

Detektori optičkog zračenja

9.1 Pojam i podela detektora

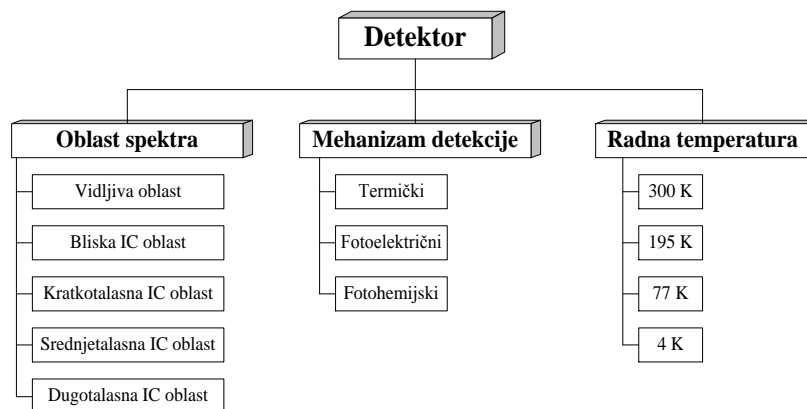
Detektor optičkog zračenja predstavlja optoelektronsku komponentu koja služi za prihvatanje ili merenje optičkog zračenja. Princip rada detektora zasniva se na pretvaranju optičke energije u druge oblike energije koji se mogu elektronski obrađivati. Energija optičkog zračenja može se pretvoriti u druge vidove energije pomoću:

- termičkog efekta,
- fotoelektričnog efekta,
- fotohemijskog efekta.

Detektori koji za svoj rad koriste fotoelektrični efekat ili fotohemijski efekat nazivaju se selektivni detektori. Naziv selektivni detektor potiče od činjenice da odziv detektora na upadno optičko zračenje zavisi od fluksa (snage) optičkog zračenja i talasne dužine optičkog zračenja. Selektivni detektori su osetljivi u relativno uskom području talasnih dužina. Detektori koji za svoj rad koriste termički efekat nazivaju se neselektivni detektori. Naziv neselektivni detektor potiče iz činjenice da odziv detektora na upadno optičko zračenje zavisi samo od fluksa optičkog zračenja, a ne i od talasne dužine optičkog zračenja.

Postoje više mogućih načina podela detektora prikazanih na slici 9.1. Detektori se mogu podeliti prema:

- oblasti spektra u kojoj su detektori osetljivi,
- mehanizmu detekcije, odnosno načinu pretvaranja optičke energije u druge vidove energije,
- radnoj temperaturi.



Slika 9.1. Klasifikacija detektora

Prema načinu pretvaranja optičke energije detektori se mogu podeliti na:

- termičke,
- fotoelektrične,
- fotohemijske.

Kod termičkih detektora koriste se materijali kod kojih se, prilikom apsorpcije optičkog zračenja, neka osobina materijala menja usled zagrevanja. Najčešće se kao posledica apsorpcije optičkog zračenja menjaju električna otpornost ili dimenzije detektora. Termički detektori služe kao detektori fluksa (snage) upadnog zračenja. Termički detektor koji se najčešće primenjuje je piroelektrični detektor. On ima najveću primenu u alarmnim uređajima.

Kod fotoelektričnih detektora fotoni iz upadnog optičkog zračenja izazivaju elektronske prelaze unutar atoma materijala detektora. To je poznati fotoelektrični efekat koji stvara električni signal unutar detektora. Postoje dva tipa fotoelektričnog efekta, unutrašnji i spoljašnji fotoelektrični efekat. Kod detektora sa spoljašnjim fotoelektričnim efektom fotoni iz upadnog optičkog zračenja izbijaju elektrone iz materijala u spoljašnju sredinu. Ti fotogenerisani elektroni se na odgovarajući način registruju. Kod detektora sa unutrašnjim fotoelektričnim efektom fotoni iz upadnog optičkog zračenja takođe izbijaju elektrone iz atoma. Međutim, ti fotogenerisani elektroni ostaju u okviru materijala detektora i na pogodan način se registruju. Fotoelektrični detektor sa spoljnim fotoefektom, koji se najčešće primenjuje, je fotokatoda pretvarača i pojačavača slike. Fotoelektrični detektori sa unutrašnjim fotoefektom mogu biti fotoprovodni detektori (fotootpornici) i fotonaponski detektori (fotodiode).

Fotohemijski detektori u suštini predstavljaju filmsku traku. Kod fotohemijskih detektora pod uticajem fotona iz upadnog optičkog zračenja dolazi do hemijskih promena na filmskoj traci koja predstavlja detektor.

U vidljivoj i bliskoj infracrvenoj oblasti spektra koriste se silicijumski detektori koji rade na sobnoj temperaturi. Silicijumski detektori se u vojnim primenama javljaju kao PIN ili lavinske fotodiode. Najčešća vojna primena silicijumskih detektora je registrovanje zračenja poluprovodničkih i NdYAG lasera.

U kratkotalasnoj i srednjetalasnoj infracrvenoj oblasti spektra, u vojnoj primeni, koristi se veći broj različitih detektora. Najčešći detektori su sledeći:

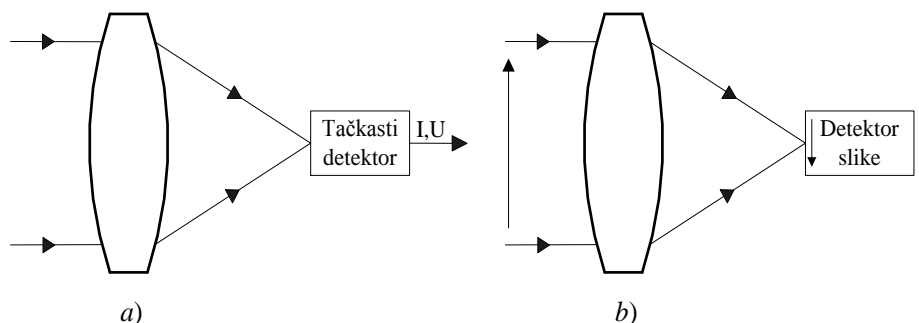
- nehlađeni fotoprovodni olovo sumporni (PbS) detektori koji rade na talasnim dužinama do $\lambda = 2.7 \mu\text{m}$,
- hlađeni fotoprovodni olovosumporni (PbS) detektori koji rade na talasnim dužinama do $\lambda = 3.5 \mu\text{m}$,
- hlađeni fotoprovodni i fotonaponski indijumantimonidni (InSb) detektori.

U dugotalasnoj infracrvenoj oblasti spektra, u vojnoj primeni, koriste se sledeći detektori:

- hlađeni fotoprovodni i fotonaponski živa-kadmijum-telurijumski (HgCdTe) detektori,
- hlađeni fotonaponski olovo-kalaj-telurijumski (PbSnTe) detektori.

Svi detektori mogu biti izrađeni kao tačkasti detektori ili kao detektori slike. Tačkasti detektor, prikazan na slici 9.2a, registruje samo intenzitet optičkog zračenja. Na izlasku iz tačkastog detektora dobija se promena struje (I) i napona (U) koje zavise od fluksa upadnog optičkog

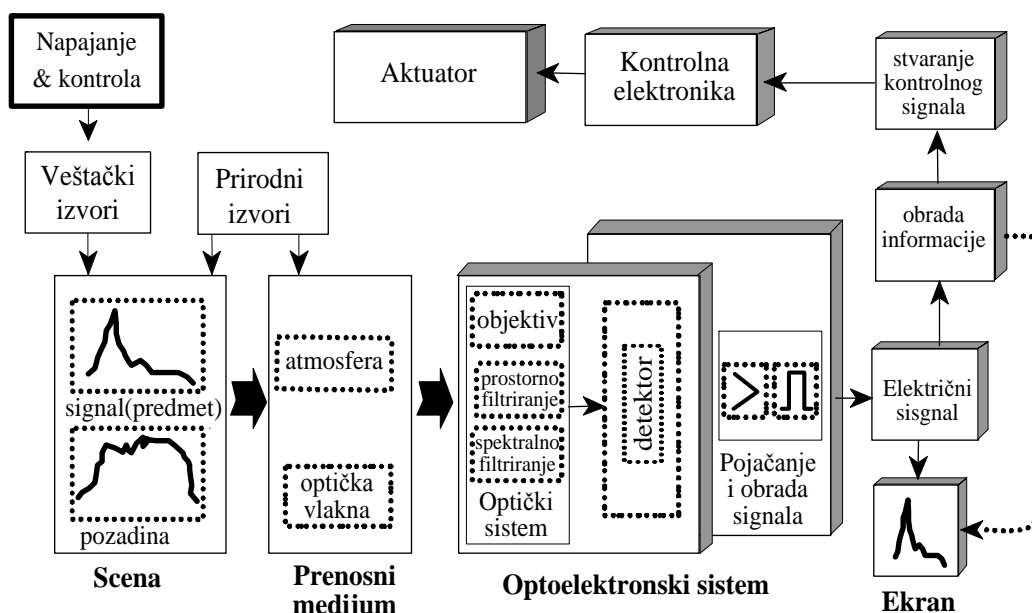
zračenja. Detektor slike, prikazan na slici 9.2b daje sliku predmeta koju je optički sistem formirao na fotoosetljivom delu detektora. Kod nekih tipova detektora slike na samom izlazu iz detektora ne dobija se slika koja može da se posmatra, već struja ili napon modulisan sa informacijama slike posmatranog predmeta. Ove informacije se obično koriste za dalju elektronsku obradu.



Slika 9.2. Tačkasti detektor i detektor slike

9.2 Opšta struktura optoelektronskog sistema

Osnova funkcionisanja optoelektronskog sistema je detekcija razlike optičke energije koja je emitovana ili odbijena od predmeta, i pozadine. Bitno je imati na umu da celokupna razlika optičke energije ne može da dođe do detektora koji se nalazi u sklopu optoelektronskog sistema zbog slabljenja optičkog zračenja u atmosferi. Ovde će se samo napomenuti da u pojedinim područjima talasnih dužina atmosfera skoro u potpunosti apsorbuje zračenje, dok u drugim područjima talasnih dužina atmosfera delimično propušta zračenje. Opšta struktura optoelektronskog detektorskog sistema data je na slici 9.3.



Slika 9.3. Opšti blok dijagram optoelektronskog detektorskog sistema

Sa slike 9.3 se vidi da se optoelektronski sistem sastoji iz sledećih osnovnih delova:

- optičkog sistema,
- detektora,
- neophodne elektronike.

Optički sistem se sastoji iz većeg broja optičkih komponenti kao što su sočiva, ogledala, prizme, filteri i končаницe. Uloga optičkog sistema je da fokusira optičku energiju sa predmeta i njegove okoline na detektor. Ako je potrebno u optičkom sistemu vrši se spektralno i prostorno filtriranje. Detektor ima centralnu ulogu u svakom optoelektronskom sistemu. On služi za prevođenje optičke energije u električni signal koji u sebi sadrži informacije o posmatranom predmetu.

Električni signal koji generiše detektor mora se dodatno pojačati do unapred definisanog nivoa i elektronski filtrirati da bi se smanjio šum i povećao odnos signal/šum. Posle ove obrade iz električnog signala je moguće dobiti potrebne informacije i podatke o posmatranom predmetu. Na osnovu dobijenih podataka optoelektronski sistem može da izvrši određene akcije. Izlazni signali iz optoelektronskog sistema mogu se upotrebiti na više načina:

- prikazati kao vizuelna informacija o posmatranom predmetu,
- koristiti u sistemima automatskog vođenja za pogon aktuatora koji obezbeđuje automatsku reakciju sistema.

Važnu ulogu u uočavanju predmeta u njegovoj okolini (sceni) igra i način osvetljavanja predmeta koji može biti iz veštačkih izvora ili iz prirodnih izvora. Ako se scena osvetljava sa veštačkim izvorima zračenja koje kontroliše operator optoelektronskog sistema (infracrveni reflektori ili laseri), tada se radi sa aktivnim optoelektronskim sistemima. Aktivni

optoelektronski sistemi nisu pogodni za vojne primene jer neprijatelj veoma lako može da utvrdi da je ozračen.

Ako se scena osvetljava sa prirodnim izvorima zračenja i veštačkim izvorima zračenja koji nisu pod kontrolom operatora, tada se radi sa pasivnim optoelektronskim sistemima. Pasivni optoelektronski sistemi su pogodni za primenu u vojnim sistemima, jer neprijatelj nema mogućnosti da otkrije da li se optoelektronski sistem koristi ili ne.