

Pozyskiwanie obrazów

1

© Krzysztof Krawiec IDSS

2007-05-09



Definicja

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**.

2



Etapy

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

3



Proces pozyskiwania obrazu

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 pozytronowa).

4



Detektor

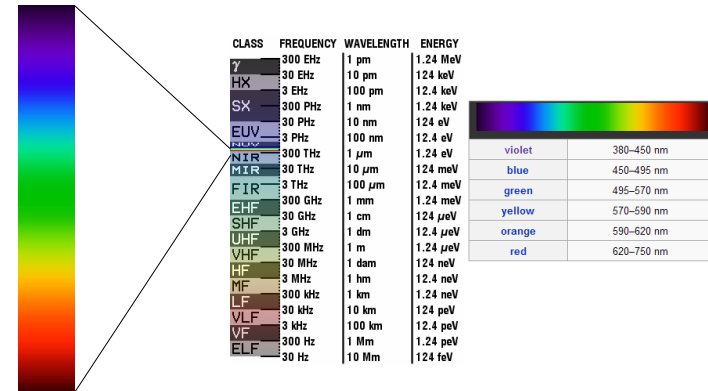
- Urządzenie fizyczne czułe na pewien zakres fal elektromagnetycznych/promieniowania,
- Produkuje sygnał elektryczny zależny do energii fali.

Uwagi:

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

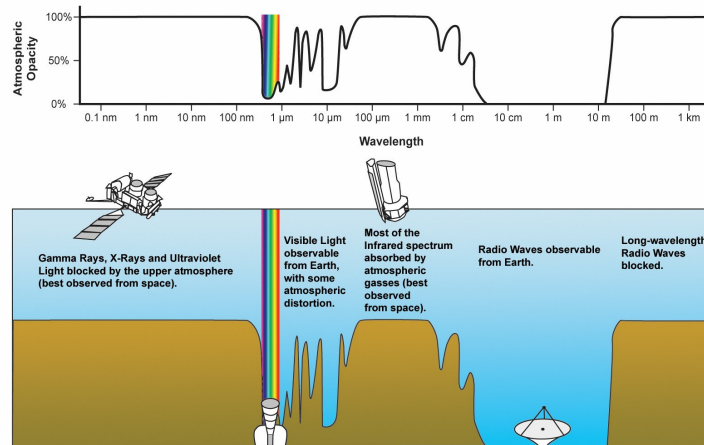
5

Widmo fal elektromagnetycznych



6

Pochłanianie fal EM w atmosferze Ziemi



7

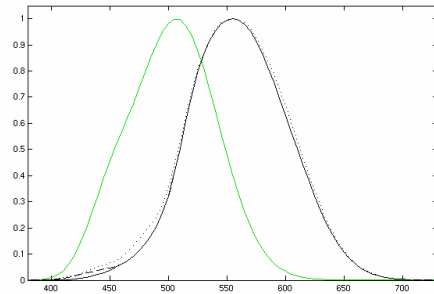
Parametry detektora

- 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 kątowa* (cycle / degree of vision).
- kształt punktu (ang. *pixel form*) i funkcja rozrzutu punktów (opisuje, jak otoczenie punktu wpływa na wartość mierzona w punkcie)

8

Czułość widmowa oka ludzkiego

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



9



Przetworniki

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

10



Urządzenia do pozyskiwania obrazu

- 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)

11



Elementy CCD

ang. *Charge-Coupled Devices*

Główne komponenty urządzenia:

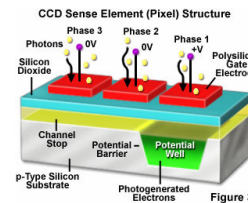
- Matryca sprzężonych, światłoczułych kondensatorów (3..7-13μm)
- Rejestr przesuwający
- Wzmacniacz
- [Przetwornik A/C]

12



CCD: Zasada działania

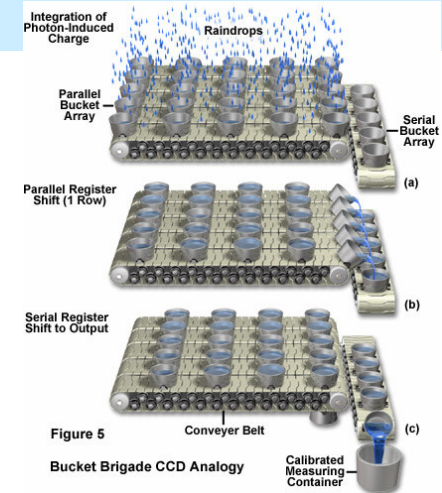
- Fotony docierając do warstwy półprzewodnika wybijają elektrony z atomów, powodując kumulację ładunku.
- Ładunek jest przesuwany do krawędzi przetwornika poprzez precyzyjne manipulowanie przykładanymi potencjałami (stąd *charge-coupled*; BTW, CCD wynikły z badań nad pamięciami)
- Ładunek jest zbierany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



13

Elementy CCD

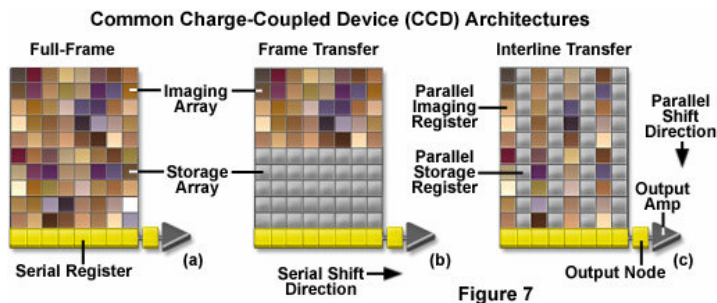
Analogia „strażacka”
(ang. bucket-brigade)
przetwornika CCD.



Za: Nikon Microscopy

14

Typowe architektury CCD



15

Elementy CCD

Zalety w porównaniu z tradycyjną fotografią:

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

Wady: szumy:

- termiczny, przedwzmacniacza, fotonowy

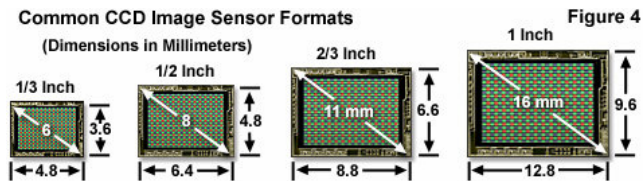
16

* Różne źródła

Typowe rozmiary przetworników CCD

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



17

Detektory CMOS

Zwane również ang. *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:

- 18 – Webcamy, komórki, ale także rozwiązania b. wymagające

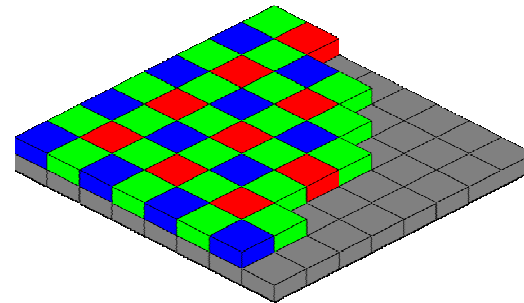
Przetworniki CCD a 3CCD

- W zwykłych przetwornikach CCD lokalizacje detektorów różnią się nieznacznie.
- W przetwornikach 3CCD obraz jest rozszczepiany pryzmatem, i lokalizacje detektorów są właściwie identyczne.

19

Przetworniki 1CCD

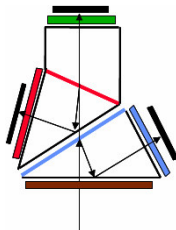
- Stosuje się tzw. filtr Bayera w celu pozyskania informacji o kanałach R, G, i B
- Nieznane wartości interpolowane z sąsiednich pikseli.



20

Przetworniki 3CCD

- W przetwornikach 3CCD obraz jest rozszczepiany pryzmatem, i lokalizacje detektorów są właściwie identyczne.
- Zalety 3CCD:
 - Większa wierność oddawania kolorów
- Wady:
 - Koszt, rozmiary, ciężar
- Bardziej stosowna nazwa: *3-chip cameras* (gdyż pryzmat można stosować niezależnie od typu przetworników)



Pryzmat Philips-type
Za: Optec

21

Szumy w przetwornikach CCD - przykład

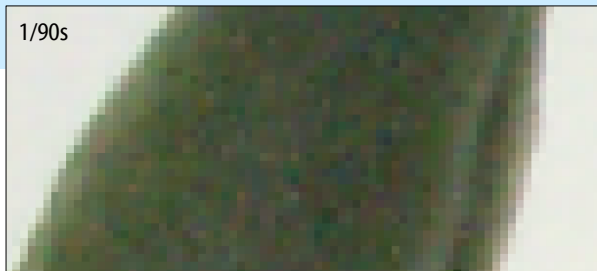
Wpływ czasu ekspozycji na stopień zaszumienia

Przykład: Zdjęcie strąków fasoli w świetle przechodzącym

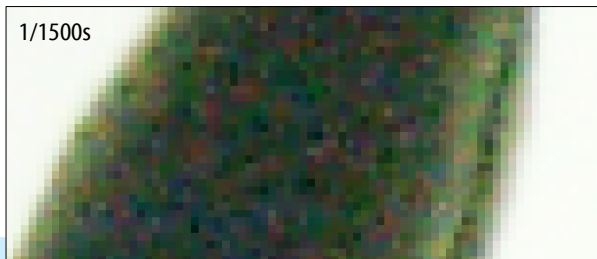


22

1/90s



1/1500s



23

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)
- szumy 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.

24

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),
- Porównywanie obrazów pochodzących z poszczególnych teleskopów celem eliminacji szumów i artefaktów CCD, wykrywanie ruchomych obiektów
- Każda kamera: 1.4 miliarda pikseli: matryca 64×64 złożona z detektorów CCD, każdy detektor o rozdzielczości 600×600 pikseli.
- Jeden obraz = 2GB; 10TB danych generowanych co noc; w związku z tym zapamiętywane będą tylko współrzędne i jasności obiektów,

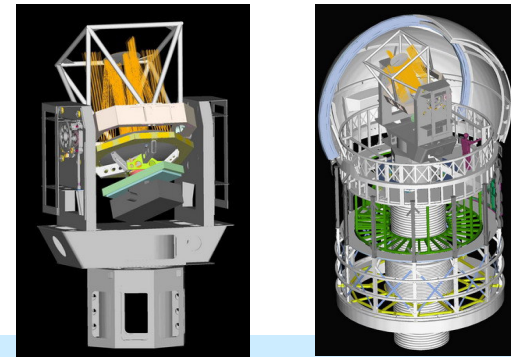
25



Przykład dużego detektora CCD

Orthogonal Transfer CCDs (OTCCD)

- specjalne detektory CCD z wbudowaną kompensacją pozornego ruchu ciał niebieskich wynikającego z fluktuacji atmosfery.

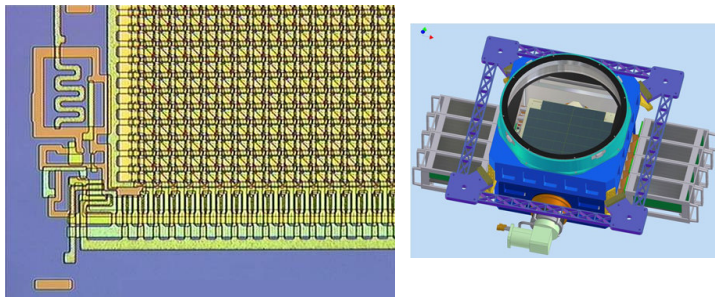


26



Przykład dużego detektora CCD

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



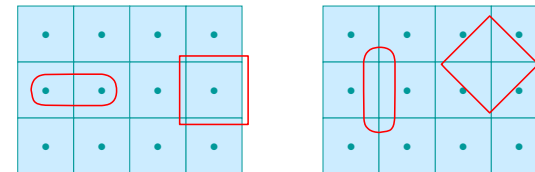
<http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public/home.html>

27



Istotność kształtu punktu (*pixel form*)

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.

28



Zniekształcenia toru optycznego

29

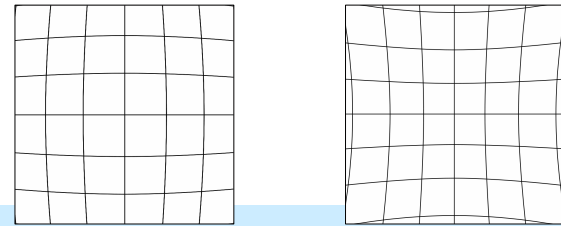
© Krzysztof Krawiec IDSS

2007-05-09



Zniekształcenia toru optycznego

- Zniekształcenia beczkowe (ang. *barrel distortion*):
 - powiększenie zmniejsza się wraz z oddalaniem się od osi optycznej,
 - dotyczy zwłaszcza obiektywów szerokokątnych
- Zniekształcenia poduszkowate (ang. *pincushion distortion*):
 - powiększenie zwiększa się wraz z oddalaniem się od osi optycznej.
- Kompensowane dodatkowymi soczewkami

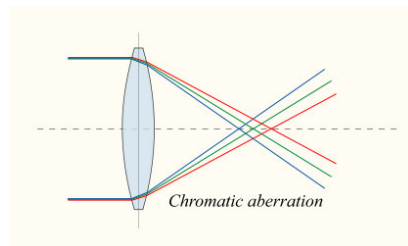


30



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.



31



Oświetlenie sceny

32

© Krzysztof Krawiec IDSS

2007-05-09



Wprowadzenie

- Oświetlenie sceny jest kluczową determinantą prawidłowości procesu pozyskiwania obrazu.
- Dwie duże odmiany:
 - *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)
- Typy (modele) oświetlenia => (za: Edmund Industrial Optics)

33



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



34



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 nieprzezroczystych

35



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

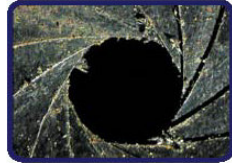


36



Oświetlenie pierścieniowe

- Ang. *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)



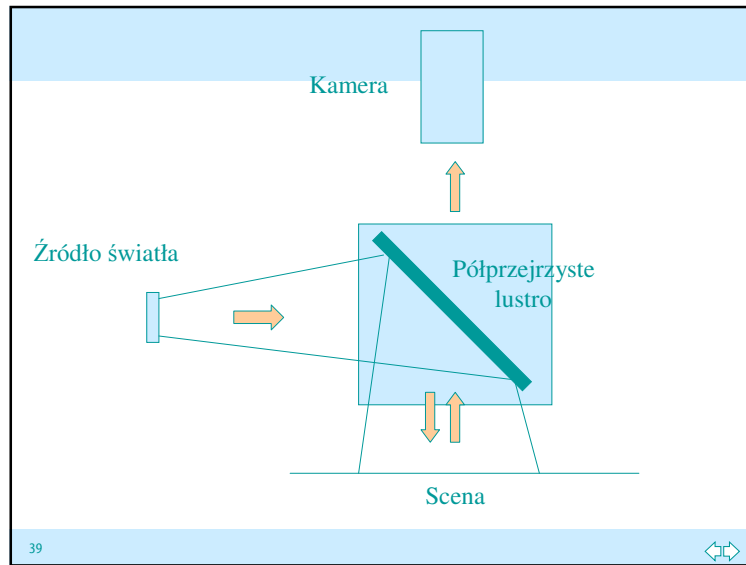
37

Oświetlenie osiowe rozproszone

- Ang. *diffuse axial*
- Obiektyw 'patrzy' na scenę przez półprzezroczyste lustro lub pryzmat który jednocześnie odbija światło. Oświetlenie jest dosłownie współosiowe z osią główną 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



38



39

Światło przechodzące

Ang. *brightfield/backlight*

- Oświetlenie 'z tyłu'
- Zalety: wysoki kontrast i bardzo dobre warunki do wykrywania krawędzi
- Wady: praktycznie całkowicie 'gubi' detale powierzchni
- Zastosowania: pomiar (obwiedni) nieprzezroczystych obiektów, sortowanie przejrzystych kolorowych obiektów, wzorce/plansze testowe



40

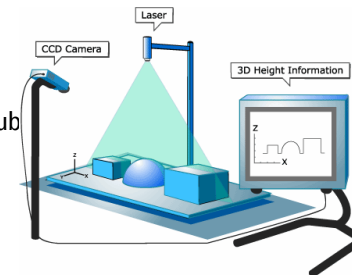
Darkfield

- 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.

41

Oświetlenie strukturalne

- Ang. *structured light*
- Oświetlanie obiektu niejednorodnym wzorcem. Zazwyczaj: linie, plamki, kraty lub okręgi generowane laserem.
- Zalety: eksponuje cechy powierzchni, bardzo dobre do ekstrakcji informacji o głębi.
- Wady: może spowodować odbłaski; niektóre kolory (lasera) są absorbowane przez obiekty
- Analiza topografii obiektu i cech trójwymiarowych.



42

* Za: structured light

Stosowalność różnych typów oświetlenia

„Nieobrazowe” aspekty stosowalności różnych technik oświetlenia:

- gabaryty,
- ilość generowanego ciepła,
- pobór prądu

Reguły stosowalności:

Application Requirements	Type of Object Under Inspection	Illumination Type Suggested
Reduction of Specularity	Shiny Object	Diffuse Front, Diffuse Axial, Polarizing
Even Illumination of Object	Any Type of Object	Diffuse Front, Diffuse Axial, Ring Guide
Highlight Surface Defects or Topology	Nearly Flat (2-D) Object	Single Directional, Structured Light
Highlight Texture of Object with Shadows	Any Type of Object	Directional, Structured Light
Reduce Shadows	Object with Protrusions, 3-D Object	Diffuse Front, Diffuse Axial, Ring Guide
Highlight Defects within Object	Transparent object	Dark Field
Silhouetting Object	Any Type of Object	Backlighting
3-D Shape Profiling of Object	Object with Protrusions, 3-D Object	Structured Light

43

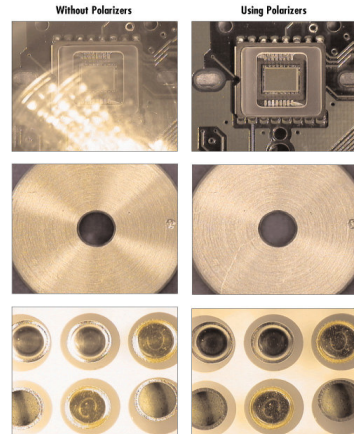
Rodzaje źródeł światła

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

44

Stosowanie światła spolaryzowanego

- 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



45



Inne

Stosowanie światłowodów do oświetlania sceny
(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)



46



Inne

Inne pasma źródeł światła:

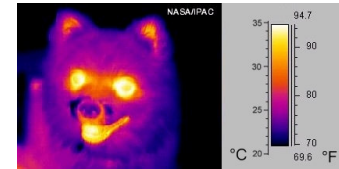
- Nadfiolet
- Podczerwień:
 - Bliska podczerwień,
 - Daleka podczerwień (nawet do 14nm, w porównaniu 450-750nm pasma widzialnego)

47



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



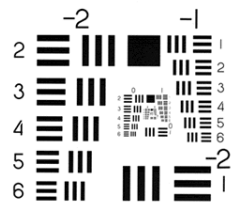
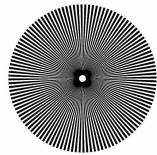
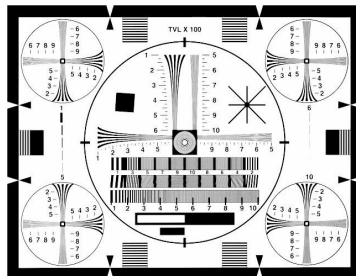
48



Obrazy testowe

Oferowane m.in. przez:

- DoD
- USAF
- IEEE



49

