

Obraz jako środek przekazu informacji

Andrzej Majkowski

Politechnika Warszawska

amajk@ee.pw.edu.pl



Streszczenie

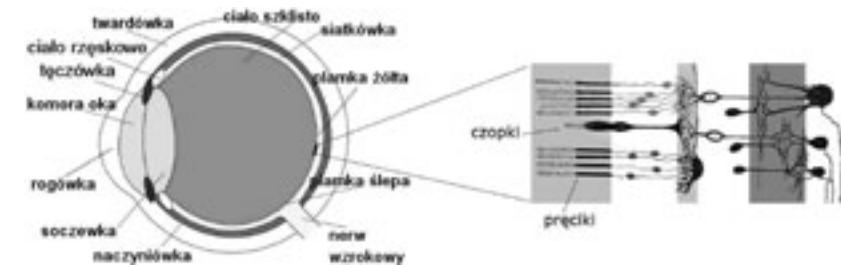
Obecnie trudno jest znaleźć dziedzinę nauki, a także i rozrywki, w której nie byłoby jakiegoś elementu związanego z cyfrowym przetwarzaniem obrazów. Na wykładzie poznamy, jak powstaje obraz i jak jest postrzegany przez człowieka. Poznamy, po co są tworzone i do czego używane modele barw. Opisane będą takie pojęcia, jak: kontrast, korekcja gamma, temperatura barwowa, balans bieli oraz podane zostanie, jak są one powiązane z jakością fotografii czy filmów. W dalszej części wykładu poznamy podstawy telewizji analogowej i cyfrowej. Omówione zostaną popularne systemy telewizji analogowej NTSC (ang. *National Television System Committee*) i PAL (ang. *Phase Alternating Line*), cyfrowa telewizja systemu DVB (ang. *Digital Video Broadcast*), standard telewizji HDTV (ang. *High Definition TV*). Opisane zostaną algorytmy poprawy jakości obrazu stosowane w telewizji cyfrowej, umożliwiające eliminację migotania – technika 100 Hz – redukcję artefaktów wynikających z kompresji, lepsze wyeksponowanie konturów obrazu. W części końcowej omówiona zostanie zasada działania wyświetlaczy LCD i ekranów plazmowych. Te dwie technologie zostaną również porównane ze sobą.

Spis treści

1. Cyfrowe przetwarzanie obrazów	51
1.1. Modele barw	52
1.2. Kontrast, korekcja gamma, temperatura barwowa, balans bieli	54
2. Telewizja analogowa i cyfrowa	57
2.1. Standard telewizji kolorowej HDTV	58
2.2. Cyfrowa telewizja systemu DVB	58
3. Poprawa jakości obrazu	58
3.1. Eliminacja migotania	59
3.2. Redukcja artefaktów wynikających z kompresji	59
3.3. Eksponowanie konturów obrazu	59
3.4. Algorytmy poprawy jakości obrazu	60
4. Wyświetlacze LCD	61
5. Ekran plazmowe	67
Literatura	70

1 CYFROWE PRZETWARZANIE OBRAZÓW

Zmysł wzroku odgrywa w życiu człowieka niezwykle istotną rolę, związaną nie tylko z czysto fizycznym rozpoznawaniem i rozróżnianiem otaczających nas przedmiotów i zjawisk, ale wrażenia wzrokowe wpływają także na naszą psychikę czy nastrój. Warto również podkreślić, że tą drogą mózg człowieka przyswaja największą ilość informacji z otaczającego nas świata. Z fizycznego punktu widzenia rejestracja promieniowania świetlnego jest realizowana na siatkówce oka. Siatkówkę oka można przyrównać do pewnego rodzaju światłoczułej matrycy, na której znajdują się receptory widzenia. Takimi receptorami są **pręciki**, które rejestrują jedynie natężenie światła, bez możliwości jego analizy barwnej, oraz **czopki**, które reagują na światło o określonej barwie (rysunek 1). Widzenie barwne jest wynikiem reakcji fotochemicznej, w której substancje białkowe zawarte w czopkach, zwane **opsynami**, reagują na światło absorbując poszczególne składowe promieniowania barwnego. Istnieją trzy rodzaje opsyn: absorbujące światło niebieskie, zielone i czerwone. Umożliwiają one barwne widzenie dzienne. Brak opsyny jednego rodzaju (np. absorbującej światło czerwone) powoduje niezdolność rozróżniania pewnych barw. W wyniku reakcji fotochemicznych energia świetlna zostaje przekształcona na impulsy nerwowe, które są dalej przesyłane przez nerw wzrokowy. Sygnały świetlne docierające do mózgu są zamieniane na cechy, takie jak: kształt, kolor, czy wzajemne relacje przestrzenne obiektów.



Rysunek 1. Budowa oka [źródło: <http://wikipedia.org/wiki/oko>]

Obrazy cyfrowe reprezentują te same sceny, które możemy obserwować, ale przedstawione w postaci dwuwymiarowych tablic pikseli. Technika cyfrowa umożliwia przeprowadzenie wielu operacji obróbki obrazu, w tym także działań niewykonalnych tradycyjnymi metodami przy pomocy szklanych filtrów optycznych lub analogowej elektroniki. Jedną z pierwszych prób wykorzystania techniki cyfrowej w praktyce było przesyłanie obrazów na odległość z wykorzystaniem kabla.



Rysunek 2. Obraz przetransmitowany i odtworzony przez Bartlane System [źródło: <http://www.hffax.de/history/html/bartlane.html>]

Do przesłania obrazów użyto opracowanego w 1920 roku tzw. Bartlane System, który umożliwił skanowanie obrazu element po elemencie. Negatyw fotografii był poddawany naświetleniom w pięciu różnych czasach ekspozycji. Obraz był rejestrowany na płytkach cynkowych. Każdy punkt zdjęcia był tym samym charakteryzowany kombinacją pięciu bitów opisującą wzrastającą jasność obrazu. W wyniku skanowania powstawała taśma papierowa rejestrująca poziomy szarości obrazu (5-bitowe kodowanie). Wykorzystanie kabla transatlantyckiego umożliwiło przesłanie obrazów przez Ocean Atlantycki (Londyn – Nowy Jork). Nietrudno sobie wyobrazić jak bardzo uprościło to wymianę informacji. Jeden z pierwszych przesłanych tą drogą obrazów jest przedstawiony na rysunku 2.

Dalszy bardzo szybki rozwój technik cyfrowych nastąpił w latach 1939-45. W czasie II wojny światowej bardzo potrzebne były efektywne systemy rozpoznawania wojskowego, prowadzono więc szeroko zakrojone badania w tym kierunku. Techniki cyfrowe wykorzystano głównie do podwyższania jakości obrazu fotograficznego (dystorsja, nieostrość, kontrast). Początek lat 60. XX wieku to jednocześnie początek misji kosmicznych NASA (misje Rangera). Rysunek 3 przedstawia obraz Księżyca sfotografowany przez statek Ranger 7.



Rysunek 3. Pierwszy obraz Księżyca sfotografowany przez statek Ranger 7 [źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Ranger_7]

Fotografię wykonano w 1964 roku przy użyciu kamery telewizyjnej i następnie przesłano na Ziemię. Zdjęcia z tej misji uzmysłowiły konieczność intensyfikacji w rozwoju metod przetwarzania i analizy obrazu. Obecnie cyfrowe przetwarzanie obrazów jest praktycznie wszechobecne. Trudno jest znaleźć dziedzinę nauki, a także i rozrywki, w której nie byłoby jakiegoś elementu związanego z cyfrowym przetwarzaniem obrazów.

1.1 MODELE BARW

Barwa jest wrażeniem psychicznym wywołanym w mózgu człowieka, w czasie gdy oko rejestruje promieniowanie elektromagnetyczne z widzialnej części fal świetlnych. Główny wpływ na to wrażenie ma skład widmowy promieniowania świetlnego, ilość energii świetlnej, obecność innych barw w polu widzenia obserwatora, ale także cechy osobnicze obserwatora: zdrowie, samopoczucie, nastrój, a nawet doświadczenie i wiedza w posługiwaniu się własnym organem wzroku. Barwa z samej swojej natury jest trudna do zdefiniowania, stąd tworzy się mnóstwo wzorców, tabel i modeli próbujących uporządkować barwy. Modele barw są próbą ich opisu przy użyciu pojęć matematycznych. Przy opisie sprzętu najczęściej wykorzystywanymi modelami barw są modele RGB i CMY/CMYK.

Model barw RGB – jest ukierunkowany na sprzęt, w którym barwa powstaje w wyniku emisji światła: monitory, skanery, cyfrowe aparaty fotograficzne. Jest to model addytywny, w którym wszystkie barwy powstają przez zmieszanie trzech barw podstawowych: czerwonej, zielonej i niebieskiej. **Mieszanie addytywne** (rys. 4a) to mieszanie barw poprzez sumowanie wiązek światła widzialnego różnych długości. Synteza addytywna zachodzi np. podczas projekcji na ekran: w miejscu oświetlonym jednocześnie światłem o różnej barwie oko ludzkie widzi odbity strumień światła będący sumą wszystkich padających w to miejsce barw (w widzianym przez nas strumieniu odbitym występują na raz wszystkie długości fal odpowiadające poszczególnym strumieniom światła padającego).

Model barw CMY – jest ukierunkowany na sprzęt drukujący: drukarki, maszyny drukarskie. Wrażenie barwy uzyskuje się dzięki światłu odbitemu od zadrukowanego podłoża. Pigment farb/atramentów pochłania określone długości fali, a odbija pozostałe. Dlatego model ten jest nazywany modelem subtraktywnym. **Mieszanie subtraktywne** to mieszanie barw poprzez odejmowanie wiązek światła odpowiadającego różnym długościom fal (najczęściej realizowane jest poprzez pochłanianie niektórych długości fal przez powierzchnię, od której odbija się światło białe). Synteza subtraktywna zachodzi np. przy mieszaniu farb o różnych barwach: w miejscu pokrytym farbą (powstałą ze zmieszania farb o różnych barwach) oko ludzkie widzi odbity strumień światła będący tą częścią światła białego, która zostanie po pochłonięciu wszystkich składowych barwnych przez poszczególne farby wchodzące w skład mieszanki (rys. 4b). Wszystkie barwy w modelu CMY powstają przez zmieszanie trzech barw podstawowych: cyan (zielono-niebieska), magenta (purpurowa), yellow (żółta). Zmieszanie C, M i Y powoduje odfiltrowanie całego światła i powstaje kolor czarny. W praktyce trudno jest uzyskać w ten sposób idealny kolor czarny. Dlatego powstał model CMYK, w którym zdecydowano się na dodanie jeszcze jednego koloru – czarnego (black).

a)



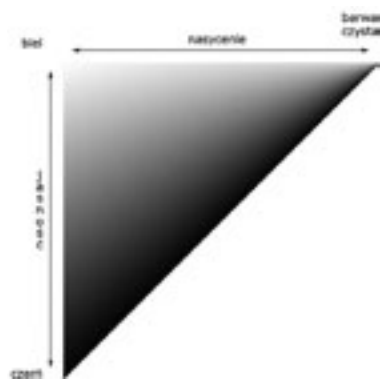
b)



Rysunek 4. Addytywne a) i subtraktywne b) mieszanie barw [źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Barwy_podstawowe]

Barwy można opisać używając atrybutów barw. Atrybuty barwy to odcień, nasycenie i jasność. **Odcień** jest cechą jakościową barwy związaną z długością fali dominującej w strumieniu światła. Przy widzeniu barwnym obserwując poszczególne pasma widma o różnych długościach fali stwierdzimy, że istnieje charakterystyczna różnica między każdym z tych wrażeń. Doznawane wrażenia określamy nazywając je kolejno: fioletowy, niebieski, zielony, żółty, pomarańczowy, czerwony. Tę cechę wrażenia wzrokowego nazywamy właśnie odcieniem barwy.

Nasycenie jest cechą jakościową barwy i podaje stosunek ilości światła monochromatycznego do ilości światła białego – im większe nasycenie, tym mniejszy jest udział w widmie promieniowania fal o innych długościach niż fali dominującej. **Jasność, jaskrawość** jest cechą ilościową barwy. Jasność dotyczy obiektów odbijających światło, jaskrawość – świecących i odpowiada wrażeniu słabszego lub mocniejszego strumienia światła.



Rysunek 5.
Atrybuty barwy

Odcień barwy, jasność i nasycenie (trzy atrybuty barwy) są ze sobą ściśle związane. Zmiana jednego atrybutu pociąga za sobą zmianę pozostałych (rys. 5). W zakresie widzenia barwnego wraz ze zmianą jasności zachodzą zmiany barwy postrzeganej. Wrażenie zmiany barwy obserwujemy również, gdy bez zmiany odcienia i jasności zmniejszymy nasycenie barwy.

1.2 KONTRAST, KOREKCJA GAMMA, TEMPERATURA BARWOWA, BALANS BIELI

Przy przetwarzaniu obrazów rejestrowanych aparatami cyfrowymi czy kamerami cyfrowymi często używa się pewnych podstawowych pojęć. Poznanie ich znaczenia umożliwi lepsze zrozumienie bardziej złożonych procesów zachodzących podczas przetwarzania obrazów cyfrowych. Pojęcia te to kontrast, korekcja gamma, temperatura barwowa i balans bieli.

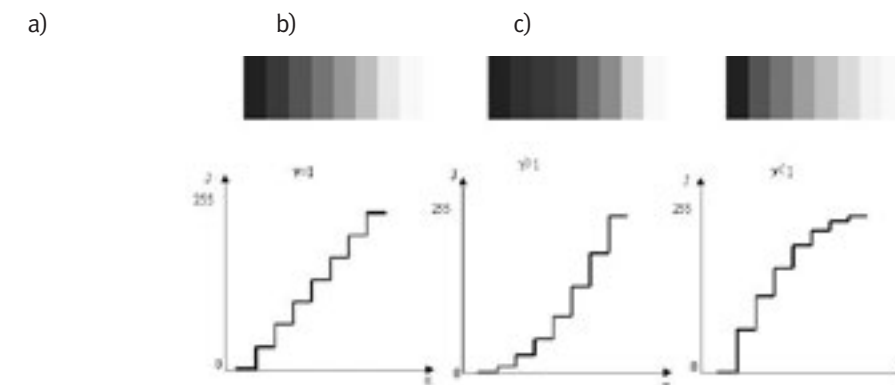
Kontrast określa zróżnicowanie jasności poszczególnych punktów ekranu. Z punktu widzenia optymalnej reprodukcji obrazu nie jest tylko istotny maksymalny stosunek pomiędzy najjaśniejszym i najciemniejszym fragmentem ekranu (kontrast maksymalny), lecz także rozkład różnic w jasności poszczególnych części obrazu (gradacja kontrastu). Dla osiągnięcia wiernej reprodukcji rzeczywistości charakterystyka jasności układu przetwarzania i wyświetlania obrazu powinna być liniowa (rys. 7a). Z subiektywnego punktu widzenia niekiedy wskazane jest specjalne kształtowanie gradacji kontrastu. Często stosuje się nieliniowe przetwarzanie np. w celu pełnego wykorzystania dynamiki obrazu (czyli poprawnego zróżnicowanie skali szarości zarówno w jasnych, jak i ciemnych partiach obrazu – rys. 6). Technika cyfrowa daje tutaj możliwości nieosiągalne dla techniki analogowej.

Często wprowadza się celowo pewną nieliniowość przetwarzania, aby w efekcie otrzymać liniową charakterystykę końcową. W przypadku liniowej charakterystyki przetwarzania (rys. 7a) jasność obrazu J jest proporcjonalna do czynnika j wywołującego (np. napięcia x na przetworniku). Nieliniowa charakterystyka świetlna $J \sim x$ (rys. 7b, 7c) może być opisana w następujący sposób $J \sim x^\gamma$, czyli jasność obrazu jest proporcjonalna do wywołującego ją napięcia x podniesionego do potęgi γ . Wykładnik γ oznaczający stopień nieliniowości przetwornika. Od greckiej litery γ określającej ten współczynnik, korekcja charakterystyki przeprowadzana w ten sposób nosi nazwę **korekcji gamma**.

W systemie przetwarzania i wyświetlania obrazów istotną rzeczą jest wierna reprodukcja barw. Barwa obiektów zarejestrowana przez kamerę czy aparat fotograficzny zależy od koloru oświetlenia. W tym przypadku barwa np. koloru skóry czy bieli śniegu na zdjęciu może być różna od tej, jakiej oczekujemy. Zadaniem korekcji barw jest właśnie sprowadzenie postaci barw do formy akceptowalnej przez widza. Prawidłowe odwzorowanie koloru śniegu jest przykładem ustawienia **balansu bieli**. Często na odbitkach fotograficznych wykonanych z tego samego negatywu, w różnych zakładach fotograficznych widoczne są różnice w jego zabarwieniu: śnieg przybiera zabarwienie niebieskie, żółte, zielone, a niekiedy różowe. Celem ustawienia balansu bieli jest usunięcie tego zabarwienia.



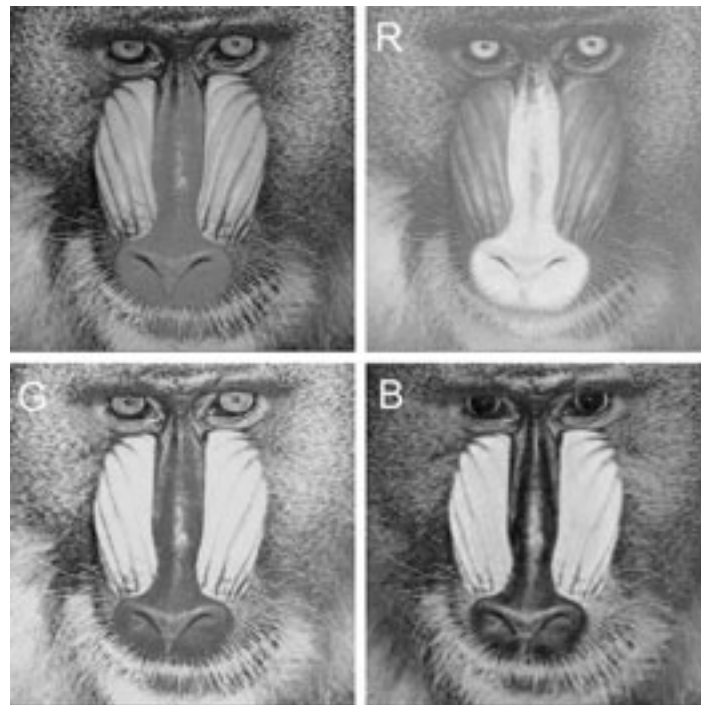
Rysunek 6.
Efekt zastosowania korekcji gamma, lewy górny róg – obraz oryginalny, pozostałe obrazy są wynikiem zastosowania korekcji gamma z różnym współczynnikiem γ



Rysunek 7.
Ilustracja korekcji gamma [źródło: 7]

Niekiedy potrzebne jest połączenie procesu korekcji barw z korekcją gamma dla obrazu czy sygnału wizyjnego rozłożonego na składowe RGB (rys. 8). Korekcje stosuje się oddzielnie dla każdego obrazu: czerwonego, zielonego i niebieskiego. Inaczej mogą się pojawić zafaszowania barw w zależności od jasności poszczególnych fragmentów obrazu. Jest to wynik tzw. braku równowagi dynamicznej bieli.

Temperatura barwowa, jako cecha określająca wrażenie percepcyjne oglądanego obrazu, zależy głównie od rodzaju oświetlenia oraz od właściwości barwnych elementów występujących w scenie obrazowej. W praktyce temperaturę barwową definiuje się na podstawie relacji, jakie zaobserwowano pomiędzy temperaturą a właściwościami emisyjnymi ciała czarnego. Temperaturę barwową oblicza się na podstawie średniej wartości kolorów całego obrazu, z pominięciem pikseli, które nie mają wielkiego wpływu na temperaturę barwową, a mianowicie pikseli koloru czarnego i tzw. pikseli samoświecących, czyli o jasności większej od wartości średniej o pewną wartość progową. Obraz kwalifikowany jest do kategorii barwowej według przedziału temperatur, do którego należy obliczona wartość. Przedziały te zostały wyznaczone doświadczalnie za pomocą badań subiektywnych (patrz tab. 1).



Rysunek 8. Obraz rozłożony na składowe RGB (czerwony, zielony, niebieski)

Tabela 1. Zakresy temperatur barwowych

Kategoria subiektywna	Zakres temperatur
Gorąca	1667 K ~ 2250 K
Ciepła	2251 K ~ 4170 K
Neutralna	4171 K ~ 8060 K
Zimna	8061 K ~ 25 000 K

Poniżej przedstawiono trzy zdjęcia, których temperatura barwowa jest różna. Zdjęcie z lewej na neutralną temperaturę barwową, w środku – temperatura barwowa jest przesunięta ku czerwieni, zdjęcie z prawej ma temperaturę barwową przesuniętą w stronę barwy niebieskiej.



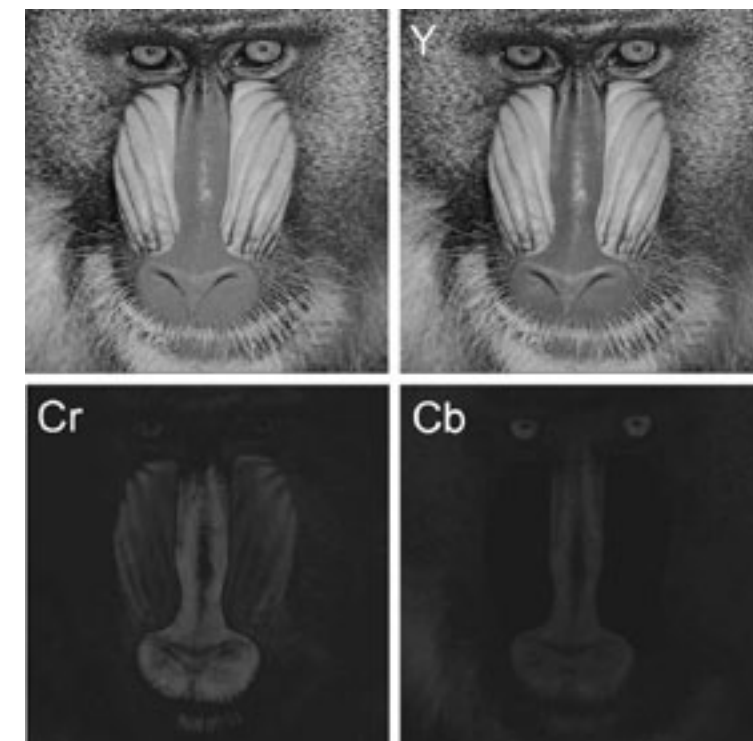
Rysunek 9. Przykład zdjęć o różnej temperaturze barwowej

2 TELEWIZJA ANALOGOWA I CYFROWA

Prace nad systemem telewizji kolorowej, rozpoczęły się w połowie lat 50. XX wieku w Stanach Zjednoczonych. Nowy system musiał spełniać następujące założenia:

- nie komplikować budowy odbiorników telewizji kolorowej, co mogłoby wpływać na koszt produkcji odbiornika telewizyjnego i zmniejszyć jego dostępność dla widza ze względu na cenę;
- posiadać możliwości odbioru programu telewizji nadawanego w kolorze na odbiornikach czarno-białych i odwrotnie;
- wykorzystywać dotychczasowe kanały częstotliwości do przesyłania sygnałów telewizji kolorowej, nie powodując zakłóceń w kanałach sąsiednich;
- jakość przesyłanego sygnału miała być wysoka i zaspakajać wymagania widza.

Najpopularniejsze systemy telewizji analogowej to NTSC i PAL. Mają one ze sobą wiele wspólnego. W zasadzie system PAL jest udoskonaloną modyfikacją systemu NTSC. Całkowity sygnał wizyjny jest na wielu etapach przetwarzania obrazu reprezentowany przez składowe: luminancję Y i dwa sygnały różnicowe koloru C_r oraz C_b , czyli tzw. sygnały chrominancji (rys. 10). Nie stosuje się przy transmisji i kompresji sygnałów RGB, gdyż każdy z nich jest sygnałem pełnej szerokości pasma. Sygnały różnicowe koloru mogą być natomiast ograniczone częstotliwościowo w stosunku do sygnału luminancji bez wpływu na jakość zrekonstruowanego obrazu barwnego. Próbkę chrominancji występują w strukturze linii (czyli w kierunku poziomym) dwukrotnie rzadziej niż elementy luminancji. Podobną zasadę można zastosować w kierunku pionowym, czyli umieszczać próbki chrominancji na co drugiej linii. Takie ograniczenie rozdzielczości w pionie nie wpływa zasadniczo na jakość obrazu kolorowego, natomiast istotnie redukuje strumień informacji o obrazie.



Rysunek 10. Obraz rozłożony na składowe: luminancja Y (obraz w skali szarości) i składowe chrominancji C_r i C_b (przenoszące informację o kolorze)

W systemie NTSC obraz jest składany z 525 linii na ramkę, przy częstotliwości odświeżania 59,94 Hz (jest to skutkiem stosowania w USA częstotliwości prądu przemiennego wynoszącej 60 Hz) i 29,97 ramkach na sekundę. Stosowany w Polsce standard telewizji kolorowej PAL bazuje na strukturze ramki obrazu zawierającej 625 linii i składającej się z dwóch pół półobrazów powtarzanych z częstotliwością 50 Hz. W standardzie PAL stosuje się strukturę wybierania linii określaną jako wybieranie kolejnoliniowe nieparzyste. Linie należące do kolejnego półobrazu są wyświetlane na ekranie pomiędzy liniami poprzedniego. Każda pełna ramka obrazu pojawia się wobec tego 25 razy na sekundę.

2.1 STANDARD TELEWIZJI KOLOROWEJ HDTV

HDTV (ang. *High Definition TV*) to telewizja wysokiej rozdzielczości. W potocznym znaczeniu jest określeniem sygnału telewizyjnego o rozdzielczości większej niż standardowa (PAL lub NTSC). Pierwsze publiczne instalacje analogowej telewizji w wysokiej rozdzielczości zostały uruchomione w Japonii, gdzie wciąż cieszą się dużą popularnością, mimo równoległej transmisji w systemie cyfrowym. Podczas gdy w USA telewizja wysokiej rozdzielczości stawiała się coraz popularniejsza, w Europie przez dłuższy czas nie była stosowana w publicznych przekazach. W końcu jednak w 2004 roku pojawiła się pierwsza stacja nadająca z europejskiego satelity Astra – euro1080. W Polsce pierwszym operatorem kablowym, który wprowadził usługę HDTV (w 2007 roku), były Multimedia Polska SA HDTV oferuje rozdzielczości:

- 720p – 1280×720 pikseli,
 - 1080i/1080p – 1920×1080 pikseli,
- gdzie „i” (ang. *interlaced*) oznacza obraz z przeplotem (na zmianę wyświetlane są linie parzyste i nieparzyste), po symbolu „i” czasem podawana jest liczba pół (półobrazów) na sekundę, np. 1080i60, natomiast „p” (ang. *progressive scan*) oznacza obraz bez przeplotu. Po symbolu „p” podawana jest czasem liczba klatek (pełnych obrazów) na sekundę, np. 720p60.

Przed przestaniem do użytkownika końcowego sygnał HDTV może być zakodowany na kilka sposobów, wśród których najczęściej stosuje się: MPEG-2, H.264/MPEG-4 AVC.

2.2 CYFROWA TELEWIZJA SYSTEMU DVB

DVB (ang. *Digital Video Broadcast*) to standard cyfrowej telewizji. Charakteryzuje się jakością obrazu i dźwięku porównywalną do zapisu DVD. Telewizja DVB umożliwia często interaktywny odbiór, np. włączenie napisów w różnych językach oraz przełączenia języka ścieżki audio. W standardzie DVB obraz i dźwięk są przesyłane w systemie MPEG-2, tak jak w DVD. Niedawno wprowadzono również kodowanie w MPEG-4 (H.264). Sygnał DVB może być przekazywany z nadajników naziemnych (DVB-T), satelity (DVB-S) i stacji telewizji kablowych (DVB-C). Podstawą tego systemu jest strumień transportowy (TS) zdefiniowany i opisany w normie międzynarodowej ISO/IEC 13818-1. TS składa się ze skompresowanych składowych wizji, fonii i danych oraz tablic (PSI) umożliwiających urządzeniu odbiorczemu odbiór wybranego programu telewizyjnego lub radiowego oraz danych. Standard DVB definiuje dodatkowe tablice (SI) umieszczone w strumieniu oraz parametry transmisji w zależności od typu kanału transmisyjnego.

3 POPRAWA JAKOŚCI OBRAZU

Technika cyfrowa umożliwia zastosowanie wielu metod poprawy jakości obrazu przekazów telewizyjnych. Najczęściej spotykane zniekształcenia wynikają z pojawienia się artefaktów (zniekształceń) procesu kompresji. Do innych zakłóceń zaliczamy między innymi: szumy, interferencje (przenikanie sygnałów luminancji i chrominancji), migotanie powierzchni i linii, zaburzenia synchronizacji. Eliminacja wymienionych zjawisk jest możliwa przy wykorzystaniu dwu- i trójwymiarowych filtrów cyfrowych, filtrów grzebieniowych, układów korekcji pod-

stawy czasu i stosowaniu odpowiednich technik (100 Hz, obraz bez przeplotu). Poprawie jakości sprzyja też sztuczne podnoszenie rozdzielczości w oparciu o technikę nadpróbkiowywania i interpolacji wartości pikseli.

3.1 ELIMINACJA MIGOTANIA

Eliminacja migotania – technika 100 Hz – polega na podwajaniu częstotliwości powtarzania półobrazów. Wprowadzenie w standardzie PAL wybierania międzyliniowego z częstotliwością powtarzania półobrazów (pola) 50 Hz miało w założeniu doprowadzić do zmniejszenia efektu migotania jasnych płaszczyzn na ekranie telewizora. Zjawisko migotania obrazu staje się szczególnie dokuczliwe przy przekątnych większych niż 29 cali. W odbiornikach stosuje się więc podwajanie częstotliwości powtarzania półobrazów, czyli technikę 100 Hz. Może być ona realizowana w różnych wariantach. Załóżmy, że mamy sekwencję wizyjną złożoną z półobrazów (pół) A i B wyświetlanych co 20 ms, składających się na całkowity obraz o rozdzielczości pionowej 576 linii. W wariacie AABB półobraz A zostaje wyświetlony dwa razy pod rząd co 10 ms, a następnie tak samo reprodukowany jest półobraz B. Takie rozwiązanie eliminuje migotanie dużych jasnych powierzchni ekranu, ale wprowadza często bardziej dokuczliwe zjawisko migotania linii i konturów w obrazie. Tej wady nie ma sposób odtwarzania ABAB, wymagający jednak większej pamięci, zdolnej przechować dwa półobrazy. Wariant ten powoduje jednak zniekształcenia w odtwarzaniu szybko poruszających się obiektów (efekt „rozdwajania”). Obecnie stosuje się interpolację treści półobrazów, polegającą na utworzeniu na podstawie przesyłanej informacji nowych półobrazów A' i B'. Algorytmy interpolacyjne tak wyliczają wartości nowych pikseli, aby w rezultacie doprowadzić do poprawnego odtwarzania ruchu przy niezauważalnym migotaniu. Treść wizyjna wyświetlana jest z częstotliwością 100 Hz w kolejności AA'BB'.

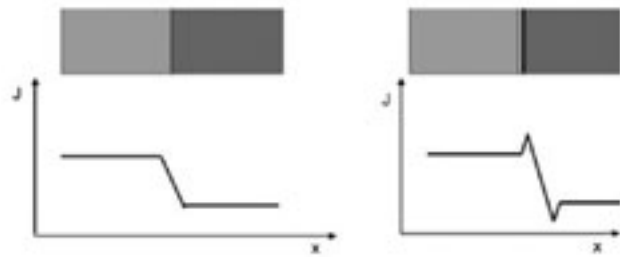
3.2 REDUKCJA ARTEFAKTÓW WYNIKAJĄCYCH Z KOMPRESJI

Stosowanie stratnej kompresji wprowadza do rekonstruowanego obrazu wiele zniekształceń zwanych **artefaktami**. Mogą one powodować wrażenie istotnego pogorszenia jakości. Za powstanie artefaktów odpowiada zwykle koder MPEG-2 stosowany po stronie nadawczej. Do typowych zjawisk należy tutaj efekt blokowy. Jest on charakterystyczny dla metod kompresji bazujących na przetwarzaniu bloków pikseli. W procesie kwantyzacji składowe stałe reprezentujące sąsiednie bloki mogą być zakodowane z różną precyzją, co powoduje później widoczne różnice w luminancji tła fragmentów obrazu. Na ekranie pojawia się wtedy charakterystyczna struktura siatki.

Innym artefaktem jest *mosquito noise*. Nazwa bierze się z faktu, że przypomina on chmurę komarów unoszących się nad obiektem w rytmie jego ruchów. Zjawisko wynika z tego, że w procesie kodowania MPEG-2 fragmenty obrazów odpowiadające wyższym częstotliwościom przestrzennym, a więc opisujące występujące w obrazie krawędzie, są kodowane z małą precyzją. Wspomniane artefakty są usuwane w układach filtrów cyfrowych. Zastosowanie prostych filtrów cyfrowych może jednak prowadzić do zmniejszenia wyrazistości obrazu lub innych efektów pogarszających jego subiektywną ocenę.

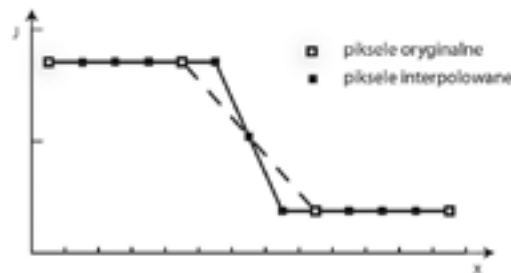
3.3 EKSPONOWANIE KONTURÓW OBRAZU

Poprawa ostrości konturów odbierana jest przez większość osób jako zwiększenie rozdzielczości. Już samo zwiększenie kontrastu, które powoduje większe różnice w jasności sąsiadujących fragmentów obrazu, potęguje wrażenie lepszej ostrości konturów. Jednak zwiększanie kontrastu w skali całego obrazu prowadzi do zatarcia się poziomów jasności w ciemnych i jasnych partiach obrazu. Stosuje się więc zabieg polegający na lokalnym powiększeniu kontrastu w bezpośrednim otoczeniu krawędzi (rys. 11). Efekt ten można osiągnąć stosując dwuwymiarowy cyfrowy filtr górnoprzepustowy. Uwypuklenie wysokich częstotliwości przestrzennych powoduje wzrost dostrzegalności drobnych szczegółów obrazu poprzez silniejsze zróżnicowanie jasności w otoczeniu konturów.



Rysunek 11.
Lokalne uwypuklenie konturów obrazu [źródło: 7]

Innym sposobem poprawy ostrości jest zwiększenie stromości zboczy sygnału wizyjnego (rys.12). Stosując technikę nadpróbkowywania można utworzyć zbiór nowych pikseli w taki sposób, aby zrekonstruowany sygnał charakteryzował się pasmem charakterystycznym dla telewizji HDTV.



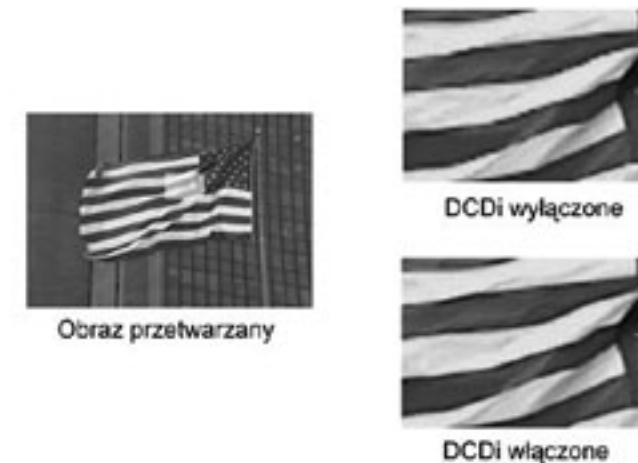
Rysunek 12.
Technika nadpróbkowywania

Do obliczenia wartości nowych pikseli są stosowane metody interpolacji. Proces **interpolacji** ma na celu utworzenie nowego, wcześniej nieistniejącego piksela na podstawie pikseli sąsiadujących z pikselem tworzonemu tak, aby był on jak najlepiej dopasowany optycznie do przetwarzanego obrazu. Dobierając właściwy algorytm interpolacji można osiągnąć efekt poprawy stromości zboczy bez zwiększania lokalnego kontrastu. Przejścia pomiędzy fragmentami odpowiadającymi różnej jasności będą wtedy „bardziej strome”. W stosunku do wcześniej przedstawionej metody zwiększania ostrości, ta technika nie wprowadza zniekształceń grzbietu sygnału przed i po zboczu. Wspomniany sposób poprawy ostrości wykorzystano w technologii D.I.S.T. stosowanej w niektórych odbiornikach HDTV, do zwiększenia rozdzielczości obrazu wizyjnego.

3.4 ALGORYTMY POPRAWY JAKOŚCI OBRAZU

Technologia D.I.S.T. (ang. *Digital Image Scaling Technology*) opracowana została przez firmę JVC. Umożliwia ona redukcję migotania przy jednoczesnej poprawie rozdzielczości obrazu. Obraz przekazywany w konwencjonalnym 625-liniowym standardzie PAL z przeplotem zostaje na wstępie przetworzony do trybu progresywnego (czyli obraz jest wyświetlany bez przeplotu). Odbywa się to na drodze trójwymiarowej interpolacji wartości pikseli z linii półobrazów parzystego i nieparzystego, z wykorzystaniem relacji czasowych i przestrzennych między nimi. Specjalny algorytm interpolacji umożliwia uzyskanie wysokiej rozdzielczości w kierunku pionowym i podwojenie liczby linii w ramce do 1250. Sygnał wizyjny jest następnie formowany poprzez ekstrakcję 3 pól o częstotliwości 75 Hz z dwóch ramek 50 Hz i podawany na wyjście układu DIST w trybie wybierania międzyliniowego 1250/75 Hz. Zwiększenie częstotliwości wyświetlania półobrazów przyczynia się w tym przypadku do ograniczenia efektu migotania.

Redukcję zniekształceń krawędzi i linii umożliwia **technologia DCDi** (ang. *Directional Correlation De-interlacing*) firmy Faroudja. W konwencjonalnej telewizji nieraz dostrzegalne są zniekształcenia polegające na poszarpaniu ukośnych linii lub konturów. Wrażenie to jest spotęgowane przy sekwencjach odtwarzanych w zwolnionym tempie (np. powtórka finisu biegu – linie bieżni). Jednym z układów redukujących tego typu zniekształcenia jest DCDi. Ta technologia jest również wykorzystywana przez nadawców w USA do konwersji standardu NTSC do telewizji wysokiej rozdzielczości HDTV. Algorytm zaimplementowany w DCDi polega na „inteligentnej” interpolacji pikseli w zależności od charakteru ruchu obiektu w analizowanej scenie i kąta nachylenia konturów. Mechanizm interpolacji przebiega dzięki temu wzdłuż krawędzi nie dopuszczając do efektu ich poszarpania lub schodkowania, przy jednoczesnym zachowaniu ostrości i wierności oddania barw w miejscu przejść między kolorami.



Rysunek 13.
Ilustracja działania DCDi [źródło: http://www.gnss.com/tch_dcdi_overview.phtml]

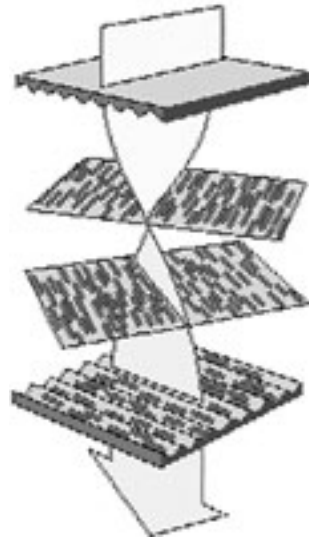
Na rysunku 13 przedstawiono zastosowanie technologii DCDi do poprawy jakości obrazu. Z lewej strony znajduje się obraz flagi łopoczącej na wietrze nadawany przez zwykłą telewizję. Jest to trudny obraz to wierne odtworzenie w konwencjonalnej telewizji. Po prawej stronie przedstawiono powiększenia tego obrazu. W przypadku górnego obrazu filtry DCDi są wyłączone. Widać wyraźne poszarpanie krawędzi linii. W przypadku dolnego zaś DCDi jest włączona. Postrzępienie linii zniknęło, także połączenie obszarów czerwonych i białych jest bardziej naturalne.

4 WYŚWIETLACZE LCD

Ciekłe kryształy zostały wynalezione w XIX wieku przez austriackiego botanika Friedricha Reinitzera. Termin „ciekły kryształ” rozpropagował niemiecki fizyk Otto Lehmann. Ciekłe kryształy to substancje prawie przezroczyste, mające właściwości charakteryzujące zarówno ciała stałe, jak i ciecze. Światło przechodzące przez ciekłe kryształy podlega za ułożeniem tworzących je molekuł. W 1960 roku odkryto, że pobudzenie napięciem elektrycznym ciekłych kryształów zmienia położenie tych molekuł, a co za tym idzie – sposób przenikania przez nie światła. W roku 1969 James Fergason odkrył efekt skręconego nematyka (ang. *twisted nematic* – TN). Było to odkrycie o fundamentalnym znaczeniu, ponieważ wyświetlacze LCD wykorzystują właśnie to zjawisko.

Panele LCD świecą dzięki zastosowaniu specjalnych lamp z tzw. zimną katodą. Charakteryzują się one bardzo dużą wydajnością przy jednoczesnym niewielkim zużyciu energii. Użycie filtra polaryzującego światło powoduje

polaryzację przechodzącej przez niego wiązki światła. Polaryzacja światła zależy od orientacji wektora jego pola elektrycznego. W uproszczeniu światło to fala elektromagnetyczna. Wektory pola elektrycznego i magnetycznego są prostopadłe do kierunku fali ruchu. Lampa emituje niespolaryzowane światło, więc pole elektryczne może poruszać się w dowolnym kierunku prostopadłym do osi propagacji światła. Gdy światło przechodzi przez polaryzator, to wychodząc po drugiej stronie ma wektor pola elektrycznego skierowany w znanym kierunku (np. pionowym). Światło nie może jednak przejść przez drugi polaryzator, prostopadły do pierwszego (w tym wypadku poziomy). Ale jeżeli między dwoma polaryzatorami umieści się ciekły kryształ, to zmienia on polaryzację światła na pasującą do drugiego polaryzatora i wtedy jest ono przepuszczane przez cały układ.



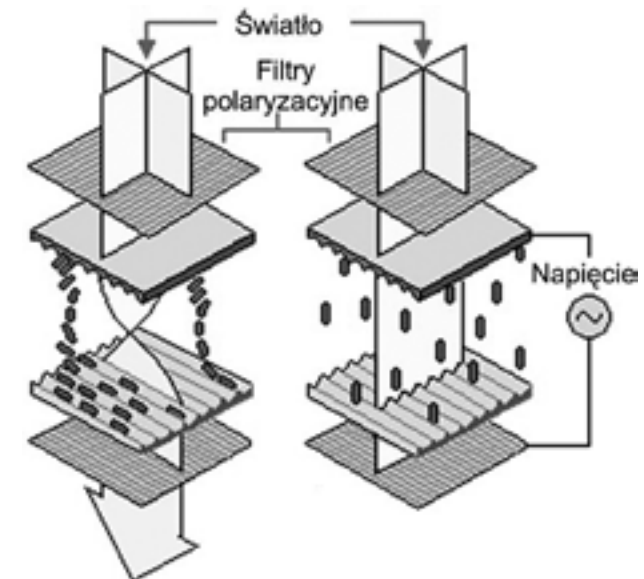
Rysunek 14.

Zasada działania wyświetlacza LCD w technologii TN [źródło: <http://www.pctechguide.com/flat-panel-displays/liquid-crystal-light-polarisation-in-lcd-monitors>]

W technologii TN ekran LCD składa się z dwóch warstw ciekłych kryształów umieszczonych pomiędzy dwiema odpowiednio wyprofilowanymi powierzchniami (rys. 14), z których jedna jest ustawiona najczęściej pod kątem 90° wobec drugiej (stąd w nazwie skręcenie – *twisted*). Molekuły znajdujące się między nimi muszą się przemieścić o 90°, podobnie jak światło podążające za ich położeniem. Wystarczy jednak przyłożyć do ciekłych kryształów napięcie elektryczne, a molekuły zaczną się przemieszczać pionowo, powodując przejście światła bez zmiany położenia o 90° (rys. 15). Technologia TN jest najczęściej stosowana w niedrogich modelach monitorów komputerowych o niewielkich przekątnych obrazu – 15, 17 cali. Matryce tego typu nie najlepiej reprodukuje barwy, mają jednak również mocne strony. Gwarantują na przykład krótki czas reakcji – w najnowszych modelach 4 ms. Największą wadą matryc TN jest stosunkowo wąski kąt widzenia, 120 – 140 stopni w obu płaszczyznach. Panele tego typu nie nadają się do zastosowań profesjonalnych (pracy z grafiką), jednak z racji niskiej ceny i wspomnianego krótkiego czasu reakcji dobrze sprawdzą się podczas oglądania dynamicznych materiałów wideo.

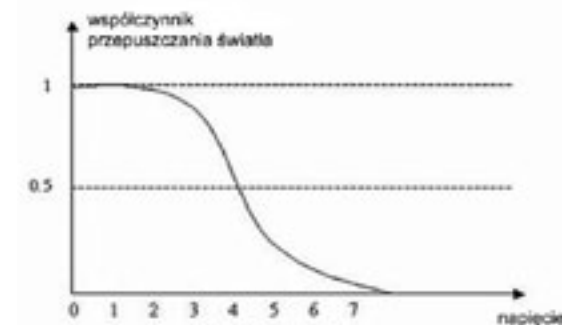
Jedną z wad paneli ciekłokrystalicznych jest gorsze odwzorowanie barw w stosunku do monitorów CRT. Ma to szczególnie znaczenie przy profesjonalnej obróbce zdjęć, zwłaszcza gdy wyniki naszej pracy mają trafić do drukarni. Normalny obserwator odróżni od 300 tysięcy do 1 miliona barw natomiast przy pomocy techniki cyfrowej można na monitorze komputera przedstawić obraz w modelu RGB, mający dokładność 24 bitów (3 kanały x 8 bitów). Każdy kanał barwy R, G, B jest opisany liczbą 8 bitową, dzięki czemu można uzyskać w każdym kanale 256 poziomów jasności. Kombinacja 256 poziomów koloru czerwonego, zielonego i niebie-

skiego definiuje przeszło 16 milionów kolorów. Różnicując napięcie na końcówkach ciekłego kryształu można modulować stopień zamknięcia przetwornika, aby uzyskać stany pośrednie (rys. 16). Niestety w technologii TN można w ten sposób uzyskać jedynie rozdzielczość ok. 6 bitów (8 bitów w technologii CRT). Pozostałe, brakujące barwy są zazwyczaj uzyskiwane na zasadzie interpolacji z lepszym lub gorszym skutkiem.



Rysunek 15.

Napięcie powoduje zmianę położenia molekuł ciekłego kryształu [źródło: <http://www.pctechguide.com/flat-panel-displays/liquid-crystal-light-polarisation-in-lcd-monitors>]



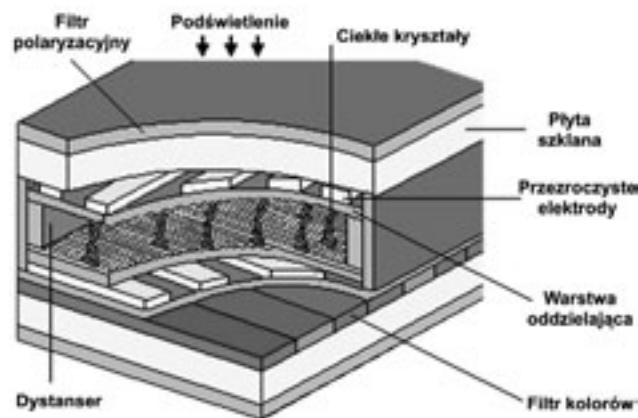
Rysunek 16.

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

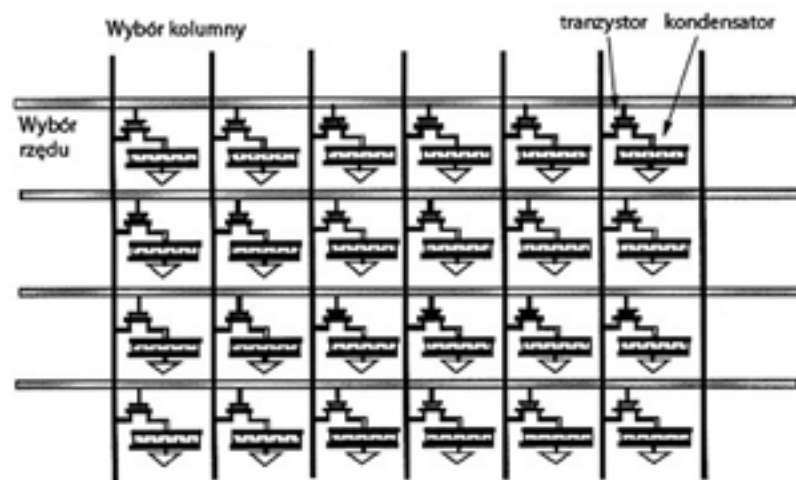
W **matrycach pasywnych** (rys. 17) ciekłe kryształy są adresowane poprzez ładunki lokalne, przy czym nic nie powstrzymuje ładunków elektrycznych przed rozprzyskaniem się na boki i wpływaniem na położenie molekuł kryształów sąsiednich. Adresowanie, czyli określenie piksela, który ma być w danej chwili wysterowany, realizowane jest przy użyciu dwóch krzyżujących się elektrod. Elektroda przednia jest wspólna dla całej kolumny i przewodzi prąd, natomiast tylna elektroda, wspólna dla całego rzędu, służy jako uziemienie. Czas reakcji matrycy musi być bardzo długi, nawet kilkaset milisekund, gdyż ciekły kryształ musi zachować orientację molekuł

do następnego zaadresowania. Nic nie podtrzymuje orientacji molekuł, stąd powoli wracają one do położenia pierwotnego. Matryce pasywne charakteryzują się rozmytym obrazem oraz smugami i cieniami ciągnącymi się za obiektami w ruchu.

Matryce aktywne mają podobną budowę do matryc pasywnych. Podstawową różnicę stanowi warstwa tranzystorów cienkowarstwowych (ang. *thin film transistor* – TFT). Poprzez te tranzystory sterowane są kondensatory, które gromadzą i utrzymują ładunki elektryczne, zapobiegając ich rozptyłowaniu się na inne piksele (rys. 18). Tranzystor powiązany jest tylko z jedną komórką ciekłego kryształu, dzięki czemu nie ma smużenia ani rozmycia obrazu. Jeśli do elektrod przyłożymy napięcie, to spowodujemy, że cząsteczki ciekłych kryształów zmienią położenie i zostaną skrzyżkowane. Zapisany ładunek pozostaje na kondensatorze i dzięki temu na końcówkach kryształów nadal jest napięcie, nawet gdy linia adresuje inny piksel. Nie powróci on więc do stanu początkowego, co miało miejsce w przypadku matryc pasywnych. Czas zapisu ładunku do kondensatora jest o wiele krótszy niż czas obrotu kryształu, co oznacza, że dane mogą być zapisane, a kolejny piksel zaadresowany jest natychmiast, bez opóźnień. Obecnie stosuje się praktycznie wyłącznie matryce aktywne.

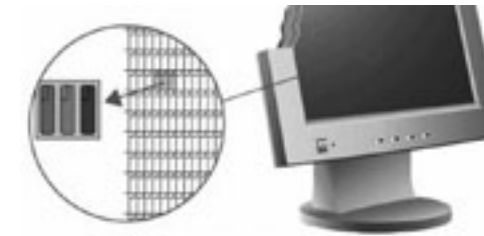


Rysunek 17. Budowa matrycy pasywnej [źródło: <http://www.pctechguide.com/flat-panel-displays>]



Rysunek 18. Budowa matrycy aktywnej [źródło: http://www.wtec.org/loyola/dsply_jp/c5_s2.htm]

Specjalne filtry nadają kolor poszczególnym subpikselom ulokowanym na przedniej warstwie szkła (rys. 19). Trzy subpiksele, każdy w kolorze czerwonym, zielonym oraz niebieskim, formują piksel. Różne kombinacje kolorystyczne subpikseli dają obraz oraz kolor na ekranie.

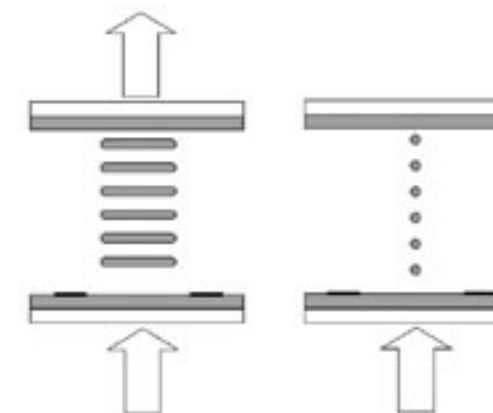


Rysunek 19. Sposób nakładania filtrów barwnych [źródło: 3]

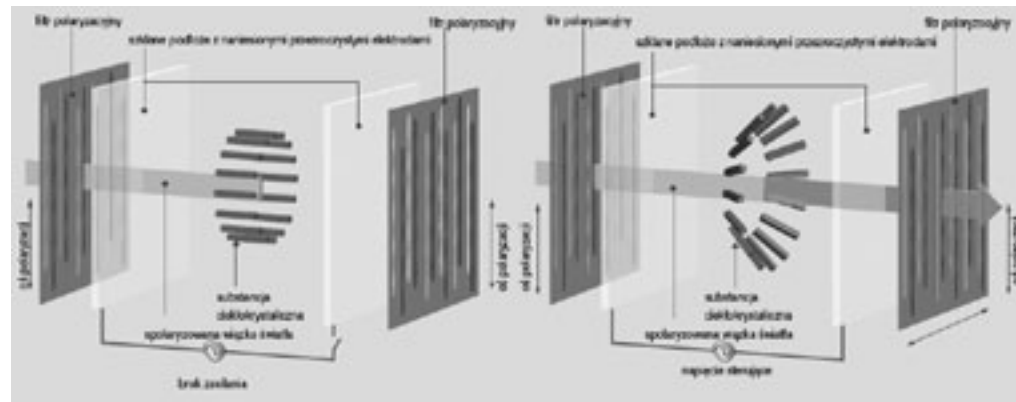
Oprócz omawianej wcześniej technologii TN wytwarzania wyświetlaczy LCD istnieją jeszcze dwie alternatywy: IPS, MVA.

Technologia **IPS, S-IPS** (ang. *In-Plane Switching*) została zaprojektowana w 1995 roku przez firmę Hitachi. Tym, co różni wyświetlacze IPS od wykonanych w technologii TN jest równoległe do powierzchni ułożenie molekuł ciekłych kryształów. Przy użyciu technologii IPS osiągnięty jest doskonały kąt widzenia, aż do 170°, jaki znamy z normalnych monitorów (CRT). Jednakże jest też minus: z powodu równoległego ułożenia ciekłych kryształów, elektrody nie mogą być umieszczone na obydwu szklanych powierzchniach jak w wyświetlaczu TN. Zamiast tego, muszą być zainstalowane w kształcie grzebienia na dolnej, niższej powierzchni szklanej. Prowadzi to ostatecznie do redukcji kontrastu i dlatego wymagane jest silniejsze tylne podświetlenie dla podniesienia jasności obrazu. Obecnie S-IPS ma zalety matryc VA (ładne kolory, szerokie kąty widzenia) oraz TN (szybkość działania).

Na rysunku 20 z lewej strony przedstawiono stan, w którym piksel wyświetlacza jest jasny (stan włączenia). Po przyłożeniu napięcia molekuly kryształu zaczynają się obracać o 90° pozostając w pozycji równoległej do siebie i do powierzchni wyświetlacza. Takie ułożenie molekuł ciekłego kryształu powoduje, że światło jest blokowane.



Rysunek 20. Sposób ułożenia molekuł ciekłego kryształu w technologii IPS

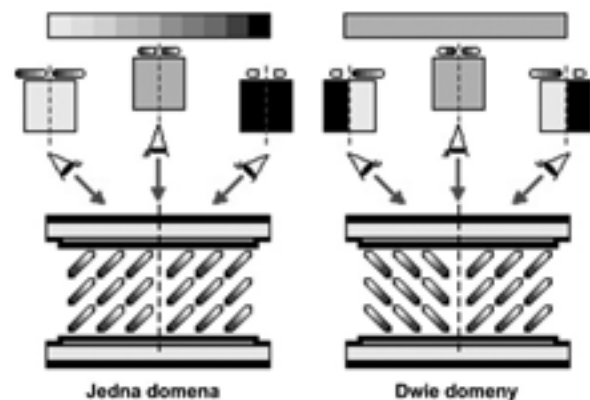


Rysunek 21.

Budowa wyświetlaczy LCD wykonanych w technologii MVA [źródło: 3]

MVA, PVA, WVA to matryce uznawane za najlepiej odwzorowujące barwy. W popularnych matrycach TN ułożenie ciekłych kryształów będących w stanie pobudzenia jest nieuporządkowane, natomiast w przypadku tych technologii – wielokierunkowe, dzięki czemu obraz jest spójny, o mniej widocznej strukturze pikseli (rys. 21). Technologię PVA opracowała firma Samsung, natomiast MVA i WVA opatentowali inni znaczący producenci matryc LCD – Fujitsu i CMO. Zasada działania „trzech technologii VA” jest praktycznie taka sama, a różnice w nazewnictwie są spowodowane kwestiami praw patentowych. Panele tego typu mają bardzo szerokie kąty widzenia, minimum 170 stopni w obu płaszczyznach. Niestety mają też jedną poważną wadę – długi czas reakcji. Najszybsze modele MVA mają czas reakcji rzędu 25 ms, co sprawia, że podczas wyświetlania szybko przemieszczających się po ekranie obiektów można zauważyć smużenie.

Na rysunku 22 przedstawiono zasadę działania matrycy MVA. W tym przypadku zastosowane są tylko dwie domeny, w praktyce muszą być co najmniej cztery. Światło dochodzi do obserwatora w momencie kiedy molekuly ciekłego kryształu są ułożone prostopadłe do kierunku obserwacji, a zatrzymywane jest w przypadku równoległego ułożenia molekuł. W położeniach pośrednich przepuszczana jest tylko część światła. W przypadku jednej domeny (rys. 22 po lewej) obserwator, przechodząc z lewej strony na prawą, widzi stopniowy zanik świecenia pikseli. W przypadku zastosowania dwóch domen (rys. 22 po prawej) z lewej strony jedna domena przepuszcza światło, druga natomiast je blokuje, z prawej strony jest odwrotnie. Gdy obserwator patrzy na wprost, obie domeny przepuszczają tylko część światła. Ponieważ piksele są bardzo małe, oko i mózg ludzki uśredniają czarno-białe pola z lewej i prawej strony do koloru szarego. Obserwator w tym przypadku widzi jednolity szary kolor w bardzo szerokim zakresie kątów widzenia.



Rysunek 22.

Zasada działania matryc MVA [źródło: <http://www.pctechguide.com/flat-panel-displays/mva-multi-domain-vertical-alignment-in-lcd-monitors>]

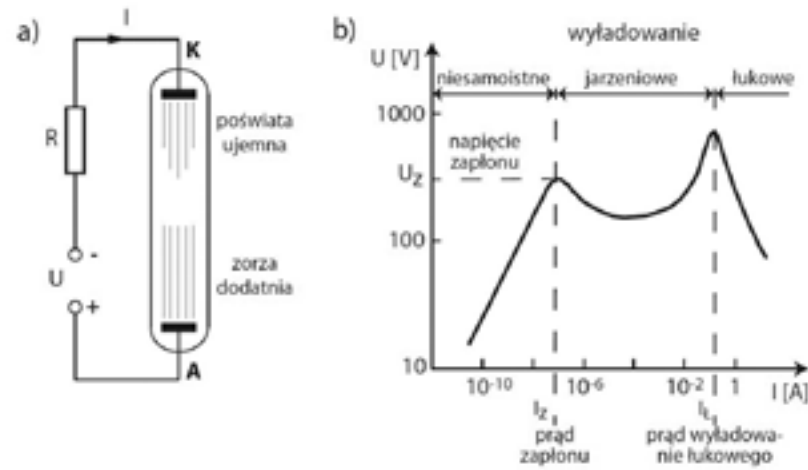
Podstawowe parametry charakteryzujące monitory ciekłokrystaliczne:

- **Rozdzielczość** – monitor LCD w przeciwieństwie do modeli CRT pracuje z maksymalną jakością tylko w rozdzielczości rzeczywistej (natywnej). Oczywiście prezentacja obrazu z inną rozdzielczością jest możliwa, jednak wtedy mamy do wyboru dwa sposoby oglądania obrazu – wyświetlany na fragmencie matrycy odpowiadającej danej rozdzielczości (np. 640x480 na panelu o rzeczywistej rozdzielczości 1024x768) lub prezentowany na całej powierzchni ekranu przy użyciu algorytmów interpolowania.
- **Częstotliwość odświeżania obrazu** w monitorach LCD – bezwładność monitorów ciekłokrystalicznych jest znacznie większa niż monitorów CRT. Każdy piksel matrycy LCD jest aktywowany oddzielnie i znajduje się w stanie włączonym albo wyłączonym. Obraz na monitorze LCD nie migocze, nie ma więc potrzeby niwelowania efektu migotania przez zwiększanie częstotliwości odświeżania. Częstotliwość odświeżania monitorów LCD dobiera się tak, aby zapewnić płynne zmiany obrazu przy animacji. Do tego celu w zupełności wystarczy odświeżanie z częstotliwością 60 Hz i z taką częstotliwością pracuje większość monitorów LCD.
- **Czas reakcji** – producenci prezentują wyniki czasu reakcji piksela przy przejściu trzech subpikseli (zielony, czerwony, niebieski) od koloru czarnego do białego i odwrotnie. Suma czasów zapalania i gaszenia piksela składa się na czas końcowy, podawany w milisekundach (ms). Warto jednak zauważyć, że takie przedstawienie sprawy nie w pełni informuje, jak monitor będzie funkcjonował w praktyce. Rzeczywisty czas reakcji będzie taki jak czas przejścia najwolniejszego z subpikseli, których kombinacje tworzą poszczególne kolory.
- **Kąty widzenia** – producenci paneli mierzą wielkość kątów widzenia poprzez utratę jakości obrazu. Moment, w którym następuje zbyt duża utrata jasności i kontrastu obrazu w porównaniu do wyjściowej, staje się kątem granicznym. Do mierzenia jakości kontrastu w monitorach LCD używa się współczynnika CR (ang. *contrast ratio*). W przeszłości kąty widzenia w monitorach LCD były bardzo małe, uniemożliwiając pracę więcej niż jednej osobie na monitorze. Po wprowadzeniu do masowej produkcji paneli w technologiach IPS oraz MVA, problem ten częściowo zniknął.

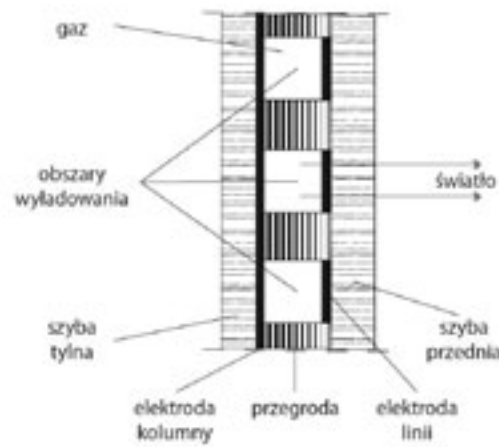
5 EKRANY PLAZMOWE

Ekran plazmowy należy do grupy przetworników z wyświetlaniem aktywnym, wykorzystujących do wyświetlania zjawisko wyładowania jarzeniowego w plazmie. Istota tego zjawiska polega na emisji światła przez zjonizowany gaz o małym ciśnieniu (rzędu 1 hPa) wskutek przepływu przez gaz prądu elektrycznego. Świecenie gazu jest wywołane zderzeniami jonów, początkowo samoistnie występujących, przyspieszanych w polu elektrycznym występującym pomiędzy dwiema elektrodami wyładowczymi spolaryzowanymi napięciem U. Dla małych napięć U (rys. 23) świecenie jest słabe, prawie niedostrzegalne. W miarę wzrostu napięcia U liczba jonów rośnie, co powoduje, że świecenie jest coraz intensywniejsze. Po przekroczeniu pewnego napięcia progowego U_z , zwanego napięciem zapłonu, cały gaz w obszarze pomiędzy elektrodami wyładowczymi jest zjonizowany – czyli tworzy tzw. plazmę (stąd nazwa przetwornika) – i świeci równomiernym światłem. Barwa wyładowania jarzeniowego zależy od rodzaju zastosowanego gazu.

Na rysunku 24 przedstawiono zasadę konstrukcji najprostszego plazmowego wyświetlacza obrazów wykorzystującego opisane wyżej zjawisko fizyczne. Dwa zestawy elektrod ułożone prostopadłe względem siebie są naniesione na wewnętrzne powierzchnie szklanych płyt, tworzących obudowę przetwornika, pomiędzy którymi znajduje się rozrzedzony gaz.



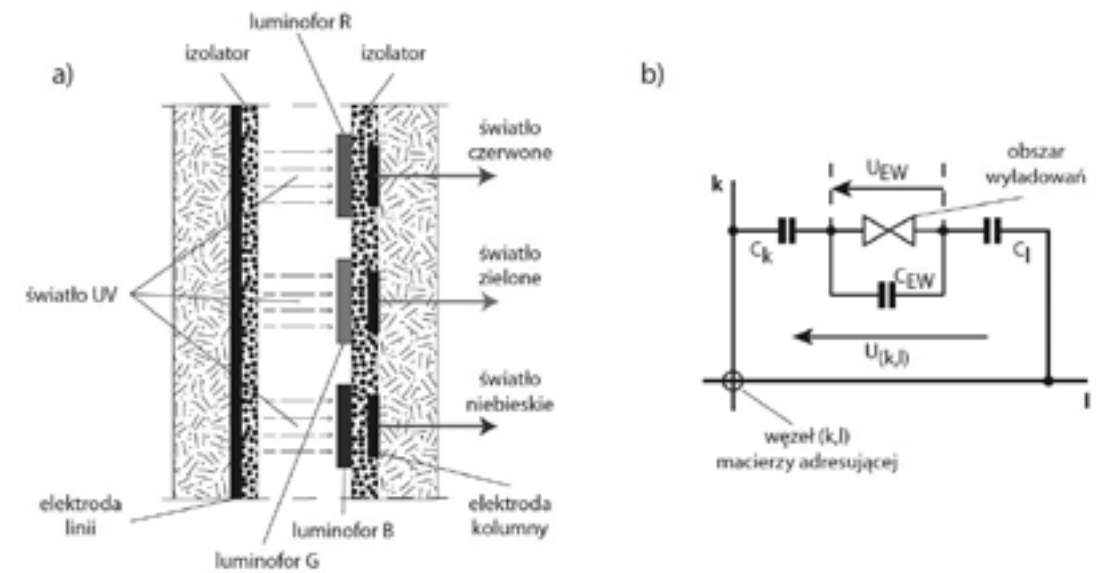
Rysunek 23. Zjawisko wyładowania jarzeniowego w plazmie



Rysunek 24. Konstrukcja stałoprądowego wyświetlacza plazmowego

Adresowanie ekranu polega na dołączeniu do adresujących elektrod, poprzez rezystor ograniczający prąd wyładowania, napięcia stałego większego od napięcia zapłonu. Wówczas w obszarze przestrzennego skrzyżowania adresowanej linii i adresowanej kolumny powstają warunki dla „zapłonu” i z węzła zostanie wyemitowane światło. Dla zapobieżenia rozprzestrzeniania się wyładowania do sąsiednich węzłów są one od siebie odseparowane przegrodą. Opisane wyżej rozwiązanie od sposobu sterowania jest nazywane **stałoprądowym ekranem** (wyświetlaczem) plazmowym (DC PDP). Nie jest to rozwiązanie dogodne. Istotnymi jego wadami są: bezpośredni styk elektrod sterujących ze świecącym gazem, co powoduje ich stopniowe zniszczenie, konieczność stosowania rezystorów ograniczających prąd wyładowania, a także poważne trudności z wykonaniem przegrody.

Wad stałoprądowych wyświetlaczy plazmowych nie ma **przemiennoprądowy wyświetlacz** plazmowy. Istota modyfikacji wobec ekranów DC PDP polega na odizolowaniu elektrod adresujących od gazu. Zapobiega to z jednej strony ich niszczeniu przez jony, z drugiej powoduje wtrącenie do obwodu wyładowania dwóch kondensatorów: C_k i C_l , tworzonych przez elektrody, izolator i obszar wyładowania (rys. 25).



Rysunek 25. Konstrukcja przmiennoprądowego wyświetlacza plazmowego

Jeżeli przyjąć, że w chwili początkowej oba te kondensatory nie są naładowane, to po zaadresowaniu węzła napięciem $U(k, l) > U_Z$ (U_Z – napięcie zapłonu) cały potencjał węzła odłoży się na obszarze wyładowania U_{EW} , co spowoduje jego zaświecenie i przepływ w obwodzie wyładowania krótkiego impulsu prądowego, wykładniczo malejącego, ładującego kondensatory C_k i C_l do napięcia $U_Z/2$. Po naładowaniu kondensatorów C_k i C_l prąd w obwodzie wyładowania osiągnie wartość zerową, a obszar wyładowania – po wygenerowaniu krótkiego „błysku” (impulsu świetlnego) – przestanie świecić. Czas trwania błysku jest na tyle krótki, że wyładowanie jarzeniowe nie zdąży rozszerzyć się poza obszar adresowanego węzła, co eliminuje konieczność stosowania trudnej do wykonania przegrody izolacyjnej. Ponadto małe pojemności kondensatorów C_k i C_l ograniczają maksymalny ładunek, jaki może przepłynąć w obwodzie wyładowania, a w konsekwencji także maksymalną wartość prądu wyładowania, co czyni zbytecznym rezystor ograniczający ten prąd. Uzyskiwany impuls świetlny jest zbyt krótki i za słaby, ze względu na małe pojemności kondensatorów C_k i C_l . Problem ten można rozwiązać, zmieniając bezpośrednio po wygenerowaniu błysku polaryzację napięcia $U(k, l)$ na przeciwną. Napięcie to doda się do napięć stałych na kondensatorach C_k i C_l , dzięki czemu łączny spadek napięcia na obszarze wyładowania U_{EW} znów przekroczy wartość napięcia zapłonu U_Z i element EW ponownie zacznie świecić do czasu przeładowania kondensatorów C_k i C_l , generując kolejny błysk.

Zmieniając periodycznie polaryzację $U(k, l)$ z dostatecznie dużą częstotliwością, przez podanie do węzła napięcia przmiennego o częstotliwości rzędu kilkuset kHz i wartości międzyszczytowej równej $2U_Z$, uzyskuje się ciągłą generację impulsów świetlnych z elementu wyświetlającego, którą oko – ze względu na częstotliwość powtarzania błysków, rzędu kilkudziesięciu kHz – odbiera jako ciągłe świecenie. Zmieniając czas dołączenia napięcia przmiennego do węzła można generować „pakiety błysków” o zmiennej długości, sterując w ten sposób jasnością świecenia piksela. Od charakterystycznego sposobu pobudzenia obszaru wyładowczego do świecenia wyświetlacze stosujące opisaną wyżej zasadę wyświetlania noszą nazwę przmiennoprądowych ekranów plazmowych AC PDP. Do tej grupy rozwiązań zaliczają się wszystkie ekrany plazmowe, dostępne obecnie na rynku.



Rysunek 26.
Konstrukcja pojedynczego piksela wyświetlacza plazmowego

Rysunek 26 ilustruje sposób uzyskiwania obrazów wielobarwnych przez ekrany plazmowe AC PDP. Wnętrze wyświetlacza wypełnione jest gazem lub mieszaniną gazów, świecących podczas wyładowania jarzeniowego światłem nadfioletowym (UV), które pobudza do świecenia paski luminoforów naniesione od wnętrza bańki. Umieszczenie luminoforów na ścieżce wyładowania powodowałoby ich niszczenie (wypalanie) przez jony świecącego gazu. Zjawisko to eliminuje stosowana w obecnie oferowanych rozwiązaniach wielobarwnych wyświetlaczy plazmowych typu AC PDP konstrukcja piksela ich ekranu. Elektrody wyładowcze kolumn i linii są tu umiejscowione obok siebie na przedniej szybie piksela, a luminofor rozmieszczony na jego przeciwnej ścianie. Przepływ prądu wyładowania (jonów mieszaniny gazów) odbywa się pomiędzy elektrodami wyładowczymi w dużej odległości od luminoforu, do którego dociera jedynie promieniowanie UV emitowane przez świecącą plazmę.

LITERATURA

1. Adobe Premiere Elements. Domowe studio wideo, praca zbiorowa, Helion, Gliwice 2007
2. Beach A., Kompresja dźwięku i obrazu wideo, Helion, Gliwice 2009
3. Bieńkowski M., Ciekłokrystaliczne obrazy, „CHIP” czerwiec 2001
4. Danowski B., Komputerowy montaż wideo. Ćwiczenia praktyczne, Helion, Gliwice 2006
5. Nasiłowski D., Jakościowe aspekty kompresji obrazu i dźwięku. Poglądowo o DivX, Mikom, Warszawa 2004
6. Ozer J., Tworzenie filmów w Windows XP. Projekty, Helion, Gliwice 2005
7. Rak R., Skarbek W. (red.), Wstęp do inżynierii multimedialnych, Politechnika Warszawska, Warszawa 2004
8. Zieliński T.P., Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań, WKiŁ, Warszawa 2005