



# Moderní metody rozpoznávání a zpracování obrazových informací 2019

## Získání a interpretace 3D obrazových dat

*Vlastimil Hotař, Ondřej Matúšek*

**Katedra sklářských strojů a robotiky**

*Fakulta strojí*

**Oddělení mechatronických soustav**

*Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace*





## Získání a interpretace 3D obrazových dat

V současné době vysoce aktuální.

Využití informací o 3D uspořádání sledované (technologické) scény je pro:

- rozpoznání 3D předmětů (pro třídění, následnou manipulaci, např. bin picking a montáž, zajištění bezpečnosti, navigaci),
- získání 3D virtuálního modelu snímaného objektu,
- hodnocení jakosti (rozměrové přesnosti, kontrola povrchu) a
- obecně v průmyslové a servisní robotice.





## Získání a interpretace 3D obrazových dat

Rozdělení metod podle principu snímače pro primární získání dat na:

- bodové měření,
- profilové měření,
- plošné měření.





## Získání a interpretace 3D obrazových dat

Metody můžeme dělit na:

### *triangulační metody:*

- aktivní triangulace (z hlediska aktivního, tedy přídavného osvětlení):
  - 1D triangulace (bodový laser),
  - 2D triangulace (liniový laser),
  - 3D triangulace (strukturovaný svazek): technika Moiré, technika světelného vzoru, technika barevného vzoru, technika fázového posuvu,
- pasivní triangulace (bez přídavného zdroje energie – osvětlení):
  - pomocí jednoho 2D snímače a jednoho snímku (metoda měření tvaru pomocí textur),
  - ze dvou a více 2D snímačů (stereo vidění),
  - z jednoho 2D snímače ve více polohách,
- měřicí systémy s teodolitem (pouze bodově),
- fokusovací techniky (několik snímků),
- techniky "podoba ze stínování" a fotometrické stereo (jeden nebo více snímků),
- tvar z obrysu (kontury),





## Získání a interpretace 3D obrazových dat

Metody můžeme dělit na:

### ***rastru vzniklého z bodových snímačů:***

- měření vzdálenosti založené na měření času návratu odrážející se energie od sledovaných objektů:
  - modulovaného laserového paprsku elektromagnetického záření (Time of Flight, ToF),
  - zvukového mechanického vlnění (ultrazvuk),
- měření vlnové délky odražené monochromatické složky, která odpovídá dané vzdálenosti (konfokální snímače),
- získání vzdálenosti z triangulace bodového laseru (1D triangulace),

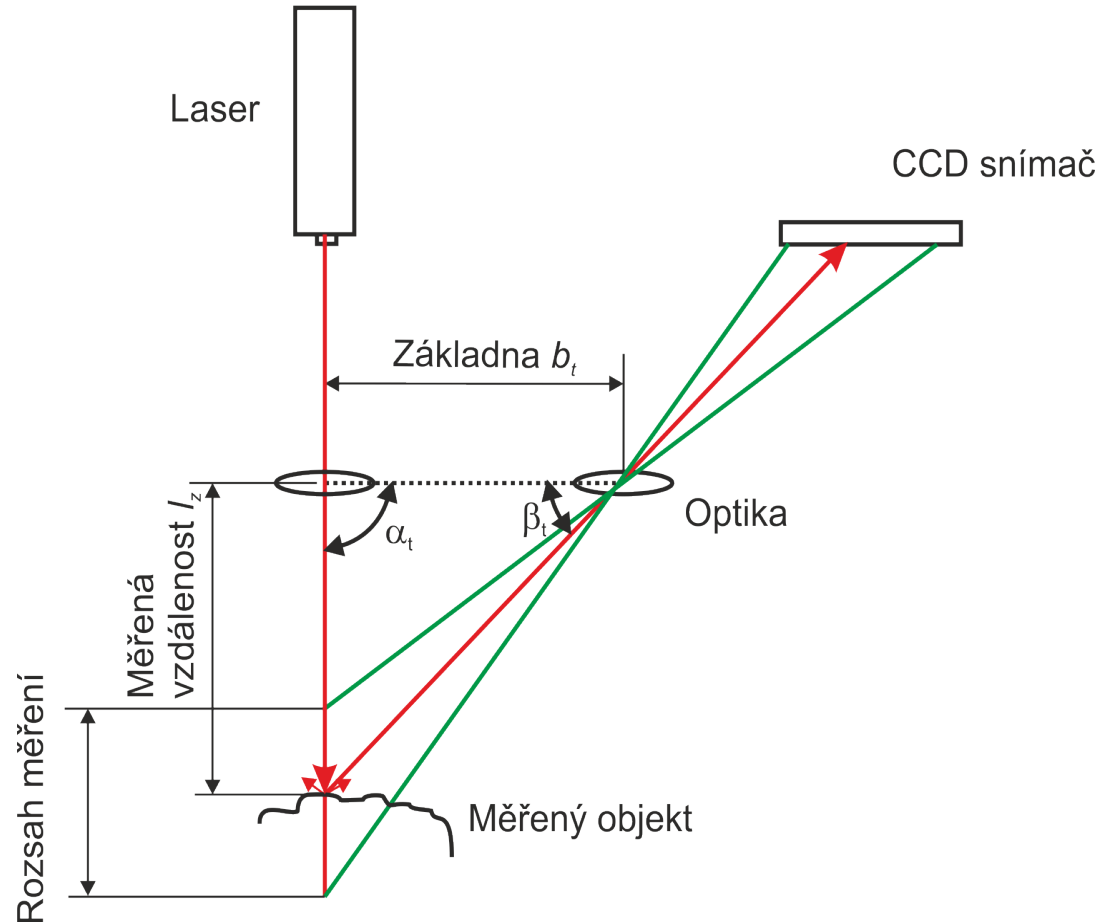
***optická interferometrie ,***

***tomografie.***



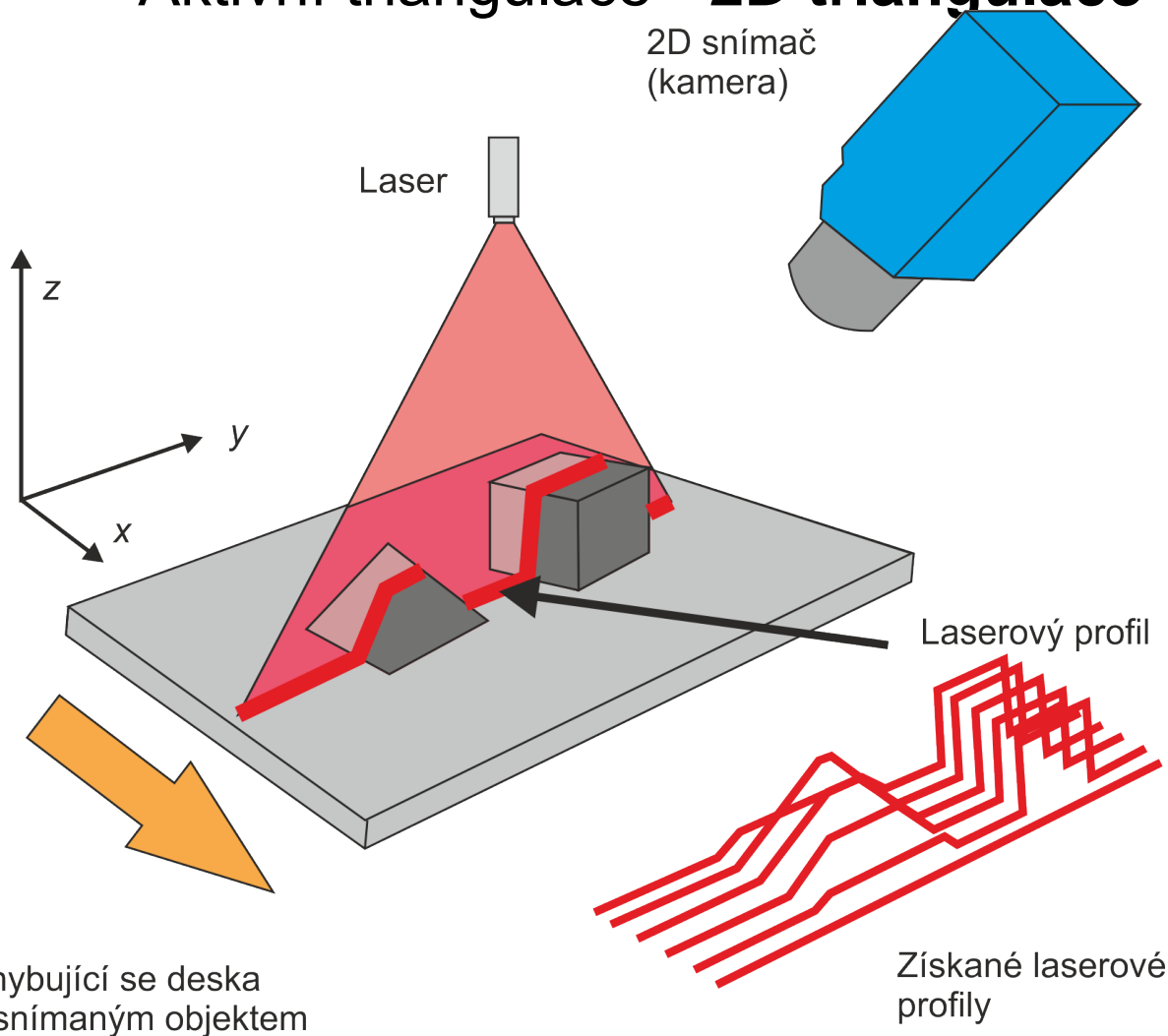


## Aktivní triangulace - 1D triangulace





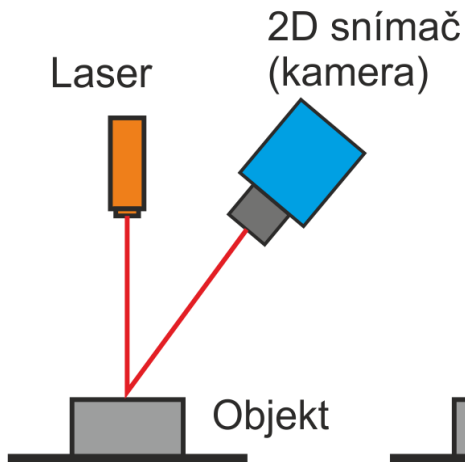
## Aktivní triangulace - 2D triangulace



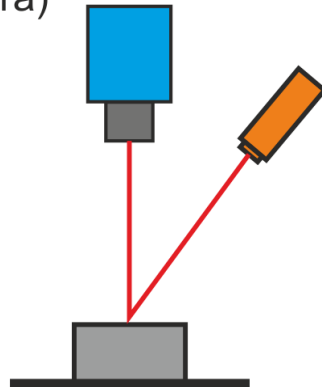


## Aktivní triangulace - 2D triangulace

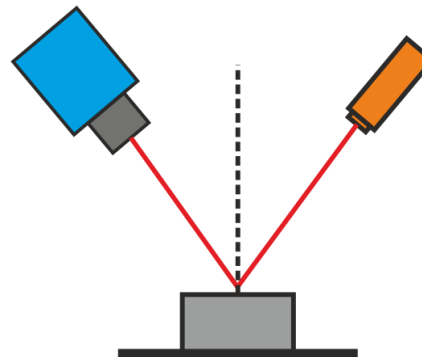
(a) Standardní geometrie



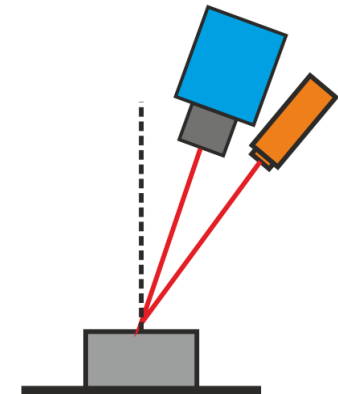
(b) Převrácená geometrie



(c) Zrcadlová geometrie



(d) Geometrie odvráceného pohledu

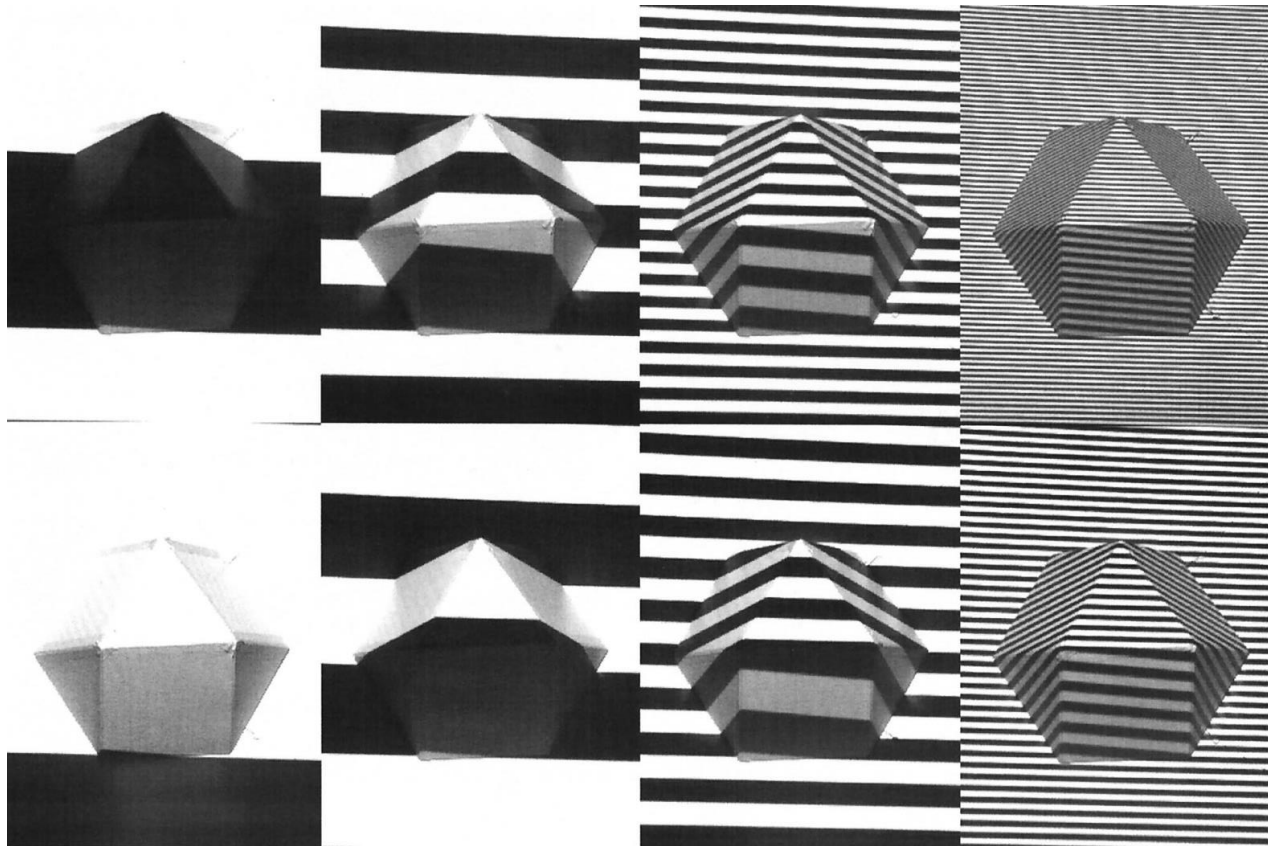






## 3D triangulace - *Technika světelného vzoru*

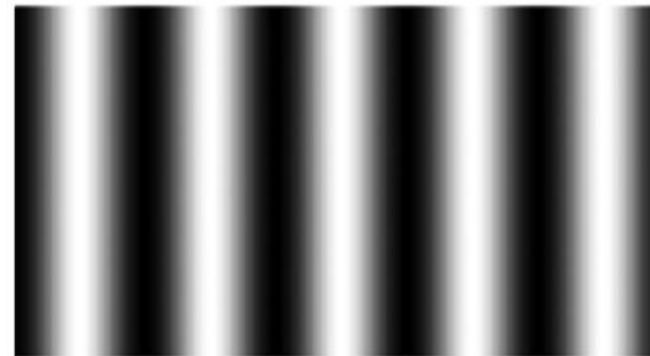
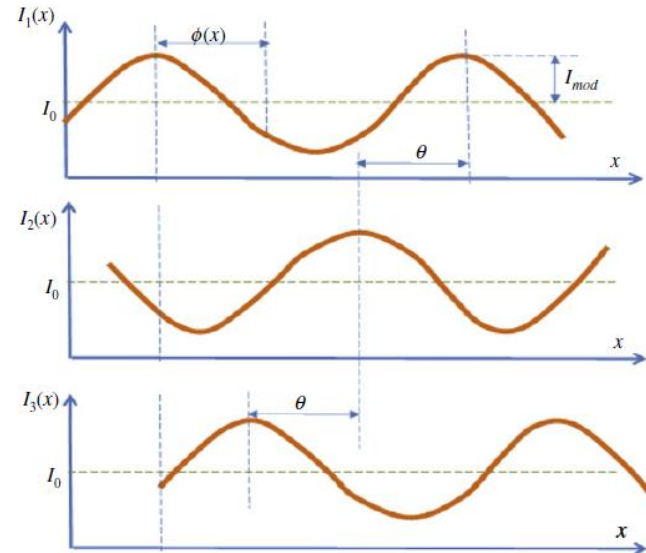
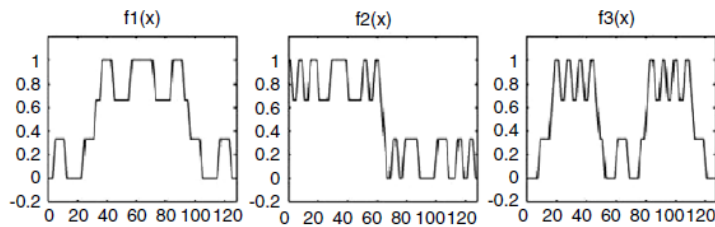
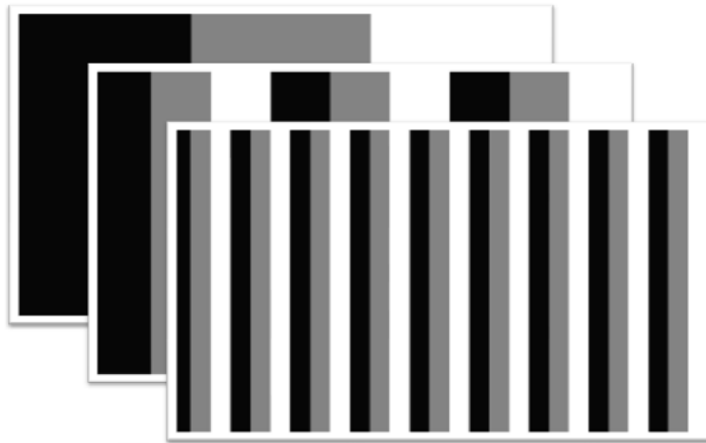
### Aktivní triangulace - Binární kódování





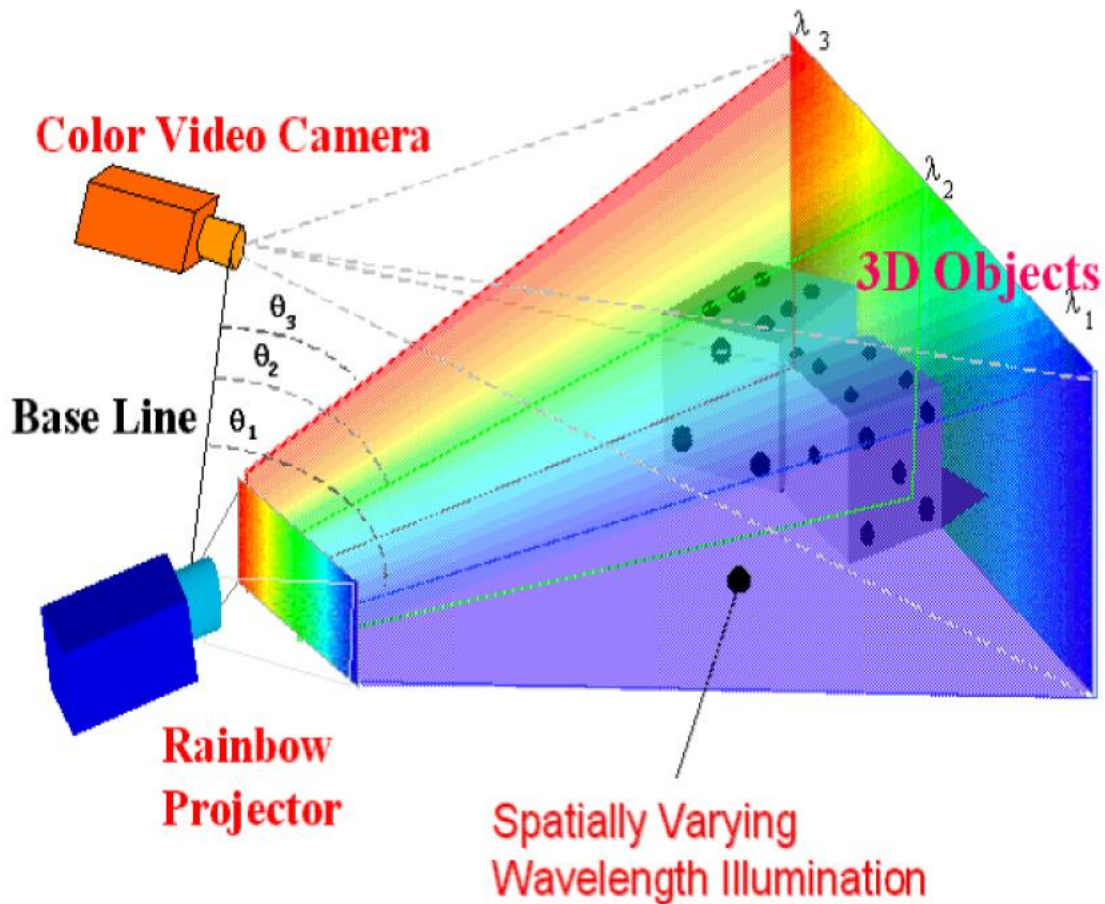
# 3D triangulace - *Technika světelného vzoru*

## Šedotónové kódování





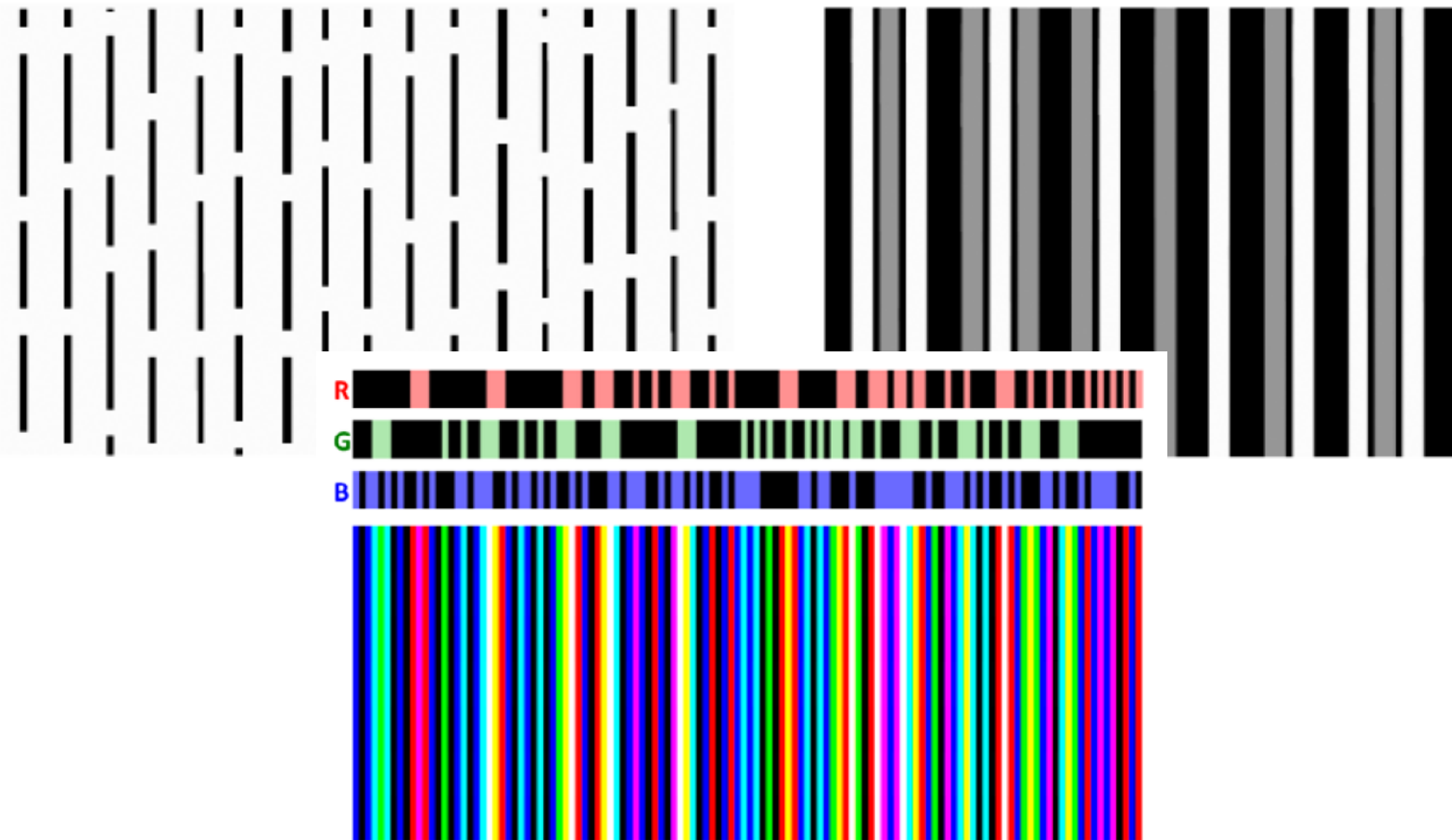
# 3D triangulace - *Technika světelného vzoru* Barevné kódování





# 3D triangulace - *Technika světelného vzoru*

## Proužkové kódování





## Použitelnost aktivní triangulace

Veškeré uvedené metody s aktivním osvětlením mají své limity, a to:

- v možnostech detekovaného tvaru objektů,
- v materiálu a povrchových vlastnostech detekovaných objektů a scény při interakci s použitou energií.

Tvar objektů je **limitní pro komplikované objekty a objekty s nevhodnou geometrií**. Pro získání dat pro následnou interpretaci vedoucí k získání 3D modelu je třeba zajistit, **aby světlo dopadalo na povrch objektu** (nedocházelo ke stínění nejčastěji vlastními částmi objektu) a zároveň byl odraz viditelný pro snímač.





## Použitelnost aktivní triangulace

Materiály pro aktivní triangulaci:

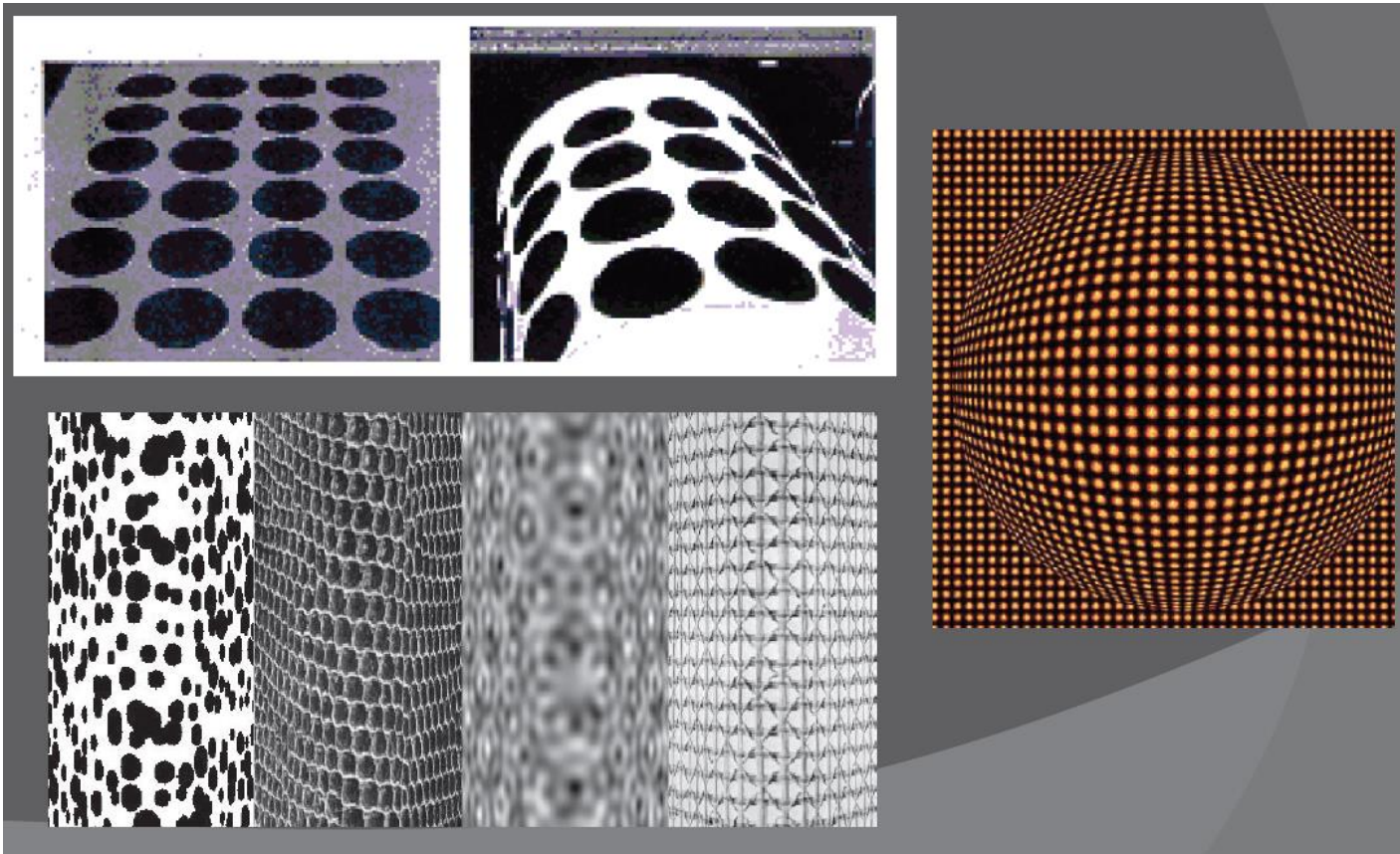
- zcela vhodné: dřevo, papír, kůže,
- vhodné dle barvy a hrubosti: plast, silikon, guma, kov, keramika, mramor,
- nevhodné: zrcadlo, sklo, transparentní plasty, molitan.







## Pasivní triangulace - *Metoda měření tvaru pomocí textur*

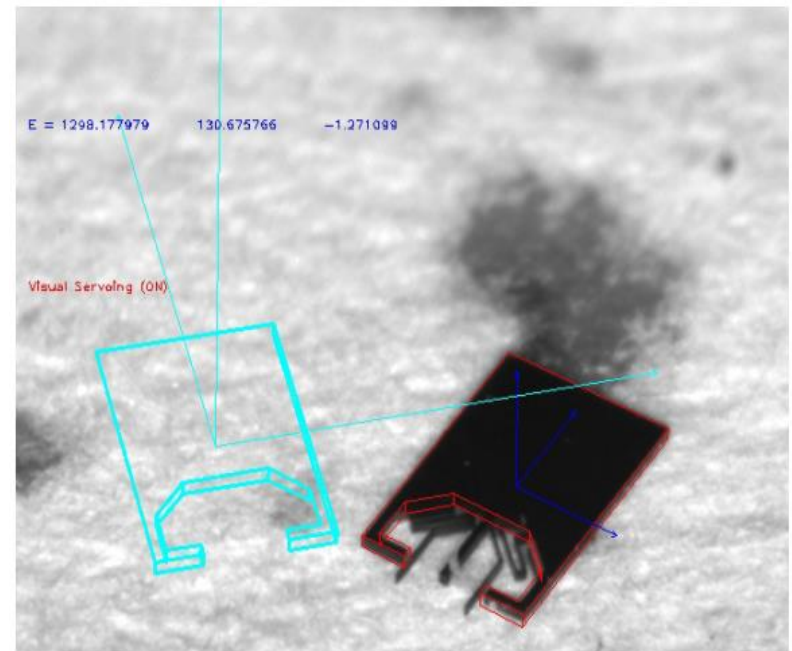
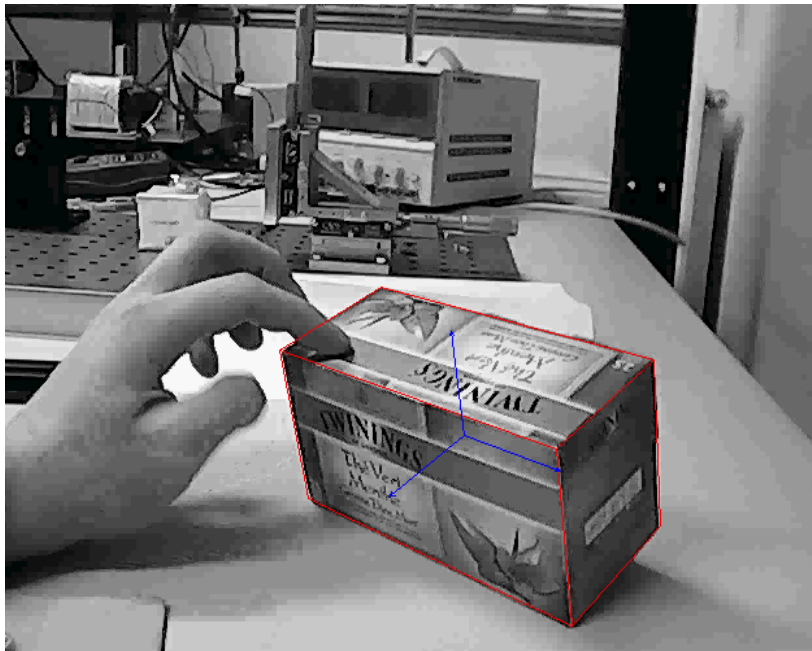


Pasivní triangulace pomocí jednoho 2D snímače a jednoho snímku





## Pasivní triangulace - Sledování známých objektů pomocí obrazových rozdílů

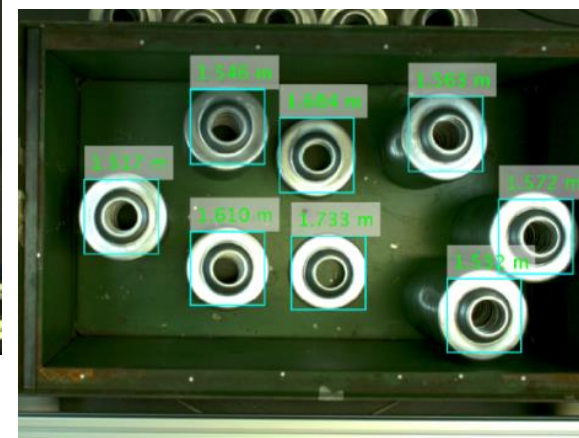
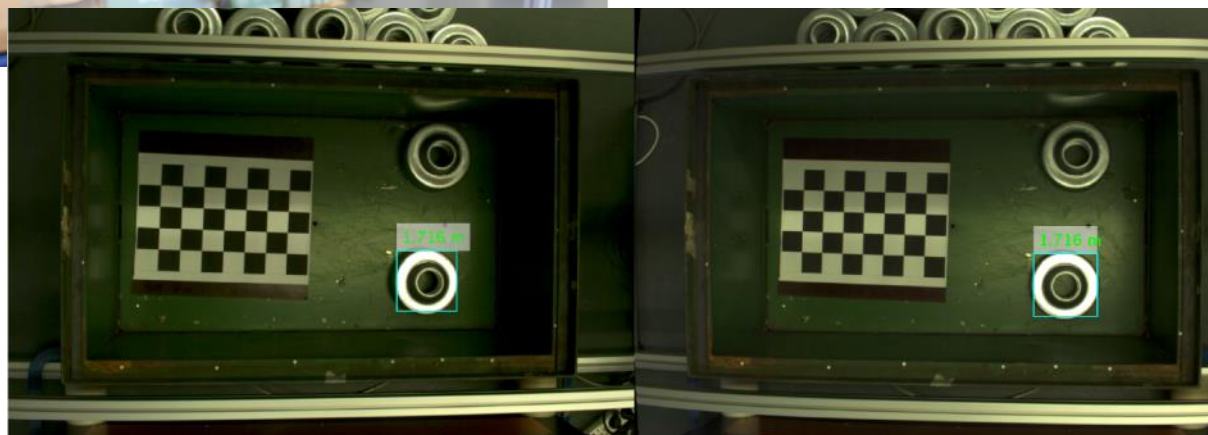
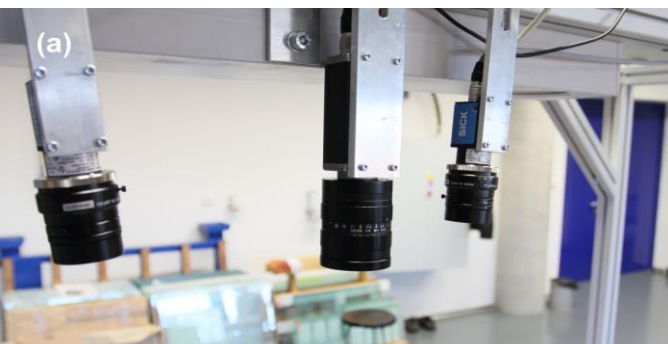


Pasivní triangulace pomocí jednoho 2D snímače a více snímků v čase





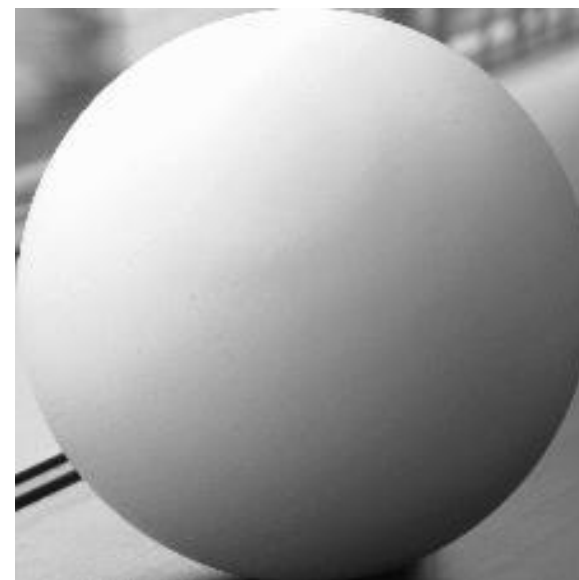
## Pasivní triangulace - *Stereo vidění*



Pasivní triangulace ze dvou a více 2D snímačů

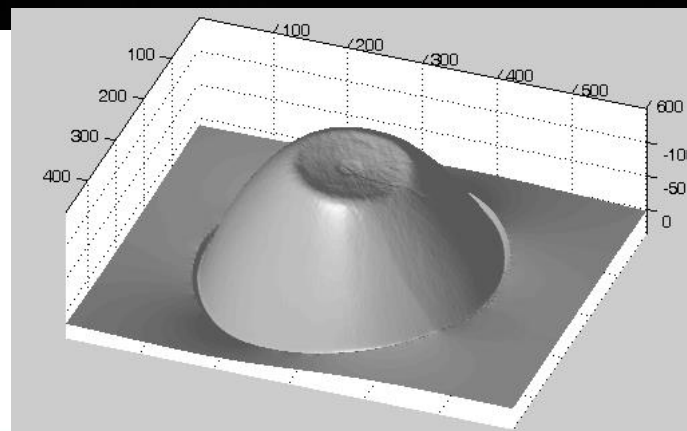
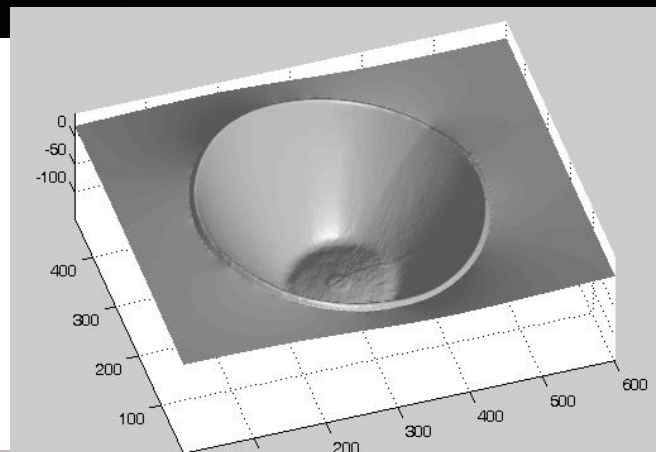
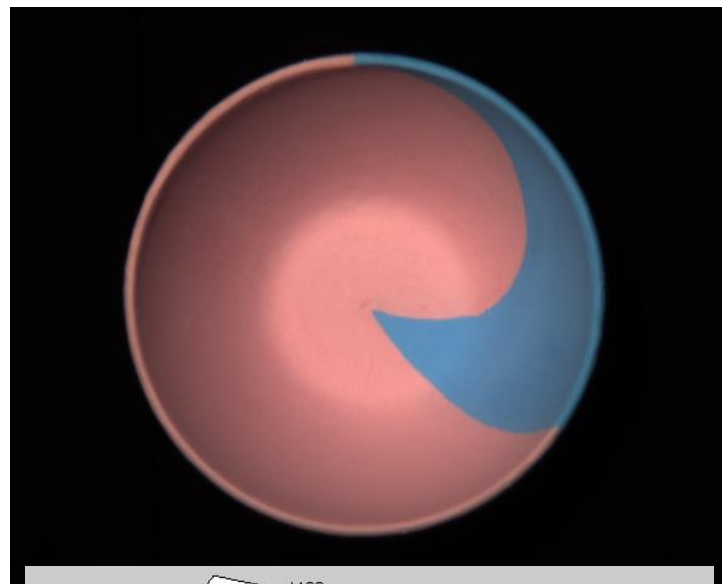
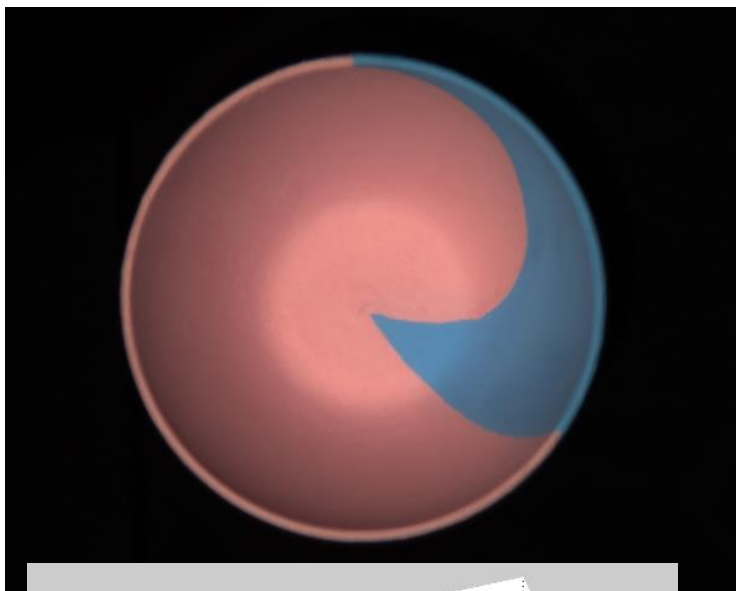


## Podoba ze stínování





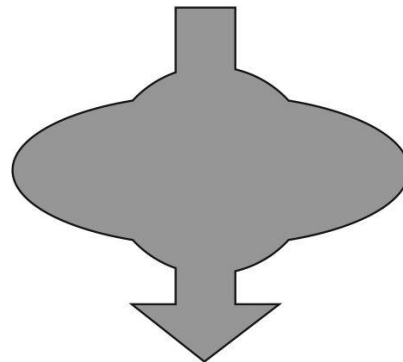
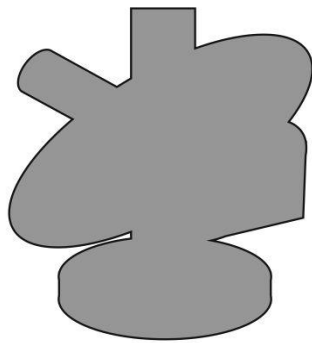
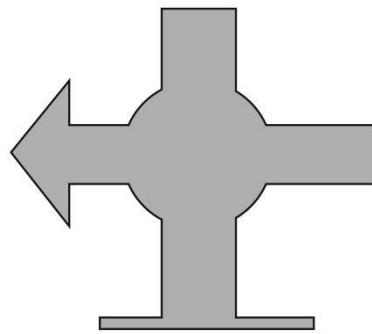
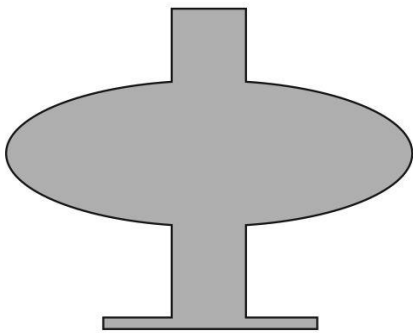
## Fotometrické stereo



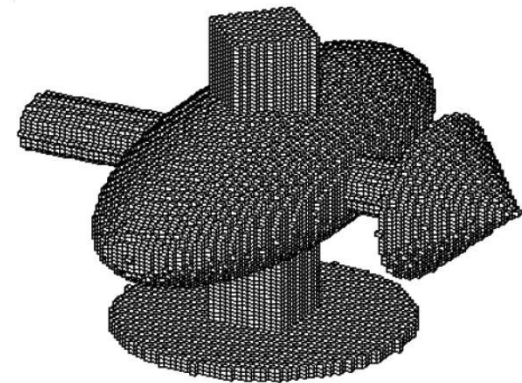


## Tvar z kontury

(a)

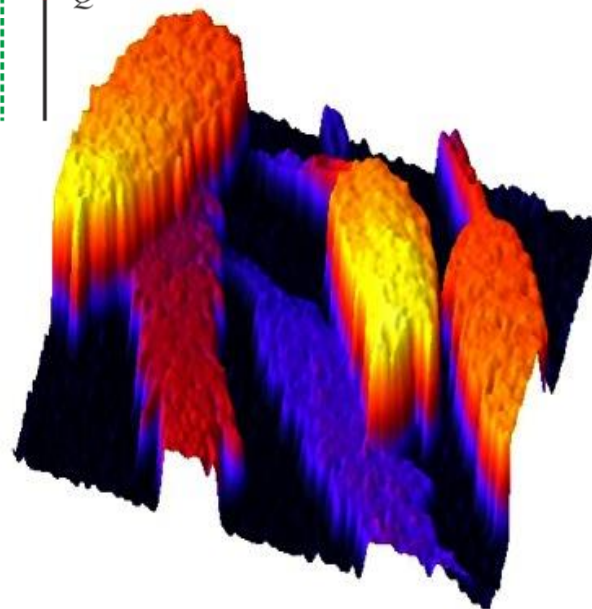
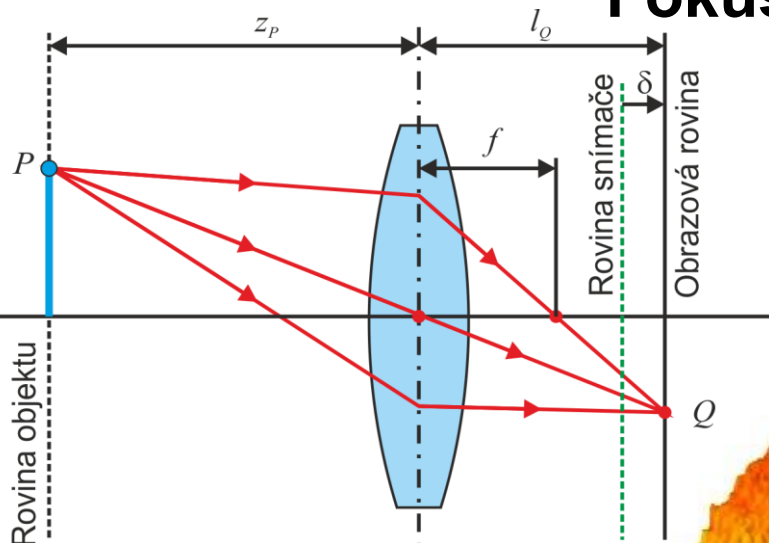


(b)





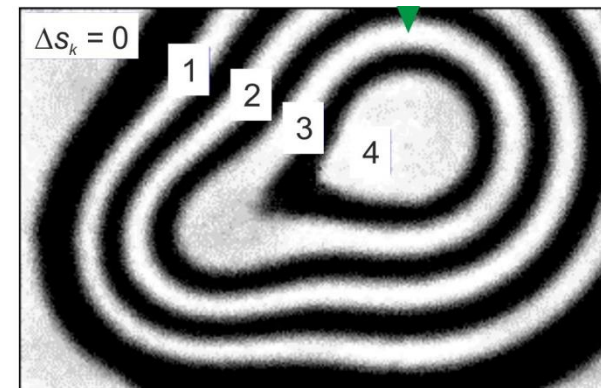
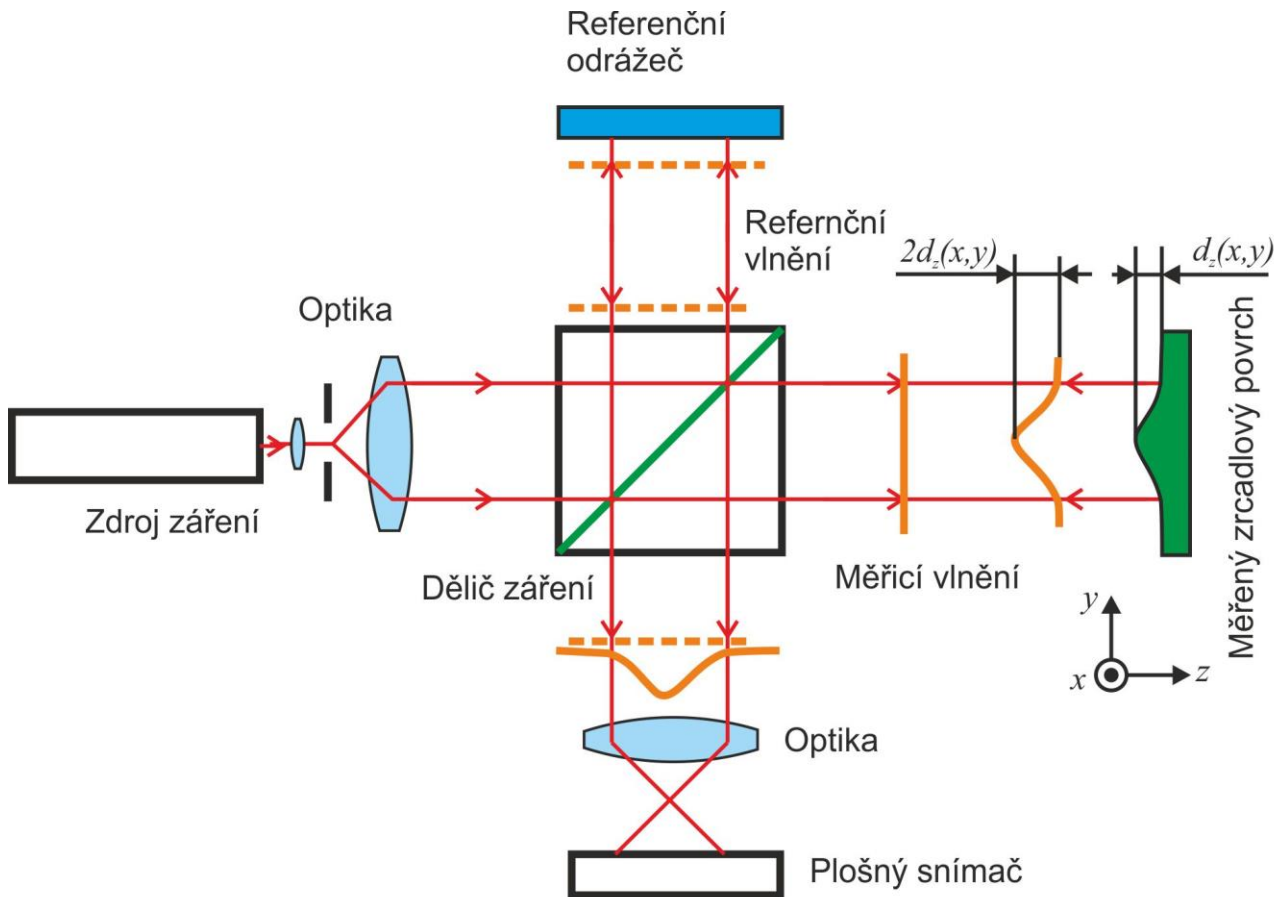
## Fokusační techniky



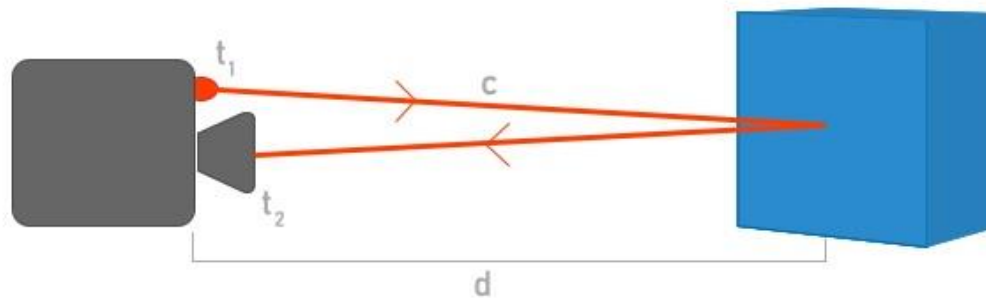




# Metody optické interferometrie



# Měření doby letu modulovaného laserového paprsku - ToF



$d$  = vzdálenost

$c$  = rychlost světla

$t_1$  = čas vyslání signálu

$t_2$  = čas přijetí signálu

$$d = [(t_2 - t_1) * c] / 2$$



## Tomografie

**Tomografie** znamená zápis obrazu v řezech, tedy strukturní zobrazování objektu uvnitř i na povrchu bez fyzického narušení celku.

Existuje velká řada různých aplikací tomografie:

- atomová tomografická sonda (autoemisní iontový mikroskop s x-y detektorem),
- elektronová tomografie (s využitím TEM),
- výpočetní tomografie (*CT – Computed Tomography*, také počítačová tomografie),
- magnetická rezonance,
- elektrická impedanční tomografie,
- optická koherentní tomografie (založená na interferenci nízkokoherentního optického záření s vlnovou délkou nejčastěji v NIR),
- pozitronová emisní tomografie (tomografická gama kamera),
- seismická tomografie,
- ultrazvuková tomografie,
- jednofotonová emisní tomografie.







**Děkuji za pozornost**

