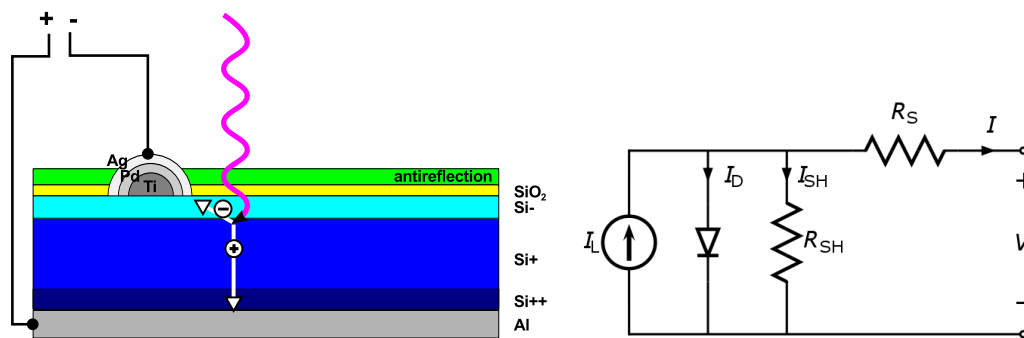


Sončne celice

Uvod

Sončna celica je elektronska naprava, ki pretvarja svetlobo v električni tok. Svetloba, ki osvetli sončno celico povzroči na sončni celici napetostno razliko. Zato pravimo sončni celici tudi fotovoltaična celica. Trenutno so najpogosteje uporabljene silicijeve sončne celice. Osnovna zgradba Si sončne celice je prikazana na sliki 1. Fizikalni proces, ki poteka ob absorpciji fotona in pretvorbi v t.i. fotovzbujene nosilce naboja, je opisan na Wikipediji (http://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_solar_cells).



Slika 1: Shema celice (levo) in elektronska shema celice (desno).

Tokovno-napetostno karakteristiko izpeljemo iz elektronske sheme celice, ki je prikazana na sliki 1. Tok, ki teče skozi priključka na desni strani ni enak toku fotovzbujenih nosilcev naboja (I_L). Temveč je zmanjšan za tok, ki steče skozi diodo (I_D) ter tok ki steče skozi paralelni upor (I_{SH}). Ta tok je posledica »puščanja« sončne celice in predstavlja direktno izgubo. V dobrih sončnih celicah je I_{SH} karseda majhen. Če upoštevamo enačbo za tok skozi diodo, dobimo tok iz sončne celice, ki znaša:

$$I = I_L - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{q(V + I \cdot R_S)}{nkT}\right) - 1 \right] - \frac{V + I \cdot R_S}{R_{SH}} \quad (1)$$

kjer je I_L tok fotovzbujenih nosilcev naboja, I_0 saturacijski tok diode v zaprti smeri, n je idealni faktor diode, k boltzmanova konstanta, T temperatura, R_S serijska upornost sončne celice in R_{SH} paralelna upornost sončne celice. Opazimo, da tok nastopa na

levi in na desni strani enačbe. Napetost in tok, ki jih ima sončna celica sta odvisna od upora bremena, ki ga priklopimo na sončno celico in enačbe (1). V splošnem velja, da je $V = R_b \cdot I$, kjer je R_b upor bremena, ki je priklopljen na sončno celico. Če je breme zanemarljivo majhno ($R_b = 0$), govorimo o kratkostičnem toku I_{sc} . Kratkostični tok je maksimalni tok, ki teče iz sončne celice, ko je V enaka 0. V primeru idealne sončne celice, ko je R_{SH} neskončno velik in R_S zanemarljivo majhen velja iz enačbe (1), da je $I_{SC} \approx I_L$. V nasprotnem primeru, ko je R_b neskončno velik, ne teče tok iz celice, napetost na celici V_{OC} imenujemo napetost odprtega kroga. V_{OC} predstavlja maksimalno napetost, ki jo generira sončna celica.

Električna moč (P), ki jo sončna celica oddaja bremenu z uporom R_b je enaka produktu napetosti in toka $P = I \cdot V$. P doseže maksimum, ki ga označimo z P_{max} , pri toku in napetosti, ki sta manjša od I_{SC} in V_{OC} . Hipotetično gledano, bi celica proizvedla maksimalno moč, če bi pridobili I_{SC} pri napetosti V_{OC} . Razmerje med P_{max} in hipotetično vrednostjo $I_{SC} \cdot V_{OC}$ imenujemo faktor zapolnjenja (FF) (*angl. fill factor*). Če poznamo gostoto moči vpadne svetlobe (p_{in}) in velikost sončne celice (S_{cell}), potem izračunamo učinkovitost pretvorbe sončne energije v električno energijo po enačbi

$$FF = \frac{P_{max}}{I_{SC} \cdot V_{OC}} \quad \eta = \frac{P_{max}}{p_{in} \cdot S_{cell}} \quad (2)$$

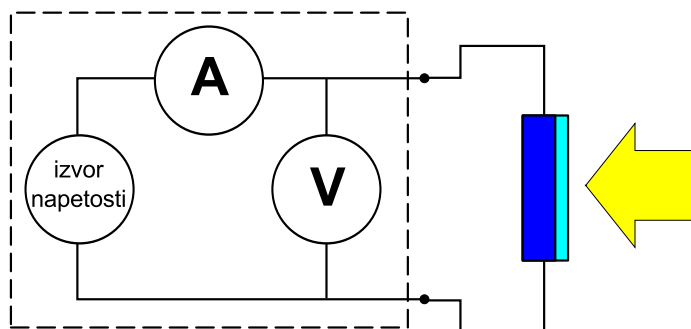
Hipoteza

Z meritvijo tokovno-napetostne karakteristike želimo pokazati, da

- Sončna celica se v temi obnaša kot dioda
- Sončna celica pretvarja svetlobno valovanje v električno energijo
- Učinkovitost pretvorbe se zmanjša zaradi serijske upornosti in paralelne upornosti
- Učinkovitost je odvisna od kota vpadne svetlobe
- Moč celice je pada z $1/r^2$ z oddaljenostjo od žarnice na žarilno nitko.

Opis meritve

Tokovno-napetostno karakteristiko izmerimo z uporabo ampermetra, voltmetra in nastavljivega izvora napetosti. Vse te tri komponente povežemo kot je prikazano na sliki 2.



Slika 2: Shematski prikaz meritve tokovno-napetostne karakteristike sončne celice pri obsevanju z svetlobo iz desne strani.

Na nastavljivem napetostnem izvoru nastavimo napetost, ki jo izmerimo z voltmetrom. Tok ki steče skozi sončno celico merimo z ampermetrom. Tako dobimo tokovno-napetostno karakteristiko $I(V)$. Z kalibriranim fotometrom izmerimo jakost svetlobe.

Navodila

- Izmeri $I(V)$ navadnega upora, da se spoznaš z napravo. Izračunaj upornost.
- Izmeri $I(V)$ sončne celice v temi in pri svetlobi. Izmeri gostoto svetlobnega toka in velikost sončne celice.
- Ponovi meritev z tremi različnimi paralelno vezanimi upori. Ponovi meritev z tremi serijsko vezanimi različnimi upori. Trikrat ponovi meritev z različnimi kombinacijami paralelno in serijsko vezanih uporov.
- Izmeri $I(V)$ sončne celice v odvisnosti od kota vpadne svetlobe.
- Izmeri $I(V)$ sončne celice kot funkcijo oddaljenosti od navadne žarnice z žarilno nitko.

Analiza meritev

- Prikaži graf $I(V)$ sončne celice v temi in pri svetlobi. Na graf dodaj model, ki je podan v enačbi (1). Poišči vrednosti parametrov modela z metodo najmanjših kvadratov. Vrednosti parametrov pokaži v tabeli, vključno z maksimalno močjo, FF in izkoristkom.
- Prikaži graf izkoristka v odvisnosti od serijskega upora in graf izkoristka v odvisnosti od paralelnega upora.
- Prikaži graf izkoristka v odvisnosti od kota vpadne svetlobe. Poišči s katero funkcijo pada izkoristek.
- Prikaži graf kratkostičnega toka v odvisnosti od oddaljenosti žarnice.

Seznam uporabljene opreme

1. Sončna celica
2. Fotometer
3. Merilnik $I(V)$