

## Karakteristika Si Fotodiode

Svetlobbo lahko zaznavamo na mnogo različnih načinov. Lahko merimo intenzitete, toplotne, kemične in sredna električne včinke, ki so v merilni tehniki najbolj praktični. Vsi nasteti včinki so tudi uporabni, kadar želimo izkorisčati svetlobno (sončno) energijo.

Omejimo se le na električne včinke svetlobe in na interakcijo med svetlobnim poljem in elektronim v snovi. Temelje te interakcije sta postavila Einstein (ki je razložil Fotoefekt) in Planck. Fotoefekt lahko delimo na notranji in zunanj, kjer pri prem vzbujeni elektroni ostanejo v snovi, v hiter so nastali pri zunanjem fotoefektu pa fotoelektroni zapustijo ta material. Notranji fotoefekt v tem polpredstavljajo Uporaben predvsem za detekcijo infrardečic svetlobe. Boljše detektorje pa lahko dobimo, če vzbujenc elektronc prostorsko ločimo od centra, kjer so nustali, in tako preprečimo rekombinacijo. Tipičen primer je fotoefekt na katodi fotopomnoževalce. Energijski bilans zunanjega fotoefekta zapisemo kot:

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

$h\nu$  ... energija svr. kvanta

$W_{iz}$  ... izstopno delo

$m_e$  ... masa elektrona

$v$  ... hitrost izbitja e

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

Silicijeva PIN fotodioda tudi izkorisča Fotoefekt v nehomogenem profilu. Sestavljena je iz treh plasti, P-doprirane, N-doprirane in i-intrinzične, ko so čim bolj čiste ali s kompenziranimi nečistotami. Svetloba naj bi se absorbivala v i-plasti Si, kar mora naravnno vpadu doziti čim boljšo p-plast, obliki 1 mm debelo. Svetlobno občutljiva plast je običajno debela okoli 10 mm, saj zelo veliko verjetnost

Za absorpcijo svetlobe v tej plasti. Absorberan fotan v c-plasti z verjetnostjo blizu 100%. Evori pa elektron-vrelj. Notranje difuzijsko potje v tes plasti, ki pa je ~~manj~~ naravnega se dodatno poravnano z zunanjim nujetostjo, potegne elektron v n-plast in vrezli 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 (ki posledico absorpcije enega fotona (st. el. nabolov) / (st. abs. fotona) v končnem področju (tipično od 300 do 900 nm). Konstantna in enaka približno 0,9 osovnega naboja (torej običajno rečemo 90%). (vratni izkoristek). Izkoristek fotodiode za opravljanje dela pa je nepravilno 10%. Trenutne neefektivnosti fotodiode določajo 47%, ki pa so po sekaci mnogoplasci. Spektralna občutljivost fotodiode izraženu kot kriponent med električnim tokom in mogočo vrednost svetlobe pri določni valovni dolžini pa tudi v tem istem področju linearno harmonično z valovno dolžino. Odstopanje v UV delu karakteristične so posledice povzročene absorpcije in s tem večje verjetnosti nekoristne snobice para v p-plasti. Na zgornji meji spektra zame občutljivosti padajo zaradi zmanjševanja adsorpcije in končno preseganja energije fotonov v primerjavi z energijesko rečjo za Si. Za meritve svetlobe uporabljamo fotodiodo večinoma v fotoprerečnem načinu, to je naročno pristojna napetost v zaporni smeri in merim tok. V tem načinu je fotodioda izravnjen linearni detektor svetlobe. Če ne uporabimo zmanjšega virja napetosti je linearnost slabka in bo tem bolj, čim več moči izpusti iz fotodiode. Kadar pa hočemo fotodiodu uporabiti kot vir el. moči je njena karakteristika zelo nelincarna.

# Nalogi

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

2. Narišemo en sam graf  $I(U)$ , kar je parameter osvetljivosti fotodiode, za vse meritve z zunanjim napajanjem in posebej še za meritve v fotogalvanishem načinu.  $I_2$  diagramo v fotogalvanishem načinu dolocimo, kolikšne upore bi morali prilagoditi na fotodiodo. Ob uporabljanih osvetlitrah, da bi se na uporu frosila kar največja električna moč.

3. Ocenimo izhorišč svetlečih diod (LED), ki jo uporabljamo kot izvor.

## Potrebno:

- Fotodioda v ohisju, svetleča dioda za osvetljevanje
- digitalna multimetra Agilent DMM 34410A (s votmeter) in Siglent SDM3065X (s ampermeter), Egonni in napetostni izvor
- zunanj breme in potenciomenter.

## Novodila:

Priklicimo komponente kot funkcijo sheme. Za osvetljevanje pri tem rabi niso principe, ker na izmenjeni volti, kar njihova svetljivost (frequenca) je 100 Hz. Zato uporabljamo funkcijo svetleča dioda, ki jo preko vstreznega upora prilagodimo na enosmerno napetost. Poskrbimo, da ne moremo svetlobu z oholjim trakom, da detektor in izvor prekrivimo s črnim losom blaga. Taki sluzi fotodiode spremnijamo v

principih korchih s pomočjo potenciometra na elektrinem izvoru.

Za zajemanje meritov tudi in napetosti uporabljamo program na prenosniku. Multimetr priklopimo na prenosnik preko USB.

Ob pritisku na spacebar se izvede baranje meritov iz multimetrov.

Med vsakim pritiskom nekajih spremenimo to napajanje. To ponavljamo dokler ne dobimo cele karakteristike.

Zaslonimo fotodiodo (da je tema in izmerimo karakteristiko).

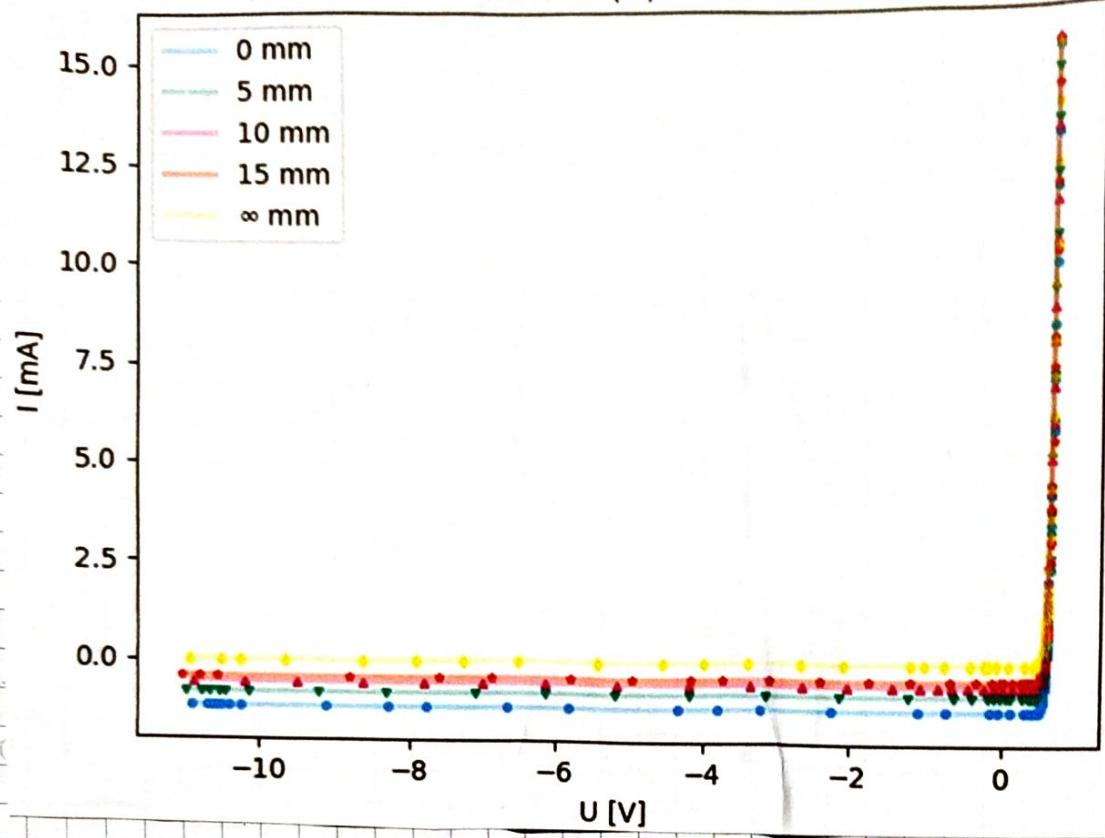
Spremenimo obveznik in spet spremi izmerimo karakteristiko.

Izmerimo še enkrat cel karakteristike, če ga lahko izmerimo brez zunanjega vira. Merimo tudi moč, ki se troši na svetleči diodi, (iz tega in napetosti na njej). To moč primajmo z izracunano močjo, ki jo dolgotra iz tega širok fotodioda, ko je bila ta maksimalno osvetljena. Upoštevamo spektralno občutljivost pri  $\lambda=650\text{nm}$ .

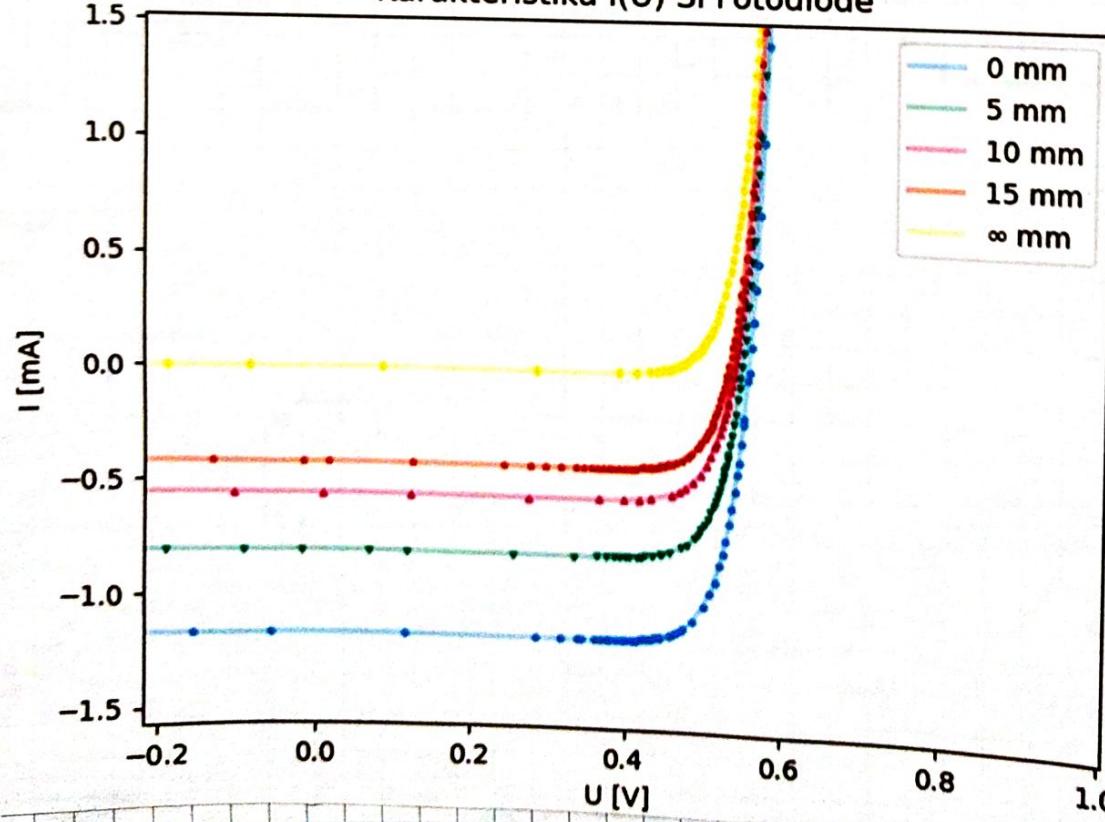
## Meritve

Zaradi slabih razmer smo meritve dobili v digitalni obliki.

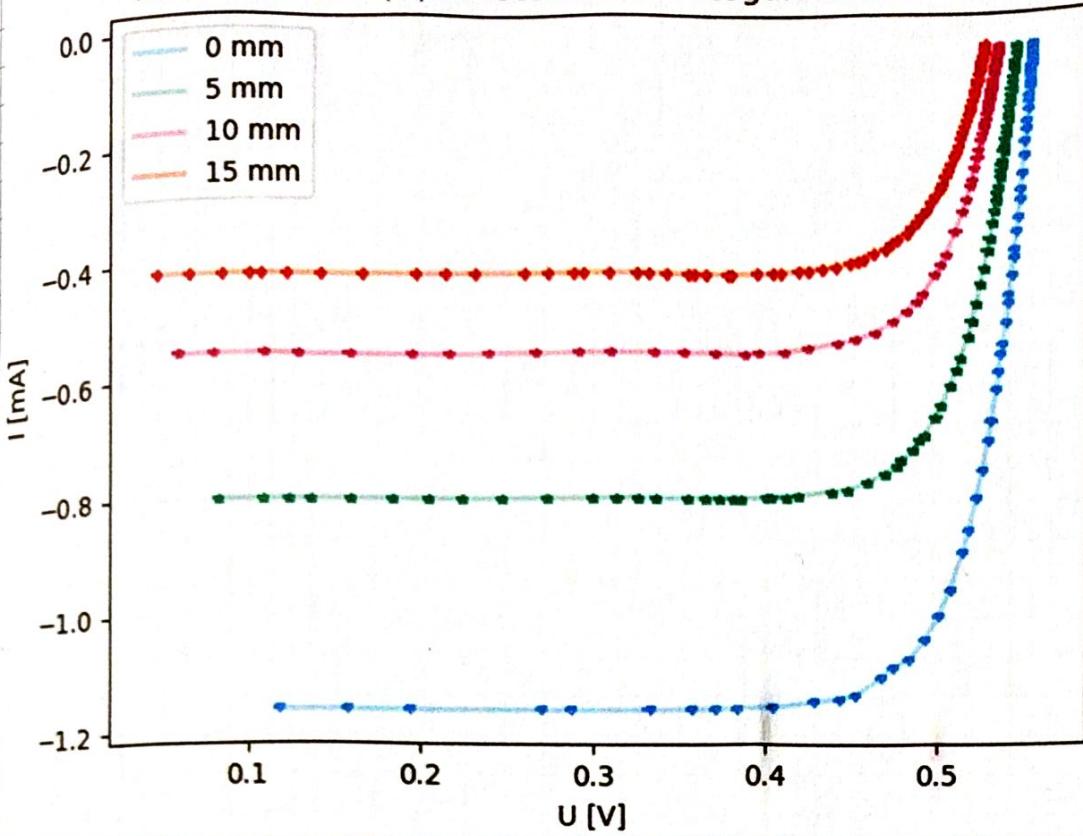
Karakteristika  $I(U)$  Si Fotodiode



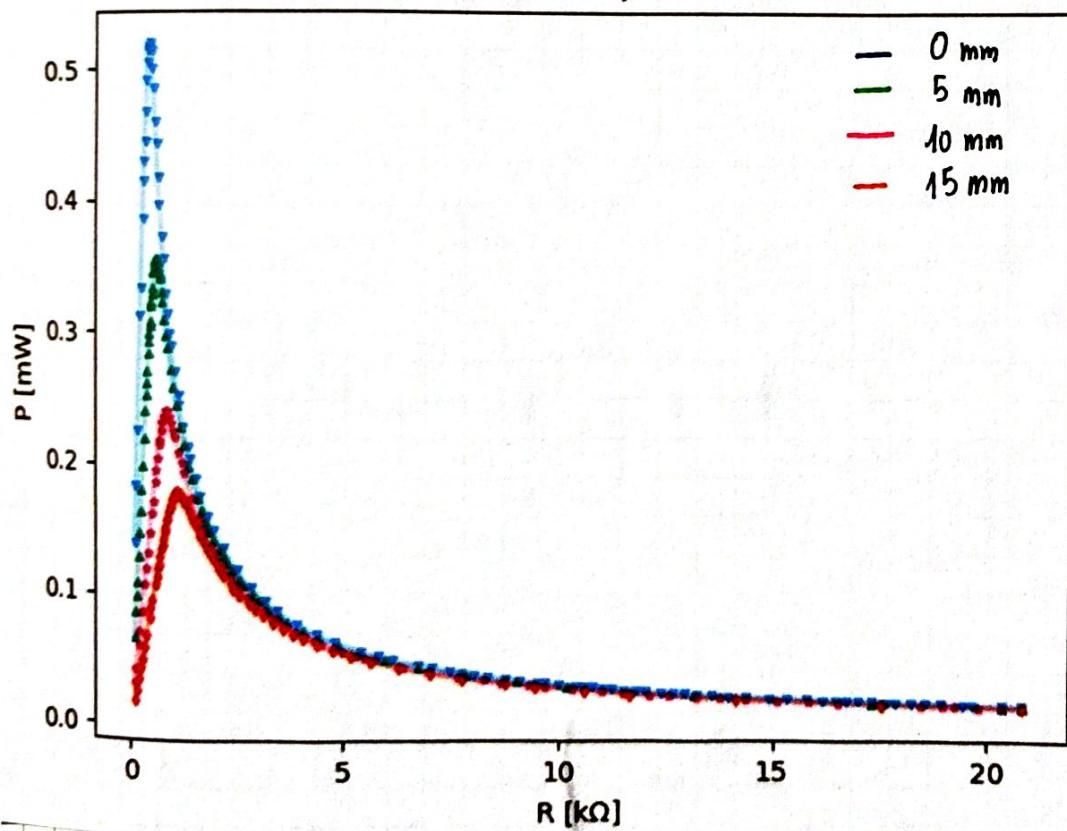
Karakteristika  $I(U)$  Si Fotodiode



### Karakteristika I(U) Si fotodiode v fotogalvanskem nacinu



Moc v odvisnosti od upora na fotodiodi



$$P = UI$$

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

Z grafa moči v odvisnosti od Upora je mogoče prebrati, da se maksimalna moč trži pri:  $R = 450 \Omega \pm 20 \Omega$   
 $P = 0,52 \text{ mW} \pm 0,01 \text{ mW}$

## Ocenka 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

$$\sigma = \frac{I_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \leftarrow \text{tak. na detektoru}$$

$P_{\text{in}}$  ← moci s katero srečimo

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

↑ izkoristek

Moci, ki jo LED troši na izvor:

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

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

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