

## 10. Kamera web cam

### I. *Kamera internetowa*

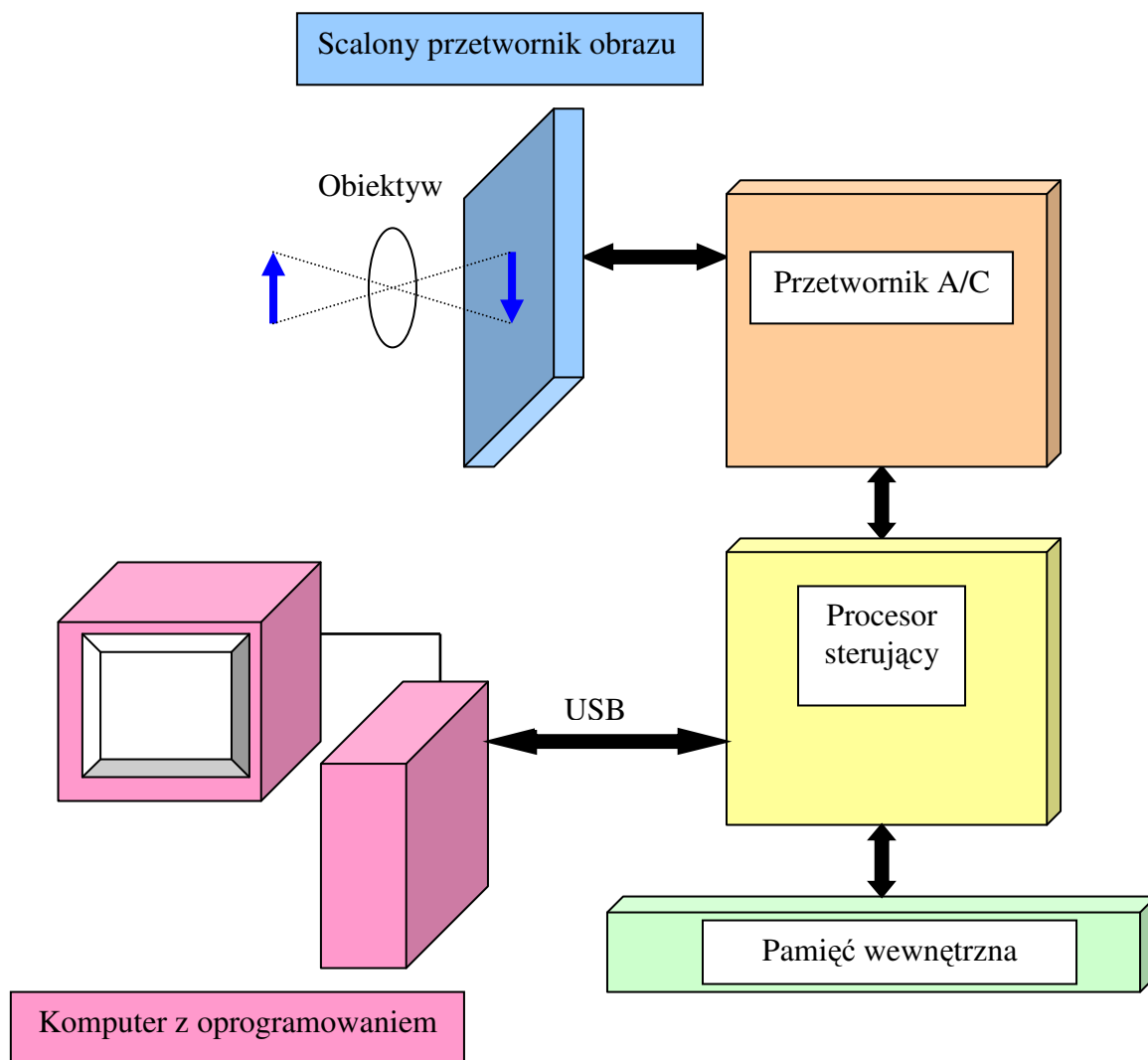
Urządzeniem, które przyczyniło się do rozszerzenia możliwości Internetu, jeśli chodzi o komunikację, niewątpliwie jest kamera internetowa. Szybki rozwój techniki spowodował, że urządzenia przetwarzające obraz do postaci cyfrowej przestały być domeną dużych firm oraz bogatych użytkowników i stały się dostępne praktycznie dla każdego. Kamera internetowa umożliwiła przesyłanie obrazu przez Internet. Ta możliwość spowodowała, że sieć stała się jeszcze bardziej atrakcyjnym środkiem komunikacji. Rozmowy umożliwiające przekaz obrazu są tym, do czego zawsze dążono. Publikacje różnych wydarzeń przed szerokie grono obserwatorów przy pomocy Internetu oraz wideokonferencje stały się bardzo powszechne. Ale kamera podłączona do Internetu może być wykorzystana do bardziej profesjonalnych zastosowań. Obecnie najnowsze systemy alarmowe umożliwiają wykrycie przy pomocy kamery niepożądanego zdarzenia oraz powiadomienie policji przy pomocy Internetu. Transmitowanie przebiegu poważnych operacji medycznych w odległe miejsca staje się coraz bardziej popularne. Co więcej przy pomocy kamery oraz Internetu przeprowadzono operację, podczas której chirurg znajdował się w zupełnie innym miejscu niż pacjent. Obraz z sali operacyjnej transmitowany był do miejsca, gdzie chirurg przy pomocy manipulatora wysyłającego informacje przez Internet, sterował robotem wykonującym operację. Jak widać zastosowanie kamery oraz Internetu ma nieograniczone zastosowanie. Jedynym problemem może być tutaj opóźnienie w przesyłaniu informacji.

### 10.1. Ogólna zasada działania.

Szybki rozwój technologii mikrosystemów spowodował, że urządzenia takie jak kamery internetowe, wykorzystujące scalone przetworniki obrazu, stały się dostępne praktycznie dla każdego. Przy pomocy kamery internetowej oraz komputera klasy PC każdy może wykonać cyfrowe zdjęcie, nagrać amatorski film, przeprowadzić wideokonferencję itp. Jeszcze niedawno takie rzeczy były dostępne tylko dla firm lub bogatych użytkowników.

Kamera cyfrowa jest urządzeniem, które przekształca filmowany obraz do postaci sygnału cyfrowego, łatwego do obrobienia i przesyłania. Poniżej przedstawiono ogólny schemat blokowy kamery internetowej wraz z podłączeniem do komputera (rys.10.1).

Przy pomocy obiektywu filmowany obraz rzutowany jest na scalony przetwornik obrazu (najczęściej CMOS), który wytwarza jego elektroniczną kopię. Elektroniczny obraz przesuwany jest za pomocą rejestrów przesuwanych do przetwornika analogowo – cyfrowego. Procesor obrabia sygnał z przetwornika A/C i przesyła obraz z kamery w postaci cyfrowej do komputera (najczęściej przy pomocy standardu USB). Odpowiednie sterowniki i oprogramowanie pozwalają na przetwarzanie obrazu. Filmowana scena może być wyświetlana na ekranie, zapamiętana w postaci zdjęcia lub sekwencji filmowej na dysku twardym, przesyłana do internetu itp. Jeżeli kamera posiada możliwość autonomicznej pracy to obrazy z kamery mogą być zapisywane w wewnętrznej pamięci.



Rysunek 10.1 Schemat blokowy kamery z podłączeniem do komputera

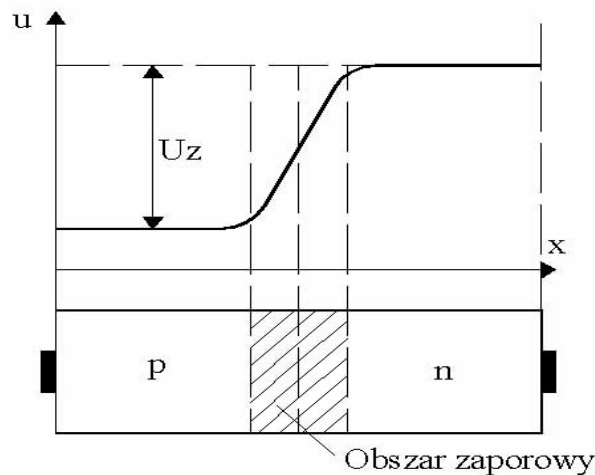
## 10.2. Scalone analizatory obrazu.

*Zasada działania scalonych przetworników obrazu.*

Od kilkunastu lat obserwujemy duży wzrost popularności urządzeń wykorzystujących scalone analizatory obrazu. Właśnie takie scalone przetworniki obrazu wykorzystywane są w cyfrowych aparatach fotograficznych jak i w kamerach internetowych. Urządzeniem, które zamienia filmowaną scenę na jej elektroniczną kopię jest sensor CCD (Charge Coupled Devices) lub CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Te dwa typy sensorów różnią się od siebie, jednak przy opisie zasady działania nie ma to większego znaczenia. Zasada działania scalonego przetwornika obrazu wyjaśniono na podstawie przetwornika CCD, lecz praktycznie wszystko o czym będzie mowa odnosi się również do sensora CMOS.

Scalone analizatory obrazu wykorzystują do przetwarzania efekt fotoelektryczny wewnętrzny. Fotony padając na materiał światłoczuły uwalniają w nim elektrony (fotonośniki). Ilość uwolnionych elektronów zależy od natężenia oświetlenia (ilości fotonów) padającego na element światłoczuły. Wytworzone w strukturze fotonośniki są gromadzone w ściśle określonych obszarach, ograniczonych specjalnie wytworzonymi barierami potencjału. Każdy taki obszar stanowi pojedynczy element przetwarzająco-akumulujący i może być traktowany jak kondensator o elementarnej pojemności  $C_{ai}$ . Ze względu na sposób wykonania bariery potencjału wyróżniamy kondensatory złączowe i MOS (Metal-Oxid-Silicon).

Kondensator złączowy wytwarzany jest jako niespolaryzowane złącze p-n.

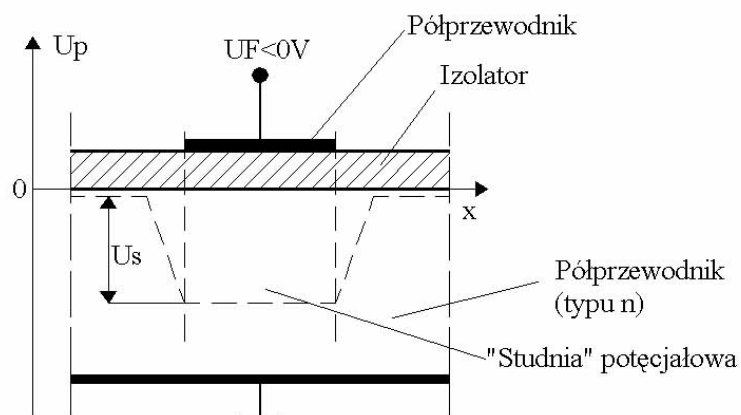


Rys.10.2 Kondensator złączowy.

Uwolnione fotonośniki mniejszościowe (dla danego obszaru) w obszarze tego kondensatora pozostają tam, gdyż nie mogą pokonać bariery potencjału złączowego.

Kondensator MOS powstaje w specyficznej strukturze wykonanej z trzech warstw:

- przewodnika (np. metal),
- izolatora (tlenek krzemu),
- półprzewodnika jako podłoża (monokryształ krzemu).

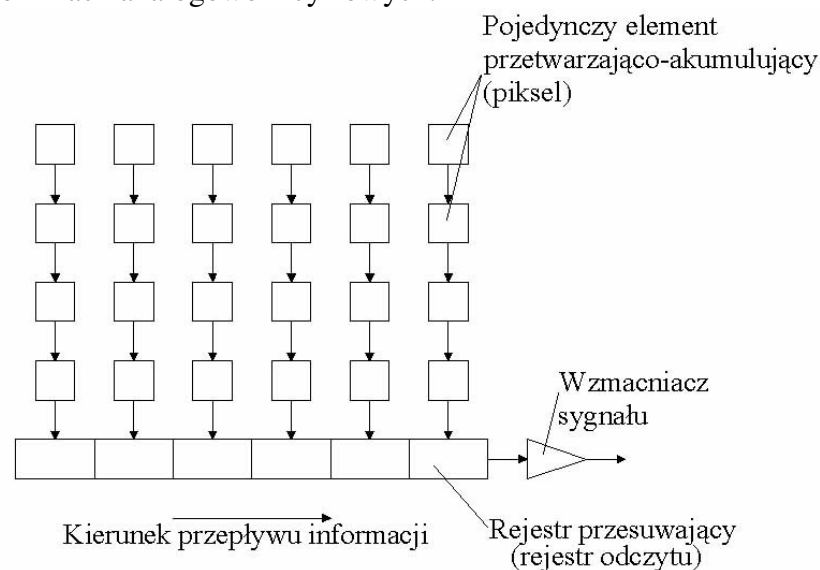


Rys.10.3. Kondensator MOS.

Aby ładunek mógł być akumulowany elektroda (warstwa wykonana z przewodnika) powinna być spolaryzowana napięciem zależnym od rodzaju podłoża (dla podłoża typu n napięcie ujemne, dla podłoża typu p napięcie dodatnie). Efektem przyłożonego napięcia do elektrody jest powstanie w powierzchniowej warstwie półprzewodnika na granicy styku półprzewodnik izolator, obszaru zubożonego, a następnie zmiana typu przewodnictwa na odwrotny niż podłoża. Efekt ten nazywany jest inwersją. Pojawienie się obszaru inwersji powoduje wystąpienie ujemnego skoku (w przypadku przedstawionym na rysunku) bariery potencjału, co jest równoznaczne z utworzeniem studni potencjału.

Jeżeli w zubożonym obszarze krzemu zostanie wytworzona przez światło (padające fotony) para elektron dziura to elektron zostanie wymieciony w głąb podłoża, a dziura zostanie uwięziona w studni potencjału.

Zgromadzony ładunek przesuwany jest do odpowiadającej mu komórki pamięci. Obraz filmowanej sceny otrzymuje się odczytując kolejno komórka po komórce informacje w nich zawartą. Następnie odczytany sygnał jest wzmacniany i konwertowany do postaci cyfrowej w przetwornikach analogowo – cyfrowych.



Rys.10.4. Koncepcja odczytu informacji w skalonym analizatorze obrazu.

W taki sposób linia po linii tworzony jest obraz filmowanej sceny.

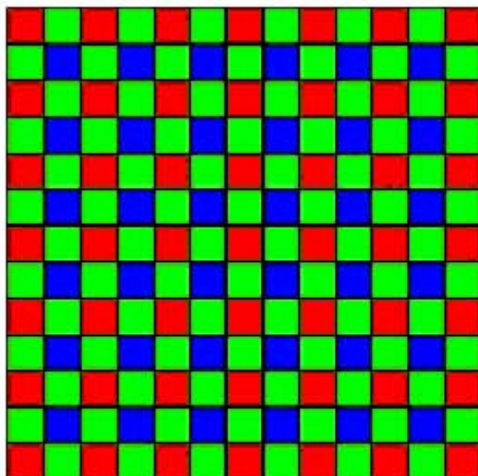
Matryca CCD lub CMOS daje informacje o jasności obrazu natomiast nie daje żadnych informacji o kolorze. W celu uzyskania kolorowego obrazu używa się filtrów w formie mozaiki w trzech podstawowych kolorach: - zielonym, niebieskim i czerwonym. Jest to tzw. dyskretny filtr optyczny (DFO) typu addytywnego.

Jest kilka metod uzyskiwania kolorów przy pomocy filtrów. Jedną z nich to zastosowanie trzech osobnych przetworników scalonych, każdy z filtrem innego koloru. Specjalne układy optyczne powodują, że każdy z tych czujników rejestruje tę samą scenę i każdy z nich daje informacje o jednym z podstawowych kolorów. Zaletą tej metody jest to, że każdy piksel matrycy daje informacje o trzech kolorach podstawowych. Jednak ten sposób uzyskania barwnego obrazu jest dość kosztowny i stosowany jest w drogim sprzęcie.

Inna metoda uzyskiwania barw przy pomocy jednego scalonego przetwornika obrazu to przesuwanie przed nim kolejno czerwonego, niebieskiego i zielonego filtra. Metoda ta pozwala również uzyskać informacje o wszystkich trzech kolorach dla każdego piksela, jednak informacja o barwie pobierana jest w trzech krokach. Powoduje to obniżenie efektywnej częstotliwości przetwarzania klatek.

Kolejna metoda syntezy obrazu barwnego przy pomocy filtrów polega na umieszczeniu nad każdym elementem światłoczułym w matrycy, jednokolorowego filtru. W takim układzie każdy piksel matrycy daje informacje o jednym kolorze podstawowym, ale jednocześnie odpowiada jednemu pikselowi otrzymywanego obrazu. Jest to możliwe dzięki temu że położone obok siebie piksele analizują wszystkie trzy składowe podstawowe koloru. Dzięki interpolacji danych o składowych koloru pochodzących z sąsiednich pikseli możliwe jest dość dokładne określenie barwy danego piksela. Tak otrzymana informacja o kolorze obrabiana jest jeszcze w wyspecjalizowanym procesorze.

Filtry z trzema podstawowymi kolorami ułożone są na przetworniku w kształcie mozaiki (DFO). Jednym z najczęściej stosowanych filtrów jest filtr Bayer'a.



Rys.10.5. Filtr Bayera.

Jak widać w każdym wierszu mozaiki występuje kolor zielony (na przemian z kolorem czerwonym lub niebieskim), natomiast pozostałe dwa kolory występują w co drugim wierszu. Sygnały luminancji i chrominancji uzyskuje się przez zsumowanie informacji z dwóch sąsiednich linii: bieżącej i poprzedniej. Sygnał luminancji, rekonstruowany na podstawie koloru zielonego (kolor, dla którego czułość oka jest największa) wykazuje niemal pełną rozdzielczość, wynikającą z liczby pikseli w mozaice. Sygnały chrominancji mają obniżoną rozdzielczość lecz nie obniża to ostrości obrazu. Jest to metoda bardzo ekonomiczna, choć jakość obrazu jest nieco gorsza niż w systemach trój- i dwu-przetwornikowych.

Do tej pory pojęcie piksela obrazu i elementu światłoczułego matrycy CCD oznaczało praktycznie to samo. Jednak w praktyce liczba pikseli obrazu może być różna od ilości pojedynczych elementów światłoczułych. Na przykład przy pomocy scalonego przetwornika obrazu liczącego 2,1 megapiksela można wykonywać zdjęcia z rozdzielczością 1600x1200. Wynika z tego, że liczba pikseli wynosi 1,92 megapiksela. Ta różnica wynika z tego że niektóre z elementów matrycy są zaciemniane i wykorzystywane jako obwody elektroniczne wykorzystywane na przykład do przetwarzania analogowo – cyfrowego.

Typowy sensor CCD zawierający powyżej 2 megapiksela ma wymiary 4,4 mm x 6,6mm (przekątna 8 mm, tj. przetwornik 1/2'', przekątna 6 mm dotyczy przetwornika 1/3'' – oznaczenia historyczne). Natomiast przetwornik zawierający powyżej 8 megapiksela może mieć rozmiar typowego filmu 24 x 36 mm. Oczywiście wraz z rozwojem techniki wymiary te ulegają ciągłym zmianom (zmniejszaniu).

Rozdzielczość otrzymywanych obrazów zależy od liczby pikseli w sensorze. W droższym sprzęcie stosowane są przetworniki posiadające około 5-8 milionów pikseli. Natomiast w kamerach internetowych najczęściej stosowane są tańsze sensory, które

umożliwiają jednak otrzymywanie obrazów o rozdzielczości powyżej 640X480, tj. o liczbie pikseli przekraczającej 307200.

#### *Różnice między technologią CCD i CMOS.*

Ogólna koncepcja przetwarzania obrazu do postaci cyfrowej w przetwornikach CCD i CMOS jest taka sama. Różnice między nimi występują tylko w budowie i procesie produkcji.

Najważniejszą różnicą między przetwornikami CCD i CMOS jest to, że elementem przetwarzającym – akumulującym w czujniku CCD jest kondensator złączowy, a w czujniku CMOS kondensator MOS. Technologie produkcji obu sensorów są różne. Przetworniki CMOS wytwarzane są praktycznie na tych samych liniach technologicznych co większość układów scalonych takich jak mikroprocesory czy pamięci RAM. Uniwersalność tej technologii czyni sensory CMOS dużo tańszymi od sensorów CCD.

Technologia produkcji przetworników CCD jest bardziej skomplikowana, ponieważ musi umożliwić rzeczywisty przepływ ładunków w poprzek chipu. Urządzenia do produkcji sensorów CCD są tak specjalistyczne, że nie mogą być wykorzystane do produkcji innych urządzeń. Czyni to technologię CCD dość drogą.

Jednak tak wyspecjalizowana technologia sprawia że parametry przetworników CCD są lepsze od parametrów przetworników CMOS. Przede wszystkim czułość sensorów CCD jest dużo większa od czułości sensorów CMOS. CCD wykazuje też mniejsze szумы. Jest to spowodowane lepszymi parametrami złącz p-n jako obszarów przetwarzająco-akumulujących. W przypadku przetwornika CMOS, każdemu pikselowi przyporządkowane są tranzystory odpowiadające za wzmocnienie i transport ładunku, co powoduje szумы związane z niestabilnością punktów ich przełączania. Wynika z tego, że sensory CCD lepiej pracują przy słabym oświetleniu niż sensory CMOS. Jednakże fakt iż w przetworniku CMOS każdy piksel posiada osobną elektronikę czyni go bardziej uniwersalnym ze względu na to że, każdy piksel może być obsługiwany (odczytywany) indywidualnie.

Zaletą przetworników CMOS jest to że pobierają dużo mniej energii niż przetworniki CCD. Czujnik CCD zużywa około sto razy więcej energii niż odpowiadający mu czujnik CMOS.

Reasumując, sensory CCD są droższe od czujników CMOS lecz mają lepsze parametry jeżeli chodzi o przetwarzanie obrazu. Determinuje to dziedziny ich zastosowania.

Czujniki CMOS są stosowane w sprzęcie domowym i pół profesjonalnym, dzięki niskiej cenie urządzenia te są popularne i szeroko dostępne. Jednakże prowadzone przez cały czas badania mogą spowodować, że sensory CMOS zaczną konkurować z sensorami CCD jeśli chodzi o jakość przetwarzania obrazu.

Czujniki CCD mają zastosowanie w sprzęcie profesjonalnym. Technologia CCD opanowana jest już od dłuższego czasu i podąża w kierunku dalszego polepszania jakości otrzymywanych obrazów.

#### *Nowa technologia FOVEON.*

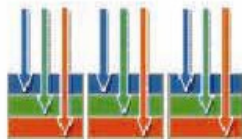
Pod koniec 2000 roku amerykańska spółka FOVEON wyprodukowała nowy, rewolucyjny scalony przetwornik obrazu CMOS.

Podstawową zaletą tego sensora obrazu jest to, że każdy piksel daje informacje o wszystkich trzech kolorach podstawowych czerwonym, zielonym i niebieskim. Na rys. 10.6 porównano klasyczny przetwornik z nowym przetwornikiem Foveon X3.

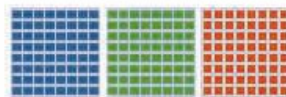
### Przetwornik Foveon X3



Przetwornik Foveon X3 posiada trzy warstwy czujników wykonanych w krzemie



Krzem absorbuje różne długości fali na różnej głębokości. Każda warstwa odpowiada za jeden kolor

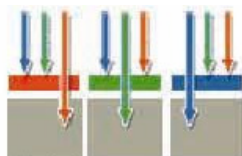


W rezultacie każdy piksel Foveon X3 daje informacje o wszystkich trzech kolorach

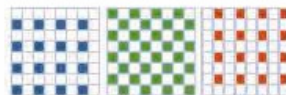
### Klasyczny przetwornik z mozaikowym ułożeniem filtrów



W klasycznym, jednowarstwowym przetworniku filtry kolorów rozłożone są w kształcie mozaiki



Filtr koloru przepuszcza tylko jedną długość fali do poszczególnego piksela. Każdy piksel daje informacje tylko o jednym kolorze.



W rezultacie typowy czujnik daje 50% informacji o kolorze zielonym i po 25% o niebieskim i czerwonym

Rys.10.6. Budowa i zalety przetwornika obrazu Foveon X3 w porównaniu z klasycznym przetwornikiem jednowarstwowym.

Scalony przetwornik obrazu Foveon X3 wykonany jest w krzemie w postaci trzech warstw sensorów. Krzem absorbuje różne długości fali na różnej głębokości. Dzięki temu każdy piksel matrycy tego sensora daje informacje o wszystkich trzech kolorach podstawowych w przeciwieństwie do klasycznego jednowarstwowego przetwornika w którym każdy piksel matrycy daje informacje tylko o jednym kolorze podstawowym. Taka budowa sensora Foveon X3 pozwala na uzyskiwanie bardziej prawdziwych kolorów i zmniejsza ilość przekłamań w informacji o kolorze w stosunku do klasycznego sensora. W jednowarstwowym przetworniku CMOS pełną informację o kolorze uzyskuje się dzięki interpolacji sygnałów z trzech sąsiednich pikseli. Dlatego każdy piksel takiego przetwornika posiada tylko jedną trzecią prawdziwej informacji o kolorze, dwie trzecie to informacja uzyskana z obliczeń. Powoduje to straty w szczegółach obrazu i przekłamania kolorów. W przypadku przetwornika Foveon X3 skrócony został martwy czas pomiędzy przechwytywaniem kolejnych obrazów dzięki temu, że sensor ten nie potrzebuje czasu na obliczenia kolorów.

## 10.3. Rozdzielczość obrazów.

Szybkość, z jaką wczytują się strony internetowe, zależy od wielu czynników. Niektóre z nich to szybkość transmisji łącza internetowego, z którego korzystamy, odległość serwera, na którym umieszczona jest wczytywana strona, oraz obciążenie serwera. Jednak bardzo często powolne wczytywanie strony spowodowane jest błędnym, a raczej nie przemyślanym jej wykonaniem. Umieszczenie na stronie internetowej zbyt dużej ilości obszernych grafik powoduje, że ich wczytywanie podczas otwierania strony trwa bardzo długo. Dlatego wielkość, a co za tym idzie rozdzielczość, wykorzystywanych na stronach obrazów graficznych jest bardzo ważna.

## II. Mikroskop komputerowy i badanie struktury dyskretnego filtra optycznego metodą mory

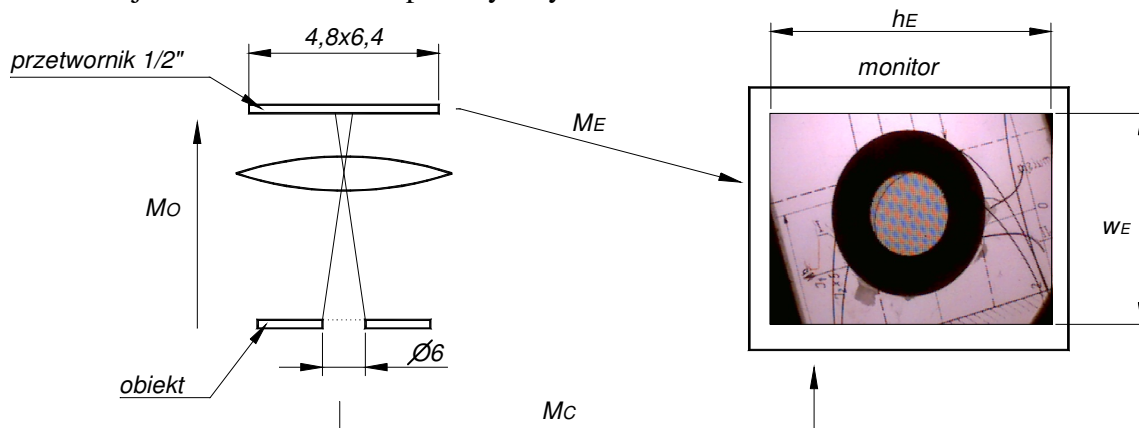
Kamera internetowa może być również wykonana w formie mikroskopu, tj. może zostać wyposażona w system optyczny ze zmieniającymi rewolwerowo obiektywami o dużym powiększeniu. Przykładem takiego rozwiązania jest kamera mikroskopowa QX3, zastosowana w ćwiczeniu.

Celem tej części ćwiczenia jest poznanie mechanizmu powstawania prążków mory, na obrazach o strukturze periodycznej, stanowiących zakłócenie często obserwowane na obrazach telewizyjnych. Terminem mora (z ang. Moire frings) określa się wzór na obrazie (zazwyczaj telewizyjnym), spowodowany przez interferencję (zdudnianie) pomiędzy dwoma periodycznymi strukturami obrazowymi. Mora może np. powstawać w wyniku interferencji pomiędzy strukturą nadawanego obrazu, a strukturą przetwornika obrazu.

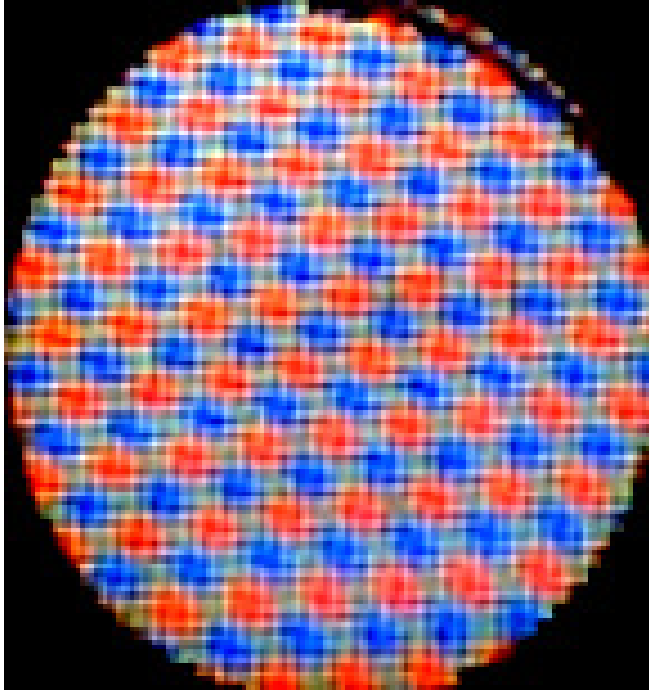
W przypadku ćwiczenia, tego typu obrazy interferencyjne zostały wykorzystane dla unaocznienia struktury dyskretnego filtra optycznego (DFO) typu "zielona szachownica", scalonego przetwornika obrazu kamery mikroskopowej QX3. W celu uzyskania interferencji obrazu z DFO, jako przedmiot obrazowania zastosowano dwa obiekty o periodycznej strukturze: test rozdzielczości obrazu telewizyjnego o strukturze paskowej oraz siateczkę metalową o odpowiednich rozmiarach oczek.

Prześwity i cienie siatek, nakładają się okresowo na poszczególne kolumny sensorów i DFO dając obserwowane efekty barwne. Krok siateczki odpowiada krokowi matrycy sensorów (z uwzględnieniem powiększenia optycznego obrazu siatki na matrycy), dzięki czemu uzyskuje się prążki mory o kroku zależnymi od kąta skręcenia tych struktur. Prążki (węzły) mory powstają w punktach przecinania się linii obu struktur, i odstęp między tymi węzłami są odwrotnie proporcjonalne do sinusa kąta skręcenia między liniami struktur. Ilustruje to rys. 10.8b.

Można powiedzieć, że w wyniku interferencji powstaje nowa, powiększona struktura (dla  $\alpha = 0$ ,  $M_M = \infty$ ). W przypadku siatki ortogonalnej, interferencja następuje w dwóch kierunkach i w rezultacie otrzymuje się powiększony obraz dwuwymiarowy, taki jak na rys. 10.7. Mierząc kąt skręcenia obserwowanej siatki, lub obrazu mory (dwukrotnie mniejszy niż siatki) można ocenić powiększenie tego obrazu ( $M_M \approx \sin^{-1}\alpha$ ) i obliczyć odległości między pikselami przetwornika (krok matrycy) wiedząc, że średnica widocznego na obrazie otworu wynosi 6mm. Zakładając, że przekątna przetwornika wynosi 8mm (przetw. 1/2") oraz mierząc pole widzenia i średnicę otworu na ekranie, można obliczyć powiększenie optyczne i przybliżoną liczbę pikseli w linii oraz kolumnie. Metody mory stosowane są w mikroskopii elektronicznej do badania struktur periodycznych.



Powiększenie optyczne –  $M_O$ , elektroniczne -  $M_E$  i całkowite –  $M_C$ .

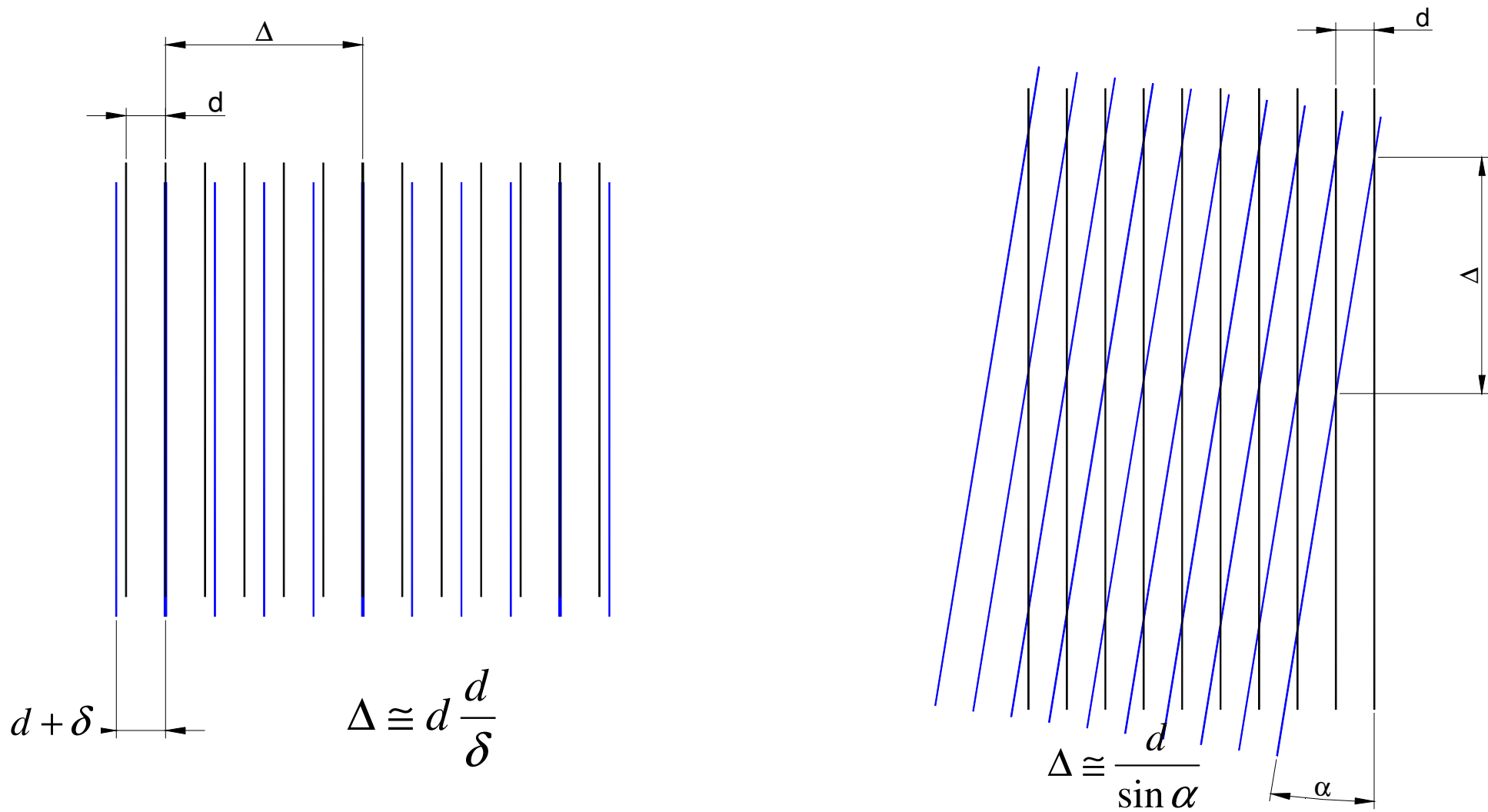


Rys. 10.7 Przykład obrazu interferencyjnego DFO i siateczki metalowej

W przypadku pasków testu rozdzielczości występują różnice kroku obu siatek i mechanizm interferencji struktur jest inny. Przypomina on zasadę noniusza stosowaną w suwmiarkach dla zwiększenia dokładności odczytu. Ilustruje ją rys. 10.8b. Tutaj, w zależności od różnicy odstępów między liniami interferujących siatek obserwuje się nakładanie (wzmocnienie linii) w określonych odstępach  $\Delta \approx d^2/\delta$  (powiększenie struktury wynosi  $M_M \approx d/\delta$ ).

#### Pytania sprawdzające:

- Schemat blokowy kamery.
- Metody uzyskiwania obrazów barwnych przy wykorzystaniu matryc CCD i CMOS (m.in. DFO typu Bayera).
- Różnice między technologią CCD i CMOS.
- Budowa przetwornika obrazu Foveon X3.
- Zasada powstawania węzłów mory:
  - przy skróceniu struktur o jednakowym kroku powtarzania,
  - przy nakładaniu struktur różniących się krokiem.



Rys. 10.8. Schemat powstawania prążków interferencyjnych, w przypadku: a) siatek równoległych o niewielkiej różnicy  $\delta$  kroku powtarzania  $d$  (obserwowane na teście rozdzielczości), b) siatek o jednakowym kroku powtarzania  $d$ , skróconych wzajemnie pod kątem  $\alpha$  (tzw. prążki Moire'a, lub w nazewnictwie polskim pr. mory - obserwowane na obrazie siatki).

# Program ćwiczenia

## 1. Pomiar parametrów kamery.

### 1.1. Pomiar rozdzielczości kamery.

1. Uruchomić aplikację **Creative WebCam Center**
2. Ustawić planszę A2 do testowania rozdzielczości (planszę ustawić tak względem kamery, aby zajmowała równomiernie cały kadr obrazu).
3. Ustawić rozdzielczość kamery na **640X480**.
4. Wykonać zdjęcia planszy testowej dla formatu zdjęć „\*.jpg” i „\*.bmp”.
5. Określić rozdzielczość pionową i poziomą oraz wielkość pliku dla każdego formatu zdjęć.
6. Wyniki umieścić w protokole.

**Uwaga!** Podobnie jak w pozostałych ćwiczeniach, wyznaczenia rozdzielczości obrazów dokonuje się za pomocą plansz testowych. Plansze podobne do stosowanych w telewizji, pozwalają na określenie rozdzielczości pionowej  $L_V$  i poziomej  $L_H$ , w liniach (telewizyjnych) na kadr, umownie o szerokości równej wysokości (kwadratowy). W związku z tym wysokość obrazu planszy na ekranie powinna możliwie dokładnie odpowiadać rozmiarowi pionowemu ekranu monitora. W przypadku gdy trzeba określić liczbę linii rozdzielanych w poziomie dla pełnej szerokości kadru,  $L_{HF}$ , rozdzielczość poziomą  $L_H$  należy pomnożyć przez współczynnik kształtu ekranu  $F = H/V$ , gdzie  $H$  i  $V$  są odpowiednio szerokością i wysokością ekranu. Dzięki takiej formule określania rozdzielczości, można stosować te same plansze testowe dla przetworników o różnych formatach.

### 1.2. Pomiar rozdzielczości kamery i wielkości pliku z sekwencją filmową z kompresją i bez kompresji.

1. Ustawić planszę A2 do testowania rozdzielczości (**uwaga:** planszę umieścić tak względem kamery, aby zajmowała równomiernie cały kadr obrazu).
2. Ustawić rozdzielczość kamery na **320x240**.
3. Włączyć ograniczenie długości sekwencji filmowej i ustawić czas trwania na **7** sekund.
4. Uruchomić wahadełko. Umożliwi ono ocenę liczby faktycznie zarejestrowanych kadrów sekwencji, zawierających poszczególne fazy ruchu
5. Filmując planszę testową, wykonać akwizycje sekwencji filmowych z kompresją (dwa kodeki: ...) i bez kompresji; **uwaga:** jeżeli ustawione jest ograniczenie czasu trwania sekwencji filmowej, to nagrywanie samo zostanie przerwane po określonym czasie.
6. Dla każdej sekwencji filmowej określić rozdzielczość pionową i poziomą, wielkość pliku i szybkość transmisji.
7. Wyniki umieścić w protokole.
8. Zanotować uwagi i wnioski.

### 1.3. Pomiar rozmiarów pliku ze zdjęciem oraz sekwencją filmową w zależności od ustawionej rozdzielczości kamery.

1. Ustawić plansze do testowania rozdzielczości.
2. Ustawić format zdjęć na „**JPG**”.

3. Włączyć ograniczenie długości sekwencji filmowej (7 sek.) i kompresję mpeg-4.
4. Wykonać zdjęcia planszy testowej dla wskazanych rozdzielczości.
5. Filmując planszę testową uruchomić wahadełko i wykonać akwizycje sekwencji filmowych dla wskazanych rozdzielczości kamery.
6. Dla wszystkich zdjęć i sekwencji filmowych określić rozdzielczość pionową i poziomą oraz wielkość pliku (dla sekwencji filmowych szybkość transmisji).
7. Wyniki umieścić w protokole.
8. Zanotować uwagi i wnioski.

## 2. Badanie mikroskopu komputerowego i struktury dyskretnego filtra optycznego metodą mory

### 2.1. Badanie struktury dyskretnego filtra optycznego (DFO) przetwornika CCD

1. Otworzyć folder IntelP'Obrazy i zminimalizować.
2. Uruchomić aplikację **Intel Play QX3** (pulpit), funkcja - Live view.
3. Umieścić na stoliku przedmiotowym ramkę z siateczką.
4. Wyłączyć oświetlenie górne stolika przedmiotowego i włączyć oświetlenie dolne,  
***Uwaga:- nie przelązczać na drugie źródło światła bez uprzedniego wyłączenia poprzedniego źródła! Program ma tendencje do zawieszania się. Jeśli to nastąpi, proszę przerwać program CtrlAltDel i uruchomić ponownie. Jeśli błąd będzie się powtarzał proszę zresetować komputer.***
5. Nastawić powiększenie całkowite nominalne 10x i ustawić położenie stolika w którym obserwuje się obraz siateczki.  
*Należy tu pamiętać, że powiększenie całkowite jest iloczynem powiększenia optycznego i elektronicznego:  $M_C = M_O M_E$ . Powiększenie nominalne  $M_{CN}$ , podane na bębnie obiektywów zostało obliczone z uwzględnieniem powiększenia elektronicznego dla ekranu 15" i w przypadku ekranu 14" zastosowanego w ćwiczeniu, powinno być powtórnie obliczone. Wyznaczona wartość powiększenia elektronicznego powinna być stała i jednakowa dla wszystkich obiektywów.*
6. Obrócić siateczkę do położenia, w którym staje się dobrze widoczny obraz interferencyjny (około 6 węzłów mory danego koloru widoczne na średnicy otworu) struktury DFO i ewentualnie skorygować jego ostrość, tak by stały się widoczne również pręty siateczki.
7. Zmierzyć krok węzłów mory i kąt skręcenia osi obrazu  $\alpha_M = \alpha/2$ .
8. Sfotografować obraz i umieścić w folderze **IntelP'obrazy** ( Snapshot/Main/Export/ IntelP', powrót przez Live view button) można go obejrzeć w powiększeniu. Zanotować format obrazu.
9. Narysować schemat struktury DFO.
10. Zmienić powiększenie na 200x i uzyskać ostry obraz przez regulację położenia stolika.
11. Zmierzyć krok prętów siatki i kąt jej skręcenia.
12. Obliczyć liczbę pikseli w linii i kolumnie zakładając, że w mikroskopie zastosowano przetwornik 1/2". Obliczyć pozostałe parametry wynikające z tabeli zawartej w szablonie sprawozdania.

## **2.2. Badanie rozdzielczości kamery**

1. Umieścić na stoliku przedmiotowym płytę z testem rozdzielczości.
2. Ewentualnie, wyłączyć oświetlenie górne stolika przedmiotowego i włączyć oświetlenie dolne.
3. Nastawić powiększenie 10x i ustawić położenie stolika, w którym obserwuje się możliwie ostry obraz testu i odczytać rozdzielczość.
4. Zmierzyć krok węzłów mory na teście paskowym 200 linii.
5. Obracając płytę zaobserwować kolorystykę obrazów mory różnych elementów testu w określonych położeniach. Jaki związek z obserwowaną strukturą DFO ma układ kolorów prążków mory?
6. Zmienić powiększenie na 200x i uzyskać ostry obraz przez regulację położenia stolika.
7. Zmierzyć krok prążków pomiarowych testu 200 linii (uwzględniając poprawione powiększenie elektroniczne).
8. Określić różnicę  $\delta$  kroku testu i mozaiki przetwornika liczonej w płaszczyźnie stolika (zakładając, że krok przetwornika został wyznaczony w poprzednim punkcie, przy pomiarze siatki, jako  $d_p = d_s M_O$ ).
9. Określić powiększenie obrazu mory i inne parametry wynikające z tabeli zawartej w szablonie sprawozdania.

***Ze względu na czytelność zalecane jest załączenie do sprawozdania wniosków w formie drukowanej.***