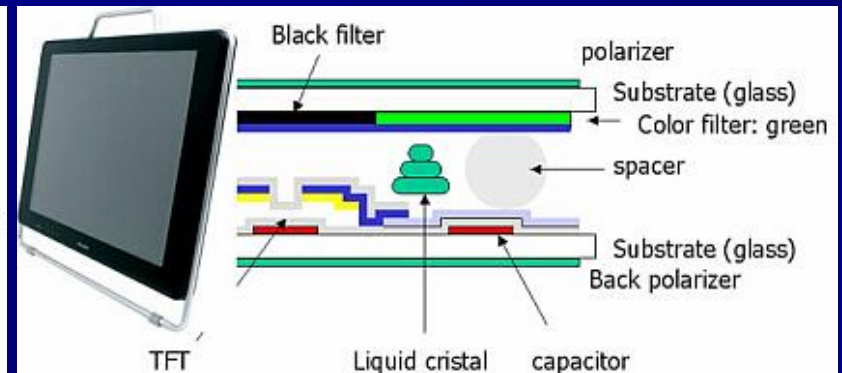
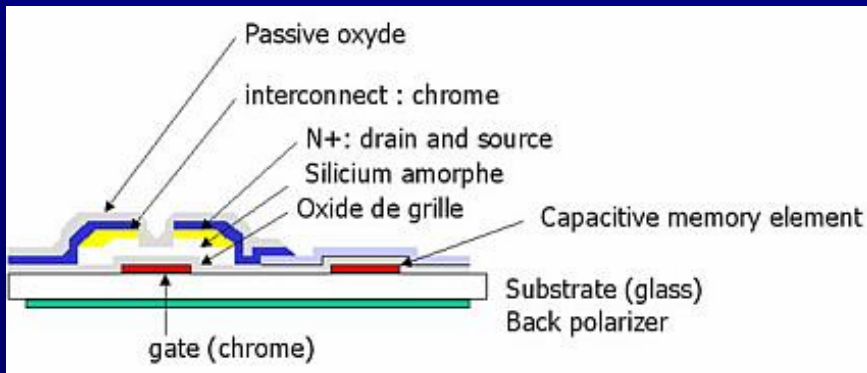
Wyświetlacze LCD

Wady starych matryc pasywnych są liczne, aby je zlikwidować opracowano matryce aktywne.

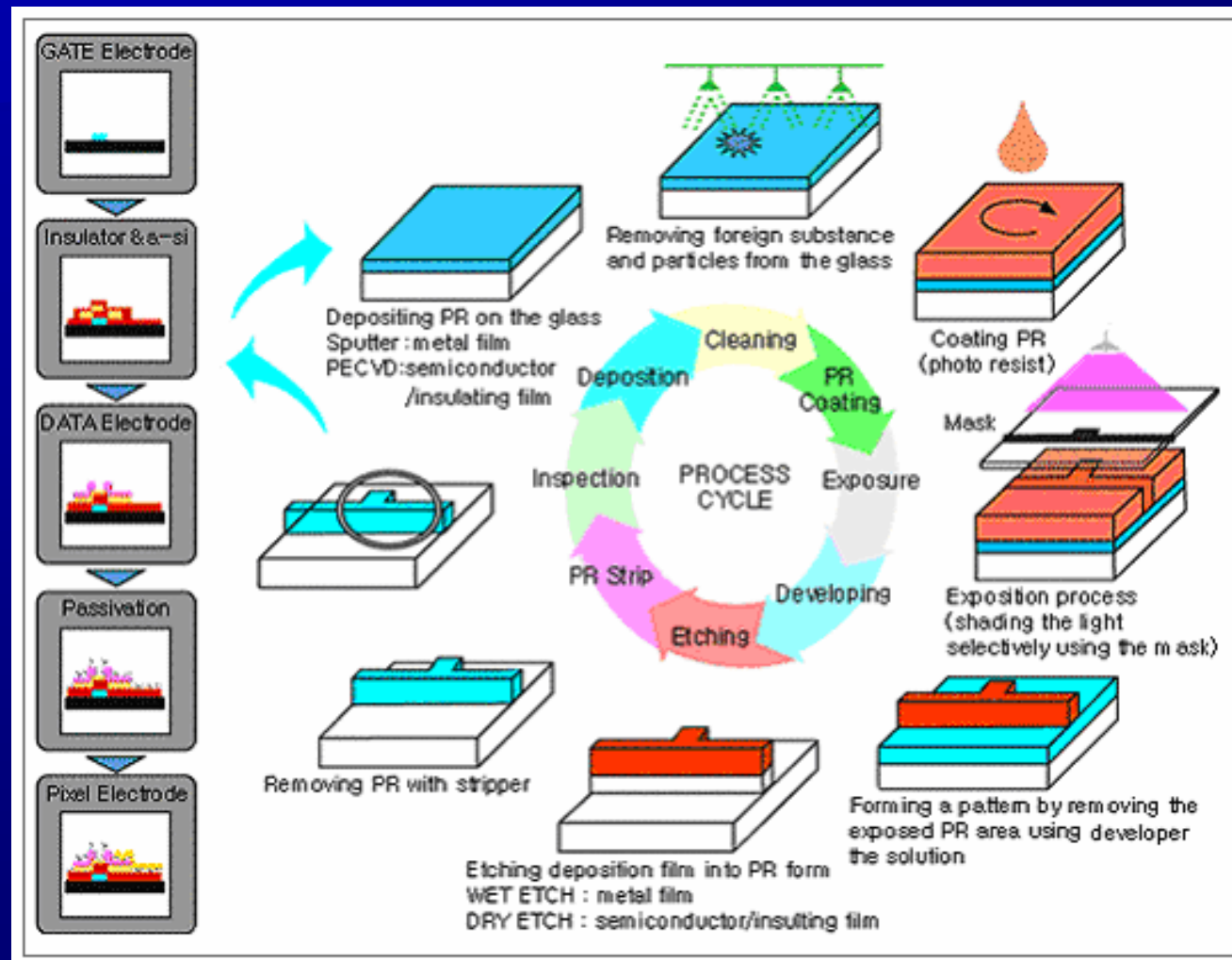


Do każdego piksela dodano tranzystor, który działa jak przełącznik. Gdy przełącznik jest zamknięty (włączony), w kondensatorze można zapisać dane, Gdy jest otwarty (wyłączony), kondensator podtrzymuje dane działając jak pamięć analogowa.

Proces wytwarzania matrycy TFT jest podobny do dobrze znanego sposobu, w jaki produkuje się półprzewodniki.

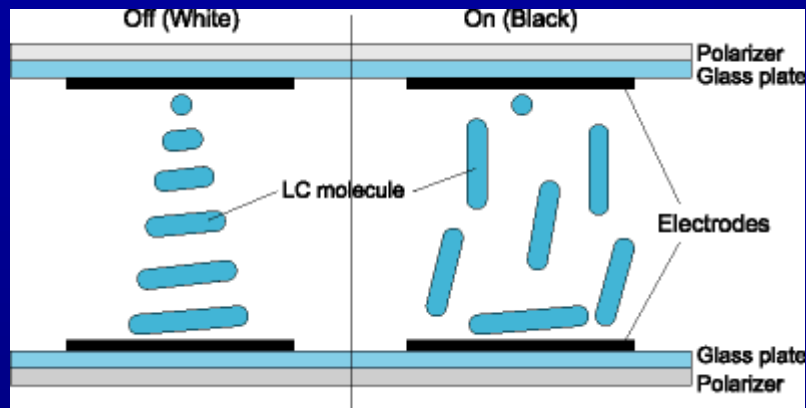


Wyświetlacze LCD TFT



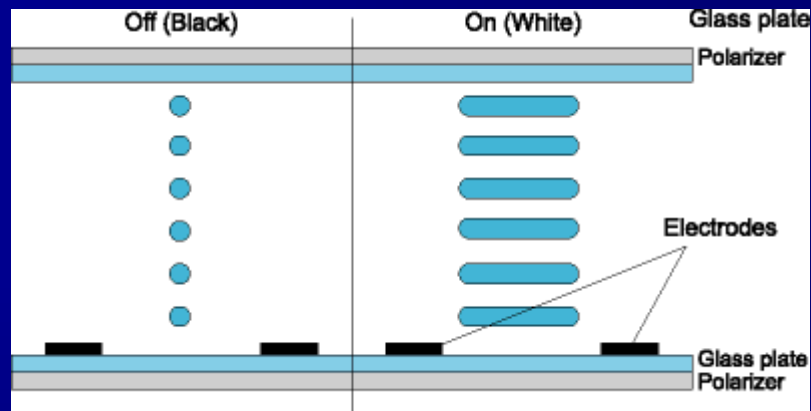
Wyświetlacze LCD

TN+Film



Wyświetlacze TN+Film układają swoje molekuly ciekłokrystaliczne prostopadłe do powierzchni wyświetlacza, w taki sam sposób jak standardowe wyświetlacze TFT. Specjalna warstwa na górnej powierzchni zwiększa kąt widzenia.

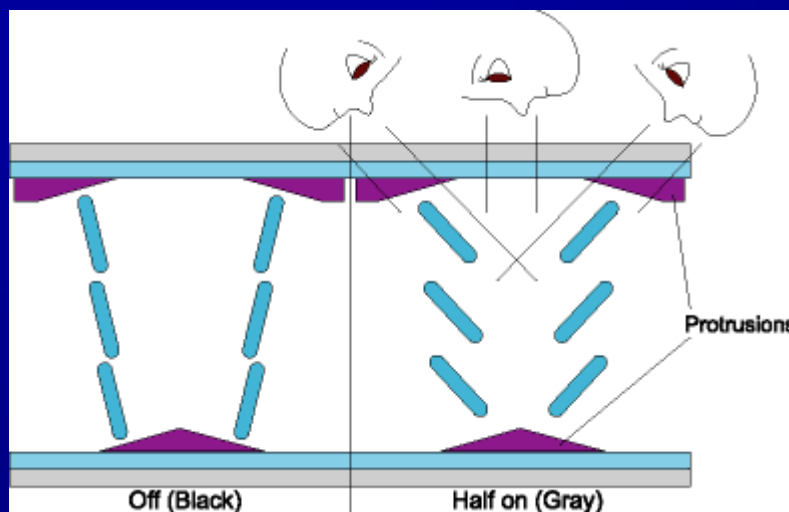
IPS (In-Plane Switching Or Super-TFT)



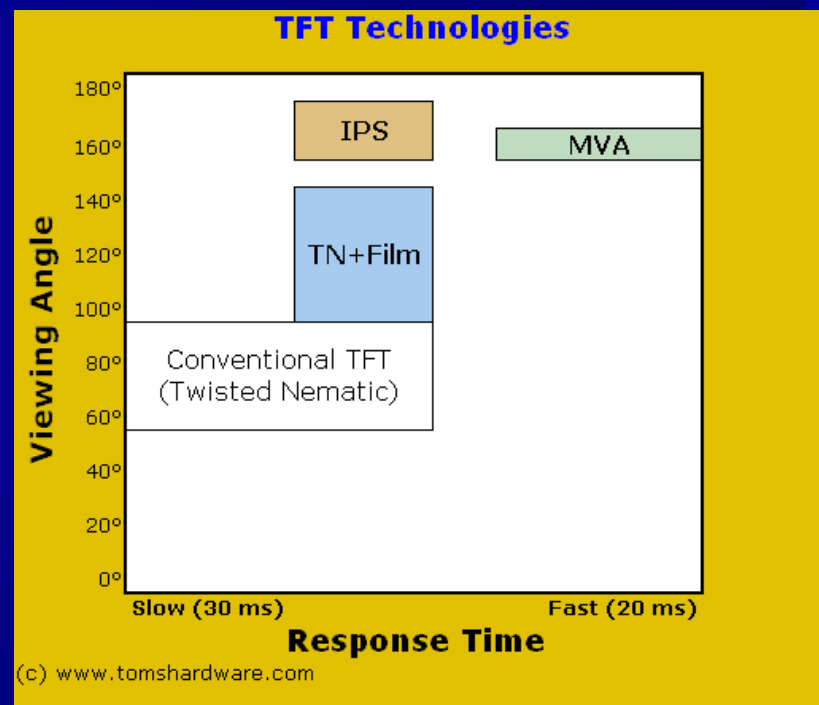
Po przyłożeniu napięcia molekuly układają się równoległe do powierzchni.

Wyświetlacze LCD

MVA (Multi-Domain Vertical Alignment)



MVA firmy Fujitsu. Z technicznego punktu widzenia najlepszy kompromis pomiędzy szerokim kątem widzenia i krótkim czasem reakcji.

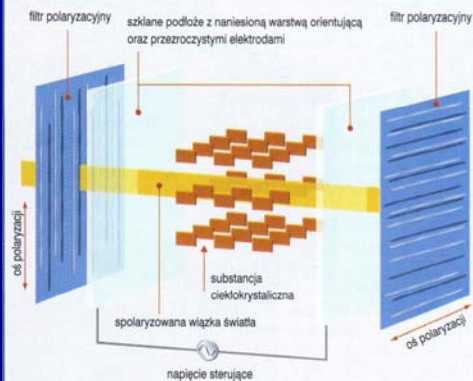


MVA oferuje szybszy czas reakcji i bardzo szeroki kąt patrzenia, jednakże udział technologii Fujitsu w rynku jest ciągle raczej mały.

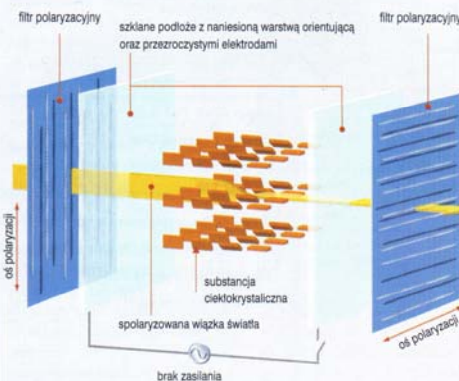
Wyświetlacze LCD

Budowa i działanie pojedynczej komórki LCD wykonanej w technologii Twisted Nematic

Włączony sygnał sterujący – czarny piksel

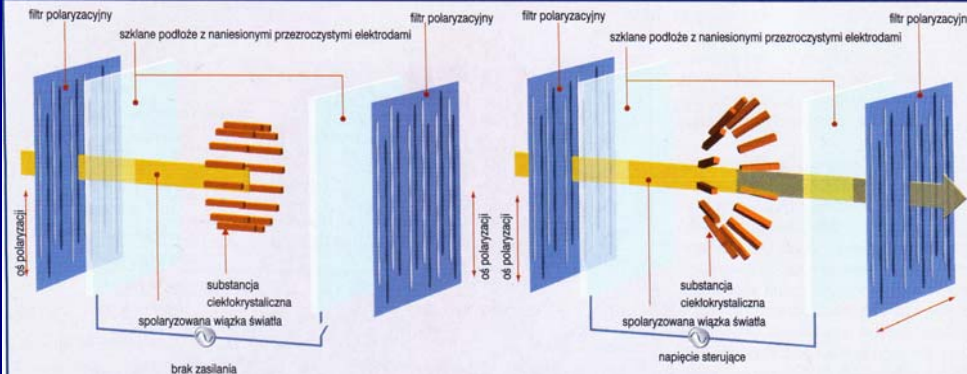


Stan spoczynku – biały piksel



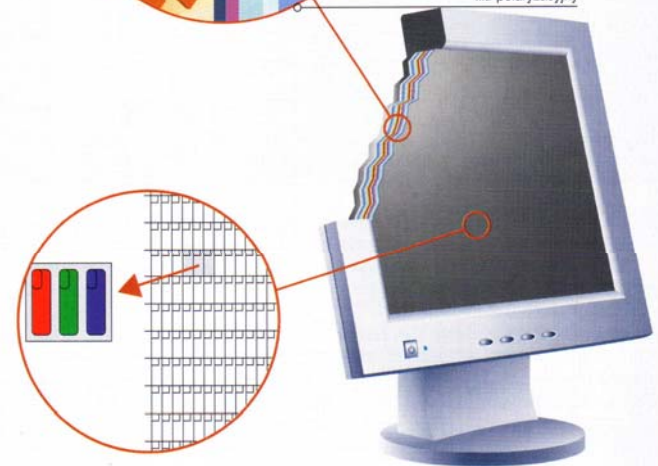
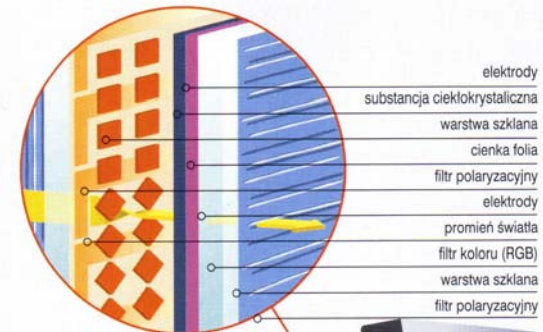
Pod wpływem napięcia sterującego wszystkie cząsteczki ciekłego kryształu zmieniają swoje położenie w komórce – ustawiają się równolegle do linii przyłożonego pola elektrycznego. Przechodzące wówczas przez komórkę spolaryzowane pionowo światło jest pochłaniane na drugim (poziomym) filtrze polaryzacyjnym. Przy braku zasilania cząsteczki ciekłego kryształu ustawiają się w położeniu spoczynkowym, wymuszonym przez warstwy orientujące. Molekuły układają się wtedy obok siebie, tak aby wspólnie utworzyć „śrubę”. Płaszczyzna polaryzacji światła jest wówczas skręcana o 90°.

Budowa i działanie wyświetlacza MVA (Multi-domain Vertical Alignment)



W wyświetlaczach MVA w stanie spoczynku (bez przyłożonego napięcia) warstwa ciekłokrystaliczna pochłania całe wchodzące do komórki LCD światło, pochodzące z lampy fluorescencyjnej. Dzieje się tak tylko wtedy, gdy „palczkowate” cząsteczki ustawione są prostopadle do powierzchni ekranu. Pod wpływem przyłożonego napięcia (rysunek po prawej) cząsteczki ciekłego kryształu obracają się, zmieniając swoje położenie, aż osiągną – przy maksymalnym napięciu – ustawienie równoległe do powierzchni wyświetlacza, przepuszczając całe wchodzące do komórki światło.

Struktura wyświetlacza ciekłokrystalicznego TFT



Światło pochodzące z umieszczonego w tle źródła przechodzi przez dwa filtry polaryzacyjne, filtr koloru (niebieski, czerwony lub zielony) oraz warstwę ciekłego kryształu, po czym dociera do oka użytkownika. Powiększony dolny fragment ekranu przedstawia położenie i skalę rozmiarów tranzystorów sterujących pracą komórek wyświetlacza.

Wyświetlacze LCD

i Defekty na 17 calach

Norma dzieląca monitory LCD ze względu na typ i liczbę defektów matrycy oznaczona jest sygnaturą ISO 13406-2. Definiuje ona cztery klasy wyświetlaczy, których producenci dopuszczają różną liczbę uszkodzonych pikseli, przypadających na milion punktów matrycy.

Liczba błędów na milion pikseli			
Klasa panelu	Typ 1	Typ 2	Typ 3
I	0	0	0
II	3	3	7
III	7	20	66
IV	66	66	656

Poszczególne typy błędów oznaczają:

Typ 1 – całkowicie biały piksel,

Typ 2 – całkowicie czarny piksel,

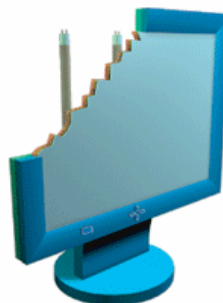
Typ 3 – permanentnie świecący subpiksel (czerwony, zielony, niebieski) lub jego brak.

Jeżeli błędy (dla paneli klasy II i wyższej) występują obok siebie w obszarze 5 na 5 pikseli, to obowiązuje dodatkowa norma:

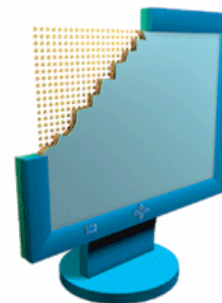
Liczba błędów na milion pikseli	Dopuszczalna liczba błędów w klastrze	
Klasa panelu	Typu 1 lub 2	Typ 3
II	0	3
III	1	6

źródło: www.servodata.com.pl

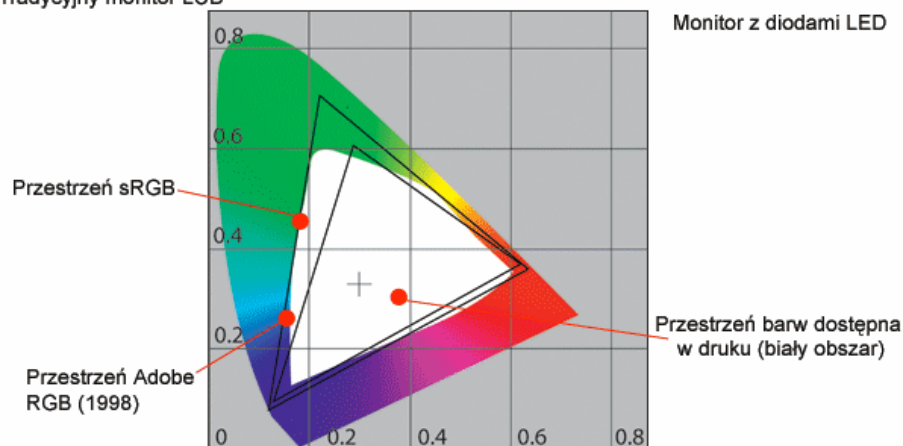
Monitor LCD odwzorowujący przestrzeń barwną Adobe RGB (1998)



Tradycyjny monitor LCD



Monitor z diodami LED



Zastąpienie świetlówek fluorescencyjnych matrycą diod LED pozwoliło wyeliminować główną przyczynę gorszego odwzorowania barw (dostępna była tylko przestrzeń sRGB) przez monitory LCD. Diody LED mają lepszą niż lampy charakterystykę świetlną i równomiernie oświetlają całą powierzchnię ekranu

Wyświetlacze LCD

Zalety i wady rozwiązania

Wyświetlacze LCD

Zalety wyświetlaczy LCD:

- niewielka grubość
- stosunkowo duża żywotność rzędu 60 tys. godzin
- brak migotania wyświetlanego obrazu
- wysoka jasność (powyżej 350cd/m^2) i kontrast wyświetlanego obrazu (powyżej 700:1, a nawet 1000:1)

Wady wyświetlaczy LCD:

- stosunkowo długi czas odpowiedzi matrycy (obecnie 4-8ms)
- odwzorowanie niepełnej palety barwnej (16,2 zamiast 16,7 mln. Kolorów)
- pogorszenie obrazu wraz z kątem obserwacji
- niska odporność na uszkodzenia mechaniczne
- wciąż stosunkowo słabe dopracowanie procesu wytwórczego (klasy paneli)

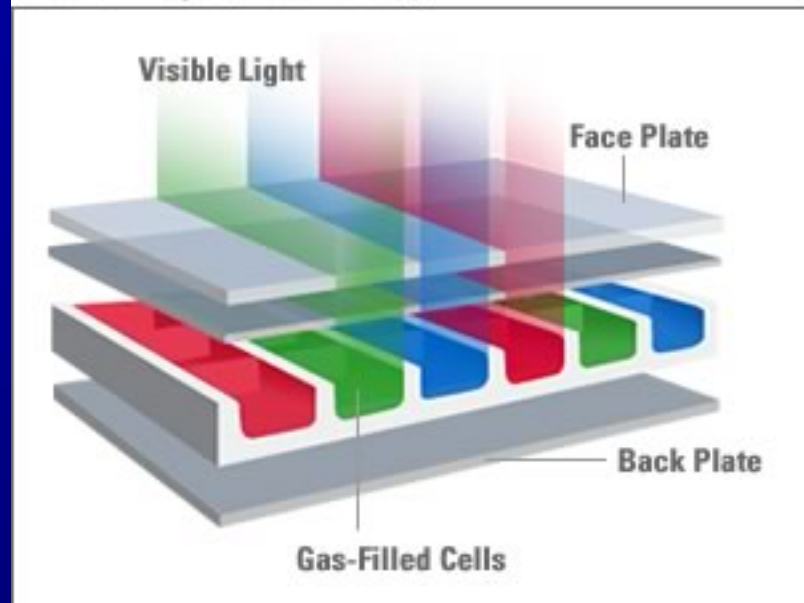
Zastosowania:

- monitory komputerowe, wyświetlacze telefonów komórkowych, etc.
- praktycznie wszędzie, gdzie wymaga się cienkich i lekkich wyświetlaczy

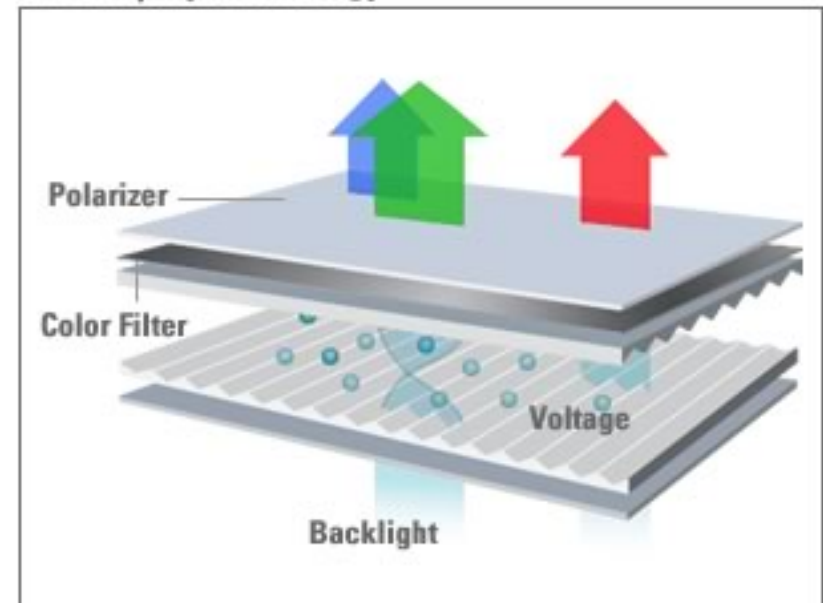
Porównanie wyświetlaczy PDP i LCD

Porównanie wyświetlaczy PDP i LCD

Plasma Display Technology



LCD Display Technology



Porównanie wyświetlaczy PDP i LCD

Porównanie	PDP	LCD	Zwycięzca
Rozmiary ekranu	Wielkość ekranu waha się pomiędzy 32 a 60 cali. Większe wyświetlacze plazmowe są produkowane lecz nie jest to produkcja masowa ze względu na koszty.	Rozmiary pomiędzy 13 a 45 cali (jeśli chodzi o TV). Większe rozmiary są w planach produkcyjnych lecz z pewnością będą bardzo kosztowne.	Wyświetlacze PDP górują pod względem wielkości. Planowane są coraz większe wyświetlacze zarówno PDP jak i LCD.
Kąt widzenia	Do 160°	Do 170°	LCD
Częstotliwość odświeżania	Wyświetlacze plazmowe są w stanie wyświetlać obraz z dużymi częstotliwościami rzędu 100Hz i więcej.	LCD zostały pierwotnie zaprojektowane do wyświetlania obrazów statycznych. Jednakże odświeżanie zostało ulepszone. Obecnie LCD mogą pochwalić się odświeżaniem na poziomie 8 ms i niższymi.	Niewielka przewaga technologii plazmowej.

Porównanie wyświetlaczy PDP i LCD

Porównanie	PDP	LCD	Zwycięzca
Wypalone lub uszkodzone piksele	Wyświetlacze PDP cierpią na wypalanie pikseli. Znany powszechnie jest problem utrwalenia obrazu na luminoforze. Nowe wyświetlacze PDP pozwalają na zmniejszenie tego efektu.	W LCD nie występuje wypalanie pikseli ale mogą się pojawiać zaburzenia napięciowe lub uszkodzenia trwłe np.. Świecenie pikseli.	Najnowszej generacji PDP wypadają lepiej.
Żywotność	Żywotność typowego wyświetlacza PDP to 30,000 do 40,000 godzin, co daje około trzech lat ciągłej pracy zanim wyświetlacz straci połowę swej pierwotnej jasności.	Żywotność przeciętnego wyświetlacza LCD to około 60,000 godzin, a tylne podświetlenie może być wymieniane (choć w praktyce koszt przewyższa kupno nowego egzemplarza).	Lampy w LCD są żywotniejsze lecz obie technologie spełnią wymagania przeciętnego klienta.
Waga	Wyświetlacze PDP są dość ciężkie i wymagają dużego wysiłku przy instalacji.	LCD są dużo lżejsze i łatwiejsze w montażu.	LCD są lżejsze i bardziej mobilne.

Porównanie wyświetlaczy PDP i LCD

Porównanie	PDP	LCD	Zwycięzca
Wytrzymałość	Wyświetlacze PDP są bardzo kruche co czyni je trudnymi w dostawie i instalacji. Wymagają solidnego umocowania ze względu na dużą wagę.	Bardziej wytrzymałe niż wyświetlacze PDP. Łatwiejsze do samodzielnego montażu.	LCD są mniej kruche niż PDP.
Dostawa	Ze względu na większą wagę PDP muszą być dostarczane specjalnym transportem. Zwiększa to jednakże koszty.	Dostawa LCD jest niedroga i nie wymaga specjalnych środków ostrożności.	LCD są lżejsze i mniej kruche niż PDP co czyni je mniej kosztownymi.
Kontrast	Mierzony w PDP kontrast sięga 3000:1. Jednakże w porównaniu LCD w rzeczywistych warunkach kontrast spada do 200:1.*	Kontrast w LCD jest mierzony w warunkach naturalnych i wynosi około 350-450:1.	Kontrast w warunkach rzeczywistych jest dwukrotnie większy dla wyświetlaczy LCD.

Porównanie wyświetlaczy PDP i LCD

Porównanie	PDP	LCD	Zwycięzca
Jasność	Wyświetlacze PDP charakteryzują się jasnością rzędu 800-1000 cd/m ² , ale są mierzone według innych standardów niż LCD. Realna wartość jasności wynosi 100 cd/m ² .	Measured under the more stringent "real world" standards, LCD TVs average a brightness rating of 500-600 cd/m ² .	Both LCD and plasma TVs will meet the brightness expectations of most consumers. However, in 'real world' situations with ambient light, LCD TVs will generally look a little brighter.
Grubość	Okolo 3 cali grubości.	Okolo 2 cali grubości.	LCD są ciut cieńsze.

Bibliografia:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_crystal_display
- <http://www.tomshardware.pl/display/20050309/>
- <http://electronics.howstuffworks.com/lcd.htm/printable>
- <http://www.flattvpeople.com/tutorials/lcd-vs-plasma.asp>
- http://student.uci.agh.edu.pl/~mstan/materialy/4%20sem/fpo/konspekt_fed.doc
- <http://www.chip.pl/>
- http://www.ece.uiuc.edu/alumni/w02-03/plasma_history.html
- i inne...

