

Pozyskiwanie obrazów

Krzysztof Krawiec

Przetwarzanie i Rozpoznawanie Obrazów

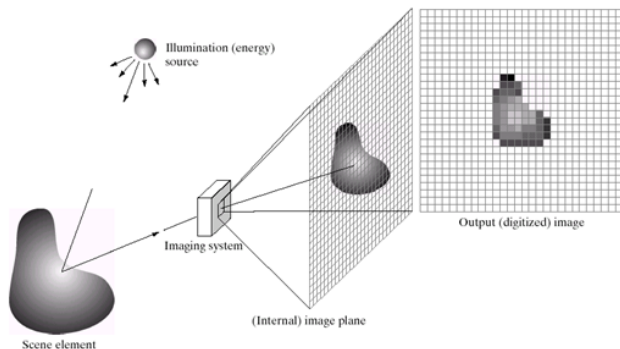
February 3, 2015

Wprowadzenie

Pozyskiwanie obrazów

Pozyskiwanie obrazu (ang. image acquisition) to proces odzwierciedlania obrazu rzeczywistej sceny/obiektu w postaci obrazu (zazwyczaj cyfrowego).

Najczęściej: obiekt trójwymiarowy (3D) w obraz dwuwymiarowy (2D)
Cel: pożądane jest, aby pozyskany obraz dyskretny był topologicznie równoważny oryginalnemu obrazowi ciągłemu.



a b c d e

FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy ("illumination") source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

Etapy

- Scena 3D
- Układ optyczny
- Obraz analogowy 2D
- Przetwornik optoelektroniczny
- Sygnał wizyjny
- Przetwornik AC
- Obraz cyfrowy 2D
- [Kompresja]
- Przetwarzanie obrazu (komputer)

Dwa niezbędne elementy:

- detektor,
- przetwornik A/C (digitizer).

Uwaga! Są od tego wyjątki: Obraz cyfrowy może być:

- wynikiem konwersji z oryginału analogowego (fizycznego)
- od razu cyfrowy (np. SPECT, tomografia pozytonowa).

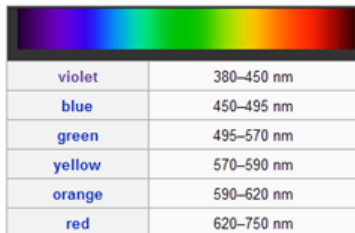
- Urządzenie fizyczne czułe na pewien zakres fal elektromagnetycznych/promieniowania,
- Produkujące sygnał elektryczny zależny do energii fali.

Uwagi:

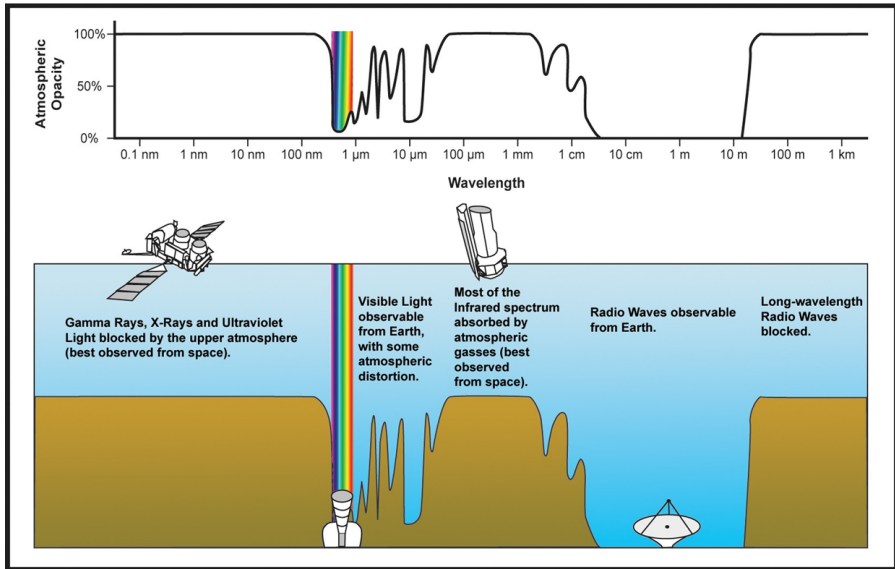
- Czułość zazwyczaj zależna od długości fali (nieliniowa) => pasmo przenoszenia,
- Zależność zazwyczaj nieliniowa (np. logarytmiczna lub wykładnicza)

Widmo fal elektromagnetycznych

CLASS	FREQUENCY	WAVELENGTH	ENERGY
γ	300 EHz	1 pm	1.24 MeV
HX	30 EHz	10 pm	124 keV
SX	3 EHz	100 pm	12.4 keV
EUV	300 PHz	1 nm	1.24 keV
NUV	30 PHz	10 nm	124 eV
VIS	3 PHz	100 nm	12.4 eV
NIR	300 THz	1 μ m	1.24 eV
MIR	30 THz	10 μ m	124 meV
FIR	3 THz	100 μ m	12.4 meV
EHF	300 GHz	1 mm	1.24 meV
SHF	30 GHz	1 cm	124 μ eV
UHF	3 GHz	1 dm	12.4 μ eV
VHF	300 MHz	1 m	1.24 μ eV
HF	30 MHz	1 dam	124 neV
MF	3 MHz	1 hm	12.4 neV
LF	300 kHz	1 km	1.24 neV
VLF	30 kHz	10 km	124 peV
VF	3 kHz	100 km	12.4 peV
ELF	300 Hz	1 Mm	1.24 peV
	30 Hz	10 Mm	124 feV

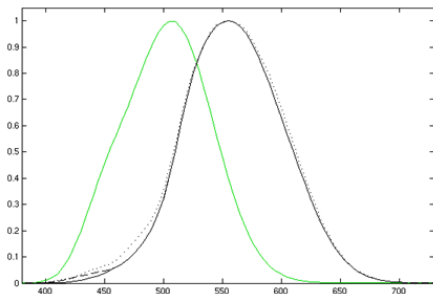


Pochłanianie fal EM w atmosferze Ziemi



- pasmo przenoszenia i czułość widmowa, np.
- światło widzialne, podczerwień, promieniowanie X
- stosunek sygnału do szumu (signal-to-noise ratio, SNR),
- czas całkowania (prędkość migawki)
- częstotliwość próbkowania (liczba klatek na sekundę, frames per second, FPS, IPS),
- częstotliwość próbkowania przestrzennego = rozdzielczość:
- rozdzielczość przestrzenna (liczba pikseli/jednostkę odległości) lub par linii/mm
- rozdzielczość kątowna (cycle / degree of vision) .
- kształt punktu (ang. pixel form) i funkcja rozrzutu punktów (opisuje, jak otoczenie punktu wpływa na wartość mierzoną w punkcie)

„pręcikowa” (nocna, l. zielona) i „czopkowa” (dzienna, l. czarna)



Dwie kategorie:

- Działające bez akumulacji ładunków
 - (np. fotodioda fizycznie przemieszczana przed obrazem),
 - Zaleta: mierzą chwilową intensywność wiązki (nie całkują, a zatem nie uśredniają po czasie)
- Działające z akumulacją ładunków elektrycznych (np. CCD)
 - Zalety: większy sygnał i większa czułość
 - Wada: niezerowy czas całkowania

- Kamera; kolorowa lub stopnie szarości; ewentualnie stereoskopia
 - Kamery typu vidicon (fotoprzewodnictwo),
 - Elementy CCD (charge-coupled devices),
 - Elementy CMOS
- Inne:
 - skaner,
 - Kamery liniowe (np. obrazowanie satelitarne, teledetekcja)
 - digitizer, „tablet”,
- dalmierz laserowy, ultradźwiękowy, oddziaływanie fizyczne z otoczeniem (robotyka),
- aparatura diagnostyczna (np. tomografy, mikroskopia konfokalna)

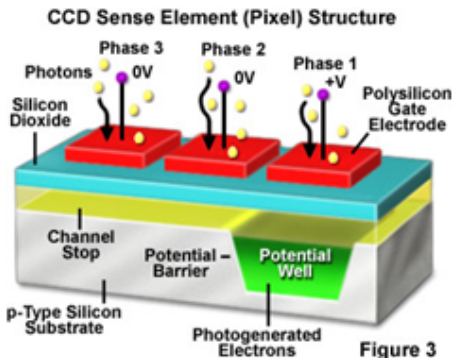
Charge-Coupled Devices

Główne komponenty urządzenia:

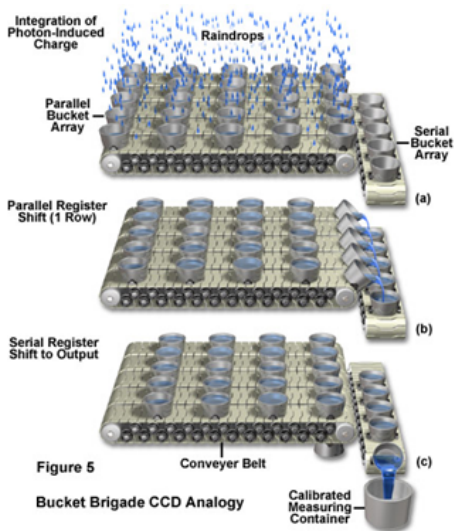
- Matryca sprzężonych, światłoczułych kondensatorów (3..7-13m)
- Rejestr przesuwający
- Wzmacniacz
- [Przetwornik A/C]

CCD: Zasada działania

- Fotony docierając do warstwy półprzewodnika wybijają elektrony z atomów, powodując kumulację ładunku.
- Ładunek jest przesuwany do krawędzi przetwornika poprzez precyzyjne manipulowanie przykładanymi potencjałami (stąd charge-coupled; BTW, CCD wynikły z badań nad pamięciami)
- Ładunek jest zbierany do rejestru przesuwanego.
- Rejestr przesuwanego przekazuje sygnał do wzmacniacza.



Analogia „strazacka” (*bucket-brigade*)





The Nobel Prize in Physics 2009

"for groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication"

"for the invention of an imaging semiconductor circuit – the CCD sensor"



Photo: Richard Epworth

Charles K. Kao

🕒 1/2 of the prize

Standard
Telecommunication
Laboratories
Harlow, United Kingdom;



Copyright © National
Academy of Engineering

Willard S. Boyle

🕒 1/4 of the prize

Bell Laboratories
Murray Hill, NJ, USA



Photo: National Inventors Hall
of Fame Foundation/SCANPIX

George E. Smith

🕒 1/4 of the prize

Bell Laboratories
Murray Hill, NJ, USA

Zalety w porównaniu z tradycyjną fotografią:

- sprawność 70-95% (fotografia 0.5-2%); ważne zwłaszcza np. w astronomii,
- liniowość (materiały fotograficzne się „nasycają”); nielineowość uniemożliwia realizację niektórych operacji arytmetyki obrazowej, np. składanie wielu obrazów,
- lepsze zrównoważenie barw,
- szerszy zakres widma.

Wady: szumy:

- termiczny, przedwzmacniacza, fotonowy

Uwaga! Powszechnie stosowane terminy 1-inch CCD, 1/2 inch CCD, nie odzwierciedlają rzeczywistych rozmiarów przetwornika, lecz wynikają z historycznego porównywania z parametrami kamer typu vidicon.

Np. Przetwornik 1" ma przekątną 16mm

Common CCD Image Sensor Formats
(Dimensions in Millimeters)

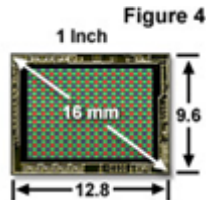
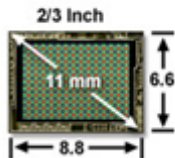
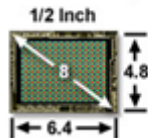
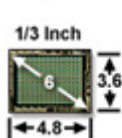


Figure 4

Zwane również *active-pixel sensor* (APS)

- każdy pixel posiada indywidualny tranzystor służący do odczytywania i resetowania natężenia strumienia fotonów.

Zalety:

- niski pobór energii,
- niskie opóźnienie,
- niski koszt produkcji (na zwykłych liniach produkcyjnych MOS)
- możliwość integracji z funkcjami przetwarzania obrazu

Wady:

- Stosunkowo duży szum statyczny (ang. fixed pattern noise),

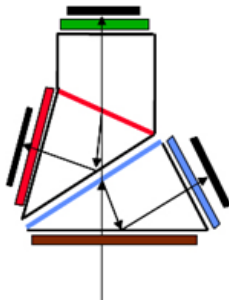
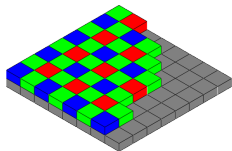
Zastosowania:

- Webcamy, komórki, ale także rozwiązania b. wymagające

Pozyskiwanie obrazu barwnego

1CCD: Stosuje się tzw. filtr Bayera w celu pozyskania informacji o kanałach R, G, i B. Nieznane wartości interpolowane z sąsiednich pikseli. Lokalizacje detektorów R,G,B odpowiadających danemu pikselowi nieznacznie się różnią.

3CCD (bardziej stosownie: 3-chip camera): Obraz jest rozszczepiany pryzmatem. Lokalizacje detektorów są właściwie identyczne.



Szumy w przetwornikach CCD - przykład

Wpływ czasu ekspozycji na stopień zaszumienia

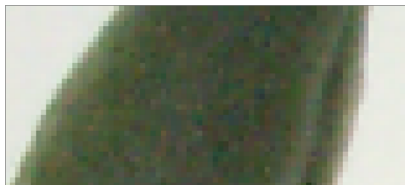
Przykład: Zdjęcie strąków fasoli w świetle przechodzącym



Szумы w przetwornikach CCD - przykład



1/1500 sek.



1/90 sek.

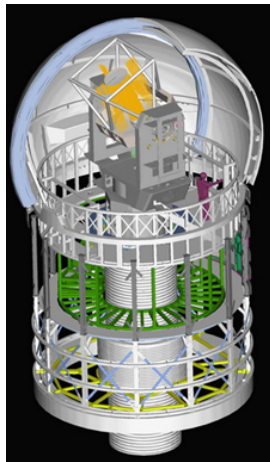
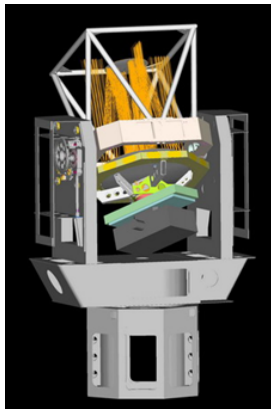
Inne źródła utraty informacji

- kwantowanie przestrzenne (rozdzielczość przestrzenna detektora),
- kształt detektora (ang. pixel form)
- kwantowanie poziomów (funkcji charakterystycznej) - przetwornik A/C,
- kwantowanie w dziedzinie czasu (uwaga! dotyczy nie tylko sygnału video),
- zniekształcenia toru optycznego (np. kamery/mikroskopu)
 - konieczność kalibracji (analogia do obrazu testowego w TV)
- szумы wprowadzane przez detektor (tzw. dark/system noise); sposoby zapobiegania:
 - chłodzenie detektora (redukuje szum o rząd wielkości przy spadku o każde 20°C),
- wielokrotne pozyskiwanie obrazów statycznych i uśrednianie,
- inne, specyficzne dla zastosowania, np:
 - fluktuacje powietrza
 - niezerowa grubość preparatu mikroskopowego.

Przykład dużego detektora CCD

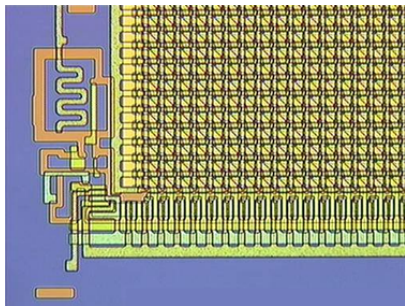
Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System), w budowie, zorientowany głównie na wykrywanie obiektów o torze kolizyjnym z Ziemią

4 teleskopy, każdy z polem widzenia 3° (wyjątkowo dużo jak na teleskopy tych rozmiarów),



Przykład dużego detektora CCD

Przetwornik w powiększeniu (szerokość obrazu: ok. 0.25mm)



<http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public/home.html>

- Przy kształcie punktu, który nie jest środkowo symetryczny, przy różnych względnych orientacjach kraty detektora i analizowanej sceny, małe obiekty mogą być raz pomijane, innym razem zaś nie.
- Całkowite pominięcie zachodzi oczywiście tylko dla bardzo małych obiektów, ale w ogólności to zjawisko przyczynia się do zniekształceń obrazu.

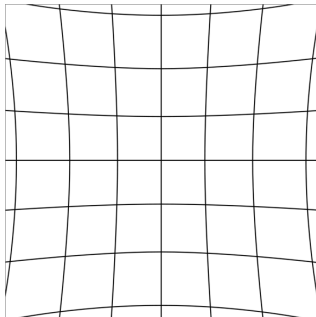
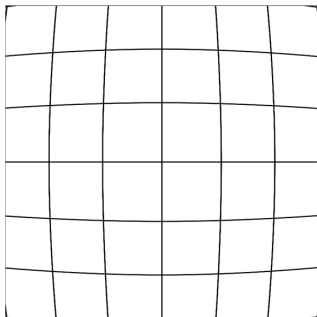
Zniekształcenia toru optycznego

Zniekształcenia beczkowate (*barrel distortion*):

- powiększenie zmniejsza się wraz z oddalaniem się od osi optycznej,
- dotyczy zwłaszcza obiektywów szerokokątnych

Zniekształcenia poduszkowate (*pincushion distortion*):

- powiększenie zwiększa się wraz z oddalaniem się od osi optycznej.



Kompensowane dodatkowymi soczewkami

Aberracja chromatyczna

Wynika z istnienia zależności współczynnika załamania od długości fali. Fale o różnej długości (różne barwy) załamują się pod nieznacznie różnymi kątami przechodząc przez pryzmat.



Oświetlenie sceny

Oświetlenie sceny jest kluczową determinantą prawidłowości procesu pozyskiwania obrazu.

Dwie główne kategorie:

- passive sensing: system rozpoznający nie jest (nie musi być) wyposażony w źródło światła/promieniowania
- active sensing: źródło promieniowania jest nieodzownym elementem systemu

Pierwsze 'przybliżenie' wymagań dot. oświetlenia wynika z parametrów kamery (czułość, światło obiektywu (apertura), prędkość migawki)
=> (za: Edmund Industrial Optics)

Typy (modele) oświetlenia

Oświetlenie kierunkowe (*directional illumination*): jedno lub wiele punktowych źródeł

- Zalety: proste, elastyczne, duża jasność
- Wady: znaczna obecność cieni, refleksów/odbić/poświata (glare)
- Zastosowania: inspekcja i pomiar płaskich i matowych obiektów

Glancing illumination: podobnie jak kierunkowe, ale przy bardzo ostrym kącie padania światła

- Zalety: dobrze obrazuje strukturę/topografię powierzchni
- Wady: bardzo intensywne cienie i 'hot spots'
- Zastosowania: identyfikacja defektów powierzchniowych i jakości wykończenia obiektów nieprzejrzystych

Oświetlenie rozproszone (*diffuse*): rozproszone światło z (zazwyczaj) wielu i/lub dużych źródeł

- Zalety: równomierne, brak refleksów
- Wady: gabaryty źródeł światła, trudne do pogodzenia z ograniczoną ilością miejsca w wielu zastosowaniach
- Zastosowania: obrazowanie dużych obiektów ze znacznej odległości, nadaje się też do analizy połyskliwych obiektów

Typy (modele) oświetlenia

Oświetlenie pierścieniowe (*ring light*): Pierścieniowe źródło światła montowane współosiowo bezpośrednio na obiektywie

- Zalety: prawie całkowita redukcja cieni, zintegrowane z obiektywem, daje jednorodne oświetlenie pod warunkiem odpowiedniej odległości
- Wada: odbicie pierścienia od połyskliwych powierzchni, działa tylko dla raczej małych odległości
- Zastosowania: szeroka gama zastosowań (przy matowych obiektach)

Oświetlenie osiowe rozproszone (*diffuse axial*): obiektyw 'patrzy' na scenę przez półprzezroczyste lustro lub pryzmat który jednocześnie odbija światło, współosiowo z osią układu optycznego

- Zalety: bardzo równomierne i rozproszone, prawie całkowita redukcja cieni, prawie brak odbić
- Wady: duże i kłopotliwe w montażu, skuteczne dla małych odległości; straty strumienia światła odbitego przechodzącego przez optykę (częściowe odbicie) wymuszają często stosowanie b. silnego oświetlenia (np. wiele światłowodów)
- Zastosowania: pomiar i inspekcja błyszczących obiektów

Oświetlenie sceny 132
Światło przechodzące (*brightfield/backlight*)

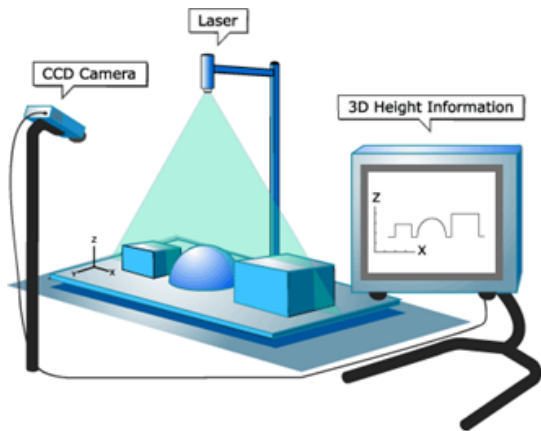
Darkfield: Światło 'wchodzi' do przezroczystego lub półprzezroczystego obiektu prostopadle do osi optycznej

- Zalety: wysoki kontrast szczegółów, także wewnętrznych. Uwidacznia rysy, szczeliny, pęknięcia i pęcherzyki w przezroczystych obiektach
- Wady: kiepski kontrast krawędziowy. Nieprzydatne dla obiektów nieprzezroczystych.
- Zastosowania: inspekcja szkła i plastiku.

Oświetlenie strukturalne (*structured light*): oświetlanie obiektu niejednorodnym wzorcem (linie, plamki, kraty lub okręgi generowane laserem).

- Zalety: eksponuje cechy powierzchni, bardzo dobre do ekstrakcji informacji o głębi.
- Wady: może spowodować odblaski; niektóre kolory (lasera) są absorbowane przez objekty

Oświetlenie strukturalne



„Nieobrazowe” aspekty stosowalności różnych technik oświetlenia:

- gabaryty,
- ilość generowanego ciepła,
- pobór prądu

Reguły stosowalności:

Rodzaje źródeł światła

- Żarowe
- Halogeny, halogeny kwarcowe
- Oświetlenie fluorescencyjne (jarzeniowe)
- LED
- Laser (oświetlenie strukturalne)

Stosowanie polaryzatorów do redukcji odbłyśków (glare) i polepszenia kontrastu

Polaryzatory montowane na obiektywie, źródle światła, lub na obu urządzeniach

Spolaryzowane światło pochodzące ze źródła pozostanie spolaryzowane po odbiciu; wady powierzchni zmieniają polaryzację

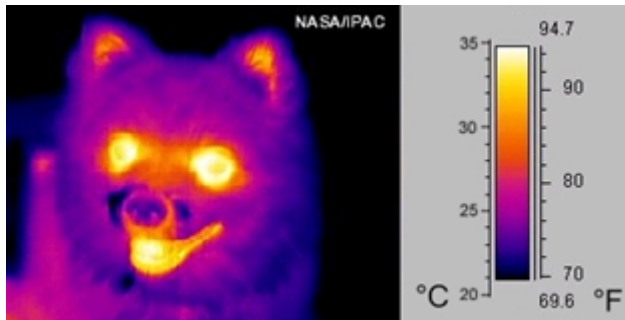
- (ang. *fiber optic illuminator*)
- Wada światłowodów: puste przestrzenie pomiędzy włóknami światłowodu powodują spadek jego wydajności
- (tzw. *packing fraction loss*)
- Dlatego: światłowody ciekłe (?) (*liquid light guides*)

Inne

- Nadfiolet
- Podczerwień:
 - Bliska podczerwień,
 - Daleka podczerwień (nawet do 14nm, w porównaniu 450-750nm pasma widzialnego)

Kamery operujące w podczerwieni

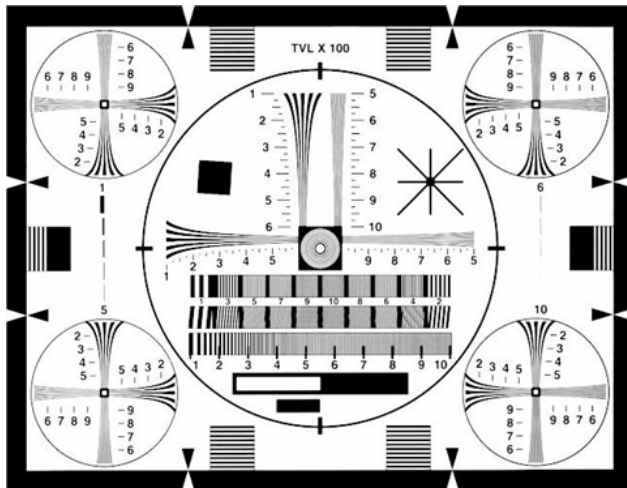
- Chłodzone
 - Półprzewodnikowe
 - Wysoka jakość obrazu
 - Wymagają kosztownego i dużego komponentu chłodzącego
- Niechłodzone
 - Mierzą zmiany np. oporności w funkcji temperatury
 - Niższa rozdzielczość i jakość obrazu
 - Tańsze



ang. omnidirectional vision

Obrazy testowe

Oferowane m.in. przez: DoD, USAF, IEEE



Obrazy testowe

