

VAJA 10. - INFRARDEČI SLIKOVNI PRETVORNIK

10.1. Slikovni pretvorniki in ojačevalniki

Pri večini poskusov v optiki lahko rezultat kar naravnost opazujemo s prostim očesom, na primernem zaslonu oziroma skozi ustrezen okular. Tudi ko uporabljamo drugačne, elektronske detektorje, je vidni nadzor delovanja naprave še vedno potreben vsaj za nastavitve vseh optičnih sestavnih delov.

Neposredno opazovanje pojavov žal ni možno v dveh slučajih: ko je jakost svetlobe prenizka in ko uporabljamo valovne dolžine, ki jih človeško oko ne zazna več. V optičnih komunikacijah je najbolj pogost prav zadnji slučaj, saj za komunikacije običajno uporabljamo (nevidno) bližnjo infrardečo svetlobo valovnih dolžin od 850nm do 1550nm.

Pri poskusu z nevidno svetlobo si lahko pomagamo na več načinov. Najenostavnejša je uporaba že dokončanih in nastavljenih sestavnih delov: optičnih konektorjev, leč ipd, tako da sestavljen poskus deluje takoj in potrebuje le še fino nastavitve sestavnih delov. Za grobo nastavitve si lahko pomagamo tudi z dodatnim, vidnim izvorom svetlobe, ki ga nato nadomestimo s pravim infrardečim izvorom.

Izdelava in uporaba ustreznih detektorjev za bližnje infrardeče področje sta nezahtevni: detektorji delujejo na istih osnovah kot detektorji vidne svetlobe in to na sobni temperaturi, za razliko od termičnih infrardečih detektorjev (valovna dolžina $10\mu\text{m}$), ki jih je treba hladiti na okoli -200°C . Dolgovalovni infrardeči svetlobni detektorji za termovizijo so zato nerodni za uporabo, saj jih je treba hladiti na temperaturo tekočega dušika.

Najenostavnejši infrardeči detektor je ploščica, premazana s fluorescentno snovjo, ki pretvarja bližnjo infrardečo svetlobo do valovnih dolžin okoli $1.3\mu\text{m}$ v vidno svetlobo. Ploščico ali kartico moramo pred uporabo "napolniti", se pravi osvetliti nekaj minut z vidno svetlobo dovolj kratke valovne dolžine. Aktivna snov ploščice na ta način uskladišči energijo, ki je potrebna za pretvorbo infrardečih fotonov v fotone vidne oranžno/rdeče svetlobe.

Večjo občutljivost in boljšo ostrino slike dosežemo s slikovnim ojačevalnikom. Slikovni ojačevalnik je vakuumsko elektronska cev s fotokatodo in fluorescentnim zaslonom. Uporabljata se dve različni konstrukciji slikovnih ojačevalnikov:

- z elektrostatično lečo in fokusiranjem ter
- z mikrokanalno ploščico kot ojačevalnikom, brez fokusiranja.

V obeh vrstah slikovnih ojačevalnikov projeciramo vhodni signal (sliko) na polprozorno fotokatodo, izhodni signal (ojačeno sliko) pa opazujemo na fluorescentnem zaslonu na drugi strani cevi kar s prostim očesom ali pa preko okularja.

Spektralna občutljivost slikovnega ojačevalnika je odvisna predvsem od vrste in materiala fotokatode. Kvantni izkoristek fotokatod za vidno svetlobo gre do

20%, zato ojačevalniki s fotokatodo za vidno svetlobo dosežejo faktor ojačenja svetlobe nekaj tisočkrat in se uporabljajo v nočnogledih. Slikovni ojačevalniki za bližnjo infrardečo svetlobo imajo manjše ojačenje zaradi slabšega kvantnega izkoristka fotokatore, ki običajno znaša manj kot 1% na 900nm in hitro upada z rastočo valovno dolžino na komaj 0.0001% že pri 1550nm, zato se uporabljajo v glavnem za pretvorbo valovne dolžine svetlobe.

Konstrukcija infrardečega slikovnega pretvornika z elektrostatično lečo in fokusiranjem je prikazana na sliki 10.1. Enostavnejše izvedbe infrardečih slikovnih pretvornikov imajo samo dve elektrodi, katodo in anodo, ki sta primerno oblikovani, da se tok elektronov, ki izstopa iz katode, spet pravilno fokusira na anodi. Kvalitetnejši slikovni pretvorniki imajo še dodatno fokusirno elektrodo. Z nastavljanjem potenciala na fokusirni elektrodi popravimo tolerance pri izdelavi cevi ter dosežemo ostrejšo sliko tudi pri višjih potencialih anode in torej večjemu ojačenju.

Oblika elektrod, predvsem anode, ima še dodatno nalogo: preprečiti mora, da se svetloba s fluorescentnega zaslona (anode) ne vrača nazaj na fotokatodo. Poleg tega omejuje faktor ojačenja svetlobe tudi najvišja dopustna potencialna razlika med anodo in katodo (okoli 20kV). Z upoštevanjem izkoristka fotokatore in fluorescentne anode znaša faktor ojačenja nekaj tisočkrat za ojačevalnike vidne svetlobe in nekaj stokrat za infrardeče slikovne pretvornike.

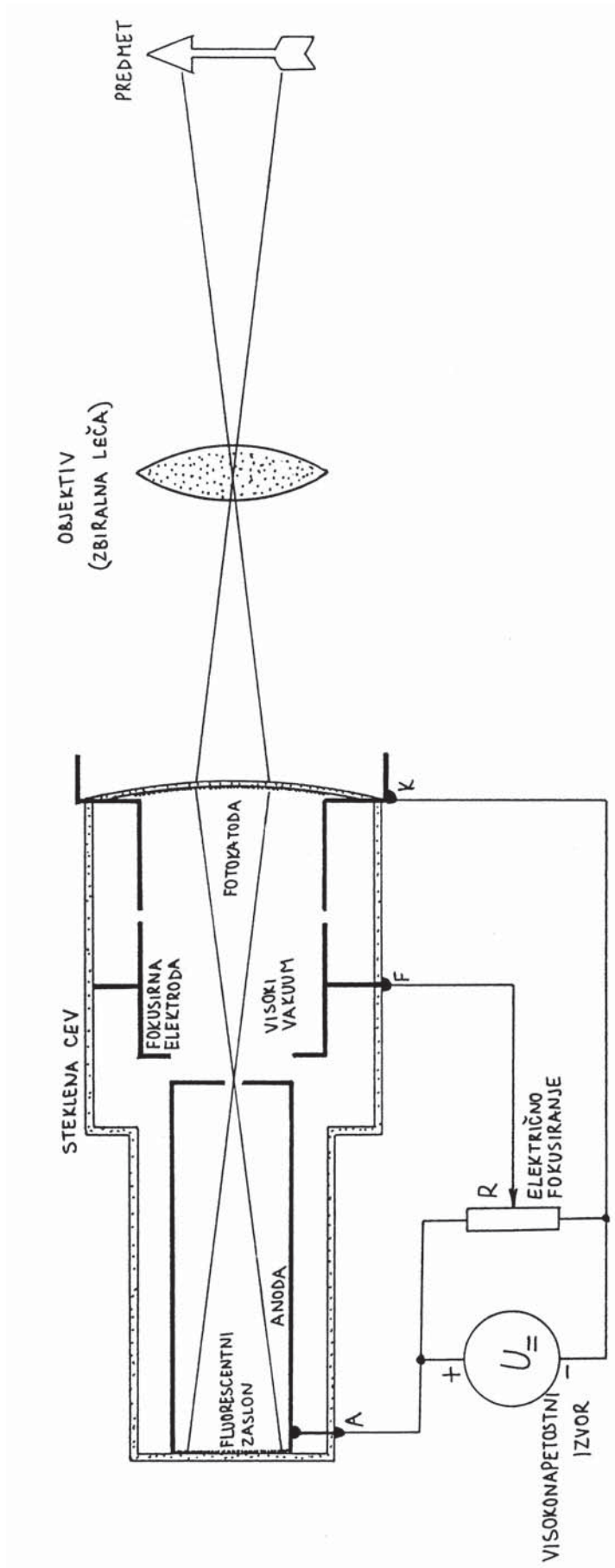
Večje ojačenje dobimo v ceveh z mikrokanalno ploščico, ki s pomočjo pojava sekundarne emisije pomnoži število elektronov, dospelih s fotokatore. Vse vrste cevi, z elektrostatično lečo in z mikrokanalno ploščico, lahko seveda proizvajajo le črnobelo sliko. Fluorescentni zaslon je običajno izdelan iz snovi, ki proizvaja rumeno-zeleno svetlobo, ker je na takšno svetlobo človeško oko najbolj občutljivo.

10.2. Seznam potrebnih pripomočkov

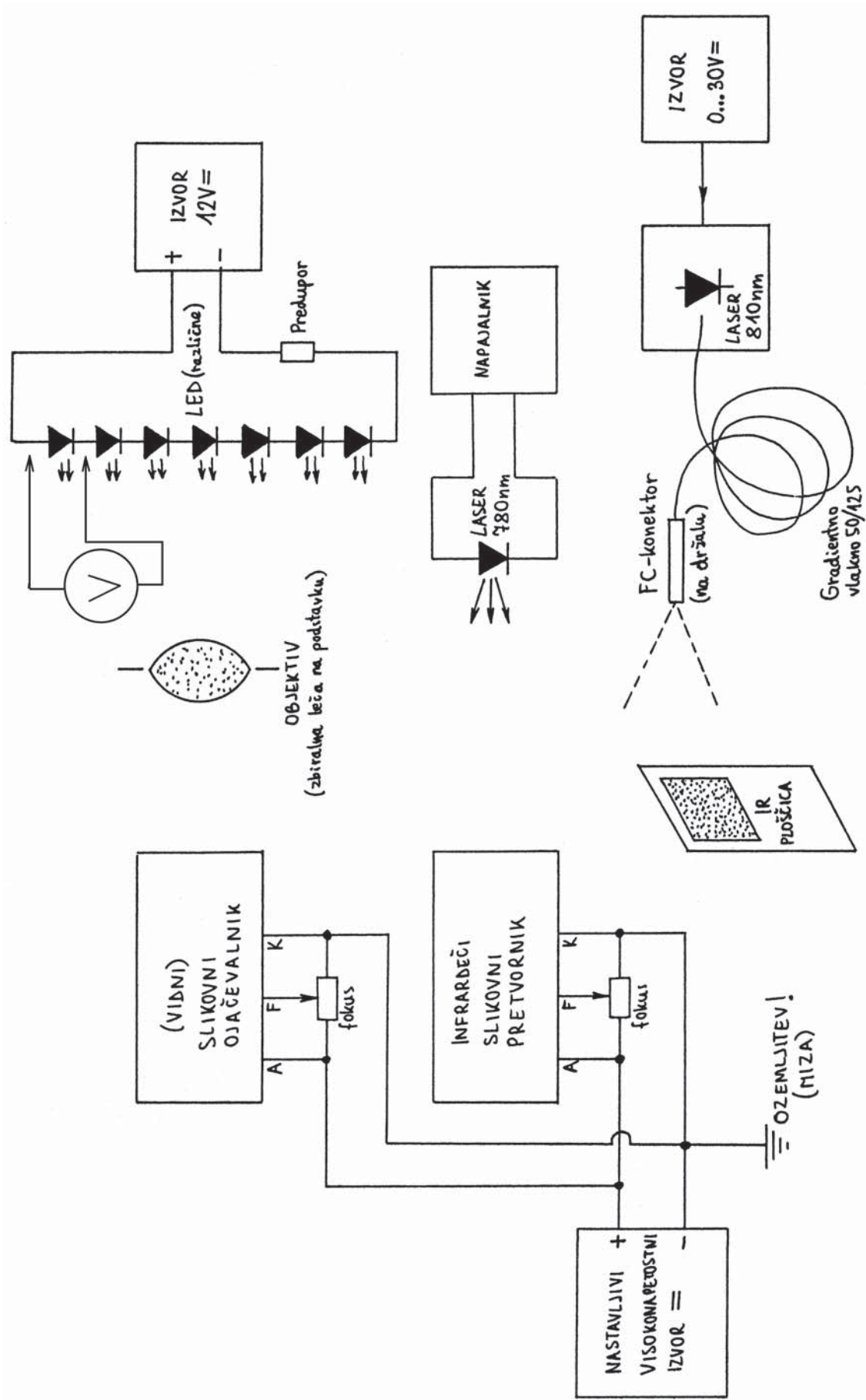
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Detektorsko ploščico za infrardečo svetlobo.
- (2) Cev za slikovni ojačevalnik za vidno svetlobo z uporovnim delilnikom za fokusirno elektrodo, na podstavku.
- (3) Cev za infrardeči slikovni pretvornik z uporovnim delilnikom za fokusirno elektrodo, na podstavku.
- (4) Nastavljivi visokonapetostni izvor za napajanje cevi.
- (5) Zbiralno lečo na premičnem podstavku.
- (6) Nekaj vidnih in infrardečih svetlečih diod, z napajalnikom.
- (7) Voltmeter za določitev padca napetosti na svetlečih diodah.
- (8) Infrardečo lasersko diodo (780nm) s pahljačastim izhodnim svetlobnim snopom, z napajalnikom.
- (9) Infrardečo lasersko diodo (810nm) sklopljeno v mnogorodovno vlakno s FC konektorjem na držalu, z napajalnikom.
- (10) Mizo za sestavljanje optičnih vaj.

Razporeditev in vezava pripomočkov sta prikazani na sliki 10.2.



Slika 10.1. – Slikovni ojačevalnik ali pretvornik z elektrostatično lečo.



Slika 10.2. – Razporeditev in vezava pripomočkov.

10.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Za napajanje slikovnega pretvornika oziroma ojačevalnika potrebujemo ustrezen visokonapetostni izvor. Pretvorniške cevi lahko sicer delujejo v precej širokem področju napajalne napetosti (od 2kV do 15kV), spreminja se le ojačenje cevi. Napetost na fokusirni elektrodi dobimo preko uporovnega delilnika. Ker je fokusiranje odvisno le od razmerja, ne pa od absolutnih vrednosti napetosti na elektrodah, se pri spreminjanju napetosti izvora preko uporovnega delilnika ohranja pravilno razmerje napetosti ter s tem elektrostatsko fokusiranje cevi.

Tudi detektorska ploščica za infrardečo svetlobo potrebuje energijo iz izvora napajanja, vendar v drugačni obliki. Detektorsko ploščico "napolnimo" tako, da jo nekaj minut osvetljujemo z močno svetlobo dovolj kratke valovne dolžine. Pred uporabo ploščico pustimo par minut na močni sončni svetlobi oziroma nekaj deset minut na svetlobi fluorescentnih svetilk za razsvetljavo sobe.

Za poskuse postavimo pretvorniške cevi na mizo za sestavljanje vaj. Pred cevi postavimo na pomični podstavek objektiv - zbiralno lečo s primerno goriščno razdaljo. Hkrati poskrbimo, da sobna svetloba ne vpada od strani mimo leče na fotokatodo tako, da zatemnimo sobo oziroma namestimo senčnik (cev iz lepenke). Neželena osvetlitev fotokatore se ponavadi kaže kot enakomerna svetloba preko celotnega zaslona slikovnega pretvornika.

10.4. Prikaz značilnih rezultatov

Slikovni pretvornik oziroma ojačevalnik preizkusimo tako, da postavimo pred objektiv znane svetlobne izvore, naprimer vrsto različnih svetlečih diod. Pri tem primerjamo svetlobo, ki jo vidimo z lastnim očesom, s tistim, kar vidi pretvorniška oziroma ojačevalna cev. Pri tem si zabeležimo rezultate opazovanja za različne vrste cevi.

Zabeležimo si tudi padce napetosti na posameznih svetlečih diodah, ki jih izmerimo s priloženim voltmetrom. Ker diode oddajajo svetlobo z različnimi valovnimi dolžinami, padci napetosti na posameznih diodah niso enaki. Napetost na svetleči fotodiodi je namreč odvisna od energije fotonov v PN spoju.

$$W = h \cdot f = U \cdot |Q_e| \quad h = 6.624 \cdot 10^{-34} \text{ Js}, \quad Q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

Svetlost slike na zaslonu pretvorniške cevi nastavimo z napajalno napetostjo cevi. Ostrino slike poiščemo z dvema neodvisnima nastavitvama: s premikanjem objektiva pred cevjo in z nastavljanjem napetosti na fokusirni elektrodi. Pri nastavljanju fokusirne napetosti pazimo predvsem na to, da se ne dotaknemo delov pod visoko napetostjo.

Nato odstranimo objektiv in postavimo pred pretvorniško cev infrardeči polprevodniški laser. Pri laserju brez vlakna lahko opazujemo snop svetlobe, ki neposredno izhaja iz čipa laserske diode. Snop je sploščen, ker je izstopna odprtina polprevodniškega laserja pravokotne oblike. Pri laserski diodi z

mnogorodovnim optičnim vlaknom lahko opazujemo interferenco rodov v vlaknu.

Končno preizkusimo še infrardečo detektorsko ploščico tako, da uporabljamo kot izvora oba polprevodniška laserja. Detektorsko ploščico preizkusimo še s svetlečimi diodami, vendar bo tu količina pretvorjene svetlobe zelo majhna.

10.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Primerjaj svetlobo izvorov, ki jo vidiš s prostim očesom, s tistim, kar vidi ojačevalna cev!
2. Izmeri napetosti na posameznih izvorihi!
3. Oцени valovno dolžino izvora iz padca napetosti!
4. Zakaj ocenjena valovna dolžina ni točna?

svetlobni izvor	vidljivost s prostim očesom	vidljivost z ojačevalno cevjo	
		vidni ojačevalnik	IR pretvornik
dioda 1			
dioda 2			
dioda 3			
dioda 4			
dioda 5			
dioda 6			
dioda 7			
laser 810nm			

svetlobni izvor	opis diode	napetost na diodi [mV]	ocenjena valovna dolžina [nm]
dioda 1			
dioda 2			
dioda 3			
dioda 4			
dioda 5			
dioda 6			
dioda 7			