

Karakteristika Si Fotodiode

Svetlobo lahko zaznavamo na mnogo različnih načinov. Lahko merimo njene toplotne, kemične in svedra električne učinke, ki so v merilni tehniki najbolj praktični. Vsi našti učinki so tudi uporabni, kadar želimo izkoristiti svetlobno (sončno) energijo.

Omejimo se le na električne učinke svetlobe in na interakcijo med svetlobnim poljem in elektroni v snovi. Temelje te interakcije sta postavila Einstein (ki je razložil fotoefekt) in Planck. Fotoefekt lahko delimo na notranji in zunanji, kjer pri prvem vzbujeni elektroni ostanejo v snovi, v kateri so nastali, pri zunanjem fotoefektu pa fotoelektroni zapustijo ta material. Notranji fotoefekt v ~~sem~~ polprevodnikih je uporaben predvsem za detekcijo infrardeč svetlobe. Boljše detektorje pa lahko dobimo, če vzbujene elektrone prostorsko ločimo od centrov, kjer so nastali, in tako preprečimo rekombinacijo. Tipičen primer je fotoefekt na katodi fotopomnoževalke. Energijsko bilanco zunanjega fotoefekta zapišemo 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 izbitga e

Ker so minimalne vezarne energije elektronov okoli 1 eV, lahko detektiramo preko zunanjega fotoefekta je svetlobo z valovnimi dolžinami, krajšimi od 1000 nm.

Silicijeva PIN fotodiode tudi izkoristi fotoefekt v nehomogenem sredstvu. Sestavljena je iz treh plasti, p-dopirane, n-dopirane in i-intriinčne, to je čim bolj čiste ali s kompenziranimi nečistočami. Svetlobo naj bi se absorbirala v i-plasti Si, karor navadno vpada skozi čim tanjšo p-plast, okoli 1 mm debelo. Svetlobno občutljiva plast je običajno debela okoli 10 nm, saj zelo velika verjetnost

Za absorpcija svetlobe v Ge plasti. Absorbiran foton v C -plasti
z verjetnostjo blizu 100%. Evori par elektron-vrzel. Notranje
difuzijsko potje v Ge plasti, ki pa je ~~manj~~ navadno se dodatno
povečano z zunanjo napetostjo, potegne elektron v n -plast in
vrzeli v p -plast fotodiode, kar povzroči električni tok.

Električni tok je Euref direktna posledica svetlobnega (fotonskega) toka
in zato je občutljivost fotodiode izražena s pretocnim el. nabojem
kot posledica absorpcije enega fotona (št. el. nabojev) / (št. abs. fotonov)
v tem širokem področju (tipično od 300 do 900 nm), konstantna in
enaka približno 0,9 osnovnega naboja (temu običajno rečemo 90%
kvantni izkoristek). Izkoristek fotodiode za opravljanje dela pa je
največ nekaj 10%. Trenutne najefektivnejše fotocelice dosežejo 47%,
ki pa so po sestavi mnogoplastne. Spektralna občutljivost fotodiode
izražena kot kvocient med električnim tokom in močjo vpadne svetlobe
pri določeni valovni dolžini pa kaže v tem istem področju linearno
naraščanje z valovno dolžino. Odstopanje v UV delu karakteristične
so posledica povečane absorpcije in s tem večje verjetnosti
nehoristne tvorbe para v p -plasti. Na zgornji meji spektra začne
občutljivost padati zaradi zmanjševanja absorpcije in končno premafina
energija fotonov v primerjavi z energijsko rečo za Si. Za meritve svetlobe
uporabljamo fotodiode večinoma v fotoprevodnem načinu, to je nanga priključna
napetost v zaporni smeri in merimo tok. V tem načinu je fotodiode
pristen linearen detektor svetlobe. Če ne uporabimo zunanje napetosti
napetosti je linearnost slaba in to tem bolj, čim več moči izvaja
iz fotodiode. Kadar pa hočemo fotodiode uporabiti kot vir
el. moči je njena karakteristika zelo nelinearna.

Naloga

1. Izmerimo električno karakteristiko $I(U)$ foto diode v temi in pri različnih osvetlitvah. Merimo v obeh načinih, z zunanjo napajanje, kjer lahko izmerimo celotno karakteristiko, in v foto galvanškem načinu, kjer je možna meritev le v enem kvadrantu odvisnost $I(U)$.

2. Narišemo en sam graf $I(U)$, kjer je parameter osvetljenost fotodiode, za vse meritve z zunanjo napajanje in posebej še za meritve v foto galvanškem načinu. Iz diagrama v foto galvanškem načinu določimo, kolikšne upore bi morali prilagoditi na fotodiode, ob uporabljenih osvetlitvah, da bi se na upor trosila kar največja električna moč.

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

Potrebščine:

- Fotodiode v ohišju, svetleča dioda za osvetljevanje
- digitalna multimetra Agilent DMM 344 10a (kot voltmeter) in Siglent SDM 3065X (kot ampermeter), toplotni in napetostni izvor
- zunanji breme: potenciometer.

Navodila:

Prilagodimo komponente kot kažejo shema. Za osvetljevanje pri tej vrsti niso primarne, vendar imamo izmerjeni tolik, kar njihova svetilnost utripa s 100 Hz. Zato uporabljamo svetlečo diodo, ki jo preko ustreznega upora prilagodimo na enosmerno napetost. Poskrbimo, da naša ne more svetlobi z okolja tako da detektor in izvor prekrivamo s črnim kosom blagja. To složi fotodiode spreminjamo v

primernih lučehih s pomočjo potencimetra na Edisonnem izvoru.

Za zajemanje meritev toka in napetosti uporabljamo program na prenosniku. Multimeter Multimetra priključimo na prenosnik preko USB.

Ob pritisku na spacebar se izvede baranje meritev iz multimetra.

Med vsakim pritiskom nekoliko spremanimo tok napajanja. To ponavljamo dokler ne dobimo cele karakteristike.

Zastavimo fotodiodo (da jo tema in izmerimo karakteristiko).

Spremenimo svetilnik in spet izmerimo karakteristiko.

Izmerimo še enkrat del karakteristike, ki ga lahko izmerimo brez

zunanjega vira. Merimo tudi moč, ki se troši na svetleči diodi,

(iz toka in napetosti na njej). To moč primigamo z izračunano

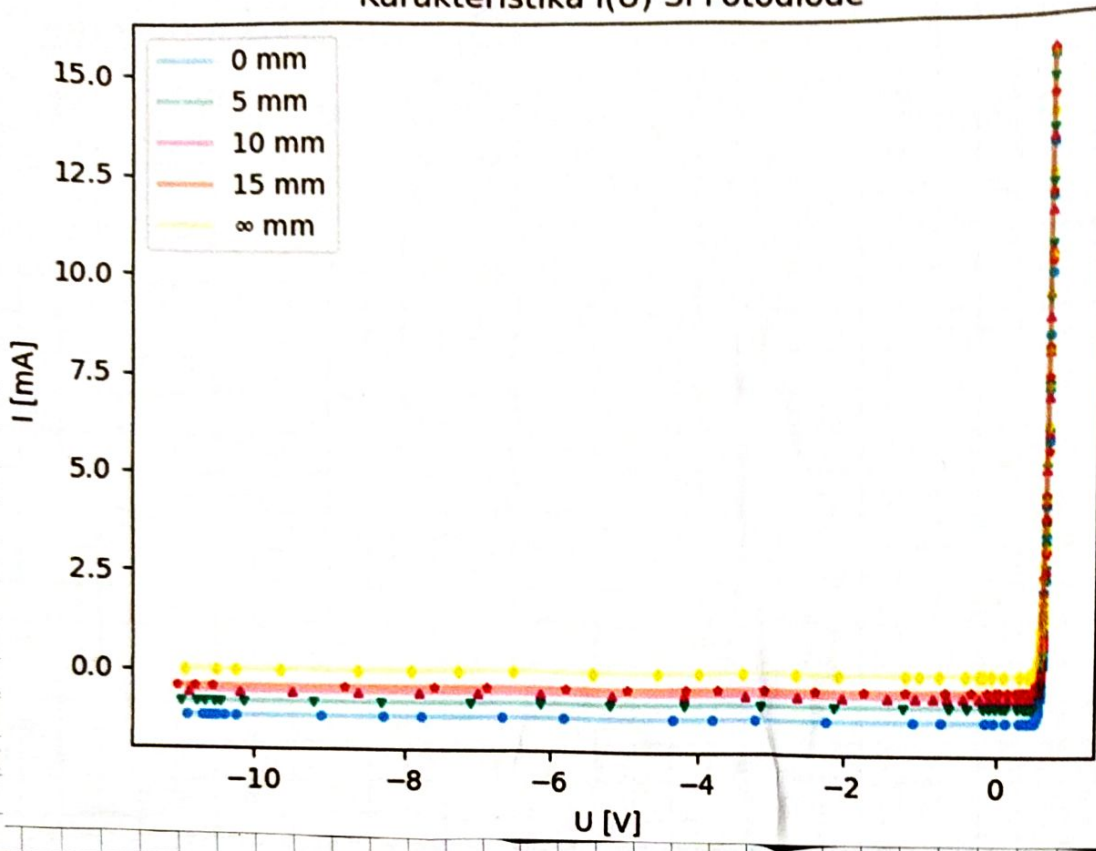
močjo, ki jo določimo iz toka skozi fotodiodo, ko je bila ta

maksimalno osvetljena. Upoštevamo spektralno občutljivost pri $\lambda = 650\text{nm}$.

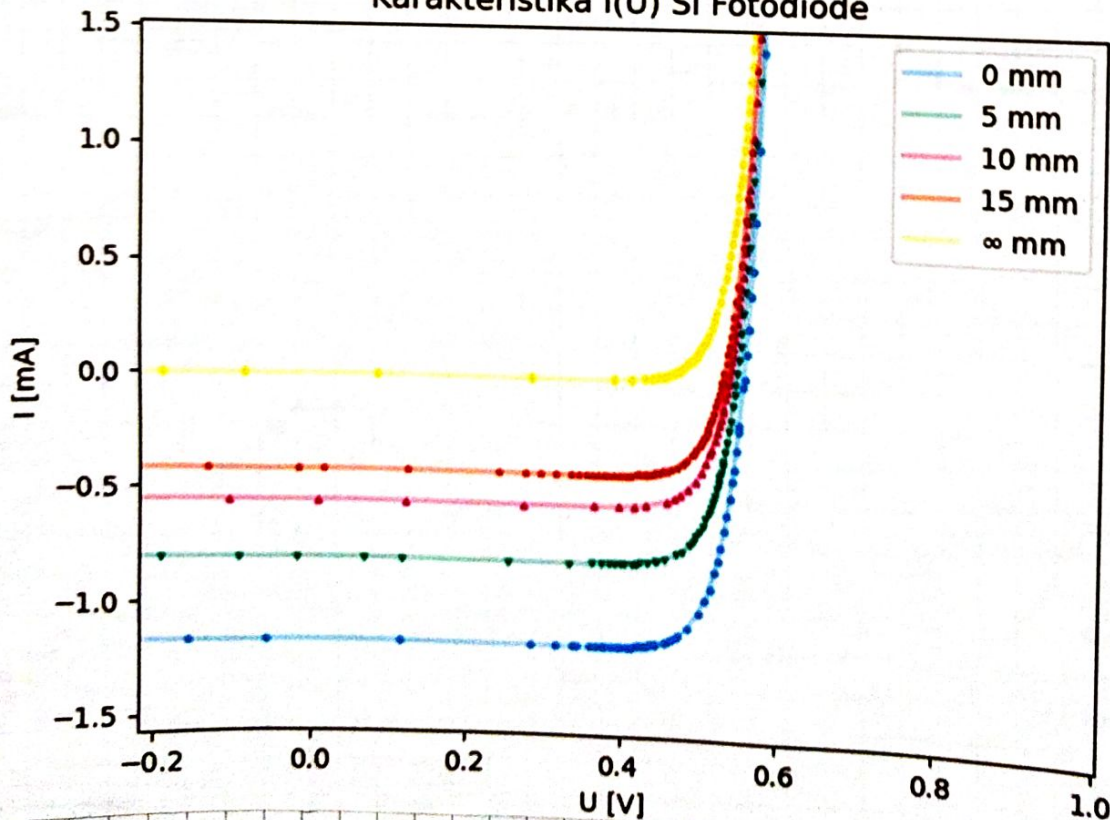
Meritve

Zaradi slabih razmer smo meritve dobili v digitalni obliki.

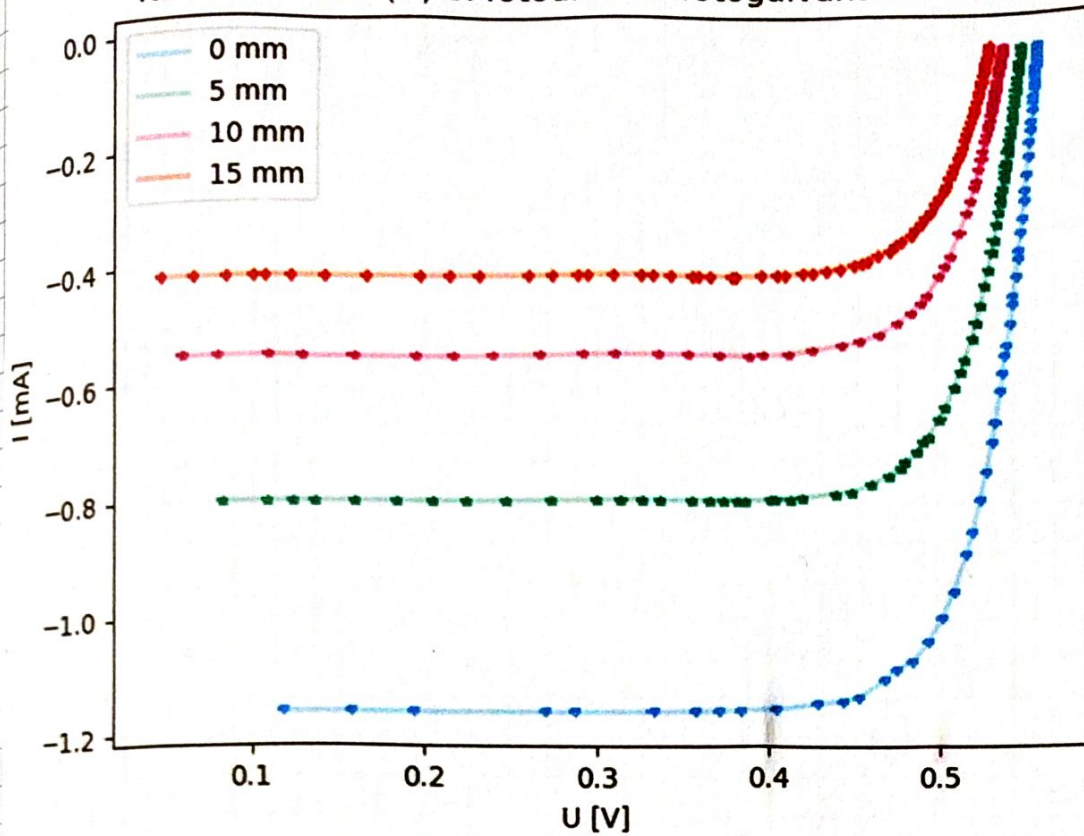
Karakteristika I(U) Si Fotodiode



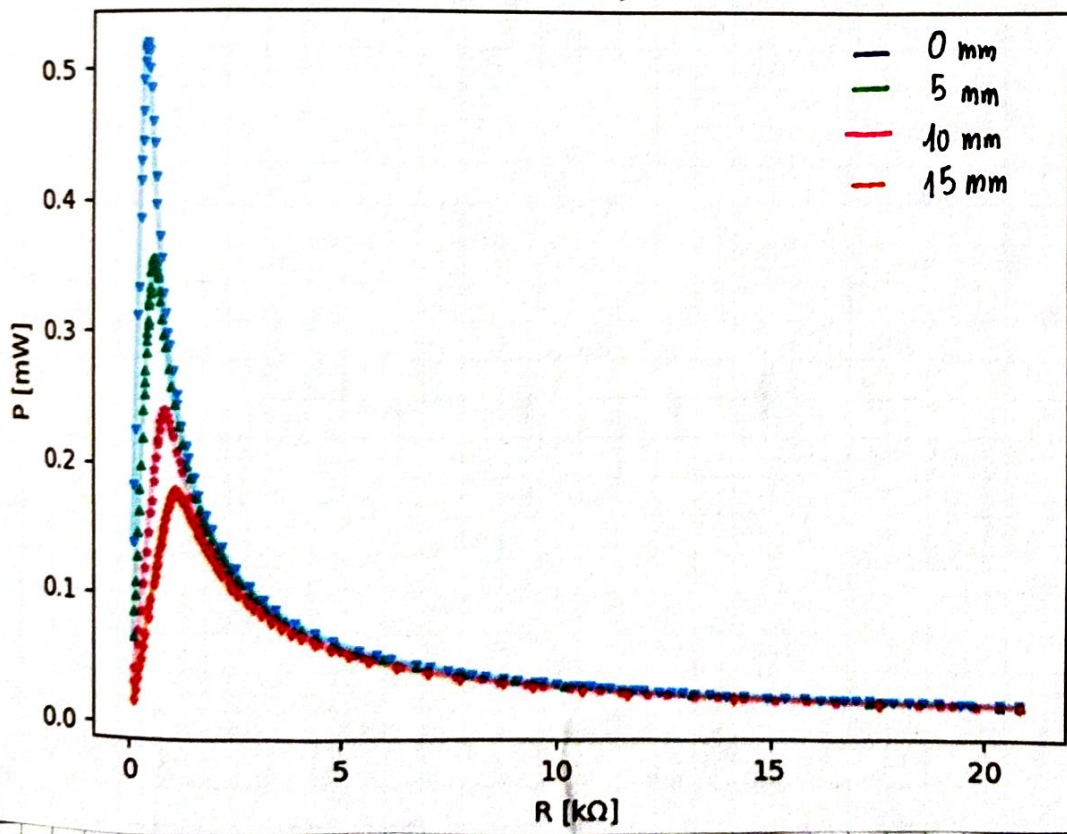
Karakteristika I(U) Si Fotodiode



Karakteristika I(U) Si fotodiode v fotogalvanskem načinu



Moc v odvisnosti od upora na fotodiodi



$$P = UI$$

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

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

Ocena izkoristka 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

$$\sigma = \frac{I_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{tok na detektorju} \\ \text{moč s katero svetimo} \end{array}$$

$$\eta = \frac{I_{\max}}{\sigma \cdot P_0}$$

↑ izkoristek

Moč, ki jo LED troši na izviru:

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

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

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

$$\Rightarrow \eta = 6,4 \% \pm 0,1 \%$$