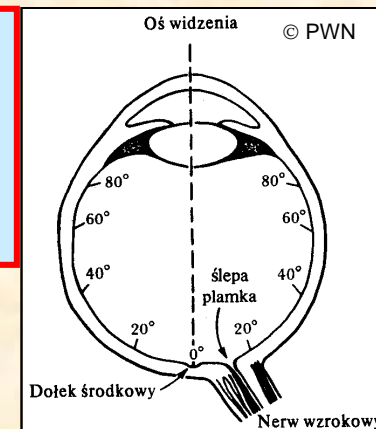

Percepcja wrażeń wzrokowych przez człowieka



Komputerowa akwizycja obrazów

Percepcja wrażeń wzrokowych przez człowieka

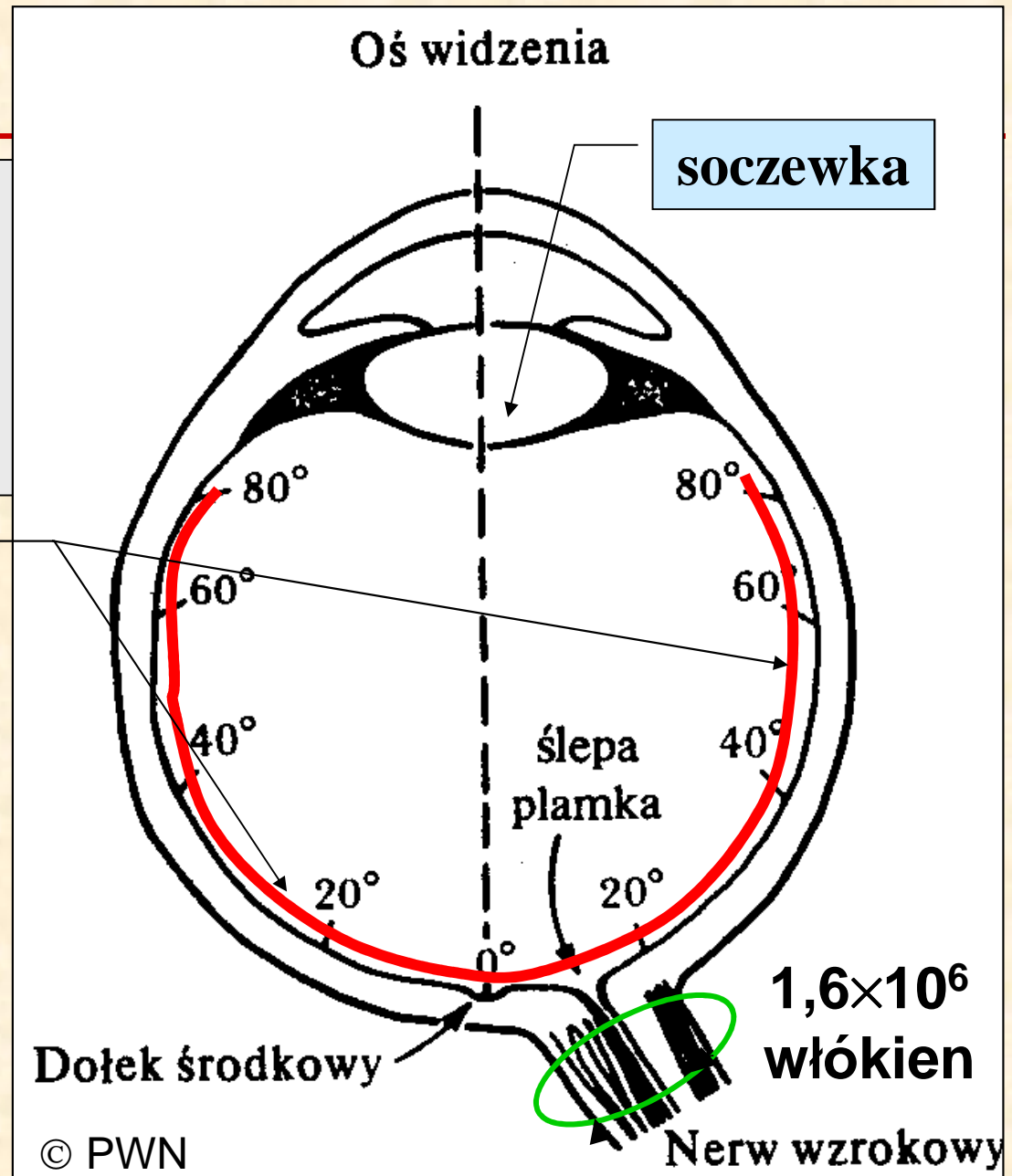
Człowiek uzyskuje ponad **90% informacji** o świecie zewnętrznym za pomocą zmysłu wzroku.

Wymagania techniczne stawiane komputerowym systemom przetwarzania obrazów są pochodną sprawności oka ludzkiego, tj.:

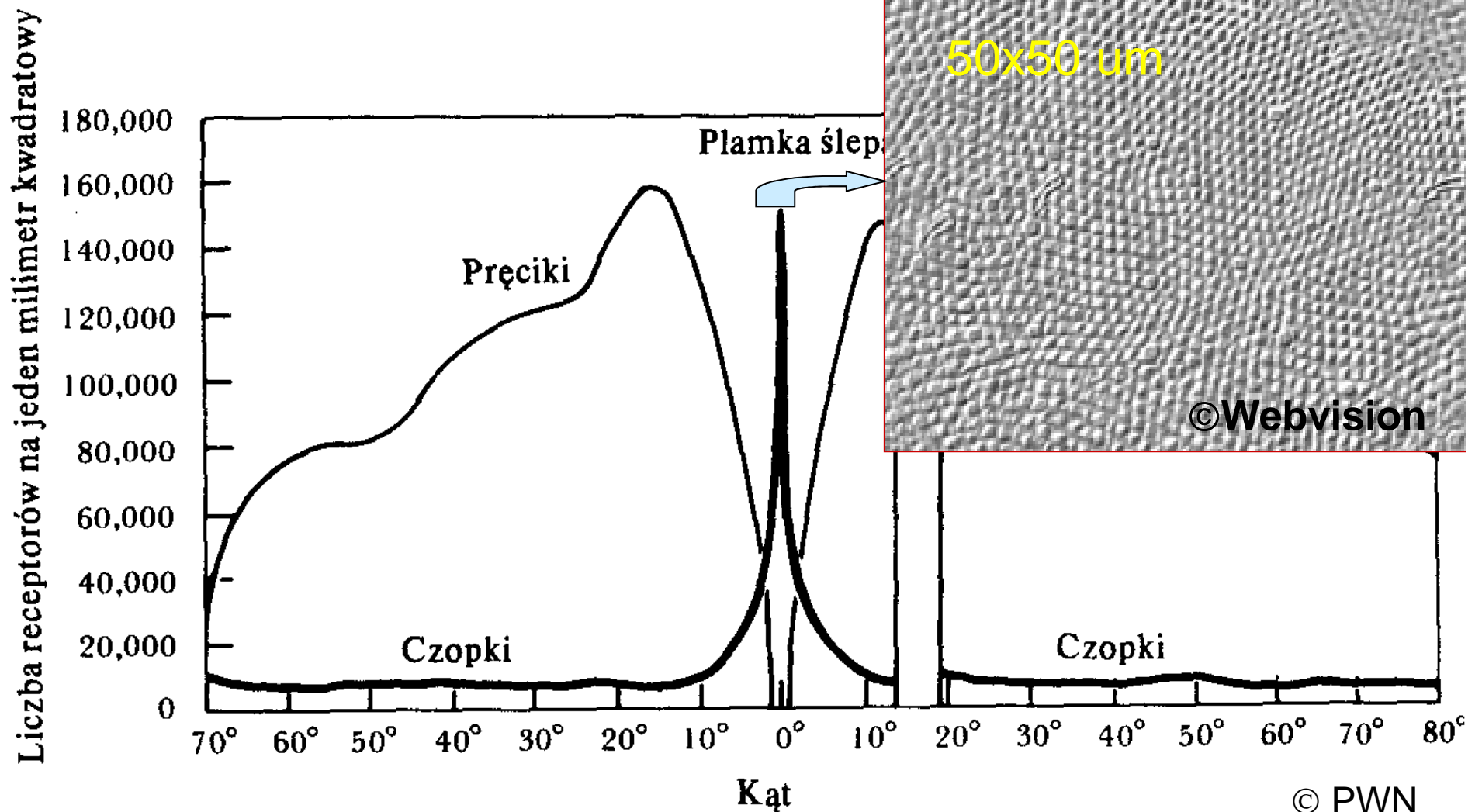
- zdolności rozróżniania dwóch obiektów położonych blisko siebie ($\theta=1' = 1^\circ/60 = \pi/10800$);
- zdolności rozróżniania efektów świetlnych o podobnej jasności;
- zdolności postrzegania kolorów;
- bezwładności oka;

Budowa anatomiczna oka człowieka

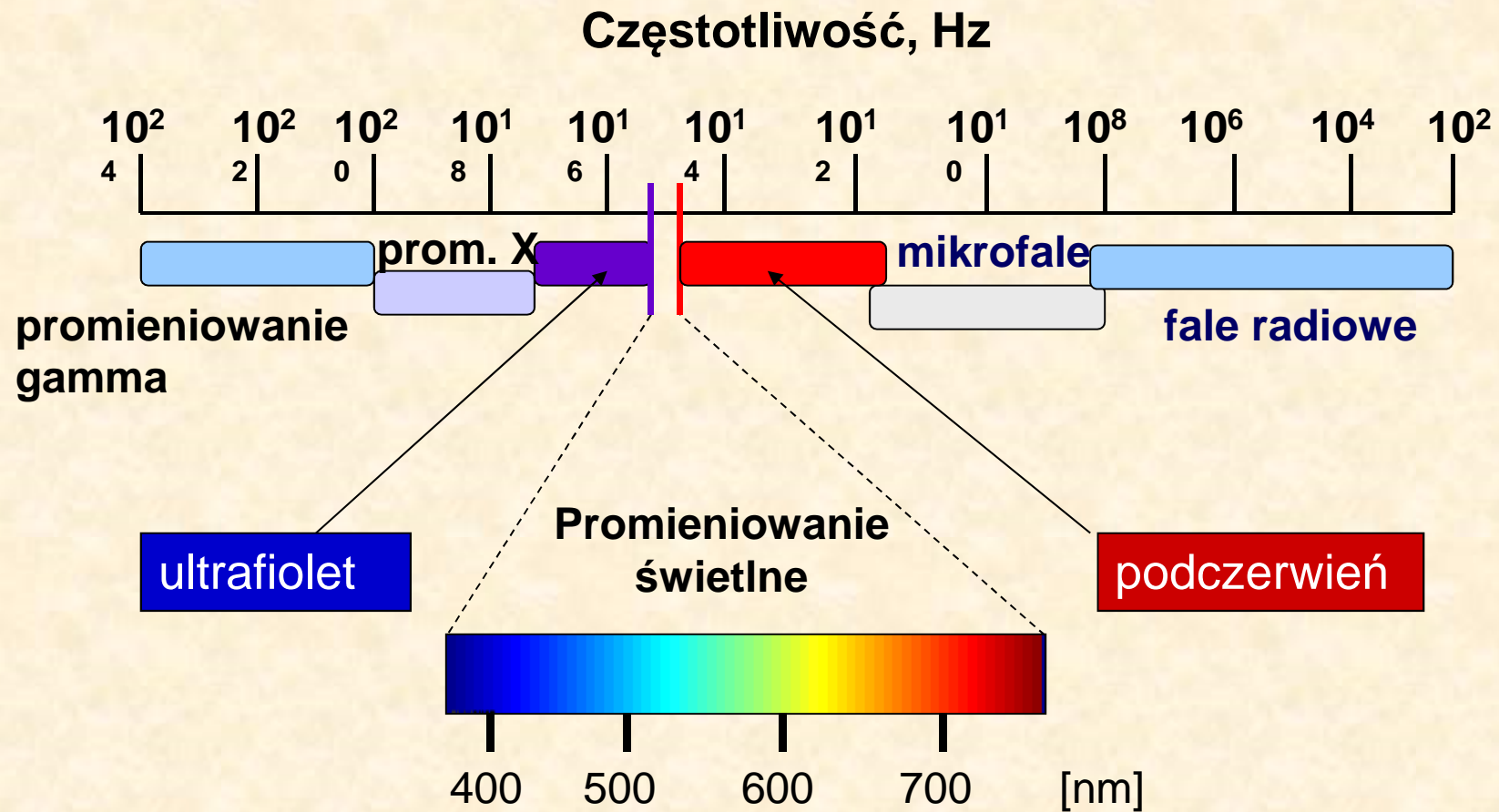
siatkówka
 125×10^6
receptorów



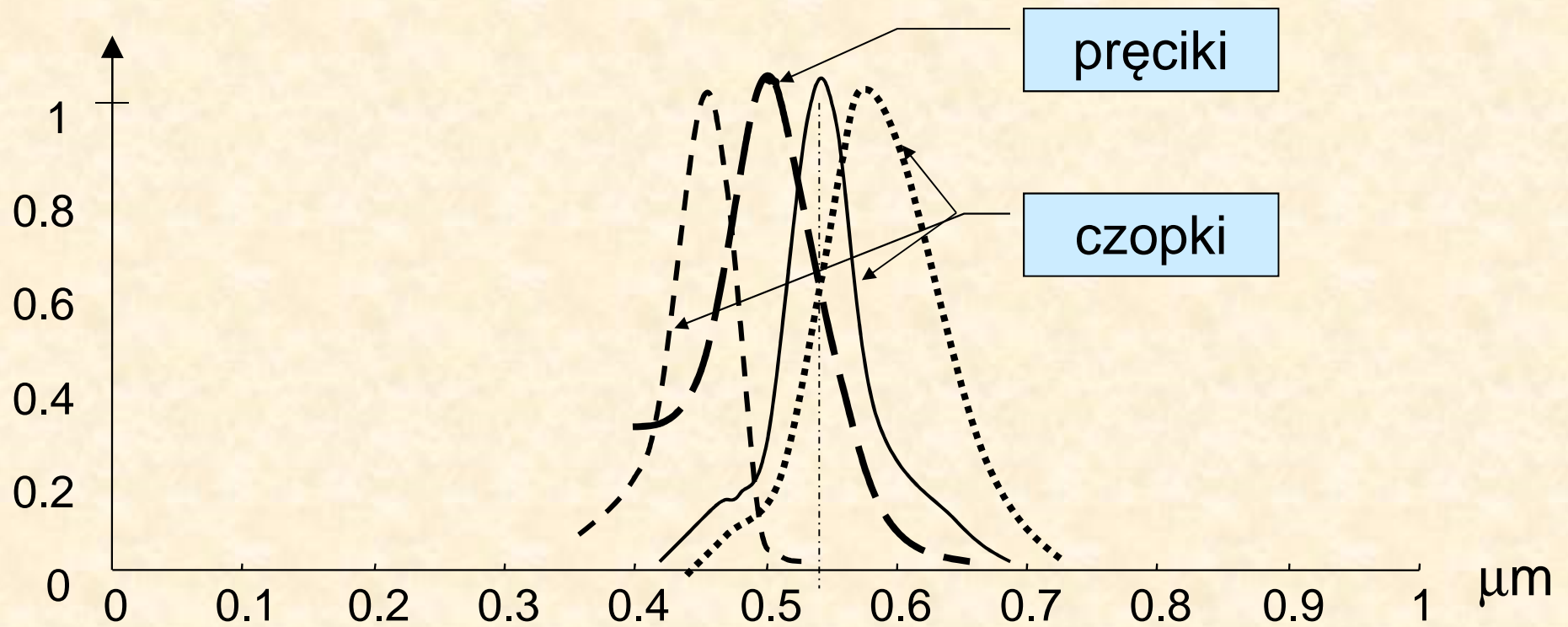
Gęstość „elementów światłoczułych” (czopków i pręcików) w oku człowieka



Widmo fal elektromagnetycznych



Charakterystyka czułości spektralnej wzroku człowieka



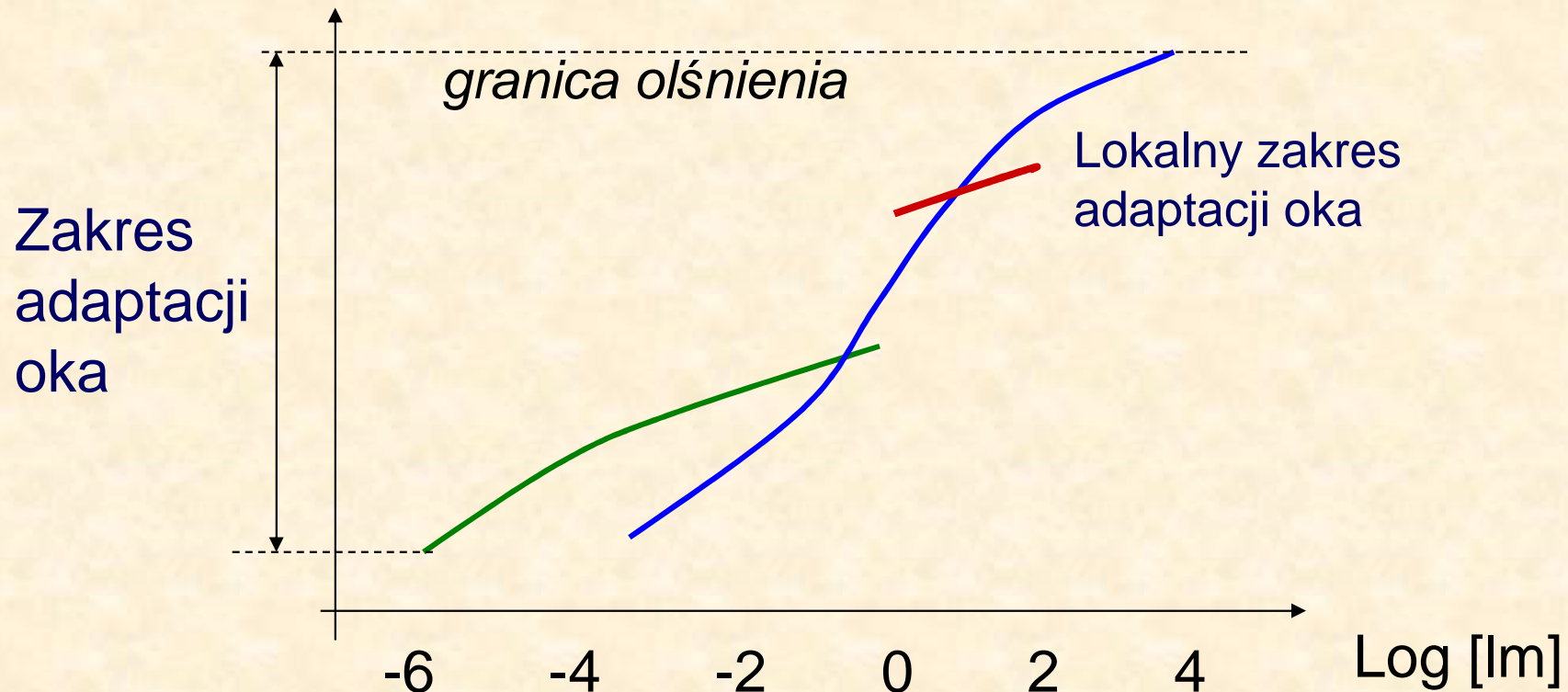
ultrafiolet

podczerwień

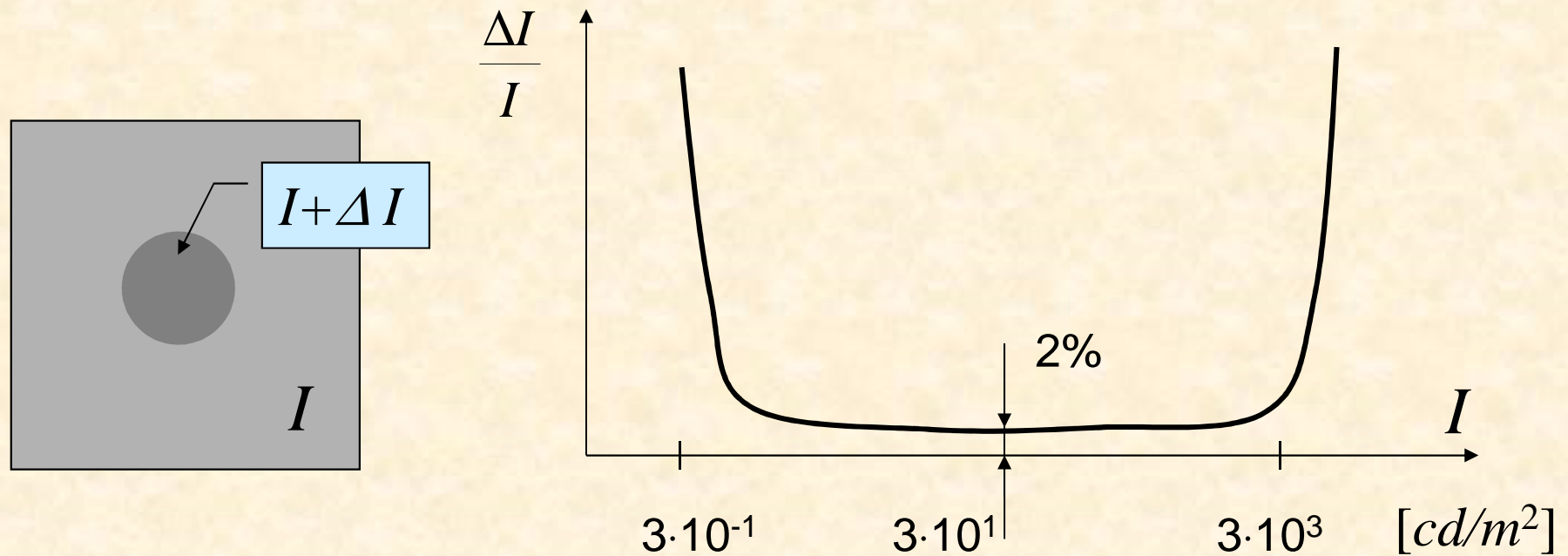
Percepcja wrażeń wzrokowych przez człowieka

Subiektywna jasność postrzegana przez oko przebiega wg charakterystyki logarytmicznej.

Zakres natężenia oświetlenia, na które może reagować oko wynosi ok. 10^{10} .

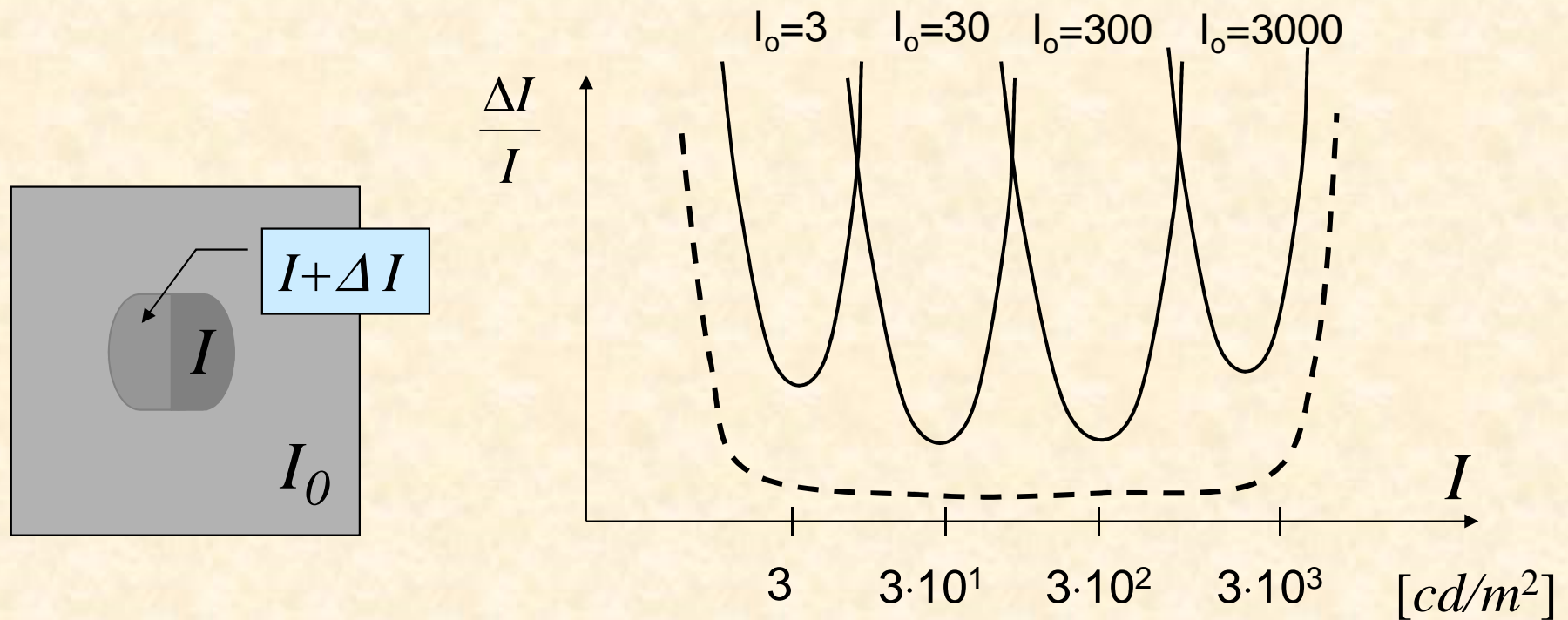


Krzywa Webera



Krzywa Webera obrazuje zdolność oka ludzkiego do rozróżniania efektów świetlnych o różnych jasnościach.

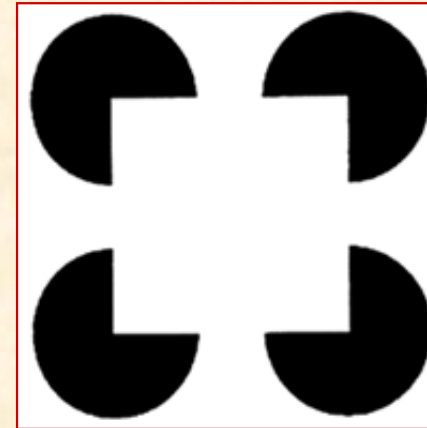
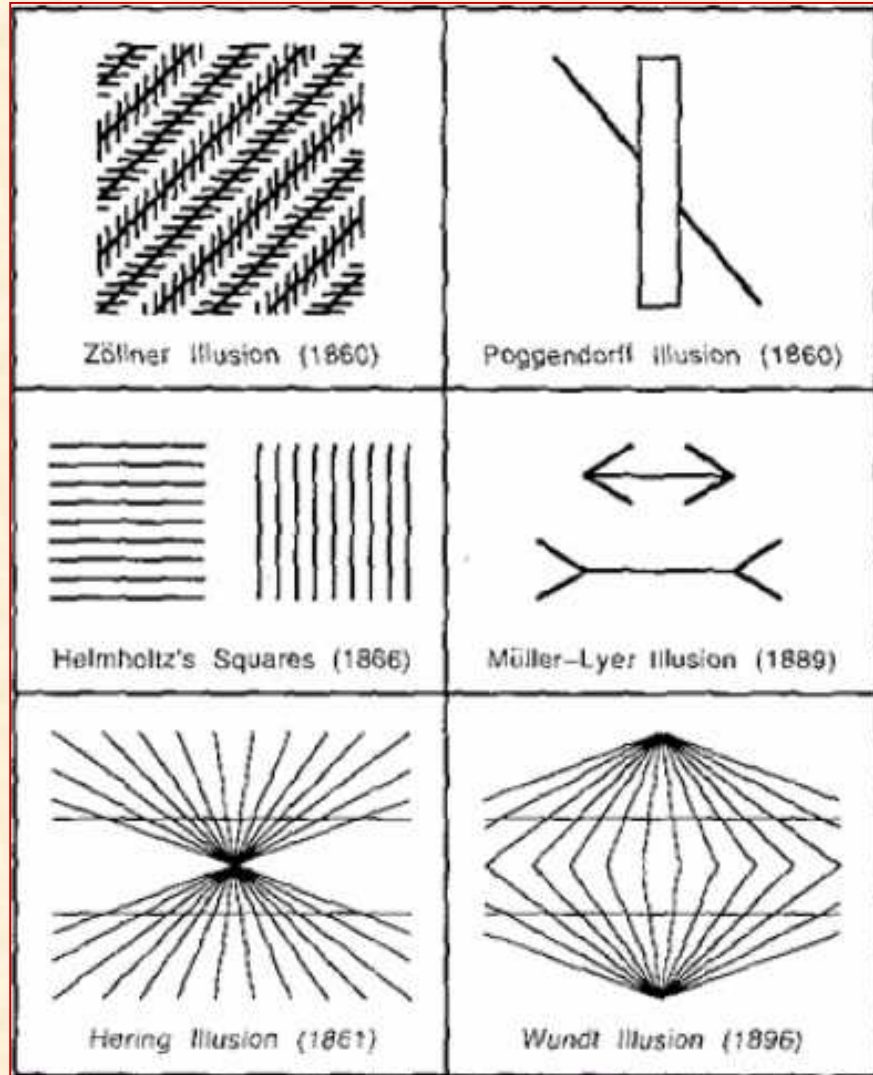
Krzywa Webera



Oko osiąga maksymalną rozróżnialność jasności gdy

$$I \approx I_0$$

Iluzje wzrokowe

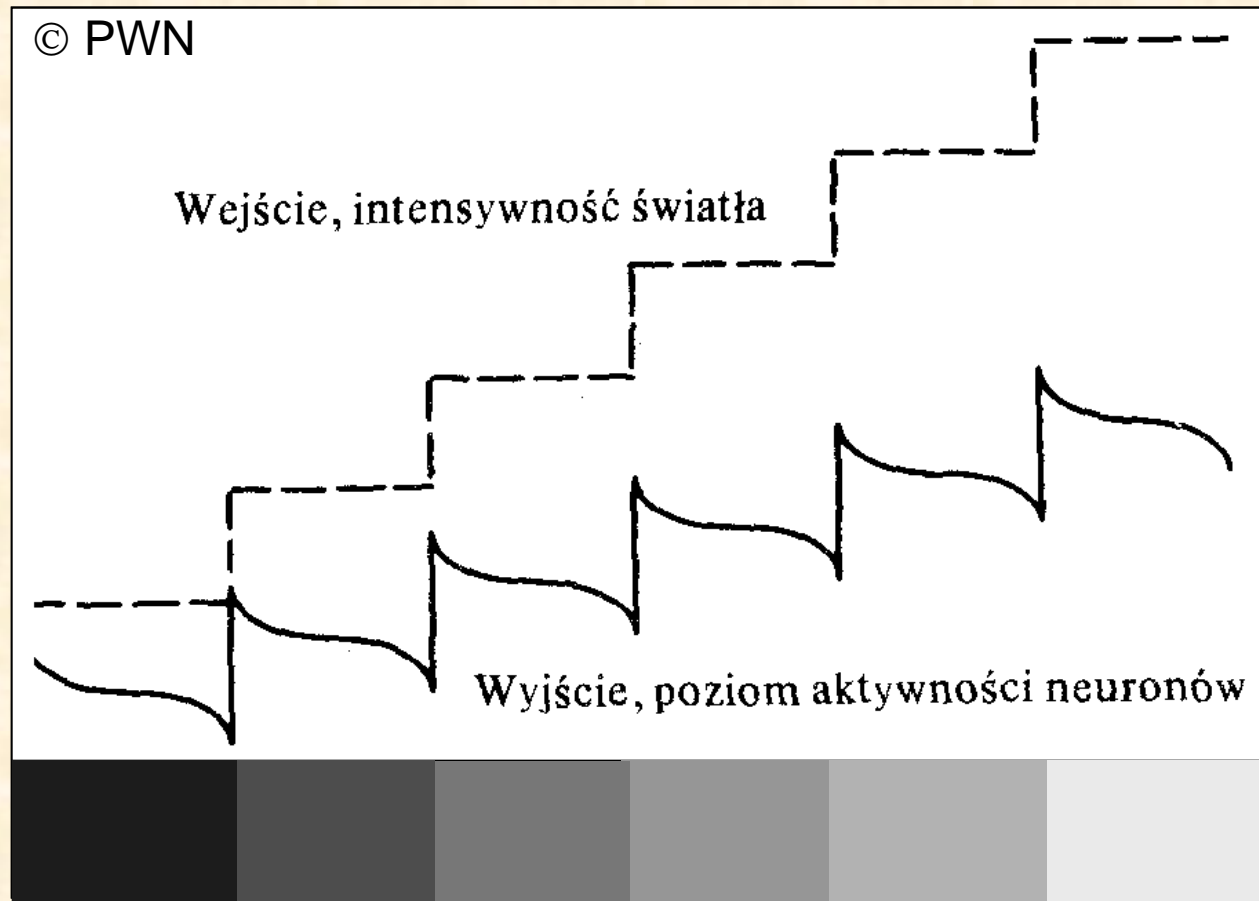


Obraz kodowany 16 poziomami jasności



4 bity/piksel

Pasy Macha



Taka charakterystyka odpowiedzi układu wzrokowego wynika ze zjawiska hamowania obocznego w warstwie receptorów wzrokowych (funkcja „kapelusza Meksykańskiego”).

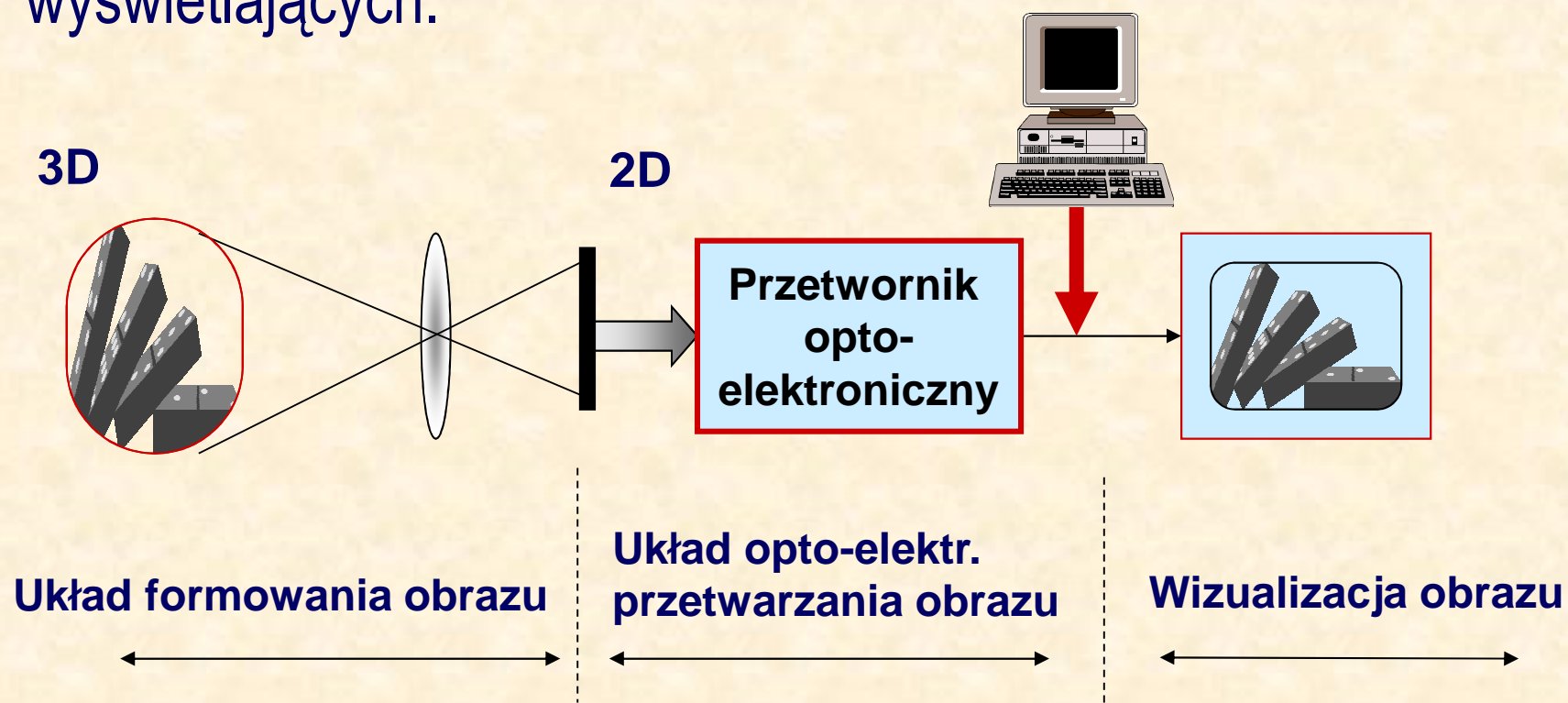


Komputerowa akwizycja obrazów

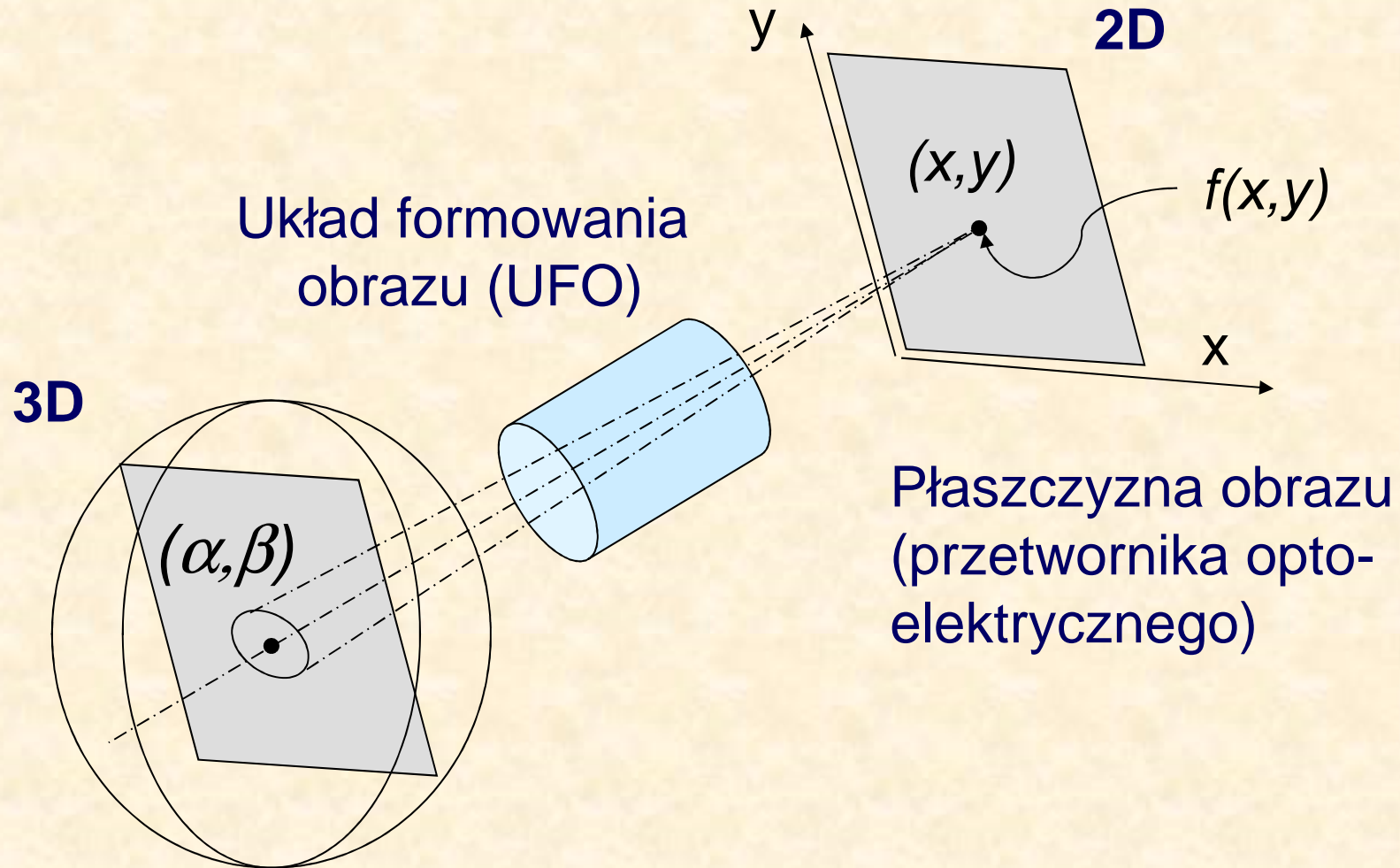
© P. Strumiłło

Tor wizyjny systemu przetwarzania obrazów

Tor wizyjny - zespół układów optycznych i elektronicznych służących do przetwarzania obrazu optycznego na sygnał elektryczny oraz odwzorowania obrazu na urządzeniach wyświetlających.

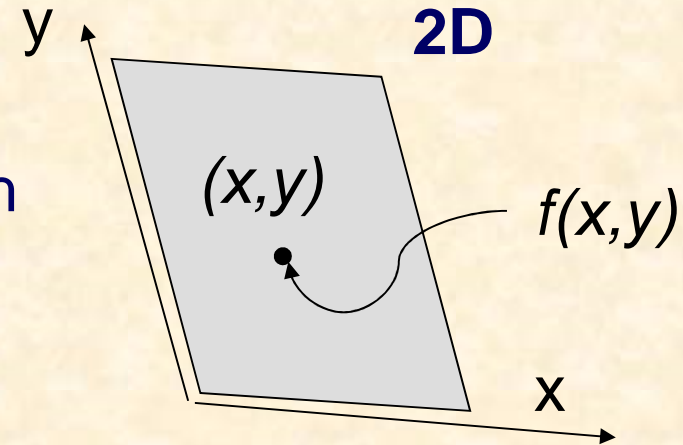


Model formowania obrazu



Model formowania obrazu

Obraz – dwuwymiarowy rozkład jasności $f(x,y) > 0$ odwzorowujący energię świetlną padającą w punktach przestrzennych o współrzędnych (x,y)



$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$$

$0 < i(x, y) < \infty$ - światłość w pkt. (x,y)

$0 < r(x, y) < 1$ - współczynnik odbicia w pkt. (x,y)

światłość: słoneczny dzień - 5000 cd/m^2 ,
pochmurny dzień - 1000 cd/m^2 , światło księżyca - 0.001 cd/m^2 ,

wsp. odbicia: czarny welur - 0.01, biała kartka papieru - 0.8, śnieg - 0.93.

Model formowania obrazu

Dla linowego procesu akumulacji energii w płaszczyźnie obrazu:

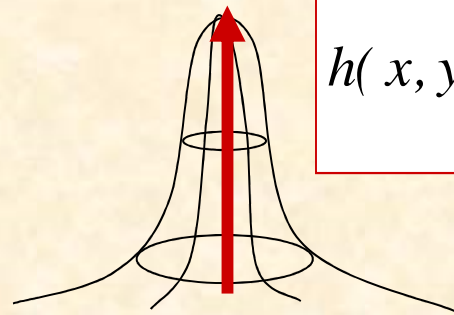
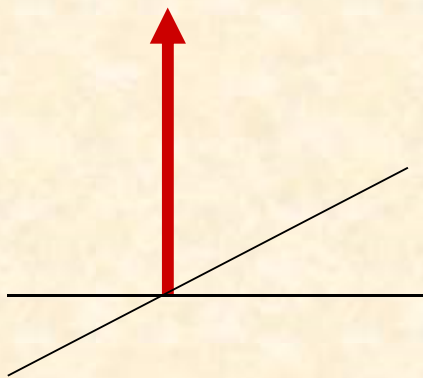
$$f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int f(\alpha, \beta) h(x, y, \alpha, \beta) d\alpha d\beta$$

$h(\cdot)$ - tzw. **funkcja rozmycia punktu** (*ang. point spread function*) opisująca wpływ promieniowania otoczenia wybranego punktu obiektu (α, β) na energię odpowiadającego mu punktowi obrazu (x, y) .

Model formowania obrazu

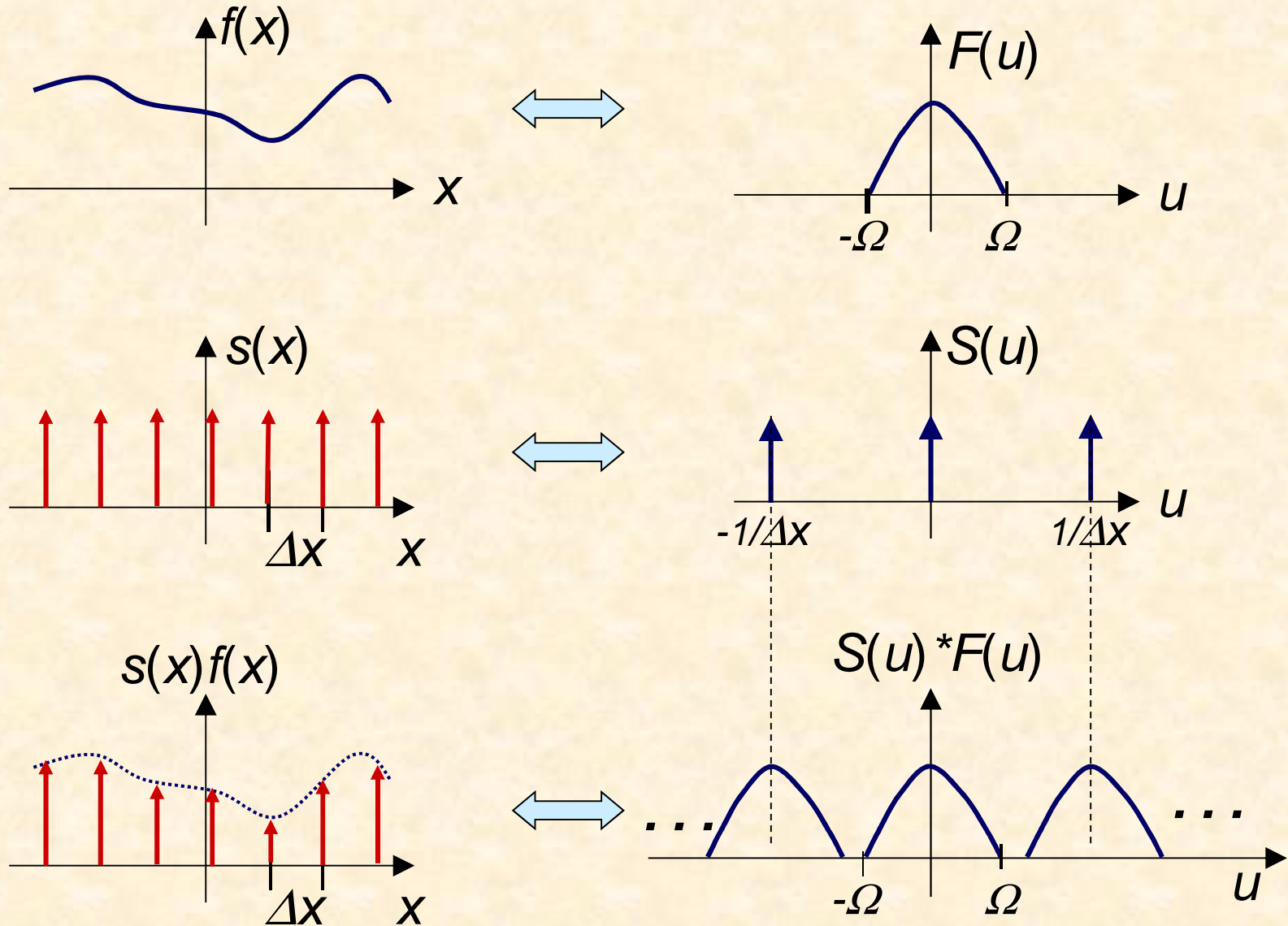
Jeżeli funkcja rozmycia punktu jest niezmienna względem przesunięcia to układ formowania obrazu opisuje całka splotowa:

$$f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha, \beta) h(x - \alpha, y - \beta) d\alpha d\beta$$



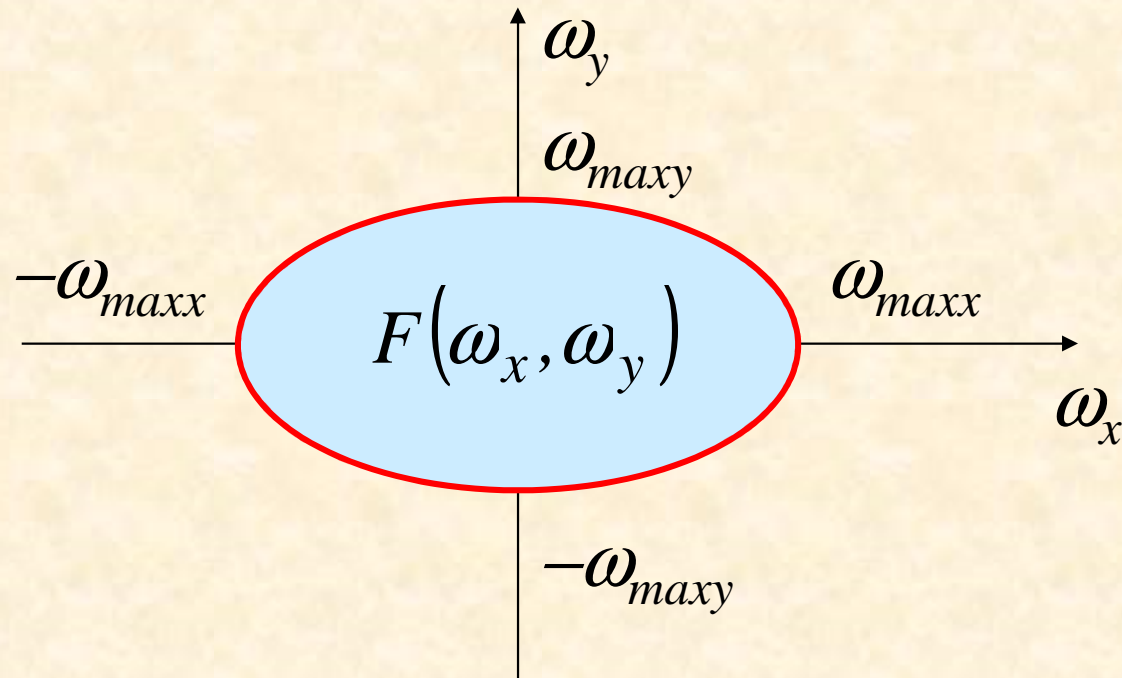
$$h(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

Próbkowanie sygnału jednowymiarowego



Dyskretyzacja przestrzenna obrazu

Zakładamy, że obraz analogowy charakteryzuje się ograniczoną szerokością widma Fourierowskiego.



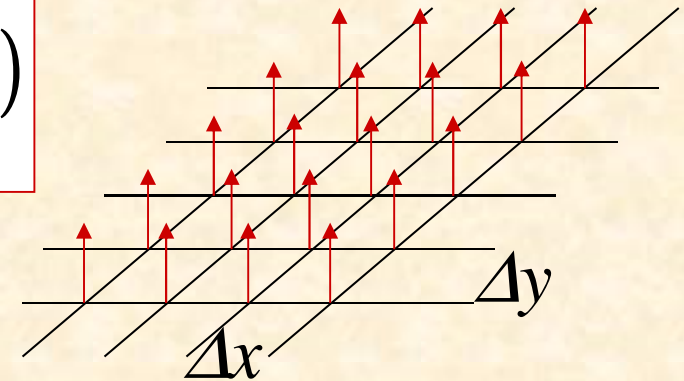
Dyskretyzacja przestrzenna obrazu

W komputerowym systemie przetwarzania obrazów, obraz analogowy (o **ograniczonym widmie**) jest próbkowany i kwantowany za pomocą dwuwymiarowej funkcji próbkującej:

$$S(x, y) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} \delta(x - i\Delta x, y - k\Delta y)$$

obraz spróbkowany:

$$\begin{aligned} f_s(x, y) &= f(x, y)S(x, y) = \\ &= \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} f(i\Delta x, k\Delta y)\delta(x - i\Delta x, y - k\Delta y) \end{aligned}$$



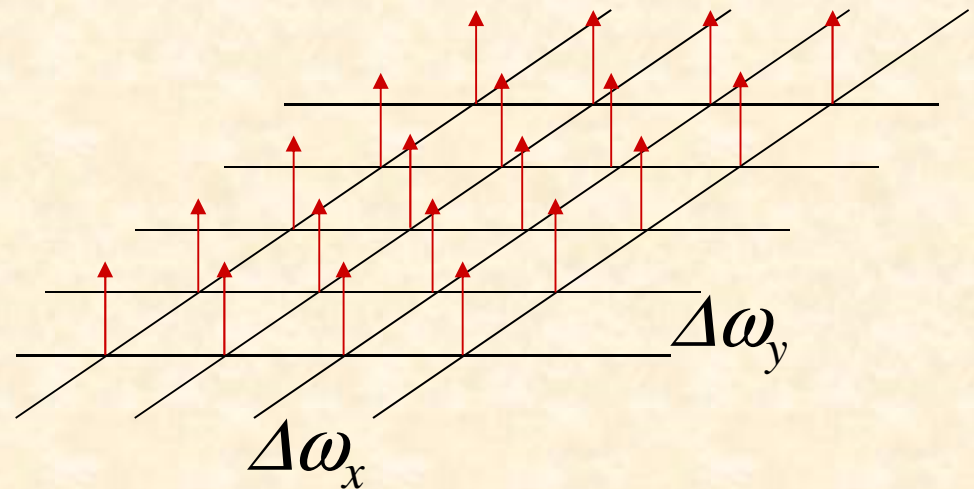
Dyskretyzacja przestrzenna obrazu

W dziedzinie widma Fouriera, próbkowanie przestrzenne obrazu odpowiada splotowi widma obrazu oraz widma funkcji próbkującej. Widmo funkcji spróbkowanej:

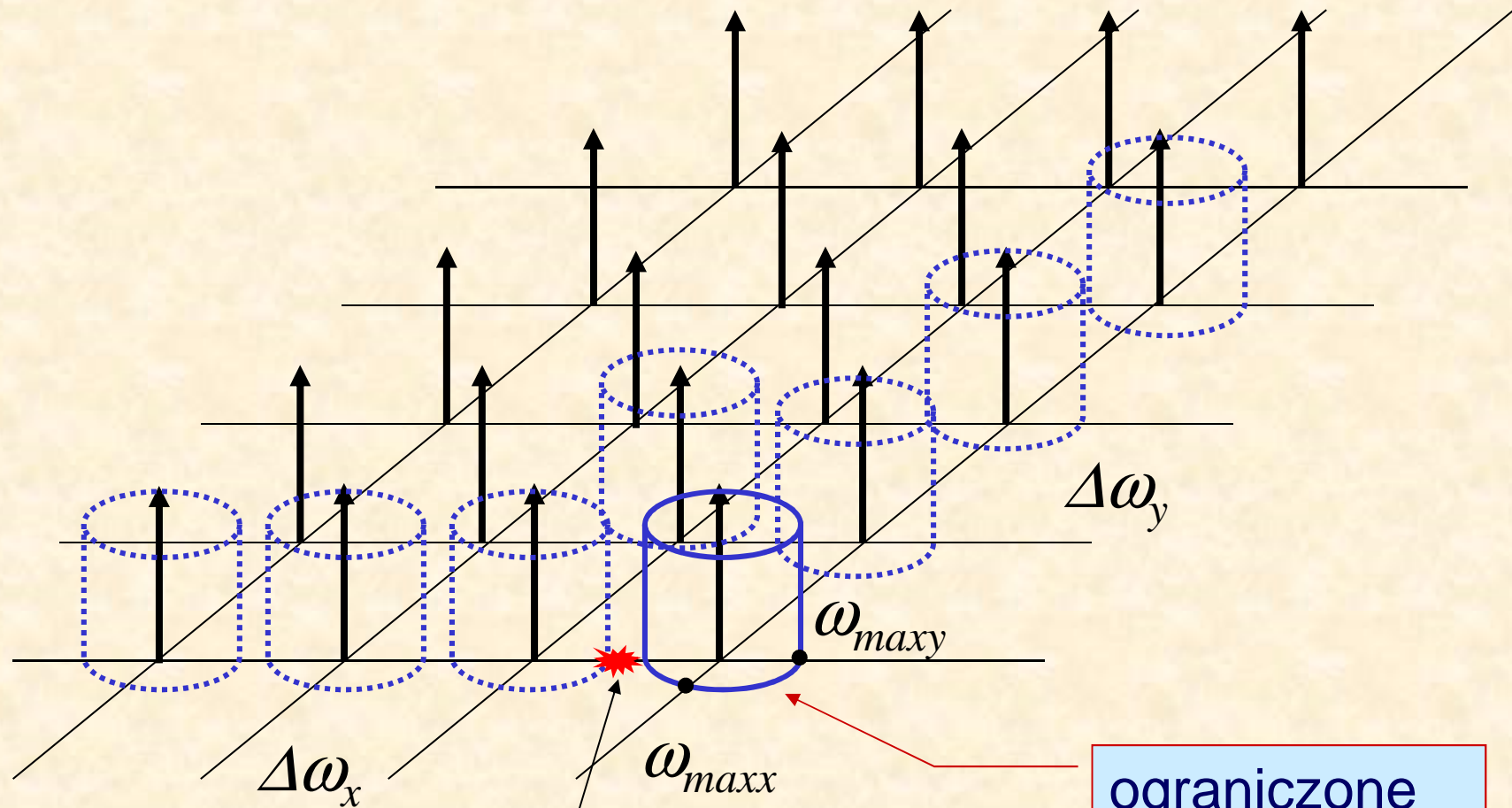
$$F_s(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{\Delta x \Delta y} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} F(\omega_x - i\Delta\omega_x, \omega_y - k\Delta\omega_y)$$

gdzie:

$$\Delta\omega_x = \frac{1}{\Delta x}, \quad \Delta\omega_y = \frac{1}{\Delta y}$$



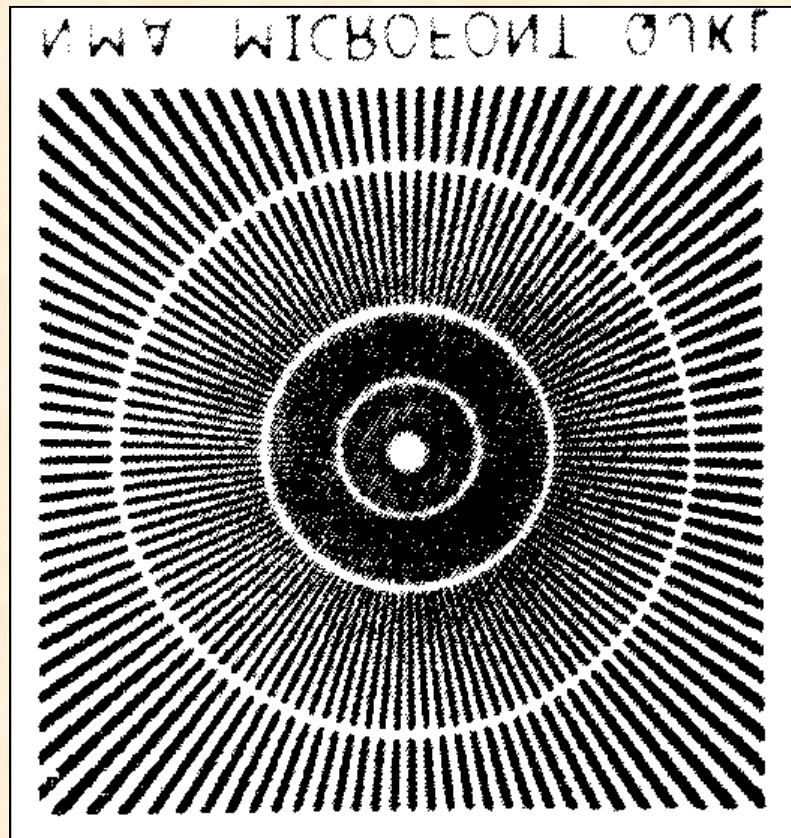
Powielenie okresowe widma obrazu próbkowanego



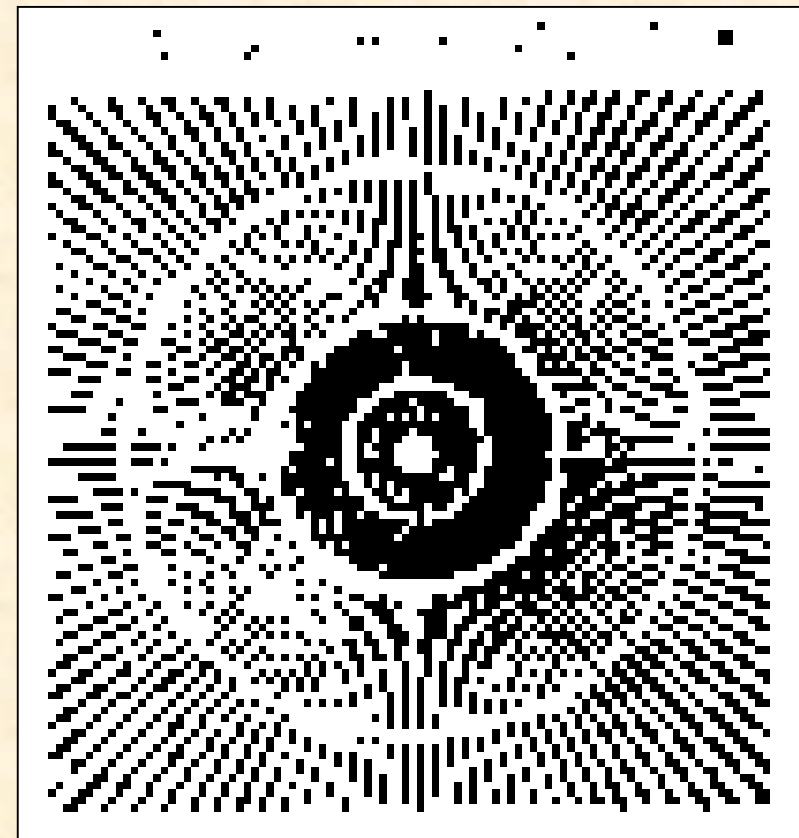
$$\Omega_{\max} < \frac{\Delta\omega_x}{2} = \frac{1}{2\Delta x}$$

ograniczone
widmo obrazu

Efekt nakładania widm - przykład



500 dpi



100 dpi
(ang. *dots per inch*)

Obrazy skanowane:

Przetwarzanie obrazu optycznego na sygnał elektryczny

Akwizycja obrazu jest procesem zamiany energii świetlnej pochodzącej od punktów obserwowanej sceny na sygnał elektryczny dogodny do rejestracji i przechowywania.

Urządzenia do elektronicznej rejestracji obrazów:

- **kamera wideo CCD**
- **cyfrowy aparat fotograficzny**
- **skaner**
- **digitizer**

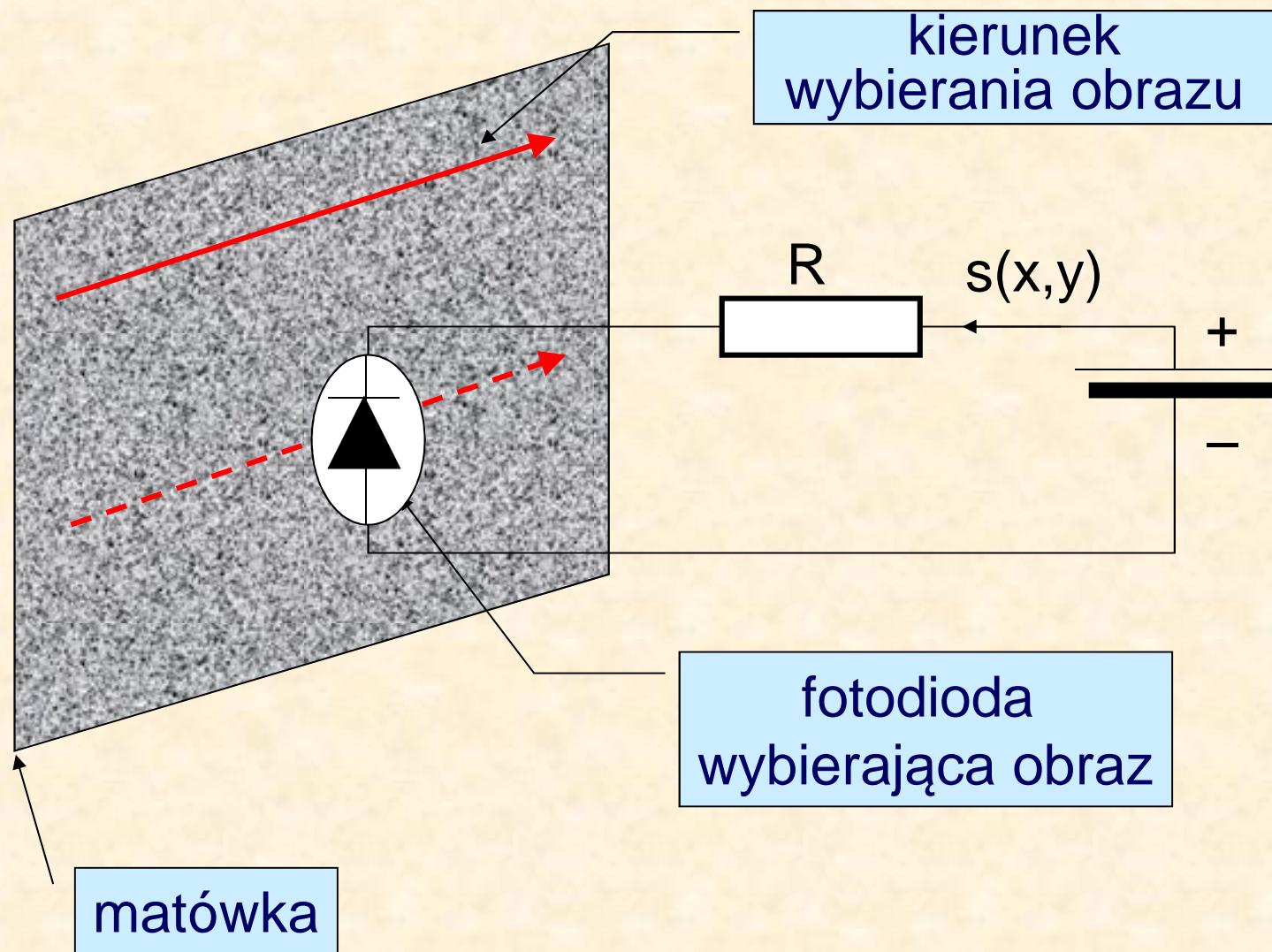
Przetwarzanie obrazu optycznego na sygnał elektryczny

Zadaniem przetwornika opto-elektrycznego jest zamiana rozkładu energii $f(x,y)$ na sygnał elektryczny, proces ten jest nazywany **wybieraniem obrazu**.

Podstawowe sposoby zamiany obrazu optycznego na sygnał elektryczny:

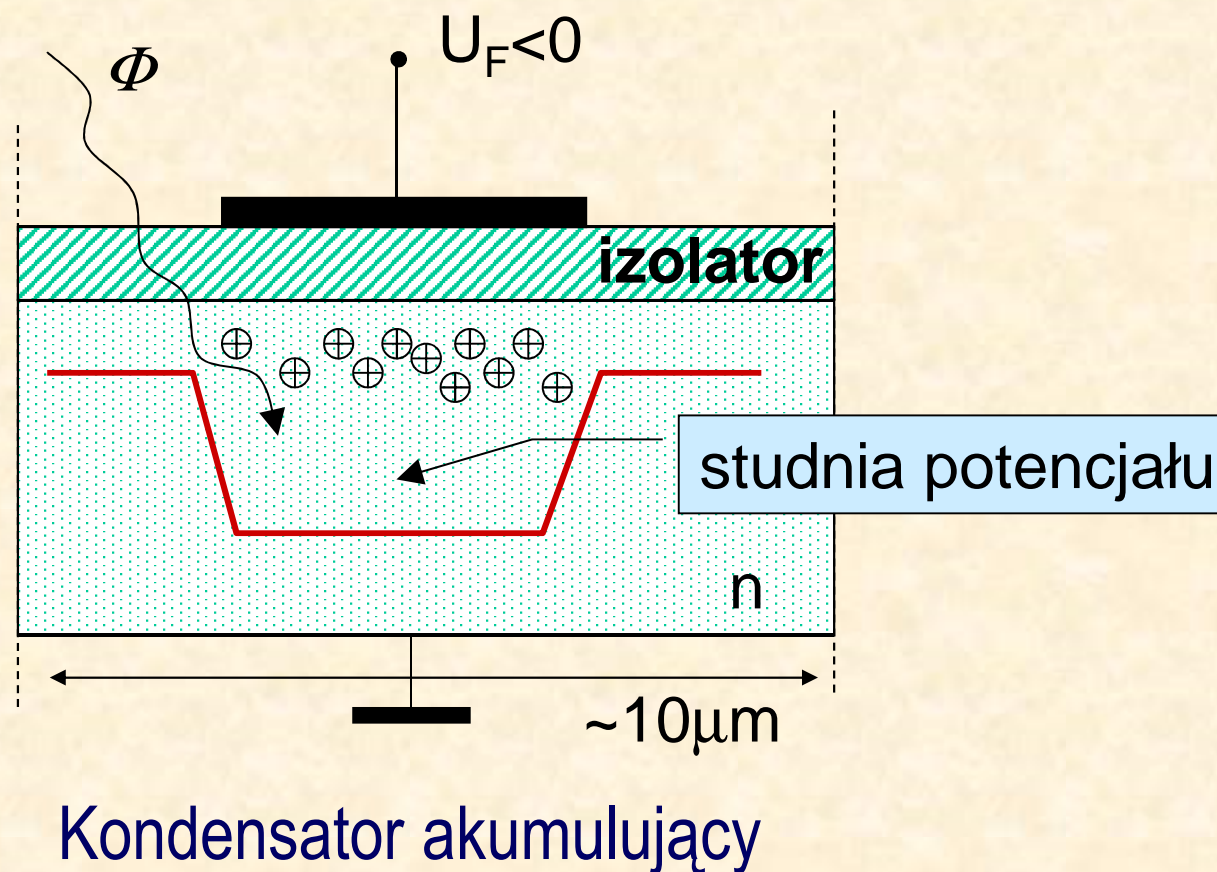
- **bez akumulacji fotoładunków** (np. skaner optyczny),
- **z akumulacją fotoładunków** (np. widikon, matryca CCD)

Przetwornik bez akumulacji fotoładunków, np. skaner

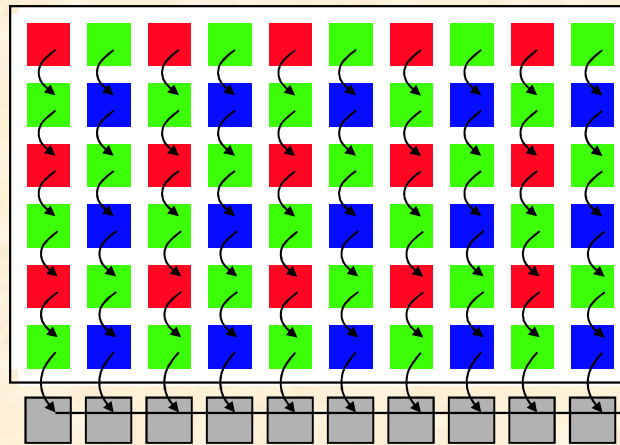


Scalony analizator obrazu (z akumulacją ładunków)

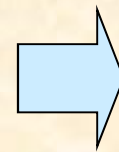
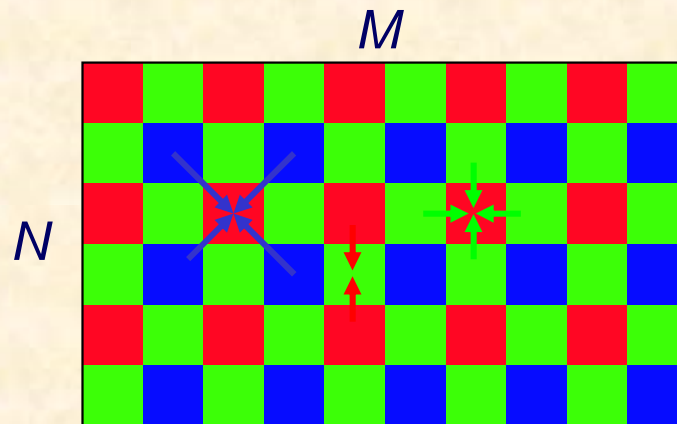
Scalony analizator obrazu wykorzystuje efekt fotoelektryczny wewnętrzny.



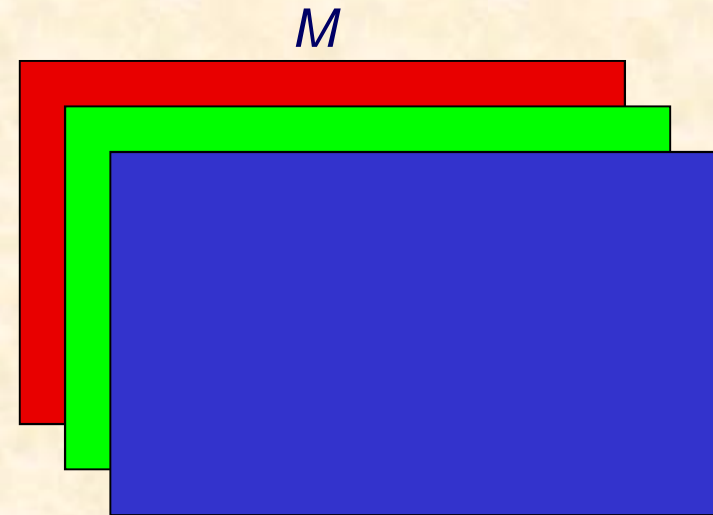
Tablica Bayera



Format Raw CCD



N



Wyznacz obraz RGB stosując interpolację kolorów składowych

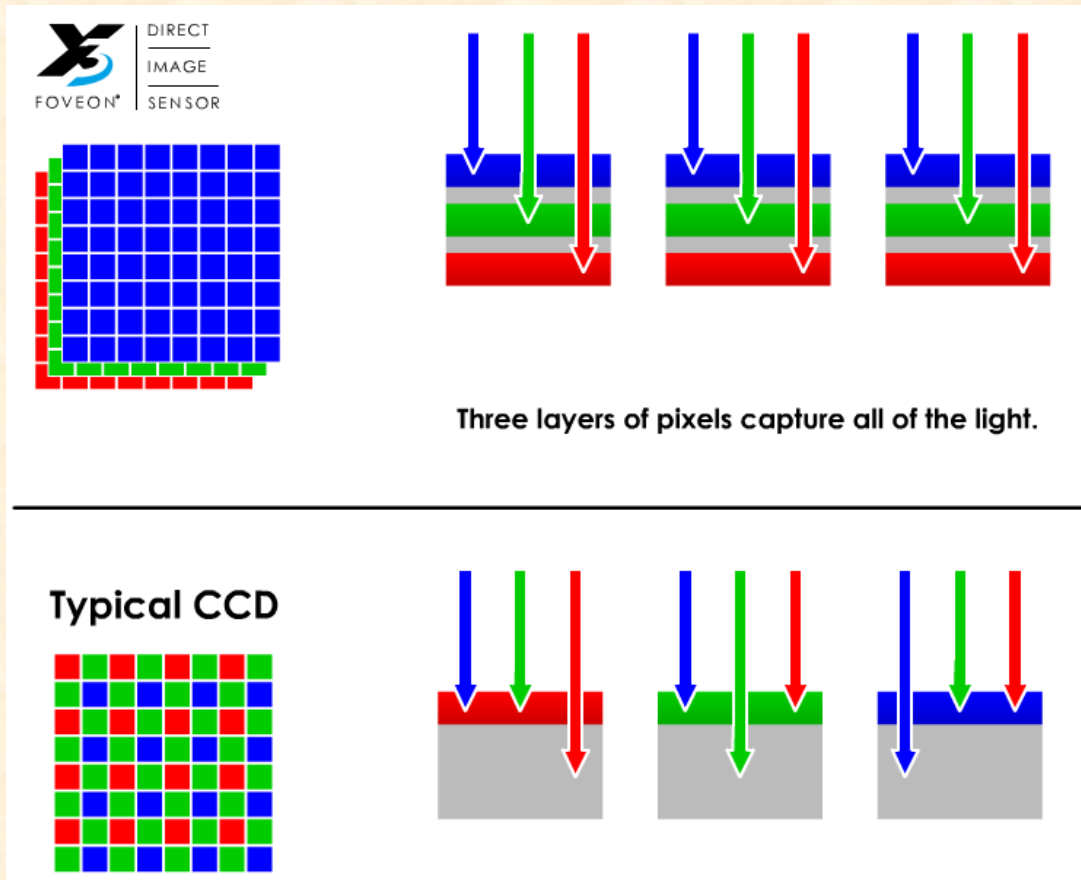
Pixim – Digital Pixel System (DPS)



Oddzielny przetwornik A/C dla
każdego punktu obrazu

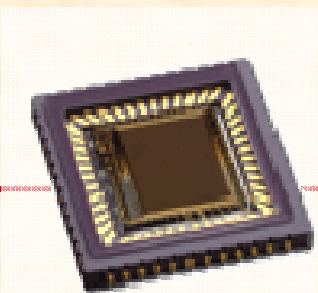
Pojedynczy przetwornik A/C

Matryca firmy FOVEON



<http://www.foveon.com>

Przetworniki obrazu CMOS

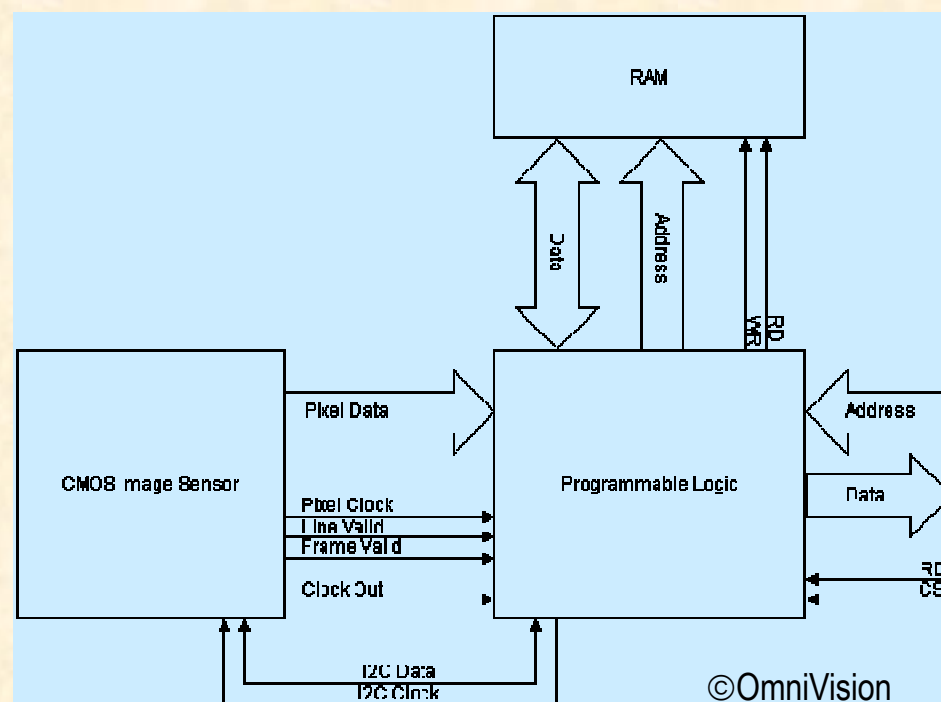


Zalety:

- tania technologia (stosowano do produkcji modułów pamięci VLSI),
- mały pobór mocy (100 mniejszy niż CCD!),
- dostęp do dowolnego obszaru obrazu ,
- nie ma „rozpływania ładunku” jak dla CCD,
- możliwa integracja przetwornika A/C i modułów przetwarzania obrazu na jednej kostce .

Wady:

- bardziej podatna na zakłócenia niż CCD,
- mniejsza czułość (duża liczba tranzystorów dla jednego punktu obrazu).

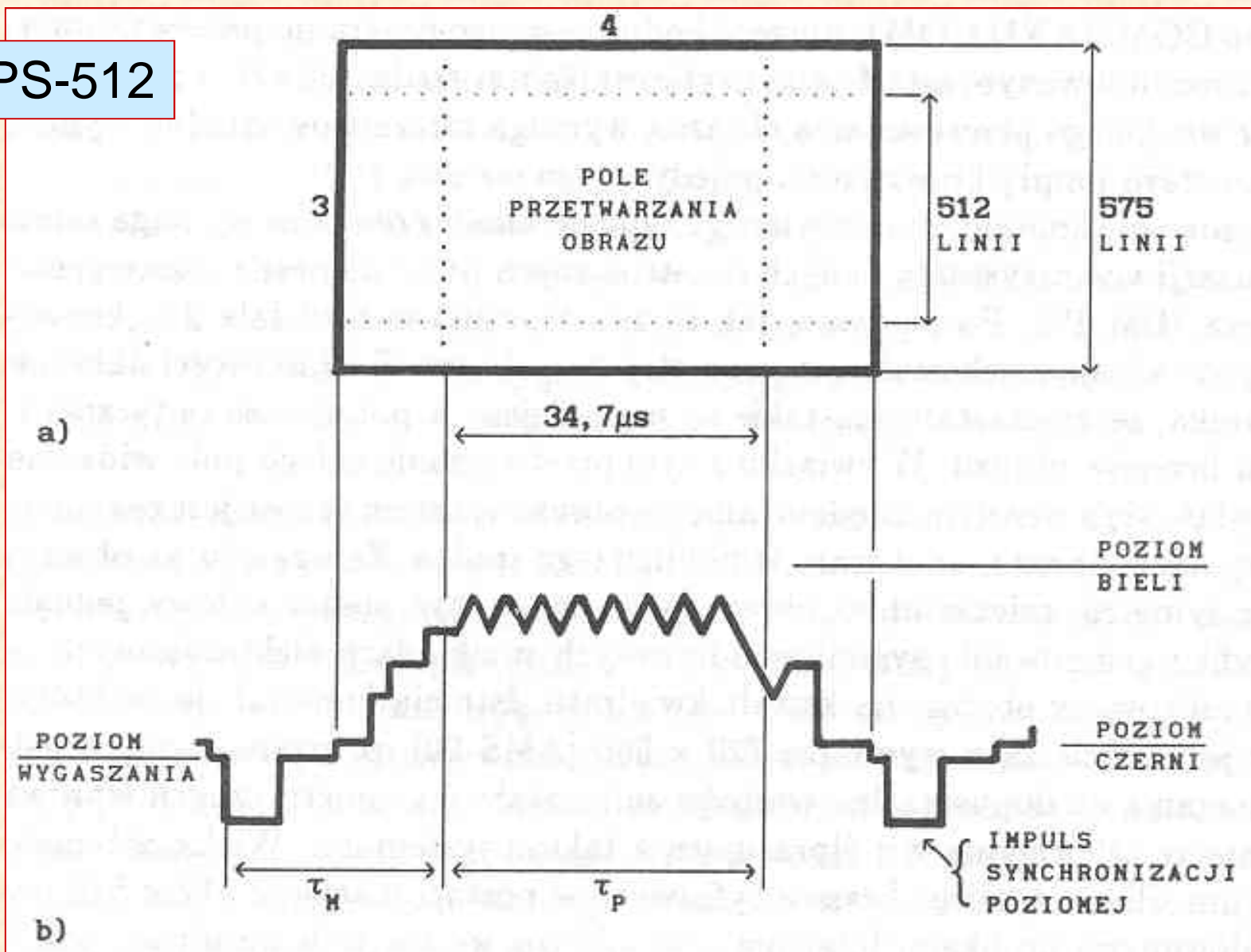


Standardy telewizji monochromatycznej

- europejski **CCIR** (625 (**575**) linii, czas wybierania linii 64us, 50 półobrazów na 1 sek., parametry sygnału 1Vpp, 75Ω)
- amerykański **RS170** (525 (**484**) linii, czas wybierania linii 63,5 us, 60 półobrazów na sek., parametry sygnału 1.4 Vpp, 75Ω)
- amerykański **RS-343** (875 linii, 60 półobrazów, przeznaczona dla systemów CCTV, zastosowania naukowe,...)

Pole obrazu telewizyjnego dla systemu CCIR

MIPS-512



Kamera CCD firmy COHU®



Specification Highlights

Imager:

1/2" interline transfer CCD

Picture Elements:

RS-170A: 768 (H) x 494 (V);
CCIR: 752 (H) x 582 (V)

Pixel Cell Size:

RS-170A: 8.4 μm (H) x 9.8 μm (V);
CCIR: 8.6 μm (H) x 8.3 μm (V)

Resolution:

RS-170A: 580 horizontal TVL, 350 vertical TVL; CCIR: 560 horizontal TVL, 450 vertical TVL

Synchronization:

Crystal/H&V/Asynchronous, standard

Shutter: 1/60 to 1/10,000

AGC: 20 dB

Integration: 2 - 16 Fields

Sensitivity:

Full video, No AGC: 0.65 lux; 80% video, AGC on: 0.04 lux; 30% video, AGC on: 0.008 lux

S/N Ratio (Gamma 1, gain 0 dB): 55 dB

Scalone analizatory obrazu - zalety

Zalety scalonych przetworników obrazu:

- małe wymiary,
- duża odporność na udary mechaniczne (70 G),
- pomijalne zniekształcenia geometryczne matrycy CCD,
- niskie napięcie zasilające (12 V, 1.4W),
- dynamika pracy ~70 dB,
- przetwarzanie liniowe (regulowany współczynnik gamma),
- zerowa bezwładność,
- rozdzielczość porównywalna lub lepsza od lamp widikonowych,
- duża trwałość i niezawodność,
- niska cena.

Karta akwizycji obrazu – ang. *frame grabber*

Matrox CronosPlus

Video capture board for PCI captures from **NTSC**, **PAL**, **RS-170** and **CCIR** video sources, connect up to 4 CVBS or 1 Y/C trigger input, 7 TTL auxiliary I/Os, 32-bit/33MHz PCI-bus master



Software is sold separately, includes e.g., **Matrox ® Imaging Library** for Microsoft® Windows®

