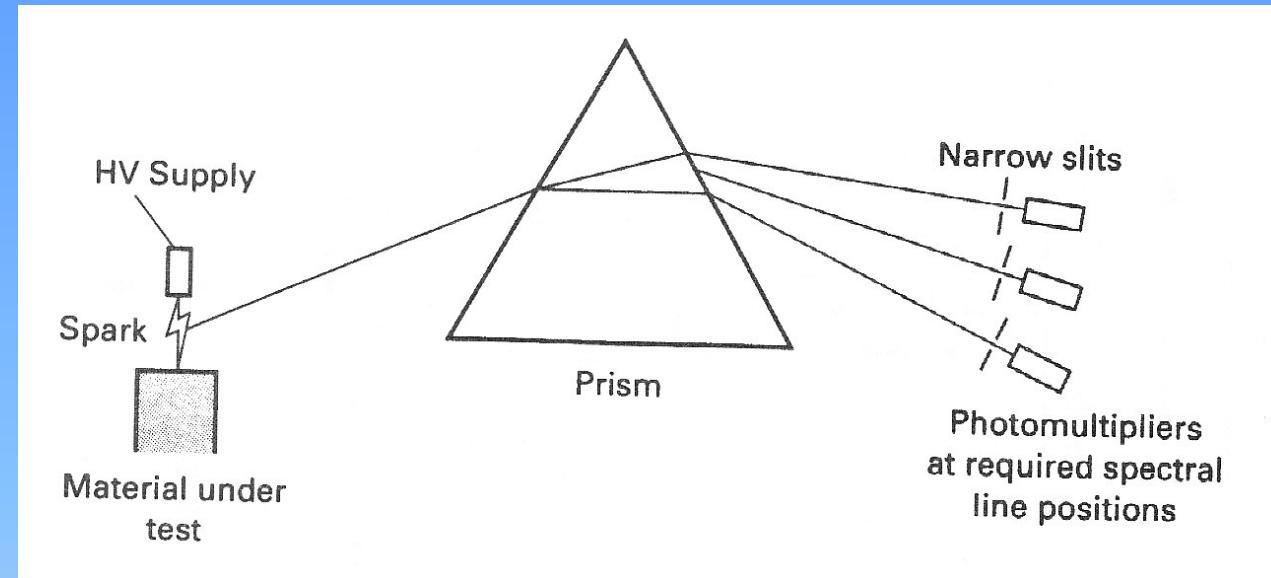


Spektroskopija

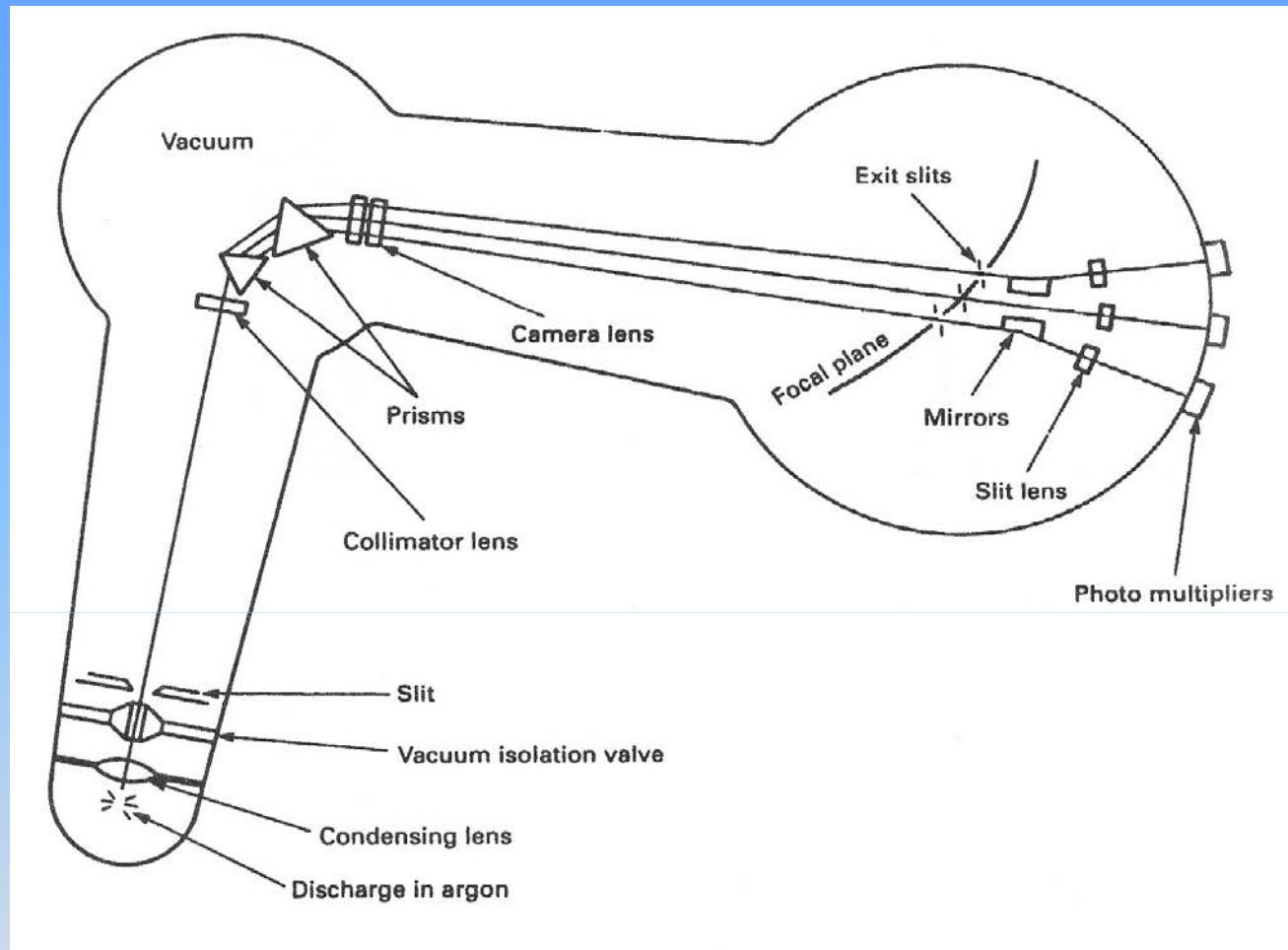
- Kada se zagrijavaju određene materije ili tvari odnosno kada se atomi podižu na višu energetsku razinu, oni počinju emitirati svjetlost na tim višim energetskim razinama
- Energetska razina razlikuje se od elementa do elementa pa je stoga moguće otkriti prisutnost elemenata i njihove relativne udjele promatrujući emitiranju svjetlost prilikom zagrijavanja materije ili tvari
- Spektralna analiza može se koristiti za različite kemijske analize, te se ova tehnika zove **spektroskopija**
- Osnova spektroskopije prikazana je na slici 110.
- Test-materijal se podiže na višu energetsku razinu zagrijavanjem ili što je češće stvaranjem električnog luka visokog napona
- Emitirana svjetlost prolazi kroz prizmu gdje se dijeli na pojedine komponente spektralnog niza
- Uređaji detekcije npr. fotoumnožači (*photomultipliers*) smješteni su iza uskih otvora ili procjepa na mjestima koji odgovaraju komponentama spektralnog niza koje promatramo



Slika 110. Temelj rada spektroskopije

- Kod osnovnog temelja rada spektroskopije kao na slici 110. postoji niz praktičnih problema
- Npr. Potrebne su vrlo velike udaljenosti između prizme i fotoumnoživača da bi se ostvarila kvalitetna podjela komponenti spektralnog niza (udaljenost od nekoliko metara)
- Navedeni problem se može riješiti presjecanjem zraka svjetlosti s zrcalima kao na slici 111. gdje se znatno skraćuje ta potrebna duga udaljenost

- Vrlo velike udaljenosti između prizme i fotoumnoživača potrebno je izbjegavati jer to izlaže mjerni instrument temperaturnim oscilacijama i mehaničkim vibracijama
- Također put svjetlosti u spektroskopijskom uređaju od električnog luka visokonaponske iskre pa do fotoumnoživača mora biti u vakuumu da bi se izbjeglo prisustvo drugih plinova (plinovi bi mogli apsorbirati dio svjetlosti i tako izazvati pogrešku analize)
- Također uređaj za spektroskopsku analizu mora biti vrlo čist, a materija ili tvar koja se i spituje mora biti u kontroliranom okolišu najčešće u okruženju inertnog plina kao npr. argona
- Iako je kod spektroskopskih mjernih uređaja relativno lagano odrediti prisustvo različitih elemenata u promatranoj materiji ili tvari, teže je to detektirano prisustvo pretvoriti u kvantitativne izlazne rezultate
- Na slici 111. prikazan je jedan praktični mjerni uređaj spektroskopije koji se primjenjuje u industrijskim procesima

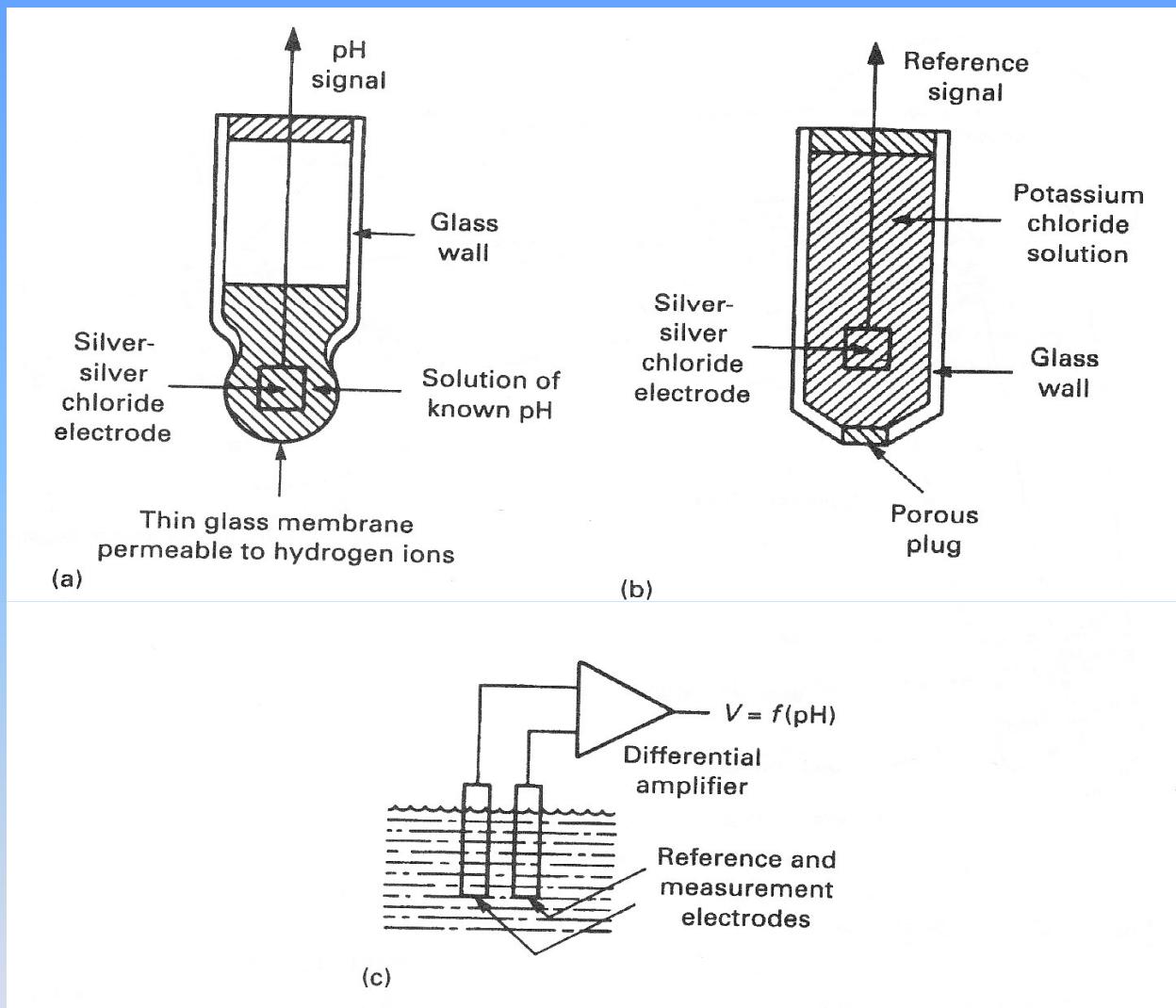


Slika 111. Spektroskopski analizator

pH metode mjerena

- Često je u industrijskim procesima (npr. prehrambena tehnologija) potrebno poznavati stupanj kiselosti ili lužnatosti različitih otopina
- Kislost ili lužnatost otopine je određena omjerom H^+ vodikovih iona i OH^- hidroksilnih iona
- Kada je veći udio H^+ iona otopina je kiselija i obratno
- Kislost ili lužnatost se određuje pH skalom (skala od 1 do 14) koja određuje koncentraciju H^+ iona i gdje vrijednost pH skale = 1 označava potpuno kiselu otopinu a vrijednost pH = 14 potpuno lužnatu otopinu (neutralna je pH = 7)
- Mjerenje pH vrijednosti može se obavljati pomoću dvije sonde kao na slici 112.
- Uronjene su dvije sonde od kojih se jedna naziva referentna sonda a druga mjerna sonda
- Referentna sonda proizvodi mali električni napon od elektroda izrađenih od srebra/srebro-klorida i obloženih kalij-klorid gelom
- Na dnu sonde je porozni procjep koji je električki povezuje s otopinom u koju je uronjena

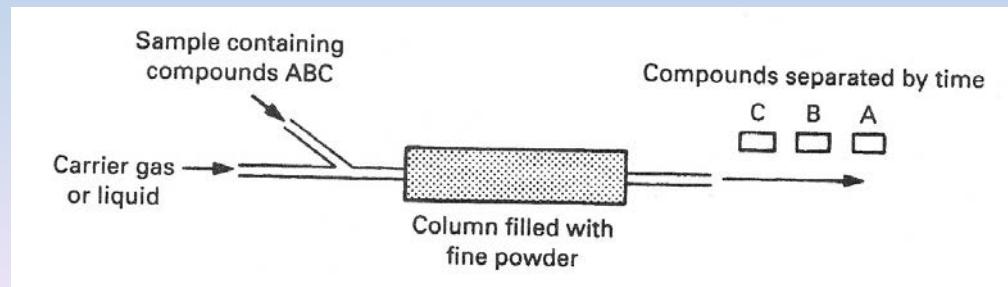
- Mjerna sonda se također sastoји od elektrode izrađene od srebra/srebro-klorida i obložene gelom poznate vrijednosti pH (i ova sonda generira poznati napon)
- Na dnu ove sonde je vrlo tanka staklena pregrada koja je propustljiva za vodikove ione
- Propustljivost staklene pregrade izaziva protok vodikovih iona i utjecaj pH razine u otopini na proizvedeni napon u mjernoj sondi
- Što je veća vrijednost pH razine u otopini u usporedbi s pH vrijednosti gela kojim je obložena mjerna sonda, to će napon generiran u mjernoj sondi biti manji
- Neto rezultat je razlika napona na stezaljkama referentne i mjerne sonde koja je ovisna o pH razini u otopini
- Napon iz pH senzora je vrlo malen, često nekoliko desetina mV
- Izlazni napon najčešće je spojen na istosmjerno pojačalo
- Da bi se izbjegle pogreške pri mjerenu otopina mora biti na konstantnoj temperaturi



*Slika 112. Mjerenje pH vrijednosti s dvije sonde:
a) mjerna sonda, b) referentna sonda, c) shematski prikaz*

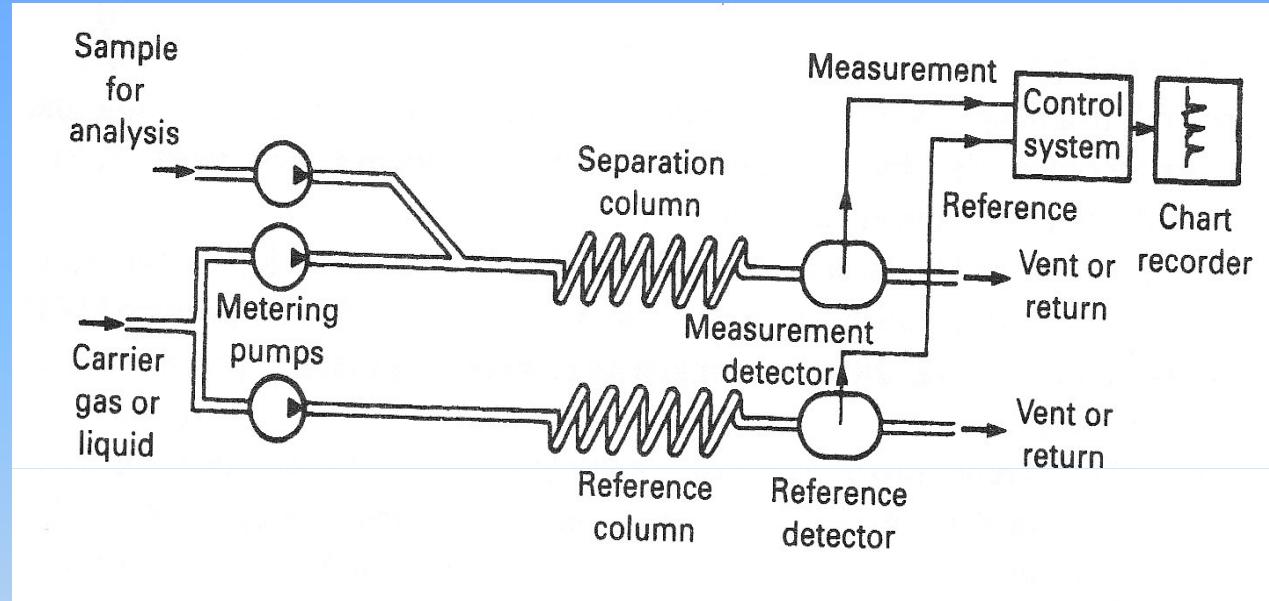
Kromatografija

- Ako tekućina ili plin, koja se sastoji od nekoliko komponenti, prolazi kroz stupac finog praha sastojci tekućine ili plina se spajaju s prahom, te se nekon prolaska kroz stupac odvajaju od praha različitim brzinama i veličinama
- To je osnova djelovanja kromatografije
- Svojstvo da tvari međusobno spajaju zove se **adsorpcija**, a da se nakon toga ponovo razdvajaju zove se **elucija ili razdvajanje**
- Cilj metode je detektirati komponente tekućine ili plina prema vremenu potrebnom za razdvajanje od npr. praha s kojim je izvršena adsorpcija
- Na slici 113. prikazan je postupak određivanja komponenti A, B i C iz plina prema vremenu potrebnom za odvajanje od praha



Slika 113. Temelj rada plinske kromatografije

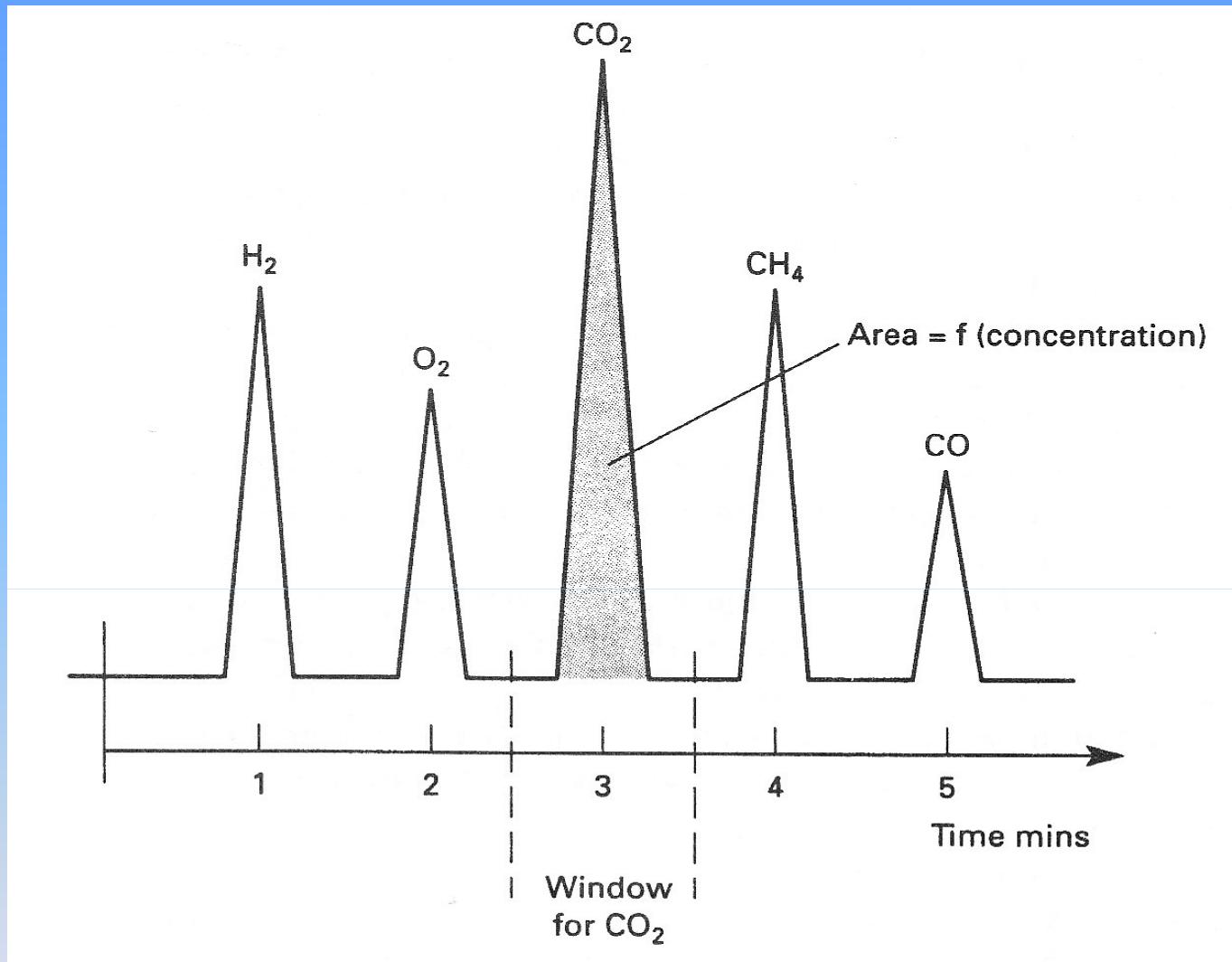
- Na slici 114. prikazan je način određivanja sastojaka u plinu ili tekućini kromatografskom metodom s prikazom izlaznog signala na displej uređaju (printer ili ploter)



Slika 114. Kromatografski sustav analize

- Uzorak plina ili tekućine koji se analizira mješa se s radnim plinom ili tekućinom (*carrier gas or liquid*) ovisno o zahtjevima analize, te takva mješavina prolazi stupac s materijalom koji potiče adsorpciju i eluciju za promatrani uzorak
- Stupac je najčešće izведен u obliku zavojnice koja je jako malog promjera(nekoliko mm) i nekoliko metara duga

- Proces adsorpcije i elucije (razdvajanja) odvaja komponente čiju prisutnost mjerimo te tako razdvojene komponente dolaze do mjernog detektora
- Ovi detektori nisu senzori u smislu mjernih uređaja jer oni samo mjere prisustvo "nečega" u radnom plinu ili tekućini
- Pravi senzor je ustvari mjereno vrijeme jer svaka promatrana komponenta posjeduje tzv. "izlazno vrijeme" za koje će se, ako je prisutna, pojaviti na mjernom detektoru
- Mjerni detektori su spojeni na neku vrstu displej uređaja, koji pokazuju rezultate analize
- Na slici 114. drugi identični stupac kroz koji prolazi radni plin ili tekućina se zove **referentni stupac** i služi za kontrolu rada samog kromatografskog uređaja (da se uoče na vrijeme moguće greške zbog temperturnih uzroka ili karakteristika samog radnog plina)
- Izlazni signal na displej uređaju može izgledati kao na slici 115., gdje pojava samih trokuta u funkciji vremena označava prisustvo različitih komponenata, a površina u trokutima označava njihovu količinu u promatranom uzorku



Slika 115. Izlazni signal kromatografskog uređaja

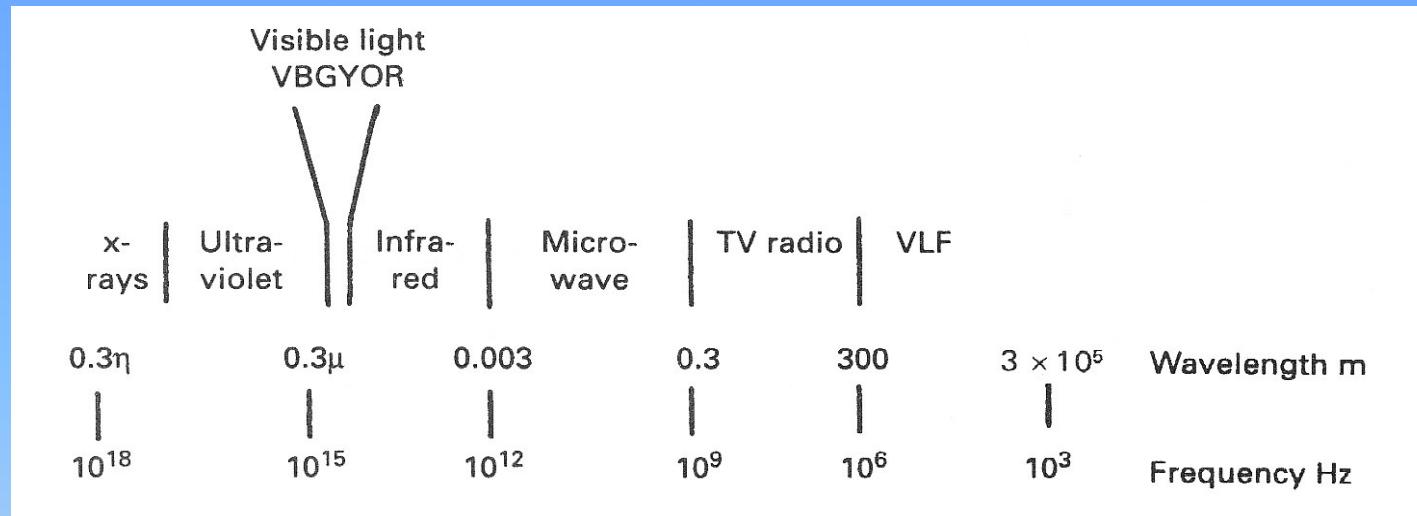
8. OPTOELEKTRIČNI SENZORI

- Optički uređaji postaju sve važniji u sustavima automatske regulacije
- Svi ti uređaji nazivaju se jednim imenom optoelektrični uređaji

Elektromagnetsko zračenje

- Iako riječ optoelektronika može implicirati vidljivu svjetlost, ustvari radi se o energiji u obliku elektromagnetskog EM zračenja (i svjetlost je oblik EM zračenja)
- U elektromagnetsko zračenje spada i x - zračenje, gamma zračenje, infracrveno, ultraljubičasto i radio valovi
- Elektromagnetsko zračenje se može definirati:
 - **frekvencijom** (broj oscilacija u sekundi koje prolaze promatranu točku, f)
 - **valnom duljinom** (udaljenosću između maksimalnih vrijednosti frekvencija, λ)
 - **brzinom širenja ($v = \lambda f$)**
- Brzina EM zračenja konstantna je za sve frekvencije ali ovisi o mediju kroz koje putuju valovi elektromagnetskog zračenja

- Brzina elektromagnetskog zračenja najveća je u vakuumu i iznosi $2.988 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

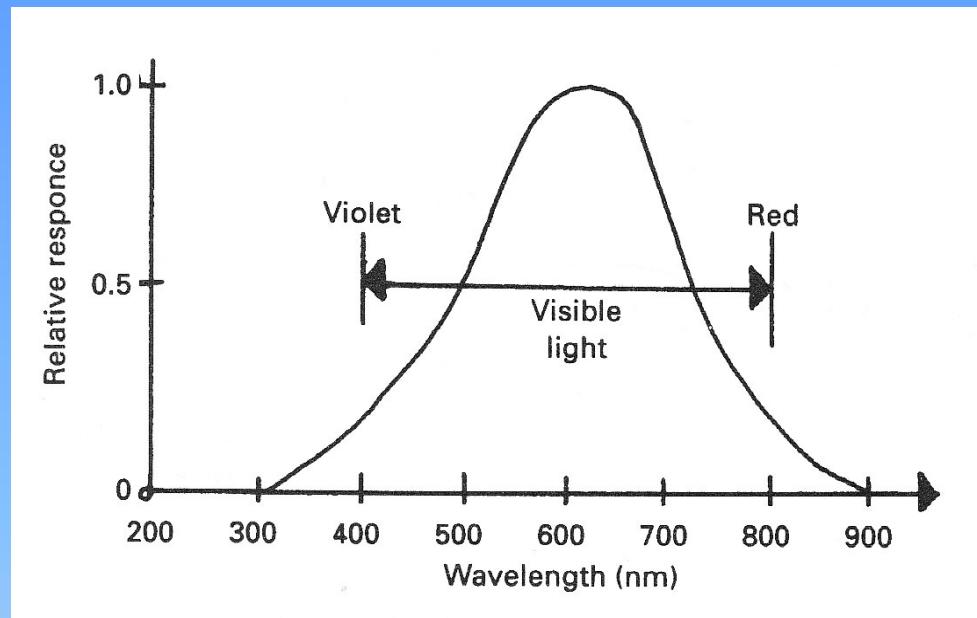


Slika 116. Elektromagnetski spektar

- Optoelektronički senzori djeluju u području valnih duljina od $0.3 \mu\text{m}$ pa do $30 \mu\text{m}$ tj. U području koje uključuje ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno svjetlo (EM zračenje)
- Iako se elektromagnetsko zračenje opisuje frekvencijom i valnom duljinom, u mikrovalnoj tehnologiji i radiodifuziji najčešće se EM zračenje izražava frekvencijom, a u optoelektronici s valnom duljinom

Senzori

- Optoelektrični senzori su uređaji koji pretvaraju svjetlosni signal u električni signal
- Postoji nekoliko oblika optoelektričnih senzora koji su u upotrebi kao npr. fotootpornici, fotodiode, fotovoltne ćelije i fotoumnoživači
- Fotootpornici
 - Koriste svjetlo za promjenu otpora poluvodiča te je sukladno tome izlazni električni signal proporcionalan promjeni otpora poluvodiča
 - Djeluju pretežno u području vidljive svjetlosti, ali djeluju i infracrvenom području
 - Najčešći materijal za izradu fotootpornika je kadmij-sulfid (CdS)
 - Promjena otpora fotootpornika je vrlo nelinearna, te je stvarna vrijednost otpora ovisna o temperaturi i o svjetlosnom intenzitetu
 - Vrlo je važno stoga izbjegavati rasipanje svjetlosti (disipacije svjetlosti) kojoj je izložen fotootpornik zbog preciznijeg izlaznog signala



Slika 117. Djelovanje fotootpornika od kadmij-sulfida

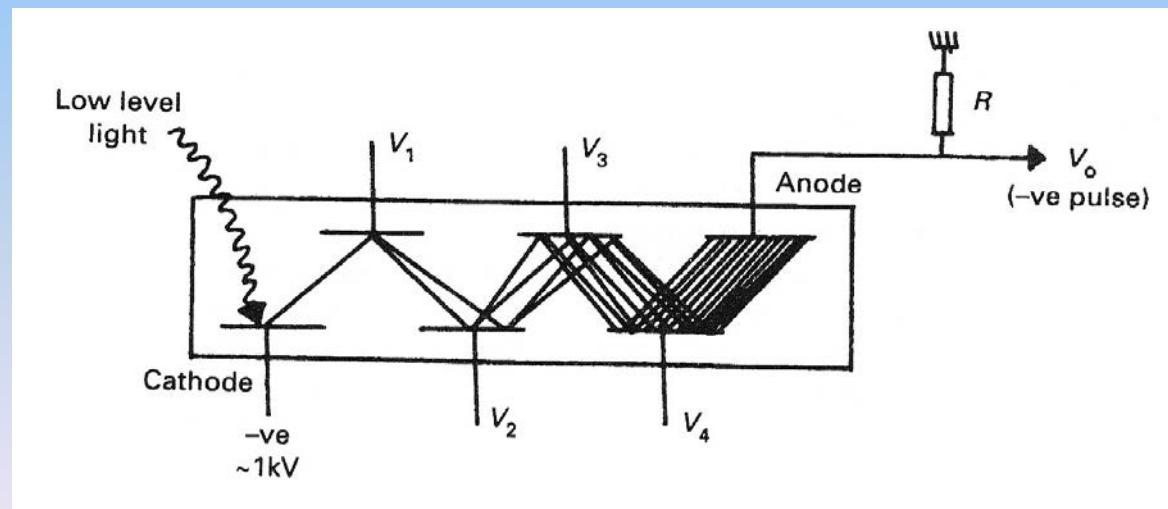
Fotonaponske ćelije

- Fotonaponska ćelija je uređaj namjenjen generiranju električnog napona uslijed izloženosti svjetlosti (ćelija apsorbira svjetlost i generira napon)
- Generirani napon je vrlo malen, oko 0.4 V i s jakosti od 30 mA do 100 mA
- Snaga fotonaponskih ćelija se može povećavati serijskim i paralelnim povezivanjem (solarne fotonaponske ćelije)

- Fotonaponske ćelije su vrlo skupe i spore u reakciji
- Najčešća im je primjena u sustavima gdje ne postoji izvor energije iz mreže ili baterija (*akumulatora*)
- Također važna im je primjena u sustavima proizvodnje električne energije od sunca (*solar powered circuits*)

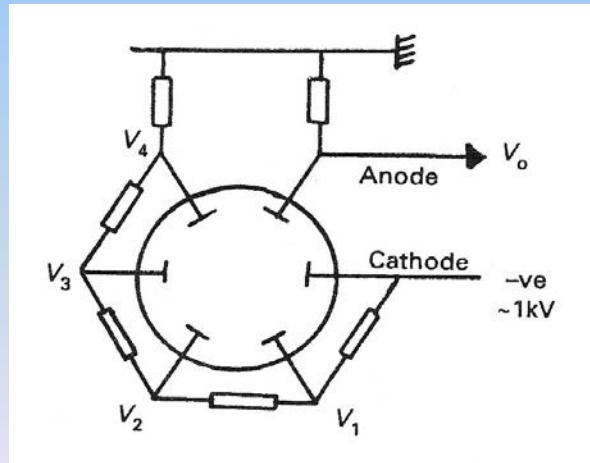
Fotoumnoživači (photomultipliers)

- Najosjetljiviji optički senzori su fotoumnoživači prikazani na slici 118.



Slika 118. Temelj rada fotoumnoživača

- Ulazni kraj cijevi fotoumnoživača je katoda premazana materijalom osjetljivim na svjetlosno zračenje i spojena na visoki napon suprotnog predznaka (oko 1 kV)
- Izlazni kraj cijevi fotoumnoživača je anoda na naponu od oko 0 V (omogućen preko otpornika R)
- Između katode i anode je nekoliko elektroda koje se nazivaju **dinode (dynodes)**
- Na slici 118. su prikazane 4 dinode zbog jednostavnosti ali ih u praksi ima znatno više
- Napon na dinodama je ravnomjerno raspoređen od anode do katode pomoću niza otpornika kao na slici 119.

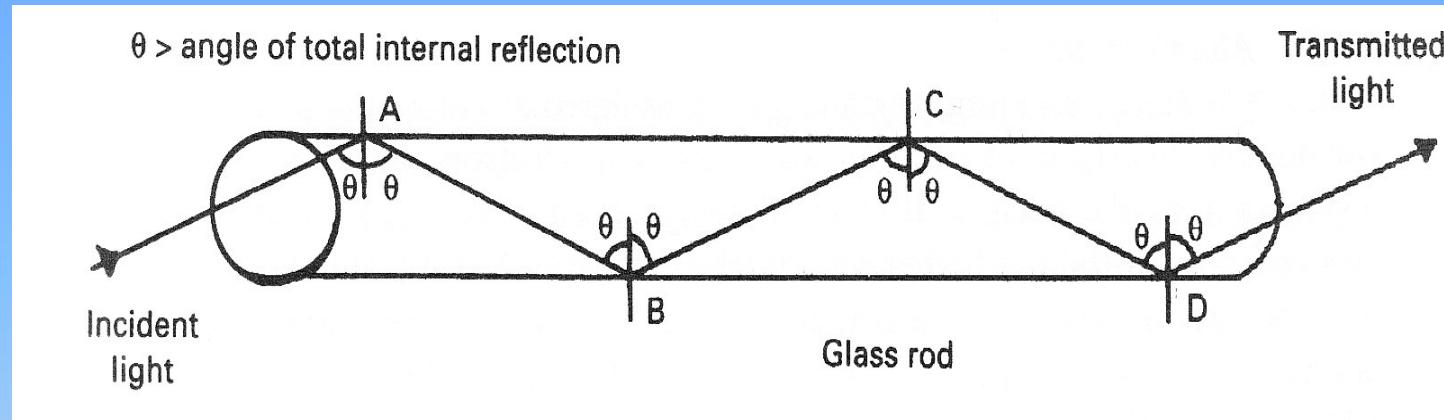


Slika 119. Raspored dinoda s pripadajućim naponom

- Kada je katoda obasjana svjetlošću, s katode se otpuštaju elektroni u količinama koje odgovaraju intezitetu svjetlosti
- Elektrone privlači više pozitivna dinoda 1, te se na dinodi 1 elektroni s katode spajaju s dijelom elektrona s dinode 1
- Nakon toga dinoda 2 privlači povećanu količinu elektrona s dionde 2
- Proces tako teče do kraja cijevi pa se broj elektrona koji dolaze na anodu znatno poveća i to 10^6 puta u odnosu na broj elektrona otpušten s katode na početku cijevi (elektroni su umnoženi)
- Elektroni koji dolaze na anodu izazivaju električni naboj i formiraju izlazni električni napon negativnog predznaka
- Izlazni napon je proporcionalan ulaznom intezitetu svjetlosti
- Fotoumnoživači su vrlo korisni gdje je potrebno mjeriti vrlo niske razine i intezitete svjetlosti

Optička vlakna

- Temelj rada optičkih vlakana dat je na slici 120.



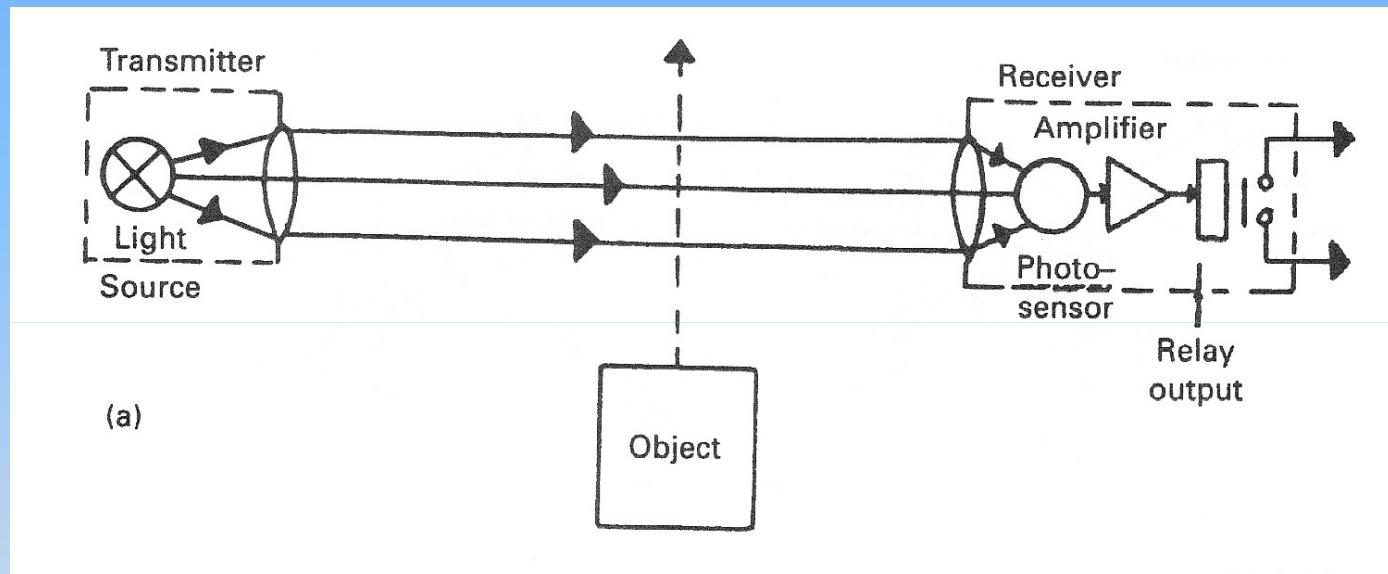
Slika 120. Prijenos signala u optičkim vlaknima

- Svjetlosna zraka ulazi u staklenu cijev pod malim kutom θ
- U točki A zraka se odbija od staklenih stijenki pod jednakim kutom θ te dolazi do točke B
- U točki B i dalje u točkama C i D se događa jednaki proces kao i u točki A
- Kut θ je veći od kritičnog kuta refleksije što omogućuje da se ulazna zraka zadrži u cijevi i da na opisani način putuje unutar cijevi do njenog izlaza

- Na ovakav način se elektromagnetski signal jednostavnije prenosi optički u staklenim ili plastičnim cijevima nego u električnim žicama
- Umjesto krute staklene cijevi kao na slici 120. može se upotrijebiti optička vlakna malog promjera koja mogu formirati optički kabel koji je vrlo fleksibilan i jak kao i električni kabeli
- Upotreba optičkih kabela ima nekoliko prednosti
- Kod klasičnih električnih kabela tijekom prijenosa signala javlja se šum uzrokovan elektromagnetskim fenomenima iz okoliša dok optički kabeli nemaju takvih problema
- Optički kabeli se također vrlo sigurno mogu koristiti u prostorijama s zapaljivom ili eksplozivnom atmosferom jer nema opasnosti od električnog iskrenja uslijed oštećenja optičkog kabela
- Optički kabeli imaju širi raspon prijenosa signala i znatno manje gubitke tijekom prijenosa signala visokih frekvencija nego klasični električni kabeli

Fotoćelije (photocells)

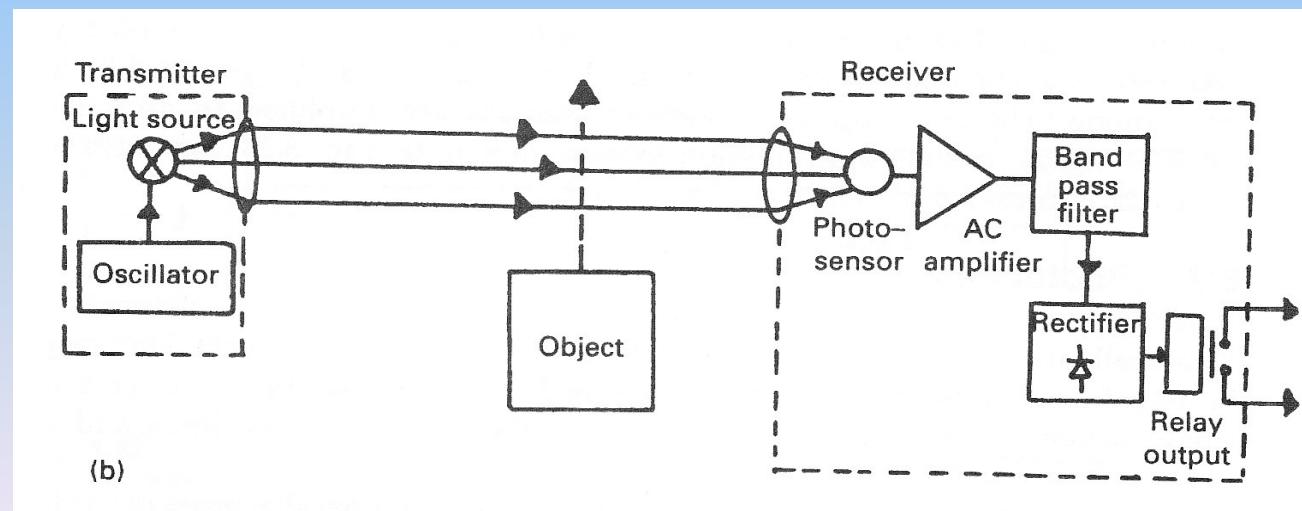
- Fotoćelije su senzori koji se koriste za detektiranje prisutnosti ili odsutnosti nekog objekta
- Temelj njihova rada dat je na slici 121.



Slika 121. Sustav fotoćelije: jednostavni odašiljač i primatelj signala

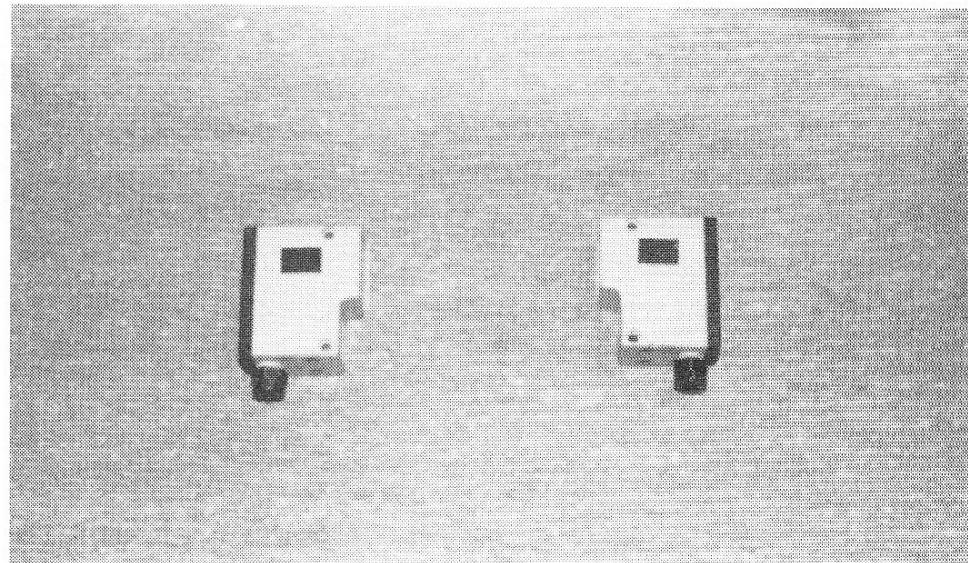
- Izvor svjetlosti se usmjerava na leću da se osigura paralelna zraka svjetlosti
- Emitirani izvor svjetlosti se usmjerava na drugu leću na primatelju signala koja usmjerava paralelnu primljenu zraku na senzor svjetlosti

- Senzor svjetlosti daje izlazni električni signal koji se pojačava pomoću pojačala
- Izlazni signal može se voditi na određeni relej ili na neki drugi displej uređaj
- Ako se određeni objekt postavi između izvora svjetlosti i primatelja svjetlosti, svjetlosna zraka se prekida i senzor svjetlosti prekida emitiranje izlaznog električnog signala
- Krug fotoćelije na slici 121. osjetljiv je na sve oblike svjetlosti a ne samo na svjetlost emitiranu iz izvora svjetlosti fotoćelije (u ovom slučaju ćelija reagira na promjenu okolišne svjetlosti)
- Znatno kompleksnija instalacija fotoćelije prikazana je na slici 122.

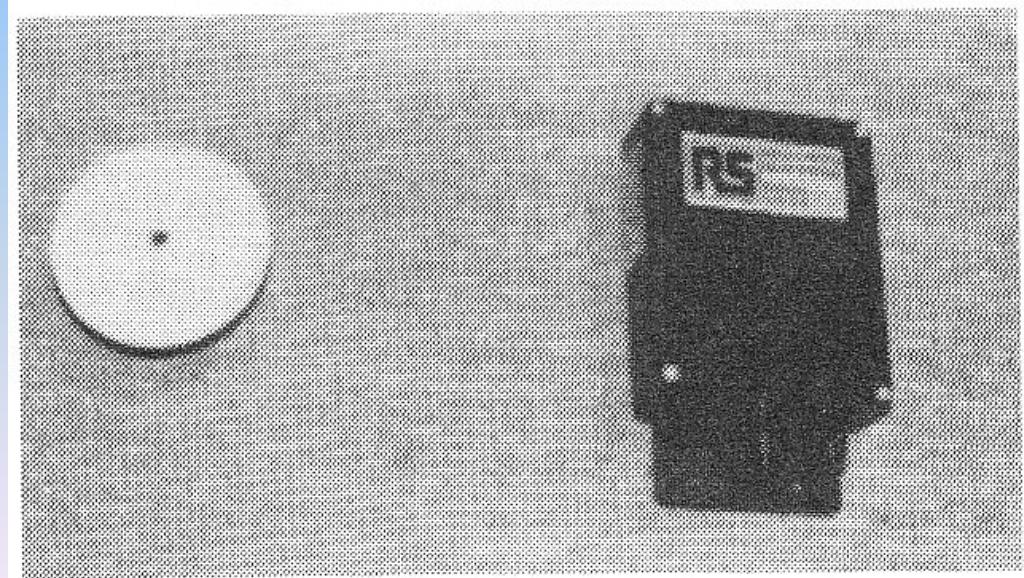


Slika 122. Složena instalacija sustava fotoćelije

- U ovom slučaju visokofrekventni oscilator (*frekvencije od nekoliko desetina kHz*) daje isprekidanu svjetlosnu zraku
- Isprekidanu svjetlosnu zraku prima senzor svjetlosti koji daje izmjenični izlazni signal
- Izmjenični električni signal se pojačava izmjeničnim pojačalom propusnog opsega (*bandpass amplifier*) koje filtrira signal i propušta samo one frekvencije koje odgovaraju emitiranim frekvencijama
- Izmjenični filtrirani signal se dalje ispravlja u istosmjernu struju u ispravljaču te takav izlazni signal dolazi do izlaznog releja fotoćelije
- Promjene u intezitetu okolišnog svjetla proizvode niske frekvencije ili istosmjerni napon u senzoru svjetla te se taj istosmjerni napon filtrira u izmjeničnom pojačalu propusnog opsega, pa ne utječu na izlazni signal fotoćelije
- Temperaturni utjecaju na senzor se na isti način eliminiraju kao i promjene u intezitetu okolišnog svjetla
- Fotoćelije su vrlo prikladni uređaji za upotrebu u alarmnim i dojavnim sustavima te su široko rasprostranjene u industrijskim procesima



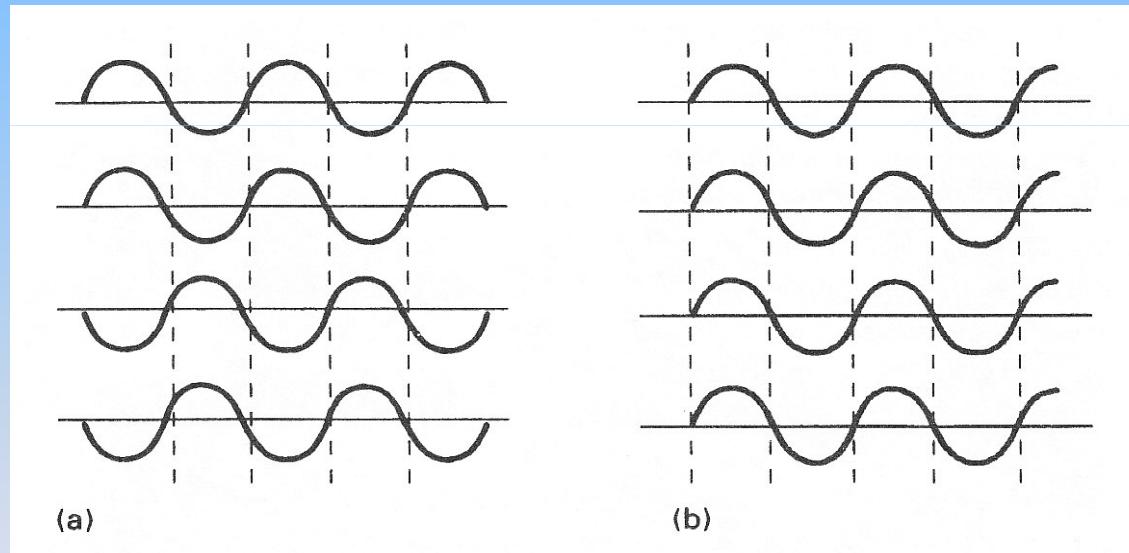
Slika 123. Fotoćelija s predajnikom i primateljem signala



Slika 124. Retrorefleksijska jedinica i zrcalo

Laseri

- Laseri su uređaji koji emitiraju svjetlost u obliku "paketa" energije nazvanih fotoni
- Laserska svjetlost sastoji se samo od svjetla jedne valne duljine te je i koherentna tj. svi fotoni emitirani iz lasera su u potpuno jednakoj fazi i monokromatska je (jednobojna)
- Razlika između koherentne i nekoherentne svjetlosti prikazana je na slici 125.



Slika 125. a) nekoherentna svjetlost, b) koherentna svjetlost

- Kao rezultat koherentnosti i jednobojnosti lasersko svjetlo je vrlo intezivno i javlja se kao izrazito paralelna i fokusirana zraka svjetlosti
- Laseri u industrijskoj primjeni su potrebni na mjestima gdje je tražena neprekidna zraka svjetlosti