

# **Tehnološki merni sistemi – jedanaesta nastavna jedinica / Laserski merni sistem**

**Prof. dr Vidosav D.  
Majstorović, dipl. maš.inž.  
Mašinski fakultet u Beogradu**

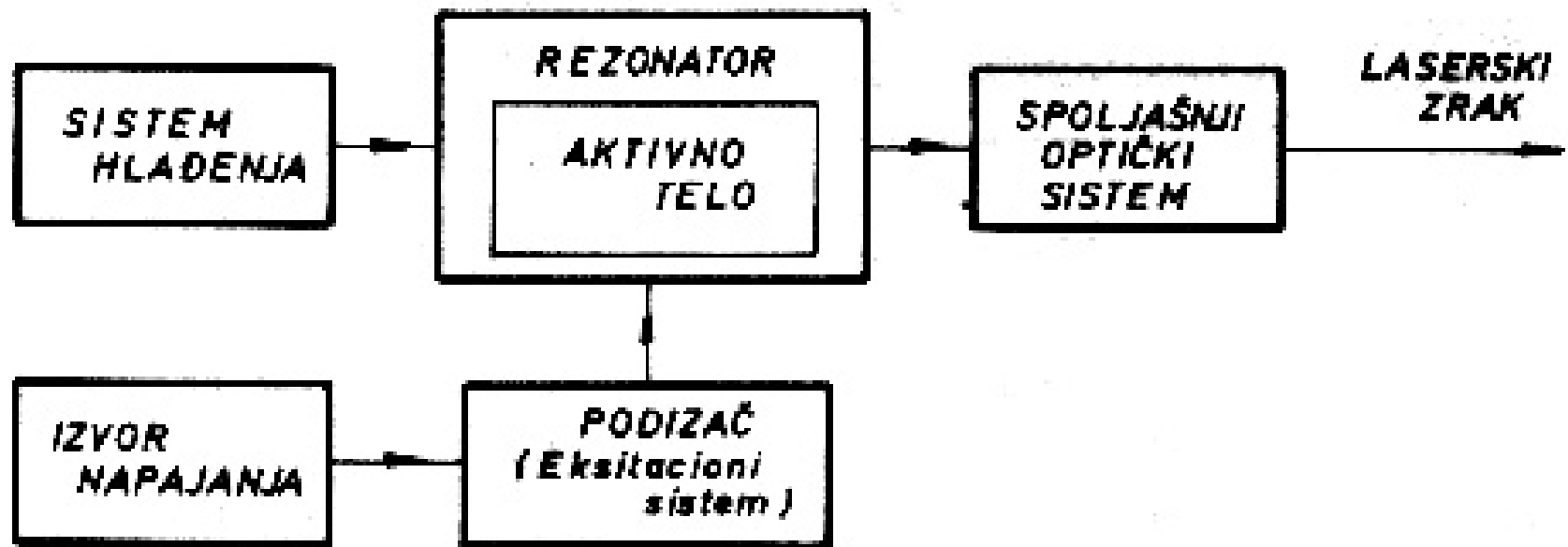
# Laserski merni sistemi

- Laseri su kvantni generatori (svetlosni amplifikatori - pojačivači)
- Pojačavanje svetlosti se postiže indukcionim zračenjem atoma i molekula
- Laser emituje svetlosne zrake (uzan snop svetlosti / fotona stalne talasne dužine) koji se odlikuju:
  - ◆ Koherentnošću (u prostoru i vremenu)
  - ◆ Monohromatičnošću
  - ◆ Linearnom polarizovanošću
- Laserski zraci su neograničeno paralelni

# Osnovne jedinice lasera

- Osnovne jedinice su: aktivna ili radna materija, rezonantni sistem / podizač, optički sistem, slika 11.1
- Aktivna materija: čvrsti, tečni, gasoviti materijali
- Čvrsta (sintetički rubin, plastične mase, aktivna stakla)
- Tečni ( plazma, rastvori organskih boja)
- Gasoviti ( smesa helijuma i neona)

# Slika 11. 1 Osnovna struktura lasera



Sl. 11.1. Osnovne strukturne jedinice lasera

# Podela lasera

- **Prema stanju aktivne materije:**
  - ◆ Čvrste, tečne i gasne lasere
- **Prema režimu rada lasera:**
  - ◆ Impulsne lasere
  - ◆ Lasere kontinualnog zračenja
- **Prema načinu pobuđivanja**
  - ◆ Lasere sa optičkim pobuđivanjem
  - ◆ Lasere pobuđene električnim pražnjenjem kroz aktivnu gasnu sredinu
  - ◆ Lasere pobuđene hemijskim reakcijama
  - ◆ Lasere pobuđene snopovima čestica velike energije
- **Spektru generisanja: infracrvena ili ultraljubičasta oblast spektra**

# Primena lasera u proizvodnoj metrologiji

- **Laserski merni sistemi:**
  - ◆ Najtačnija merenja dimenzija, rastojanja i pomeranja
  - ◆ Vrlo tačnu izradu, pozicioniranje, montažu krupnogabaritnih mašina alatki
  - ◆ Kontrolu pomoćnih kretanja i krivolinijskih pomeranja sklopova alatnih i drugih mašina
  - ◆ Upravljanje mašinama alatkama
  - ◆ Ugradnja u NUMM
  - ◆ Merenje hrapavosti
  - ◆ Kontrolu merne tehnike najviše tačnosti
  - ◆ Procesnu aktivnu kontrolu
  - ◆ Periodičnu proveru NUMA, NUMM
  - ◆ Proveru skala mernih sistema

# Primena lasera u proizvodnoj metrologiji - nastavak

- Tehnologija merenja dimenzija, rastojanja i pomeranja čine oko 85%-95% svih merenja u mašinogradnji
- Tačnost lasera je od 10 do 100 puta od potrebne
- Laserski interferometri su najtačniji merni sistemi za merenje dimenzija
- Oni su – interni i nacionalni etaloni za dimenzije

# Primena lasera u proizvodnoj metrologiji - nastavak

- Laserski interferometri se koriste kao jedini merni sistemi za merenje velikih dimenzija sa tačnošću od 0.1 mikrometra i više
- Rezultati merenja se prikazuju u digitalnom obliku
- LMS se primenjuju i za vrlo tačna merenja u mikro i nano tehnologiji (tanke žice, mali otvori, zazor, itd)
- Laserski interferometri se koriste i za merenje brzine, naprezanja, deformacija, temperature, itd



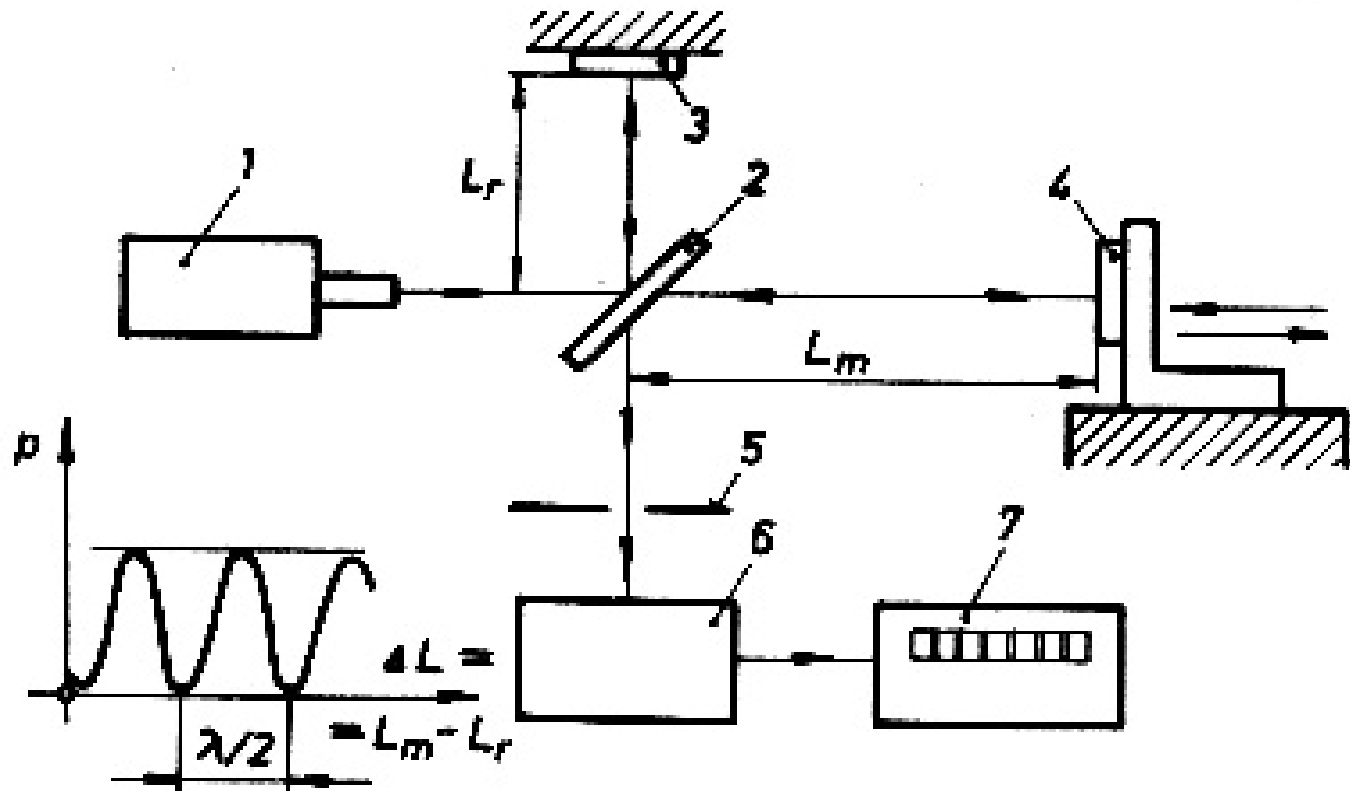
# Laserski interferometri

- U zavisnosti da li su razvijeni na principu refleksije ili registracije prolazećih zraka (interferencija ili difrakcija) LI se dele na:
  - ◆ Laserski interferometri
  - ◆ Laserski difrakcioni merni sistemi
- Laserski interferometri se dele na:
  - ◆ Kvantni interferometri
  - ◆ Interferometri sa laserskim izvorom svetlosti

# Interferometar sa laserskim izvorom svetlosti

- Jedinice interferometra sa laserskim izvorom svetlosti:
  - ◆ Laser
  - ◆ Optički interferometar
  - ◆ Reflektor
  - ◆ Fotodetektor
  - ◆ Blok obrade i indikacije rezultata merenja
- Koriste se jednofrekventni gasni laser (helijum neonski), slika 11.5

# Slika 11.5 Šema interferometra sa laserskim izvorom svetlosti

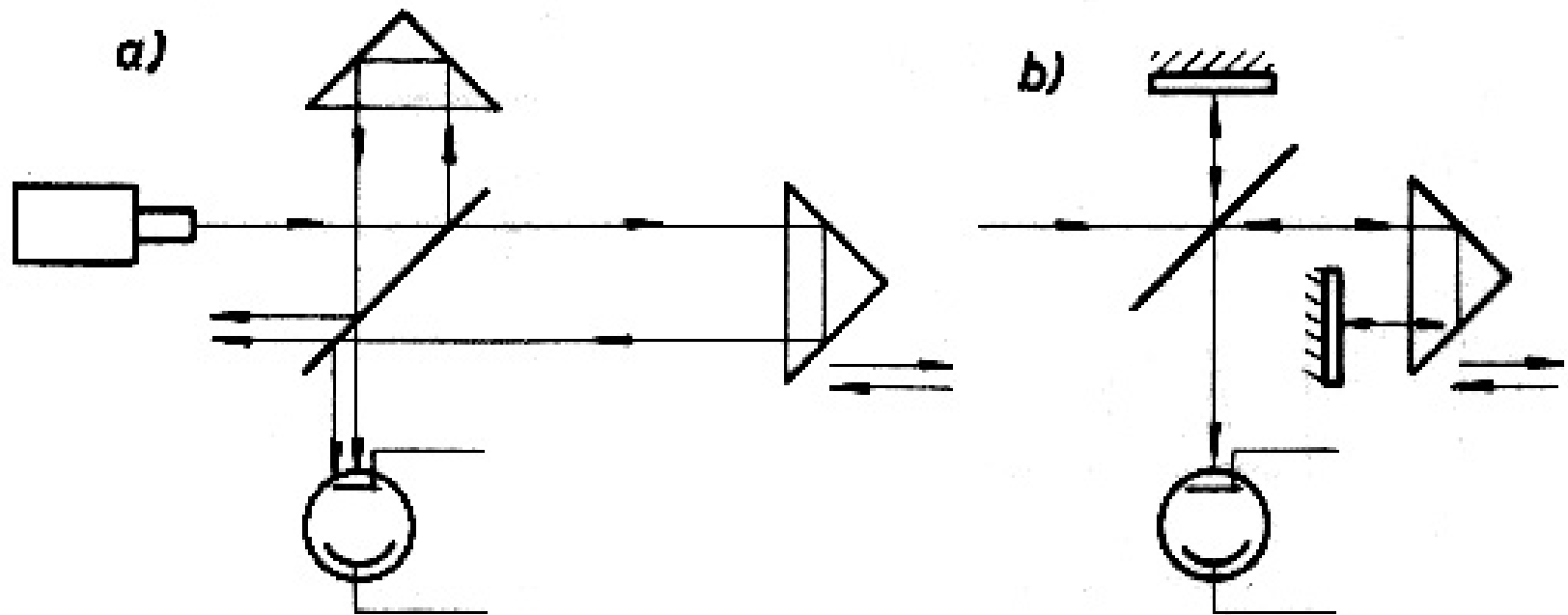


Sl. 11.5. Uprošćena šema intaferometra sa laserskim izvorom svetlosti

# Interferometri sa trostranim prizmama

- **Novije konstrukcije interferometara – umesto ravnih ogledala**
- **Prizmama se postiže:**
  - ◆ **Upadni i odbojni zraci zadržavaju međusobnu paralelnost i pri izvesnom zaokretanju prizme**
  - ◆ **Isključuje se vraćanje laserskih zraka u laser a time i njihov uticaj na karakteristike lasera**
- **Primer, slika 11.6**

# Slika 11.6 Interferometar sa trostranim prizmama

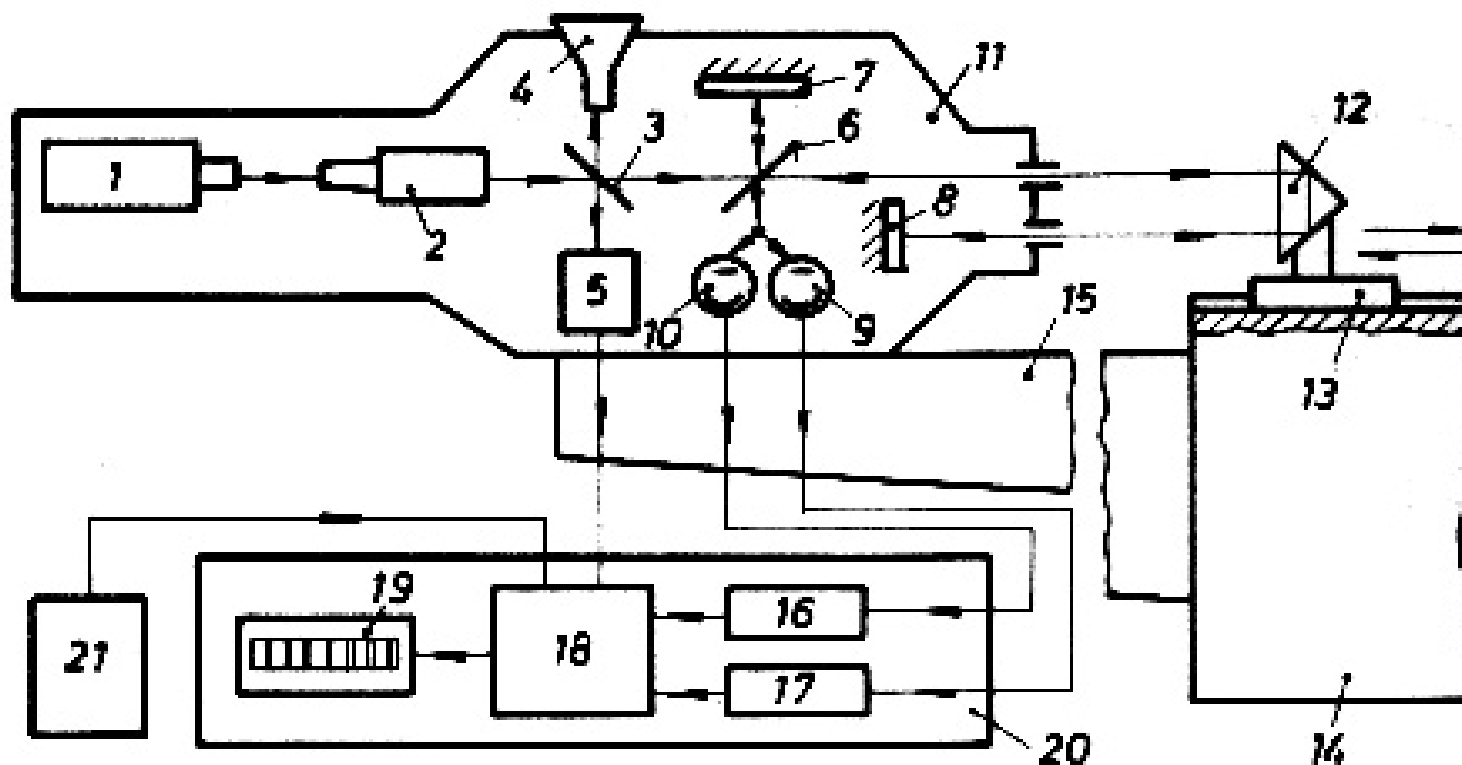


*Sl. 11.6. Interferometri sa trostranim prizmama*

# Laserski interferometar za merenje dimenzija i pomeraja

- Industrijski laser za merenje položaja objekta (radnih organa mašina alatki)
- Koristi se helijum neonski laser sa talasnom dužinom od 0.6328 mikrometra
- Tačnost merenja od 0.75 do 0.002 mikrometra
- Primer, slika 11.7

# Slika 11.7 Industrijski laserski sistem tipa Culter-Hammer



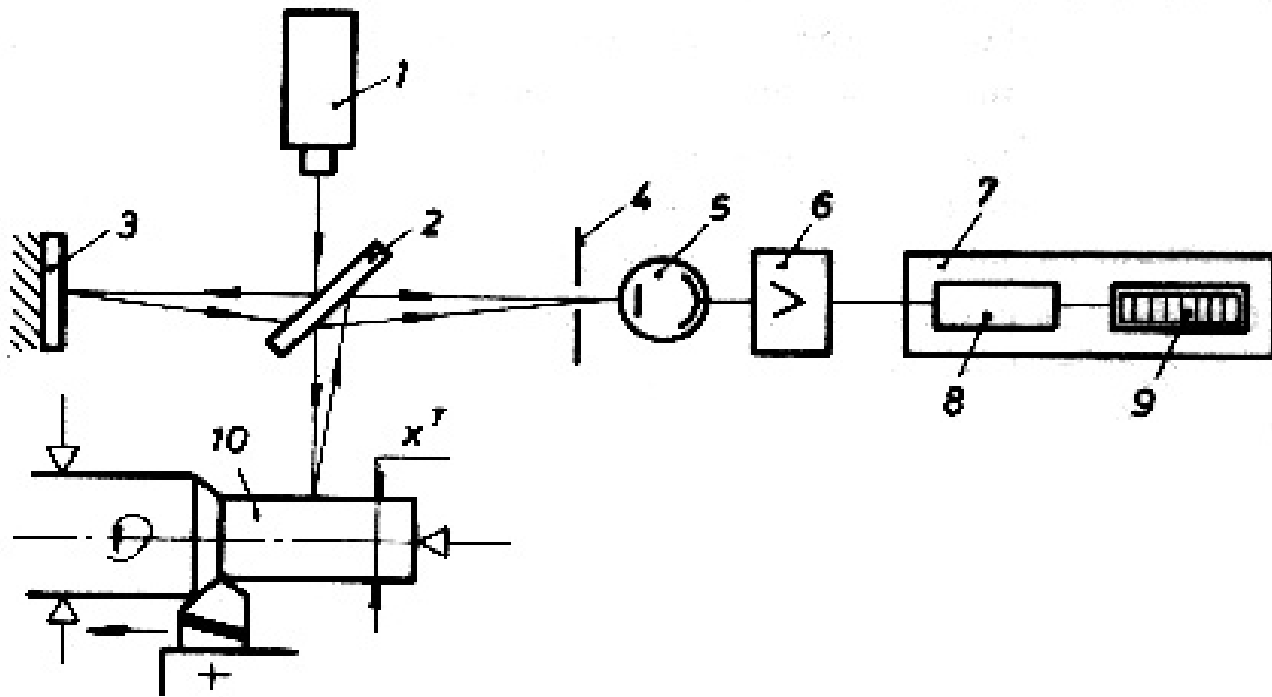
Slika 11.7. Šema industrijskog laserskog sistema tipa Culter-Hammer

# Procesni laserski interferometar

- Laserski merni sistem kao procesni merni sistem
- Visok intezitet laserskog zraka omogućuje nastanak jasne interferencione slike
- Merni sistem – min prečnik kontrolisanog otvora je 1.27 mm
- Tačnost obrade otvora uz upotrebu lasera postiže se u granicama od 0.1 do 0.2 mikrometra
- Primer, slika 11.8



# Slika 11.8 Šema laserskog intrferometra za procesna merenja

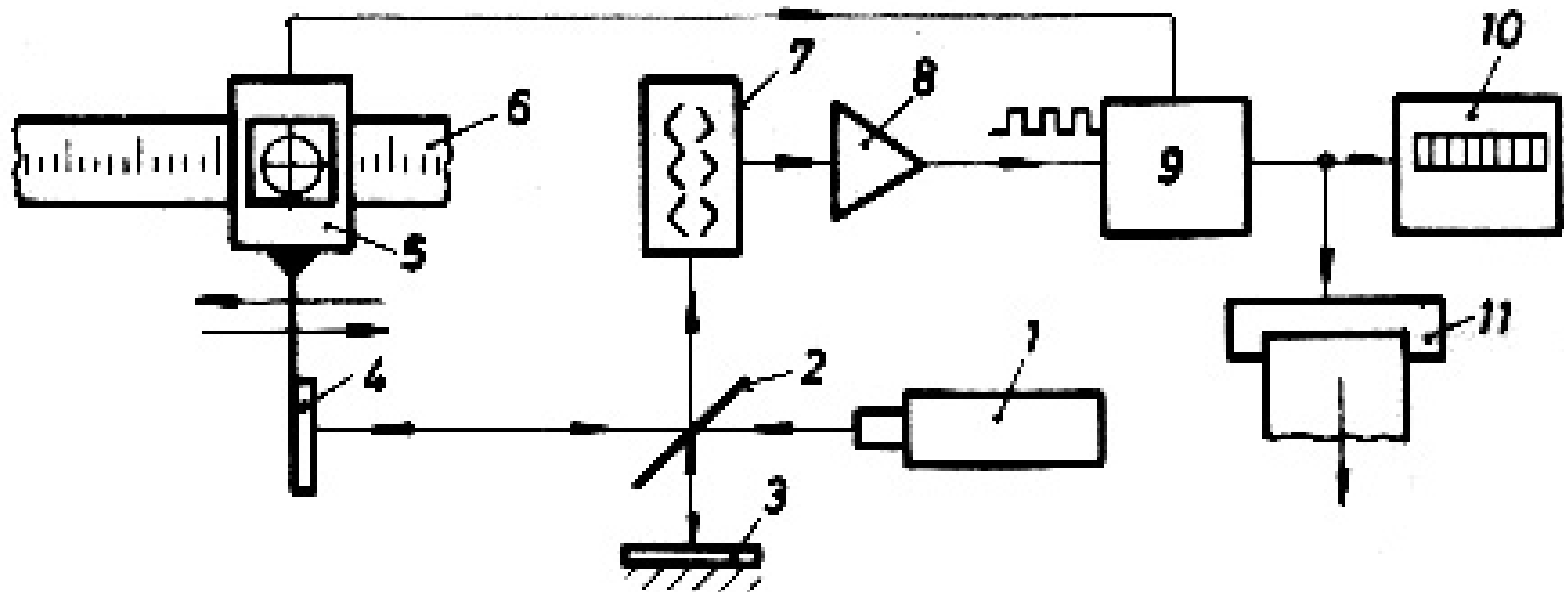


Sl. 11.8. Šema laserskog interferometra za procesna merenja spoljašnjih prečnika obradaka

# Laserski kalibratori skala i pomoćnih kretanja

- Koriste se za baždarenje skala i podeoka na analognim priborima, radnim organima MA, zavojnim parovima, itd.
- Karakterističnu jedinicu mernog sistema predstavlja skener izveden u obliku fotoelektričnog mikroskopa
- Primer, slika 11.9

# Slika 11.9 Šema laserskog interferencionog kalibratora skala

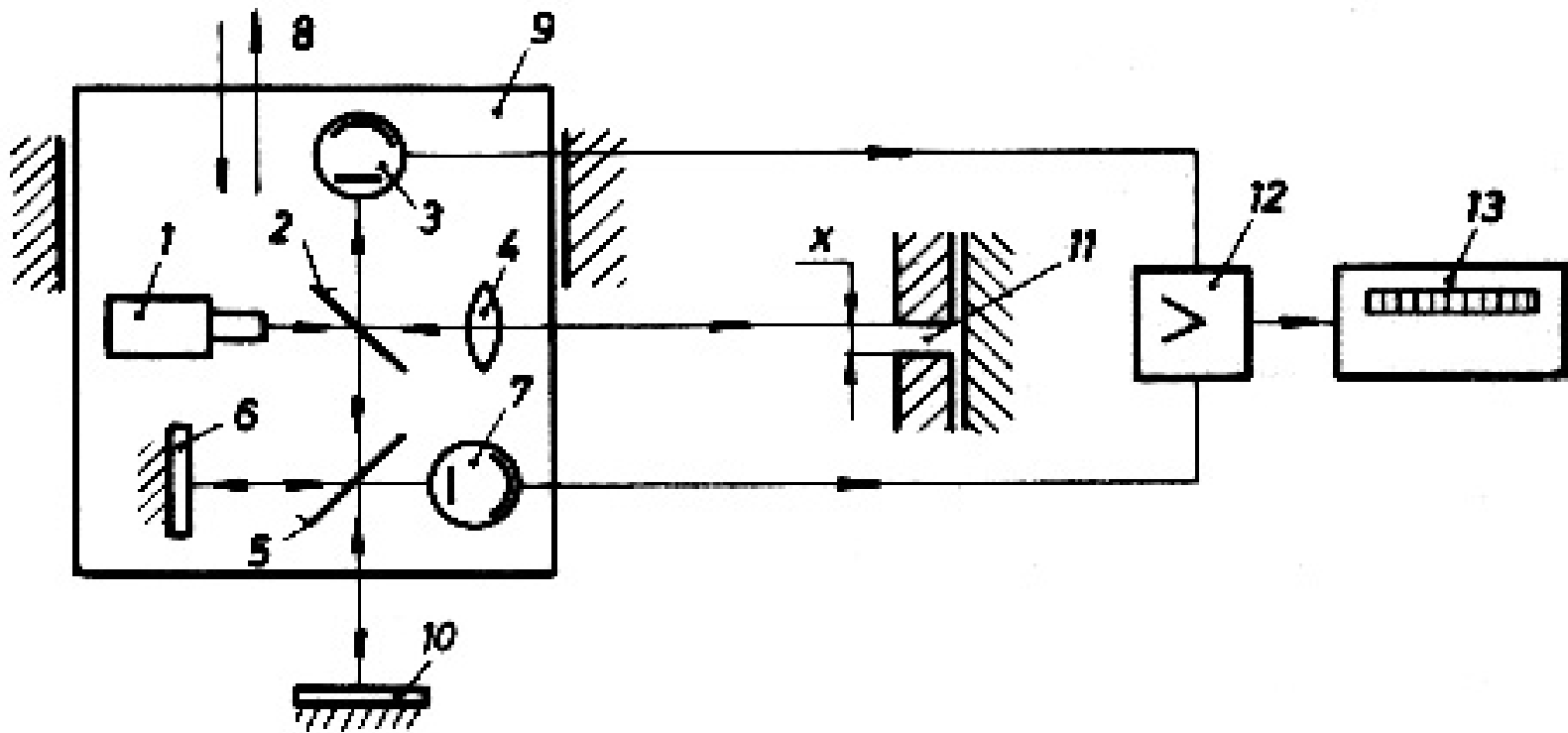


(Sl. 11.9.) Šema laserskog interferencionog kalibratora skala

# Laserski interferometar za kontrolu zazora

- Princip rada u teško pristupačnim mestima za merenje se zasniva na promeni intenziteta reflektovanog laserskog zraka pri pomeranju optičke glave
- Primer, slika 11.10

# Slika 11.10 Šema laserskog interferometra za kontrolu zazora

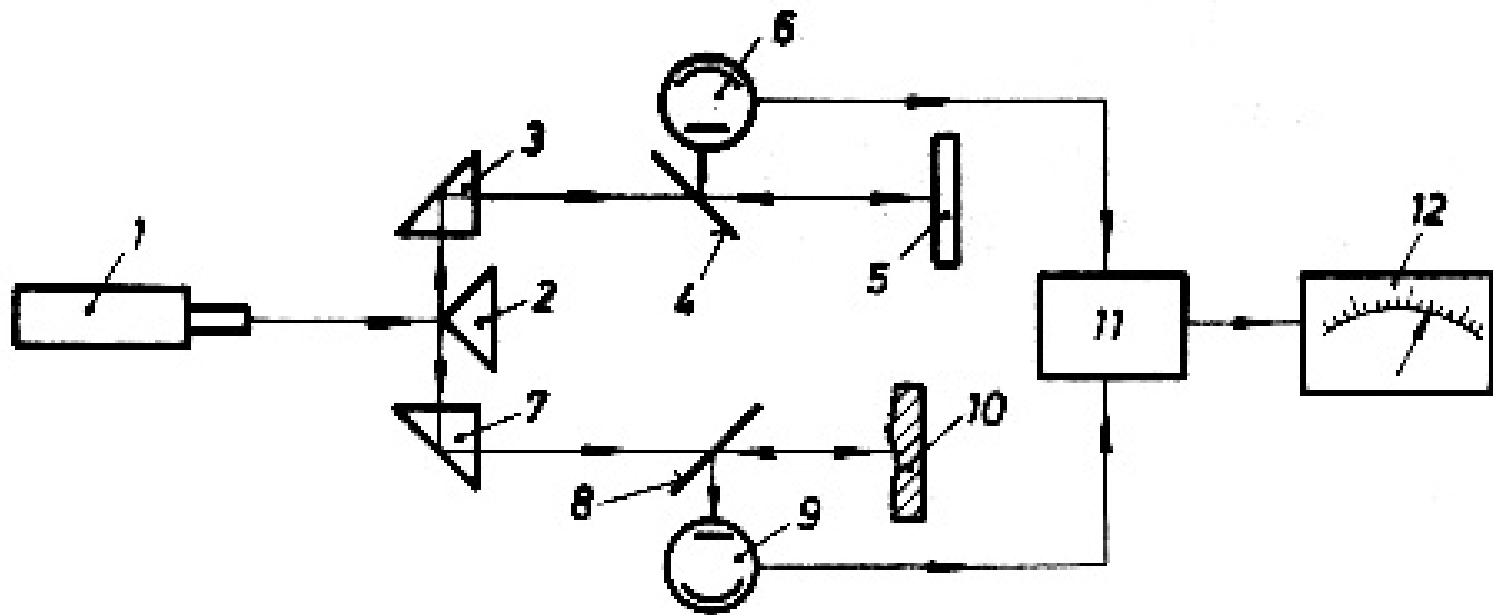


Sl. 11.10. Šema laserskog interferometra za kontrolu zazora

# Laserski sistem za kontrolu hrapavosti površina

- Zasniva se na uporednoj kontroli etalona i obrađene površine
- Etalon – stepen površinske hrapavosti poznat
- Proces uporednog merenja traje 8 do 10 sekundi
- Primer, slika 11.11

# Slika 11.11 Šema LMS za merenje površinske hrapavosti



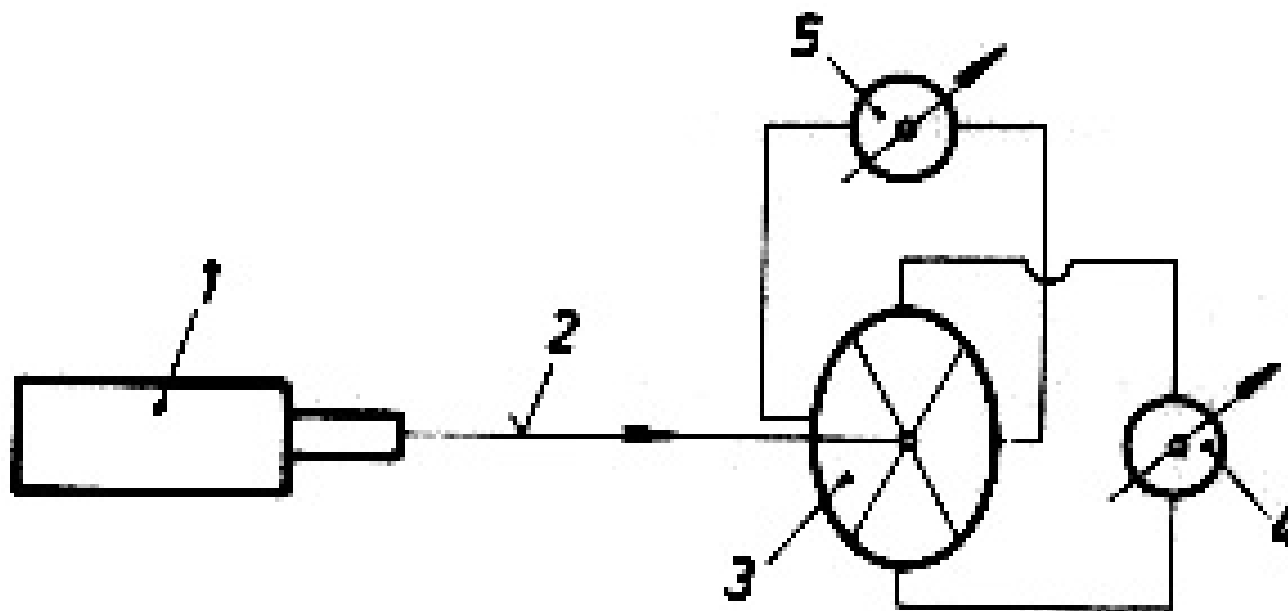
Sl.11.11. Šema laserskog merenog sistema za merenje površinske hrapavosti

# Laserski sistem za merenje odstupanja od propisane trajektorije

- **Merenje tekućih položaja, odnosno odstupanja od propisane trajektorije (pravolinijske, kružne, ...**
- **Ovaj oblik merenja se sreće:**
  - ◆ **Pri montaži mašina alatki**
  - ◆ **Pri tekućoj kontroli propisanih trajektorija radnih organa**
  - ◆ **Pri podešavanju i postavljanju radnih organa NUMA**
- **Osnova – operacija centriranja lasera (helijum neonski)**
- **Apsolutno prava linija na dužini od 45 m, što nema nijedan merni sistem, slika 11.12**



# Slika 11.12 Detektorski uređaj za centriranje lasera

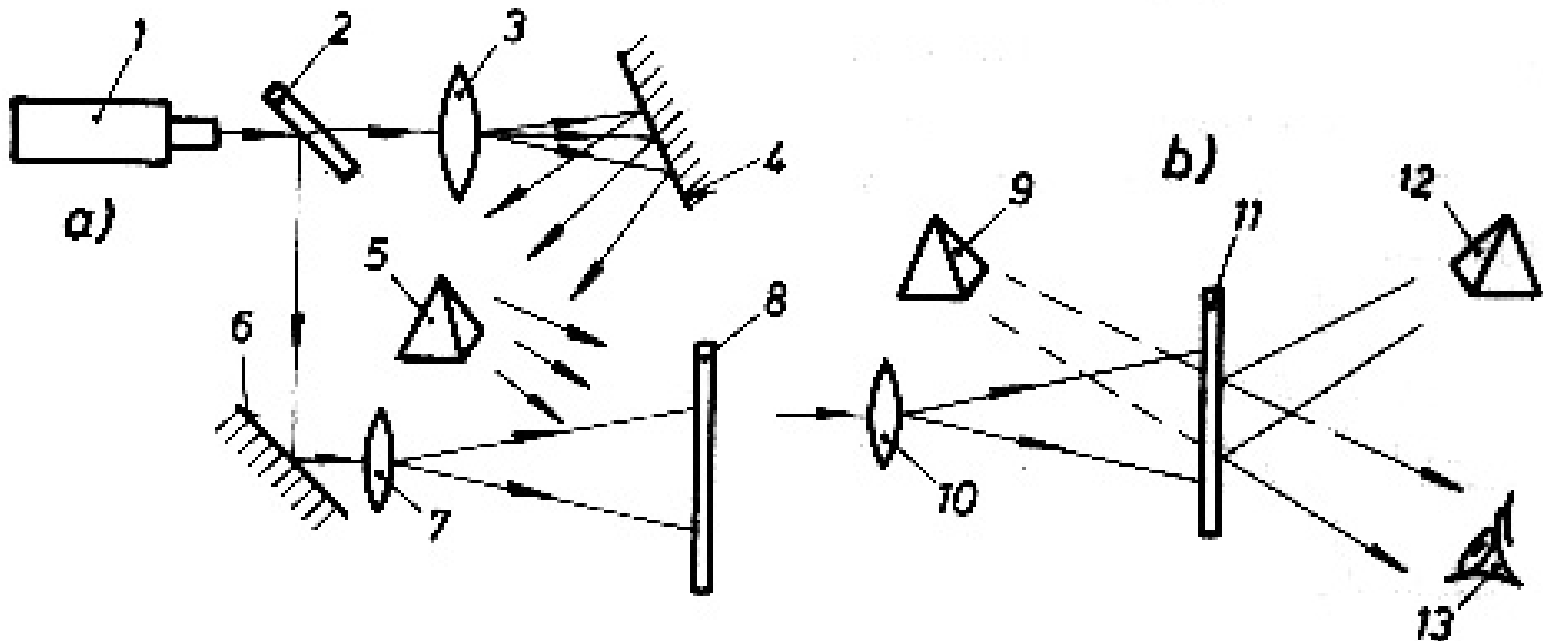


**S1.11.12** Detektorski uređaj za centriranje lasera

# Holografski merni sistemi

- Laserska holografija se razvila iz laserske interferometrije
- LH je stvaranje jasne i tačne prostorne slike istraživanog objekta a radi utvrđivanja karakteristika kvaliteta delova i proizvoda
- Holografija je višefazni merni proces koji obuhvata:
  - ◆ Registracija holograma
  - ◆ Reprodukcija slike objekta
  - ◆ Obradu i analizu slike
- Faze registracije i reprodukcije objekta hologramom, slika 11.18
- Merni i referentni zraci

# Slika 11.18 Optička šema registracije (a) i reprodukcije (b) neprozračnog objekta

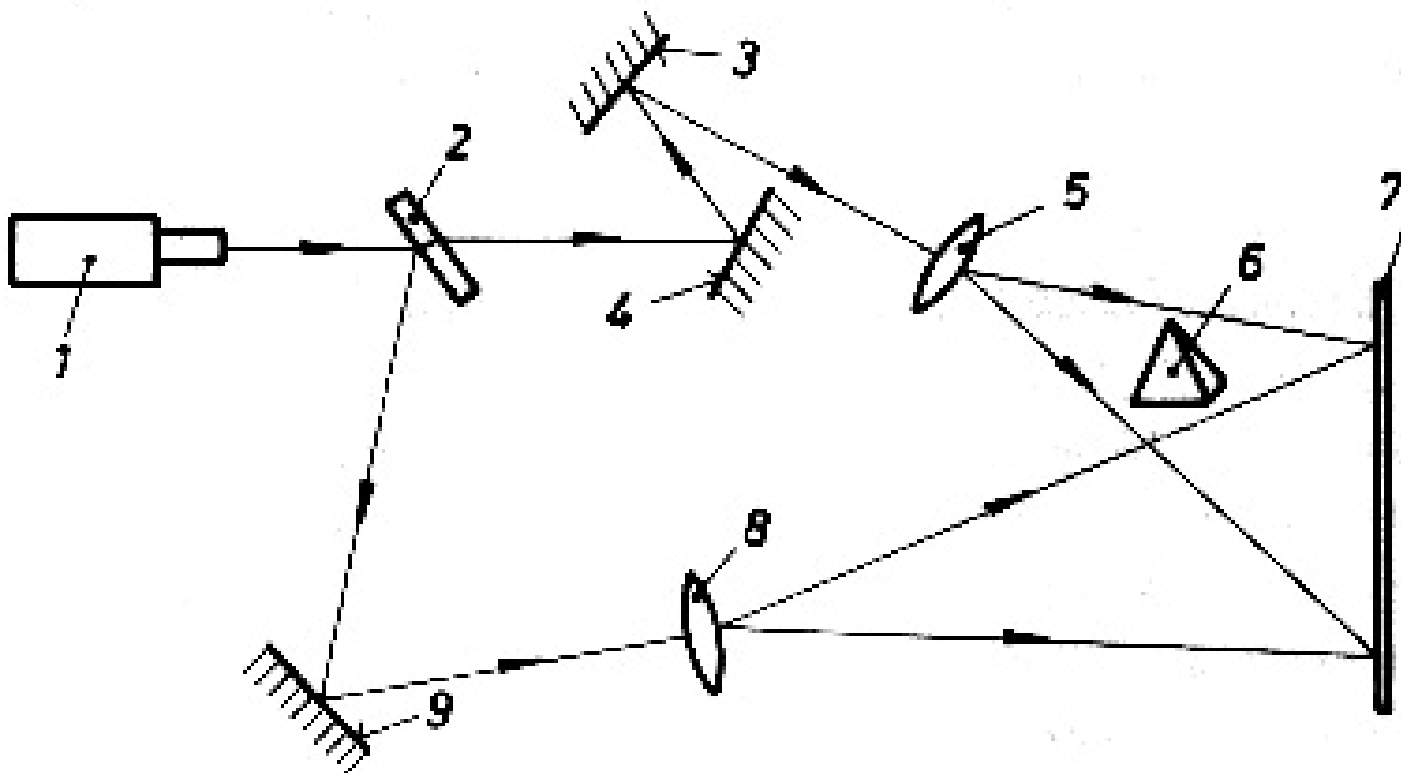


**Sl. 11.18** Optička šema faza registracije holograma (a) i reprodukcije prostorne slike (b) neprozračnog objekta

# Dobijanje holografskog interferometra

- Dobija se metodom dvostruke ekspozicije
- Upoređuju se dva stanja objekta, koja se odnose na dva različita vremenska trenutka (koja se biraju po želji korisnika)
- Karakteristične interferencione pruge na stvarnoj slici mernog predmeta izražavaju nastale promene između dva vremenska stanja
- HI za prozirne objekte, slika 11.19

# Slika 11.19 Šema holografske registracije prozračnih objekata



(Sl.11.19.) Šema holografske registracije prozračnih objekata

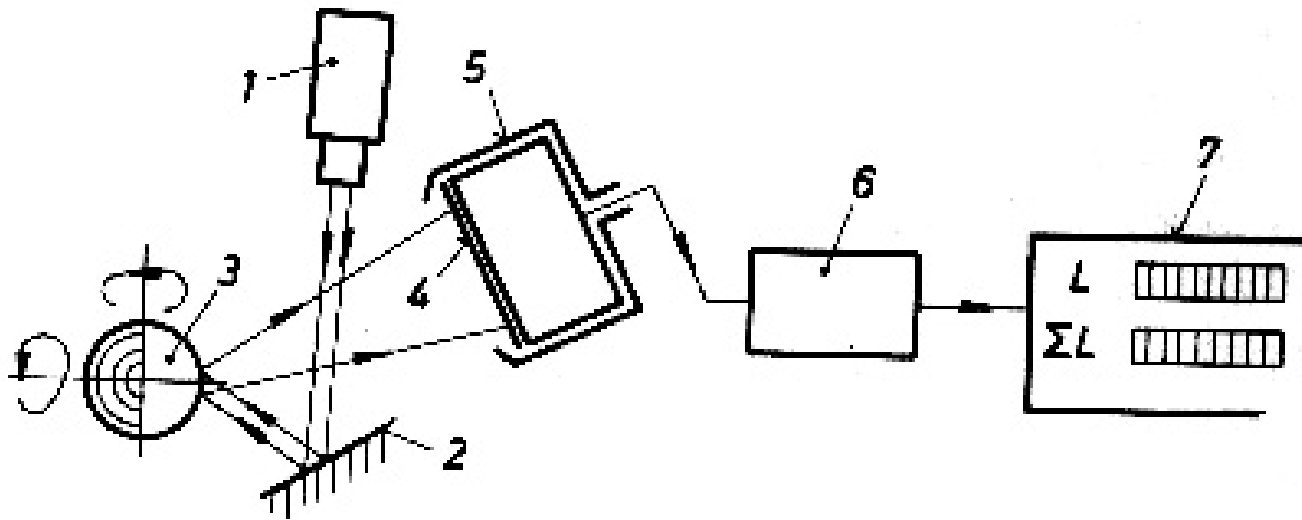
# Primena holografskih mernih sistema

- Neposredno merenje prostornih koordinata na površini mernog predmeta
- Merenje deformacija nastalih na ispitivanom objektu
- Identifikacija unutrašnjih defekata u objektu merenja
- Ispitivanje karakteristika i zakonitosti brzih procesa
- Proizvođači HMS: Rottenkolber, Appolo Jasers, ...

# Lasersko-televizijski merni sistemi

- Kombinacija: laserska, televizijska i računarska tehnika
- Detekcija i merenje defekata na obrađenim površinama mernih predmeta
- Odbijeni laserski zraci nose sa sobom sliku defekata sa površine i padaju na fotoosetljivu površinu televizijske cevi
- Primer, slika 11.21

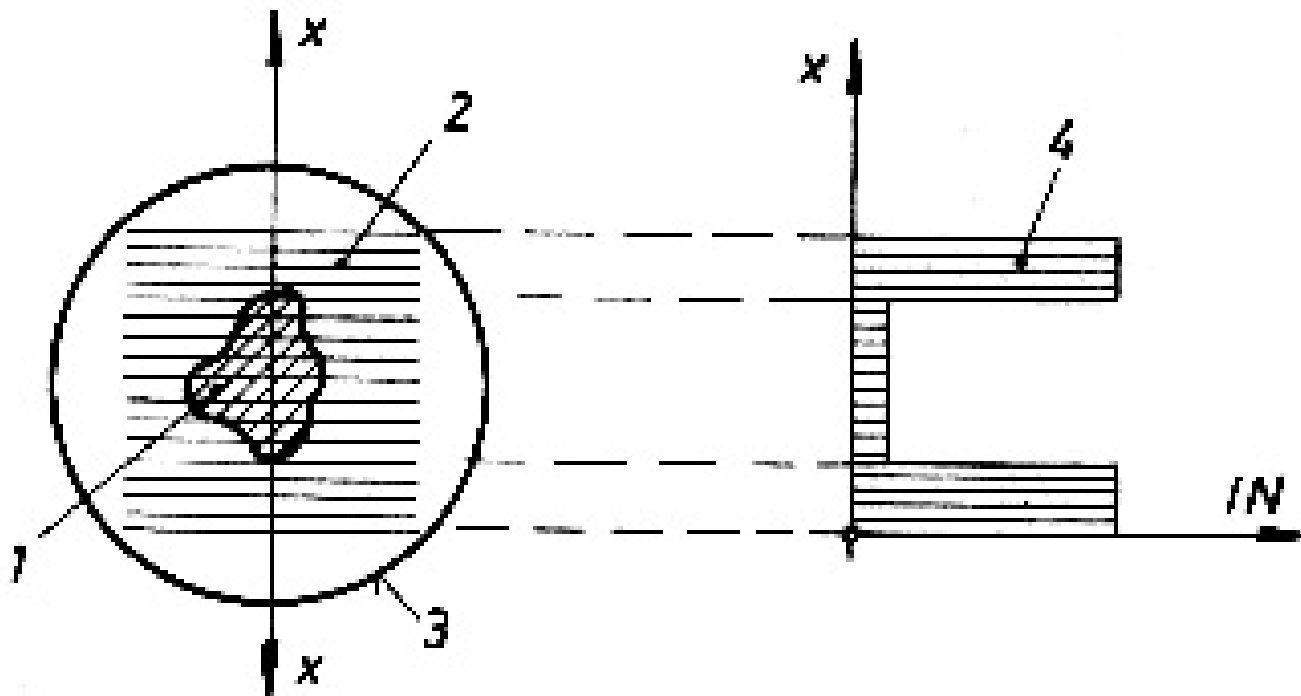
# Slika 11.21 Šema lasersko-televizijskog sistema



Sl.11.21. Šema lasersko-televizijskog sistema za kontrolu defekata na površinama delova



# Pretvaranje dimenzija defekata u električne signale – slika 11.22

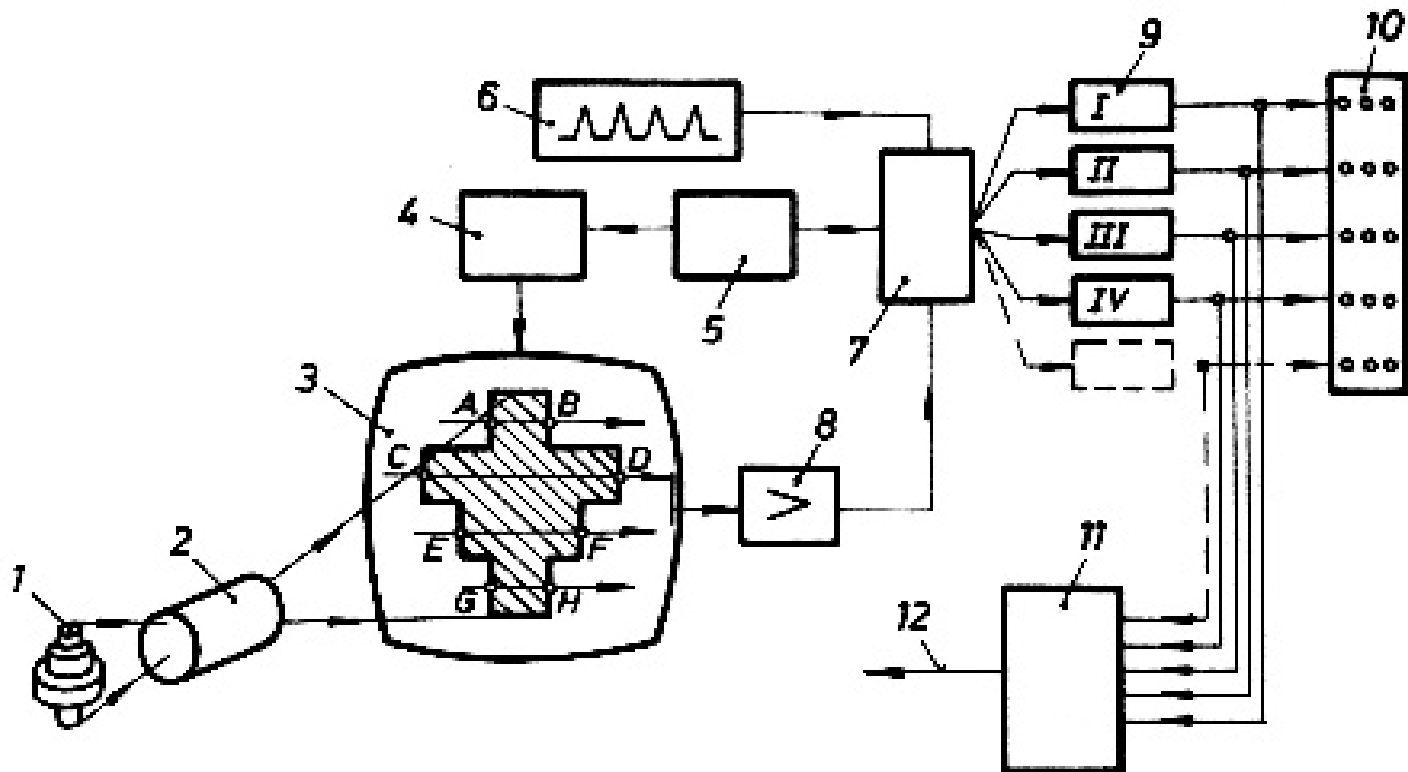


Sl. 11.22. Merenje dimenzija površinskih defekata

# Primena LTMS u pogonskoj metrologiji

- Identifikacija površinskih defekata
- Automatizovano merenje i kontrolu više karakteristika kvaliteta (dimenzija)
- Optičkim sistemom se projektuje slika mernog predmeta na fotoosetljivu površinu televizijske cevi
- Ona se poredi sa unapred unetom nominalnom vrednošću
- Primer, slika 11.23

# Slika 11.23 Šema televizijskog mernog sistema



SL. 11.23. Strukturna šema televizijskog mernog sistema

**Hvala Vam na pažnji !**

**Vaš**

**Prof. dr Vidosav D. Majstorović,  
dipl.maš.inž.**

**Mašinski fakultet u Beogradu**