

Karakteristika Si Fotodiode

Svetlobno lalko zaznavamo na mnogih različnih nacinov. Lalko merimo fizike topotne, hemične in sredna električne včinke, ki so v merilni tehniki najbolj praktični. Vsi nasteti včinki so tudi uporabni, kadar želimo izkorisiti svetlobno (sončno) energijo.

Omogočimo se le na električne včinke svetlobe in na interakcijo med svetlobnim poljem in elektroni v snovi. Temelje te interakcije sta postavila Einstein (ki je razložil Fotoefekt) in Planck. Fotoefekt lalko delimo na notranji in zunanjji, kjer pri priem vzbujeni elektroni ostanejo v snovi, v kateri so nastali pri zunanjem fotoefektu pri fotoelektronni zapustijo ta material. Notranji fotoefekt v tem polprevodniku je uporaben predvsem za detekcijo infrardečic svetlobe. Boljše detektorge pa lalko dobimo, če vzbujenc elektronc prostorsko ločimo od centra, kjer so nastali, in tako preprečimo rekombinacijo. Tipičen primer je fotoefekt na katedri fotopomnoževalce. Energijski bilans zunanjega fotoefekta zapisemo kot:

$$h\nu = W_{iz} + \frac{m_e V^2}{2}$$

$h\nu$... energija sv. kvanta

W_{iz} ... izstopno delo

m_e ... Masa elektrona

V ... hitrost izbitja

Ker so minimalne vezanne energije elektronov okoli 1 eV, lalko detektiramo preko zunanjega fotoefekta je svetloba z valovnimi dolžinami, krajšimi od 1000 nm.

Silicijeva PIN fotodioda tudi izkorisči fotoefekt v nehomogenem sestavu. Sestavljena je iz treh plasti, p-dopirane, n-dopirane in i-intruzije, ko je čim bolj čist ali s kompenziranimi nečistotami. Svetloba naj bi se absorbiral v i-plasti Si, kar mora navadno biti skoraj čim tanjša p-plast, okoli 1 mm debelo. Svetlobno občutljiva plast je običajno debela okoli 10 mm, saj zelo veliko verjetnost

Zn absorpcija svetlobe v tega plasti. Absorberan foten v c-plasti je vejetnostjo blizu 100%. Evori pa elektron - vrzeli. Notranje difuzijsko polje v tem plasti, ki pa je manj navadno se dodatno povečano z zunanjim nujetostjo, potegne elektron v n-plast in vrzeli v p-plast fotodiode, kar povzroči električni tok.

Električni tok je tarec direktna posledica svetlobnega (fotonštega) toku in zato je občutljivost o-fotodiode izražena s protocenim el. nabojem (st. posledica absorpcije enega fotona (st. el. nabojev)/(st. abs. fotonov) v tem času področju (tipično od 300 do 900 nm), konstantno in enak približno 0,9 osnovnega naboja (tem običajno rečemo 90%). (vratni izkoristek). Izkoristek fotodiode za opravljajoča dela pa je največ 10%. Trenutne neperfektivnosti fotocelice dosegajo 1%, ki pa so po sekaci mnogo plastične. Spektralna občutljivost fotodiode izražena kot kurent med električnim tokom in mogočo vredno svetlobe pri določni valovni dolžini pa kaže v tem tem področju lincarno hranjanje z valovno dolžino. Odstopanje v UV delu karakteristike so posledica povečane absorpcije in s tem večje vejetnosti helioristične brezbeje para v p-plasti. Na zgornji meji spektra začne občutljivost padati zaradi zmanjševanja absorpcije in končno premagljivo energijo fotonov v primerjavi z energijami zraka za Si. Za moritve svetlobe uporabljamo fotodiode vecinoma v fotoprerebnem nacinu, to je nango prikljuk napetosti v zaporni simetrični merimi tok. V tem nacinu je fotodioda izravnjen lincaren detektor svetlobe. Če ne uporabimo zunanjega virja napetosti je lincarnost slabka in bo tem bolj, čim več moči črpamo iz fotodiode. Kadar pa hočemo fotodiodu uporabiti kot vir el. moči je njena karakteristika zelo nelincarna.

Naloga

1. Izmerimo električno karakteristiko $I(U)$ foto diode v temi in pri različnih osvetlitvah. Merimo v obih načinih z zunanjim napajanjem, kjer lahko izmerimo celotno karakteristiko in v vs fotogalvanishem načinu, kjer je možna meritev I_c in enem kvadrantu odvisnosti $I(U)$.

2. Narišemo en sam graf $I(U)$, kjer so parameteri osvetljivosti fotodiode, za vse meritve z zunanjim napajanjem in posebno za meritve v fotogalvanishem načinu. I_2 diagramo v fotogalvanishem načinu dolocimo, kolikšne upore bi morali prihajati na fotodiodo. Ob uporabljanih osvetlitvah, da bi se na uporabni prosti kaže uporaba električnega moči.

3. Ocenimo izkoristek svetleče diode (LED), ki jo uporabljamo kot izvor.

Potrebosine:

- Fotodioda v ohisju, svetleča dioda za osvetljevanje
- digitalna multimetr Agilent DMM 34410A (kot voltmeter) in Siglent SDM3065X (kot ampermeter), Egonni in napetostni izvor
- zunanjji bremeni potenciometer.

Navedila:

Prihujimo komponente kot lučijo sheme. Za osvetljevanje priteg rafir niso primarne luči na izmenjavi tok, ker njihova svetilnost traja s 100 Hz. Zato uporabljamo bolj svetlečo diodo, ki jo preko vstreznega upora prihujimo na enosmerno napetost. Poskrbimo, da ne more svetlobu z odložiti tako da detektor in izvor predstavljajo s črnim nosom blaga. Tok skozi fotodiodo spremnjamov v

primernih horčih 5 pomočjo potenciometra na elektrinem izvoru.

Za zajemanje meritov bomo in napelosti uporabljali program na prenosniku. Model Mr. Multimeter je priključen na prenosnik preko USB.

Ob pritisku na spacebar se izvede baranje meritov iz multimeterov.

Med vsakim pritiskom nekajkrat spremimo toh napajanje. To ponavljamo dokler ne dobimo vse karakteristike.

Zaslonimo fotodiodo (da jo temo in izmerimo karakteristiko).

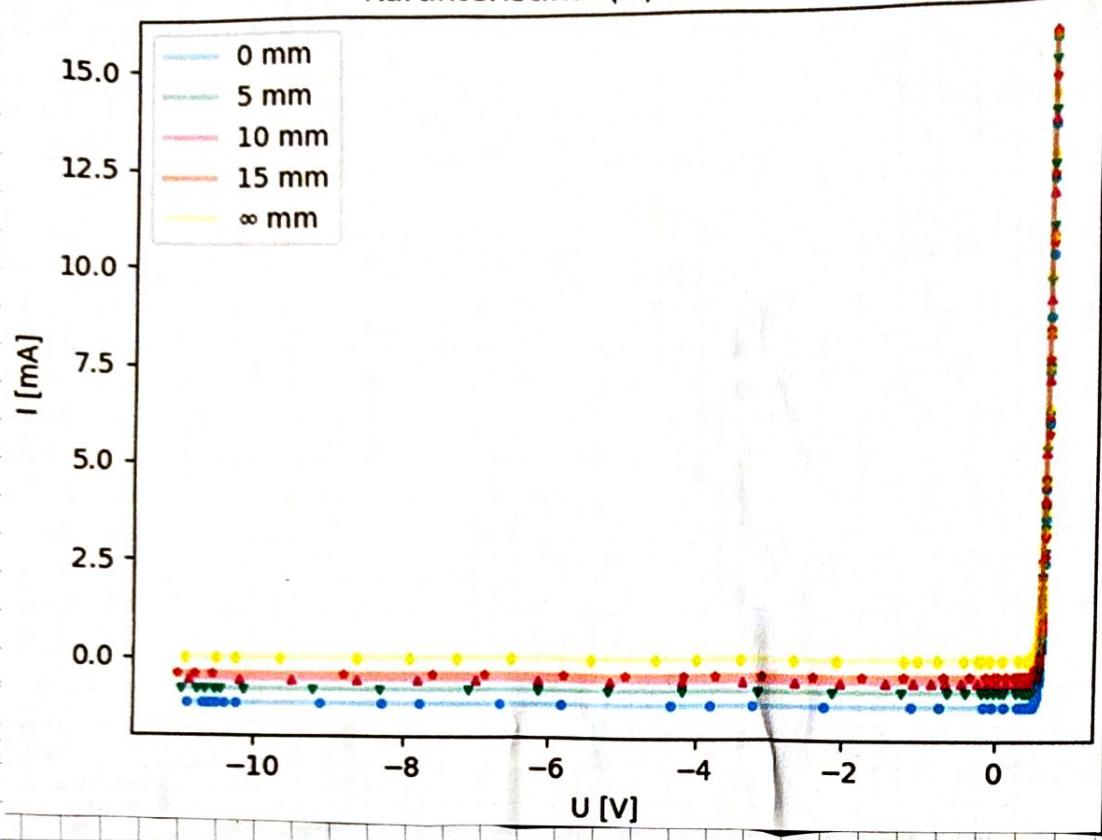
Sprememimo obveznik in spet spremi izmerimo karakteristiko.

Izmerimo še enkrat del karakteristike, ki ga lahko izmerimo brez zunanjega virja. Merimo tudi moč, ki se prosti na svetlecii diodi, (iz katerih in napelosti na njeg). To moč primenjamo z izracunano močjo, ki jo dolacimo iz toka Shoz fotodiode. Ko je bila ta množinsko obvezljivca. Upoštevamo spektralno občutljivost pri $\lambda=650\text{nm}$.

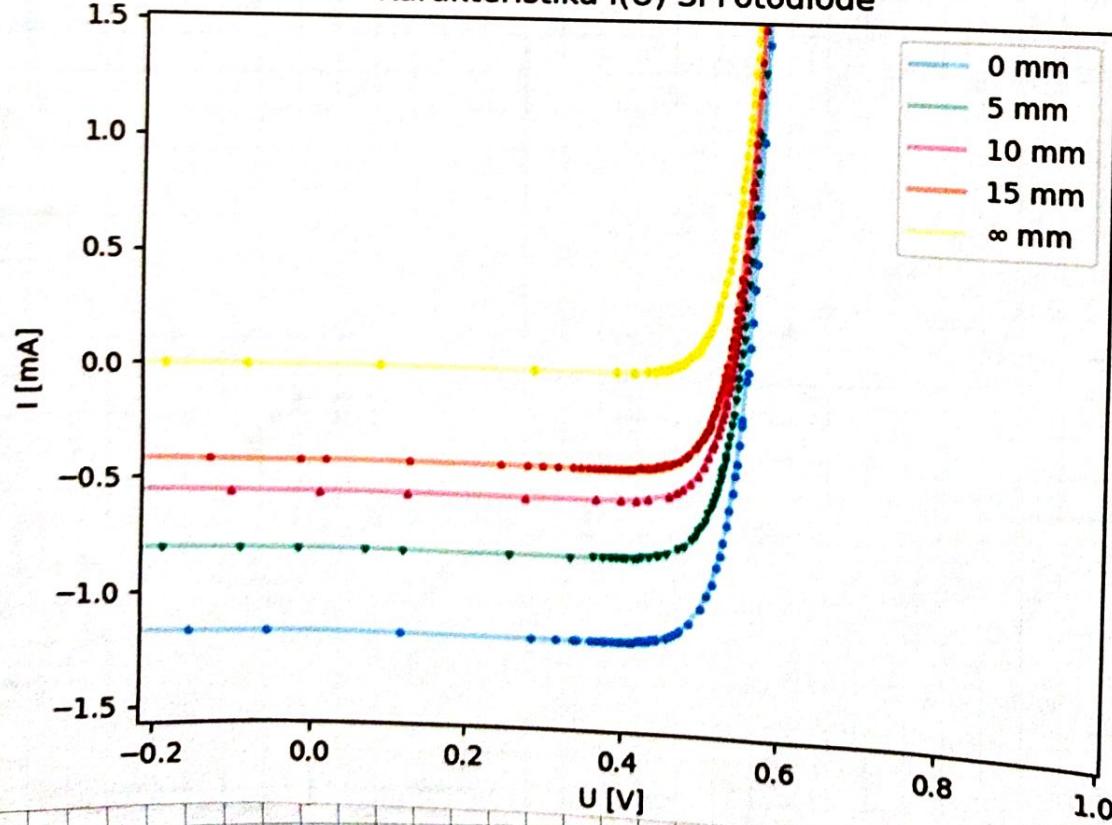
Meritve

Zaradi slabih razmer smo meritve dobili v digitalni obliki.

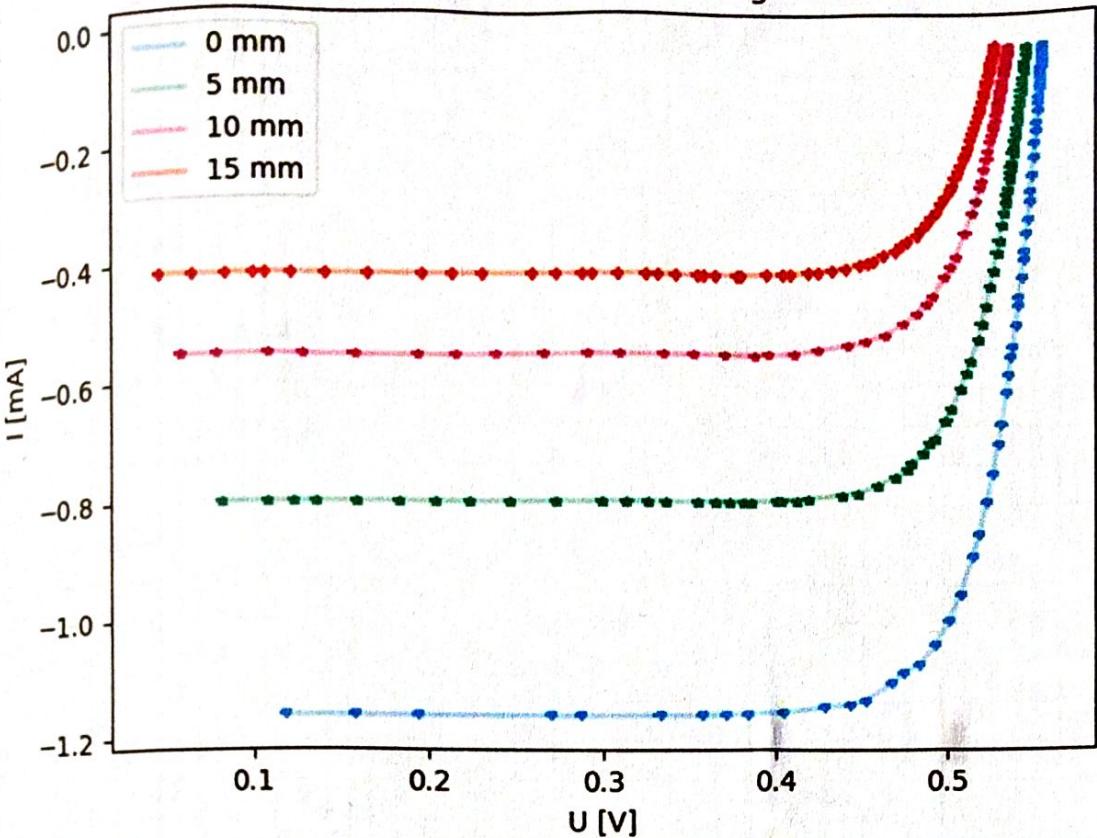
Karakteristika $I(U)$ Si Fotodiode



Karakteristika $I(U)$ Si Fotodiode



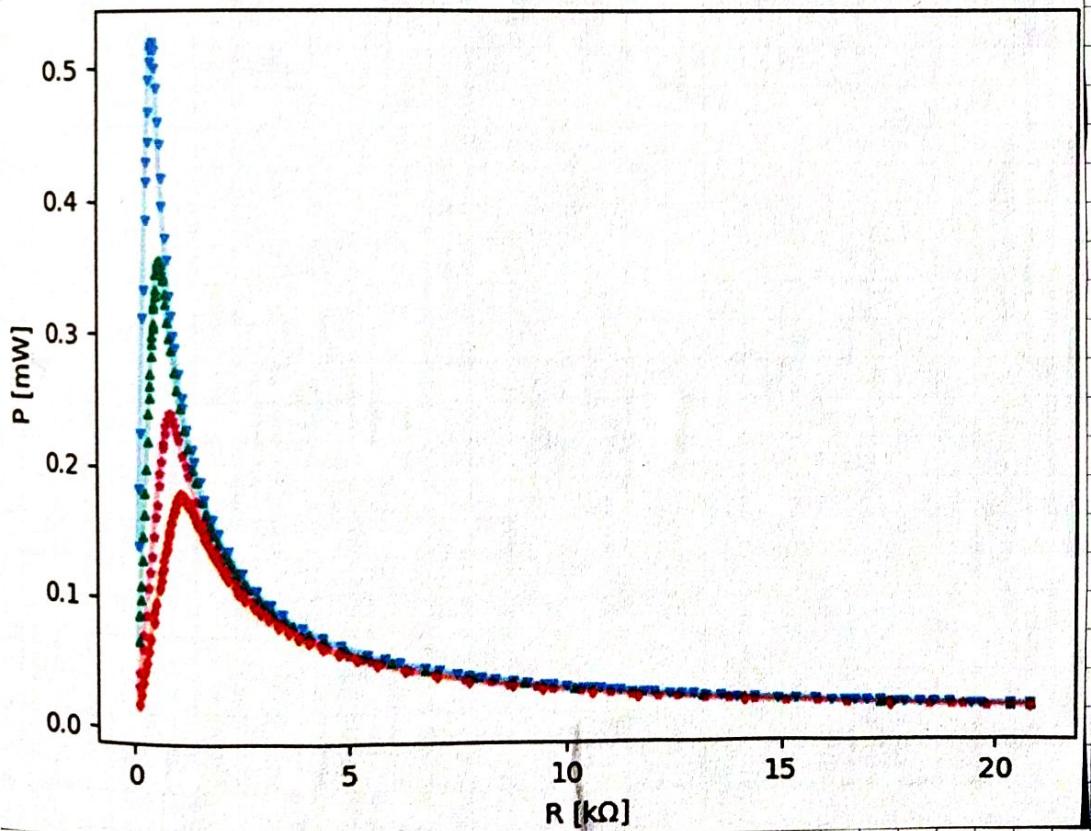
Karakteristika I(U) Si fotodiode v fotogalvanskem nacinu



$$P = UI$$

$$R = \frac{U}{I}$$

Moc v odvisnosti od upora na fotodiodi



Iz grafa moci v odvisnosti od Upora je možno prebrati, da se maksimalna moc troši pri: $R = 450 \Omega \pm 20 \Omega$
 $P = 0,52 \text{ mW} \pm 0,01 \text{ mW}$

Ocena izkoristku LED

$$I_{\max} = -1,16 \text{ mA}$$

$$\sigma = 0,42 \frac{\text{A}}{\text{W}} \pm 0,005 \frac{\text{A}}{\text{W}}$$

↑ Spektralna občutljivost pri 650 nm

$$\eta = \frac{I_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{EVA na detektorju} \\ \leftarrow \text{Moc s katero svetimo} \end{matrix}$$

$$\eta = \frac{I_{\max}}{\sigma \cdot P_0} \Rightarrow \eta = 6,4 \% \pm 0,1 \%$$

↑ izkoristek

Moc, ki jo LED troši na izvor:

$$U_0 = 1,8609 \text{ V} \pm 0,0035 \text{ V}$$

$$I_0 = -23,2 \text{ mA} \pm 0,1 \text{ mA}$$

$$P_0 = 43,2 \text{ mW} \pm 0,1 \text{ mW}$$