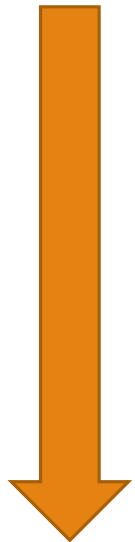


# Multisenzorski sistemi na KMM

---

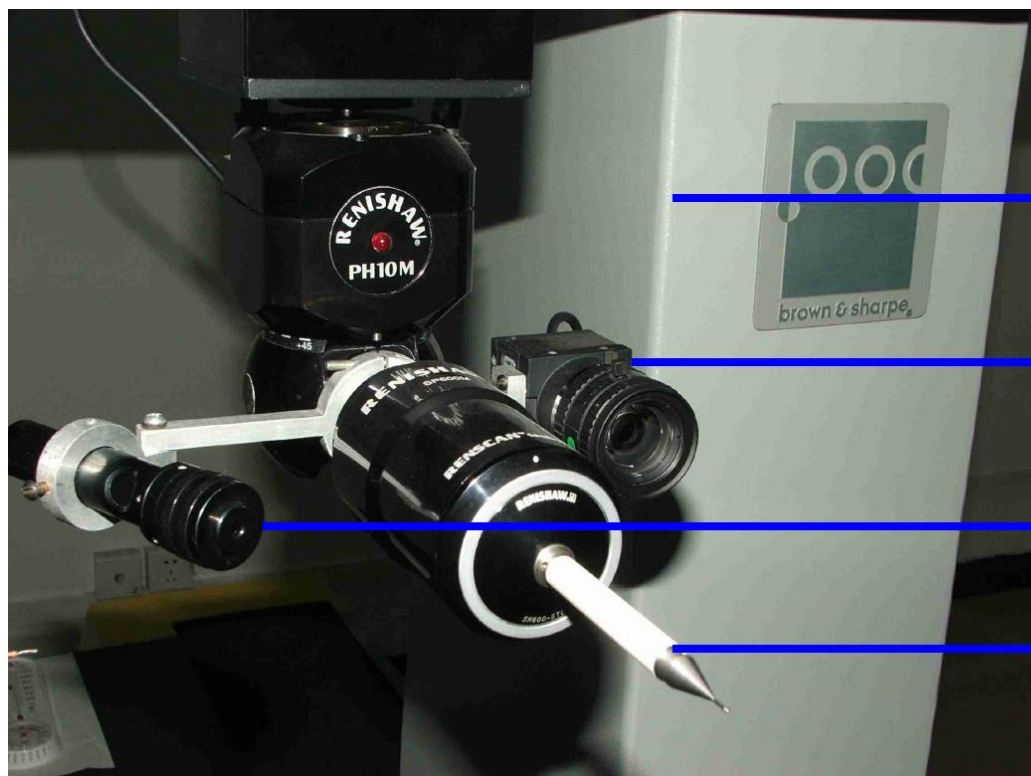
# Izazovi i trendovi u proizvodnoj metrologiji



<b>BRZINA</b>	Povećanje integracije mernih u proizvodne sisteme	Smanjenje vremena potrebnog za merne zadatke	Automatska obrada podataka
<b>TAČNOST</b>	Smanjivanje mernih grešaka / merne nesigurnosti		
<b>POUZDANOST</b>	Verifikacija merne nesigurnosti		
<b>FLEKSIBILNOST</b>	Raznovrsnost mernih sistema	Povećanje gustine podataka	
<b>HOLISTIČKI PRISTUP</b>	Holistički merni sistem		

# Integracija multisenzorskog sistema na KMM

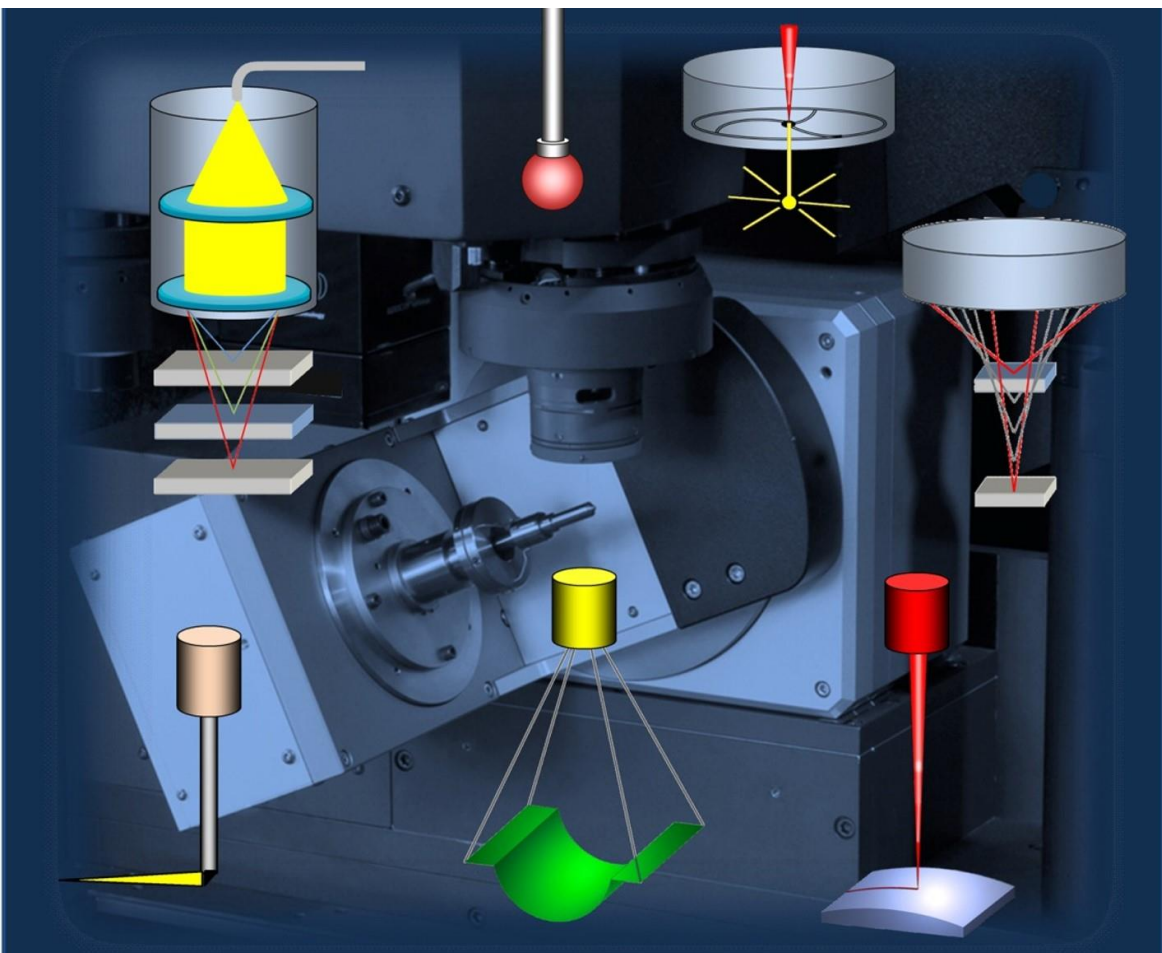
Multisenzorske merne mašine obično rade u oblasti manjoj od 500 milimetara po X i Y osi i manje od 150 milimetara po Z osi.



- 1 Koordinatna merna mašina
- 2 Optički senzor (kamera)
- 3 Laser
- 4 Merni pipak kontaktnog senzora

# Multisenzerski sistemi na KMM

Multisenzorske koordinatne merne mašine za merenje koriste kombinaciju nekoliko senzora i to najčešće kombinaciju kontaktnih i beskontaktnih senzora.

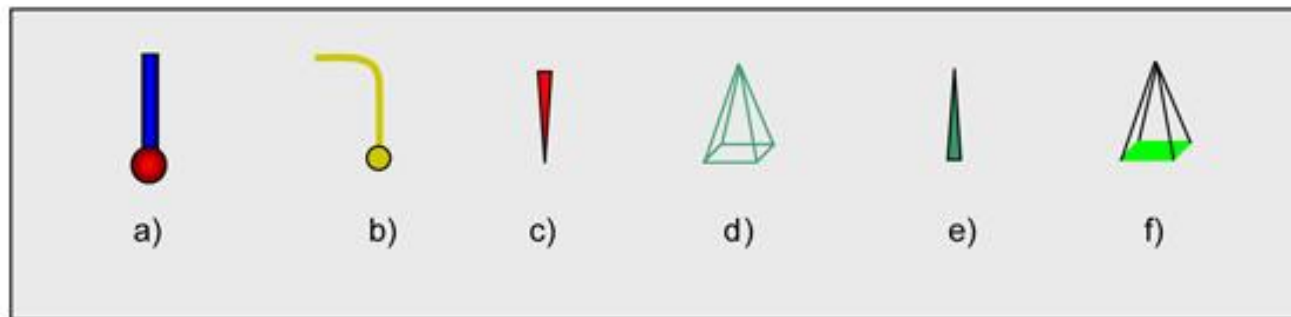
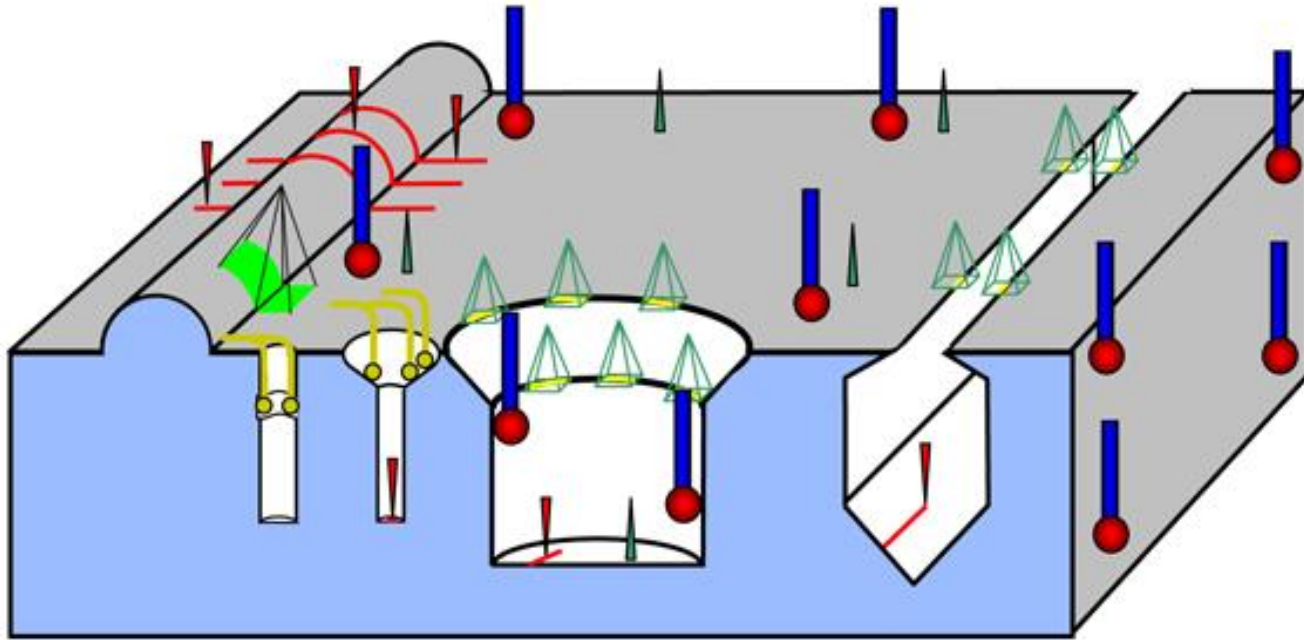


Izbor odgovarajućeg mernog senzora zavisi od vrste mernog zadatka. Na izbor mernog senzora utiču sledeći faktori:

- **veličina karakteristika objekta** koje mogu da ispituju,
- **tip karakteristika objekta** koje mogu da ispituju (ivica, površina) i
- pogodnost za brzo dobijanje velikog broja izmerenih tačaka (**skeniranje**).

Za obavljanje složenih mernih poslova obično je potrebno koristiti nekoliko različitih senzora za jedno merenje.

# Vrste senzorskih sistema na KMM

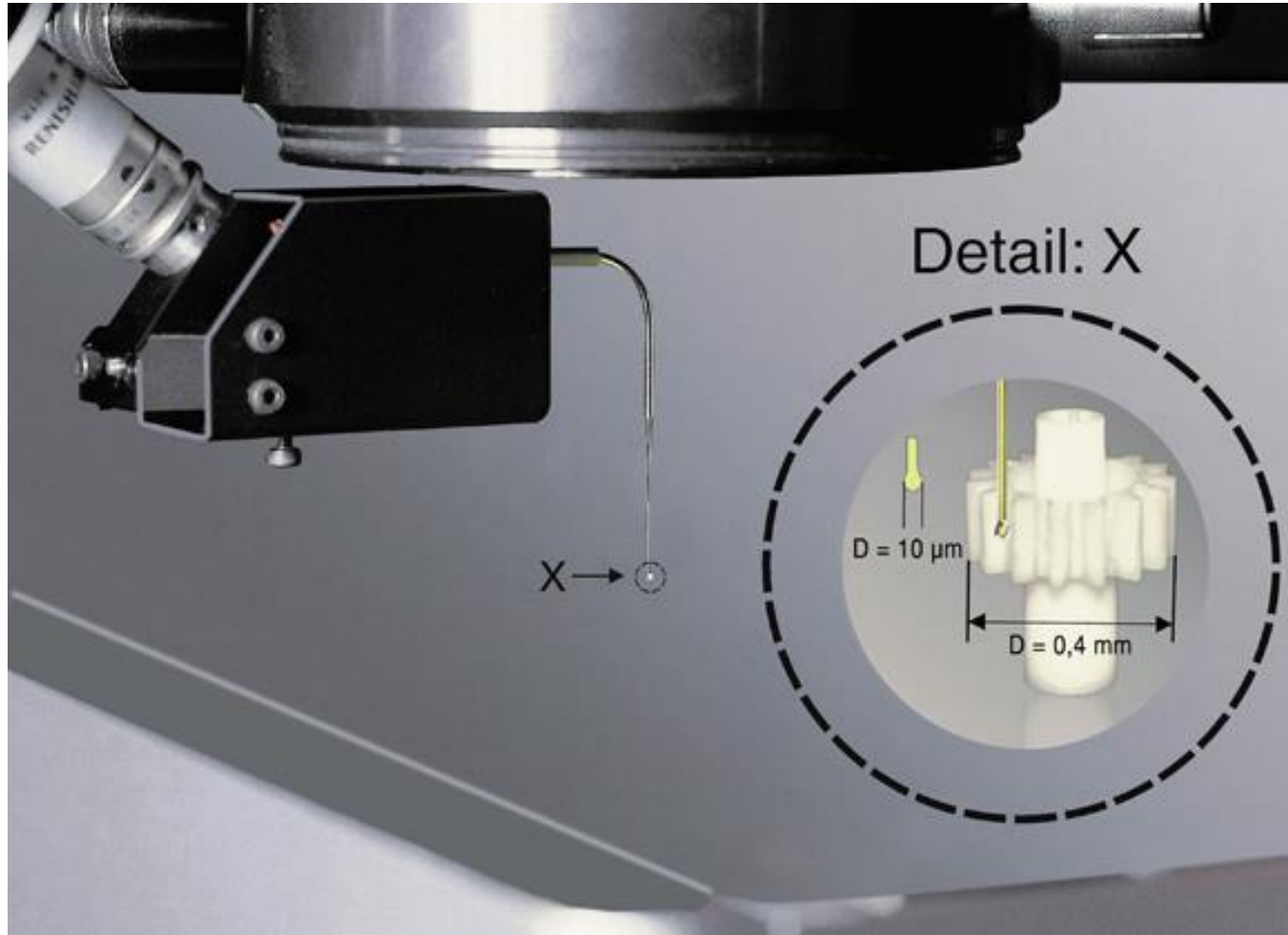


- a) Kontaktni senzori
- b) Fiber Sonda (kontaktno-optički senzor)
- c) Laser (1D, 2D)
- d) Obrada slike (detekcija oblika)
- e) Fokusna varijacija
- f) Optički senzor (bela svetlost)



Visit our website [www.mspmetrology.com](http://www.mspmetrology.com)

## 2D Fiber Sonda (kontaktno-optički senzor)



Fiber sonda se sastoji od fiber vlakna na čijem kraju se nalazi staklena sfera koja je dobijena topljenjem. Položaj sfere se prati pomoću optičkih senzora (kamera).

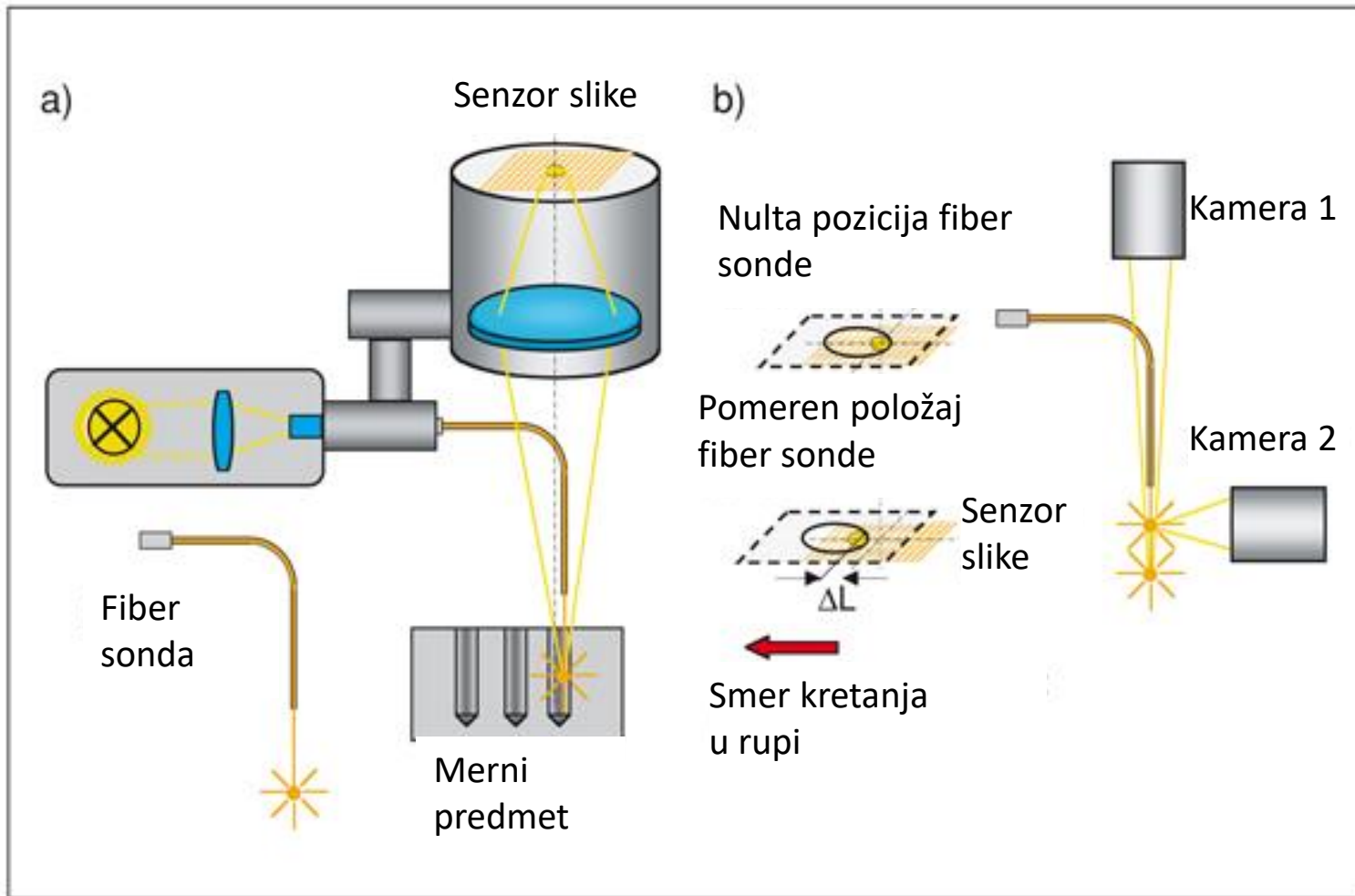
**Prečnik sfere se kreće do 10  $\mu\text{m}$ .**

Zbog malih dimenzija, rezultujuće sile kontakta su zanemarljive (do nekoliko mikronjutna).

Senzor sa najvećom tačnošću merenja. Omogućava merenje najsitnijih detalja.

Maksimalna dozvoljena greška koja može da se javi kod merenja fiberom je 0.5  $\mu\text{m}$ .

## 2D Fiber sonda (kontaktno-optički senzor)



Kada dođe do pomeranja fiber sonde usled kontakta sa mernim predmetom, količina i pravac pomeranja se može izmeriti uz pomoć sistema vizije na osnovu kojeg se određuje položaj sonde.

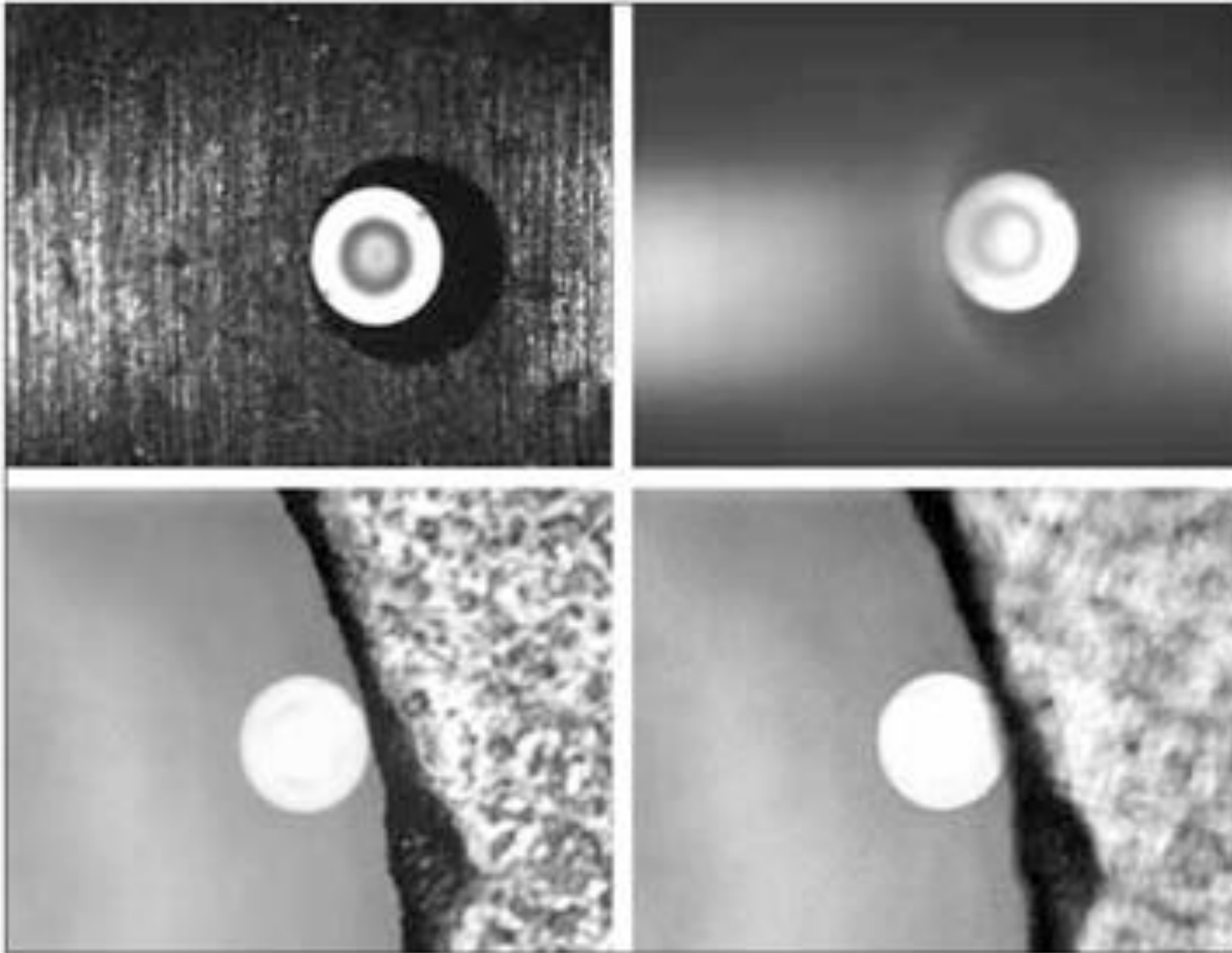
Osvetljenje fiber sonde može da bude sa sopstvenim osvetljenjem kada je svetlost fokusirana na sferu sonde ili u režimu pozadinskog svetla.



# Primeri merenja sa 2D Fiber sondom sa sopstvenim osvetljenjem

0 mm

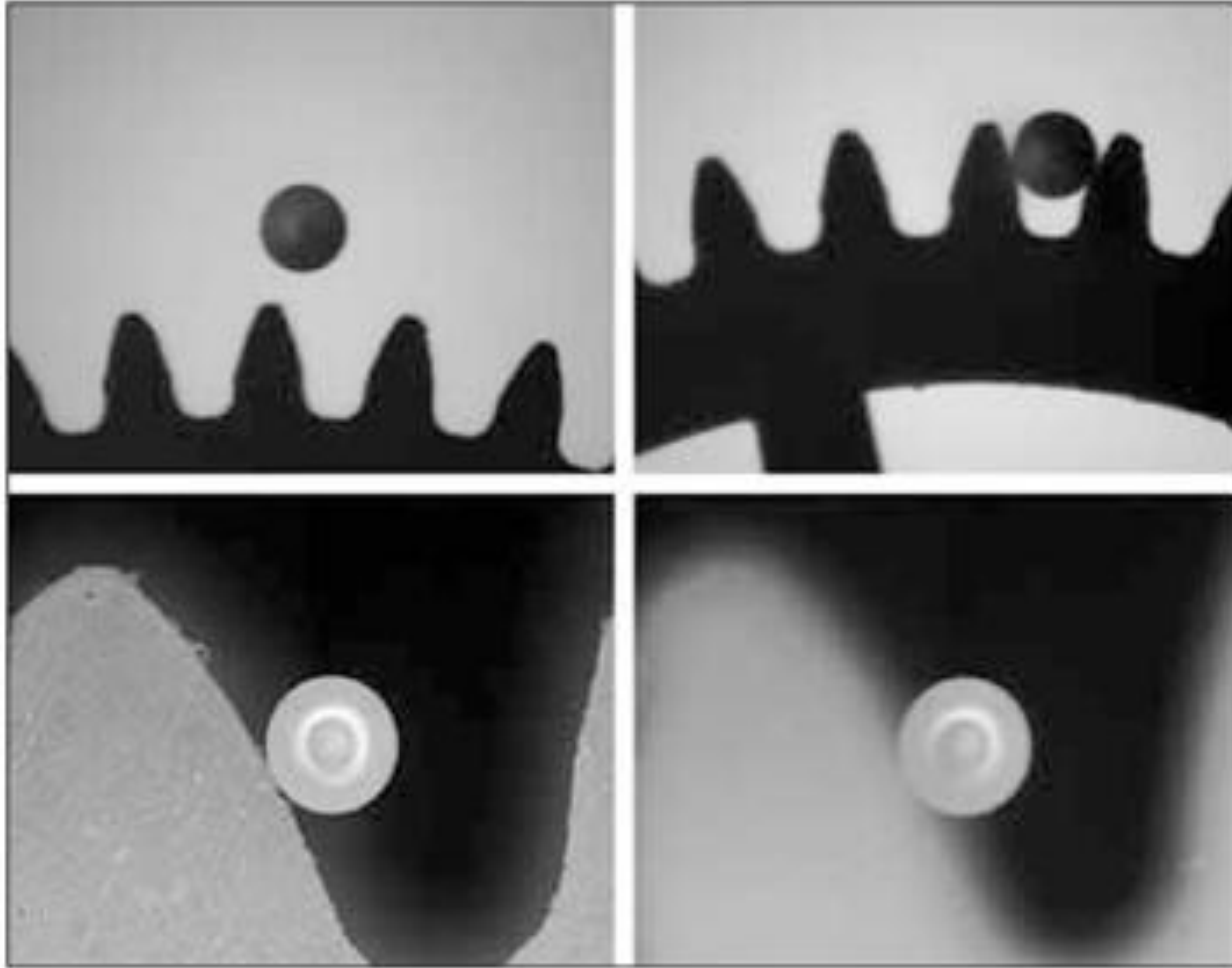
0,6 mm



Mlaznica za ubrizgavanje goriva kod dizel motora prečnika 200  $\mu\text{m}$ , dubine merenja od 0 mm i – 0,6 mm.

Merenje otvora.

## 2D Fiber Sonda (kontaktno-optički senzor)



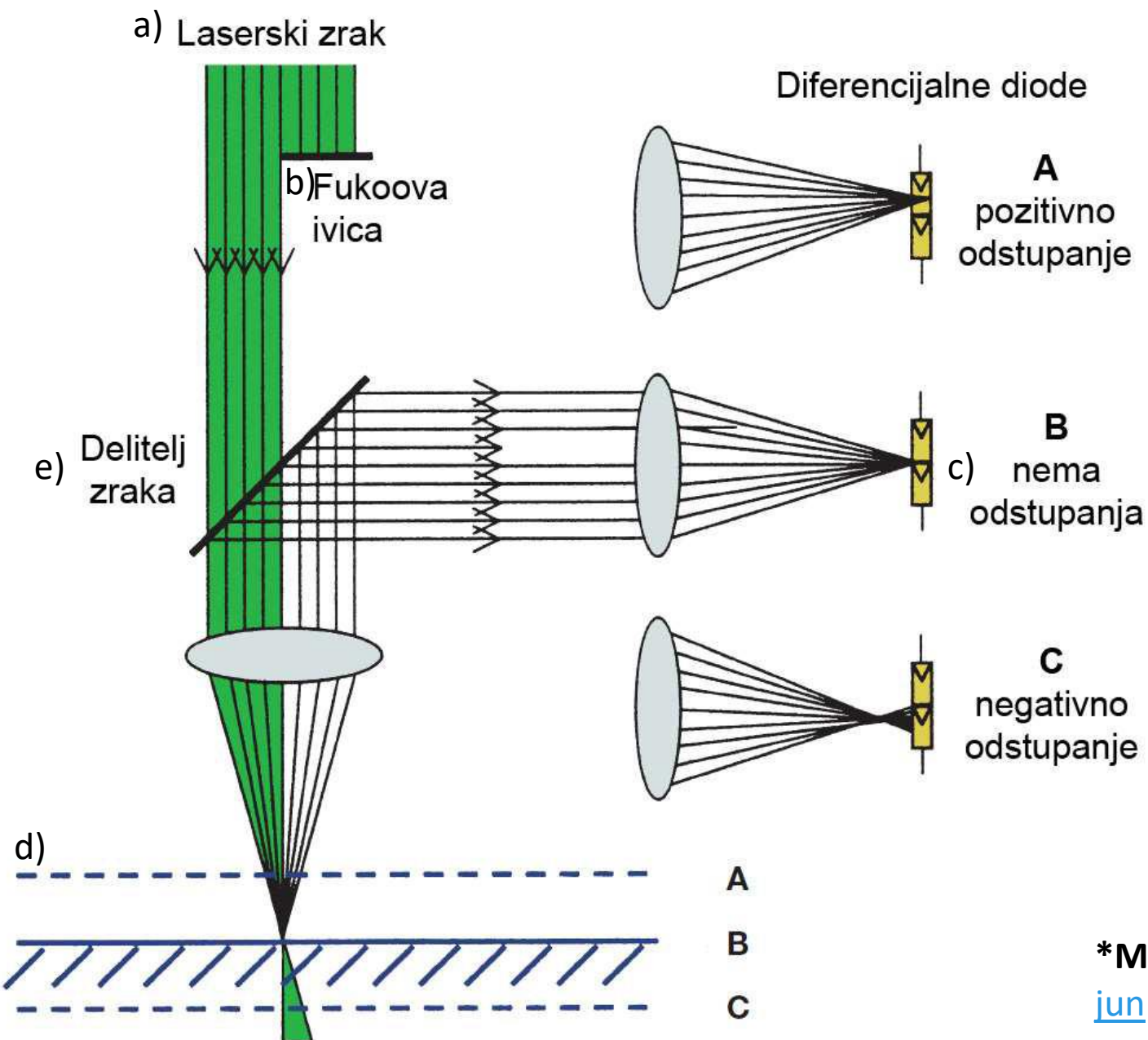
Samocentrirajuće merenje zupčanika sa 2D Fiber sondom u režimu “pozadinskog svetla”, prečnik sfere sonde je u ovom slučaju  $180\ \mu\text{m}$ .

Merenje bočnog ugla sa sopstvenim osvetljenjem.



## Werth Fiber Probe WFP/S

# Fukoov\* laser - optički senzor



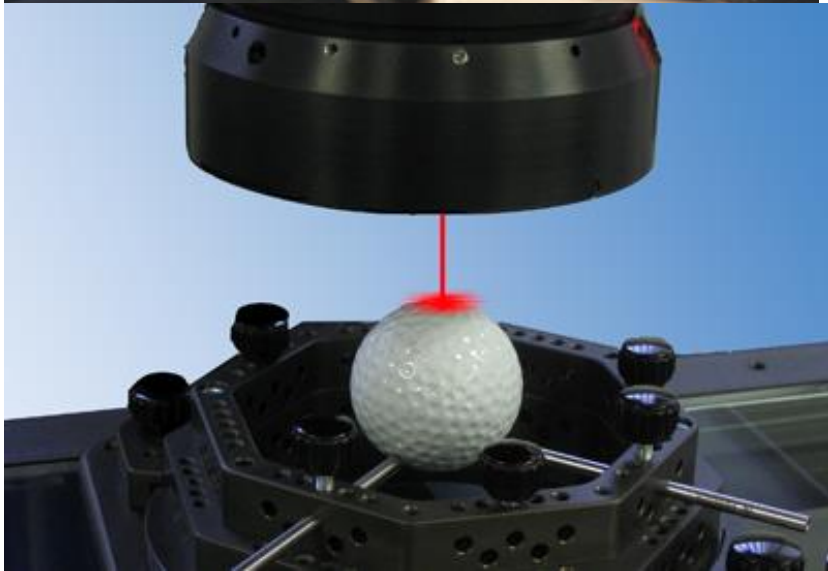
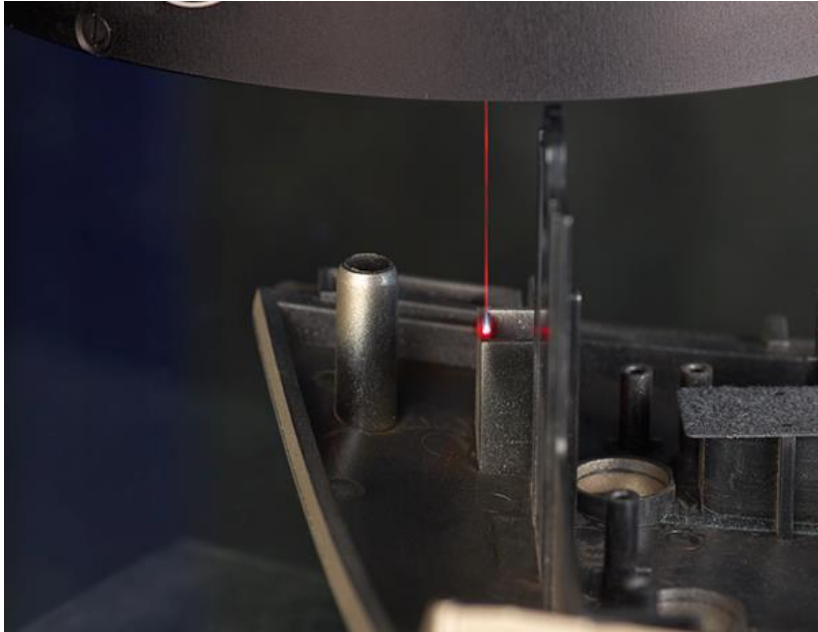
Princip rada:

Zbog asimetrije laserskog zraka a) upotrebom Fukoove ivice b), difuzno reflektovana svetlost pogađa različite položaje diferencijalne diode c), od kojih se određuje rastojanje do površine radnog predmeta d).

Razdelno ogledalo (delitelj zraka) e) se koristi za integraciju laserskog zraka u senzor za obradu slike.

\***Mišel Fuko** ([fr. Michel Foucault](#); [15. oktobar 1926](#) — [25. jun 1984](#)) francuski je [filozof](#).

# Fukoov laser - optički senzor karakteristike



Laserski senzor koji koristi Fukoov operativni pristup.

Nema gubitka mernog opsega zbog integracije lasera u putanju optičkog zraka.

Najmanja veličina tačke za merenje najmanjih detalja do  $3 \mu\text{m}$  sa objektivom uvećanja 10x.

Automatska kontrola intenziteta lasera i inteligentni softverski dizajn omogućavaju merenja različitih tipova površina pogodnih za brzo merenje ravnosti površina nagnutih do  $85^\circ$  ili odgovarajućih zakrivljenih površina.

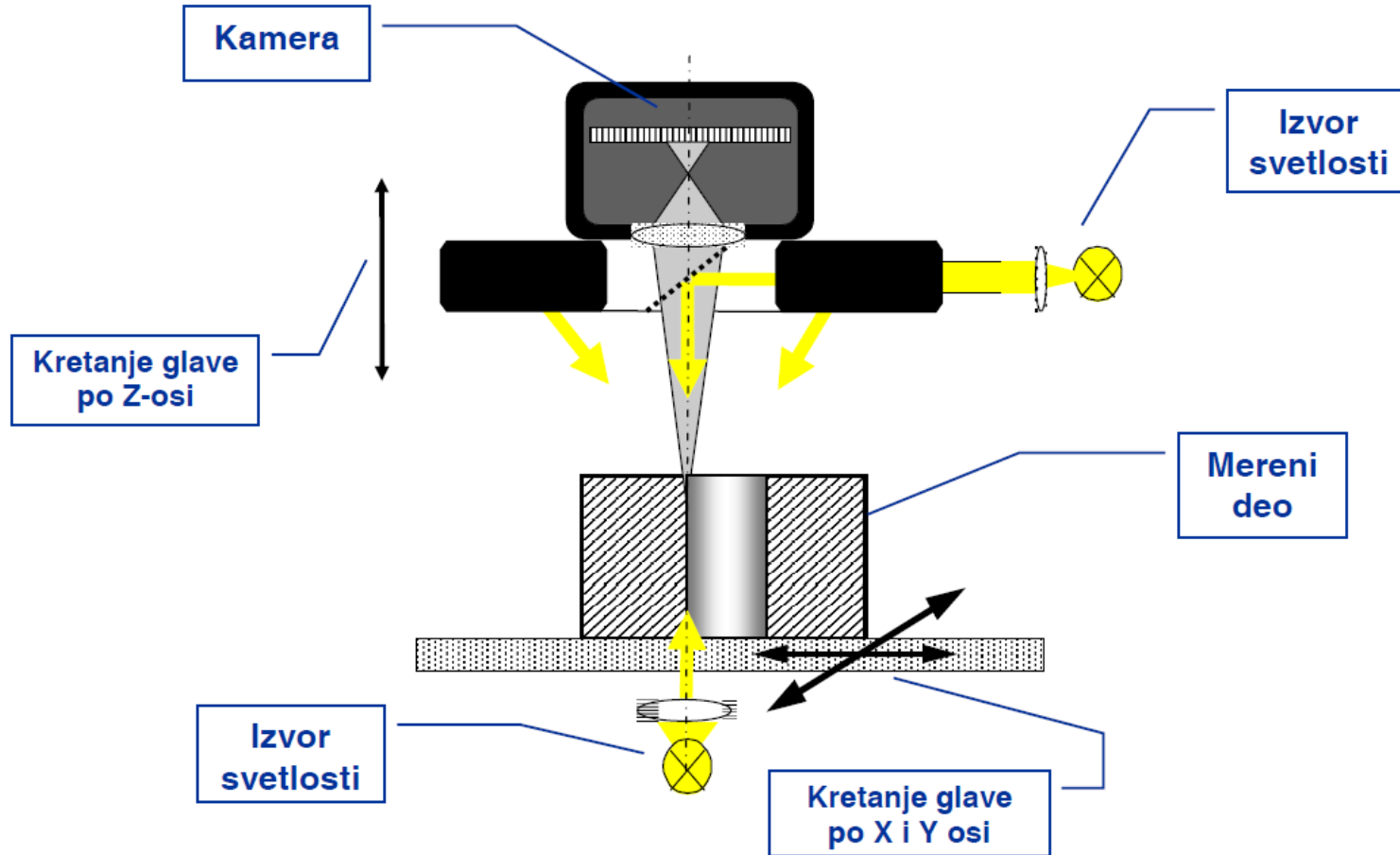
# Fukoov laser - optički senzor karakteristike

- Materijal i nagib površine značajno utiču na rezultat merenja kod ovog tipa senzora.
- Korišćenjem odgovarajućeg softvera, merna nesigurnost se može smanjiti do tačke u kojoj zadovoljava zahteve visoko preciznih koordinatnih mernih mašina.
- Fukoov laserski senzor ovog tipa je generalno integrisan sa senzorom za obradu slike. Ovakva kombinacija omogućava prebacivanje između dva senzora bez ikakvog mehaničkog pomeranja.
- Glavna prednost laserskog senzora tačke je znatno veća brzina merenja.
- Idealni za skeniranje površinskih profila.



# Werth Laser Probe WLP

# Senzori zasnovani na obradi slike



Sistemi osvetljenja su osnova svakog optičkog merenja koji moraju da obezbede potreban kontrast na slici za merenje bilo koje karakteristike. Najlakše karakteristike za merenje se nalaze na spoljnim ivicama radnih komada.

Na performanse senzora u velikoj meri utiče nekoliko pojedinačnih faktora uključujući:

- osvetljenje,
- sistem sočiva,
- senzorski čip,
- elektroniku i
- računarske algoritme



# Senzori zasnovani na obradi slike



Originalna slika

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	30	70	80	100	90
0	0	0	10	85	115	120	130	160	150
0	0	0	60	115	155	190	250	250	250
0	0	60	100	145	200	250	250	250	250
0	5	105	120	190	250	250	250	250	250
0	10	120	155	240	250	250	250	250	250
0	20	110	190	250	250	250	250	250	250
0	10	120	175	250	250	250	250	250	250

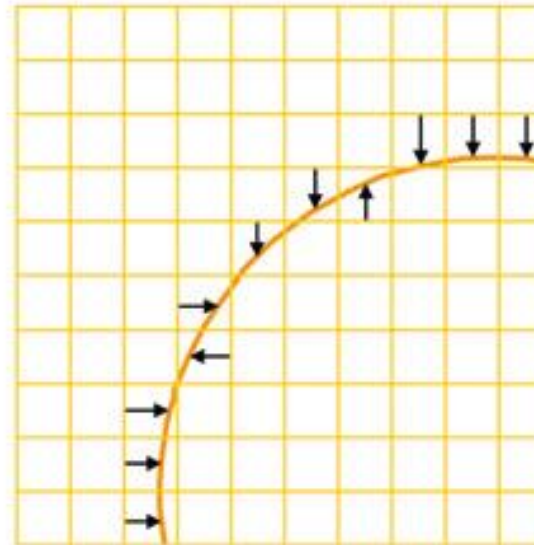
Digitalna slika

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	30	70	80	100	90
0	0	0	10	85	115	120	130	160	150
0	0	0	60	115	155	190	250	250	250
0	0	60	100	145	200	250	250	250	250
0	5	105	120	190	250	250	250	250	250
0	10	120	155	240	250	250	250	250	250
0	20	110	190	250	250	250	250	250	250
0	10	120	175	250	250	250	250	250	250

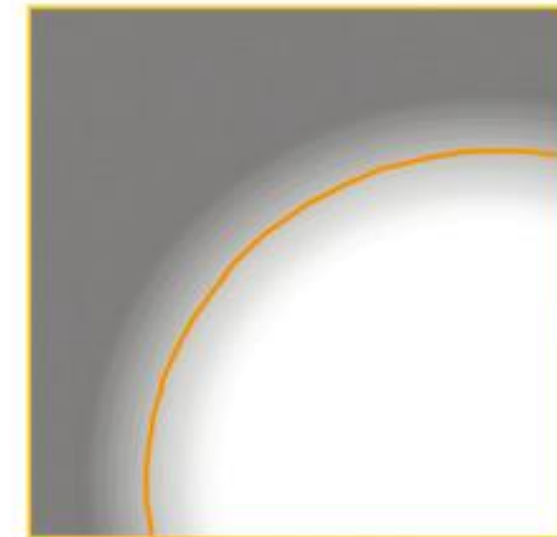
Kontura piksela

								0	0	0
					30	70				
			85				130	160	150	
		60		155	190					
	60					145				
	105						190			
	10							155		
	20								190	
	10									175

Podkontura piksela



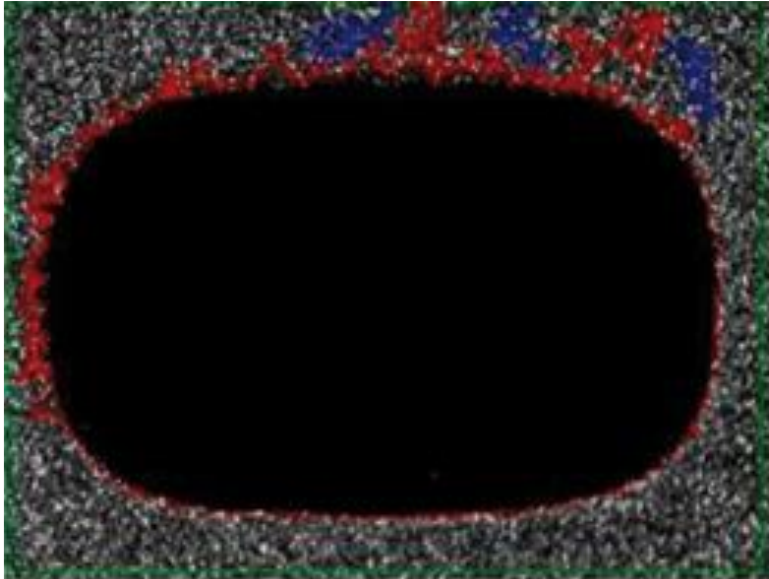
Formiranje supstitutivnog elementa



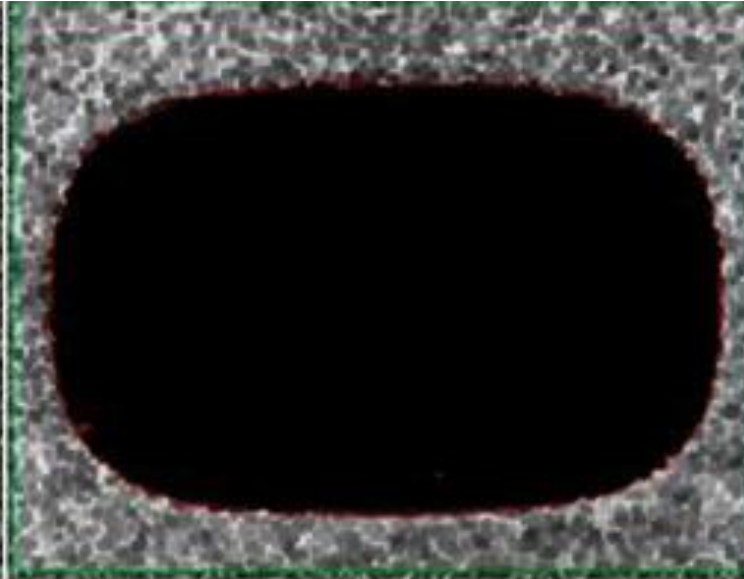
Smeštanje supstitutivnog elementa na originalnu sliku

# Senzori zasnovani na obradi slike

a)



b)



a) Originalna slika: detekcija kontura uz prisustvo šuma.

b) Primenjen filter za obradu slike: Ispravna detekcija kontura.



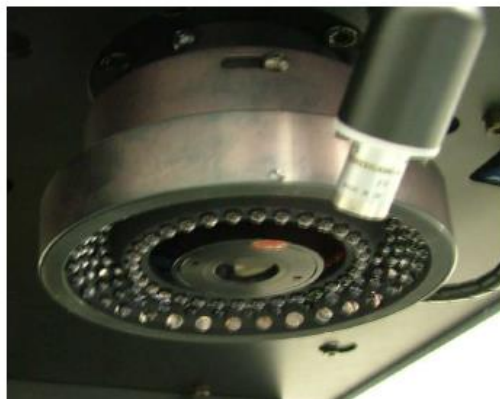
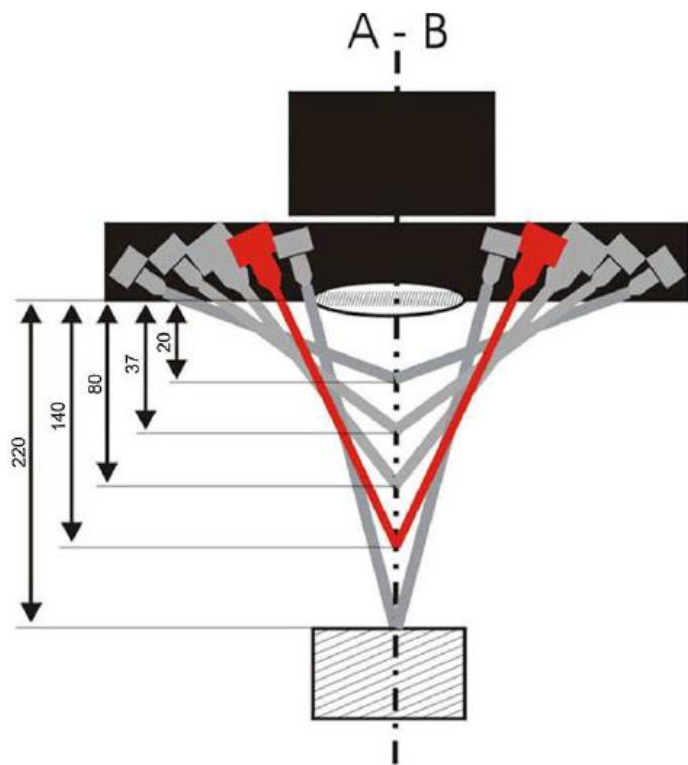
c) Pogrešno merenje usled kontaminacija.

d) Ispravno merenje. Isključena greška u obliku sa konturnim filterom.

c)

d)

# Senzori zasnovani na obradi slike - multi ring



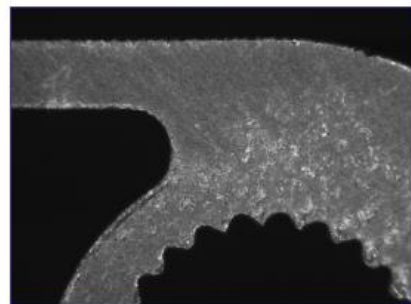
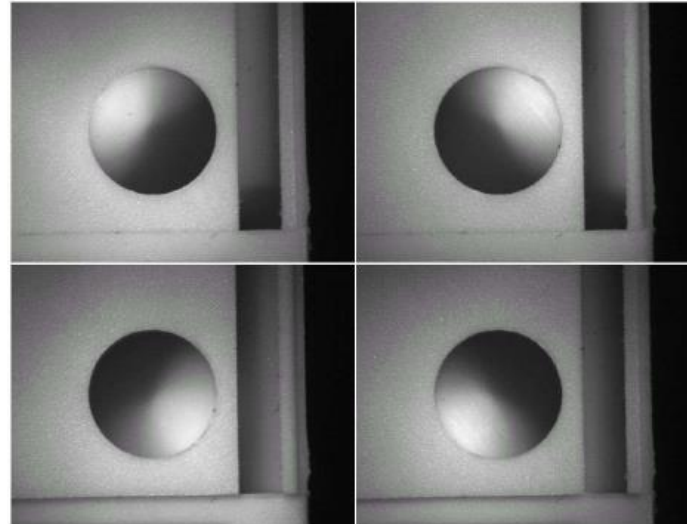
- Programabilni ugao osvetljenja

Ravni objekti predstavljaju idealne merne objekte za ovu vrstu senzora. Za merenje ivice na prizmatičnim ili cilindričnim predmetima, interakcija osvetljenja, radnog predmeta i putanja snopa slike se moraju uskladiti. Maksimalnu fleksibilnost obezbeđuju prstenovi sa osvetljenjem koji mogu da se programiraju.

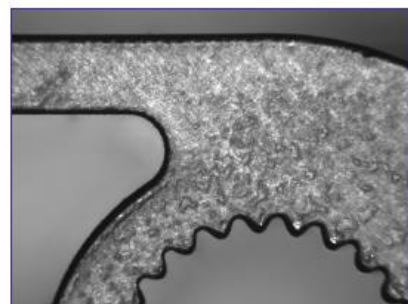
# Senzori zasnovani na obradi slike multi-ring

## Načini osvetljenja radnog dela:

4 – kvdrantno  
osvetljenje



ringlight



toplight



backlight

Prednosti multi ring  
osvetljenja:

- Upadni ugao se bira
- Nema gubitka radne udaljenosti
- Nema mehanički pokretnih delova
- Veliki opseg ugla
- Podesive bele LED diode velike snage.



# Captura

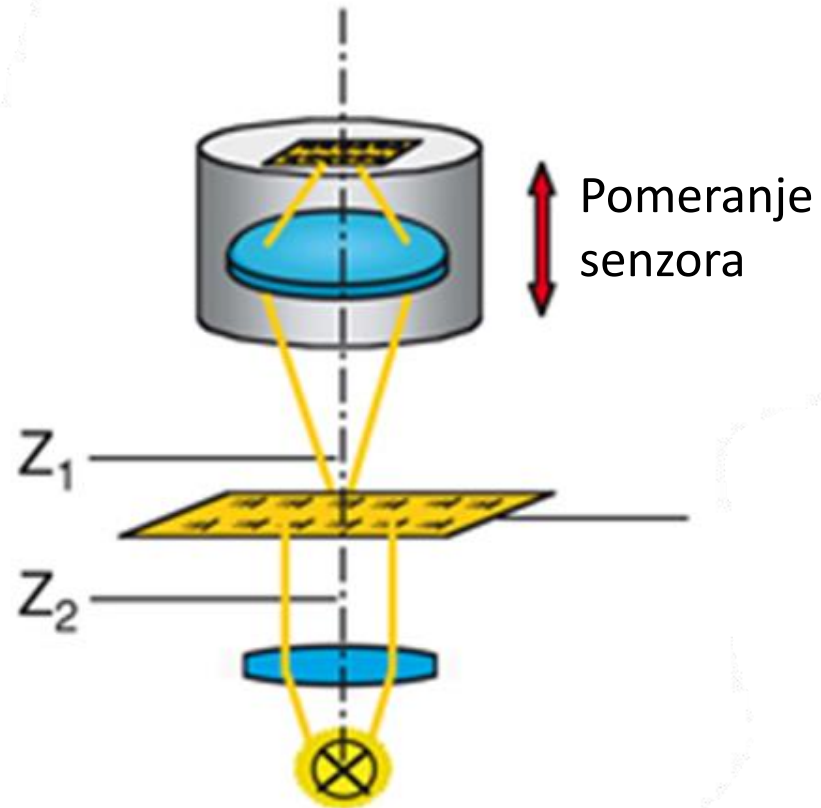
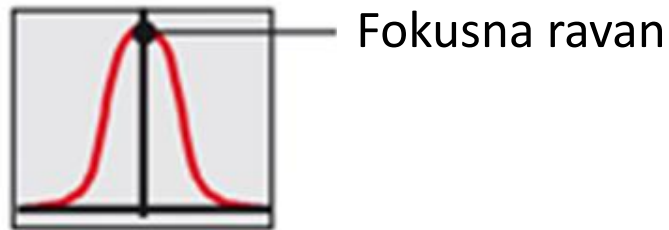
Fast-measuring, easy-to-use optical coordinate measuring machines

| Visit [hexagonmi.com](https://hexagonmi.com)



# Senzori zasnovani na fokusnoj varijaciji

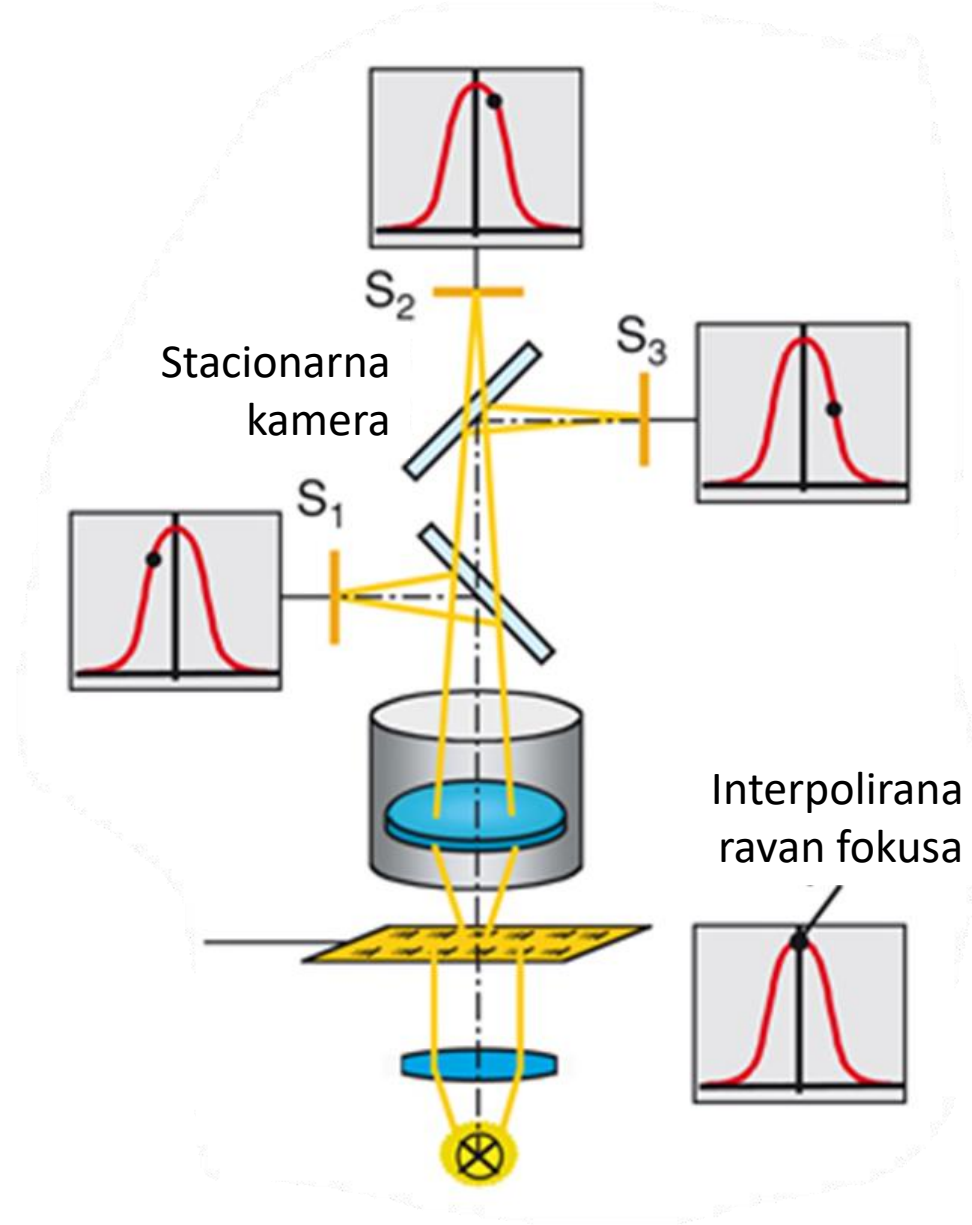
Kontrastna kriva



Osnovne karakteristike senzora zasnovanog na fokusnoj varijaciji:

- Koriste se iste hardverske komponente kao i kod senzora za obradu slike.
- Senzor se pomera duž optičke ose tako da se oštro definisana slika rezultira samo u jednom položaju.
- Kontrast se može koristiti kao parametar za fokus slike.
- Iz ovog položaja senzora može se odrediti lokacija tačke na površini.

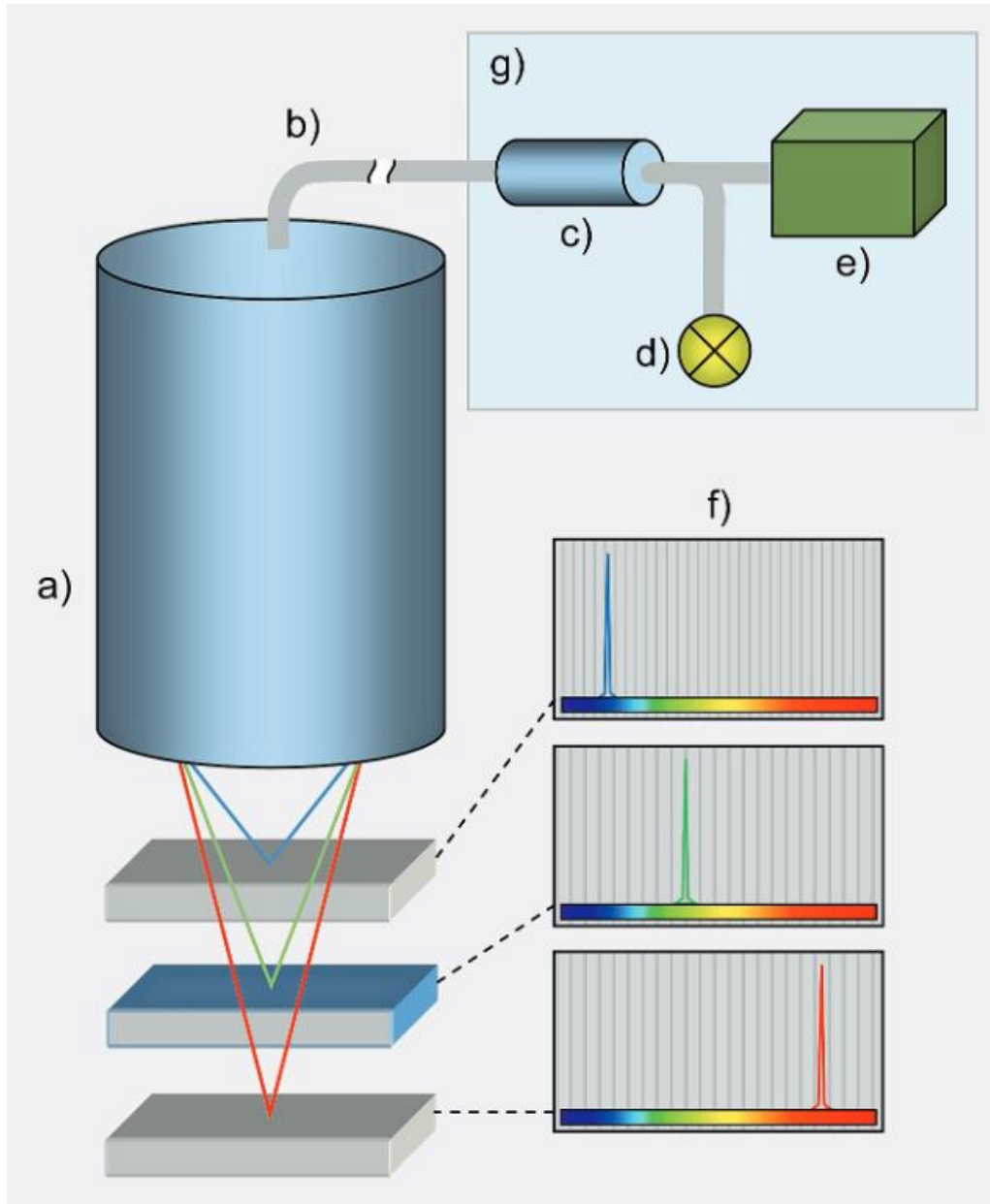
# Senzori zasnovani na fokusnoj varijaciji



Sistem senzora zasnovanog na fokusnoj varijaciji bez vertikalnog pomeranja:

- Fokusna varijacija se postiže pomeranjem pokretnih ogledala.

# Hromatski fokusni senzor na bazi belog svetla



Hromatski fokusni senzor se koristi za merenje komponenti sa prozirnim, poliranim, grubim i mat površinama.

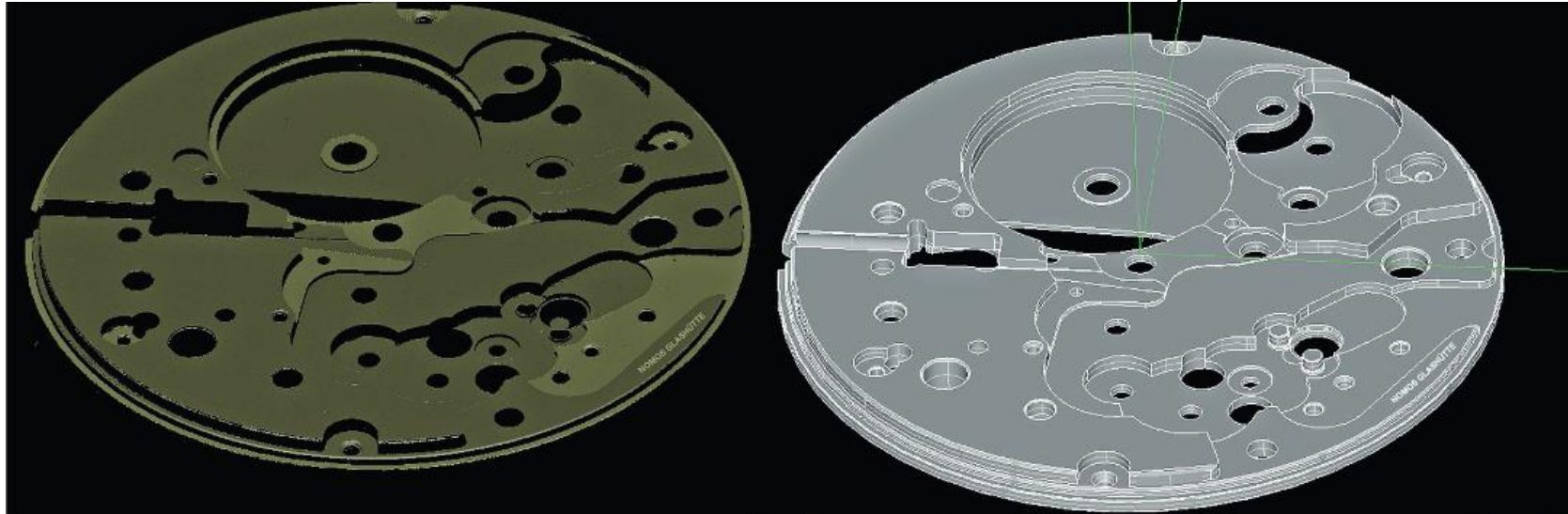
Osnovni elementi hromatskog senzora:

- a) Glava sonde
- b) Dugo optičko vlakno
- c) Spojnica vlakana
- d) Izvor bele svetlosti
- e) Spektrometar
- f) Spektri koji pokazuju rastojanje od objekta do glave sonde
- g) Jedinica za analizu



# Hromatski fokusni senzor na bazi belog svetla

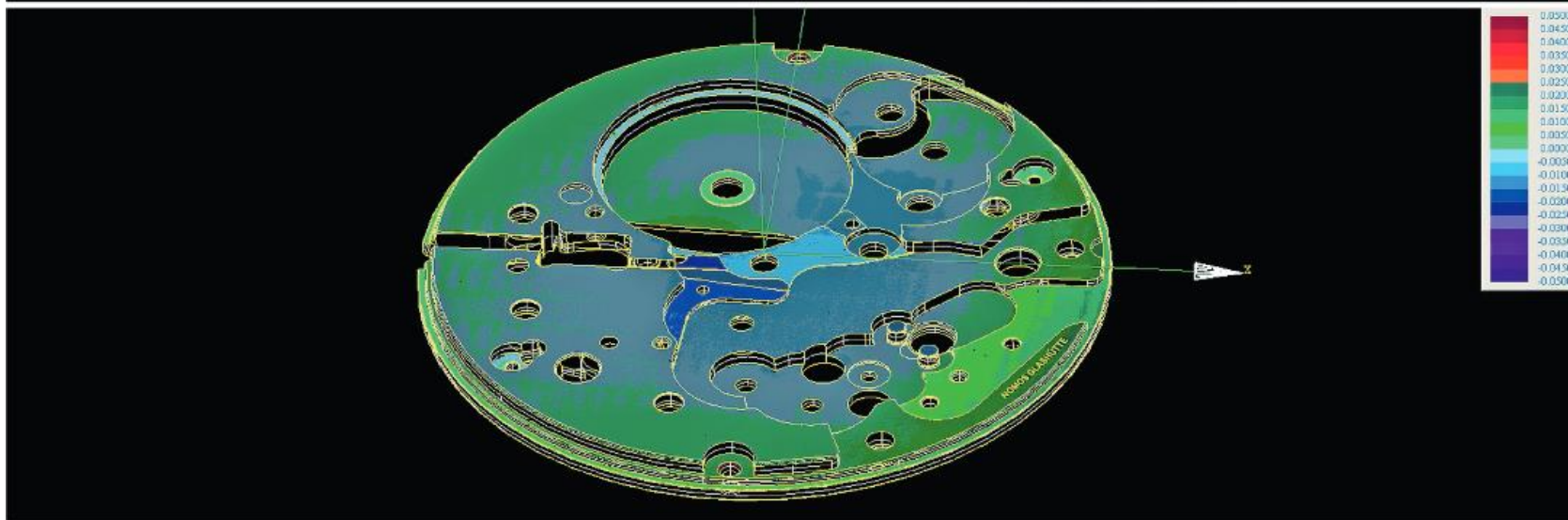
a)



b)

a) Izmereni oblak tačaka na ploči sata pomoću hromatskog fokusnog senzora

b) CAD model



c)

c) CAD inspekcija, poređenje oblaka tačaka sa CAD modelom i izračunavanje odstupanja

**Video**

# HP-OW

## Optical Sensors

| White light scanning on CMMs



## Prednosti multisenzorskih sistema na KMM

- Zamenjaju nekoliko mašina za jednokratnu namenu (mašine koje vrše samo određene zadatke).
- Pružaju kompletna rešenja za složene zadatke merenja na različitim obradcima koristeći jednu mernu mašinu.
- Kombinacija različitih mernih senzora znači da se svi elementi mere u istom koordinatnom sistemu koji se mogu povezati i analizirati.
- Optimalni senzor je dostupan za svaki element koji se meri, što dovodi do skraćenog vremena merenja.
- Svi senzori su kalibrisani i kompatibilni međusobno, tako da se mogu koristiti u bilo kojoj željenoj kombinaciji.



## Nedostaci multisenzorskih sistema na KMM

- Kada se koriste multisenzorski sistemi, kombinovani opseg merenja koji ostaje nakon proračuna pomaka senzora može biti znatno manji od opsega merenja za jedan senzor.
- Viša nabavna cena.
- Složeno upravljanje.
- Specijalizovani magacini senzora.



# Multisenzorski sistemi u praksi

- Upotreba senzora za obradu slike pri malom uvećanju za određivanje položaja senzora za kontaktna merenja.
- Kod plastičnih radnih komada, ivice se mogu meriti pomoću senzora za obradu slike, a zatim se ravnost sedišta zaptivki može meriti korišćenjem integrisanog laserskog senzora.
- Osovine i okretni delovi su klasičan primer primene multisenzorskog sistema. Prečnik se meri sensorom za obradu slike, dužine sa konvencionalnim kontaktnim sistemima mernih pipaka, a hrapavost pomoću kontaktno-optičkog senzora.
- Za utičnice, geometrija plastičnog kućišta i grubi položaj pinova mogu se odrediti pomoću senzora za obradu slike.
- Tačne pozicije pinova se zatim mere pomoću kontaktno-optičkog senzora.

**ZEISS O-INSPECT**